

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPTO. DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTUDOS PARA DETERMINAÇÃO DAS MELHORES
FORMULAÇÕES DE *BLENDS* DE CAFÉ ARÁBICA (*C. arabica*) COM
CAFÉ ROBUSTA (*C. canephora* Conilon) PARA USO NO SETOR DE
CAFÉS TORRADOS E MOÍDOS E DE CAFÉS ESPRESSO**

Doutoranda: ***Eng^a. MSc. Luciane Carneiro Mendes***

Orientadora: ***Prof.^a Dr.^a Hilary Castle de Menezes***

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de
Campinas para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

Campinas, julho de 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

M522e **Mendes, Luciane Carneiro**
Estudos para determinação das melhores formulações de *blends* de
café arábica (*C. arábica*) com café robusta (*C. canephora* Conilon)
para uso no setor de cafés torrados e moídos espresso/ **Luciane**
Carneiro Mendes. – Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Hilary Castle de Menezes
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade
de Engenharia de Alimentos.

1. Café. 2. *Coffea canephora*. 3. Análise sensorial. 4. Análise
cromatográfica. I. Menezes, Hilary Castle de. II. Universidade
Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.
Título.

(ckn/fea)

Banca Examinadora

Dr^a. Hilary Castle de Menezes
(orientadora)

Dr^a. Eliete Vaz de Faria

Dr. José Guilherme Cortez

Dr. Marcelo A. Prado

Dr^a. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva

Dr^a. Terezinha de Jesus Garcia Salva

Aos meus pais

Agradecimentos

À Hilary, não só pela impecável maneira de orientar este trabalho, mas especialmente pela amável maneira de orientar meus passos pelos mundos da pesquisa científica, dos corredores da FEA às ruas de Paris! Por ser amiga e me ensinar ética, por ser profissional e me compreender pelo olhar...

À Fapesp, pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

Aos membros da Banca Examinadora:

Ao José Guilherme pelo incentivo constante a este trabalho. Pelas conversas, pelas discussões, pelas sugestões sempre pertinentes.

À Cida por me apresentar o “mundo da Análise Sensorial” com toda sua fascinação e dificuldade. Por me instigar a buscar sempre o melhor. Pela ajuda e paciência. Por sempre me ensinar alguma coisa...

Ao Marcelo por toda ajuda e orientação durante as análises de HPLC.

À Eliete pelos comentários bastante interessantes.

À Terezinha pelas sugestões e correções necessárias.

Muito obrigada por terem aceitado tão prontamente a tarefa de ler, analisar e corrigir 180 páginas que tentam traduzir um pouquinho do que foram esses meus anos de pesquisa sobre o café. Obrigada por me ajudarem a melhorar meu trabalho!

À Coaabriel e a Coopercitrus pela doação do café durante todos os anos desta pesquisa.

Aos provadores profissionais de café: José Luiz B. Toledo, Luciano Toledo, Mônica Pinto, Sérgio Beyer e Alaerte Telles Barbosa.

À Nilda Doris Montes Villanueva pelo suporte estatístico na construção dos mapas de preferência.

À Natalia S. Janzantti pela incalculável ajuda nas análises de cromatografia gasosa.

Aos pesquisadores do CPQBA: Vera Lúcia G. Rehder, Marili Villa Nova Rodrigues, Rodney Alexandre Rodrigues e Silvio R. Andrietta.

Aos funcionários dos laboratórios, da planta piloto e da secretaria: Carol, Simony, Ana Lourdes, Alice, Adalto, Cosmo, Jaime, e Marlene. Aos meus “anjos da guarda” Aninha e Pircila.

À equipe de provadores treinados para a ADQ dos cafés, pela incrível colaboração, pelo comprometimento, pelo exaustivo trabalho: Alice, Aline, Aninha, Cristiano, Daniela, Gabriela, Karina, Luzenira, Paulo, Pricila Rosane e Selma.

Aos meus “braços direito” e muitas vezes “esquerdo” também: Meliane A. Koike, Ana Lúcia, Ana Cristina Cunha e Helio Watashi.

Aos amigos: Farayde, Daniela, Marcus e todos aqueles que, de uma forma ou de outra, me deram uma “forcinha” durante todos estes anos.

Às minhas “irmãs”, por parte de orientadora: Alessandra, Gabriela e Rafaella.

À Dora e ao Renato, por tudo, sempre.

À minha família querida.

Ao Ricardo meu amor, meu companheiro, meu amigo, pelo incentivo, pelo carinho, pela paciência, por estar sempre por perto, para sempre.

À minha mãe, por toda minha vida.

ÍNDICE

RESUMO	1
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO	5

CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<i>I.1 – Um pouco da História do café</i>	9
<i>I.1.1 – Da Etiópia para o mundo</i>	9
<i>I.1.2 – Importância econômica, política e social do café no Brasil</i>	10
<i>I.1.3 – Um panorama atual do setor cafeeiro</i>	12
<i>I.2 – Aspectos agronômicos</i>	16
<i>I.1.1 – A planta e a semente</i>	16
<i>I.1.2 – Da lavoura à indústria</i>	18
<i>I.3 – Industrialização</i>	29
<i>I.4 – Bibliografia</i>	30

CAPÍTULO II – OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO EM FUNÇÃO DA QUALIDADE SENSORIAL DA BEBIDA, SEGUNDO AVALIAÇÃO SENSORIAL COM EXPERTS

<i>Resumo</i>	35
<i>Abstract</i>	36
<i>II.1 – Introdução</i>	38
<i>II.2 – Material e Métodos</i>	40
<i>II.2.1 – Material</i>	40
<i>II.2.2 – Delineamento experimental para determinação do grau ótimo de torração dos cafés</i>	41
<i>II.2.3 – Avaliação Sensorial por experts</i>	43
<i>II.3 – Análise dos Resultados</i>	45
<i>II.3.1 – Perfis de Torração</i>	45
<i>II.3.2 – Parâmetros para caracterizar o grau de torração</i>	48

II.3.2.1 – Perda de peso	48
II.3.2.2 – Cor dos grãos e do pó de café	51
II.3.3 – <i>Determinação do grau ótimo de torração através de Análise Sensorial por experts</i>	56
II.3.3.1 – Avaliação de alguns descritores sensoriais	56
II.3.3.2 – Determinação do grau ótimo de torração	59
II.4 – Conclusões	63
II.5 –Bibliografia	64

CAPÍTULO III – DETERMINAÇÃO DO GRAU ÓTIMO DE TORRAÇÃO DE CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ATRAVÉS DE ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

Resumo	67
Abstract	68
III.1 – Introdução	69
III.2 – Material e Métodos	71
III.2.1 – <i>Análise Descritiva Quantitativa</i>	72
III.3 – Análise dos Resultados	76
III.3.1 – <i>Para cafés filtrados</i>	76
III.3.1.1 – Levantamento de atributos	76
III.3.1.2 – Seleção final de provadores e descritores	78
III.3.1.3 – Variação do perfil sensorial dos cafés estudados, em função do grau de torração	79
III.3.1.4 – Determinação do grau ótimo de torração dos cafés estudados	85
III.3.2 – <i>Para cafés espresso</i>	87
III.3.2.1 – Levantamento de atributos	87
III.3.2.2 – Seleção final de provadores e descritores	89
III.3.2.3 – Variação do perfil sensorial dos cafés estudados, em função do grau de torração	91
III.3.2.4 – Determinação do grau ótimo de torração dos cafés estudados	97
III.4 – Conclusões	100
III.5 – Bibliografia	101

CAPÍTULO IV – AVALIAÇÃO DE *BLENDS* DE CAFÉ ARÁBICA COM CAFÉ ROBUSTA ATRAVÉS DE TESTES DE ACEITAÇÃO COM CONSUMIDORES E ANÁLISES FÍSICAS

<i>Resumo</i>	107
<i>Abstract</i>	109
<i>IV.1 – Introdução</i>	111
<i>IV.2 – Material e Métodos</i>	113
<i>IV.2.1 – Material</i>	113
<i>IV.2.2 – Delineamento experimental para avaliação de blends</i>	114
<i>IV.2.3 – Análise Sensorial</i>	115
<i>IV.2.4 – Análises complementares</i>	118
<i>IV.3 – Análise dos Resultados</i>	119
<i>IV.3.1 – Resultados do Teste de Aceitação com consumidores</i>	120
IV.3.1.1 – De café torrado e moído, com bebida preparada com filtro de papel	120
IV.3.1.2 – De café espresso	125
<i>IV.3.2 – Análises Complementares</i>	131
IV.3.2.1 – De café torrado e moído, com bebida preparada com filtro de papel	131
IV.3.2.2 – De café espresso	133
<i>IV.4 – Conclusões</i>	134
<i>IV.5 – Bibliografia</i>	135

CAPÍTULO V – TEORES DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS E AÇÚCARES EM CAFÉ VERDE, TORRADO E BEBIDAS PREPARADAS COM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA

<i>Resumo</i>	139
<i>Abstract</i>	140
<i>V.1 – Introdução</i>	141
<i>V.2 – Material e Métodos</i>	144
<i>V.2.1 – Material</i>	144
<i>V.2.2 – Metodologia</i>	145
V.2.2.1 – Análise de ácidos clorogênicos	145

V.2.2.2 – Análise dos ácidos carboxílicos	148
V.2.2.3 – Análise de açúcares	149
V.2.2.4 – Cálculo da diferença entre os teores dos compostos no café verde e no café torrado	151
V.2.2.5 - Relação: massa de pó de café (g) e volume da bebida extraída (ml)	151
V.3 – Análise dos Resultados	153
V.3.1 – Ácidos clorogênicos	153
V.3.2 – Ácidos carboxílicos	157
V.3.2 – Açúcares	162
V.4 – Conclusões	167
V.5 – Bibliografia	167
 CAPÍTULO VI – COMPARAÇÃO ENTRE PERFIS CROMATOGRÁFICOS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE CAFÉS ARÁBICA, ROBUSTA E BLENDS DESTES CAFÉS	
Resumo	171
Abstract	171
VI.1 – Introdução	173
VI.2 – Material e Métodos	175
VI.2.1 – Matéria-prima	175
VI.2.2 – Isolamento dos compostos voláteis	175
VI.2.3 – Análise cromatográfica	176
VI.2.4 – Avaliação sensorial do aroma dos isolados	177
VI.3 – Análise dos Resultados	177
VI.4 – Conclusões	181
VI.5 – Bibliografia	181
 CONCLUSÃO FINAL	185

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal estudar diversas formulações de *blends* de café arábica com café robusta através de avaliação sensorial com consumidores, tanto para preparo em filtro de papel como para café *espresso*.

Inicialmente, foi determinada a faixa de grau de torração mais adequada para cada café estudado, através de avaliação sensorial com *experts* e com equipe treinada para Análise Descritiva Quantitativa. Os resultados apontaram uma torração média como a que apresentava maior intensidade de aroma e sabor característicos de café sem a percepção do sabor queimado, caracterizada pela perda de peso de 15 a 16% e pela da luminosidade do grão (L^*) entre 37 e 38.

A etapa fundamental do trabalho se deu em seguida com a avaliação dos *blends* (de 10 a 50% de robusta, cereja descascado) mais uma amostra de arábica 100%, preparados em filtro de papel e tipo *espresso*, através de Teste de Aceitação com consumidores diários de café. Os resultados para ambos os preparos mostraram não haver diferença significativa (ao nível de 5%) na apreciação das amostras por parte dos consumidores.

Os resultados do teste sensorial foram complementados por avaliações químicas. Utilizando-se de técnicas de Cromatografia Líquida de alta eficiência (HPLC), foram analisados os teores de ácidos clorogênicos, ácidos carboxílicos e açúcares dos cafés arábica e robusta (processado via seca – RS, e cereja descascado - RCD), bem como de alguns *blends* (arábica 80% e robusta CD 20%; arábica 60% e robusta CD 40%). Foram determinados os teores desses componentes nos cafés verdes, após torração e nas bebidas (filtrada e *espresso*). Os resultados apontaram diferenças entre o café arábica e os robustas para diversos compostos, especialmente no café verde, havendo também algumas diferenças entre os robustas RCD e RS. Os teores dos componentes encontrados nos *blends* apresentaram comportamento coerente se comparados os resultados com o café arábica e o robusta RCD 100%. Com a torração as diferenças

tenderam a diminuir tornando-se ainda menores com a extração da bebida, seja ela em filtro de papel ou tipo *espresso*.

Para finalizar, foi observado o perfil de voláteis das amostras citadas no parágrafo anterior, exceto para o café verde, usando técnica de isolamento do *headspace* retido em polímero poroso e analisado por Cromatografia Gasosa (CG). Os resultados mostraram diferenças consideráveis nos perfis encontrados para o café arábica e os cafés robusta especialmente nas bebidas. No entanto, pouca diferença foi notada entre os *blends* e o café arábica.

No geral, embora haja considerável diferença entre o café arábica e o café robusta, quando este é adicionado ao café arábica, até proporções de 50% (como mostrado na avaliação sensorial) pouca diferença se nota, tanto química quanto em relação à aceitação sensorial do produto final.

Este resultado mostra a viabilidade do uso do café robusta para ambos os preparos de bebidas, em oposição ao preconceito que existe por parte de alguns setores do agronegócio café.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to study various blends of arabica and robusta coffees, prepared both by filtration and the espresso technique, by carrying out sensory evaluations with consumers.

Initially, for each coffee studied, the most adequate degree of roast was determined using a sensory evaluation by experts and by a panel trained for Quantitative Descriptive Analysis. The results indicated a medium roast as being that presenting greater intensity of characteristic coffee aroma and flavour with no perception of a burnt flavour, characterised by a loss of mass from 15 to 16% and by a bean luminosity (L^*) between 37 and 38.

The fundamental stage of the work followed with the evaluation of the blends (from 10 to 50% semi-dry processed robusta) plus a 100% arabica sample, prepared both by filtration and by the espresso technique, using an acceptance test with daily coffee consumers. The results for both types of preparation showed no significant difference (at the 5% significance level) in the appreciation of the samples by the consumers.

The results of the sensory test were complemented by chemical evaluations. The chlorogenic acid, carboxylic acid and sugar contents of the arabica and robusta (dry processed – RS, semi-dry processed – RCD) coffees, and of some blends (80% arabica + 20% RCD robusta; 60% arabica + 40% RCD robusta) were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The contents of these components were determined in the raw coffees, after roasting and in the brews (filtered and espresso). The results showed differences between the arabica and robusta coffees for various components, especially in the raw coffees, some differences between the RCD and RS robustas also being found. The values found in the blends were coherent considering the values found for the 100% robusta RCD and arabica samples. The differences tended to decrease with roasting and were even smaller in the brews, be the samples prepared by filtration or the espresso technique.

To finalise the work, the volatile profiles of the samples cited in the previous paragraph, with the exception of the raw samples, were observed, using a technique of isolation from the headspace by retention in a porous polymer and analysis by gas chromatography (GC). The results showed considerable differences between the profiles of the arabica and robusta coffees, especially in the brews, but little difference was noted between the blends and the arabica coffee.

In general, despite considerable differences between the arabica coffee and the robusta coffee, when the latter is added to the former up to 50% (as shown in the sensory evaluation), little difference is detected, either chemically or by the sensory acceptance of the final product.

These results show the viability of using robusta coffee in both types of brew preparation, contrary to the prejudiced idea existing in some parts of coffee agro-business.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos do “Ouro Verde” até os dias atuais foram muitas as transformações vivenciadas pelo setor cafeeiro no Brasil. Grande parte das mudanças observadas teve origem nas crises sofridas por este agronegócio, especialmente daquelas relacionadas com a superprodução. A política cafeeira, que privilegiava a produção em detrimento à qualidade, visava primordialmente as exportações dos melhores cafés. As frações de qualidade inferior, recusadas pelos importadores, eram direcionadas ao mercado interno como uma forma de escoamento da produção, diminuição dos estoques e manutenção dos preços no mercado externo. Tal situação não permitia a elaboração de cafés diferenciados, mesmo porque não havia compensação financeira para esta ação, já que o preço do café era tabelado pelo governo para controle da inflação. (SILVA & CORTEZ, 1998; MORICCHI, *et al.*, 2003)

Como consequência de tal política, não havia opção para os torrefadores manterem suas margem de lucro senão buscarem matérias-primas de menor custo, como os cafés de pior qualidade, ou fazer misturas indiscriminadas de café arábica com café robusta. Esta situação provocou uma queda acentuada no consumo de café no Brasil, atingindo níveis alarmantes no início da década de 90. Mas foi nesta mesma década, com o final da intervenção do governo sobre os preços do café, que produtores e torrefadores tiveram maior liberdade para comercializarem seus produtos com uma margem de lucro que justificasse maiores investimentos em melhorias.

Entre 1992 e 1993, o Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial (PENSA) da faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (FEA/USP) traçou um diagnóstico do setor cafeeiro, detectando suas carências e apresentando sugestões de ações visando coordenar e melhorar a eficiência da cadeia agroindustrial do café. Um ponto que mereceu destaque foi a importância da visão de conjunto do funcionamento do setor com a necessidade de se estabelecer vínculos entre os diversos elos da cadeia.

Dentre as muitas ações propostas pelo estudo, estava a desmistificação da utilização do café robusta e a necessidade de se adequar técnicas e condições de

processo para se obter um melhor produto. O café robusta, de uso predominante no setor de café solúvel, passou a ser usado de forma exagerada pelo setor de torrado e moído em misturas com o café arábica, especialmente por apresentar um custo médio de produção 64% inferior ao arábica (MATIELLO, *et al.*, 2004). Apesar das diferenças físicas, químicas e sensoriais, os cafés arábica e robusta eram tratados da mesma forma, comprometendo a qualidade da bebida final. Como resultado, a queda no consumo era atribuída exclusivamente ao uso do robusta e não a falta de conhecimento técnico para utilizar este café.

Outro problema que também merece destaque foi o hábito que se criou na indústria cafeeira de torrar o café “a fundo”, pela necessidade de se esconder os inúmeros defeitos presentes nos cafés de baixa qualidade. Em função desse hábito, mesmo cafés superiores ainda são torrados mais do que se deveria, o que compromete as características sensoriais da bebida. Mais recentemente, com o crescente aumento do consumo de café *espresso* os problemas com qualidade tornaram-se ainda mais marcantes, uma vez que este tipo de preparo realça todas as características da bebida, sejam elas positivas ou negativas.

Diante dessas e tantas outras demandas tecnológicas, aliadas à outras necessidades de toda cadeia cafeeira, é obvio imaginar que a recuperação do mercado é um processo lento e esbarra na difícil, mas primordial, tarefa de melhorar o produto oferecido ao consumidor, que atinja suas expectativas de qualidade e preço, ou seja definindo qualidade do ponto de vista do consumidor - saber o que o consumidor realmente quer, gosta e espera é o caminho mais curto para aumentar os índices de consumo per capita e atingir as metas tão sonhadas do setor.

Visando a melhoria da imagem e da qualidade do café brasileiro, medidas institucionais foram tomadas, dentre elas: o Selo de Pureza ABIC - concedido às marcas associadas à Associação Brasileira das Industrias de Café (ABIC) comprovadamente não adulteradas - programas de orientação aos produtores, concursos, campanhas de marketing e, mais recentemente, forte incentivo às exportações de café torrado.

Porém, tratar o tema “qualidade” sem o respaldo da pesquisa científica é uma atitude arriscada. Assim, neste contexto de crescente e permanente necessidade de melhorias, este estudo nasceu não com a pretensão de atender e satisfazer as demandas tecnológicas do setor, mas com a intenção de sugerir caminhos que levassem a resultados que instigassem debates e que estes, sim, apontassem novos caminhos.

Para tal, este trabalho de pesquisa buscou estudar diversas formulações de *blends* entre café arábica de grande expressão sensorial (bebida Mole/Dura Paulista) com café robusta – processado pós-colheita por via seca e via cereja descascado – como forma de diminuição do custo da matéria-prima e sem prejuízo na qualidade da bebida, levando em conta a aceitação por parte de consumidores habituais de café, tanto para bebida preparada em filtro de papel como para café *espresso*.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

I.1 – Um pouco da História do café

I.1.1 – Da Etiópia para o Mundo

A origem ou a descoberta das primeiras plantas de café não é claramente conhecida: relatos e lendas remontam aos anos 575 a 850 DC, na região onde hoje é a Etiópia. No entanto, é a partir do séc. XV que o consumo do café se estabelece, a princípio como uma bebida considerada sagrada pelos muçulmanos, consumida nas mesquitas durante cerimônias de cânticos de devoção, mantendo quem a consumia sempre desperto e atento. Graças ao bem estar proporcionado, o café era comumente receitado por médicos da época. Já no séc. XVI o costume de apreciar a bebida em Casas de Café, especialmente na Pérsia e Turquia, tomava proporções consideráveis. O café, um prazeroso estimulante, era associado à sociabilidade, inspirava artistas e inflamava as mentes de estudiosos (BANKS *et al.*, 1999).

No início, era consumido como uma pasta misturada à gordura animal ou como uma infusão preparada com suas cascas e polpa ou com a polpa e o grão verde. Posteriormente, os grãos começaram a ser secos ao sol visando a estocagem por maiores períodos. E finalmente, veio a torração do grão. Não se sabe ao certo como esses passos foram tomados, mas, tendo em vista que o café era objeto de admiração e curiosidade dos cientistas (médicos) da época, é de se imaginar que diversas experiências tenham sido realizadas até se chegar ao mais próximo da bebida que é consumida atualmente.

No final do séc. XVI a famosa bebida do Oriente Médio atingia a Europa. Os venezianos foram os primeiros a firmar o comércio do novo produto com Meca, não tardando o café conquistar a Itália. Levado para Marselha no séc. XVII, logo atingiu Paris. Nesse mesmo século, Alemanha, Inglaterra e diversos outros países

o adotaram. Diante do sucesso alcançado, os árabes cuidaram de impedir que qualquer semente germinável deixasse seu território. Porém, os holandeses conseguiram tal façanha e juntamente com os franceses, após o Rei Luís XIV ser presenteado com um arbusto de café pelo prefeito de Amsterdã, foram os responsáveis pela inicial disseminação do café pelo mundo através de suas colônias na África, América Central e do Sul do séc. XVI ao XVIII. No séc. XIX a jornada do café completava-se no Quênia e na Tanzânia, na época colônias alemãs, ironicamente próximas ao seu berço – a Etiópia – depois de nove séculos circundando o mundo (BANKS *et al.*, 1999; FLANDRIN, 1998).

1.1.2 – Importância econômica, política e social do café no Brasil

Em 1727, as primeiras sementes de café entraram no Brasil pelas mãos do Sargento-mór Francisco de Mello Palheta que fora incumbido pelo Governador do Maranhão e Grão Pará de tratar de questões de delimitação de fronteira com a Guiana Francesa. Extra oficialmente, caberia ao sargento trazer algumas sementes ou mudas da valiosíssima planta e assim ele o fez.

As primeiras plantações se deram no Pará, passando em seguida para o Maranhão, irradiando-se até atingir a Bahia na metade do séc. XVIII. Alguns anos depois, chegou ao Rio de Janeiro, expandindo-se pela Serra do Mar e atingindo, no final do século, o Vale do Paraíba. No início do séc. XIX, já tendo alcançado Minas Gerais e São Paulo, espalhava-se por este estado até início do séc. XX quando também chegou ao Paraná.

Em meados do século XIX já era o principal produto brasileiro, correspondendo a 40% do valor total das exportações, sendo o Brasil o maior produtor mundial. A forte expansão da cultura cafeeira, concomitante às crises do açúcar e do algodão, iniciou um novo ciclo na economia brasileira. As principais mudanças são percebidas com o deslocamento do eixo econômico do Nordeste, então produtor de açúcar e algodão, para o Sudeste, resultando num novo perfil de distribuição de renda e da população. Com a proibição do tráfico de escravos em 1850, acarretando o aumento do custo dessa mão-de-obra, a substituição do trabalho escravo pelo livre tornou-se uma necessidade com a conseqüente Abolição da Escravatura em 1888, impulsionando a imigração de trabalhadores

europeus – especialmente italianos – e, em, menor grau, o deslocamento de trabalhadores livres da economia de subsistência para as grandes fazendas e núcleos urbanos. Em pouco tempo se dava uma nova divisão regional do trabalho e uma nova estruturação do poder político, atraindo novos parceiros comerciais e financeiros, e criando estruturas para a industrialização. (SZMRECSÁNYI, 1990)

O Oeste Paulista tornou-se a principal região brasileira produtora, caracterizada pelas grandes propriedades e pelo poderio econômico, muitas vezes culminando em poder político, reforçado pela proclamação da República que rendia maior autonomia aos governos provinciais. Porém, no início do séc. XX, o setor sofreu a primeira crise de superprodução. Para enfrentá-la os governos de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro fixaram um preço mínimo para o café, com retenção de parte da produção correspondente ao excedente de consumo mundial, consolidando tais medidas no “Convênio de Taubaté” (1906) (SILVA & CORTEZ, 1998). Na década de 20 houve retomada do crescimento de mercado causando grande euforia que viria provocar uma nova superprodução. Desta vez, a dificuldade no controle de preços através das intervenções se agravou com a quebra da Bolsa de Nova York (1929), levando muitos produtores de café à ruína. No oeste paulista, grandes propriedades foram divididas permitindo, em muitos casos, o acesso à terra a ex-colonos, alguns dos quais tornaram-se grandes proprietários. (GONÇALVES, 1997)

Em decorrência da crise de 30 houve mudanças na política cafeeira que passava a domínio federal com a criação do Conselho Nacional do Café incumbido de ajustar a capacidade produtiva à demanda. Com a superprodução decorrente da crise, mais de 78 milhões de sacas de café foram queimadas no período de 1931 a 1944. No final dos anos 40 a situação normalizava-se e em 1952 foi criado o Instituto Brasileiro do Café (IBC) com a função de exercer efetivamente a política econômica do produto. (GONÇALVES, 1997)

As medidas adotadas após a crise de 30 geraram condições favoráveis para o desenvolvimento da “nova cafeicultura”, alocada em pequenas propriedades – com destaque para a região norte do Paraná – embasada em técnicas agronômicas visando maior produtividade (resultantes da reestruturação

da pesquisa agropecuária paulista no início da década de 20), mas ainda correspondendo à exploração exaustiva dos recursos naturais e preservando o núcleo hegemônico cafeeiro na figura dos homens de negócio do café.

No início da década de 60 a política cafeeira se viu novamente diante de uma superprodução, com os estoques do governo contendo quase o dobro da demanda mundial. Visando amenizar o problema, estabeleceu-se a política de erradicação de cafezais antigos de baixa produtividade (menos que 6 sacas de café beneficiado por mil covas) que atingiu resultados acima do seu objetivo no final da década. Mas tal política, assim como as demais executadas nas décadas anteriores, causaram um efeito colateral com conseqüências sentidas até os dias atuais: a progressiva perda de mercado internacional para cafés Colombianos e Africanos.

Com o fim da maior parte dos velhos cafezais, iniciou-se na década de 70 o Programa de Renovação e Revigoramento dos Cafezais, incorporando novas tecnologias ao campo. No entanto, em 1975 uma forte geada dizimou quase a totalidade dos cafezais paranaenses e mais de dois terços dos cafezais paulistas, confirmando as limitações climáticas na definição das áreas propícias ao cultivo do café. Neste contexto, Minas Gerais começou a ganhar seu espaço como berço da nova cultura cafeeira, tornando-se na década de 80 o maior estado produtor de café, posição que sustenta até hoje.

A década de 90 talvez seja a mais significativa no que diz respeito a mudança de mentalidade do setor cafeeiro. Com a extinção do IBC e a livre comercialização do produto o setor se deparou com uma nova realidade: buscar melhoria de qualidade na tentativa de mudança da imagem do café brasileiro no exterior, e no próprio país, para conquistar novos e antigos mercados. E essa nova e bem vinda realidade deveria atingir toda cadeia produtiva do agronegócio café: do campo às torrefações e os centros de pesquisa.

1.1.3 – Um panorama atual do setor cafeeiro

Na safra de 2003/2004, o parque cafeeiro e a produção de café no Brasil, encontram-se como mostra a Tabela 1:

Tabela I.1: Parque Cafeeiro, produção e produtividade de café beneficiado nos estados produtores brasileiros, na safra de 2003/2004.

<i>Estados</i>	<i>Parque Cafeeiro Área (ha)</i>	<i>Produção (mil sacas de 60 kg beneficiadas)</i>			<i>Produtividade (sacas/ha)</i>
		<i>Arábica</i>	<i>Robusta</i>	<i>Total</i>	
Minas Gerais	977.000	12.020	30	12.050	12,33
Espírito Santo	521.000	1.600	5.010	6.610	16,68
São Paulo	210.000	2.810	-	2.810	13,38
Paraná	123.200	1.970	-	1.970	16,99
Bahia	95.200	1.410	370	1.780	18,70
Rondônia	188.000	-	2.500	2.500	13,30
Mato Grosso	36.100	30	400	430	11,91
Pará	18.000	-	220	220	12,22
Rio de Janeiro	11.000	120	10	130	11,82
Outros	22.050	120	200	320	14,51
BRASIL	2.201.550	20.080	8.740	28.820	13,09

Fonte: Convênio MAPA – S. P. C./CONAB em www.abic.com.br

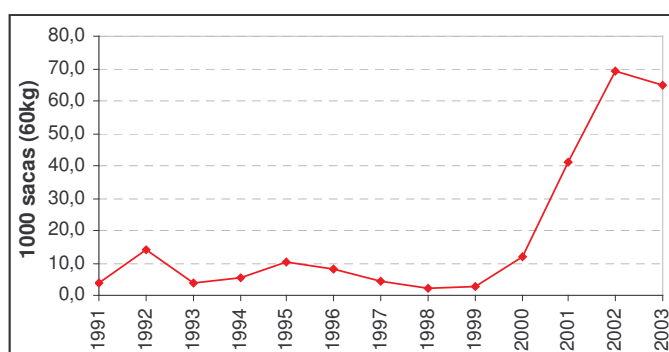
A produção brasileira – maior do mundo – corresponde, na média dos últimos quatro anos, a 30% da produção mundial (em torno de 115 milhões de sacas), seguida pelo Vietnã com 11% e pela Colômbia com 9,5%. A maior parte do café produzido no Brasil é da espécie arábica (de 75 a 80%) enquanto que no Vietnã é da espécie *canephora* (robusta), sendo o Brasil o segundo maior produtor deste café (ver I.2.1).

Atualmente, as exportações brasileiras variam de 25 até 30% do montante total de café exportado no mundo, novamente seguido pelo Vietnã (13%) e pela Colômbia (11%). Os principais importadores do café brasileiro são EUA, Alemanha, Itália e Japão. A Itália, tradicionalmente conhecida pela qualidade de seu café *espresso*, engloba no volume de suas importações cerca de 27% dos cafés do Brasil (seu principal fornecedor). Este número, a princípio, pode parecer interessante, mas revela-se um tanto desanimador quando se leva em conta que no início de década de 70 o café brasileiro representava quase 72% das importações italianas (ITALY...2001).

Como comentado no final do item anterior (I.1.2), a década de 90 iniciou um período de transformações no setor cafeeiro, finalmente voltado para a qualidade

de seus produtos como principal incentivo para retomada e ampliação de mercado interno e externo, agregando valor para garantir maior retorno dos investimentos. Foram criados programas de orientação aos produtores (como o desenvolvido pelo Sindicato das Indústrias de Café do Estado de São Paulo - Sindicafé), concursos que premiam os melhores produtores com pagamentos de valor da saca bem acima do valor de mercado e campanhas de marketing visando melhorar a imagem do café, principalmente no exterior, com a promoção dos “Cafés do Brasil”, numa referência à capacidade de produção brasileira de diferentes tipos de café (graças às condições climáticas e tipos de solo) para atender aos diversos consumidores em diferentes países (MORICCHI, *et al.*, 2002). Mais recentemente, com o intuito de ampliar a receita gerada pelo setor iniciou-se um forte incentivo, até mesmo por parte do governo, às exportações de café torrado. O café começa a deixar de ser tratado como uma simples *commodity*, avançando pela diferenciação via qualidade.

Os volumes de exportação do café torrado nos últimos três anos foram bastante animadores (Figura I.1) e, embora tenha sido observada uma ligeira redução (-3,2%) na quantidade exportada em 2003 com relação a 2002, houve crescimento de quase 90% na receita gerada¹.



Fonte: CECAFÉ em www.abic.com.br e www.iea.sp.gov.br

Figura I.1: Volume de café torrado exportado pelo Brasil no período de 1991 a 2003.

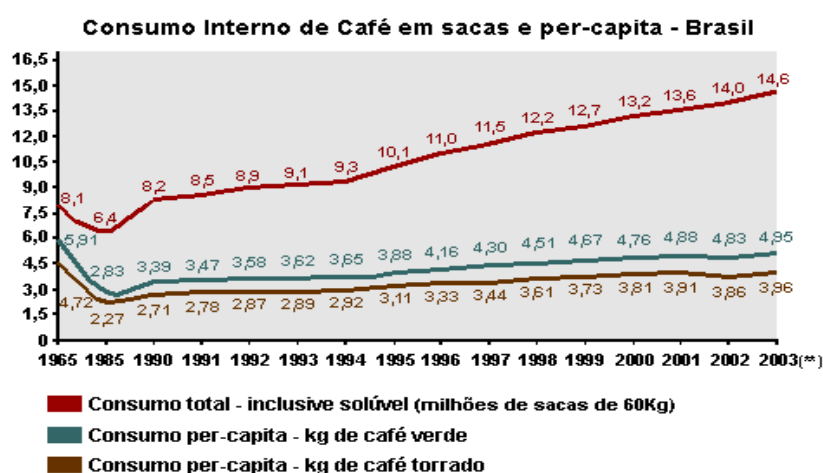
No entanto, em 2004 houve forte queda, especialmente no saldo cambial das operações². Esse resultado indica que as medidas tomadas pelo setor não estão

1 VEGRO, C. L. R.; MARTIN, N. B. Café:2003, um ano para se esquecer. Em <http://www.iea.sp.gov.br> (acesso em 16/01/2004).

2 VEGRO, C. L. R. ; MARTIN, N. B. Café: Escassez impulsiona recuperação dos preços. Em: <http://www.iea.sp.gov.br>

surtindo efeito e devem ser revisadas, ainda mais se o objetivo é chegar próximo aos principais países exportadores de café torrado, como Alemanha e Itália, que exportam mais de cem vezes o volume exportado pelo Brasil. Além de medidas institucionais como crédito adequado, diplomacia econômica visando eliminação de barreiras comerciais e investimentos em marketing, é necessário um consciente investimento em tecnologia, tanto em equipamentos como em controle de processos e embalagens para que o café torrado brasileiro esteja apto a competir com os melhores do mundo (MORICCHI, *et al.*, 2003).

Paralelamente ao intuito de retomada e ampliação do mercado externo, medidas visando o mesmo objetivo para o mercado interno vêm sendo tomadas. A mais expressiva delas até hoje foi o Selo de Pureza ABIC criado em 1989, concedido às marcas associadas à ABIC comprovadamente não adulteradas. No início da divulgação do selo, cerca de 30% das marcas analisadas apresentavam quantidade de cascas, paus e pedras acima do limite de tolerância ou eram adulteradas com cevada, chicória, milho, entre outros. Atualmente, menos de 5% das marcas analisadas, representando 1% do café comercializado internamente, apresentam algum tipo de fraude (informação disponível no site <http://www.abic.com.br>). Esta simples medida de respeito ao consumidor, associada a campanhas publicitárias, garantiram um discreto aumento no consumo per capita brasileiro (Figura I.2).



Fonte: <http://www.abic.com.br>, ** estimativa

Figura I.2: Consumo interno e per capita de café no Brasil, no período de 1965 a 2003

Levando-se em conta o volume total, o Brasil é o segundo maior consumidor do mundo atrás de EUA, mas em consumo per capita o Brasil ocupa uma posição intermediária, inferior aos países nórdicos e outros europeus, mas superior a todos os outros países produtores, o que o torna menos sensível às flutuações do mercado internacional.

Em uma pesquisa sobre consumo encomendada pela ABIC em 2004, e disponibilizada a seus associados, foi constatado que dos 1460 entrevistados em diversas localidades do país 92% consomem café, dos quais 78% o fazem todos os dias. O consumo de café coado/filtrado é de 93%, seguido pelo solúvel (15%), capuccino (11%), *espresso* (8%) e decafeinado (1%). O conceito de qualidade para os consumidores está associado à pureza e às características sensoriais da bebida (corpo, aroma, sabor), sendo a marca e o preço determinantes na hora da compra. Para os 8% que não consomem café, os principais motivos são a crença de que o café faz mal à saúde, o gosto amargo e o forte sabor residual. Segundo a pesquisa, estima-se que sejam aproximadamente 84 milhões os consumidores de café no Brasil, com um mercado a ser conquistado de 4,5 milhões. Para atrair esses novos consumidores, não basta apenas garantir um café sem impurezas, é necessário garantir um café de qualidade sensorial desejada pelo consumidor, além de novos produtos a base de café.

1.2 – Aspectos agronômicos

1.2.1 – A planta e a semente

Pertencente a família das *Rubiaceae*, do gênero *Coffea*, apenas duas das centenas de espécies arcam com o imenso prestígio de 2^a *commodity* mais comercializada no mundo: *C. arabica*, responsável por 75% da produção mundial exportável e produzido pelo Brasil, Colômbia, México e Quênia; e *C. Canephora* (comumente chamada de café robusta), responsável pelos 25% restante e produzido pelo Brasil, Vietnã, Indonésia e Costa do Marfim.

Planta de porte arbustivo, possui caule lenhoso reto e ramos dimórficos. As flores são normalmente brancas, havendo também as amarelas e rosas claro; são

hermafroditas, abrindo-se de 8 a 10 dias após a chuva ou irrigação que se segue a períodos de seca, tendo duração efêmera (3 a 4 dias). Os frutos geralmente com duas sementes plano convexas podem ser, quando maduros, vermelhos ou amarelos conforme a variedade. As raízes são finas e superficiais, atingindo de 30 a 40 cm de profundidade no solo. O sistema raticular do Robusta, mais volumoso, atinge maior profundidade sendo mais eficiente, tornando-o menos susceptível à problemas decorrentes da carência de nutrientes e a deficiências hídricas prolongadas (PAULINO, *et al.*, 1987; MATIELLO, 1991)

Algumas das diferenças entre o café arábica e o robusta podem ser observadas na Tabela I.2:

Tabela I.2: Características agrônômicas das plantas de café arábica e café robusta.

<i>Parâmetros</i>	ARÁBICA	ROBUSTA
Cromossomos	44	22
Tamanho do arbusto (m)	2,5 – 4,5	4,5 – 6,5
Folhas	pequenas ovais	Grandes, mais claras
Flores	pequenas	Grandes
Formato da semente	ovalada	Arredondada
Tamanho da semente (mm)	5 – 13	4 – 8
Maturação (meses)	7 – 9	9 – 11
Clima Ideal	Temperado (19 – 22°C)	Equatorial (22 – 26°C)
Altitude (m)	600 – 2200	0 – 800

Fonte: (PAULINO, *et al.*, 1987; MATIELLO, 1991; ILLY & VIANI, 1998)

Entretanto, a diferença crucial entre as duas espécies se revela nas propriedades sensoriais dos cafés torrados: um bom café arábica apresenta aroma e sabor mais intensos, amargor e acidez balanceados com notas achocolatadas e amendoadas, considerados característicos de café, justificando o fato de ser a espécie mais comercializada. O café robusta é sensivelmente mais amargo, com notas amadeiradas e terrosas que lembram alguns cereais. (ILLY & VIANI, 1998)

Parte considerável da distinção sensorial entre as duas espécies é atribuída à diferença na composição química desses cafés verdes (Tabela I.3), atuando de forma diversa como precursores para a formação dos compostos que conferirão o aroma e sabor característicos do café torrado.

Tabela I.3: Composição média de alguns componentes do café verde (% base seca)

<i>Componentes</i>	ARÁBICA	ROBUSTA
Cafeína	1,2	2,2
Trigonelina	1,0	0,7
Aminoácidos totais	10,3	10,3
Carboidratos	58,9	60,8
Ácidos alifáticos	1,7	1,6
Ácidos clorogênicos	6,5	10,0
Lipídios	16,0	10,0
Minerais	4,2	4,4

Fonte: ILLY & VIANI, 1998

Além das peculiaridades de cada espécie, também influenciam na composição química e mais especificamente nas características da bebida resultante de um grão de qualidade: o clima, o solo, os tratamentos agrícolas, entre outros. Porém, mais do que nunca a genética vem se tornando uma preciosa ferramenta na busca de grãos de alta qualidade, sem, obviamente, esquecer a produtividade e a resistência a patógenos e nematóides.

1.2.2 – Da lavoura à indústria

- Plantio

A formação da lavoura inicia-se com a seleção das sementes para preparo das mudas em viveiro.

Paralelamente, o terreno também deve ser preparado. Primeiramente acontece o processo de limpeza, cujas etapas dependem do uso anterior do solo. Em seguida, procede-se a demarcação para a locação das covas. A escolha do tipo

de espaçamento depende da variedade a ser plantada, das condições do terreno, do tamanho da propriedade e dos investimentos iniciais. Esta etapa é muito importante, pois reflete na produtividade e rentabilidade da lavoura, influenciando os custos das práticas de manejo do cafezal. O espaçamento tradicional ou sistema de renque implica numa densidade de plantio de 1500 a 2000 covas por hectare, com 3,0 a 4,5m entre ruas e 1,5 a 2,0m entre covas, facilitando a mecanização da colheita. O sistema adensado (1,5 a 2,5m entre ruas e 0,5 a 1,0m entre covas) pode acolher de 5000 a 10000 covas por hectare, sendo utilizado em pequenas propriedades e regiões montanhosas. (SECRETARIA DA FAZENDDA..., 1988; MATIELLO, 1991; TOLEDO & BARBOSA, 1998)

Definido o espaçamento, faz-se a abertura das covas ou sulcos, a adubação e finalmente o plantio, tendo como cuidados de cultivo as capinas e o combate às pragas e doenças.

- Colheita

A variedade, o clima da região, o sistema de plantio, insolação e chuva definem a florada do ano, influenciando diretamente a maturação dos frutos e consequentemente a época e tipo de colheita a ser empregada.

É de extrema importância para a qualidade do café que haja predominância de grãos maduros (mínimo de 80%), os quais possuem composição química ideal para a geração de aromas e sabores característicos durante a torração. Os frutos ainda verdes interferem na qualidade da bebida, sendo responsáveis pela presença de grãos defeituosos verdes-pretos, verdes e ardidos, causando maior adstringência à bebida. Os grãos verdes, mais leves, também diminuem o rendimento da colheita e são prejudiciais à planta pois requerem maior esforço na colheita provocando grande queda de folhas e galhos (BÁRTHOLO, *et al.*;1989). Os grãos sobremaduros, em fase de senescência, sofrem fermentação com produção de álcoois e ácidos indesejáveis, ruptura da parede celular e escurecimento da casca. A estes grãos é atribuída a presença dos defeitos “grãos pretos”, que comprometem acentuadamente as características sensoriais da bebida.

Nas regiões próximas ao Equador, a maturação dos grãos distribui-se durante todo o ano e há necessidade de colher-se apenas os grãos maduros, com o tipo de colheita conhecido como “colheita a dedo”. No Brasil a maturação é praticamente concentrada em apenas uma época – outono e inverno, o que permite a colheita denominada “derrça”, sendo feita no pano ou através de máquinas. A escolha do método de derrça depende da espécie cultivada, da disponibilidade de mão-de-obra (correspondente de 25 a 30% dos custos diretos de produção), das características do terreno e do clima da região produtora, sendo na maioria das propriedades cafeeira de arábica no Brasil utilizada a derrça no pano. Pela morfologia da planta, o arábica é considerado monocaule, o que permite a colheita mecânica passando o cavaleiro sobre as plantas; como a planta de robusta é multicaule, este tipo de colheita não é possível.

- Preparo Pós-Colheita

Depois de colhido, o café deve ser lavado e por diferença de densidade os cafés mais leves (bóias ou secos), assim como algumas impurezas, são separados dos mais pesados (frutos cerejas e verdes).

O preparo dos frutos pode se processar de dois modos: por via seca, resultando nos cafés de terreiro ou naturais, e por via úmida, resultando nos cafés despulpados ou lavados. No Brasil, predomina o processo via seca, do qual resultam as bebidas mais encorpadas. Neste processo, o café, depois de lavado, é conduzido para secar em terreiros e/ou secadores. No terreiro, o café deve ser espalhado em camadas de 3 a 4 cm de espessura e revolvido a cada hora durante o período de sol. Ao entardecer, o café deve ser enleirado, voltando a ser espalhado na manhã seguinte. Para que os grãos atinjam umidade de 11 a 12% se gasta em torno de 8 a 10 dias. Nos secadores, geralmente cilindros rotativos horizontais, a temperatura não deve ultrapassar 45°C para evitar o aparecimento de grãos pretos-verdes e outros defeitos, sendo que este processo reduz a menos de um terço o tempo de secagem gasto no terreiro. Também é usado secar primeiramente o café no terreiro e, depois, no secador. Sempre que possível, é aconselhável a secagem de lotes homogêneos, levando em conta a época da

colheita, o estágio de maturação e o teor de umidade para obtenção de um produto final uniforme (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997). A qualidade do café processado por via seca depende muito das condições climáticas da região e de cuidados durante a secagem para se evitar fermentações indesejadas (de natureza butírica e propiônica) na mucilagem dos frutos, comprometendo o aroma e sabor deste café quando torrado. (VICENT, 1985; MANUAL de CONHECIMENTOS, 1988; TOLEDO & BARBOSA, 1998; ILLY&VIANI, 1998)

No processamento por via úmida, após a lavagem, o café passa por um despulpador constituído, normalmente, de cilindros janelados, onde, por pressão, os grãos verdes são separados dos maduros. Estes últimos seguem para o elemento despulpador formado por cilindros cobertos por uma camisa de cobre que pressionam os grãos contra uma barra de borracha, separando a polpa dos grãos envolvidos pelo pergaminho. No processo convencional, estes grãos seguem para a degomagem - processo de fermentação para a retirada da mucilagem, que pode durar de 12 horas a 3 dias, dependendo das condições climáticas, sobretudo, da temperatura. Quanto mais lenta a fermentação, maior a acidez do café devido, principalmente, a formação de ácido láctico (MATIELLO, 1991). Este processo deve ser cuidadosamente controlado para evitar formação de sabor e odores desagradáveis, como alcoólicos, fermentados e ardidos, decorrentes de fermentação incompleta ou de duração excessiva. A fermentação é interrompida quando os grãos se atritam facilmente ao serem esfregados na mão. O café é novamente lavado e depois levado para ser seco em terreiro e/ou secador. (VICENT, 1985; MANUAL de CONHECIMENTOS, 1988; BAREL & JACQUET, 1994; TOLEDO & BARBOSA, 1998; ILLY&VIANI, 1998)

O café robusta, predominantemente preparado por via seca por possuir menos polpa que os arábicas e por se tratar de um procedimento menos custoso, foi estudado por GUYOT *et al.* (1996), que analisaram a influência do modo de preparo agrícola na sua composição química e características sensoriais. Os pesquisadores concluíram que, com o preparo por via úmida, houve um aumento na acidez e na intensidade de aromas, com diminuição de amargor e da sensação de corpo da bebida, esta última causada pela perda de sólidos solúveis durante a

fermentação e lavagem dos grãos. De um modo geral o tratamento por via úmida melhora a qualidade do café, o que já havia sido constatado por VINCENT *et al.* (1977), especialmente por só processar frutos maduros. Por outro lado, a sensação de corpo nos cafés naturais, consequência da migração de açúcares da polpa para o grão, torna este café indispensável em *blends*, em especial nos *espressos*, para garantir qualidade sensorial à bebida (ILLY & VIANI, 1998).

Um processo alternativo que vem alcançando enorme sucesso no Brasil é o “cereja descascado” - um processo via úmida sem a etapa da fermentação - não exigindo tanques e água abundante. Com este processo é possível conseguir um café com características de cor e corpo semelhantes aos cafés de terreiro, mas com chances de obtenção de melhores padrões de bebida uma vez que os grãos verdes são separados, processando-se apenas os frutos maduros (TOLEDO & BARBOSA, 1998). Com este tipo de processamento é possível obter um café com características sensoriais únicas, os quais cada vez mais são premiados nos concursos de cafés especiais, atendendo a mercados exigentes em termos de qualidade (CORTEZ, 1996). Além da melhor qualidade sensorial do produto, outra vantagem do processamento via cereja descascado em relação a via seca é a economia de energia durante o processo de secagem uma vez que, com a retirada da casca, o grão mais o pergaminho é cerca de 40% menor em relação ao grão mais a mucilagem. Esta vantagem se estende durante o armazenamento, pois o grão mais pergaminho seco é menor que o café em coco. Em relação ao processamento via úmida, o processo via cereja descascado é menos custoso, tendo a vantagem de ser menos prejudicial ao meio ambiente por consumir menos água e adicionar menos matéria orgânica à água efluente. Outra vantagem é que a mudança das instalações de processamento por via seca para cereja descascado são mais simples e econômicas do que as mudanças para o processamento via úmida.

- Beneficiamento

Após o processamento, os cafés em coco (via seca) ou os cafés em pergaminho (via úmida) devem ser armazenados em tulhas para que a umidade

remanescente seja uniformizada e também para aguardar o melhor momento para a comercialização, em função dos preços oferecidos pelo mercado. Para ser comercializado, o café deve ser beneficiado, ou seja, para se ter como produto os grãos verdes as camadas externas secas devem ser removidas sendo: casca, mucilagem, pergaminho e membrana prateada no café em coco e apenas as duas últimas no café em pergaminho.

Até esta etapa, o café já possui definidas suas características intrínsecas, porém, o beneficiamento pode conferir maior qualidade ao café cru, uma vez que alguns defeitos podem ser eliminados nas etapas subsequentes da classificação física.

Esta operação é mecanizada e o sistema depende do tipo de café que será beneficiado: se em coco ou em pergaminho. De um modo geral, primeiramente o café passa por um processo de eliminação de impurezas (paus, folhas, terra, pedras, etc.) para então entrar no descascador. É importante que o equipamento esteja perfeitamente ajustado para completa remoção das partes secas sem que os grãos sejam danificados. Em seguida, grão verdes e casca ou pergaminho são separados para que os grãos se submetam à primeira classificação por tamanho.

A triagem granulométrica se dá em máquinas compostas por peneiras de diferentes tamanhos (de 8 a 19/64 de polegadas) e formas (oblongos ou circulares) de furos. Para complementar, também é possível uma triagem colorimétrica utilizando máquinas com fotossensores permitindo separar grãos muito escuros (grãos pretos, pretos-verdes), muito claros ou manchados. No entanto, o alto custo do equipamento faz com que maior atenção seja concentrada na eliminação de defeitos por meios mecânicos ou pneumáticos (uso de ar comprimido para eliminação de grãos quebrados ou mal formados, mais leves) a fim de se garantir uma matéria-prima de boa qualidade sem a necessidade da triagem colorimétrica (BAREL & JACQUET, 1994).

- Classificação

Após o beneficiamento o café está pronto para ser comercializado, porém, como a qualidade dos grãos é bastante diversificada, em função das diferentes condições de colheita e processamento, faz-se necessária uma classificação na qual se baseará a definição dos preços do café, tanto no mercado interno como no externo.

No Brasil, são vários os critérios utilizados na classificação dos grãos, desde aspectos físicos como tamanho e presença de defeitos até características sensoriais. As classificações mais importantes comercialmente são as classificações por peneira, por tipo e por bebida.

A Classificação por peneira é realizada em máquinas com conjuntos de peneiras cujos crivos variam nas frações de 8/64 a 20/64 polegadas. Os formatos dos crivos podem ser oblongos (para separar os grãos mocas) ou circulares (para separar os grãos chatos). As peneiras para separar os grãos mocas geralmente são intercaladas entre as demais, para que a separação se dê por tamanho e forma (Tabela I.4).

Tabela I.4: Classificação de café por peneira:

Classificação	Peneiras
Chato grosso	17 a 20
Chato médio	15 e 16
Chato miúdo (chatinho)	12 e 14
Moca graúdo	11 a 13
Moca médio	10
Moca miúdo (moquinha)	8 e 9

A separação do café por peneiras é bastante importante para se garantir uma torração uniforme, pois, numa torração de grãos de diversos tamanhos ("bica corrida"), os grãos menores torram mais rapidamente, havendo o risco de carbonização e percepção de sabor e aroma queimado na bebida (MATIELLO, 1991).

A Classificação por tipo leva em conta aspectos físicos do grão de café verde, baseando-se na contagem de defeitos e impurezas de uma amostra de 300g, usada tanto para café arábica quanto para robusta.

Tabela I.5: Descrição e equivalência de defeitos e impurezas presentes no café.

DEFEITOS	CAUSAS	COMO EVITAR	COMO ELIMINAR	INFLUÊNCIA NO TIPO	INFLUÊNCIA NA QUALIDADE
PRETO	Ataque de fungos devido a colheita atrasada dos frutos e permanência prolongada no solo	Colheita racional	Catação manual ou eletrônica	1 preto = 1 defeito	Aparência, cor, torração e bebida – sabores “áspero” e cinza
ARDIDO	Bolores em frutos colhidos verdes ou devido à permanência prolongada dos frutos em contato com o solo	Colheita racional	Catação manual ou eletrônica	2 ardidos = 1 defeito	Aparência, cor, torração e bebida – gosto azedo
VERDE	Colheita de frutos verdes	Colheita somente de frutos maduros	Emprego de separador de verdes, catação manual ou eletrônica	5 verdes = 1 defeito	Aparência, cor, torração e bebida – aumenta amargor e adstringência, sabor metálico
CONCHA	Fatores genéticos e climáticos	Seleção genética e manejo racional da cultura	Catação manual ou eletrônica	3 conchas = 1 defeito	Aparência, cor, torração e bebida – diminui acidez e “dilui” o sabor
CHOCHO	Fatores genéticos, climáticos (seca) e carência nutricional	Seleção genética e manejo racional da cultura	Ventilação adequada no benefício e catação manual ou eletrônica	5 chochos = 1 defeito	Aparência e torração
MALGRANADO	Fatores fisiológicos, climáticos (seca) e carência nutricional	Uso adequado de nutrientes e irrigação	Catação manual ou eletrônica	5 malgranados = 1 defeito	Aparência e torração
BROCADO	Ataque da “Broca do Café”	Combate à praga	Catação manual ou eletrônica	2 a 5 brocados = 1 defeito	Aparência, torração e bebida – aumenta amargor
QUEBRADO	Seca inadequada e má regulagem do descascador	Secagem adequada e regulagem correta do descascador	Regulagem dos ventiladores e catação manual ou eletrônica	5 quebrados = 1 defeito	Aparência, torração e bebida – diminui acidez
COCO	Má regulagem do descascador	Regulagem adequada do descascador	Separação no beneficiamento e catação manual	1 coco = 1 defeito	Aparência e torração
MARINHEIRO	Má regulagem do descascador	Regulagem adequada do descascador	Separação no sururuca e catação manual	2 marinheiros = 1 defeito	Aparência e torração
PAUS, PEDRAS, TORRÕES E CASCAS	Colheita por derrça no chão e abanação mal feita	Colheita por derrça no pano ou a dedo no cesto	Emprego de lavradores e seletores. Regulagem do catador e ventilador ou catação manual	1 pedra, páu ou torrão = 1 a 5 defeitos (tamanho) 1 casca grande = 1 defeito	Aparência e torração

Fontes: BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997; MATIELLO, 1991; ILLY & VIANI, 1998

Em 1929 foi reconhecida e adotada pelo Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio a utilização da tabela de Equivalência de Defeitos e de Classificação por tipo que compreende sete tipo de valores decrescentes de 2 a 8, conforme números de defeitos presentes na amostra (Tabela I.6) (TEIXEIRA [Snt]).

Tabela I.6: Tabela simplificada de Classificação por Tipo.

Defeitos	4	12	26	46	86	160	360
Tipo	2	3	4	5	6	7	8

Fontes: BARTHOLO & GUIMARÃES, 1997; MATIELLO, 1991.

A tabela de classificação conta ainda com uma pontuação que atribui valores intermediários aos tipos, ex: 2 – 15, 4 – 45, etc.

Pela classificação por tipo é possível inferir sobre o modo de colheita (grãos com cor de terra devido ao contato com o solo) ou sobre os cuidados durante o processamento pós – colheita (grãos manchados causados por secagem drástica ou desuniforme) e durante o beneficiamento (grãos quebrados, cocos, etc).

A Classificação por bebida é realizada através da Prova de Xícara, feita por profissionais treinados e experientes na atividade de degustar café (*expert cuppers*) e reconhecidos pelo Ministério da Agricultura. A prova, que vigora desde 1917 - quando da instalação de Bolsa Oficial de Café e Mercadorias de Santos - consiste da experimentação de infusões de 10g de pó de café de torração clara em água em ponto de primeira fervura. Esta classificação baseia-se em algumas características sensoriais da bebida como: aroma, acidez, amargor, doçura, adstringência e corpo, as quais recebem conceitos de “bom, regular, ruim” e “fraco, médio, forte”. Em função desses conceitos, em conjunto com as descrições físicas, é atribuídas uma nota de conceito global que varia de 1 (mais baixo) a 5 (mais alto) e finalmente uma classificação que varia conforme mostrado na Tabela 7. Durante a degustação alguns sabores estranhos ainda podem ser percebidos como os de terra, mofo, fermentado, chuvado, etc.

Tabela I.7: Classificação para bebidas de café arábica e café robusta.

Café arábica	<i>Descrição</i>
Mole	Sabor agradável, brando e doce
Estritamente mole	Todos os requisitos da bebida mole mais acentuados
Apenas mole	Inferior aos anteriores, mas sem adstringência ou aspereza de paladar
Dura	Sabor acre, adstringente e áspero, mas sem sabores estranhos
Riado	Sabor químico, típico de ácido fênico, iodofórmio
Rio	Aroma e sabor iodofórmio, mais acentuado que o tipo riado
Rio zona	Aroma e sabor iodofórmio mais acentuado que tipo rio
Café robusta*	
Leve gosto de robusta	Sem influência de defeitos
Médio gosto de robusta	Sabor influenciado por defeitos
Forte gosto de robusta	Dominada pelo forte sabor dos defeitos
Gostos estranhos no café	Apresenta sabores estranhos aos comumente descritos em sua classificação

Fonte: TOLEDO, 1998; MANUAL DE CONHECIMENTOS – CAFÉ, 1987

*Classificação extra oficial, pois ainda não há uma classificação oficial para o café robusta.

Os atributos de gosto e sensação bucal do café, avaliados na prova de xícara, foram descritos por CLIFFORD, 1985 e CLARKE, 1986, sendo:

- A acidez, associada a prótons e, conseqüentemente, à doadores de prótons, sendo que o ácido fosfórico é considerado a maior fonte de acidez na bebida de café. Ácidos orgânicos são geralmente mais fracos e sua contribuição sensorial é modificada pelos seus ânions. Os cafés arábicas são mais ácidos que os robustas, sendo que os cafés processados por via úmida são mais ácidos que os processados por via seca. A acidez, instrumentalmente medida, aponta como valores preferenciais de pH para o café arábica na faixa de 4,9-5,2 e para o café robusta, pH 5,0-5,8.
- O amargor, atribuído, em parte, à cafeína e a alguns compostos heterocíclicos, peptídios, vários produtos da degradação dos ácidos clorogênicos e caramelização de açúcares. O amargor é desejado, porém deve ser equilibrado em cafés de melhor qualidade.
- A doçura, normalmente não associada à bebida de café, uma vez que os açúcares são quase que totalmente degradados durante as reações na

torração. Porém, uma pequena quantidade de sacarose pode estar presente em cafés mais finos, levemente torrados.

- A adstringência, uma sensação bucal, freqüentemente confundida com amargor. É particularmente associada a presença de ácidos dicafeoilquínicos (diCQA), que são compostos adstringentes cuja característica é precipitar as proteínas salivares. O café robusta é mais adstringente que o arábica, e grãos de café provenientes de cerejas imaturas também são adstringentes, uma vez que possuem maior quantidade de diCQA.
- A sensação de “corpo” associada à viscosidade sentida na cavidade bucal, porém não havendo relação com a viscosidade da bebida medida em aparelhos. É função da presença de macromoléculas e relacionada a baixos níveis de fenólicos adstringentes.

Não existe uma correlação entre tipo de bebida e a classificação pela prova de xícara, ou seja, é possível encontrar um café com aparência não tão boa mas cuja bebida seja de excelente qualidade, sendo que a situação inversa também é verdadeira. No entanto, é de se esperar que cafés com defeitos graves, como grão pretos e ardidos, promovam uma bebida de baixa qualidade sensorial.

Como já mencionado, os métodos aqui apresentados são seguidos no mercado brasileiro não havendo um critério mundialmente padronizado de classificação do café. Cada país exportador costuma ter sua própria classificação sendo comum levar em conta a aparência, a presença de defeitos e algumas características sensoriais da bebida. A *International Standardization Organization* (ISO) citada por FERIA-MORALES, 2002, apresenta algumas normas para padronização de definição, designação, composição, defeitos tipo e formato de grãos, cor, características após torração e perfil sensorial de prova de xícara (*cup profile*). No entanto, o que vigora comercialmente no mercado internacional é a classificação em cafés arábicas e robustas, sendo os arábicas divididos em:

- arábicas lavados (América Central, África) designados por altitude, região e caracterizados pela maior acidez do café;

- arábicas não lavados (Brasil), designados pela quantidade de defeitos, forma do grão e cor, caracterizados pela classificação da Prova de Xícara, considerados mais encorpados que os demais.

São muitas as críticas aos modelos usados em todo o mundo para classificar o café, especialmente no que se refere à caracterização sensorial, sua falta de padronização e especialmente no fato de que as avaliações conduzidas por *experts* são realizadas em condições de torração e preparo de bebida muito diferentes daqueles comumente usados pelos consumidores. Para se obter um perfil sensorial da bebida preparada dentro dos padrões de consumo, são empregadas técnicas sensoriais descritivas e também quantitativas como a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), Perfil de Sabor, e Perfil Livre, usando painéis treinados (MEILGAARD, 1987; STONE & SIDEL, 1985). A *International Coffee Organization* (ICO) possui painéis sensoriais treinados em vários países produtores e importadores e desenvolveu uma terminologia sensorial descritiva padronizada (ICO, 1991), com os seguintes atributos:

- Aroma: animal, borracha, caramelo, chocolate, cinza, especiarias, floral, frutas/cítrico, gramas/verde/ervas, madeira, malte/pão torrado, nozes, queimado/defumado, químico medicinal, rançoso, tabaco, terra, vinho.
- Gosto: ácido, amargo, azedo, doce, salgado.
- Sensação bucal: adstringência, corpo.

Uma discussão maior sobre este tema é fundamental para a evolução da classificação internacional do café e maior ênfase ao assunto será dada nos Capítulos III e IV.

1.3 – Industrialização

A qualidade do café traduzida nas características sensoriais da bebida depende de diversos fatores já mencionados nos itens anteriores. Entretanto, mesmo que sejam garantidos ótimos tratos de colheita, processamento e beneficiamento, ainda assim não se pode assegurar a qualidade sensorial da bebida por um motivo muito simples enquanto operação industrial, mas de

extrema complexidade enquanto fenômeno químico: o processo de torração. É durante a torração que as propriedades sensoriais típicas do café serão desenvolvidas e toda a qualidade inferida à matéria - prima pode ser destruída se este processo não for adequadamente conduzido.

Os próximos capítulos enfocarão com maior detalhe o tema de torração e suas implicações na qualidade sensorial da bebida, assim como em alguns componentes químicos.

1.4 – Bibliografia

- BANKS, M.; McFADDEN, C.; ATKINSON, C. **The World Encyclopedia of Coffee**. London: Annes Publishing Limited, 1999 256p.
- BAREL, M.; JACQUET, M. La qualité du café: ses causes, son appréciation, son amélioration. **Plantations, recherche, développement**, Montpellier, Cirad, jui-aoû, 1994.
- BÁRTHOLO, G. F; MAGALHÃES FILHO, A. A. R. de; GUIMARÃES, P. T. G; CHALFOUN, S. M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**. EPAMIG, Belo Horizonte, 14 (162), 1989.
- BÁRTHOLO, G. F; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**. EPAMIG, Belo Horizonte, 18 (187), 32-34, 1997.
- CLARK, R. J. The flavor of coffee. In: MORTON, I.D. & MACLEOD, A.J. **Food Flavours**: Part B. The flavours of beverages. Amsterdam : Ed. Elsevier Science Publ., 1986. cap1.
- CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K. **Coffee**: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. London & Sydney: CROOM HELM, 1985. cap 13.

- CORTEZ, J, G. Melhoria da qualidade do café brasileiro: influência de sistemas de produção e processamento sobre algumas características da bebida. Campinas, 1996. 48pp. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- FERIA-MORALES, A. M. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grinding systems/experts tasters in sensory evaluation for quality control. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, v13, 355-367, 2002.
- FLANDRIN, J-L. Os tempos modernos. In: FLANDRIN, J-L., MONTANARI, M. **História da Alimentação**. Trad. de Luciano Vieira Machado e Guilherme João de Freitas Teixeira. 3ª ed. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. Cap 31. 532-559.
- GONÇALVES, J. S. **Mudar para Manter**: análise do processo de pseudomorfose da agricultura brasileira. Campinas, 1997. 469p. Tese de Doutorado – Instituto de Economia, UNICAMP.
- GUYOT, B.; GUEULE, D.; ASSEMAT, S.; TCHANA, E.; POMATHIOS, C. Influence du mode de préparation du café vert Robusta sur la composition chimique et ses qualités organoleptiques. In: **ASIC**, 16º Colloque, Kyoto, 267-277, 1996.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee – The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd. 1998.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. Field practices and cup characteristics selective US Mechanical Harvest and Wet US Dry Process – Technical Unit – Quality Series Report, n. 5, Sponsored by the Promotional Fund. p28, Mar, 1991.
- ITALY: exports continue to grow – The upward trend of the last decade goes on. **Planet Coffee**. London: "I did my best Ltd.", 2001. 36-46.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Florida/USA: CRC Press, 1987.

SECRETARIA DA FAZENDA DO ESTADO DE SÃO PAULO, Manual de conhecimentos – café. , 1988.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. Coleção do Agricultor (Grãos). São Paulo: Globo, 1991.

_____. RIBEIRO, G.; SIQUEIRA, J. H. SOBRINHO, P. M. O.; MIRANDA, E. E. Influencia do ciclo bianual no custo de produção de café: Comparativo em lavouras de arábica e de robusta. **Coffea – Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira**, 1, 3, set-out, 11-12, 2004

MORICOCHI, L.; ALVES, H. S.; ASSUMPÇÃO, R. Alguns aspectos da economia cafeeira no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, 32, 10, 54-63, 2002.

MORICOCHI, L.; NOGUEIRA Jr. S.; MONTEIRO, J. L. M.; ALVES, H. S.; ÂNGELO, J. A.; PINTO, F. A. Perfil tecnológico da indústria de café torrado e moído. **Agricultura em São Paulo**, Série Ciência APTA, São Paulo, 50, 1, 53-72, 2003.

PAULINO, A.J.; MATIELO, J.B.; PAULINI, A.E.; BRAGANÇA, J.B. **Cultura do Café Conilon**: 16 - A. Rio de Janeiro: MIC, IBC, DIPRO., set/1987.

SILVA, L. F.; CORTEZ, J. G. A qualidade do café no Brasil: Histórico e Perspectivas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, 15, 1, 63-88, 1998.

STONE, H. & SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Academic Press, Inc. London. 311p. 1985.

SZMRECSÁNYI, T. **Pequena História da Agricultura no Brasil**. São Paulo: Contexto. 1990. Cap 2, 3. 17-48.

TOLEDO, J.L.B. de & BARBOSA, A.T. **Classificação e Degustação de Café**. Série Agronegócios. Brasília: Ed. Sebrae. Rio de Janeiro: ABIC. 1998.

TEIXEIRA, A. A. A. Classificação de Café – noções gerais. IBC/GERCA, Rio de Janeiro [Snt].

VINCENT, J.C.; GUENOT, M.C.; PERRIOT, J.J.; GUEULE, D. Influence de différents traitements technologiques sur les caractéristiques chimiques et organoleptiques des cafés robusta et arabusta. In: **ASIC**, 8^e Colloque, Abidjan, 271-284, 1977.

_____ Green Coffee Processing. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **COFFEE: Technology**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 2, cap 1, 1985.

CAPÍTULO II

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO EM FUNÇÃO DA QUALIDADE SENSORIAL DA BEBIDA SEGUNDO AVALIAÇÃO SENSORIAL COM *EXPERTS*

Nota: Estudo do perfil de torração e parâmetros para caracterização do grau de torração – perda de peso e luminosidade dos grãos e do pó de café

Parte do conteúdo deste capítulo encontra-se publicada em:

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C.; KOIKE, M. A. Study of the roasting parameters and beverages quality of dry processed and wet unfermented processed robusta coffees. In: 19th International Scientific Colloquium on Coffee, 2001, Trieste. ASIC – Association Scientific International du Café – 19th Colloquium, 2001.

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C. Modeling the degree of roast of an arabica coffee – a tool to optimise the process. In: International Congress on Engineering and Food – ICEF, Montpellier. 279-284, 2004

RESUMO

Em se tratando de café, o processo de torração é uma das etapas mais importantes para se chegar a uma bebida de qualidade. A torração deve ser suficiente para que as reações de pirólise, responsáveis pelo desenvolvimento do sabor e aroma tão particulares do café, aconteçam sem que os grãos se queimem, comprometendo a qualidade da bebida. Para tal, tempo e temperatura devem ser adequadamente estabelecidos e controlados.

Uma ferramenta bastante interessante para controle e predição de processos é o uso de modelos ajustados, obtidos através de respostas relacionadas às variáveis dependentes, sendo que a Metodologia de Superfície de

Resposta vem sendo bastante utilizada na tentativa de otimizar processos através de modelos ajustados. As respostas, ou variáveis dependentes, são os parâmetros através dos quais é possível caracterizar o grau de torração, como: a cor do grão, a perda de massa durante a torração, o aroma e sabor desenvolvidos e até mudanças químicas de determinados componentes. Sem dúvidas os atributos sensoriais são determinantes no estabelecimento do melhor grau de torração e é possível correlacioná-los com parâmetros físicos ou químicos na tentativa de agilizar e facilitar o controle do processo.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar uma faixa de grau ótimo de torração para cafés arábica e robusta usando Planejamento Estrela (*Central Composite Design*), variando a temperatura no início da torração e o tempo, resultando em 11 tratamentos. As respostas (variáveis dependentes) foram as médias de avaliações sensoriais feita por provadores profissionais (*experts*) do setor cafeeiro e parâmetros de controle de grau de torração: perda de peso durante a torração (%pp), luminosidade (L^*) do grão e do pó de café. Os resultados analisados por ANOVA e Metodologia de Superfície de Resposta geram modelos, sendo que para L^* do grão o modelo pode ser considerado preditivo, indicando uma faixa ótima de torração (em função de resposta sensorial) de L^* 36,5 to 37,5 para o café arábica e de 37,0 a 38,5 para os robustas, correspondendo a uma torração média.

ABSTRACT

With respect to coffee, the roasting procedure is one of the most important steps to arrive at a quality beverage. Roasting must be sufficient such that the reactions of pyrolysis, responsible for the development of the typical coffee flavour and aroma, occur, without the beans burning and ruining the quality. For this, time and temperature must be adequately established and controlled.

The use of adjusted models is an interesting tool for process control and prediction, obtained by way of responses related to the dependent variables, response surface methodology being one such model, widely used in attempts to optimise processes. The responses, or dependent variables, are the parameters

used to characterise the degree of roast, such as: bean colour, loss of mass during roasting, aroma and flavour developed and even chemical changes of determined components. The sensory attributes are, without doubt, determinants in the establishment of the best degree of roast and it is possible to correlate them with physical or chemical parameters in an attempt to speed up and facilitate the control process.

Thus the objective of this study was to determine a range for the optimum degree of roast for arabica and robusta coffees using a central composite design, varying time and temperature at the start of roasting, resulting in 11 treatments. The responses (dependent variables) were the means of the sensory evaluations carried out by professional tasters (experts) from the coffee sector, and control parameters of the degree of roast, such as: loss of mass during roasting (%*lm*) and luminosity (L^*) of the coffee bean and powder. The results, analysed by ANOVA and Response Surface Methodology, produced models, the model based on the value for L^* of the bean being considered predictive, indicating an optimum roasting range (as a function of the sensory response) for L^* of 36.5 to 37.5 for arabica coffee and from 37.0 to 38.5 for robustas, corresponding to a medium roast.

II.1 – INTRODUÇÃO

Para se chegar a uma bebida de qualidade é fundamental que se parta de grãos de qualidade o que depende de sementes selecionadas, de cuidados na colheita, processamento e beneficiamento. Mas, ainda assim não é possível assegurar a qualidade sensorial da bebida por um motivo simples enquanto operação industrial, mas de extrema complexidade enquanto fenômeno químico: o processo de torração. É através dele que ocorrerão as transformações físicas e químicas, responsáveis pelo desenvolvimento do sabor e aroma tão particulares do café torrado. Para tal, tempo e temperatura de torração devem ser controlados e adequadamente estabelecidos de modo a serem suficientes para que as reações químicas ocorram plenamente, sem que os grãos se queimem, o que comprometeria o sabor e, conseqüentemente, a qualidade do café (CLARKE, 1985). De um modo geral, para a torração convencional, a faixa de temperatura usada é de 200 a 230°C, com o tempo variando de 12 a 20 min. No entanto, estes valores podem variar muito, dependendo do grau de torração desejado, do torrador utilizado, bem como da variedade do café, idade, umidade, entre outros.

No processo de torração, o mecanismo de transferência de calor para o grão pode ocorrer de três maneiras em tipos diferentes de torradores (LERICI *et al.*, 1980a; CLARKE, 1985): por condução, em recipiente sobre chama, bastante difícil de ser controlado; por convecção e condução, em cilindro horizontal giratório aquecido por resistência elétrica; por convecção em regime turbulento, na fluidização em torrador vertical (NAGARAJU *et al.*, 1997). Os dois últimos permitem torração mais uniforme com melhor controle do processo, possibilitando melhores resultados.

Desde a entrada do café no torrador, o processo pode ser separado em duas etapas principais: desidratação e torração dos grãos (LERICI, *et al.*, 1980b; DALLA ROSA, *et al.*, 1980; PITIA, *et al.*, 1996; Illy & Viani, 1998). A desidratação (processo endotérmico) ocorre entre 100 e 104°C durante pouco menos da metade do tempo total de torração, sendo perceptível uma ligeira mudança no odor caracterizado pelo cheiro de “pão torrado” e “amendoim”, enquanto os grãos tornam-se amarelados. O processo de torração, propriamente dito, se dá pelas

reações de pirólise – exotérmicas. Esta etapa é caracterizada pela drástica mudança da composição química do grão decorrente das reações pirolíticas promovendo escurecimento dos grãos, com considerável liberação de CO₂ causando a expansão e a conseqüente diminuição da densidade dos mesmos. Finalizadas as reações que formam o inconfundível aroma do café torrado é necessário que o processo seja interrompido através do resfriamento dos grãos na saída do torrador para que não ocorra a queima dos mesmos. Este resfriamento, normalmente, é feito por borrifo de água ou ar frio. Ambos oferecem vantagens e desvantagens e a escolha deve ser feita em função das instalações industriais e dos recursos disponíveis (ILLY & VIANI, 1998).

A caracterização do grau de torração pode ser estabelecida pela cor do grão, pela perda de massa (comumente chamada de perda de peso), pelo aroma e sabor desenvolvidos e pelas mudanças químicas de determinados componentes. Nas torrefações de pequeno e médio porte é comum que o ponto de torra seja controlado através da retirada de amostras durante o processo para comparação da cor dos grãos com um padrão ou simplesmente pela observação e experiência do responsável pela operação. Nas indústrias onde há maior investimento em tecnologia, este controle pode ser feito com a ajuda de equipamentos eletrônicos para medição da cor ou mesmo por células fotoelétricas no próprio torrador. O grau de torração em função da cor pode variar de claro (torração americana), médio e escuro.

A variação de diversas propriedades físicas e compostos químicos em função do grau de torração foi estudada por inúmeros autores entre eles LERICI, *et al.*, 1980b; GUYOT, *et al.*, 1985; PORTO *et al.*, 1991; PIZZIRANI *et al.* 1996; PITIA, *et al.*, 1996; ORTOLÁ *et al.* 1998. Porém, nesses estudos o grau de torração foi determinado considerando-se apenas uma das variáveis - tempo ou temperatura – mantendo-se a outra constante.

Para estudar o efeito de ambas as variáveis sobre as propriedades do café uma alternativa é o uso da Metodologia de Superfície de Resposta, uma interessante ferramenta estatística nos estudos de otimização de processos. No caso de estudos envolvendo bebidas e alimentos a otimização está sempre

relacionada a aspectos sensoriais os quais podem ser estabelecidos por teste de aceitação com consumidores (FLOROS & CHINNAN, 1988; MUDAHAR *et al.*, 1990; GALVEZ *et al.*, 1990; BASTOS *et al.*, 1991; CHANG *et al.* 1998; MENDES *et al.*, 2001) ou através de perfis descritivos, quando algum ou alguns atributos específicos são majoritariamente desejados.

Com o objetivo de determinar o grau ótimo de torração de alguns cafés, este estudo fez uso da Metodologia de Superfície de Resposta usando como parâmetros para determinar o grau de torração: a perda de peso (diretamente relacionada ao rendimento do processo, sofrendo influência da umidade inicial do grão verde) e a cor dos grãos e do pó dos cafés estudados, tendo como resposta determinante a avaliação sensorial com *experts* do setor cafeeiro. Optou-se pela avaliação com *experts* por se tratar de procedimento comum nas indústrias de café. Assim, parâmetros e respostas comumente usados nas indústrias do café foram submetidos a um tratamento estatístico para melhor validação dos resultados.

II.2 – MATERIAL E MÉTODOS

II.2.1 - Material

- Matéria-prima

Os cafés envolvidos neste estudo, todos da safra de 1999/2000, foram classificados segundo normas do Ministério da Agricultura e os resultados estão apresentados na Tabela II.1.

Tabela II.1: Classificação dos cafés estudados através de “prova de xícara”. (por Café Toledo LTDA. – Assessoria Técnica em Classificação e Degustação de Café)

Café	Processamento pós colheita	Tipo	Classificação da bebida	Acidez	Amargor	Qualidade global (de 1 a 5)	Umidade
Arábica¹ (A)	Via seca	5	Dura	Normal	Normal	4,5	10,2%
Robusta² (RCD)	Via cereja descascado	5	Leve gosto de robusta	Normal p/ baixa	Normal	4,0	11,0%
Robusta²(RS)	Via seca	5	Leve gosto de robusta	Baixa	Normal	3,5	11,3%

- 1 proveniente da Coopercitrus, Catanduva/SP.

- 2 proveniente da Coaabriel, São Gabriel da Palha/ES.

- *Equipamentos*

- Torrador de tambor rotativo, elétrico, de laboratório, PROBAT-WERKE tipo PRE 1
- Moedor de facas, ROD-BEL S.A. mar. Reg
- Colorímetro, ColorQuest II/Hunter Lab
- demais equipamentos e materiais comuns de laboratório



Figura II.1: Torrador PROBAT-WERKE tipo PRE 1.

II.2.2 - Delineamento experimental para determinação do grau ótimo de torração dos cafés (A, RCD, RS)

- *Planejamento estrela*

O delineamento experimental baseou-se num Planejamento Estrela 2^2 - Central Composite Design - (BOX et al., 1978; KHURI & CORNELL, 1987; BARROS NETO et al., 1996), com 3 pontos centrais, resultando em 11 tratamentos, a fim de se avaliar a influência do grau de torração sobre algumas propriedades sensoriais e físicas do café. Testes preliminares determinaram o tempo de torração e temperatura do tambor do torrador, no início do processo, dos limites inferiores $(-\alpha, 0; 0, -\alpha)$ e superiores $(0, +\alpha; +\alpha, 0)$. Estes deveriam corresponder a torrações muito claras ($L^* \approx 45,0$) e muito escuras ($L^* \approx 35,0$) (MENDES, 1999), respectivamente. Os demais níveis do planejamento $(-1, 0, +1)$ foram calculados proporcionalmente aos valores estabelecidos. A Tabela II.2 mostra as variáveis codificadas e as variáveis decodificadas:

Tabela II.2: Variáveis codificadas e decodificadas do planejamento fatorial “estrela” para otimização da torração dos cafés estudados (A, RCD, RS).

Tratamentos	Codificadas		Decodificadas	
	Tempo	Temperatura	Tempo (min)	Temperatura (°C)
1	-1	-1	8	196
2	1	-1	18	196
3	-1	1	8	224
4	1	1	18	224
5	0	0	13	210
6	0	0	13	210
7	0	0	13	210
8	$(-\alpha) -1,41$	0	6	210
9	0	$(+\alpha) 1,41$	13	230
10	$(+\alpha) 1,41$	0	20	210
11	0	$(-\alpha) -1,41$	13	190

- Preparo das amostras

Durante a torração, para cada batelada (100g de café verde) de cada tratamento, a temperatura interna do tambor do torrador foi medida a cada minuto, para se obter o perfil de torração. A medida desta temperatura se deu através de dois pontos, segundo o esquema da Figura II.3:

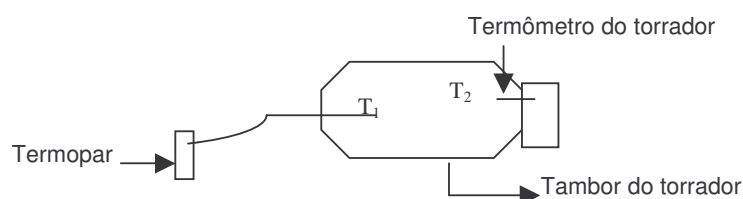


Figura II.3: Esquema de medição de temperatura interna do tambor do torrador.

Estes perfis foram comparados de modo a garantir que as bateladas de um mesmo tratamento não apresentassem diferenças entre si. Pela média das temperaturas das bateladas de cada tratamento foi traçado o perfil sensorial do café analisado.

Após cada torração, o café era resfriado com ar ventilado, por aproximadamente 1 min, no compartimento na saída do tambor e pesado em seguida.

Para a posterior análise com *experts*, as amostras de café torrado foram acondicionadas em embalagens de filmes compostos de polímeros (poliestireno – PS, polietileno – PE) e alumínio, a 8°C, para impedir perdas de aroma e contaminação do café com substâncias externas, até o uso.

- Cálculo da “perda de peso”

A “perda de peso” durante a torração é uma medida comumente usada nas torrefações de café para caracterizar o grau de torração. Corresponde à perda de umidade, de gases e de compostos orgânicos devido às reações pirolíticas e deve ser corretamente chamada de perda de massa. É calculada simplesmente pela diferença entre a massa de café no início e no fim do processo de torração, expressa em porcentagem.

- Medida da cor dos grãos e do pó de café

A cor dos grãos e do pó (grão moído) de cada tratamento foi determinada usando-se Colorímetro ColorQuest II/Hunter Lab. A leitura foi realizada com o aparelho ajustado em reflectância, com especular incluída (RSIN). A configuração incluiu iluminante D65 e ângulo 10°. Usou-se padrão de calibração branco com C 6299 com x=77,46, y=82,08 e z=88,38. As leituras foram realizadas em sistema CIELAB (L*, a*, b*), em 6 repetições (PORTO, *et al.*, 1991; PITTIA *et al.*, 1996, PIZZIRANI *et al.*, 1996, ORTOLÁ *et al.*, 1998, MENDES *et al.*, 2001).

II.2.3 - Avaliação sensorial por experts

Cada uma das 11 amostras de cada café foi avaliada por 5 provadores e classificadores profissionais (*experts*) da Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) e da Café Toledo LTDA. – Assessoria Técnica em Classificação e Degustação de Café. Os experts foram instruídos a procederem as avaliações seguindo os moldes da “prova de xícara”, porém utilizando as fichas de avaliação sensorial apresentadas nas Figuras II.4 e II.5. Usando escalas não estruturadas de 9 cm, foi julgado o grau de torração das amostras baseando-se na experiência profissional dos *experts*, tanto para o café torrado e moído como

também para café *espresso*, além de alguns atributos sensoriais. As referências para os extremos das escalas foram determinadas pelos experts.

Nome _____ data _____

Por favor, prove as amostras codificadas e, usando a escalas abaixo, indique a intensidade dos atributos avaliados:

Aroma queimado

nenhum forte

Aroma torrado

nenhum forte

Aroma característico de robusta

fraco forte

Sabor queimado

nenhum forte

Sabor torrado

nenhum forte

Sabor característico de robusta

fraco forte

Avalie o grau de torração de cada amostra de uma forma geral, indicando na escala abaixo o ele se aproxima do grau de torração adequado:

muito abaixo adequado muito acima

Figura II.4: Ficha de avaliação sensorial do grau de torração de café robusta.

Nome _____ data _____

Por favor, prove as amostras codificadas e, usando a escalas abaixo, indique a intensidade dos atributos avaliados:

Aroma queimado

nenhum forte

Aroma torrado

nenhum forte

Sabor queimado

nenhum forte

Sabor torrado

nenhum forte

Avalie o grau de torração de cada amostra de uma forma geral, indicando na escala abaixo o ele se aproxima do grau de torração adequado:

muito abaixo adequado muito acima

Figura II.5: Ficha de avaliação sensorial do grau de torração de café arábica.

- Avaliação dos Resultados

As variáveis dependentes do Planejamento Estrela foram: as médias das notas dadas pelos provadores profissionais para grau de torração e para os atributos de aroma e sabor, os parâmetros instrumentais de cor do grão e do pó de café e a perda de massa durante a torração.

A análise dos resultados foi feita através da Metodologia de Superfície de Resposta ou RSM (Response Surface Methodology), usando-se o software Statistica. Para se compor os modelos ajustados, bem como as respectivas superfícies, foram considerados os parâmetros estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$). A validade dos modelos foi avaliada em função dos respectivos coeficientes de determinação da regressão, bem como através do teste de F realizado pela análise da variância.

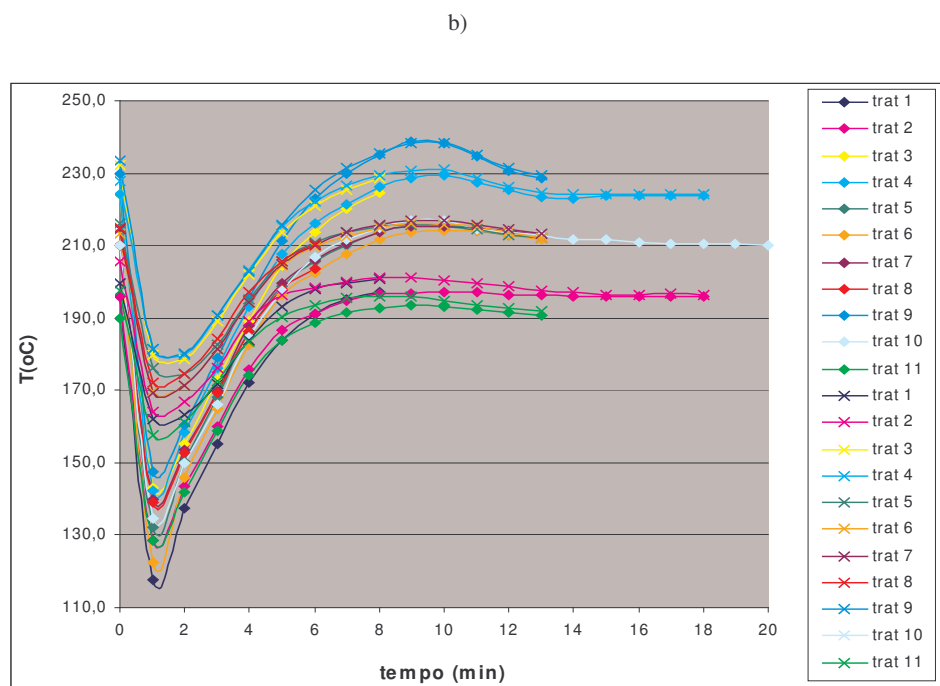
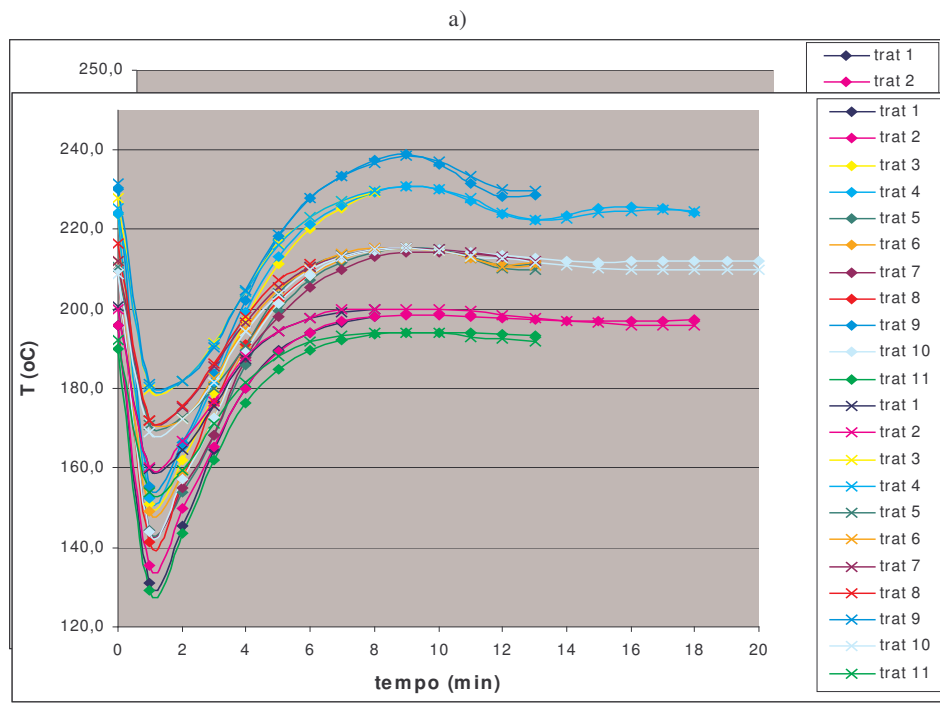
Através da análise da superfície de resposta para as notas dadas pelos provadores para o grau de torração dos tratamentos de cada café estudado, foi determinada a faixa da superfície que correspondia às notas da avaliação do grau de torração mais próximas do adequado. Posteriormente, transpondo essa região para as superfícies de contorno da luminosidade do grão (L^* grão), luminosidade do grão moído (L^* pó) e da perda de peso durante a torração (%pp), foi possível determinar as faixas desses parâmetros que correspondiam ao grau ótimo de torração. Optou-se por não caracterizar o grau de torração em termos de tempo e temperatura uma vez que este pode não ser um procedimento reprodutível, já que estes dados podem variar de acordo com o tipo de torrador e principalmente com a escala do processo.

II.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

II.3.1 – Perfis de torração

As bateladas que compuseram cada tratamento tiveram seus perfis comparados de modo a garantir que não havia diferença entre elas, fato que foi observado para todos os tratamentos de todos os cafés. Com as médias das

temperaturas das bateladas, foram traçados os perfis de torração dos tratamentos dos cafés estudados (Figuras II.6a, II.6b e II.6c):



c)

Figura II.6: Perfis de torração dos café estudados: a) café arábica; b) café robusta cereja descascado e c) café robusta via seca. ($T_{1\text{méd}}$ indicado por $\blacklozenge$ e $T_{2\text{méd}}$, por $\times$).

Os perfis de temperatura apontam uma considerável diferença entre as temperaturas T_1 e T_2 (Figura II.3) no início dos tratamentos devido à diferença de pontos de medição das mesmas. A temperatura T_1 é medida no centro do tambor do torrador, e está em contato com maior quantidade de café que T_2 , que se encontra no fundo do tambor. Assim, no início do processo de torração, quando da entrada do café ainda frio, e durante a etapa de perda da umidade – processo endotérmico - é de se esperar que a temperatura próxima a essa maior quantidade de café seja realmente menor que aquela do fundo do tambor. Nesta etapa foi perceptível uma ligeira mudança de aroma, o qual lembrava amendoim e pão torrado (ILLY & VIANI, 1998). Após a perda da maior parte da umidade (LERICI, *et al.*, 1980; PITTIA *et al.*, 1996), com o aquecimento dos grãos e posteriores reações de pirólise, as temperaturas T_1 e T_2 tendem a se igualar. No decorrer do processo, observou-se uma ligeira elevação da temperatura além daquela estipulada para o tratamento. Este fato ocorreu devido às reações de pirólise que são exotérmicas e aconteceram entre 8 e 10 minutos para os cafés robusta e de 7 a 9 minutos para o café arábica. Uma hipótese para este acontecimento, além da menor umidade do café arábica (A de 10,20 %, RCD de 11,01% e RS, 11,32%), seria a maior quantidade de açúcares do café arábica favorecendo a reação de Maillard e também em função da maior quantidade de óleos deste café (CLIFFORD, 1985; FOLSTAR, 1985), conferindo maior poder calorífico ao grão. Durante esta etapa foi possível ouvir os grãos “estalando” devido ao rápido aumento de volume e liberação, principalmente, de CO_2 , sendo observada maior quantidade de fumaça saindo do torrador (ILLY & VIANI, 1998). Os perfis retratam que as variáveis dependentes tempo e temperatura do tambor do torrador no início do processo foram bem definidas pois é possível distinguir satisfatoriamente os cinco níveis de tempo e os cinco níveis de temperatura para todos os cafés estudados.

II.3.2 – Parâmetros para caracterizar o grau de torração

II.3.2.1 - Perda de Peso (%pp)

As perdas de peso durante a torração dos cafés estudados, nos diversos tratamentos do planejamento experimental encontram-se na Tabela II.3:

Tabela II.3: Perda de peso (%) durante a torração nas condições do planejamento experimental para o café arábica e os cafés robusta (RCD e RS).

Tratamentos	A	RCD	RS
9	23,23 ^a	23,40 ^a	23,58 ^a
4	21,66 ^a	22,72 ^a	22,63 ^a
10	17,23 ^b	18,41 ^b	19,68 ^b
5	15,95 ^{bc}	16,73 ^c	17,85 ^c
6	15,55 ^{bc}	16,64 ^c	17,97 ^c
7	15,64 ^{bc}	16,62 ^c	17,67 ^c
3	15,36 ^{bc}	16,18 ^{cd}	15,99 ^d
2	14,16 ^c	15,59 ^d	16,27 ^d
11	12,30 ^d	13,33 ^e	13,98 ^e
1	10,88 ^{de}	11,27 ^f	13,47 ^e
8	9,47 ^e	11,05 ^f	11,84 ^f

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

A porcentagem de perda de peso dos cafés durante a torração permite, de um modo geral, a distinção de três grupos de tratamento, dentro dos quais há pouca diferença entre as amostras:

- %pp acima de 20%, nos tratamentos 4 e 9;
- %pp intermediária, nos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7 e 10, entre os quais existe diferença significativa para os robustas;
- %pp inferior a 14%, nos tratamentos, 1, 8, e 11.

Pelos resultados observa-se que o café arábica teve perdas de peso menores que os cafés robusta, porém, esta se deve à menor porcentagem de umidade do grão verde deste café (10,2% - Tabela II.1). Descontando-se a umidade inicial, tem-se, por exemplo para as amostras do grupo intermediário, apresentados na Tabela II.4:

Tabela II.4: Perda de peso (%) durante a torração, descontando-se a umidade inicial dos cafés verdes, dos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7, e 10, do planejamento estrela.

tratamentos	A	RCD	RS
10	8,37 ^b	7,49 ^b	8,51 ^b
5	6,57 ^{bc}	5,77 ^c	6,63 ^c

6	6,36 ^{bc}	5,73 ^c	6,76 ^c
7	6,56 ^{bc}	5,67 ^c	6,43 ^c
3	5,74 ^{bc}	5,24 ^{cd}	4,71 ^d
2	5,04 ^c	4,64 ^d	4,98 ^d

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

LERICI *et al.*, 1980b, DALLA ROSA, *et al.*, 1980 e ORTOLÁ, *et al.* 1988 em seus respectivos estudos calcularam a perda de peso para amostras de café arábica e robusta. Algumas amostras de robusta tiveram maior perda de peso que as de arábica, em outras, a perda de peso do arábica foi maior. Em nenhum destes estudos os autores sugerem uma possível explicação para esta variação.

Partindo-se da análise estatística dos efeitos do tempo de torração e da temperatura interna do tambor do torrador no início do processo, considerando-se apenas os efeitos significativos ($p \leq 0,05$), foram ajustados os modelos para determinação da perda de peso (Tabela II.5) a partir dos quais foram construídas as superfícies de resposta apresentadas na Figura II.10a, 10b, 10c.

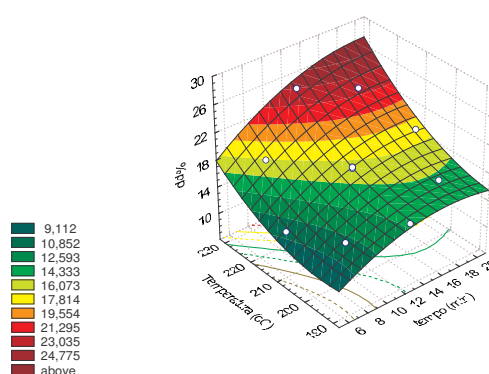
Tabela II.5: Modelos ajustados para a porcentagem de perda de peso dos cafés estudados.

Respostas	Café	Modelo	R ²	p(FA ¹)
%pp	RCD	$156,428 - 0,174t - 0,041t^2 - 1,587T + 0,004T^2 + 0,008t*T$	0,99	0,018
	RS	$93,767 - 1,286t - 0,044t^2 - 0,875T + 0,002T^2 + 0,014t*T$	0,98	0,021
	A	$227,427 - 0,180t - 0,043t^2 - 2,285T + 0,006T^2 + 0,009t*T$	0,99	0,037

1 FA – Falta de ajuste do modelo.

t – tempo e T – Temperatura

Os modelos ajustados propostos para a perda de peso dos cafés estudados apresentam coeficientes de determinação bastante altos (mínimo de 98% da regressão), porém, com falta de ajuste estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Assim, pode-se sustentar a validade dos modelos apenas nas condições e intervalos estabelecidos pelo planejamento experimental, sendo que pode haver



uma pequena variação entre valores medidos e valores calculados.

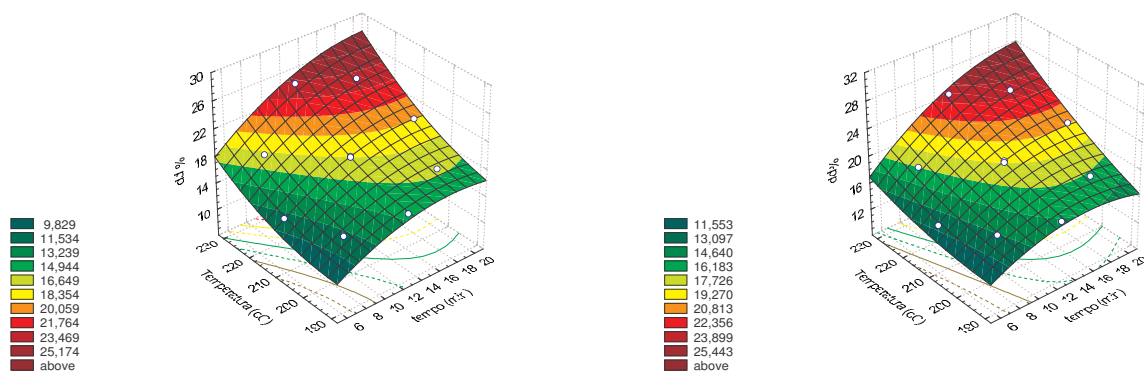
a)

b)

c)

Figura II.7: Superfícies de Resposta para %pp dos cafés: a) arábica, b) robusta (cereja descascado) e c) robusta (via seca).

Nas condições estabelecidas pelo planejamento experimental, o efeito quadrático negativo do tempo indica que o incremento de aumento da perda de peso diminuiu com o tempo de torração até um limite máximo. Já o efeito quadrático positivo da temperatura, sugere, nestas condições, que a partir de um limite inferior, com o aumento da temperatura o incremento da perda de peso



também aumenta.

II.3.2.2 – Cor dos Grãos e do Pó de Café

Neste estudo, para se caracterizar o grau de torração foi levada em conta apenas a luminosidade (L^*) do grão e do pó de café uma vez que as coordenadas cromáticas a^* e b^* apresentam valores baixos, estando localizadas numa região do plano cromático mais próxima ao centro o que significa uma coloração com maior influência de uma coordenada sobre a outra, resultando numa coloração sempre com nuances marrom.

A Tabela II.6 traz as médias dos valores encontrados para cada amostra em cada tratamento do planejamento:

Tabela II.6: Medidas da luminosidade (L^*) dos grãos e dos pós dos cafés arábica e robusta (cereja descascado e via seca).

Tratamento	A		RCD		RS	
	<i>grão</i>	<i>pó</i>	<i>grão</i>	<i>pó</i>	<i>grão</i>	<i>pó</i>

verde	51,28 ^a	---	49,41 ^a	---	45,70 ^a	---
1	41,54 ^b	42,42 ^b	44,51 ^b	52,23 ^b	45,19 ^a	51,69 ^b
8	40,28 ^c	45,46 ^a	43,81 ^b	53,22 ^a	43,88 ^b	53,91 ^a
11	38,89 ^d	39,95 ^c	41,02 ^c	46,75 ^c	42,49 ^c	48,39 ^c
2	37,76 ^{de}	38,27 ^d	39,52 ^d	42,15 ^d	40,64 ^d	43,65 ^d
3	37,25 ^{ef}	36,67 ^e	38,56 ^{de}	40,11 ^e	39,69 ^{de}	43,64 ^d
5	36,90 ^{ef}	36,02 ^f	37,91 ^e	39,34 ^f	38,97 ^{ef}	40,18 ^e
7	36,20 ^{fg}	36,39 ^e	37,73 ^e	39,55 ^f	38,54 ^{ef}	40,18 ^e
6	36,09 ^{fg}	36,58 ^e	37,55 ^e	39,38 ^f	38,39 ^f	40,25 ^e
10	35,37 ^{gh}	35,59 ^g	36,00 ^f	36,91 ^g	36,60 ^g	37,93 ^f
4	34,61 ^h	34,56 ^h	35,11 ^f	35,00 ^h	35,17 ^h	35,62 ^g
9	34,39 ^h	34,04 ⁱ	33,74 ^g	34,95 ^h	34,31 ^h	34,87 ^h

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

De um modo geral, para a luminosidade do grão não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos dos pontos centrais e os tratamentos 3 para os cafés robusta e o tratamento 10, para o café arábica. Entre os tratamentos 4 e 9 não houve diferença significativa na luminosidade dos grãos para os cafés arábica e robusta RS, porém houve diferença na luminosidade dos pós desses cafés nesses mesmos tratamentos. O oposto aconteceu com o robusta RCD, que mostrou diferença na luminosidade dos grãos, mas não no pó, entre os tratamentos 4 e 9. Estas observações podem ser visualizadas na Figura II.8.

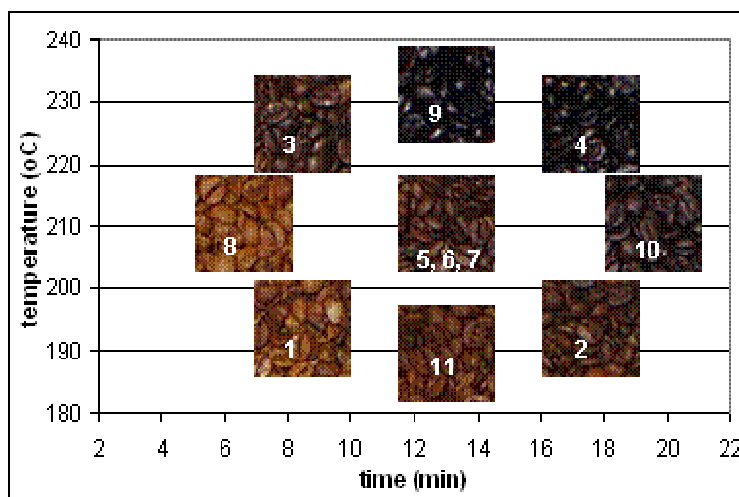


Figura II.8: Representação da cor dos grãos obtida nos tratamentos do planejamento estrela para torração do café arábica. (Os números nas figuras dos grãos indicam o tratamento)

Os valores encontrados para luminosidade dos grãos para os cafés estudados estão de acordo com dados encontrados na literatura para cafés

arábica e robusta de diversas procedências (PORTO, *et al.*, 1991; PITTIA, *et al.*, 1996; ORTOLÁ, *et al.*, 1998). O café arábica apresentou uma luminosidade ligeiramente menor que os cafés robusta para um mesmo tratamento, principalmente naqueles correspondentes a torrações mais claras (tratamentos 1, 8 e 11), sendo que a diferença atenuou-se nos tratamentos com temperatura mais alta. Isto se deve ao fato das reações de pirólise se iniciarem com menos tempo de torração neste café que nos cafés robusta. Esta hipótese, já discutida no item II.3.1, sugere, como reportado por DALLA ROSA, *et al.* (1980) e ILLY & VIANI (1998), que o café robusta apresenta um processo de torração mais lento, necessitando de uma temperatura final mais alta para atingir a mesma cor que o arábica.

Os resultados da medição da luminosidade dos cafés moídos (Tabela II.6) diferenciam de forma mais significativa os tratamentos. Como pode ser observado, apenas os pontos centrais (tratamentos 5, 6 e 7) não apresentam diferença significativa entre si, com exceção para o café arábica, pois o tratamento 5 se diferenciou significativamente dos tratamentos 6 e 7.

Nesta análise merece destaque o fato dos cafés moídos apresentarem valores para luminosidade e coordenadas cromáticas maiores que os dos respectivos grãos (LERICI, *et al.*, 1980b; DALLA ROSA, *et al.*, 1980; PIZZIRANI, *et al.*, 1996; PITTIA, *et al.*, 1996), principalmente os cafés robusta. A diferença na coloração já é esperada e tende a diminuir à medida que o grau de torração aumenta (PORTO, *et al.*, 1991). Esta diferença de cor ocorre em função do gradiente de temperatura do grão que faz com que as reações em seu interior aconteçam com certo retardo em relação às reações na superfície. Segundo LERICI, *et al.* 1980b, a inevitável diferença entre a coloração do grão e do respectivo pó será tanto maior quanto for o incremento da temperatura no tempo. A Figura II.9 ilustra essa observação:

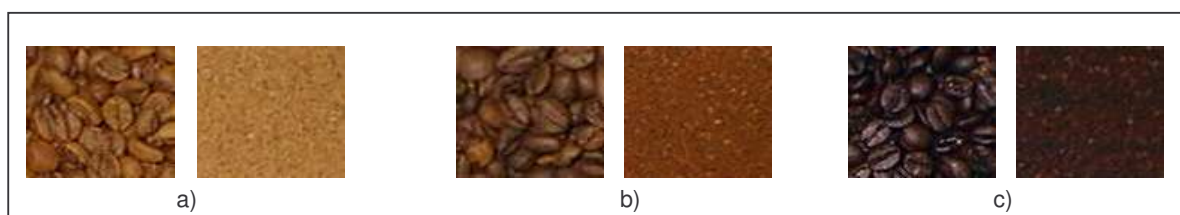


Figura II.9: Comparação entre a coloração dos grãos e os respectivos pós: a) café robusta (cereja descascado), tratamento 8; b) café robusta (via seca) tratamento 5 e c) café arábica, tratamento 10.

Da análise dos efeitos de tempo de torração e temperatura interna do tambor no início do processo, considerando-se apenas os efeitos estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$), foram traçados os modelos para luminosidade do grão e do pó de café, mostrados na Tabela II.7.

Tabela II.7: Modelos ajustados para luminosidade e diferença total de cor para os grãos e dos pós dos cafés torrados.

Respostas	Café	Modelo	R^2	$p(FA^1)$
L* grão	A	$69,374 - 1,415t + 0,040t^2 - 0,101T$	0,97	0,53
	RCD	$91,562 - 1,851t + 0,052t^2 - 0,184T$	0,98	0,07
	RS	$92,877 - 1,810t + 0,050t^2 - 0,187T$	0,97	0,20
L* pó	A	$115,073 - 4,333t + 0,071t^2 - 0,286T + 0,009t \cdot T$	0,91	0,007
	RCD	$306,480 - 7,466t + 0,109t^2 - 1,704T + 0,003T^2 +$	0,98	0,004
	RS	$284,326 - 3,953t + 0,115t^2 - 1,710T + 0,003T^2$	0,98	0,001

¹ FA – Falta de ajuste do modelo.

t – tempo e T – Temperatura

Os coeficientes de determinação dos modelos da luminosidade dos grãos foram bastante altos (mínimo de 97%) mostrando a validade das regressões. Em complementação, a falta de ajuste não foi significativa, indicada por $p > 0,05$, confirmando a validade dos modelos propostos, que podem ser considerados preditivos e a partir dos quais foram construídas as respectivas superfícies de resposta (Figuras II.10a, 10b e 10c). Os modelos da luminosidade do pó de café, embora apresentassem alto coeficiente de correlação, tiveram a falta de ajuste significativa ($pFA \leq 0,05$). Semelhante ao que aconteceu com a perda de peso, os modelos para L* do pó só devem ser considerados para a faixa de tempo e temperatura limitadas pelo delineamento, sendo que a comparação entre resultados observados e calculados pode apresentar alguma variação.

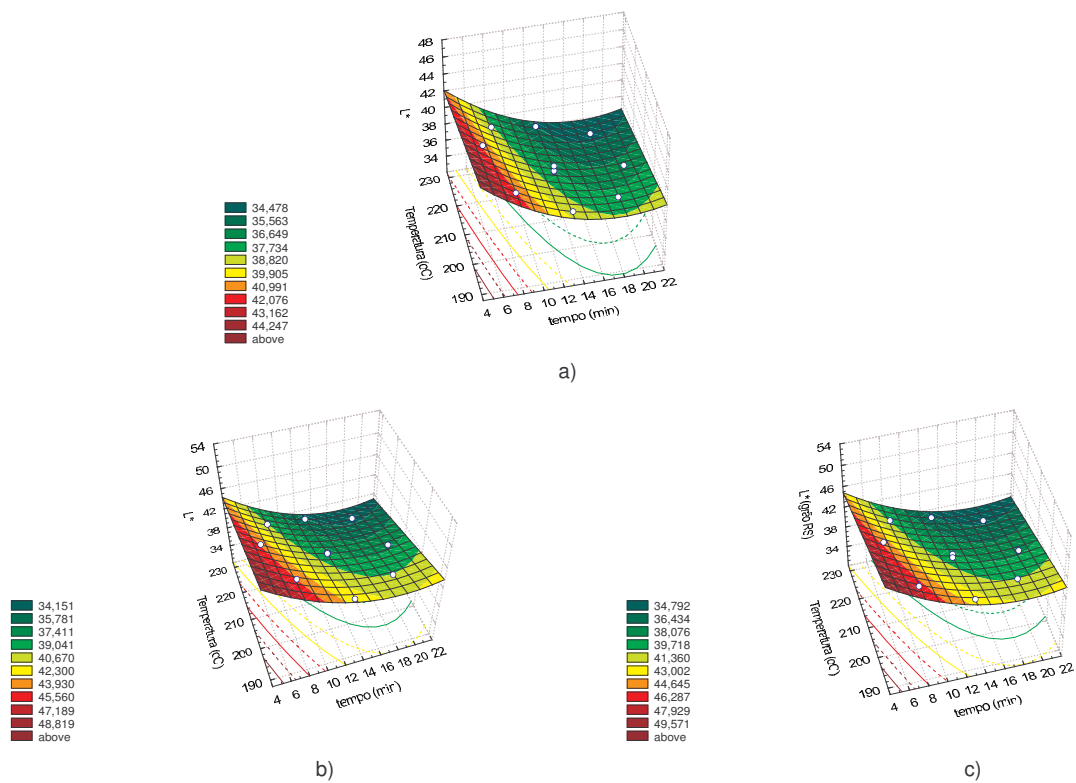
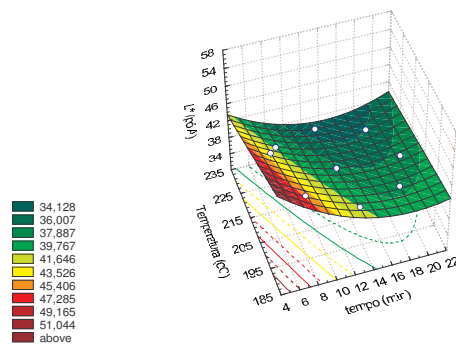


Figura II.10: Superfícies de Resposta para luminosidade (L^*) dos grãos, dos cafés: a) arábica, b) robusta (cereja descascado) e c) robusta (via seca).

Para a luminosidade do grão, o efeito positivo quadrático do tempo de torração indica que na faixa de tempo estudada a luminosidade decresce rapidamente e depois esta queda se torna mais amena com o transcorrer do processo até um limite mínimo. O efeito negativo da temperatura indica que a luminosidade diminuiu linearmente com o aumento da temperatura inicial.



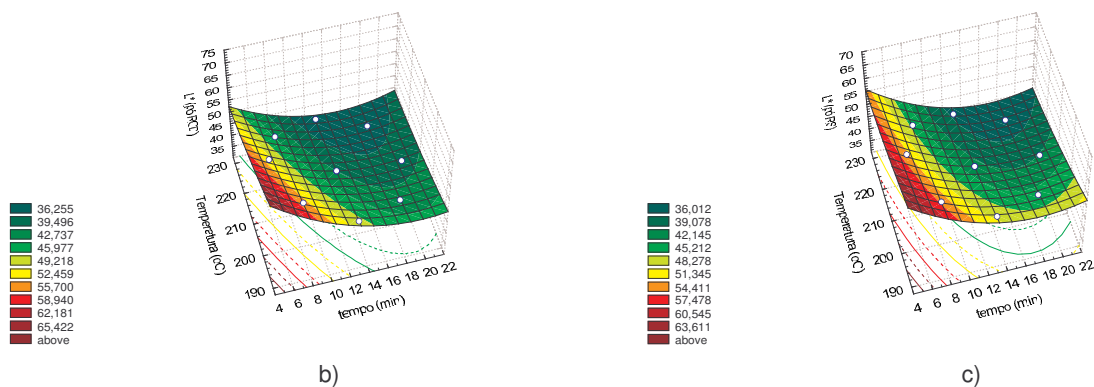


Figura II.11: Superfícies de Resposta para luminosidade (L^*) dos cafés moídos: a) arábica, b) robusta (cereja descascado) e c) robusta (via seca).

Para os cafés robusta, o efeito quadrático positivo significa, obviamente, que com o aumento dessas variáveis durante o processo a luminosidade diminui, porém esta diminuição tende a ser amenizada com o aumento do tempo total de torração. A interação entre tempo e temperatura também foi significativa para o café robusta. Para o café arábica o termo quadrático da temperatura não foi significativo, sendo apenas o linear, indicando que o efeito da temperatura sobre a luminosidade deste café moído decresce de forma constante do decorrer do processo.

II 3.3 – Determinação do grau ótimo de torração através de avaliação sensorial por experts

II.3.3.1 – Avaliação de alguns descritores sensoriais

Os resultados obtidos da avaliação sensorial, por *experts*, dos descritores relacionados ao grau de torração, encontram-se nas Tabelas II.8 e II.9. As referências para os extremos das escalas foram:

- para avaliação do café arábica:
- aroma e sabor torrado: $L^* = 35,01$; $a^* = 1,39$ e $b^* = 1,71$
- aroma e sabor queimado: $L^* = 33,75$; $a^* = 0,35$ e $b^* = 0,50$
- para avaliação dos cafés robusta:
- aroma e sabor: torrado: $L^* = 34,96$; $a^* = 1,49$ e $b^* = 1,52$
- aroma e sabor queimado: $L^* = 33,88$; $a^* = -0,17$ e $b^* = 0,01$
- aroma e sabor característico de robusta:

- Fraco: espécie: Conilon, preparo via seca, tipo 6, aroma regular, corpo regular, acidez tipo baixa e classe cítrica, bebida médio gosto de robusta e conceito 3; parâmetro de cor $L^* = 36,22$; $a^* = 1,61$ e $b^* = 1,76$

- Forte: espécie: Conilon, preparo via seca, tipo 6/7, aroma regular, corpo regular, acidez tipo baixa e classe cítrica, bebida forte gosto de robusta e conceito 2; parâmetro de cor $L^* = 35,31$; $a^* = 1,20$ e $b^* = 1,40$

Tabela II.8: Média das notas dos experts para descritores de aroma relacionados ao grau de torração de amostras de café. (AQ – aroma queimado; AT – aroma torrado; dp – desvio padrão)

trat.	A				RC D				RS			
	AQ	dp	AT	dp	AQ	dp	AT	dp	AQ	dp	AT	dp
9	8.84 ^a	0,26	3.03 ^{ab}	4,14	6.56 ^a	0,64	6.20 ^a	1,04	5.95 ^a	1,82	5.82 ^a	1,57
4	8,48 ^a	0,50	2,84 ^{ab}	3,88	4,96 ^{ab}	3,03	5,54 ^{ab}	2,53	5,04 ^a	3,16	6,15 ^a	1,66
10	2,60 ^b	2,74	4,07 ^{ab}	4,23	2,49 ^{bc}	2,89	3,54 ^{bcd}	2,23	0,52 ^b	0,98	3,05 ^b	0,87
5	0,14 ^c	0,24	6,86 ^a	2,67	2,01 ^{bc}	2,33	3,78 ^{abc}	0,95	1,13 ^b	2,09	3,66 ^b	1,21
6	0,10 ^c	0,14	6,02 ^{ab}	1,45	1,78 ^{bc}	1,89	3,31 ^{abc}	1,13	1,26 ^b	1,66	3,57 ^b	1,44
7	0,17 ^c	0,26	4,66 ^{ab}	1,77	1,12 ^c	2,11	2,98 ^{bcd}	1,67	0,98 ^b	2,08	2,78 ^b	1,18
3	0,39 ^c	0,45	6,77 ^a	2,25	0,99 ^c	1,41	3,46 ^{abc}	1,23	1,38 ^b	2,19	3,04 ^b	1,66
2	0,17 ^c	0,25	3,14 ^{ab}	2,14	0,00 ^c	0,00	1,97 ^{cde}	1,78	0,39 ^b	0,69	2,38 ^{bc}	1,53
11	0,06 ^c	0,08	2,37 ^{ab}	2,08	0,18 ^c	0,40	0,90 ^{cde}	0,90	0,13 ^b	0,29	0,46 ^{cd}	0,44
1	0,05 ^c	0,11	0,91 ^b	1,07	0,00 ^c	0,00	0,58 ^{de}	1,30	0,00 ^b	0,00	0,47 ^{cd}	0,87
8	0,00 ^c	0,00	0,47 ^b	0,66	0,02 ^c	0,04	0,19 ^e	0,27	0,00 ^b	0,00	0,07 ^d	0,16

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem significativamente a $p \leq 0.05$.

Tabela II.9: Média das notas dos experts para descritores de sabor relacionados ao grau de torração de amostras de café. (SQ – sabor queimado; ST – sabor torrado; dp – desvio padrão)

trat.	A				RC				RS			
	SQ	dp	ST	dp	SQ	dp	ST	dp	SQ	dp	ST	dp
9	8.81 ^a	0,26	3.16 ^{ab}	4,34	5.97 ^a	1,27	5.89 ^a	1,29	5.78 ^a	1,83	5.60 ^a	1,48
4	8,48 ^a	0,54	2,94 ^{ab}	4,04	5,18 ^a	2,31	5,61 ^a	1,85	5,06 ^a	2,73	6,09 ^{ab}	1,85
10	0,85 ^b	0,83	4,18 ^{ab}	4,23	1,76 ^b	1,99	3,66 ^{ab}	1,23	1,20 ^b	1,38	3,65 ^{abc}	0,57
5	0,49 ^b	0,65	6,18 ^{ab}	2,91	1,08 ^b	1,43	3,04 ^b	1,33	1,09 ^b	1,78	3,31 ^{bc}	0,92
6	0,14 ^b	0,26	4,84 ^{ab}	2,85	1,14 ^b	1,10	3,32 ^b	1,61	0,95 ^b	1,78	2,72 ^{cd}	1,40
7	0,08 ^b	0,11	4,84 ^{ab}	2,67	1,40 ^b	2,00	3,12 ^b	1,43	0,92 ^b	0,92	3,58 ^{abc}	1,52
3	0,77 ^b	0,97	6,56 ^a	6,56	1,12 ^b	1,24	3,29 ^b	1,20	0,92 ^b	1,36	3,55 ^{abc}	1,25
2	0,05 ^b	0,07	2,72 ^{ab}	2,68	0,69 ^b	1,23	1,71 ^{bc}	1,40	0,60 ^b	0,94	1,83 ^{cde}	1,46
11	0,07 ^b	0,11	1,35 ^{ab}	2,05	0,08 ^b	0,34	0,50 ^c	0,51	0,38 ^b	0,35	0,37 ^{de}	0,34
1	0,00 ^b	0,00	0,61 ^{ab}	1,12	0,00 ^b	0,00	0,28 ^c	0,22	0,00 ^b	0,00	0,06 ^e	0,13
8	0,00 ^b	0,00	0,27 ^b	0,52	0,00 ^b	0,00	0,10 ^c	0,22	0,00 ^b	0,00	0,05 ^e	0,11

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem significativamente a $p \leq 0.05$.

Os resultados apresentados nas Tabelas II.8 e II.9 mostram que houve grande variação entre as notas dadas pelos *experts* para uma mesma amostra em

um mesmo descritor, fato este retratado pelos desvios padrão, os quais interferem diretamente no cálculo da mínima diferença significativa do Teste de Tukey: quanto maior a dispersão entre os resultados, maior será a mínima diferença significativa, o que torna mais difícil a diferenciação estatística entre as amostras. De um modo geral, somente as amostras dos tratamentos 4 e 9 (grau de torração mais escuro) diferenciaram-se das demais no aroma e sabor queimado. Para avaliação do aroma e sabor torrado, as amostras dos cafés robusta apresentaram maior distinção com relação aos tratamentos, sendo possível destacar as amostras mais escuras, as mais claras e um grupo intermediário. Essa avaliação para o café arábica foi mais problemática, por exemplo: alguns provadores deram notas altas para o aroma e sabor de torrado nas amostras 4 e 9 (maior intensidade de aroma e sabor queimados) enquanto que outros, julgaram que o aroma e sabor torrados estavam mascarados pelo forte aroma e sabor queimado e que portanto não percebiam a sensação agradável do aroma e sabor torrado.

No entanto, o maior problema das análises foi com relação ao aroma e sabor característico de café robusta, mostrados na Tabela II.10:

Tabela II.10: Média das notas dos *experts* para avaliação de aroma e sabor característicos de café robusta (ACR – aroma característico de robusta; SCR – sabor característico de robusta; dp – desvio padrão).

trat.	RCD				RS			
	ACR	dp	SCR	dp	ACR	dp	SCR	dp
9	4,87 ^a	2,35	4,84 ^{ab}	2,39	4,67 ^a	2,74	5,05 ^{ab}	2,91
4	5,04 ^a	2,83	5,32 ^a	2,81	4,87 ^a	2,50	5,69 ^a	2,45
10	4,07 ^{ab}	1,81	3,66 ^{abc}	1,89	3,41 ^a	1,05	4,87 ^{ab}	1,93
5	3,10 ^{ab}	1,13	3,13 ^{abc}	1,36	3,33 ^a	1,00	3,44 ^{ab}	0,42
6	3,23 ^{ab}	1,20	3,48 ^{abc}	1,37	2,60 ^a	1,18	3,16 ^{ab}	0,88
7	2,99 ^{ab}	1,44	3,14 ^{abc}	1,43	2,97 ^a	0,96	3,40 ^{ab}	0,98
3	2,48 ^{ab}	0,89	3,38 ^{abc}	1,27	3,37 ^a	1,07	4,02 ^{ab}	1,11
2	1,57 ^{ab}	1,06	1,65 ^{bc}	0,86	2,71 ^a	1,64	2,81 ^{ab}	2,25
11	0,90 ^b	0,96	0,94 ^c	0,94	1,27 ^a	1,27	2,10 ^{ab}	1,88
1	1,80 ^{ab}	2,41	1,68 ^{bc}	2,32	1,65 ^a	2,06	1,38 ^b	1,71
8	1,65 ^{ab}	1,91	0,96 ^c	0,96	1,74 ^a	2,44	1,56 ^{ab}	2,25

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem significativamente a $p \leq 0,05$.

Mais uma vez, a grande variação entre as notas, ilustrada pelo desvio padrão, impossibilitou avaliar estatisticamente a influência dos tratamentos sobre esses descritores. Embora alguns órgãos competentes do setor cafeeiro se empenhem em estabelecer uma metodologia de classificação para o café robusta, a falta desta faz com que o profissional, pela sua experiência, estabeleça um critério próprio, o que ficou claro pela falta de consenso na avaliação deste café.

Toda a grande variação dos resultados se deve em parte à falta de familiaridade dos *experts* com a metodologia sugerida através da análise sensorial utilizando a escala não estruturada, com extremos referenciados. Estes profissionais, de absoluta importância para o setor cafeeiro, são altamente capacitados e treinados, especialmente, para avaliação de café arábica através da “prova de xícara”. Portanto seria necessário um período de treinamento para familiarização com a metodologia sugerida. Porém, a importância desses profissionais os torna bastante requisitados, sendo muito difícil eles estarem disponíveis para um treinamento.

Consensualmente, os *experts* julgaram não ser necessária uma análise exclusiva para *espresso*, uma vez que o grau de torração de um café visando este tipo de preparo não deve diferir significativamente de uma café usado para preparo de bebida filtrada.

II.3.3.2 – Determinação do grau ótimo de torração

Para tornar possível um melhor tratamento estatístico dos resultados obtidos empregando escala não estruturada para avaliar a dequação do grau de torração, os extremos foram ancorados, sendo: “muito acima do adequado” a referência correspondente ao aroma e sabor queimado da avaliação anterior e o “muito abaixo do adequado”, a torração próxima à “americana”, a mesma utilizada na prova de xícara. Os resultados obtidos da avaliação do grau de torração das amostras, encontram-se na Tabela II.11:

Tabela II.11: Médias dos resultados obtidos da avaliação, pelos experts, do grau de torração de cafés robusta e arábica. (-4,5 = muito abaixo do adequado, 0 = adequado, 4,5 = muito acima do adequado)

Trat.	A	RCD	RS
9	4,11 ^a	2,81 ^a	2,92 ^a
4	3,90 ^a	2,93 ^a	3,18 ^a
10	0,43 ^b	0,02 ^b	-0,38 ^b
5	0,35 ^b	-0,93 ^{bc}	-1,32 ^{bc}
6	0,58 ^b	-1,59 ^{bc}	-1,93 ^{bcd}
7	-0,99 ^b	-1,28 ^{bc}	-1,39 ^{bc}
3	-0,42 ^b	-1,77 ^{bcd}	-2,92 ^{cde}
2	-2,67 ^c	-2,18 ^{cde}	-3,27 ^{cde}
11	-3,50 ^{cd}	-3,63 ^{def}	-3,88 ^{de}
1	-3,94 ^{cd}	-4,11 ^{ef}	-4,03 ^{de}
8	-4,37 ^d	-4,20 ^f	-4,28 ^e

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem significativamente a $p \leq 0,05$.

Os resultados indicam as amostras do tratamento 10 como as mais próximas do grau de torração adequado para os cafés robusta, sendo que estas não diferem estatisticamente das amostras do ponto central (tratamentos 5, 6 e 7) e da amostra do tratamento 3, para o RCD. Para o café arábica, o tratamento 5 se mostrou mais próximo ao adequado, não diferindo estatisticamente das demais amostras do ponto central (tratamentos 6 e 7) e as dos tratamentos 3 e 10.

Os resultados foram analisados através da Metodologia de Superfície de Resposta (RSM). Os modelos ajustados levaram em conta somente os efeitos significativos ($p \leq 0,05$) de tempo e temperatura e encontram-se na Tabela II.12:

Tabela II.12: Modelos ajustados para notas de avaliação do grau de torração, dadas por experts, para cafés robusta e arábica.

Café	Modelo ajustado	R ²	p (FA ¹)
RCD	$-9,438 - 1,733t + 0,019T + 0,010t \cdot T$	0,94	0,15
RS	$12,782 - 3,637t - 0,088T + 0,019t \cdot T$	0,94	0,13
A	$-18,980 - 1,106t - 0,032t^2 + 0,044T + 0,011t \cdot T$	0,98	0,24

1 FA – Falta de ajuste do modelo.

t – tempo e T – Temperatura

Os coeficientes de determinação dos modelos ajustados foram todos altos (mínimo de 94%) e a falta de ajuste não foi significativa ($p(FA) > 0,05$), confirmando a validade dos modelos ajustados propostos, a partir dos quais foram construídas as superfícies de resposta (Figuras II.12a, b, c).

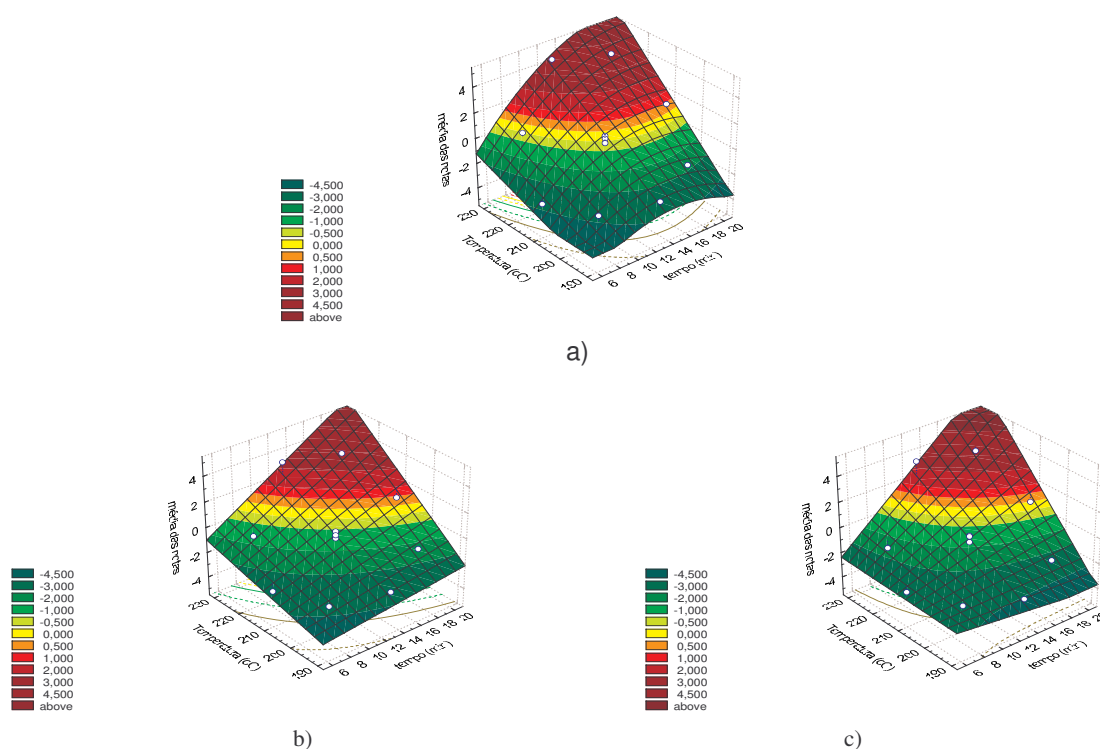


Figura II.12: Superfícies de Resposta das média das notas da avaliação, por experts, do grau de torração dos cafés: a) A, b) RCD e c) RS. (-4,5 = muito abaixo do adequado, 0 = adequado, 4,5 = muito acima do adequado)

Para determinar o grau ótimo de torração foram delimitadas nas superfícies de contorno das médias da avaliação do grau de torração dos respectivos cafés, os intervalos que correspondem ao grau de torração mais próximo do adequado (notas em torno de 0). Posteriormente, a sobreposição dessa região delimitada sobre as respectivas superfícies de contorno dos parâmetros aqui utilizados, para caracterizar o grau de torração, fornece as faixas aproximadas dos valores desses parâmetros que correspondem ao grau de torração otimizado. A Tabela II.13 contem os valores dos parâmetros para caracterizar o grau ótimo de torração dos cafés estudados:

Tabela II.13: Parâmetros para caracterizar o grau ótimo de torração de cafés robusta (RCD e RS) e arábica (A), através de análise sensorial com *experts*.

Parâmetros	RCD	RS	A
%pp	18 → 20%	19 → 20,8%	16 → 18
L* grão	37,00 → 38,50	≈ 38,00	36,50 → 37,50

L* grão moído	$\approx 39,50$	$\approx 39,00$	$\approx 37,50$
----------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Estes resultados apresentam falta de coerência com relação a %pp, fato que pode ser observado comparando os resultados das Tabelas II.3 e II.6. Este problema surge em função da falta de ajuste dos modelos para perda de peso e do procedimento utilizado para determinar as faixas otimizadas. Os modelos estatísticos propostos, embora válidos, já apresentam um pequeno desvio com relação aos valores observados. Quando se sobrepõe os resultados de um modelo sobre outro, este desvio tende a aumentar. As Figuras II.13, II.14 e II.15 ilustram as superfícies de contorno correspondentes às notas e aos parâmetros dos respectivos cafés.

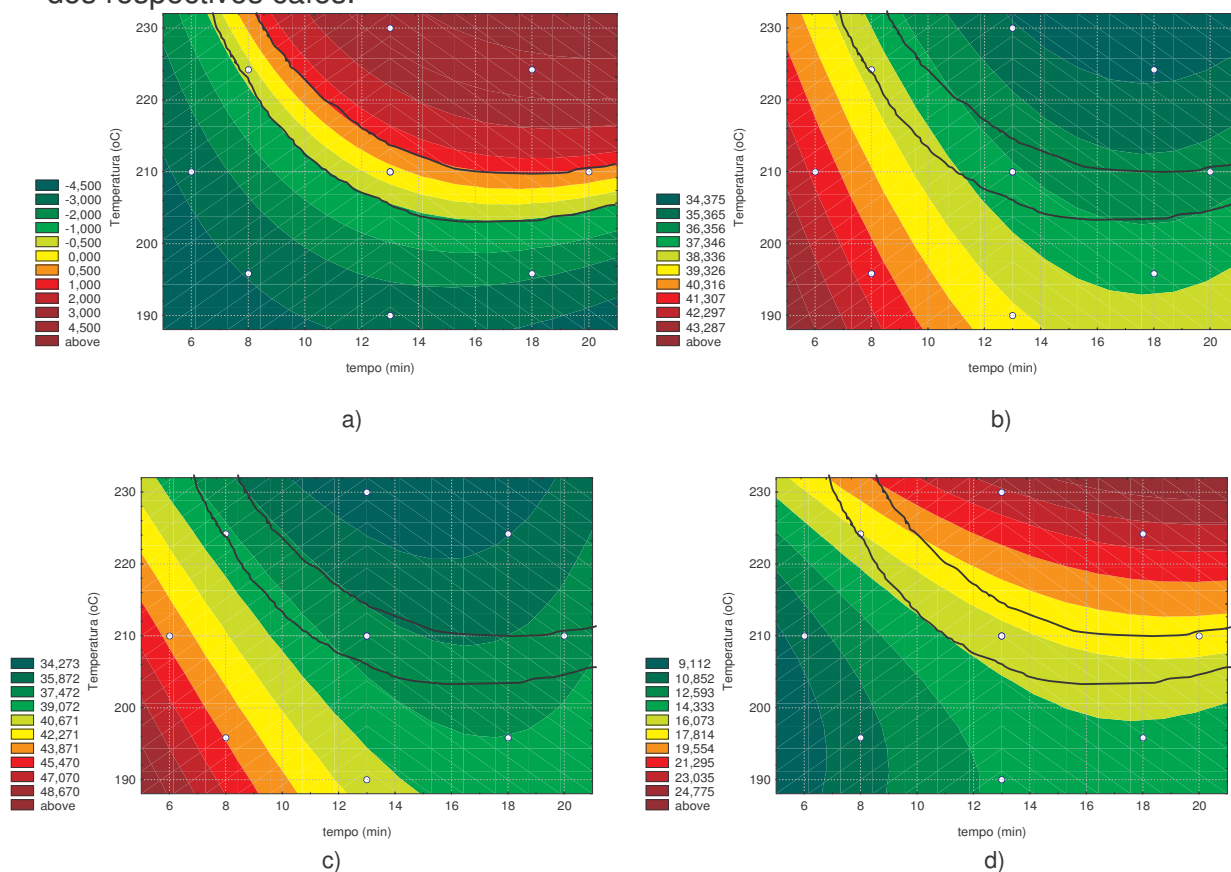
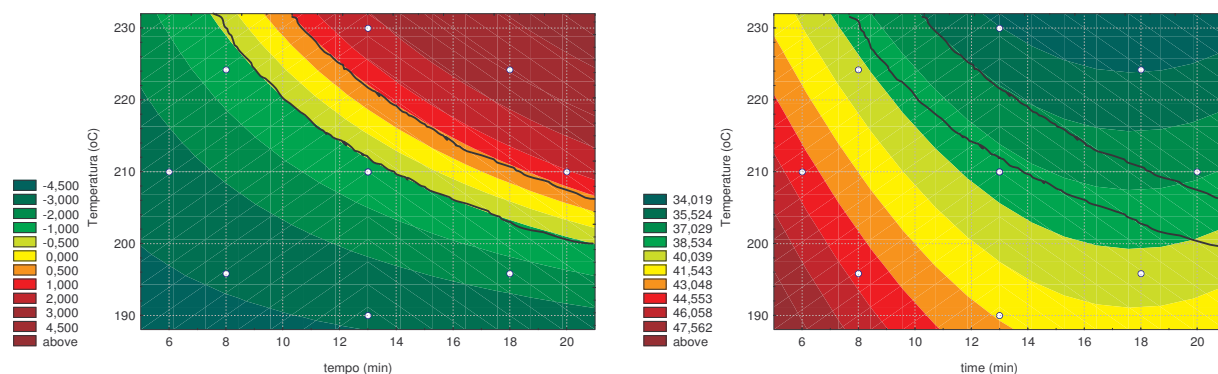


Figura II.13: Superfícies de Contorno do café arábica (A), para: a) notas da avaliação do grau de torração, b) L* do grão, c) L* do pó e d) perda de peso durante a torração (%pp). A região delimitada pelas linhas corresponde ao grau ótimo de torração.



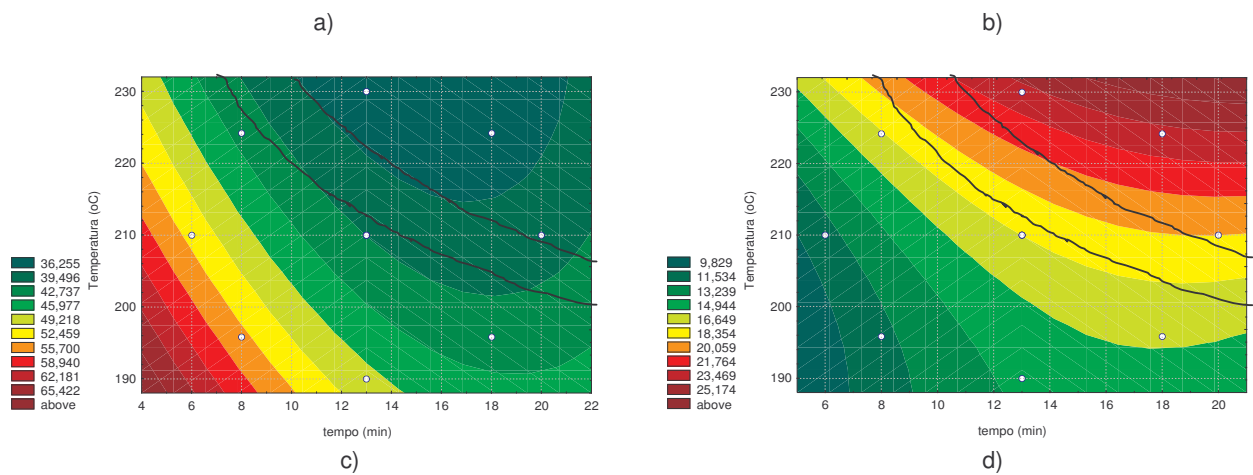
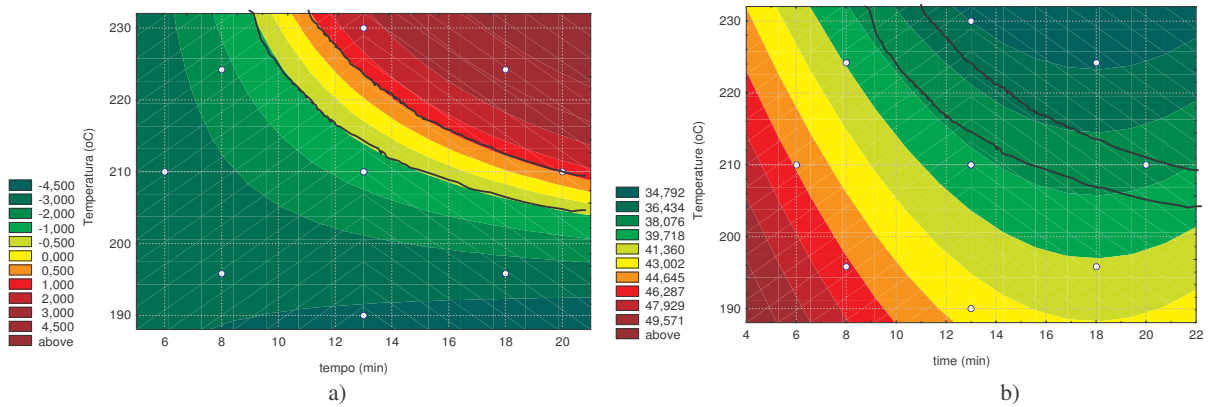


Figura II.14: Superfícies de Contorno do café robusta (RCD), para: a) notas da avaliação do grau de torração, b) L* do grão, c) L* do pó e d) perda de peso durante a torração (%pp). A região delimitada pelas linhas corresponde ao grau ótimo de torração.



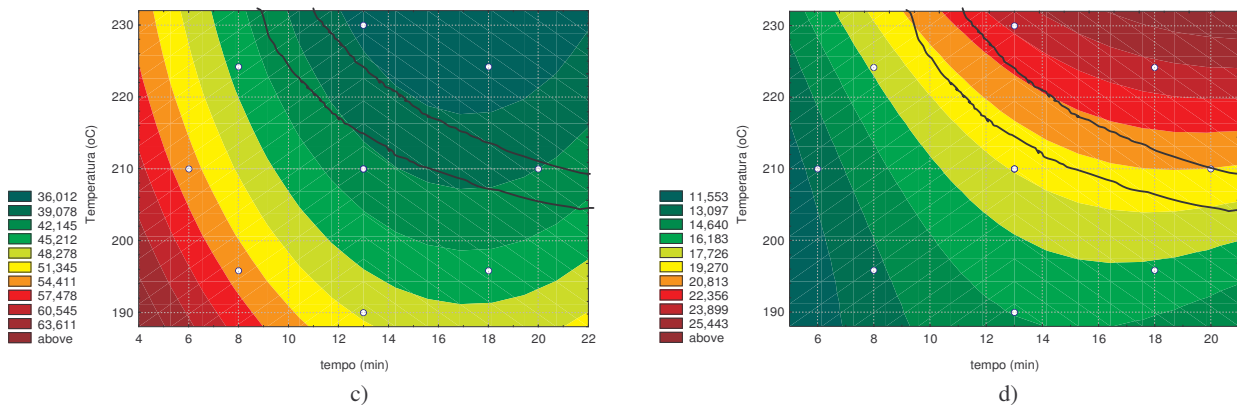


Figura II.15: Superfícies de Contorno do café robusta (RS), para: a) notas da avaliação do grau de torração, b) L^* do grão, c) L^* do pó e d) perda de peso durante a torração (%pp). A região delimitada pelas linhas corresponde ao grau ótimo de torração.

II.4 – CONCLUSÕES

Analisando as etapas preliminares à otimização, foi constatado que o café robusta necessita de maior quantidade de calor para atingir um mesmo grau de torração que o café arábica. Deste comportamento distinto entre arábica e robusta conclui-se que esses cafés devem ser torrados separadamente antes de se compor um *blend*.

Com relação a análise sensorial realizada com *experts*, ficou evidente que os resultados foram influenciados pela falta de familiaridade desses profissionais com a escala e a metodologia proposta para avaliação de atributos de aroma e sabor. Mesmo com a enorme experiência dos *experts* na tradicional avaliação da prova de xícara, seria necessário um período de treinamento para adequação ao uso da metodologia proposta. Entretanto, esses profissionais não encontraram dificuldade ao avaliar o grau de torração, uma vez que os resultados mostraram-se coerentes e o modelo ajustado para esta avaliação foi considerado preditivo. Neste caso, a experiência dos provadores foi fundamental para o bom resultado obtido.

A metodologia empregada para a determinação do grau ótimo de torração mostrou-se satisfatória, principalmente pela coerência nos resultados da

luminosidade dos grãos e dos pós dos cafés. Estes resultados indicam uma torração média, caracterizada por L^* de 37 e 38,5 para os robustas e de 37 a 38 para o arábica, como a mais adequada para os cafés estudados. Este resultado não surpreende, especialmente porque os cafés aqui estudados eram matérias primas de qualidade não necessitando de torração a fundo para mascarar a percepção sensorial de grãos defeituosos.

II.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS NETO, B. de; SCARMINIO I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2.ed. Campinas: Editora da UNICAMP 1996.
- BASTOS, D. H. M.; DOMENECH, C. H.; AREAS, J. A. G. Optimization of extrusion cooking of lung proteins surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**, 51, 988-993, 1991
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. (1978). **Statistics for experimenters. An introduction to design, data and model building**. New York; Wiley.
- CHANG, Y. K.; SILVA, M. R.; GUTKOSKI, L. C.; SEBIO, L.; DA SILVA, M. A. A. P. Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends. **Journal of Food Agriculture**, 78, 59-66, 1998.
- CLARKE, R. J. Roasting and Grinding. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **COFFEE: Technology**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 2, cap 4, 1985
- CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K. **COFFEE: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. London & Sydney: CROOM HELM, 1985. cap 13.
- DALLA ROSA, M.; LERICI, C. R.; PIVA, M.; FINI, P. Processi di trasformazione del caffè: aspetti chimici, fisici e tecnologici. [Nota 5: Evoluzione di alcuni

- caratteri fisici del caffè nel corso di trattamenti termici condotti a temperatura costante.] **Industrie delle Bevande**, Pinerolo, 9, 466-472, dic, 1980.
- FLOROS, J. D. & CHINNAN, M. S. Seven factors response surface optimization of double-stage lye (NaOH) peeling process for pimiento peppers. **Journal of Food Science**, 53, 631-638, 1988.
- FOLSTAR, P. Lipids. In: CLARK, R. J. & MACRAE, R. **COFFEE: Chemistry**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol1, cap 6, 1985.
- GALVEZ, F. C. F., RESURRECCION, A. V. A.; KOEHLER, P. E. Optimization of processing of peanut beverage. **Journal of Sensory Study**, 5, 220-237, 1990.
- GUYOT, B.; TCHANA, E.; VICENT, J-C. Corrélations entre caractéristiques chimiques du café torréfié et paramètres de torréfactions. **ASIC**, Association Scientifique Internationale du Café, 11^{ème} Colloque, Lomé, 319-332, 1985.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee – The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd. 1998.
- KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. (1987). **Response Surfaces - Designs and Analyses**. Marcel Dekker, Inc. New York.
- LERICI, C.R.; LERCKER, G.; MATASSA, P. Processi di trasformazione del caffè: aspetti chimici, fisici e tecnologici. [Nota 3: Effetti della torrefazione sulla composizione di alcune miscele di caffè.] **Industrie delle Bevande**, Pinerolo, 10, 3, 232-238, giu 1980a.
- _____; DALLA ROSA, M.; MAGNANINI, E.; FINI, P. Processi di trasformazione del caffè: aspetti chimici, fisici e tecnologici. [Nota 4: Evoluzione di alcuni caratteri fisici del caffè durante la torrefazione.] **Industrie delle Bevande**, Pinerolo, 10, 5, 375-381, ott 1980b.
- MENDES, L. C. Otimização do processo de torração do café robusta (*Coffea canephora* Conillon) para formulação de *blends* com café arábica (*Coffea arábica*). Campinas, 1999. 101pp. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- _____ MENEZES, H. C. de; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* Conilon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, 12, 153-162, 2001.
- MUDAHAR, G. S.; TOLEDO, R. T.; JEN, J. J. A response surface methodology approach to optimize potato dehydration process. **Journal of Food Process Preservation**, 14, 93-106, 1990.
- NAGARAJU, V. D.; MURTHY, C. T.; RAMALAKSHMI, K.; SRINIVASA RAO, P. N. Studies on Roasting of Coffee Beans in a Spouted Bed. **Journal of Food Engineering**, 31, 2, 191-194, 1997.
- ORTOLÁ, M.D., LONDOÑO, L., GUTIÉRREZ, C.L., CHIRALT, A. Influence of roasting temperature on physicochemical properties of different coffees. **Food Science and Technology International**, 4, 59-66, feb. 1998.
- PITTIA, P.; DALLA ROSA, M.; PINNAVAIA, G.; MASSINI, R. Evoluzione di alcune caratteristiche fisiche del caffè durante la torrefazione. **Industrei Alimentari**, Pinerolo, 35, 351, 945-950, set 1996.
- PIZZIRANI, S., ROMANI, S., ANESE, M., BARBANTI, D. Studio sulle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche del caffè torrefatto e della bevanda di estrazione. **Industrei Alimentari**, Pinerolo, 35, 658-663, giu 1996.
- PORTO, C. da; NICOLI, M. C.; SEVERINI, C.; SENSIDONI, A.; LERICI, C. R. Study on physical and physicochemical changes in coffee beans during roasting. Note 2. **Italian Journal of Food Science**, 3, 197-207, 1991.

CAPÍTULO III

DETERMINAÇÃO DO GRAU ÓTIMO DE TORRAÇÃO DE CAFÉS ARÁBICA (*Coffea arabica*) E ROBUSTA (*Coffea canephora* v. Conillon), ATRAVÉS DE ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

Nota: Determinação do perfil sensorial de cafés arábica e robusta em diferentes graus de torração, para café filtrado e “espresso”.

RESUMO

São diversos os fatores que influenciam a qualidade de uma xícara de café, desde a variedade de café utilizada até as condições de operação e habilidade de quem a prepara. Dentre os fatores referentes à matéria-prima, o grau de torração é sem dúvida de fundamental importância.

A indústria do café, desde a classificação da matéria-prima até a determinação de *blends* e grau de torração, faz uso de profissionais altamente experientes para definir padrões de qualidade a serem seguidos. No que se refere especialmente à avaliação sensorial do café, a dependência constante de *experts* pode trazer alguns riscos para a continuidade e reprodutibilidade de resultados. Em contrapartida, o uso de avançadas técnicas sensoriais, embasadas por tratamento estatístico adequado pode ser uma excelente ferramenta nas indústrias cafeeiras assim como é nos demais seguimentos da indústria de alimentos e bebidas.

Partindo-se de tal premissa, com o objetivo de se determinar o grau ótimo de torração dos cafés, bebidas preparadas com cafés arábica e robusta em filtro de papel e tipo *espresso*, em diferentes graus de torração, foram submetidos à técnica baseada na Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). A partir dos perfis traçados, foram avaliados especialmente o comportamento dos seguintes descritores: aroma e sabor característicos de cafés, aroma e sabor torrado e

aroma e sabor queimado, em função da luminosidade do grão e da perda de peso durante a torração.

Os resultados indicaram a torração média (L^* de 36 a 39) como a mais adequada para todos os cafés nos dois tipos de preparo. Nesta faixa, a intensidade dos aromas e sabor característicos foi mais intensa, com pouca ou nenhuma percepção dos aromas indesejáveis.

ABSTRACT

Various factors can influence the quality of a cup of coffee, from the coffee variety to the operating conditions and capacity of the person who prepared it. Of the factors referring to the raw material, the degree of roast is undoubtedly of fundamental importance.

The coffee industry uses highly experienced experts to define the quality parameters to be followed, from the raw material classification to the determination of blends and degree of roast. With respect to the sensory evaluation of coffee, the constant dependence on experts can involve some risks with respect to the continuity and reproducibility of the results. As a counterpart, the use of advanced sensory techniques, based on adequate statistical treatments, could be an excellent tool for the coffee industries, as in the other segments of the food and beverage industry.

Starting from this premise, beverages were prepared with arabica and robusta coffees by both paper filter and espresso preparation procedures using different degrees of roast, and submitted to a QDA based technique. From the profiles obtained, the behaviour of the following descriptors was evaluated: characteristic coffee aroma and flavour, roast aroma and flavour and burnt aroma and flavour, as a function of bean luminosity and loss of mass during roasting.

The results indicated that a medium roast (L^* of from 36 to 39) was the most adequate for coffee prepared by both procedures. In this range the intensities of the characteristic aromas and flavours were more intense, without or with a minimal perception of undesirable aromas.

III.1 – INTRODUÇÃO

A incessante busca pela melhoria de qualidade no setor cafeeiro tem resultado em avanços e estudos especialmente na garantia da qualidade da matéria prima (café verde) oferecida ao mercado, incluindo desde mudanças genéticas, gerando novos cultivares, à melhoria e desenvolvimento de novas técnicas de plantio, colheita e tratamento pós colheita. Para assegurar e afirmar a qualidade, ou a falta dela, *experts* em países produtores e compradores tratam de classificar e conceituar o café seguindo normas nacionais e internacionais (SECRETARIA DA FAZENDA..., 1987; HUG, 1990; TOLEDO, 1998).

No entanto, o café que chega ao mercado consumidor é o café torrado e para que todo esforço conferido na qualidade da matéria prima não seja literalmente queimado num torrador é fundamental que o processo de torração seja adequado para garantir o desenvolvimento do aroma e sabor característicos do café em toda sua intensidade (CLARK, 1985), sem o desenvolvimento do amargor excessivo e do aroma e sabor queimados, conseqüências de uma torração além da ideal. Por outro lado, uma torração muito branda pode ser insuficiente para completar as reações de pirólise, promovendo na bebida características sensoriais de cafés verdes (ILLY & VIANI, 1998).

Uma torração adequada também deve levar em conta o tipo de preparo da bebida a que se destinam os grãos torrados. O café *espresso*, por exemplo, como conseqüência do método de extração sob pressão, assim como amplia as características sensoriais apreciadas no café, também ressalta os possíveis defeitos da matéria-prima ou inadequações de preparo. Daí a enorme necessidade do uso de cafés de qualidade, torração apropriada e condições do equipamento (grau de moagem, temperatura de extração, pressão) adequadas ao tipo de *blend* utilizado.

Nas indústrias de café, cabe normalmente a um ou alguns poucos *experts* classificar a matéria-prima, escolher o *blend*, bem como estabelecer o grau de torração ideal atentando-se, primordialmente, na avaliação hedônica da qualidade global da matéria prima, baseando-se em padrões de qualidade sensorial global,

estabelecidos pela experiência da empresa e do expert (STONE & SIDEL, 1985; LINGLE, 1986 citado por LEINO *et al.*, 1991; HUG, 1990). Estes profissionais, de extrema competência, geralmente são caros e muito requisitados, o que muitas vezes compromete a continuidade de um trabalho que possa garantir um padrão de qualidade uniforme do produto final, especialmente se for levado em conta que a avaliação por *experts* não sofre nenhum tratamento estatístico. Neste contexto, um painel sensorial treinado para proceder a uma análise sensorial descritiva é o mais adequado.

Um painel sensorial bem treinado pode ser equivalente a um equipamento científico usado para medir parâmetros associados à qualidade do produto (FERIA-MORALES, 2002). Nas indústrias, este painel pode ser formado por funcionários, preferencialmente os que não tenham conhecimento técnico do produto (STONE & SIDEL, 1998), garantindo continuidade além de ter suporte estatístico para estabelecer perfis qualitativos e quantitativos, baseados em descritores sensoriais, usados como referências futuras.

A Análise Descritiva Quantitativa, ADQ (STONE & SIDEL, 1985), ainda permanece como o mais compreensível, flexível e utilizável método sensorial descritivo (MURRAY, *et al.*, 2001), aliando rigor científico com aplicação comercial (STONE & SIDEL, 1998). A técnica permite o desenvolvimento de descritores sensoriais numa linguagem mais próxima à dos consumidores e gera perfis com informações que podem ser utilizadas no desenvolvimento de novos produtos, na descrição de mudanças sensoriais durante estocagem (LEINO *et al.*, 1991/92) e no controle de qualidade, associando características sensoriais do produto à sua formulação (PRAKASH, *et al.*, 1998) e variáveis do processo (STONE & SIDEL, 1985; MEILGAARD *et al.*, 1987; DAMASIO & COSTELI, 1991;), também sendo possível utilizá-la como uma ferramenta para otimização de processo (KIM, *et al.*, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2001).

A International Coffee Organization (ICO, 1991) estabelece 25 descritores para avaliação e caracterização de cafés torrados usados por painéis treinados em diversos países europeus (McEWAN, 1998). Também o Institut Nacional de la

Recherche Agronomique (INRA), na França e o Instituto Internazionale Assaggiatori Caffé (IIAC, 1996), na Itália, apresentam listas de descritores.

No Brasil, são poucos os trabalhos publicados que seguem os moldes da Análise Descritiva Quantitativa ou os descritores da ICO. DELLA MODESTA *et al*, (2000), através de técnica baseada na ADQ, desenvolveram terminologia descritiva para aroma/sabor, gosto e textura avaliando 60 amostras de café, o que resultou em 13 atributos sensoriais. Provedores selecionados foram treinados nas referências dos atributos desenvolvidos para procederem à avaliação de 50 amostras comerciais de café preparadas por infusão sem serem coadas (a proporção pó/água não foi relatada). Os resultados mostraram distinção entre grupos de amostras, classificadas em função da intensidade do aroma/sabor característico de café. MORI, *et al* (2001), apresentaram o perfil sensorial de cafés provenientes das principais regiões produtoras do Brasil, através da avaliação sensorial de 80 amostras por um painel treinado nos descritores da ICO; as amostras foram preparadas utilizando-se 55g de pó para 1L de água. Embora a terminologia descritiva usada nesses trabalhos seja próxima à linguagem do consumidor, o preparo das bebidas para a avaliação não correspondia ao preparo normalmente empregado pelos consumidores, indicado em diversas embalagens de café (de 80 a 100g para 1 L de água).

Inserindo-se no contexto apresentado, o objetivo deste trabalho foi determinar a faixa de torração adequada para cafés arábica e robusta, preparados como bebida filtrada e *espresso*, usando a ADQ como ferramenta para estabelecer em qual faixa de grau de torração os aromas e sabores característicos de café apresentavam maior intensidade.

III.2 – MATERIAL E MÉTODOS

- *Matéria-prima*

Os cafés envolvidos neste estudo, todos da safra de 1999/2000, foram classificados segundo normas do Ministério da Agricultura e os resultados estão apresentados na Tabela III.1.

Tabela III.1: Classificação dos cafés estudados através de “prova de xícara” , adotada pelo MAA (Ministério da Agricultura e Abastecimento) do Brasil.

Café	Processament o pós colheita	Tipo¹	Classificação da bebida	Acidez	Amargor	Qualidade global (de 1 a 5)	Umidade
Arábica² (A)	Via seca	5	Dura	Normal	Normal	4,5	10,2%
Robusta³ (RCD)	Via cereja descascado	5	Leve gosto de robusta	P/ baixa	Normal	4,0	11,0%
Robusta³ (RS)	Via seca	5	Leve gosto de robusta	Baixa	Normal	3,5	11,3%

1 - Relativo à quantidade de defeitos

2 - Proveniente da Cooper Citrus, Catanduva/SP.

3 - Proveniente da Coaabriel, São Gabriel da Palha/ES.

- Preparo das amostras:

Todas as amostras foram preparadas na proporção de 80g de pó de café para 1L de água, filtradas em filtro de papel e apresentadas aos provadores em copo plástico branco de 50 ml, codificados com 3 dígitos. As amostras foram colocadas em garrafa térmica, previamente escaldadas e não permaneceram armazenadas por mais de 30min. Após este tempo, a amostra era descartada e outra preparada.

As amostras de café espresso foram preparadas em máquina de café espresso SAECO CE Royal Digital - tipo SUP 015 902, utilizando-se cerca de 7g de grão de café torrado para preparar 30 ml de bebida, apresentadas aos provadores em xícara de louça branca codificada com números de 3 dígitos.

III.2.1 – Análise Descritiva Quantitativa

- Seleção inicial de provadores

Realizou-se um Teste Triangular, com amostras de café arábica torrado com luminosidades ligeiramente diferentes, implicando em sutis diferenças de aroma e sabor: $L^* \cong 38$ e $L^* \cong 35$ (torradas por 9 e 15 min, respectivamente, à 210°C, em torrador de tambor rotativo, elétrico, de laboratório, PROBAT-WERKE tipo PRE 1). As amostras, servidas em xícara de louça branca com a parte interna de cor preta, foram distribuídas de forma balanceada. A seleção dos provadores

deu-se através de Teste Seqüencial, com os seguintes parâmetros (MEILGAARD, et al., 1987): $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,10$, $p_0 = 0,33$ e $p_1 = 0,66$.

- Desenvolvimento da terminologia descritiva

Para levantamento dos termos que descreviam similaridades e diferenças entre as amostras, foi aplicado o Teste de Rede (Kelly's Repertory Grid – MOSKOWITZ, 1983; BÁRCENAS, et al., 2000) em 3 seções, com as seguintes amostras:

- 1ª seção: café arábica em três diferentes graus de torração ($L^* \cong 34$, $L^* \cong 38$, e $L^* \cong 44$)
- 2ª seção: café arábica, café robusta via seca e café robusta via cereja descascado, todos com o mesmo grau de torração ($L^* \cong 38$)
- 3ª seção: café robusta processado via cereja descascado em três diferentes graus de torração ($L^* \cong 34$, $L^* \cong 38$, e $L^* \cong 44$)

A partir dos atributos levantados pelos provadores, foram realizadas reuniões para definição de uma lista consensual de termos descritores que discriminavam as amostras (DAMÁSIO & COSTELL, 1991), bem como do material de referência para os extremos da escala para cada um dos descritores, os quais foram posteriormente utilizados para o adequado treinamento dos provadores (RAINEY, 1986).

- Treinamento da equipe e avaliação das amostras

Os provadores foram submetidos a, pelo menos, 4 seções de treinamento que consistiram da degustação das referências dos descritores, e posterior análise de amostras de cafés arábica e robusta em diferentes graus de torração.

As amostras avaliadas corresponderam ao ponto central e aos pontos axiais do Planejamento Estrela 2² - Central Composite Design (BOX, et al., 1978; KHURI & CORNELL, 1987; BARROS NETO et al., 1996), representados na Tabela III.2. Estes tratamentos foram escolhidos por se tratarem dos extremos do planejamento, mais o ponto central, pois avaliar os 11 tratamentos do

planejamento completo dos três café estudados seria exaustivo demais para os provadores. Todas as amostras foram avaliadas em triplicata por todos os provadores

Tabela III.2: Variáveis codificadas e decodificadas dos pontos axiais e central do Central Composite Design, para determinação do grau ótimo de torração de cafés arábica e robusta.

<i>Tratamentos</i>	Codificadas		Decodificadas	
	<i>Tempo</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Tempo (min)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
5	0	0	13	210
8	(-α) -1,41	0	6	210
9	0	(+α) 1,41	13	230
10	(+α) 1,41	0	20	210
11	0	(-α) -1,41	13	190

Os cafés foram apresentados de forma monádica, distribuídos aleatoriamente entre as seções, ocorridas sempre no período da manhã, sendo analisados de 4 a 5 amostras por seção. Primeiramente, foram avaliados os cafés robusta e, em seguida, o arábica. A escala utilizada foi a linear, não estruturada, de 9cm, ancorada nos extremos com expressões do tipo: claro, nenhum, pouco ou fraco e escuro, muito ou forte.

- Análise dos Resultados

A seleção final de provadores deu-se em função da capacidade de discriminação das amostras, da reprodutibilidade e consenso do provador com a equipe sensorial (POWERS, *et al.*, 1984). O poder discriminativo e a reprodutibilidade de cada provador foi avaliado através da ANOVA (amostra, repetição) devendo o $p_{\text{Famostra}} \leq 0,30$ e o $p_{\text{Frepetição}} > 0,05$. Foi considerado aceitável um mínimo de discriminação das amostras e reprodutibilidade em pelo menos 80% dos atributos. O consenso com a equipe foi avaliado através da ANOVA (amostra, provador, interação amostra*provador). Neste caso, é esperado que $p_{\text{Famos*prov}} \geq 0,05$ para que a interação não seja significativa, o que indicaria que houve falta de consenso de pelo menos um dos provadores com a equipe. Este é um fato muito comum de acontecer, mesmo entre provadores treinados, especialmente quando a intensidade de alguns atributos não varia muito entre as

amostras (POWERS, *et al.*, 1984). Para avaliar a gravidade da interação foram comparadas as médias dos provadores com a média da equipe sensorial para cada atributo, através de gráficos “amostra x intensidade do descritor”, para facilitar a visualização das divergências.

Para se determinar o perfil dos cafés estudados, em função do grau de torração das amostras, foram computados apenas os resultados dos provadores selecionados. Foram efetuados testes de ANOVA, média de Tukey e Análise de Componentes Principais (ACP), usando-se o software SAS.

Os resultados foram reportados em função da luminosidade (L^*) das amostras para facilitar a associação ao grau de torração correspondente, por exemplo, amostra com L^*39 é uma amostra de torração clara.

Para definir o grau ótimo de torração dos cafés, foram plotados gráficos de intensidade dos atributos em função da luminosidade dos grãos (L^* grão), do pó (L^* pó) – somente para bebida preparada em filtro - e da perda de peso durante a torração (%pp), sendo:

- *Medida da cor dos grãos e do pó de café*: determinada, usando-se Colorímetro ColorQuest II/Hunter Lab. A leitura foi realizada com a amostra colocada em cubeta de quartzo de 5cm^3 , com o aparelho ajustado em reflectância, com especular incluída (RSIN). A configuração incluiu iluminante D65 e ângulo 10° . Usou-se padrão de calibração branco com C 6299 com $x=77,46$, $y=82,08$ e $z=88,38$. As leituras foram realizadas em sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*), em 6 repetições (PITTIA *et al.*, 1996, PIZZIRANI *et al.*, 1996, ORTOLÁ *et al.*, 1998, MENDES *et al.*, 2001).

- *Cálculo da “perda de peso”*: comumente usada nas torrefações de café para caracterizar o grau de torração. Corresponde à perda de umidade, de gases e de compostos orgânicos devido às reações pirolíticas e deve ser corretamente chamada de perda de massa. É calculada simplesmente pela diferença entre a massa de café no início e no fim do processo de torração, expressa em porcentagem.

A análise dos gráficos permitiu definir faixas desses parâmetros, dentro das quais os atributos desejáveis para o café atingiram sua maior intensidade.

III.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

III.3.1 – Para Cafés filtrados

III.3.1.1 – Levantamento de atributos

Com a aplicação do Teste Triangular foram selecionados 15 provadores (de 30 iniciais), os quais participaram do Teste de Rede, levantando 79 termos descritivos. Através de debates abertos a equipe chegou ao consenso dos termos mais apropriados e importantes para diferenciar as amostras, bem como das definições e materiais de referências qualitativos e quantitativos para os extremos da escala. Foram estabelecidos 19 descritores, cujas definições e materiais de referência encontram-se na Tabela III.3.

Os descritores de gosto e sensação bucal aqui levantados e apresentados na Tabela III.3, estão de acordo com diversos trabalhos apresentados na literatura. Já os descritores de aroma apresentam algumas diferenças, mas muitos deles podem ser associados aos presentes nas listas da ICO e do INRA. Outros estudos apresentam diversos descritores de aroma de café (LEINO *et al.*, 1991/92; SCHLICH, 1998; JONG *et al.* 1998; DELLA MODESTA *et al.*, 2000), porém, nenhum desses trabalhos, nem ICO e INRA apresentam descritores de aparência.

Tabela III.3: Definições e materiais de referência dos descritores levantados para café torrado e moído.

Descritor	Definição	Referência
Cor Marrom (COR)	Associada à variação da tonalidade da cor marrom observada na superfície da bebida de café	Clara: 30 ml de bebida preparada com café robusta ($L^* \approx 44^1$) a 7%, servida em copo plástico branco de 50ml. Escuro: 30 ml de bebida preparada com café arábica ($L^* \approx 34^2$) a 9%, servida em copo plástico branco de 50ml.
Translucidez (TRANS)	Associada à passagem da luz, que permite visualizar o fundo do copo de plástico branco	Cor clara:-Pouca: 30 ml de bebida preparada com café robusta ($L^* \approx 44$) a 9%, servida em copo plástico branco de 50ml. -Muita: 30 ml de bebida preparada com café Arábica ($L^* \approx 44$) a 6%, servida em copo plástico branco de 50ml Cor escura:-Pouca: 30 ml de bebida preparada com café robusta ($L^* \approx 34$) a 9%, servida em copo plástico branco de 50ml. -Muita: 30 ml de bebida preparada com café arábica ($L^* \approx 34$) a 6%, servida em copo plástico branco de 50ml.
Intensidade do Aroma de Café (IAC)	Associado ao café quando a bebida é preparada	Fraco: 30 ml de bebida preparada com café robusta ($L^* \approx 44$) a 8%. Forte: 30 ml de bebida preparada com café Melitta Tradição a 9%, grau de torração 3,5 ³ .
Aroma Torrado (AT)	Associado ao grão de café torrado	Forte: Grãos de café arábica com $L^* \approx 36^4$.
Aroma Doce (AD)	Associado à sacarose	Fraco: Sacarose Refinada Forte: Solução de sacarose caramelizada
Aroma Cereal (AC)	Associado ao pão multi grano	Forte: Pão multi grano
Aroma Cevada (ACev)	Associado à cevada crua	Forte: Cevada crua
Aroma Ácido (AAc)	Associado ao ácido láctico	Fraco: Solução aquosa de ácido láctico a 2% Forte: Solução aquosa de ácido láctico a 4%
Aroma de café velho (AV)	Associado à bebida de café guardada em garrafa térmica por muito tempo.	Forte: Bebida preparada com café robusta ($L^* \approx 38^5$) um dia antes de ser consumida
Aroma Queimado (AQ)	Associado à bebida preparada com café muito torrado	Forte: Bebida preparada com café arábica torrado a 230°C por 15 min ($L^* \approx 32$).
Intensidade do Sabor de Café (ISC)	Associado a bebida preparada com café torrado	Forte: 30 ml de bebida preparada com café Melitta tradição a 9%, com grau de torração 3,5.
Sabor Torrado (ST)	Associado ao pão torrado	Fraco: Pão francês torrado à 260°C por 15 min. Forte: Pão francês torrado à 260°C por 20 min.
Gosto Doce (GD)	Associado à sacarose	Forte: Solução de sacarose a 4%.
Gosto Ácido (GAc)	Associado ao ácido láctico	Fraco: Solução aquosa de ácido láctico a 0,0325% Forte: Solução aquosa de ácido láctico a 0,125%
Gosto Amargo (GAm)	Associado à cafeína	Fraco: Solução aquosa de cafeína a 0,0625% Forte: Solução aquosa de cafeína a 0,6%
Sabor de café velho (SV)	Associado à bebida de café guardada em garrafa térmica por mais de 5h.	Forte: Bebida preparada com café robusta um dia antes de ser consumida
Sabor Queimado (SQ)	Associado à bebida de café preparada com café muito torrado.	Forte: Bebida preparada com café arábica torrado à 230°C, por 15min, com $L^* \approx 32$
Corpo (CORPO)	Textura associada à sensação de permanência e preenchimento da bebida na boca.	Pouco: Água. Muito: Solução aquosa de goma xantana a 0,15%.
Adstringência (ADS)	Sensação associada à secura na boca provocada pela bebida.	Pouco: Solução aquosa de ácido tânico a 0,025% Muito: Solução aquosa de ácido tânico a 0,25%

1, café torrado à 210°C por 6 min; 2, café torrado à 230°C por 13 min; 3, especificado pelo fabricante; 4, café torrado à 210°C por 20 min; 5, café torrado à 210°C por 13 min.

III.3.1.2 – Seleção final de provadores e descritores

O desempenho da equipe com relação à capacidade de discriminação das amostras e reprodutibilidade mostrou-se satisfatório. Pelos resultados da ANOVA, sendo desejável $p_{F \text{ amostra}} \leq 0,30$ e $p_{F \text{ repetição}} > 0,05$, foi constatado que os provadores conseguiram discriminar as amostras em, pelo menos, 84% dos descritores, ou seja, 16 dos 19 descritores, sendo o mesmo resultado obtido para a avaliação da reprodutibilidade.

Com relação ao consenso com a equipe, os resultados de $p_{F \text{ amos}^* \text{ prov}}$, obtidos pela ANOVA indicaram que houve falta de consenso entre pelo menos um dos provadores para a maioria dos descritores ($p_{F \text{ amos}^* \text{ prov}} < 0,05$). A observação dos gráficos da intensidade dos descritores para cada amostra para cada provador mostrou que 3 provadores apresentaram falta de consenso grave com a equipe em mais de 35% dos atributos, sendo então eliminados. A análise dos gráficos ainda mostrou que os descritores aroma doce e aroma ácido não obtiveram consenso entre os provadores, não estabelecendo assim um comportamento definido entre as amostras, sugerindo que houve problema durante o treinamento, ou com a definição das referências. Assim sendo, como a média dos resultados das notas para esses descritores pode não ser um valor consensual, estes descritores foram eliminados das análises posteriores.

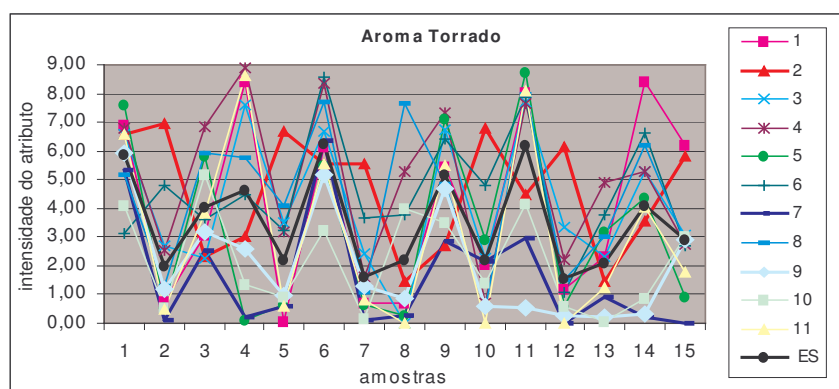


Figura III.1: Avaliação Sensorial do aroma torrado de café torrado e moído. Exemplo da falta de coerência dos provadores 2, 7 e 9 com a equipe sensorial (ES).

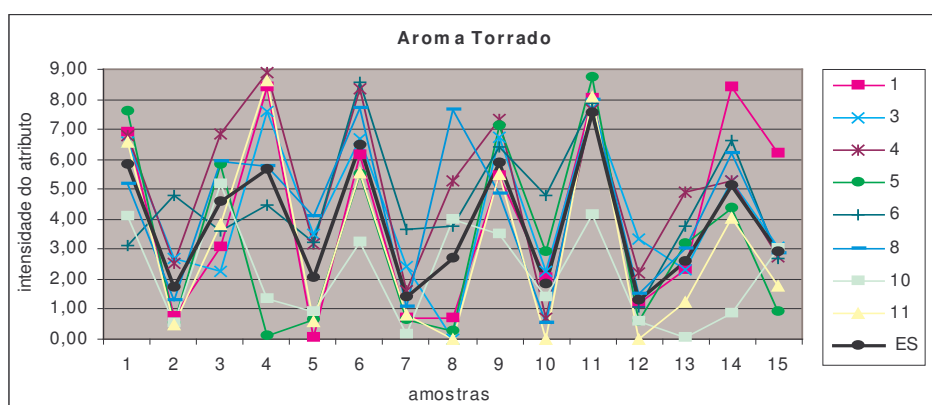


Figura III.2: Avaliação Sensorial do aroma torrado, após eliminação dos provadores 2, 7 e 9.

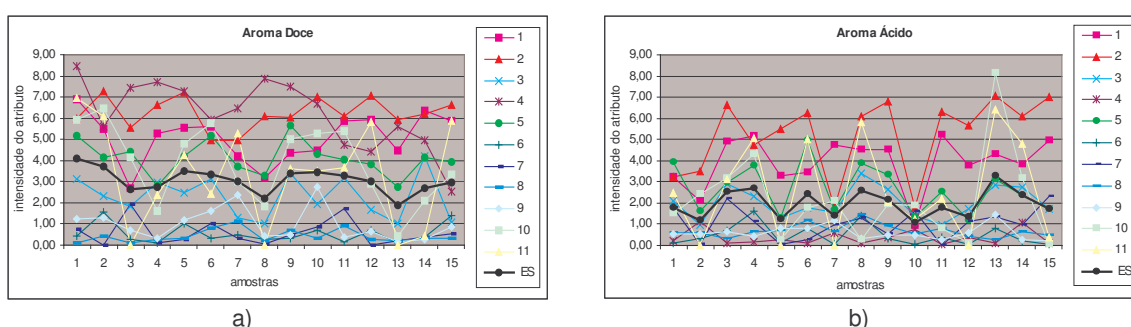


Figura III.3: Avaliação Sensorial dos aromas: a) doce e b) ácido para café torrado e moído.

III.3.1.3 – Variações do Perfil Sensorial dos cafés estudados, em função do grau de torração

Os perfis sensoriais dos cafés estudados em diferentes graus de torração estão representados nas Figuras III.4, III.5 e III.6. Da observação dessas figuras constata-se que as amostras mais claras de café robusta, com L^* entre 43,00 e 44,00 e as amostras de arábica, com L^* entre 39,65 e 42,90, caracterizam-se pela maior intensidade dos descritores: translucidez da bebida, aroma de cereal e aroma de cevada. As amostras com grau de torração médio, com L^* entre 36,50 e 39,00, tanto arábica como robusta, apresentaram maior intensidade dos descritores: cor marrom, aroma e sabor de café e aroma e sabor torrado. De um modo geral, nas amostras de torração escura com L^* em torno de 35,00 foram predominantes o aroma e sabor queimado, gosto amargo, apresentando também maior sensação de corpo e adstringência além da cor marrom. Porém a amostra de café arábica com $L^*=35,31$ apresentou um perfil intermediário entre as amostras com L^* entre 37,00 e 39,00 e as amostras com L^* em torno de 35,00.

Nesta amostra já se percebia o aroma e sabor queimado, o qual mascarava o aroma e sabor de café e o aroma e sabor torrado.

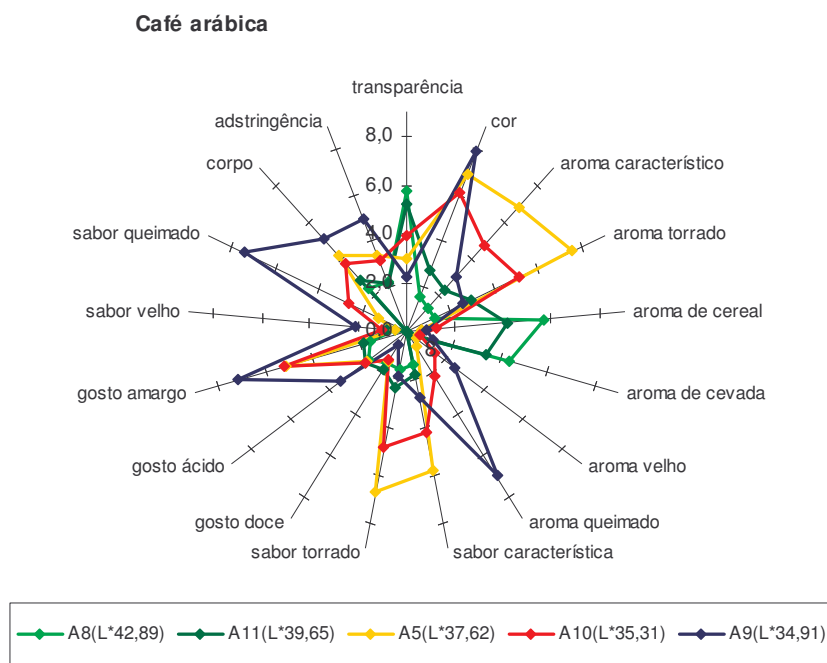


Figura III.4: Representação gráfica dos resultados da ADQ das amostras de café arábica.

Café robusta (cereja descascado)

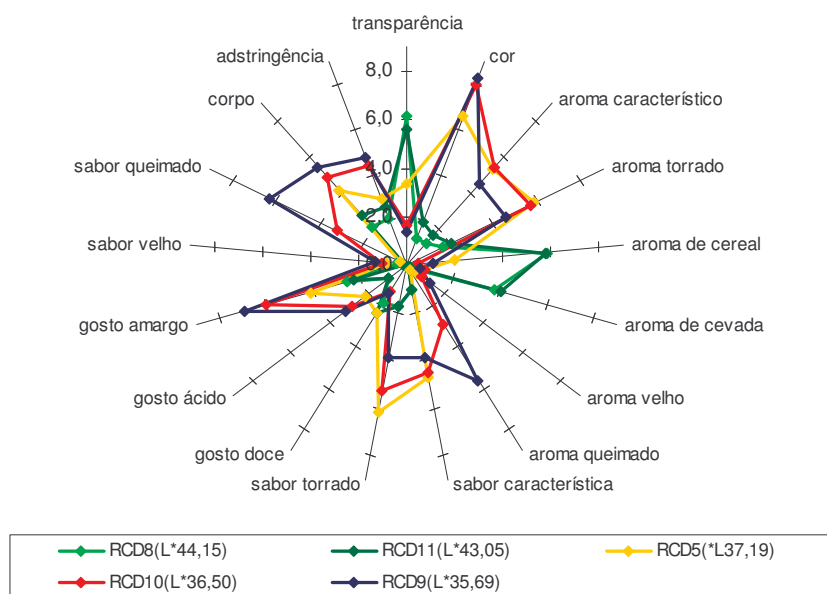


Figura III.5: Representação gráfica dos resultados da ADQ das amostras de café robusta processado por via cereja descascado.

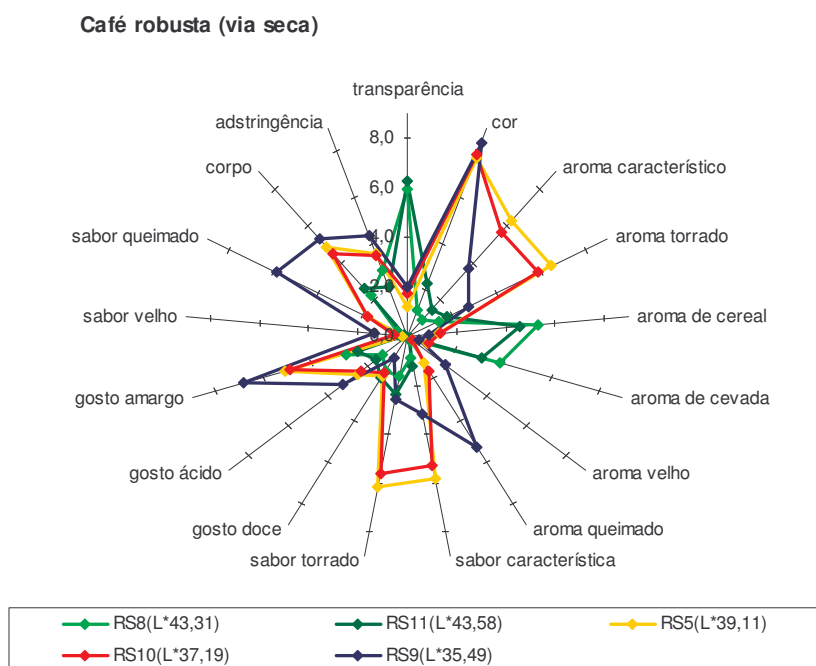


Figura III.6: Representação gráfica dos resultados da ADQ das amostras de café robusta processado por via seca.

A representação gráfica (Figura III.7) da análise multivariada dos dados sensoriais, através de Análise de Componente Principal, salienta a distinção entre os três grupos descritos a partir da observação das figuras 1, 2 e 3, agrupando as amostras com grau de torração semelhante.

O componente principal 1 explicou 54,5% da variação entre as amostras, enquanto que o componente 2 explicou 28,8%, perfazendo um total de 83,3% da representação bidimensional. A dimensão dos vetores indicou a considerável importância dos descritores utilizados na caracterização das amostras, sendo somente o descritor gosto doce o de menor importância. O comprimento e o ângulo de cada vetor com relação aos eixos dos componentes, que indica a importância do descritor para a diferenciação das amostras, mostrou que os descritores aroma de cereal, aroma de cevada, translucidez, cor, corpo, adstringência, gosto amargo e gosto ácido foram importantes principalmente para separar as amostras no eixo horizontal (CP 1), ou seja, separar as amostras poucos torradas das torradas. Já os descritores aroma e sabor de café, aroma e sabor torrado, aroma e sabor queimado, aroma e sabor de café velho, além da

importância na separação das amostras no eixo horizontal também contribuíram para separar as amostras no eixo vertical, ou seja, separar as amostras torradas das excessivamente torradas. Neste caso, apenas a amostra RCD 10 não foi suficientemente distinta, uma vez que apresenta intersecções com os dois grupos devido à discrepância entre os resultados nas três repetições.

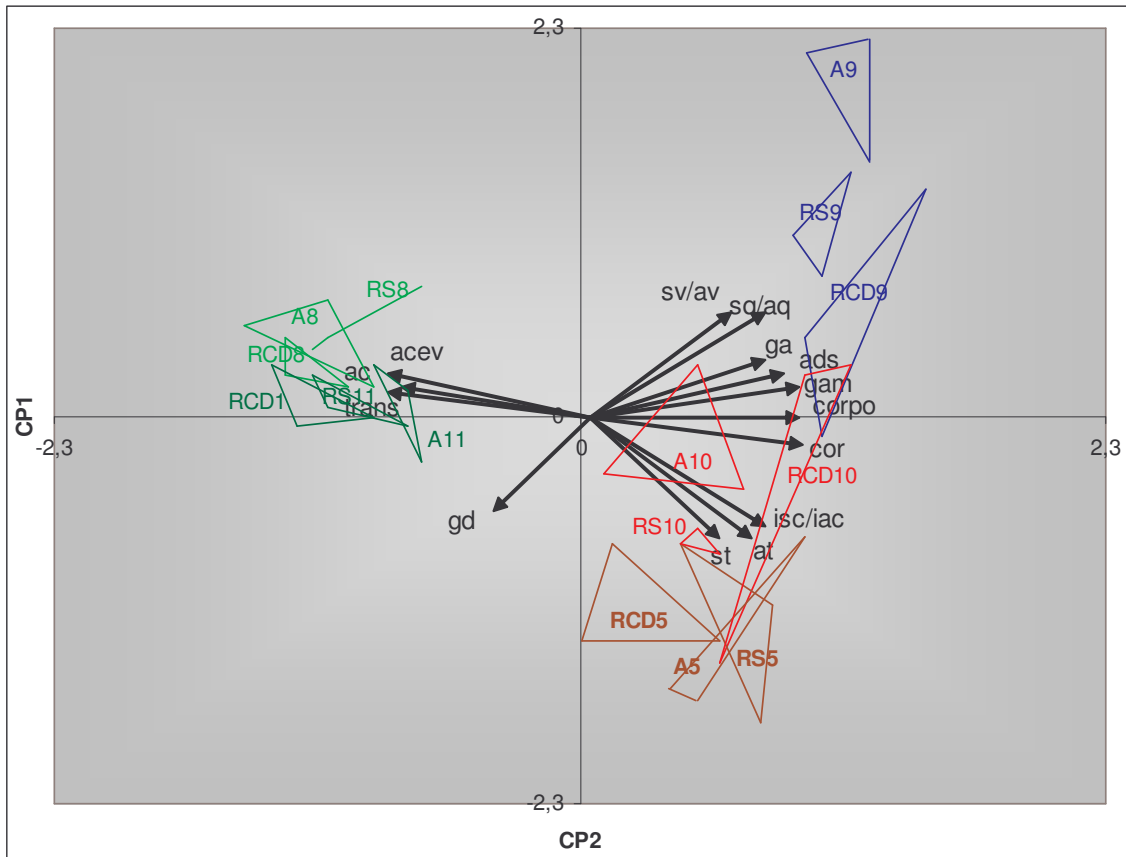


Figura III.7: ACP das amostras e descritores de café torrado e moído.

O teste de Tukey (Tabelas III.4 e III.5), reforça a separação entre os três grupos de amostras com torração muito clara, média e excessiva.

Tabela III.4: Média dos descritores de aparência e aroma para amostras de bebida filtrada.

Amostra	L*	TR ¹	COR	IAC	AT	AC	Acev	AV	AQ
RCD8*	44,15	6,15 ^a	1,17 ^f	1,22 ^{fg}	1,70 ^e	5,78 ^a	3,73 ^a	0,27 ^d	0,17 ^d
RCD11	43,05	5,62 ^{ab}	1,88 ^{ef}	1,61 ^{fg}	2,02 ^e	5,75 ^a	4,00 ^a	0,15 ^d	0,06 ^d
RCD5	37,19	3,33 ^{bcde}	6,51 ^{cd}	5,34 ^{abc}	5,84 ^{ab}	1,98 ^b	0,69 ^b	0,52 ^{cd}	0,24 ^d
RCD10	36,49	1,62 ^{ed}	7,95 ^{ab}	5,36 ^{abc}	5,65 ^{ab}	0,47 ^b	0,78 ^b	0,73 ^{cd}	2,83 ^b
RCD9	35,69	1,35 ^e	8,26 ^a	4,53 ^{bcd}	4,57 ^{bcd}	1,06 ^b	0,58 ^b	1,26 ^{bcd}	5,57 ^a
RS11	43,58	6,26 ^a	2,30 ^{ef}	1,45 ^{fg}	1,82 ^e	4,54 ^a	3,14 ^a	0,13 ^d	0,06 ^d
RS8	43,31	5,94 ^a	1,16 ^f	0,89 ^g	1,39 ^e	5,25 ^a	3,89 ^a	0,24 ^d	0,19 ^d
RS5	39,11	1,23 ^e	7,75 ^{abc}	6,29 ^{ab}	6,47 ^{ab}	1,24 ^b	0,84 ^b	0,30 ^d	1,29 ^{bcd}
RS10	37,69	1,73 ^{de}	7,86 ^{ab}	5,65 ^{abc}	5,86 ^{ab}	1,32 ^b	0,90 ^b	0,29 ^d	1,69 ^{bcd}
RS9	35,49	2,00 ^{de}	8,32 ^a	3,70 ^{cde}	2,71 ^{de}	0,90 ^b	0,44 ^b	1,91 ^{ab}	5,25 ^a
A8	42,90	5,72 ^{ab}	1,59 ^{ef}	1,28 ^{fg}	1,32 ^e	5,61 ^a	4,40 ^a	0,23 ^d	0,02 ^d
A11	39,70	5,24 ^{abc}	2,70 ^e	2,28 ^{efg}	2,92 ^{cde}	4,15 ^a	3,39 ^a	0,21 ^d	0,03 ^d
A5	37,60	2,95 ^{cde}	6,92 ^{bcd}	6,81 ^a	7,52 ^a	0,61 ^b	0,46 ^b	0,49 ^{cd}	0,72 ^{cd}
A10	35,30	3,91 ^{abcd}	6,12 ^d	4,73 ^{bcd}	5,14 ^{bc}	1,21 ^b	0,57 ^b	1,43 ^{abc}	2,20 ^{bc}
A9	34,90	2,20 ^{de}	7,94 ^{ab}	3,02 ^{def}	2,59 ^{de}	0,78 ^b	1,18 ^b	2,45 ^a	6,99 ^a
Máximo		6,26 RS11	8,32 RS9	6,81 A5	7,52 A5	5,78 RCD8	4,40 A8	2,45 A9	6,99 A9
Mínimo		1,23 RS5	1,16 RS8	0,89 RS8	1,32 A8	0,47 RCD10	0,44 RS9	0,13 RS11	0,02 A8

1 translucidez. Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$)

* Os números que acompanham o código das amostras na primeira coluna referen-se aos números dos tratamentos

Tabela III.5: Média dos descritores de sabor/gosto e sensação bucal para bebidas preparadas em filtro.

Amostra	L*	ISC	ST	GD	GAc	GAm	SV	SQ	CORP	ADS
RCD8	44,15	1,04 ^{ef}	1,71 ^{de}	1,81 ^{ab}	0,98 ^e	2,55 ^e	0,43 ^b	0,19 ^c	2,14 ^e	2,02 ^d
RCD11	43,05	1,02 ^{ef}	1,72 ^{de}	2,32 ^a	0,94 ^e	2,26 ^e	0,16 ^b	0,07 ^c	2,70 ^{de}	2,51 ^d
RCD5	37,19	4,69 ^{abc}	6,19 ^a	2,32 ^a	2,12 ^{abcde}	4,10 ^{cd}	0,82 ^b	0,35 ^c	4,15 ^{abc}	2,92 ^{cd}
RCD10	36,49	4,51 ^{abc}	5,23 ^{ab}	1,30 ^{ab}	2,76 ^{abc}	5,99 ^{ab}	0,99 ^{ab}	3,19 ^b	4,84 ^{ab}	4,39 ^{abc}
RCD9	35,69	3,92 ^{abcd}	3,86 ^{bcd}	1,33 ^{ab}	3,12 ^{ab}	6,94 ^a	1,29 ^{ab}	6,27 ^a	5,46 ^a	4,75 ^{ab}
RS11	43,58	1,21 ^{ef}	2,37 ^{de}	2,00 ^{ab}	1,63 ^{cde}	2,09 ^e	0,26 ^b	0,16 ^{bc}	2,61 ^{de}	2,12 ^d
RS8	43,31	0,87 ^f	1,62 ^{de}	1,65 ^{ab}	1,24 ^{de}	2,63 ^{de}	0,38 ^b	0,45 ^{bc}	2,20 ^e	2,84 ^{cd}
RS5	39,11	5,85 ^a	6,21 ^a	1,86 ^{ab}	2,52 ^{abcd}	5,13 ^{bc}	0,22 ^b	1,78 ^c	4,87 ^{ab}	3,58 ^{abcd}
RS10	37,69	5,26 ^{ab}	5,68 ^{ab}	1,74 ^{ab}	2,30 ^{abcde}	4,93 ^{bc}	0,55 ^b	1,83 ^c	4,48 ^{ab}	3,50 ^{abcd}
RS9	35,49	3,20 ^{bcde}	2,60 ^{cde}	1,02 ^{ab}	3,24 ^{ab}	6,86 ^a	1,33 ^{ab}	5,90 ^a	5,30 ^a	4,31 ^{abc}
A8	42,90	1,33 ^{ef}	1,54 ^e	1,51 ^{ab}	1,95 ^{bcde}	1,57 ^e	0,50 ^b	0,02 ^{bc}	2,39 ^{de}	2,13 ^d
A11	39,70	1,74 ^{def}	2,40 ^{de}	1,86 ^{ab}	2,10 ^{abcde}	1,81 ^e	0,81 ^b	0,01 ^c	2,84 ^{cde}	2,10 ^d
A5	37,60	5,81 ^a	6,70 ^a	1,45 ^{ab}	2,03 ^{abcde}	5,13 ^{bc}	0,48 ^b	1,28 ^c	4,21 ^{ab}	3,32 ^{abcd}
A10	35,30	4,19 ^{abc}	4,84 ^{abc}	1,34 ^{ab}	2,10 ^{abcde}	5,19 ^{bc}	1,04 ^{ab}	2,66 ^b	3,71 ^{bcd}	3,14 ^{bcd}
A9	34,90	2,75 ^{cdef}	1,84 ^{de}	0,64 ^b	3,41 ^a	7,18 ^a	2,12 ^a	7,40 ^a	5,10 ^a	4,91 ^a
Máximo		5,85 RS5	6,70 A5	2,32 RCD11	3,41 A9	7,18 A9	2,12 A9	7,40 A9	5,46 RCD9	4,91 A9
Mínimo		0,87 RS8	1,54 A8	0,64 A9	0,94 RCD11	1,57 A8	0,16 RCD11	0,01 A11	2,14 RCD8	2,02 RCD

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

* Os números que acompanham o código das amostras na primeira coluna referen-se aos números dos tratamentos

Os resultados mostram que não houve diferença significativa entre as amostras claras ($p \leq 0,05$) para todos os descritores, com exceção da cor marrom. Neste, a amostra A11(L*39,70), de intensidade da cor marrom mais escura, diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras RS8(L*43,31) e RCD8(L*44,15).

Para as amostras com torração média não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos descritores aroma de cereal, aroma de cevada, intensidade do sabor de café, sabor torrado, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor de café velho, corpo e adstringência. Os resultados para grau de torração médio sugerem que as amostras de café arábica são mais translúcidas e de menor intensidade de cor marrom que as amostras de café robusta, mesmo tendo a amostra A10(L*35,31), luminosidade do grão mais escura. A amostra de arábica A5(L*37,62) apresentou a maior intensidade do aroma de café, enquanto que a A10(L*35,31) teve menor intensidade deste aroma, uma vez que apresentava maior intensidade de aroma de café velho e de café queimado. A amostra A5(L*37,62) (tratamento 5, referente ao ponto central do planejamento estrela), além da maior intensidade do aroma de café, também apresentou maior intensidade de aroma e sabor torrado.

Para as amostras com grau de torração mais escuro não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as mesmas para todos os descritores, com exceção do aroma de café velho, o qual apresentou diferença significativa entre as amostra A9(L*34,91), com maior intensidade do atributo, e a RCD9(L*35,69). As amostras de torração escura diferem de todas as demais nos descritores aroma e sabor queimado. A amostra A9(L*34,91) teve a maior média de intensidade de aroma e sabor queimado, aroma e sabor de café velho, gosto amargo e adstringência.

Em vista de todas as análises realizadas fica evidente a caracterização de três diferentes grupos de amostras em função do grau de torração. Poucas diferenças foram constatadas entre as amostras de robusta e arábica, com um mesmo grau de torração e, praticamente, nenhuma diferença foi observada entre duas amostras de café robusta (distintas com relação ao modo de preparo pós colheita) também com mesmo grau de torração. A similaridade entre o perfil sensorial das amostras de café robusta se deve essencialmente à semelhança

entre a qualidade desses dois cafés, como também pode ser observado na classificação das matérias-primas apresentadas na Tabela III.1. O preparo via cereja descascada favorece a eliminação de frutos verdes, comumente presente nos cafés de terreiro (via seca). Porém, se a colheita for feita adequadamente, numa época de predominância de frutos maduros, mesmo que esse café seja processado por via seca, ele pode alcançar padrões de qualidade encontrados nos cafés processados por via cereja descascado.

III.3.1.4 – Determinação do grau ótimo de torração dos cafés estudados

O grau ótimo de torração de cada café estudado foi caracterizado usando-se os parâmetros apresentados na Tabela III.6.

Tabela III.6: Parâmetros do grau de torração das amostras avaliadas, para café torrado e moído. (L* grão – luminosidade do grão; L* pó – luminosidade do pó; %pp – perda de peso durante a torração).

Cafés	Tratamentos	L* grão	L* pó	%pp
arábica (A)	9	34,91 ^d	34,54 ^e	24,40 ^a
	10	35,31 ^d	36,07 ^d	17,58 ^b
	5	37,62 ^c	36,85 ^c	17,32 ^b
	11	39,68 ^b	41,01 ^b	12,60 ^c
	8	42,89 ^a	46,68 ^a	10,48 ^d
robusta cereja descascado (RCD)	9	35,69 ^e	35,17 ^e	21,90 ^a
	10	36,50 ^d	38,04 ^d	17,02 ^b
	5	37,19 ^c	40,68 ^c	15,33 ^c
	11	43,05 ^b	49,23 ^b	11,63 ^d
	8	44,15 ^a	53,78 ^a	11,44 ^e
robusta via seca (RS)	9	35,49 ^d	36,02 ^e	21,33 ^a
	10	37,19 ^c	38,86 ^d	16,99 ^b
	5	39,11 ^b	41,19 ^c	15,22 ^c
	11	43,58 ^a	50,58 ^b	11,54 ^d
	8	43,31 ^a	53,73 ^a	11,39 ^d

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

Através dos resultados da ACP (Figura III.6), os descritores que melhor caracterizaram e diferenciaram as amostras torradas foram plotados em função de L* do grão:

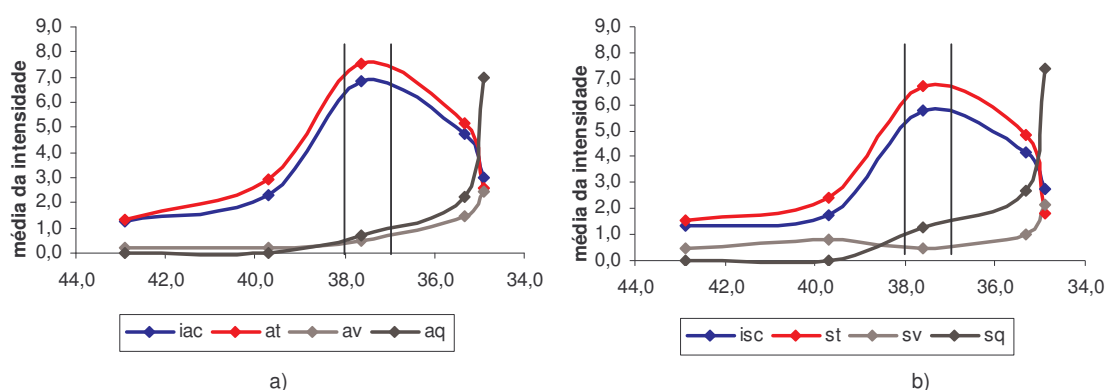


Figura III.8: Descritores de: a)aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos de café arábica (A) torrado, sendo: iac – intensidade do aroma característico, at – aroma torrado, av – aroma de café velho, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sv – sabor de café velho, sq – sabor queimado.

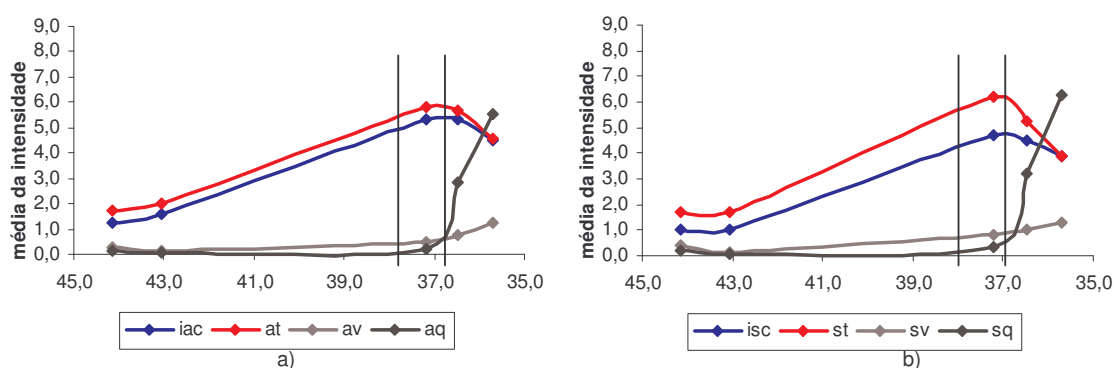


Figura III.9: Descritores de: a)aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos do café robusta (RCD) torrado, sendo: iac – intensidade do aroma característico, at – aroma torrado, av – aroma de café velho, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sv – sabor de café velho, sq – sabor queimado.

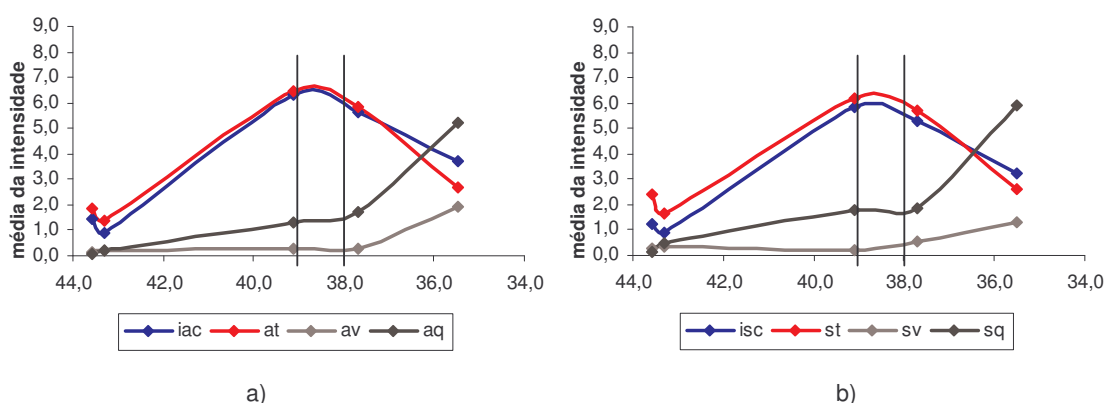


Figura III.10: Descritores de: a)aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos de café robusta (RS) torrado, sendo: iac – intensidade do aroma característico, at – aroma torrado, av – aroma de café velho, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sv – sabor de café velho, sq – sabor queimado.

Para determinar o grau ótimo de torração de cada café observou-se em qual faixa de luminosidade do grão a bebida apresentou maior intensidade de aroma e sabor de café, aroma e sabor de torrado e menor intensidade de aroma e sabor de queimado. Assim sendo, nos gráficos das Figuras III.8, III.9 e III.10 estabeleceu-se que o grau ótimo de torração dos cafés estudados correspondem às luminosidades delimitadas pelas linhas pretas. O mesmo procedimento foi realizado plotando-se as notas em função da luminosidade do grão moído e da perda de peso durante a torração (%pp). A caracterização do grau ótimo de torração em função desses parâmetros encontra-se na Tabela III.7.

Tabela III.7: Faixa de L* do grão, L* do pó e %pp, aproximada, que correspondem ao grau ótimo de torração dos cafés estudados, para bebida filtrada.

Parâmetros	Arábica (A)	Robusta (RCD)	Robusta (RS)
L* grão	37,00 → 38,00	37,00 → 38,00	38,00 → 39,00
L* grão moído	≈ 37,00	40,00 → 41,00	39,50 → 41,00
%pp	≈ 17%	≈ 15,0%	15,0 → 16,5

Os resultados ilustrados nas Figuras III.8, III.9 e III.10 apontam que, após o limite inferior de L* (L*36 para o café arábica, L*37 para o robusta RCD e L*38 para o robusta RS), a intensidade do aroma e sabor queimado aumenta drasticamente, fazendo com que a qualidade sensorial da bebida seja perdida. O mesmo aumento é percebido para o aroma e sabor de café velho, porém em menor intensidade.

III.3.2 – Para cafés “espresso”

III.3.2.1 – Levantamento de atributos

Foram selecionados 15 provadores (de 30 iniciais) os quais, através do Teste de Rede, levantaram 60 termos descritivos. Da mesma forma que ocorreu para o café filtrado, foram estabelecidos 20 descritores consensuais, cujas definições e materiais de referência encontram-se na Tabela III.8:

Tabela III.7: Definições e materiais de referência dos descritores levantados para café *espresso*.

Descritor	Definição	Referência
Cor da espuma (CORES)	Intensidade da cor marrom da espuma	Clara: chantilly misturado com café solúvel a 0,003%. Escuro: chantilly misturado com café solúvel a 0,06%.
Creiosidade da espuma (CRES)	Creiosidade aparente da espuma na superfície da bebida	Pouco: clara em neve. Muito: chantilly Vigor® spray.
Cor Marrom (COR)	Associada à variação da tonalidade da cor marrom observada na superfície da bebida de café	Clara: 30 ml de café espresso preparado com café robusta ($L^* \cong 44^1$), servida em xícara de louça branca de 50 ml. Escuro: 30 ml de café espresso preparado com café arábica ($L^* \cong 34^2$), servido em xícara de louça branca de 50 ml.
Pó na superfície (PS)	Quantidade de pó de café presente da superfície da bebida e aderido à xícara	Nenhum: bebida preparada com café arábica ($L^* \cong 38^3$) torrado e moído Muito: café espresso preparado com café arábica ($L^* \cong 34$).
Pó residual (PR)	Quantidade de pó residual no fundo da xícara	Nenhum: bebida preparada com café arábica ($L^* \cong 38$) torrado e moído Muito: café espresso preparado com café arábica ($L^* \cong 34$), adicionado mais 0,2% de café em pó.
Intensidade do aroma de café (IAC)	Associado ao café quando a bebida é preparada	Fraco: 30 ml de café espresso preparado com café robusta ($L^* \cong 44$). Forte: 30 ml de café espresso preparado Café do Ponto® Cerrado Mineiro, tipo 4, peneira 16, bebida dura para melhor, torração clara ($L^* \cong 37^4$)
Aroma Torrado (AT)	Associado ao grão de café torrado	Forte: Grãos de café arábica com $L^* \cong 36^5$.
Aroma Caramelo (ACar)	Associado a açúcar queimado	Forte: açúcar queimado
Aroma Cereal (AC)	Associado a pão multi grão	Forte: Pão multi grão
Aroma Ácido (AAc)	Associado ao ácido láctico	Fraco: Solução aquosa de ácido láctico a 2% Forte: Solução aquosa de ácido láctico a 4%
Aroma Queimado (AQ)	Associado à bebida preparada com café muito torrado	Forte: Café espresso preparado com café arábica torrado a 230°C por 15 min ($L^* \cong 32$).
Intensidade do Sabor de Café (ISC)	Associado a bebida prepara com café torrado	Fraco: 30 ml de café espresso preparado com café robusta ($L^* \cong 44$). Forte: 30 ml de café espresso preparado Café do Ponto® Cerrado Mineiro, tipo 4, peneira 16, bebida dura para melhor, torração clara.
Sabor Torrado (ST)	Associado ao pão torrado	Forte: Pão francês torrado à 260°C por 20 min.
Gosto Doce (GD)	Associado à sacarose	Forte: Solução de sacarose a 4%.
Sabor Cereal (SC)	Associado ao pão com vários cereais	Forte: Pão multi grão
Gosto Ácido (GAc)	Associado ao ácido láctico	Fraco: Solução aquosa de ácido láctico a 0,0325% Forte: Solução aquosa de ácido láctico a 0,125%
Gosto Amargo (GAm)	Associado à cafeína	Fraco: Solução aquosa de cafeína a 0,0625% Forte: Solução aquosa de cafeína a 0,6%
Sabor Queimado (SQ)	Associado à bebida de café espresso preparada com café muito torrado.	Forte: Café espresso preparado com café arábica torrado a 230°C por 15 min ($L^* \cong 32$).
Corpo (CORPO)	Textura associada à sensação de permanência da bebida na boca, relacionada à sensação de viscosidade da bebida.	Pouco: Água. Muito: Solução de sacarose com 7,55° Brix.
Adstringência (ADS)	Sensação associada à secura na boca provocada pela bebida.	Pouco: Solução aquosa de ácido málico a 0,025% Muito: Solução aquosa de ácido málico a 0,25%

1, café torrado à 210°C por 6 min; 2, café torrado à 230°C por 13 min; 3, café torrado à 210°C por 13 min;

4, especificado pelo fabricante; 5, café torrado à 210°C por 15 min.

Os descritores levantados para o café *espresso* são semelhantes aos do café filtrado, incluindo-se descritores da aparência da espuma, de enorme importância, pois pode revelar aspectos sobre qualidade da matéria-prima envolvida, do grau de torração a parâmetros de extração (ILLY & VIANI, 1998; ODELLO & ODELLO, 2001).

III.3.2.2 – Seleção final de provadores e descritores

Dos 15 provadores selecionados, 10 participaram efetivamente dos testes. Os resultados da ANOVA para p_F amostra e p_F repetição mostraram que os provadores conseguiram discriminar as amostras em, pelo menos, 80% dos descritores obtendo o mesmo resultado para a avaliação da reprodutibilidade.

Em relação ao consenso com a equipe, os resultados de p_F amos*prov indicaram que houve falta de consenso entre pelo menos um dos provadores para a maioria dos descritores (p_F amos*prov, < 0,05). A observação dos gráficos da intensidade dos descritores para cada amostra para cada provador mostrou que 2 provadores apresentaram falta de consenso grave com a equipe em mais de 30%, conforme ilustrado na Figuras III.11, sendo então eliminados.

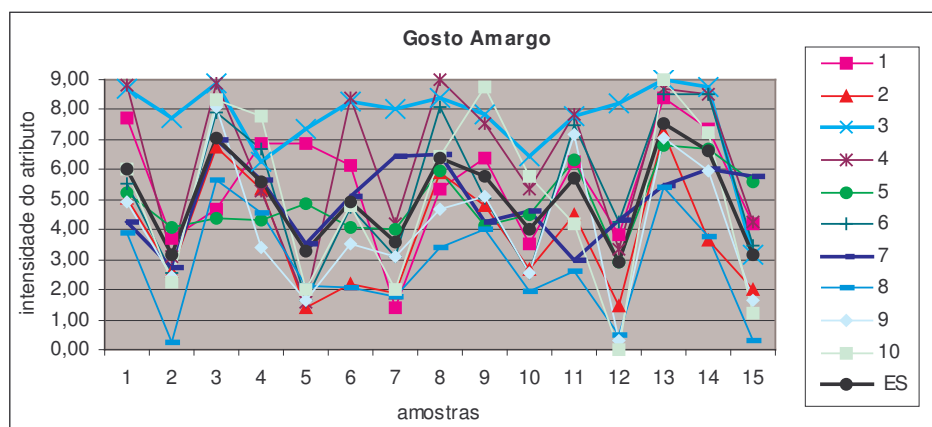


Figura III.11: Avaliação Sensorial do gosto amargo para café *espresso*. Exemplo da falta de coerência dos provadores 3 e 7 com a equipe sensorial (ES).

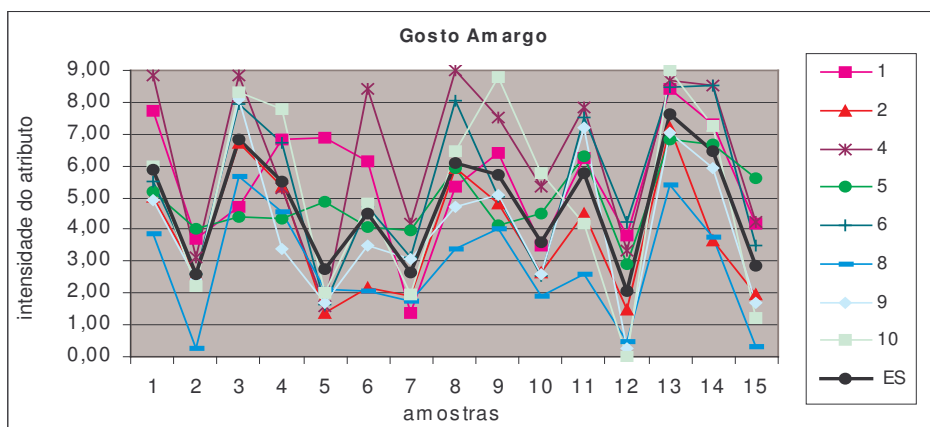
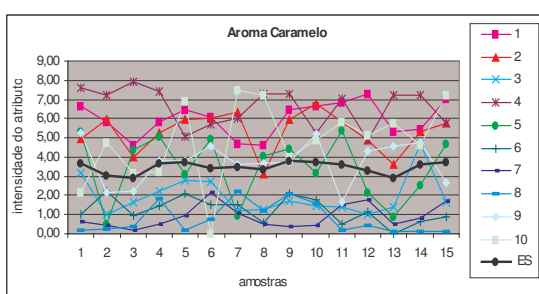
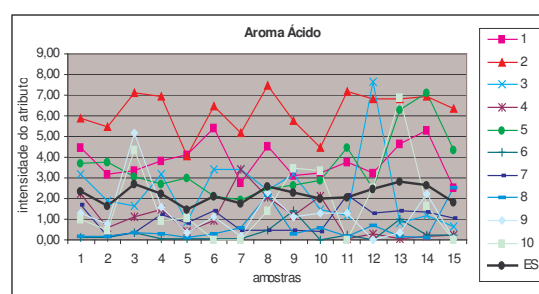


Figura III.12: Avaliação Sensorial do gosto amargo para café *espresso*, após eliminação dos provadores 3 e 7.

Ainda devido à discrepância dos resultados, os descritores aroma caramelo, aroma ácido, gosto doce e gosto ácido foram eliminados. Problemas durante o treinamento ou a definição das referências podem ter sido os motivos desta discrepância. Vale aqui ressaltar que os provadores apresentaram dificuldade quando da definição das referências para esses descritores. Especialmente com relação ao gosto ácido, é conhecida a baixa acidez dos cafés brasileiros e especialmente dos robustas (como pode ser constatado na Tabela III.1), o que dificulta a caracterização desse descritor, especialmente no café *espresos*, cujo amargor pode ter dificultado a percepção do gosto ácido.



a)



b)

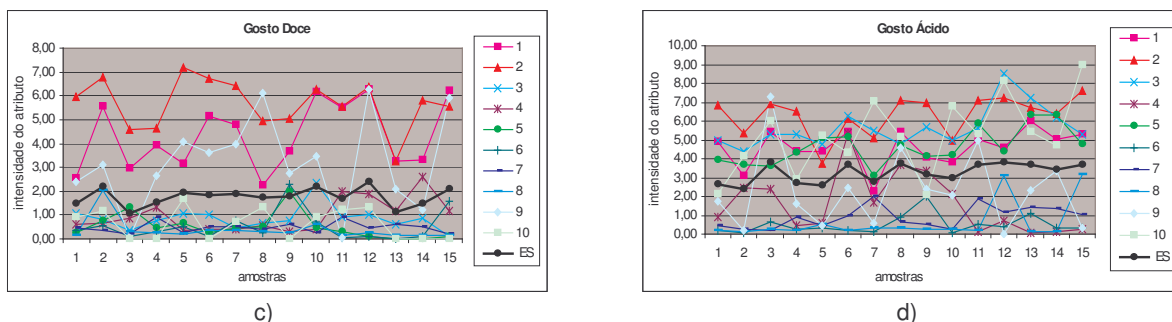


Figura III.13: Avaliação Sensorial de café espresso: a) aroma caramelo, b) aroma ácido, c) gosto doce, gosto ácido.

III.3.2.3 – Variação do Perfil Sensorial dos cafés estudados, em função do grau de torração

Os perfis representados graficamente nas Figuras III.14, III.15 e III.16 mostram que nas amostras com grau de torração caracterizado pela luminosidade (L^*) entre 45,00 e 39,00 predominam o aroma e o sabor de cereal. As amostras com L^* entre 38,00 e 35,00 se caracterizam por apresentarem maior intensidade da cor marrom da bebida, aroma e sabor de café, aroma e sabor torrado e corpo. Nas amostras mais torradas, com L^* entre 34,00 e 33,00, predominam a intensidade da cor marrom da bebida e da espuma, aroma e sabor queimado, gosto amargo, corpo e adstringência.

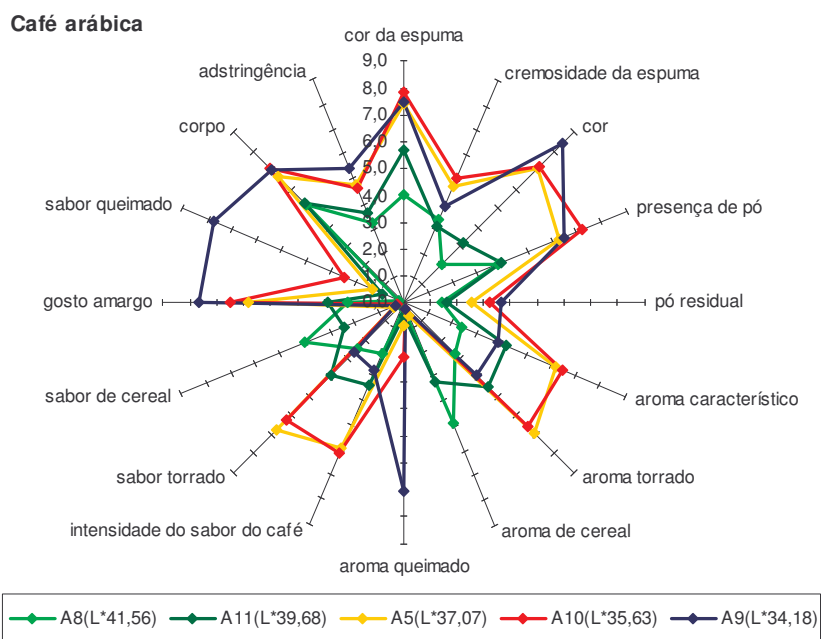


Figura III.14: Representação gráfica dos resultados da ADQ de café *espresso* das amostras de café arábica.

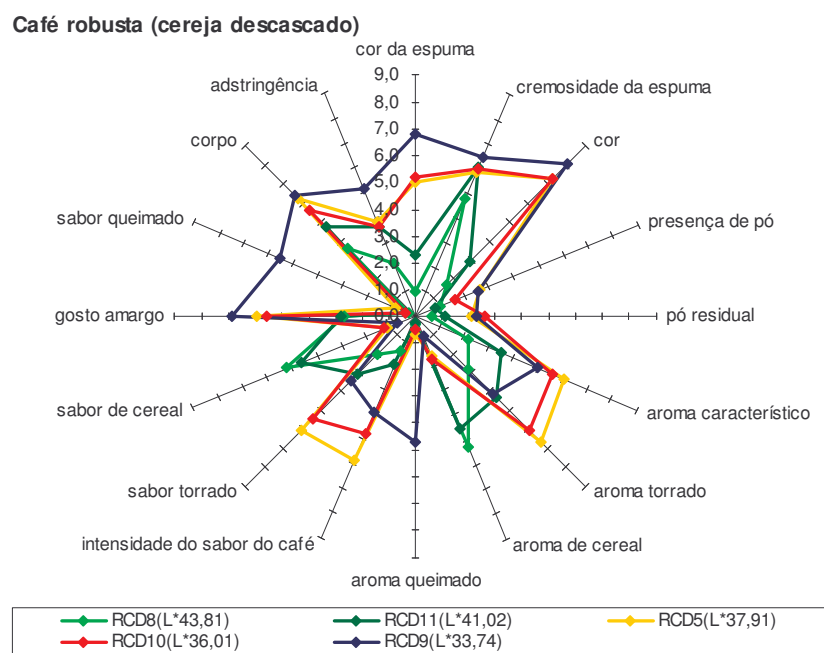


Figura III.15: Representação gráfica dos resultados da ADQ de café *espresso* das amostras de café robusta processado via cereja descascado.

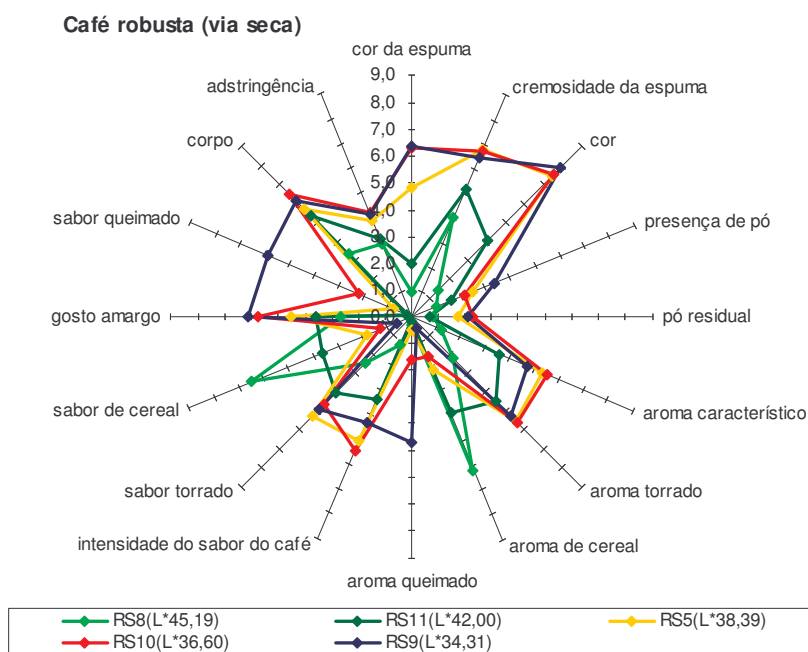


Figura III.16: Representação gráfica dos resultados da ADQ de café *espresso* das amostras de café robusta processado por via seca.

A Análise de Componentes Principais, Figura III.17, ilustra muito bem a divisão das amostras em três grupos caracterizados pelo grau de torração das amostras.

A representação bidimensional dos componentes explica 80,4% da variação ocorrida entre as amostras, sendo 63,1% no CP1 e 17,3 no CP2. Com relação ao tamanho dos vetores, a análise mostra que os descritores cremosidade da espuma e pó na superfície da xícara tiveram menor importância que os demais na discriminação das amostras. Observa-se pelos vetores que os descritores aroma e sabor cereal foram de extrema importância na separação das amostras no eixo horizontal, ou seja, entre amostras pouco torradas e torradas, uma vez que apresentam correlação negativa com os demais descritores. Aroma e sabor de café, aroma e sabor torrado e aroma e sabor queimado foram responsáveis pela separação das amostras no eixo vertical, distinguindo as amostras torradas das muito torradas. Da observação da representação gráfica da ACP também fica

evidente a boa separação que ocorreu entre as amostras, com exceção dos cafés robusta nos tratamentos 5 e 10.

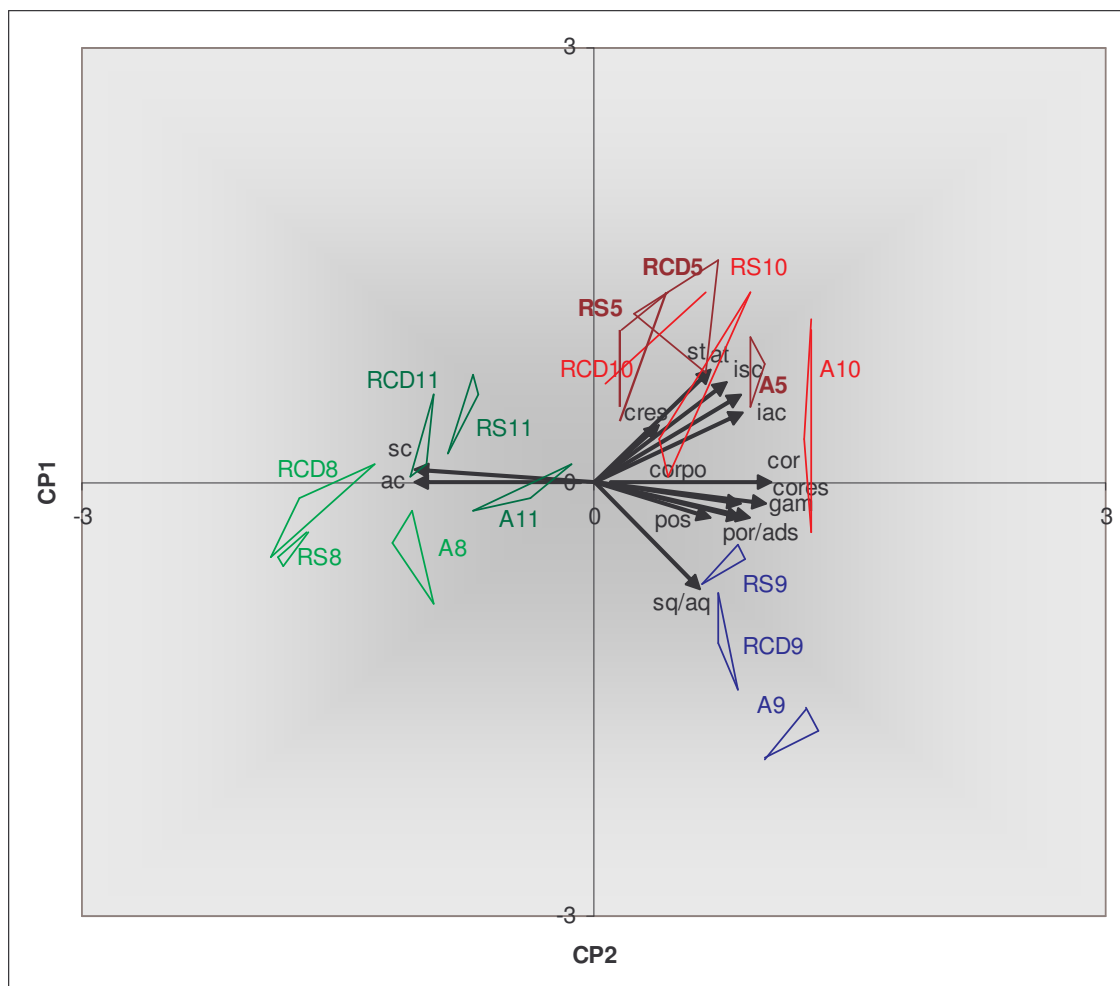


Figura III.17: : Análise de Componentes Principais das amostras e descritores de café *espresso*.

As Tabelas III.9 e III.10 contém as médias dos descritores para as amostras e os resultados do Teste de Tukey.

Determinação do grau ótimo de torração através de Análise Descritiva Quantitativa

Tabela III.9: Média das amostras de café *espresso*, por atributo julgado de aparência e aroma.

Amostra	L*	CORES	CRES	COR	PS	PR	IAC	AT	AC	AQ
RCD0	43,81	0,92 ^g	4,73 ^{bcd}	1,65 ^{de}	1,00 ^{ef}	0,60 ^f	2,14 ^{ef}	2,79 ^{de}	5,21 ^{ab}	0,30 ^d
RCD11	41,02	2,30 ^{fg}	6,01 ^{abc}	2,85 ^{bcd}	0,82 ^f	1,09 ^{def}	3,45 ^{cde}	4,31 ^{bcd}	4,52 ^{bc}	0,26 ^d
RCD05	37,91	4,97 ^{cde}	5,77 ^{abc}	7,24 ^a	2,59 ^{bcd}	2,12 ^{bcd}	6,03 ^a	6,65 ^a	1,59 ^{ef}	0,69 ^{cd}
RCD10	36,01	5,16 ^{cde}	5,98 ^{abc}	7,23 ^a	1,59 ^{def}	2,60 ^{abc}	5,52 ^{ab}	5,99 ^{ab}	1,70 ^{def}	0,51 ^{cd}
RCD09	33,74	6,79 ^{abc}	6,41 ^{ab}	8,01 ^a	2,55 ^{bcd}	2,27 ^{abcd}	4,90 ^{abc}	4,13 ^{bcd}	0,80 ^{ef}	4,69 ^b
RS08	45,19	0,95 ^g	3,99 ^{de}	1,33 ^e	0,98 ^{ef}	0,79 ^{ef}	1,22 ^{ef}	2,19 ^e	6,14 ^a	0,31 ^d
RS11	42,00	1,98 ^g	5,19 ^{abcd}	4,03 ^b	1,61 ^{def}	0,69 ^{ef}	3,55 ^{cde}	4,45 ^{bcd}	3,89 ^{bc}	0,19 ^d
RS05	38,39	4,80 ^{de}	6,76 ^a	7,38 ^a	2,44 ^{bcd}	1,75 ^{cdef}	5,28 ^{abc}	5,52 ^{abc}	2,19 ^{de}	0,52 ^{cd}
RS10	36,60	6,29 ^{abcd}	6,72 ^a	7,55 ^a	2,16 ^{cdef}	2,27 ^{abcd}	5,51 ^{ab}	5,53 ^{abc}	1,59 ^{ef}	1,58 ^{cd}
RS09	34,31	6,35 ^{abcd}	6,44 ^{ab}	7,84 ^a	3,30 ^{bcd}	2,10 ^{bcd}	4,71 ^{abc}	5,25 ^{abc}	0,52 ^f	4,68 ^b
A08	41,56	3,99 ^{ef}	3,31 ^e	2,05 ^b	3,84 ^{bc}	1,43 ^{cdef}	2,32 ^{def}	2,70 ^{de}	4,85 ^{ab}	0,24 ^d
A11	39,68	5,68 ^{bcd}	3,09 ^e	3,11 ^{bc}	3,95 ^b	1,58 ^{cdef}	4,14 ^{bcd}	4,44 ^{bcd}	3,22 ^{cd}	0,49 ^{cd}
A05	37,07	7,39 ^{ab}	4,67 ^{cde}	7,06 ^a	6,25 ^a	2,52 ^{abcd}	6,16 ^a	6,93 ^a	0,58 ^f	0,86 ^{cd}
A10	35,63	7,85 ^a	5,05 ^{abcd}	7,14 ^a	7,22 ^a	3,20 ^{ab}	6,39 ^a	6,51 ^a	0,26 ^f	2,06 ^c
A09	34,18	7,46 ^{ab}	3,86 ^{de}	8,37 ^a	6,45 ^a	3,66 ^a	3,81 ^{bcd}	3,85 ^{cde}	0,23 ^f	7,00 ^a
Máximo		7,85 A10	6,76 RS5	8,37 A9	7,22 A10	3,66 A9	6,39 A10	6,93 A5	6,14 RS8	7,00 A9
Mínimo		0,92 RCD8	3,09 A11	1,33 RS8	0,82 RCD11	0,60 RCD8	1,22 RS8	2,19 RS8	0,23 A9	0,19 RS11

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

* Os números que acompanham o código das amostras na primeira coluna referen-se aos números dos tratamentos

Tabela III.10: Média das amostras de café *espresso*, por atributo julgado de sabor e sensação bucal.

amostras	L*	ISC	ST	SC	Gam	SQ	CORP	ADS
RCD08	43,81	1,45 ^{tg}	2,06 ^f	5,19 ^{ab}	2,62 ^e	0,26 ^e	3,57 ^{tg}	2,18 ^f
RCD11	41,02	1,98 ^{efg}	3,06 ^{def}	4,54 ^{bc}	2,76 ^e	0,40 ^e	4,66 ^{ef}	3,57 ^{cde}
RCD05	37,91	5,85 ^a	6,07 ^{ab}	1,12 ^{ef}	5,89 ^{bc}	0,81 ^{de}	6,20 ^{abcd}	3,80 ^{bcd}
RCD10	36,01	4,74 ^{abcd}	5,40 ^{abc}	1,21 ^{ef}	5,53 ^{bc}	0,40 ^e	5,53 ^{bcd}	3,58 ^{cde}
RCD09	33,74	3,87 ^{bcd}	3,37 ^{def}	0,77 ^f	6,84 ^{ab}	5,48 ^b	6,33 ^{abcd}	5,10 ^{ab}
RS08	45,19	1,09 ^g	2,49 ^{ef}	6,45 ^{ab}	2,67 ^e	0,21 ^e	3,34 ^g	2,87 ^{ef}
RS11	42,00	3,33 ^{cdef}	3,99 ^{cde}	3,60 ^{cd}	3,60 ^{de}	0,17 ^e	5,30 ^{cde}	3,14 ^{def}
RS05	38,39	5,04 ^{abc}	5,22 ^{abc}	1,81 ^{ef}	4,50 ^{cd}	0,75 ^{de}	5,66 ^{bcd}	3,91 ^{bcd}
RS10	36,60	5,43 ^{ab}	4,65 ^{bcd}	1,23 ^{ef}	5,73 ^{bc}	2,18 ^{cd}	6,49 ^{abc}	4,18 ^{abcd}
RS09	34,31	4,28 ^{abcd}	4,87 ^{abcd}	0,59 ^f	6,10 ^{abc}	5,86 ^b	6,11 ^{abcd}	4,12 ^{abcde}
A08	41,56	2,11 ^{efg}	2,39 ^{ef}	4,03 ^{bc}	2,07 ^e	0,21 ^e	5,15 ^{de}	3,20 ^{def}
A11	39,68	3,30 ^{cdef}	3,81 ^{cdef}	2,43 ^{de}	2,84 ^e	0,87 ^{de}	5,24 ^{de}	3,60 ^{cde}
A05	37,07	5,94 ^a	6,71 ^a	0,45 ^f	5,79 ^{bc}	1,33 ^{de}	6,60 ^{ab}	4,75 ^{abc}
A10	35,63	6,10 ^a	6,22 ^{ab}	0,27 ^f	6,46 ^{ab}	2,38 ^c	7,10 ^a	4,54 ^{abc}
A09	34,18	2,78 ^{defg}	2,60 ^{ef}	0,29 ^f	7,63 ^a	7,71 ^a	7,00 ^a	5,34 ^a
Máximo		6,10 A10	6,71 A5	6,45 RS8	7,63 A9	7,71 A9	7,10 A10	5,34 A9
Mínimo		1,09 RS8	2,06 RCD8	0,27 A10	2,07 A8	0,17 RS11	3,34 RS8	2,18 RCD8

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

* Os números que acompanham o código das amostras na primeira coluna referen-se aos números dos tratamentos

O Teste de Tukey confirmou as similaridades entre os três grupos de amostras caracterizados pelos diferentes graus de torração. Segundo os resultados, para as amostras claras (tratamentos 8 e 11) não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos descritores pó residual, aroma e sabor queimado e gosto amargo. Houve diferença significativa em alguns casos, com destaque para:

- cor da espuma, entre as amostras de café arábica e as de café robusta (mais claras); com exceção da RCD 11(L*41,02) que não difere da A8(L*41,56);
- cremosidade da espuma, entre as amostras de café arábica (menos cremosas) e a RS11(L*42,00) e a RCD11(L*41,02);
- pó na superfície, entre as amostras de café arábica e as de robusta;
- sabor de cereal, entre a A39,68 e as demais amostras, exceto a RS11(L*42,00), a qual difere das amostras RS8(L*45,19) e RCD8(L*43,81);

No caso das amostras com torração média (tratamentos 5 e 10), não houve diferença significativa entre amostras nos descritores: pó residual, cor marrom, intensidade de aroma e sabor de café, aroma torrado, aroma queimado, sabor de cereal e adstringência. Alguns dos descritores que apresentaram diferença significativa são listados a seguir:

- cor da espuma, entre as amostras de café arábica e as de robusta, exceto a RS10(L*36,60);
- cremosidade da espuma, entre a A5(L*37,07) e a RS5(L*38,39) e a RS10(L*36,60);
- pó na superfície, entre as amostras de café arábica e as demais.

As amostras de café arábica apresentaram maior intensidade de aroma e sabor de café (A10 L*35,63) e aroma e sabor torrado (A5 L*37,07).

Quanto às amostras escuras (tratamento 9), não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos seguintes descritores: cor da espuma, cor marrom, intensidade de aroma e sabor de café, aroma torrado, aroma e sabor de cereal, gosto amargo, corpo e adstringência. Houve diferença significativa entre a amostra de arábica e as de robusta na cremosidade da espuma, pó superficial e aroma e sabor queimado.

De um modo geral, as amostras de café robusta apresentaram maior intensidade na cremosidade da espuma, enquanto que as amostras de café arábica tiveram cor da espuma mais escura e maior quantidade de pó na superfície. De fato, NUNES, *et al*, (1997), num estudo sobre a influência do grau de torração sobre características da espuma e composição química de café espresso mostrou que, para um grau de torração próximo, as amostras de café robusta (via seca) apresentavam espuma com maior consistência que as amostras de café arábica. Com relação ao aroma e sabor, não houve distinção significativa entre a amostra de arábica e as de robusta num grau de torração semelhante. MAEZTU *et al*. (2001), estudando diversas propriedades de cafés espresso preparados com café arábica 100% e um *blend* com 80% de robusta, também não identificaram diferença significativa ($p > 0.05$) entre as amostras quanto a intensidade do aroma e do sabor.

III.3.2.4 – Determinação do grau ótimo de torração dos cafés estudados

O grau ótimo de torração de cada café estudado foi caracterizado a partir dos parâmetros apresentados na Tabela III.11:

Tabela III.11: Parâmetros do grau de torração das amostras avaliadas, para café *espresso*. (L* grão – luminosidade do grão; %pp – perda de peso durante a torração).

Cafés	tratamento	L* grão	%pp
arábica (A)	9	34,18 ^e	24,74 ^a
	10	35,63 ^d	17,12 ^b
	5	37,07 ^c	16,19 ^c
	11	39,68 ^b	13,02 ^d
	8	41,56 ^a	10,87 ^e
robusta cereja descascado (RCD)	9	33,74 ^e	22,08 ^a
	10	36,01 ^d	16,31 ^b
	5	37,91 ^c	15,31 ^c
	11	41,02 ^b	11,69 ^d
	8	43,81 ^a	9,43 ^e
robusta via seca (RS)	9	34,19 ^d	20,96 ^a
	10	39,60 ^d	16,3 ^b
	5	38,39 ^c	14,63 ^c
	11	42,00 ^b	10,57 ^d
	8	45,19 ^a	8,95 ^e

Média com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

Através dos resultados da ACP (Figura III.17), os descritores que mais caracterizaram as amostras torradas foram plotados em função da luminosidade

das mesmas e os gráficos são mostrados nas Figuras III.18, III.19 e III.20. As linhas pretas delimitam a faixa de luminosidade dentro da qual prevalecem, com maior intensidade, o aroma e sabor de café e o aroma e sabor de torrado, enquanto que a percepção do aroma e sabor queimado é mínima.

O mesmo procedimento foi realizado plotando-se as notas em função da perda de peso durante a torração (%pp). A caracterização do grau ótimo de torração em função desses parâmetros encontra-se na Tabela III.13.

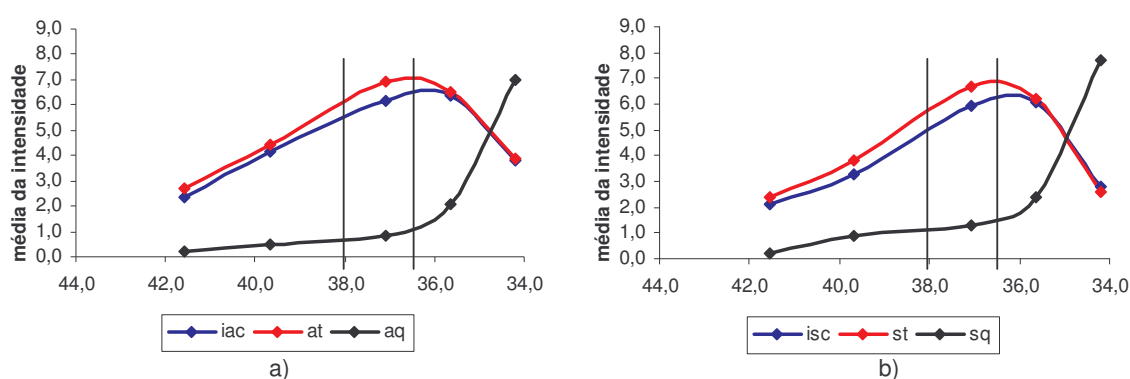


Figura III.18: Descritores de: a) aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos de café arábica (A) torrado, para preparo como espresso, sendo iac – intensidade de aroma característico, at – aroma torrado, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sq – sabor queimado.

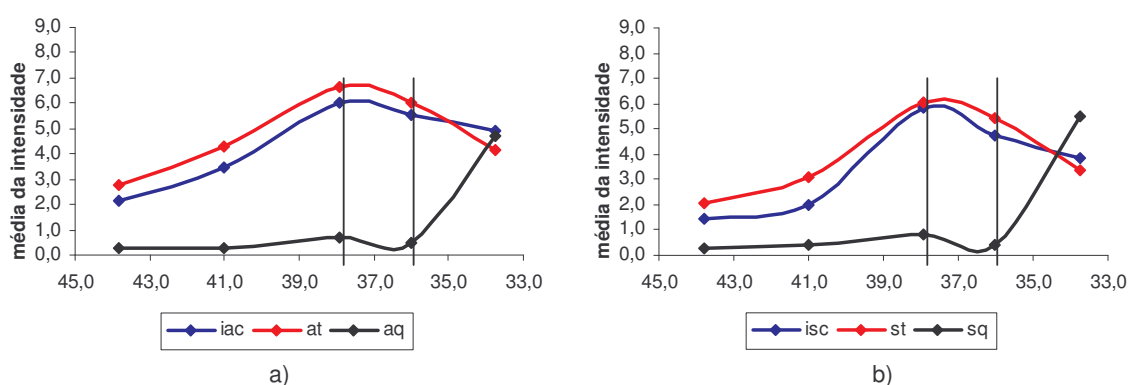


Figura III.19: Descritores de: a) aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos de café robusta (RCD) torrado, para preparo como espresso, sendo iac – intensidade de aroma característico, at – aroma torrado, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sq – sabor queimado.

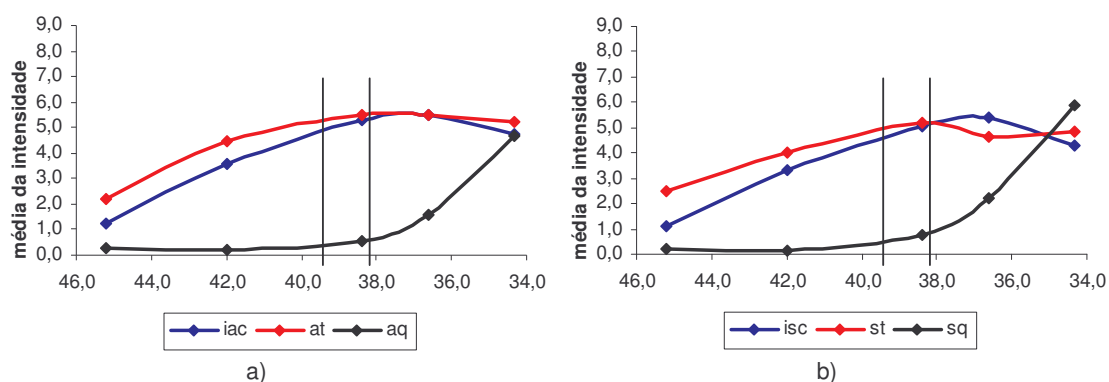


Figura III.20: Descritores de: a) aroma e b) sabor, em função da luminosidade de grãos de café robusta (RS) torrado, para preparo como espresso, sendo iac – intensidade de aroma característico, at – aroma torrado, aq – aroma queimado, isc – intensidade do sabor característico, st – sabor torrado, sq – sabor queimado.

Tabela III.13: Faixa de L* do grão e %pp, aproximada, que correspondem ao grau ótimo de torração dos cafés estudados, para preparo como espresso.

Parâmetros	Arábica (A)	Robusta (RCD)	Robusta (RS)
L* grão	36,50 → 38,00	36,00 → 38,00	38,00 → 39,00
%pp	≈ 16%	15,0 → 16,5%	15,0%

Os perfis apresentados nas Figuras III.14, III.15 e III.16 já previam que as torrações médias correspondiam às mais adequadas para o melhor desenvolvimento dos aroma e sabor característicos de café e de torrado. Segundo uma classificação de grau de torração apresentada por ILLY & VIANI (1998), levando em conta a perda de massa durante a torração, uma torração clara corresponderia à perda 1 a 5% em base seca e a torração média, de 5 a 8%. Assim, os resultados aqui apresentados, descontando-se a umidade inicial dos grão verdes, corresponderiam à torrações médias claras.

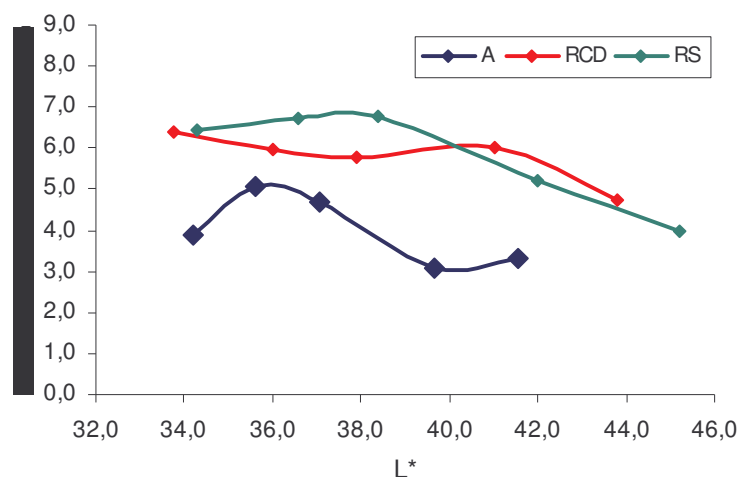


Figura III.21: Intensidade do descritor “cremosidade da espuma”, para os café estudados (A, RCD, RS)

Da observação da Figura III.21, vale ressaltar que a cremosidade da espuma do café arábica e do café robusta (RS) também atinge sua maior intensidade próxima à faixa otimizada. NUNES *et al.* (1997) mostrou que a estabilidade e a consistência da espuma de cafés espresso, tanto arábica quanto robusta, apresentavam um máximo em determinado grau de torração e depois decresciam quando o grau de torração aumentava. Isso devido à quantidade de polissacarídeos extraída, principalmente galactomanose e arabinogalactose. Um aumento excessivo no grau de torração diminui o grau de ramificação de galactomanose no café espresso.

III.4 – CONCLUSÕES

A técnica baseada na ADQ mostrou-se bastante satisfatória como ferramenta na determinação do grau de torração mais adequado aos cafés estudados.

Os resultados indicaram a torração média como sendo ideal para todos os cafés em questão. Neste grau de torração as amostras apresentam maior intensidade de aroma e sabor de café e aroma e sabor de torrado, com pouca ou

nenhuma percepção do aroma e sabor queimado. Embora a análise com *experts*, apresentada no Capítulo II, tenha sido mais rápida e tenha apresentado resultados semelhantes quanto à determinação do grau ótimo de torração em função da luminosidade do grão e do pó, a análise baseada na ADQ é bem mais completa, permite maior confiança nos resultados e descreve o porquê do melhor grau de torração em função das melhores características sensoriais da bebida.

Os resultados obtidos para o grau ótimo de torração para café *espresso*, foram bastante próximos aos obtidos para café torrado e moído, para preparo da bebida em filtro. Esse fato já havia sido previsto pelos *experts*, que julgaram não ser necessária uma análise exclusiva para *espresso*. Dessa vez, não os resultados, mas sim a opinião dos profissionais coincidiu com os resultados obtidos. Este estudo pode, cientificamente, comprovar tal fato.

Não foi possível diferenciar os dois cafés robusta em questão (RCD e RS), pois as características de ambas as matérias-primas são muito semelhantes, como mostra a classificação das mesmas, sugerindo que o processamento via seca foi bem conduzido, não apresentado muitos defeitos que poderiam interferir na qualidade do café. Quanto ao café arábica, embora tenha recebido as maiores notas de aroma e sabor de café, aroma e sabor torrado, estas não se diferenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) das notas dos cafés robustas, para o mesmo tratamento. Diferença houve, com relação à cremosidade da espuma do café *espresso*, consideravelmente maior nos robustas.

III.5 – BIBLIOGRAFIA

- BÁRCENAS, P.; ELORTONDO, J. F.; SALMERÓN, J.; ALBISU, M. Analisis Sensorial de Alimentos. Desarrollo del vocabulario descriptivo y uso de referencias específicas. **Alimentaria**, 23, jul-ago, 23-29, 2000.
- BARROS NETO, B. de; SCARMINIO I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2.ed. Campinas: Editora da UNICAMP 1996.
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters. An introduction to design, data and model building**. New York; Wiley, 1978

- CLARKE, R. J. Roasting and Grinding. In: CLARKE, R. J. & MACRAE, R. **COFFEE: Technology**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 2, cap 4, 1985.
- DAMÁSIO, M.H., COSTELI, E. Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquím. Techol Alimentos**, 31, 2, 165-178, 1991.
- DELLA MODESTA, R. C.; GONÇALVES, E. B.; FERREIRA, J. C. S. Desenvolvimento e validação do perfil sensorial para bebida de café brasileiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.:2000:Poços de Caldas, MG). Resumos expandidos. Brasília, DF: Embrapa Café, Belo Horizonte: Minasplan, 2, 716-719, 2000.
- FERIA-MORALES, A. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, 13, 355-367, 2002.
- HUG, M. Cuptasting: Quality Control for Coffee Exports. **International Trade Forum**, oct-dec, 1990.
- ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Field practices and cup characteristics selective US Mechanical Harvest and Wet US. Dry Process – Technical Unit – Quality Series Report, n. 5, Sponsored by the Promotional Fund. p28, Mar, 1991.
- I.I.A.C. – ISTITUTO INTERNAZIONALE ASSAGGIATORI CAFFÈ (International Institute of Coffee Tasters). **L' Assaggio dell'espresso**. Centro Studi e Formazione Assaggiatori, Brescia, It, 2nd., 1996.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee – The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd. 1998.
- KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. **Response Surfaces - Designs and Analyses**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1987.

- KIM, Y.; CHOON LEE, Y.; KIM, K. O. Optimum roasting and extraction conditions and flavor characteristics of roasted malt extract. **Cereal Chemistry**, American Association of Cereal Chemists, Inc. 75 (3), 282-288, 1998.
- JONG, S. de, JOHANNES, H.; van der KNAAP, H. C. M.; Generalized Procrustes analysis of coffee brands tested by five european sensory panels. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, v 9, 3, 111-114, 1998.
- LEINO, M.; LAPVETELÄINEN, A.; MENCHERO, P.; MALM, H.; KAITARANTA, J.; KALLIO, H. Characterisation of stored arabica and robusta coffees by headspace-GC and sensory analysis. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, 3, 115-125, 1991/2.
- McEWAN, J. A. Harmonize sensory evaluation internationally. **Food Technology**, v52, no. 4, 52-56, 1998.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Florida/USA: CRC Press, 1987.
- MENDES, L. C.; MENEZES, H. C. de; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* Conilon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, 12, 153-162, 2001.
- MORI, E. E. M.; BRAGAGNOLO, N.; MORGANO, M.; ANJOS, V. D. A.; YOTSUYANAGI, K.; FARIA, E. V.; IYOMASA, J. M. Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. **ASIC**, Association International du Café, 19^{ème} Colloque, Trieste/It, 2001.
- MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Food Nutrition Press Inc., Westport, Connecticut, 1983.
- MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, 34, 461-471, 2001
- NUNES, F. M.; COIMBRA, M. A.; DUARTE, A. C.; DELGADILLO I. Foamability, Foam Stability and Chemical Composition of Espresso Coffee as affected by

- the Degree of Roast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45, 3238-3243, 1997.
- ODELLO, L. & ODELLO, C. Espresso Italiano Tasting. L'Assaggio 8. Istituto Internazionale Assaggiatori Caffè. Centro Studi e Formazione Assaggiatori. Grafiche IGC s.r.l., Brescia/It, 2001.
- OLIVEIRA, A. L.; SILVA, S. S.; SILVA, M. A. P.; EBERLIN, M. N.; CABRAL, F. A. Sensory and yield response surface analysis of supercritical CO₂ extracted aromatic oil from roasted coffee. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore. vol 38, Iss 1, pp 38-42, 2001.
- ORTOLÁ, M.D., LONDOÑO, L., GUTIÉRREZ, C.L., CHIRALT, A. Influence of roasting temperature on physicochemical properties of different coffees. **Food Science and Technology International**, 4, 59-66, feb. 1998.
- PITTIA, P.; DALLA ROSA, M.; PINNAVAIA, G.; MASSINI, R. Evoluzione di alcune caratteristiche fisiche del caffè durante la torrefazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, 35, 351, 945-950, set 1996.
- PIZZIRANI, S., ROMANI, S., ANESE, M., BARBANTI, D. Studio sulle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche del caffè torrefatto e della bevanda di estrazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, 35, 658-663, giu 1996.
- POWERS, J. J.; CENCIARELLI, S.; SHINHOLSER, K. El uso de programas estadísticos generales en la evaluación de los resultados sensoriales. **Revista Agroquím. Techol Alimentos**, 24, 4, 469-484, 1984.
- PRAKASH, M.; RAVI, R.; SARVAMANGALA, G. K.; RAJALAKSHMI, D. Sensory profiling and product positioning of roasted and ground (brew) coffee and soluble (instant) coffee with and without added flavor. **Journal of Sensory Studies**. Food & Nutrition Press, Inc, Trumbull, Connecticut. 101-117, 1998.
- RAINEY, B. A. Importance of references standards in training panelists. **Journal of Sensory Studies**. Food & Nutrition Press, Inc, Westport, Connecticut. 1, 101-117, 1986.

- SCHLICH, P. What are the sensory differences among coffees? Multi-Panel analysis of variance and flash analysis. **Food Quality and Preferences**, Elsevier, Bristol, UK, v 9, 3, 103-106, 1998.
- SECRETARIA DA FAZENDA DO ESTADO DE SÃO PAULO, Manual de conhecimentos – café. 1988.
- STONE, H. & SIDEL, J. L. Sensory Evaluation Practices. Academic Press, Inc. London. 311p, 1985.
- STONE, H. & SIDEL, J. L. Quantitative Descriptive Analysis: Developments, Applications and the Future. **Food Technology**, 52 (8), 48-52, 1998.
- TOLEDO, J.L.B.de & BARBOSA, A.T. **Classificação e Degustação de Café**. Série Agronegócios. Brasília: Ed. Sebrae. Rio de Janeiro: ABIC. 1998.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DE BLENDS DE CAFÉ ARÁBICA COM CAFÉ ROBUSTA ATRAVÉS DE TESTE DE ACEITAÇÃO COM CONSUMIDORES E ANÁLISES FÍSICAS

Nota: Avaliação de café torrado e moído com bebida preparada em filtro e café *espresso*

Parte do conteúdo deste capítulo encontra-se publicada em:

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C. Avaliação sensorial com consumidores para checar a viabilidade do uso do café robusta em *blends* com café arábica em cafés *espresso*. In: IV Meeting on Chemistry of Food and Beverages, Campinas, 2002.

MENDES, L. C.; CUNHA, A. C.; MENEZES, H. C. Influência do café robusta, em blends com café arábica, sobre o teor de sólidos no café filtrado e no café *espresso*. In: V Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, 2003, Campinas. V Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos – Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Inovação na Indústria de Alimentos, 2003.

MENDES, L. C.; CUNHA, A. C.; MENEZES, H. C. Evaluation of coffee blends made from semi-dry processed (via peeled cherry) Robusta and dry processed Arabica coffees using a Sensory Consumer Test. In: 20th International Scientific Colloquium on Coffee, 2004, Bangalore (India). ASIC – Association Scientifique Internationale du Café – 20th Colloquium, 2004.

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar *blends* de café arábica com café robusta processado via cereja descascado (nas proporções de 10, 20, 30, 40, 50%, mais uma amostra 100% arábica), através de testes sensoriais afetivos – teste de aceitação - com consumidores diários de café. Foram avaliadas as bebidas preparadas em filtro de papel e também preparadas tipo *espresso*. Foram

consultados consumidores entre estudantes, professores e funcionários da UNICAMP, selecionados em função da frequência que consomem café, sendo aceito um consumo mínimo de 1 xícara por dia. Os consumidores avaliaram aceitação geral, aroma e sabor da bebida, usando escala hedônica de nove pontos (9=gostei extremamente; 5=nem gostei, nem desgostei; 1=desgostei extremamente). No caso de bebidas preparadas em filtro de papel foi avaliado, primeiramente, o aroma do pó usado para preparar a respectiva amostra e no caso do café *espresso*, avaliou-se inicialmente a aparência da espuma da bebida, também usando escala hedônica. Ainda foi avaliada a intensidade do sabor da bebida, através da escala do ideal de nove pontos (4=extremamente mais forte que o ideal; 0=ideal; -4=extremamente mais fraca que o ideal) e a intenção de compra, usando escala de cinco pontos (5=certamente compraria; 3=talvez comprasse, talvez não; 1=certamente não compraria). As repostas foram avaliadas através de histogramas de distribuição, ANOVA, teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e mapa de preferência interno.

No geral, não houve diferença significativa, ao nível de 5%, na apreciação das amostras para os dois tipos de preparo. Na avaliação das bebidas filtradas, mais de 60% dos consumidores consultados deram notas acima de 6 (gostei ligeiramente) para apreciação global da bebida de todas as amostras, para o *espresso* este número foi de 75%. Para ambos os preparos, a nota mais freqüente foi 7 (gostei moderadamente)

Mesmo sendo este teste em pequena escala, os resultados sugerem que o uso de um café robusta de qualidade em *blends* com café arábica poderá ocorrer em maior ou menor quantidade dependendo do público alvo, sem que a qualidade final da bebida esperada pelo consumidor seja comprometida.

Com relação às análises complementares, não houve diferença significativa em nenhuma das determinações para a bebida preparada em filtro de papel e para a umidade dos grãos e pH das amostras de café *espresso*. Houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre as amostras de café *espresso* no que se refere à quantidade de sólidos totais, °Brix e volume de líquido extraído, sugerindo um

aumento da quantidade de sólidos totais e °Brix e a diminuição do volume do líquido com o aumento da quantidade de robusta no *blend*.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate blends of arabica coffee with semi-dry processed robusta coffee (in proportions of 10, 20, 30, 40 and 50% robusta coffee, plus a 100% arabica sample), using an affective sensory test – acceptance test – with daily coffee consumers. Beverages prepared using paper filters and by the espresso technique, were evaluated. The consumers consulted were UNICAMP students, lecturers and employees, selected as a function of their coffee drinking frequency, a minimum consumption of 1 cup per day being considered acceptable. The consumers evaluated overall acceptance and beverage aroma and flavour using a 9-point hedonic scale (9=liked intensely; 5=neither liked nor disliked; 1=disliked intensely). In the case of beverages prepared with paper filters, the aroma of the powder used to prepare the sample was evaluated first, and in the case of espresso coffee, the appearance of the beverage foam was evaluated first, in both cases using the hedonic scale. In addition the intensity of beverage flavour was evaluated using a 9-point ideal scale (4=extremely stronger than the ideal; 0=ideal; -4=extremely weaker than the ideal) and buying intention using a 5-point scale (5=certainly buy; 3= maybe buy, maybe not; 1=certainly not buy). The responses were evaluated using distribution histograms, ANOVA, Tukeys test ($p \leq 0.05$) and internal preference mapping.

In general there was no significant difference between the samples for both types of preparation, at a level of 5%. In evaluating the filtered beverages, more than 62% of the consumers consulted gave scores above 6 (liked slightly) for the overall acceptance of all the samples, and for espresso this value was 75%. A score of 7 (liked moderately) was the score most awarded for both types of preparation.

Despite being carried out on a small scale, the results suggest that good quality robusta coffee could be used in blends with arabica coffee in greater or smaller proportions, depending on the public targeted, without prejudicing the final beverage quality expected by the consumer.

With respect to the complementary analyses, there were no significant differences for any of the determinations of the filtered beverage, or for the bean moisture content and pH of the espresso coffee samples. For the espresso coffee samples, significant differences were found at a level of 5% for total solids content, °Brix and volume of liquid extracted, suggesting an increase in total solids content and °Brix and decrease in the volume of liquid extracted, with increase in the proportion of robusta in the blend.

IV.1 – INTRODUÇÃO

A constante busca pela melhoria da qualidade dos cafés brasileiros tem como foco o aumento do consumo interno, a agregação de valor ao produto visando melhor retorno financeiro e o aumento das exportações de café torrado e moído.

Pesquisas encomendadas pela ABIC sobre hábitos de consumo mostram que o brasileiro vem tomando mais café nos últimos anos, chegando a 83,8 milhões de consumidores para 14,3 milhões de sacas, em 2004, representando um aumento de 5,1% em comparação a 2003 (ABIC, 2005). Os resultados se mostram animadores, mas nem tanto, quando é levado em conta que nos planos do setor cafeeiro na década de 90 constava um consumo esperado de 15 milhões de sacas no ano 2000. Esta meta ainda não foi atingida e muito vem sendo feito pelo setor no intuito de conquistá-la. Enquanto o setor procura entender quem consome e como consome o café, além de investir em divulgação dos cafés especiais, algumas perguntas ainda permanecem sem resposta: O que é um café de qualidade para o consumidor? O que ele gosta e o quanto gosta? Quem deve determinar o que é qualidade: quem produz ou quem compra?

Na pesquisa realizada pela ABIC os consumidores apontaram como indicadores de qualidade a pureza do café (sem adulterações), se é encorpado, possui aroma forte e sabor acentuado. Segundo provadores profissionais do setor cafeeiro, um café de qualidade - considerado um café especial - é aquele que possui aroma suave, sabor adocicado e pouco amargor. Isso exemplifica que *experts* e consumidores se valem de critérios e parâmetros diferentes para julgar a qualidade de um mesmo produto. Geralmente, alguns setores da indústria de alimentos e bebidas utilizam a definição de *experts* para padronizar a qualidade de um produto, sendo que esta padronização é altamente conflitante com a natural segmentação de mercado (STONE *et al*, 1991; LAWLESS, 1995).

Quando se fala em qualidade do café, devem ser considerados todos os elos da cadeia produtiva, desde a escolha da semente mais adequada até o grau de torração ideal e condições de extração ideais para se obter a melhor bebida.

De propriedades físicas a sensoriais, são muitos os parâmetros usados para se graduar a qualidade do café. Além disso, fatores extrínsecos do produto, como embalagem e até mesmo o preço, podem ser levados em conta pelo consumidor, ilustrando que “qualidade é um valor multidimensional” (LAWLESS, 1995).

Neste complexo contexto, um dos parâmetros mais significativos na indústria de alimentos para definir a qualidade (ou falta dela) de um produto é sua aceitação sensorial. Segundo MOSKOWITZ (1995), no âmbito da análise sensorial com consumidores, a qualidade pode ser associada à “aceitação geral” do produto, medida em testes afetivos. Estes testes são uma efetiva ferramenta ao suporte do desenvolvimento de produtos ou serviços e contribuem com valiosas informações para manutenção de um produto no mercado, para otimização de processos, para assessoria à área de marketing, entre outros (STONE & SIDEL, 1985; McFIE & THOMSON, 1994; MEILGAARD *et al.*, 1999). Testes afetivos quantitativos podem fornecer informações não só sobre a aceitação geral ou preferência de um produto, mas também sobre a aceitação e avaliação de determinados atributos (aroma, sabor, textura e aparência), fazendo uso de escalas hedônicas, de intensidade ou “escala do ideal” (*just right scale*).

Valendo-se desta preciosa ferramenta, este trabalho teve como objetivo principal avaliar a performance de *blends* de café arábica com café robusta, tanto para preparo em filtro, como para *espresso*. Este tema, ainda polêmico no setor, pode ser mais um exemplo da divergência de opinião entre quem produz e quem compra sobre qualidade de um produto, já comentado nos parágrafos anteriores.

O café robusta, predominantemente utilizado na indústria de café solúvel por apresentar maior teor de sólidos solúveis, sofre forte preconceito por parte dos setores de torrado e moído e *espresso*. No Brasil, o setor cafeeiro é altamente conservador e acredita fortemente que o café robusta apresenta uma intrínseca falta de qualidade, impossível de ser modificada. Por outro lado, a constante oscilação de preços na cafeicultura faz com que este café seja cada vez mais utilizado pelos torrefadores, em *blends* com arábica, com o principal intuito de redução de custos, uma vez que o robusta é mais barato que um arábica de média

qualidade. O problema é que esta utilização acontece sem qualquer respaldo tecnológico, muitas vezes prejudicando a qualidade final da bebida.

Alguns estudos já mostraram que o café robusta pode ser usado com o arábica sem afetar a qualidade sensorial da bebida. GARRUTI et al. (1975) analisando *blends* de arábica (bebida mole e dura) com robusta para aplicação na indústria de solúvel, constataram que a quantidade máxima de robusta que poderia ser incorporada à mistura, sem prejuízo sensorial, era de 35 a 40%. CRISTOVAM, et al. (2000), avaliando diversas amostras de café arábica e *blends* deste com robusta para café *espresso*, através de teste de aceitação com consumidores com resultados analisados por mapa de preferência, mostraram que a performance das amostras de *blends* foi semelhantes à de arábica 100%, sendo o grau de torração mais discriminante que o uso de robusta. Estudos também já mostraram que o uso de robusta 100% não é rejeitado por consumidores. McEWAN (1998), em um estudo multilaboratorial entre diversos países europeus constatou que uma amostra de Robusta da Indonésia, embora apresentasse a menor média de aceitação geral, foi a mais aceita por uma parte da população amostral: 36% dos poloneses e 24% dos ingleses. No Brasil, MENDES, et al. (2001) mostraram, em um estudo sobre otimização de torração, que uma amostra de café robusta no grau de torração otimizado apresentou média de aceitação maior que 6, ou seja, entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente.

Diante desses exemplos, acredita-se ser possível que o uso de Robusta em *blends* com Arábica (bebida dura) não prejudicará a qualidade sensorial da bebida até certa proporção, a qual se pretende determinar.

IV.2 – MATERIAL E MÉTODOS

IV.2.1 – Material

- Matéria-prima

- Café arábica (A), processado via seca, tipo 5, com classificação de bebida dura e 9,5% de umidade. Proveniente da Coopercitrus, Catanduva/SP, safra, 2000/2001.

- Café Robusta – Conilon – (RCD), processado via cereja descascado, tipo 5/6, classificado com leve/médio gosto de robusta e 11,1% de umidade. Proveniente da Cooabriel, São Gabriel da Palha/ES, safra 2000/2001

- *Equipamentos*

- Torrador de tambor rotativo, elétrico, de laboratório, Probat-Werke tipo PRE 1
- Moedor de facas, ROD-BEL S.A.
- Colorímetro, ColorQuest II/Hunter Lab
- Máquina de café *espresso* SAECO CE Royal Digital - tipo SUP 015 902
- demais equipamentos e materiais comuns de laboratório

IV.2.2 – Delineamento experimental para avaliação de *blends*

Foram formulados *blends* com os cafés arábica (A) e robusta (RCD) torrados no grau ótimo de torração (Capítulo III), tanto para bebida preparada em filtro (torrado e moído), como para café *espresso*.

Tabela IV.1: Concentrações, em porcentagem (%) de massa, dos cafés arábica (A) e robusta (RCD) para formulação de *blends*, para café torrado e moído e café *espresso*.

<i>cafés</i>	<i>% em massa</i>					
Arábica (A)	100	90	80	70	60	50
Robusta (RCD)	0	10	20	30	40	50

- Preparo das amostras

Os cafés arábica e robusta foram torrados separadamente de acordo com o grau ótimo de torração determinado no Capítulo III: L* do grão próximo à 37,00 (no Colorímetro ColorQuest II/Hunter Lab, usando-se padrão de calibração branco com C 6299 com x=77,46, y=82,08 e z=88,38, no sistema CIELAB L*a*b*, com 6 repetições.) e perda de peso durante a torração próxima à 15,0%. Tais resultados se mostraram adequados para ambos os cafés e também para os preparos torrado e moído (para bebida preparada em filtro) e para café *espresso*.

IV.2.3 – Análise Sensorial

Foram realizados testes de aceitação com consumidores (McFIE & THOMSON, 1994; MEILGAARD *et al.*, 1999; STONE & SIDEL, 1985), para os dois tipos de preparo da bebida:

- em filtro de papel tipo Melitta® sendo utilizados 80g do pó para 1000ml de água filtrada aquecida à, aproximadamente, 98°C, armazenados pó não mais que 30 min em garrafas térmicas pré-aquecidas.
- *espresso* preparadas conforme indicação de uso da máquina, sendo utilizados cerca de 7g de café para 25 ml de bebida preparada.

Primeiramente, realizou-se o teste com amostras das bebidas preparadas em filtro de papel e, algumas semanas depois, com as de *espresso*.

Participaram dos testes 54 consumidores para preparo em filtro e 68 consumidores para *espresso*, selecionados em função da frequência que consomem a bebida de café, sendo aceito um consumo mínimo de 1 xícara por dia. Os consumidores avaliaram as amostras segundo fichas mostradas nas Figuras IV.1 e IV.2, de acordo com o tipo de preparo. As amostras foram apresentadas de forma monádica e aleatória, em duas seções, em copos plásticos brancos de 50 ml, codificados com 3 dígitos, sendo avaliadas 3 amostras por seção.

Nome _____
Provedor n.º _____ sessão _____

Por favor, avalie o aroma do pó de café da amostra codificada e indique o quanto você gostou ou desgostou, utilizando a escala abaixo.

9 – gostei muitíssimo
8 – gostei muito
7 – gostei moderadamente
6 – gostei ligeiramente
5 – nem gostei nem desgostei amostra _____ valor _____
4 – desgostei ligeiramente
3 – desgostei moderadamente
2 – desgostei muito
1 – desgostei muitíssimo

Agora, prove a bebida e avalie, de forma geral, utilizando a escala acima, o quanto você gostou ou desgostou da amostra.
amostra _____ valor _____

Cheire a amostra, e indique o quanto você gostou ou desgostou do aroma da bebida.
valor _____

Prove novamente a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou do sabor da bebida.
valor _____

Utilizando a escala abaixo, indique o quão próximo do ideal encontra-se a intensidade do sabor.

4 – muitíssimo acima do ideal
3 – muito acima do ideal
2 – moderadamente acima do ideal
1 – ligeiramente acima do ideal
0 – ideal valor _____
-1 – ligeiramente abaixo do ideal
-2 – moderadamente abaixo do ideal
-3 – muito abaixo do ideal
-4 – muitíssimo abaixo do ideal

Se este produto estivesse à venda, você: _____

5 – certamente compraria
4 – provavelmente compraria
3 – talvez comprasse, talvez não comprasse
2 – provavelmente não compraria
1 – certamente não compraria

Figura IV.1: Ficha de avaliação sensorial, com consumidores, de bebida de café torrado e moído, preparada em filtro de papel.

Nome _____
Prorador nº. _____ sessão _____

Você está recebendo uma amostra codificada de café *espresso*. Por favor, avalie a aparência da espuma e indique o quanto você gostou ou desgostou da mesma, utilizando a escala abaixo.

9 – gostei muitíssimo
8 – gostei muito
7 – gostei moderadamente
6 – gostei ligeiramente
5 – nem gostei nem desgostei amostra _____ valor _____
4 – desgostei ligeiramente
3 – desgostei moderadamente
2 – desgostei muito
1 – desgostei muitíssimo

Agora, prove a bebida e avalie, de forma geral, utilizando a escala acima, o quanto você gostou ou desgostou da amostra.
amostra _____ valor _____

Cheire a amostra, e indique o quanto você gostou ou desgostou do aroma.
valor _____

Prove novamente a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou do sabor.
valor _____

Utilizando a escala abaixo, indique o quão próximo do ideal encontra-se a intensidade do sabor.

4 – muitíssimo acima do ideal
3 – muito acima do ideal
2 – moderadamente acima do ideal
1 – ligeiramente acima do ideal
0 – ideal valor _____
-1 – ligeiramente abaixo do ideal
-2 – moderadamente abaixo do ideal
-3 – muito abaixo do ideal
-4 – muitíssimo abaixo do ideal

Se este produto estivesse à venda, você: _____

5 – certamente compraria
4 – provavelmente compraria
3 – talvez comprasse, talvez não comprasse
2 – provavelmente não compraria
1 – certamente não compraria

Figura IV.2: Ficha de avaliação sensorial, com consumidores, de bebida de café *espresso*.

As amostras foram adoçadas pelos provadores conforme hábito individual de consumo, com açúcar ou adoçante. Os provadores também foram instruídos a adoçá-las de forma padronizada, ou seja, a mesma quantidade em todas as amostras.

Os resultados foram avaliados através ANOVA, teste de Tukey ($p \leq 0,05$), histogramas de distribuição e mapas de preferência, usando-se os softwares Statistica e SAS.

IV.2.4 – Análises complementares

- Umidade:

Pelo método 15.010-15.011 da A.O.A.C. (A.O.A.C., 1975) foram determinados o teor de umidade dos grãos dos cafés verdes (A e RCD) bem como dos cafés torrados e também dos *blends*. Para os cafés torrados e moídos, o teor de umidade foi determinado no Analisador de Umidade IV2000 – GEHAKA, sendo usado de 1,5 a 2,0g por amostra a 105°C por 4 min.

- pH:

As mesmas amostras usadas na análise de sólidos solúveis tiveram o pH medido no pHmetro digital Digimed DM-20 – Digicron Analítica Ltda.

- Sólidos Solúveis (para o café torrado e moído, preparado com filtro de papel) e Sólidos Totais (para café *espresso*):

Baseando-se no método 15.014 da A.O.A.C. (A.O.A.C.,1980), foi determinado a quantidade de sólidos solúveis das bebidas preparadas em filtro de papel e o teor de sólidos totais dos cafés *espresso*, das amostras de café arábica (A), café robusta (RCD) e também com os *blends*. Uma alíquota de 25 ml de cada amostra teve a água evaporada em banho-maria, sendo posteriormente deixadas em estufa à 105°C até atingir peso constante. O °Brix de cada amostra também foi medido. Foi medido o volume aproximado da bebida em béqueres de 50ml.

Todas as análises foram realizadas em triplicada sendo os resultados analisados por ANOVA e teste de média de Tukey.

IV.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Antes da avaliação das amostras, tanto de bebida preparada em filtro como para o café *espresso*, os provadores responderam um breve questionário sobre hábitos de consumo. Resumidamente, pode-se dizer que a maioria dos consumidores foram mulheres, entre 26 e 35 anos, que consomem mais de duas xícaras de café ao dia, adoçando preferivelmente com açúcar. O consumo acontece na maioria das vezes em casa e no trabalho (na faculdade), preparado com filtro de papel, embora o café *espresso* também tenha sido citado por mais de 50% dos provadores. Os momentos nos quais costumam consumir o café são no “café da manhã”, após o almoço e em intervalos de descanso durante o trabalho. Os resultados de hábitos de consumo estão bastante coerentes aos apresentados nas pesquisas anuais realizadas pela ABIC (ABIC, 2005).

IV.3.1 – Resultados do Teste de Aceitação com consumidores:

IV.3.1.1 – De café torrado e moído, com bebida preparada com filtro de papel

Os resultados obtidos para cada amostra, em cada um dos atributos questionados encontram-se distribuídos nos histogramas apresentados nas Figuras IV.3, IV.4, IV.5, IV.6, IV.7 e IV.8.

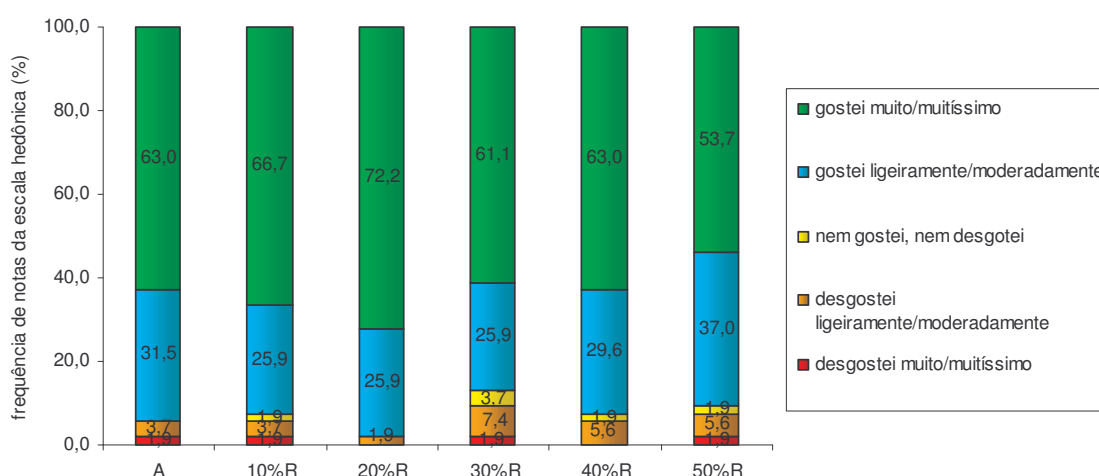


Figura IV.3: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Aroma do pó** de café, em teste sensorial com consumidores, para café torrado e moído. (A = arábica; R = robusta)

A distribuição das notas para o aroma do pó (Figura IV.3) de café foi semelhante para todas as amostras. Em torno de 90% das notas foram positivas, ou seja, iguais ou acima de 6 (gostei ligeiramente), sendo que as amostras com 20%R e 10%R obtiveram o maior número de notas 8 (gostei muito) e 9 (gostei muitíssimo), e a amostra 50%R teve a menor porcentagem dessas notas.

Com relação à aceitação geral (Figura IV.4), todas as amostras obtiveram mais de 62% de notas maior ou igual a 6, com a maior porcentagem concentrada na nota 7 (gostei moderadamente). As amostras com maior número de notas igual ou acima de 7 foram 10%R, 20%R e 40%R, enquanto que 50%R obteve a maior porcentagem de notas que indicavam que o provador desgostou da amostra (abaixo de 5): 31,5%.

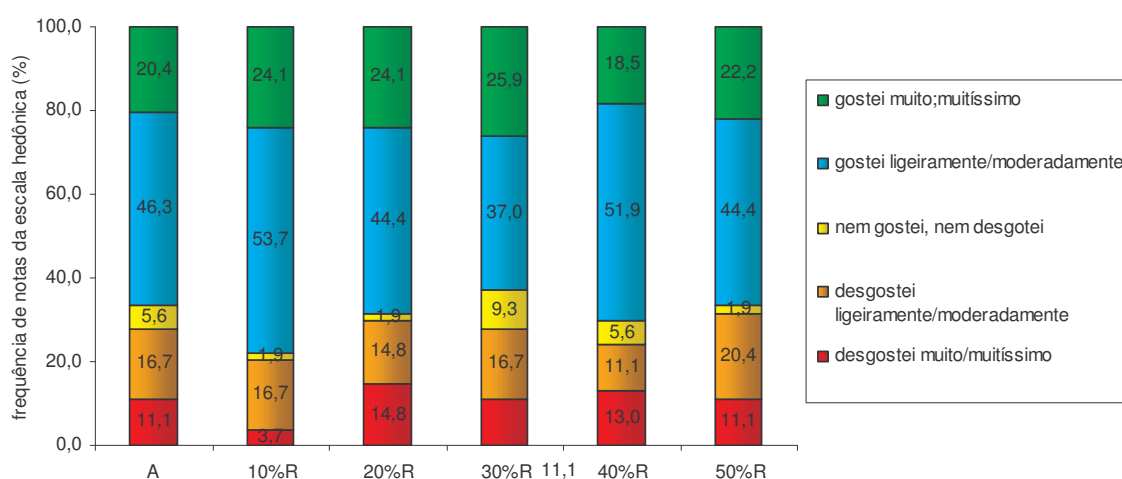


Figura IV.4: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Aceitação Geral** de café, em teste sensorial com consumidores, para bebida de café torrado e moído preparada em filtro de papel. (A = arábica, R = robusta)

O aroma da bebida (Figura IV.5) de todas as amostras foi apreciado com mais de 62% de notas igual ou acima de 6, tendo as amostras 10%R e 20%R recebido o maior número de notas 8 e 9. Mais uma vez, a amostra 50%R apresentou a maior quantidade de notas abaixo de 5: 25,93%.

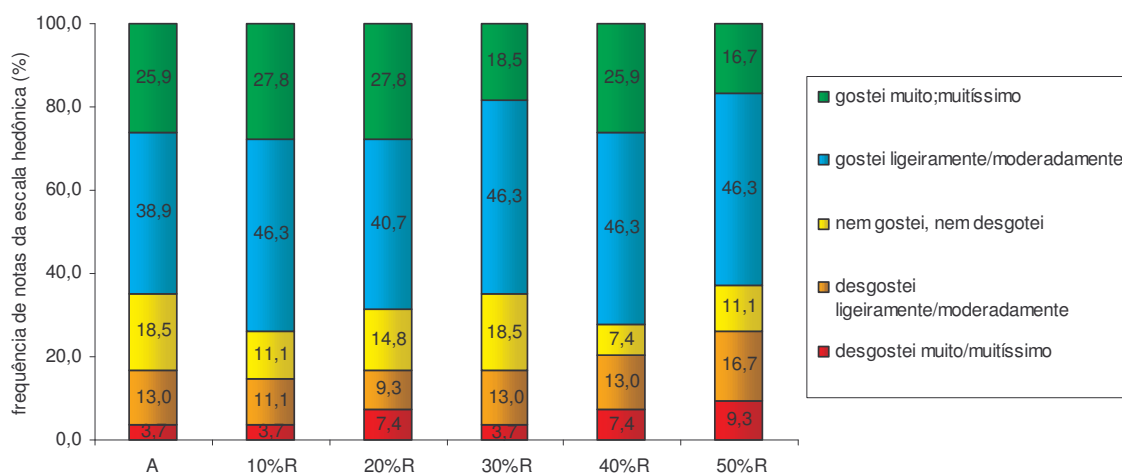


Figura IV.5: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Aroma** de café, em teste sensorial com consumidores, para bebida de café torrado e moído preparada em filtro de papel. (A = arábica, R = robusta)

Para o sabor da bebida (Figura IV.6), as notas maiores ou iguais a 6 ficaram em torno de 60%. De forma semelhante aos resultados para avaliação do aroma da bebida, as amostras 10%R e 20%R também tiveram a maior porcentagem de notas 8 e 9. A maior porcentagem de notas negativas, 37%, ficou com a amostra 50%R.

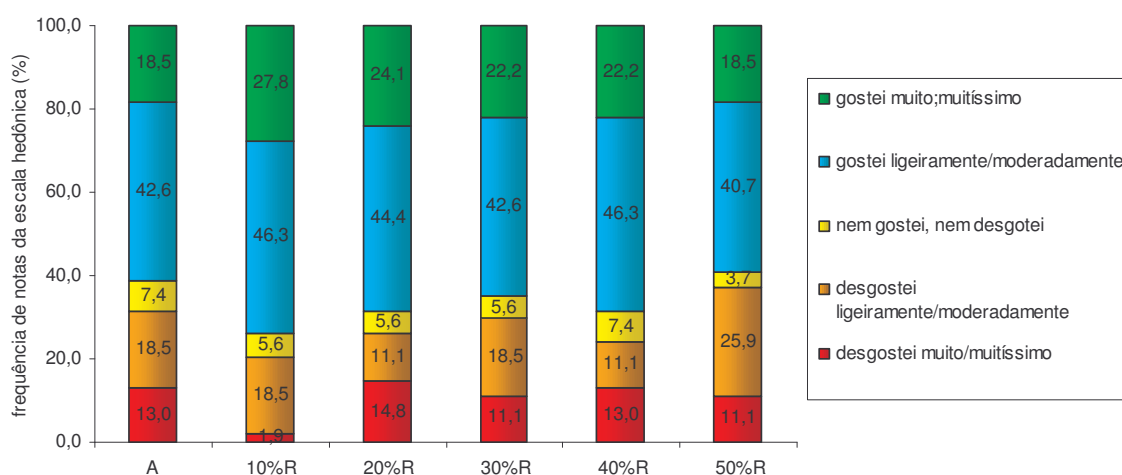


Figura IV.6: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Sabor** de café, em teste sensorial com consumidores, para bebida de café torrado e moído preparada em filtro de papel. (A = arábica, R = robusta)

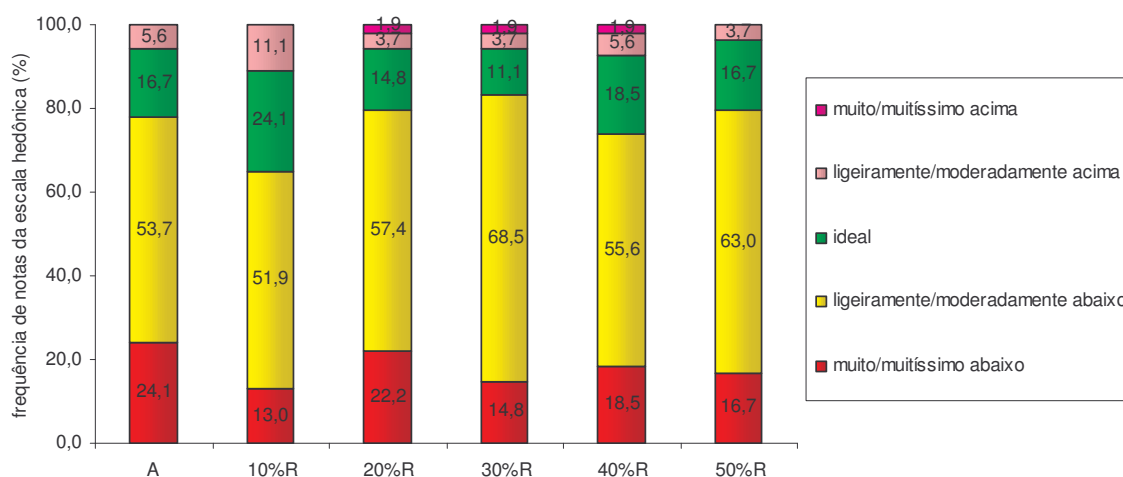


Figura IV.7: Histogramas da distribuição das porcentagens das notas da escala do ideal, para a **Intensidade do Sabor** da bebida preparada com café - torrado e moído - em filtro de papel, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

De um modo geral, a intensidade do sabor das amostras (Figura IV.7) foi considerado fraca, mas, de acordo com os comentários que alguns provadores fizeram na ficha de avaliação, este resultado estaria mais relacionado a quantidade de pó de café utilizada para o preparado da bebida (80g para 1L de água) que em relação a porcentagem de robusta no *blend*. Os resultados mostram, por exemplo, que a amostra com 100% de arábica teve maior porcentagem de notas indicando abaixo da intensidade ideal que as amostras com 40%R e 10%R. Esta última, teve a maior número de notas considerado-a de intensidade ideal.

Quando questionados sobre intenção de compra (Figura IV.8), as notas dadas pelos consumidores apontaram as amostras 40%R, 10%R e 20%R com maior número de intenções afirmativas de compra, respectivamente: 44,44%, 42,59% e 40,74%. A amostra com maior citação de não intenção de compra foi a 50%R com 42,59%.

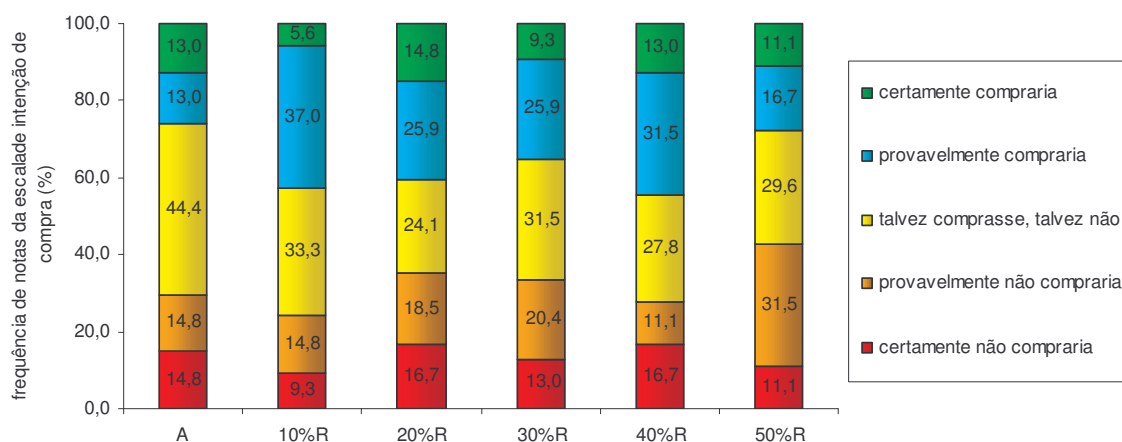


Figura IV.8: Histogramas da distribuição das porcentagens das notas da **escala de intenção de compra** para café torrado e moído, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Os resultados mostrados nos histogramas não podem ser considerados estatisticamente conclusivos, porém nota-se uma clara tendência de maior aceitação das amostras 10%R, 20%R e 40%R. Continuando a apurar as respostas, as notas dadas para apreciação do aroma do pó, aceitação geral, aroma e sabor da bebida foram submetidas a ANOVA e os resultados estão mostrados na Tabela IV.2:

Tabela IV.2: Médias das notas da análise sensorial com consumidores de café, para café torrado e moído e bebida preparado em filtro de papel.

Amostras*	Aroma do pó	Geral	Aroma	Sabor
100%A	7,50 ^{ab}	5,80 ^a	6,04 ^a	5,56 ^a
10%R	7,44 ^{ab}	6,20 ^a	6,28 ^a	6,19 ^a
20%R	7,85 ^a	5,74 ^a	6,11 ^a	5,83 ^a
30%R	7,35 ^{ab}	5,87 ^a	6,02 ^a	5,83 ^a
40%R	7,50 ^{ab}	5,93 ^a	6,13 ^a	5,85 ^a
50%R	7,22 ^b	5,76 ^a	5,76 ^a	5,50 ^a

- Médias com letras iguais numa mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre as amostra ao nível de 5%. Notas maiores em vermelho, notas menores em azul.

A ANOVA mostra haver diferença significativa somente entre as amostras 20%R e 50%R com relação à apreciação do aroma do pó de café. Para os demais

atributos, não há diferença significativa ($p \leq 0,05$) na apreciação dos consumidores consultados.

A falta de diferença na apreciação das amostras poderia ser em função da grande variabilidade das notas, o que normalmente ocorre neste tipo de teste. Para confirmar e ilustrar os resultados da ANOVA foram construídos os mapas de preferência internos para aceitação geral das amostras:

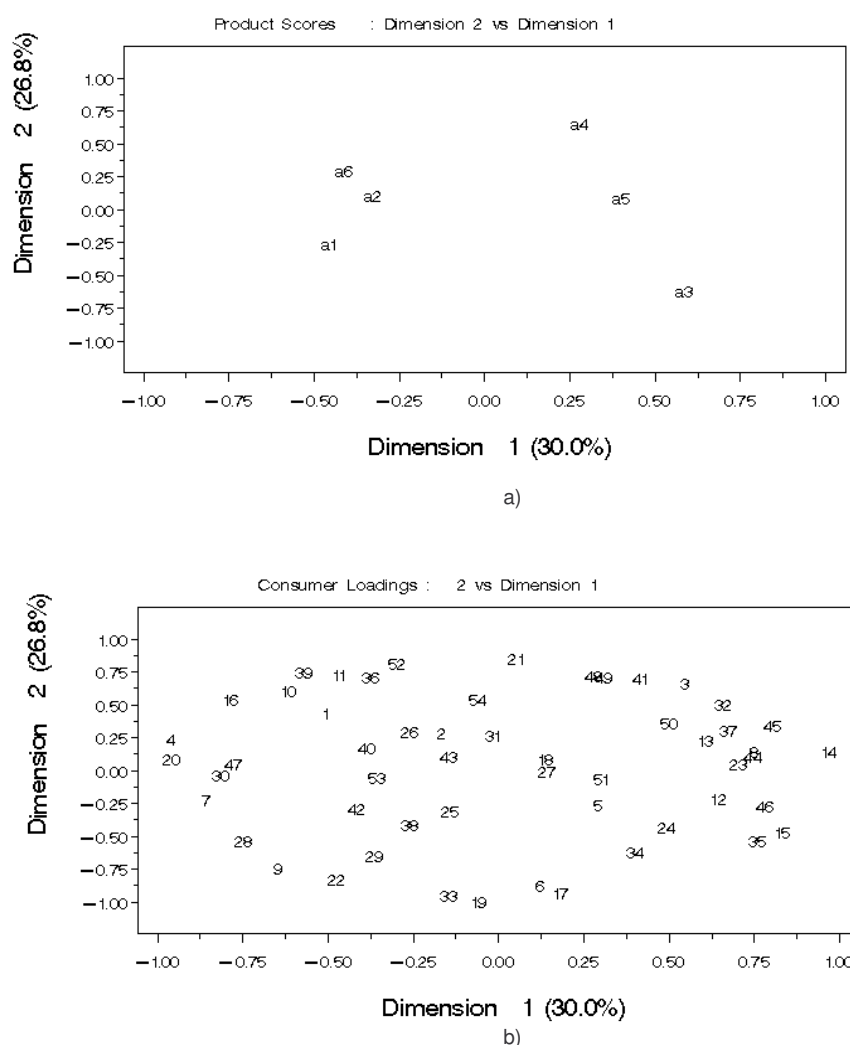


Figura IV.9: Mapas internos de preferência para avaliação da aceitação geral a) em relação às amostras e b) em relação aos consumidores. (a1=100%A, a2=10%R, a3=20%R, a4=30%R, a5=40%R e a6=50%R)

Os mapas alocam amostras e provadores num espaço geométrico, assim como na análise de componentes principais. Amostras próximas apresentam

maior semelhança com relação ao atributo em questão, assim como provadores se alocam preferencialmente na região da amostra ao qual deram maior nota. (MOSKOWITZ, 1994). Os mapas da Figura IV.9 explicam 56,8% da variação ocorrida na aceitação das amostras e mostram que os consumidores consultados estão distribuídos de forma homogênea entre elas, não havendo formação de grupos preferenciais, ou seja, não houve tendência de maior aceitação por determinada amostra ou grupo de amostras.

De um modo geral, embora as respostas da análise sensorial representadas nos histogramas tenham indicado que os *blends* 10%R e 20%R obtiveram a maior porcentagens de notas altas (8 e 9) da escala hedônica, enquanto 50%R obteve a menor, a análise estatística dos resultados mostrou não haver diferença significativa na apreciação das amostras por parte dos consumidores consultados.

Tal resultado sugere que, dependendo do público alvo, maior ou menor quantidade de robusta pode ser usada em *blends* com café arábica sem o comprometimento da qualidade da bebida, esperada pelo consumidor. É necessário sempre salientar que só não haverá perda de qualidade no produto final se o café verde usado for de boa qualidade e o grau de torração for adequado.

IV.3.1.2 – De café espresso

A primeira avaliação de um café *espresso* se dá em sua espuma que, além de preservar particularidades do aroma, é a primeira a poder revelar desde as características da matéria-prima utilizada no preparo da bebida até as condições de extração. Seguindo esta ordem natural de avaliação, as notas para apreciação da aparência da espuma (Figura IV.10) distribuíram-se de forma semelhante entre todas as amostras, com notas de caráter positivo (acima de 6) em torno de 80% das respostas, havendo predominância da nota 8 (gostei muito). A amostra 10%R obteve a maior porcentagem de notas acima de 6 (83,82%), enquanto que a amostra 40%R e 50%R obtiveram as maiores porcentagens de notas 8 e 9: 55,88% e 51,47%, respectivamente.

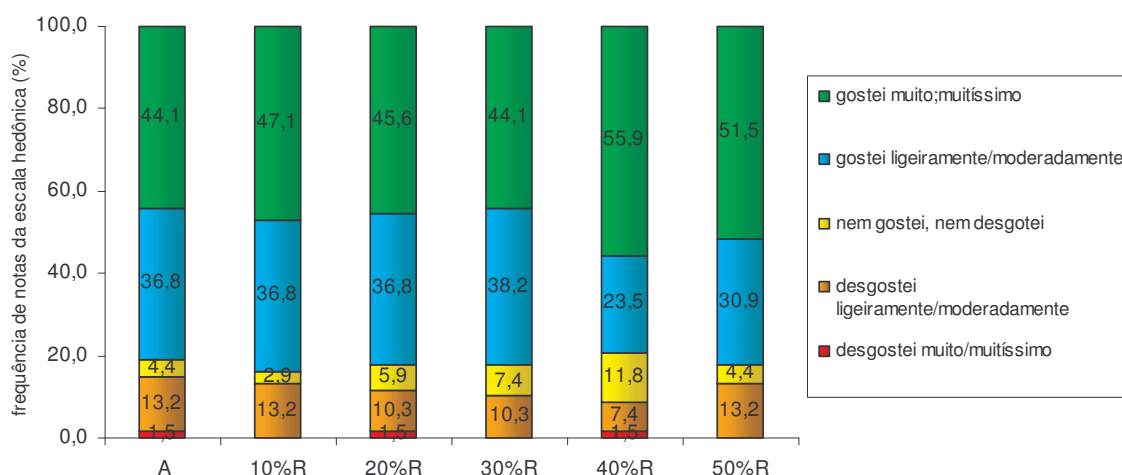


Figura IV.10: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Aparência da Espuma** de café *espresso*, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Mais de 75% das respostas de aceitação geral, para todas as amostras, indicaram que os provadores gostaram das mesmas (Figura IV.11). A amostra 10%R recebeu não só a maior porcentagem das notas positivas como também obteve a maior porcentagem de notas 8 e 9.

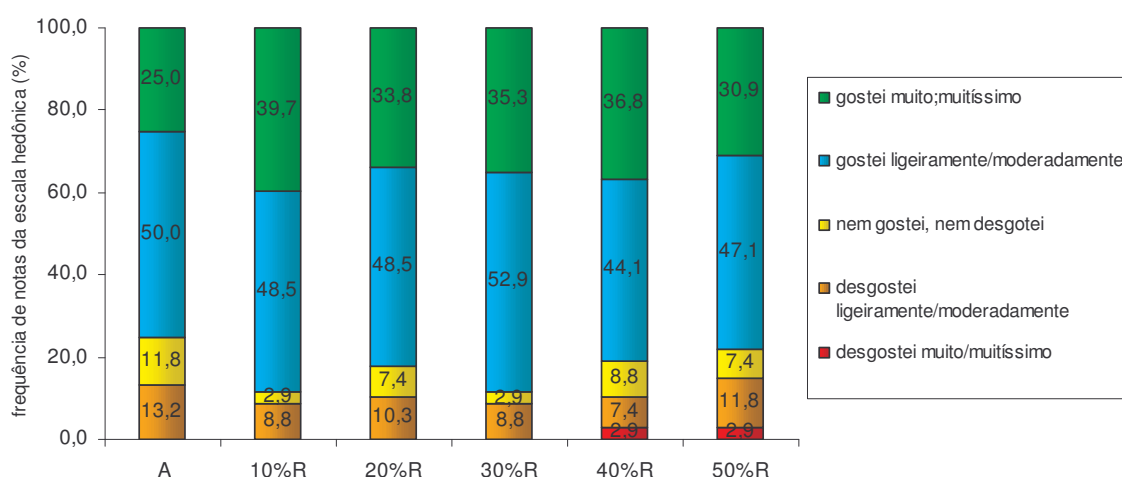


Figura IV.11: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para **Aceitação Geral** de amostras de café *espresso*, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Quanto ao aroma da bebida (Figura IV.12), a amostra 30%R obteve a maior quantidade de notas acima de 6 - 92,65% - enquanto a 100%A obteve a menor, 77,94. Mais uma vez, a amostra 10%R teve o maior número de notas 8 e 9.

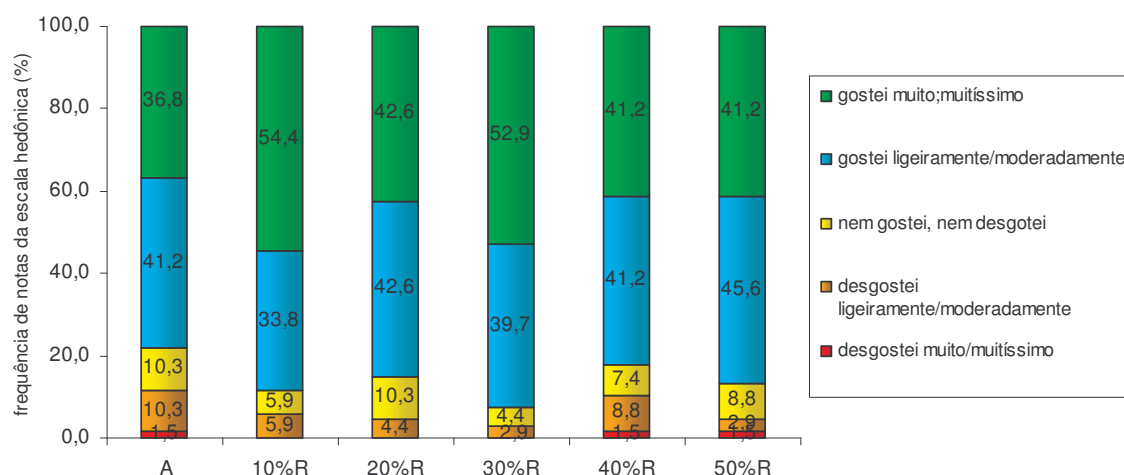


Figura IV.12: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para avaliação do **Aroma** de amostras de café *espresso*, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Para o sabor (Figura IV.13), em todas as amostras, as notas acima de 6 foram mais de 72% do total. As amostras 10%R, 30%R e 40%R tiveram a maior porcentagem de notas de apreciação positiva (83,82%, 86,76% e 85,29%, respectivamente) e notas 8 e 9.

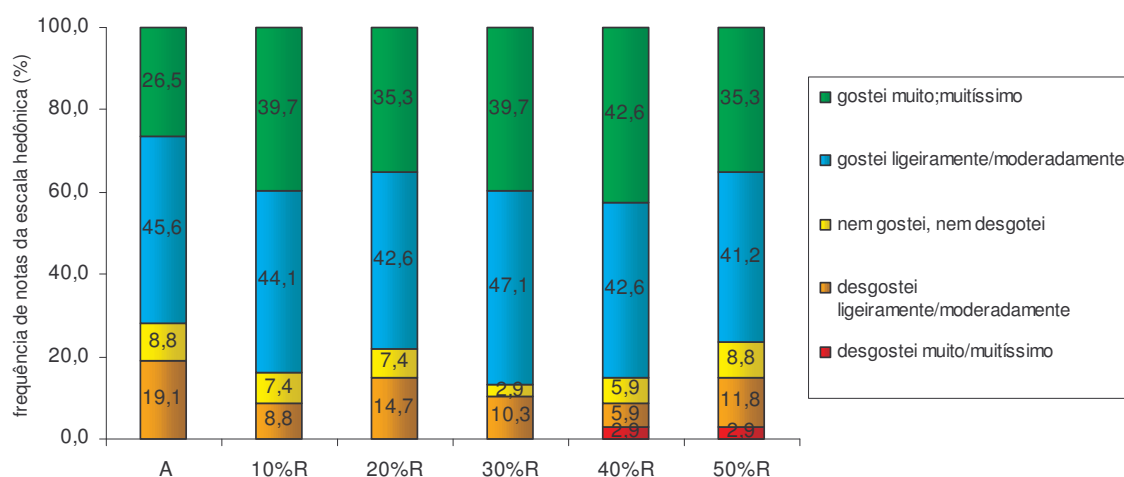


Figura IV.13: Histograma da distribuição das porcentagens das notas da escala hedônica, para avaliação do **Sabor** de amostras de café *espresso*, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Quanto à intensidade do sabor (Figura IV.14), a maioria das respostas – 81,71% para 40%R e 66,18% para 50%R – para todas as amostras ficaram entre “ligeiramente abaixo do ideal” e “ligeiramente acima do ideal”. A amostra com maior porcentagem de notas no ponto ideal foi a 40%R.

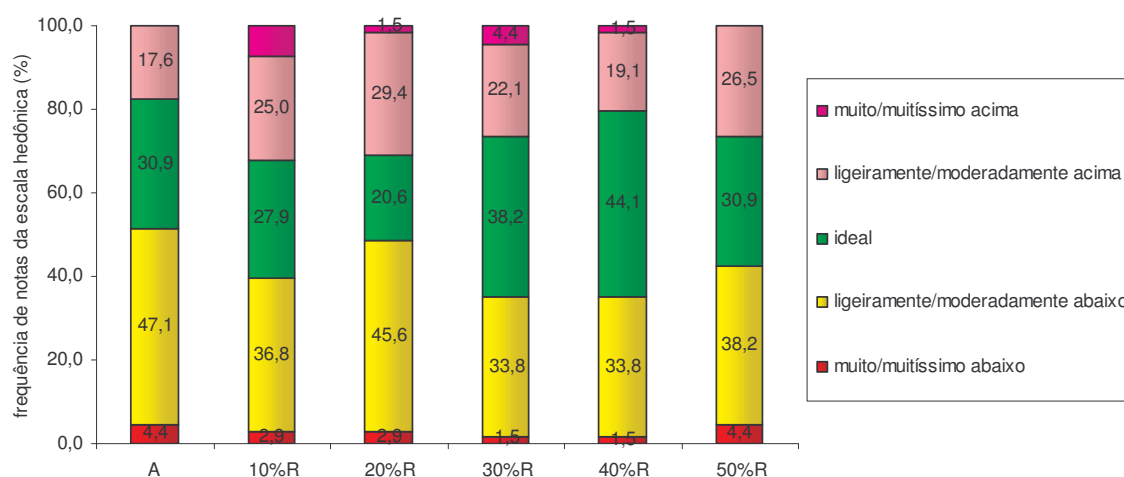


Figura IV.14: Histogramas da distribuição das porcentagens das notas da escala do ideal, para a **Intensidade do Sabor** de amostras de café *espresso*, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

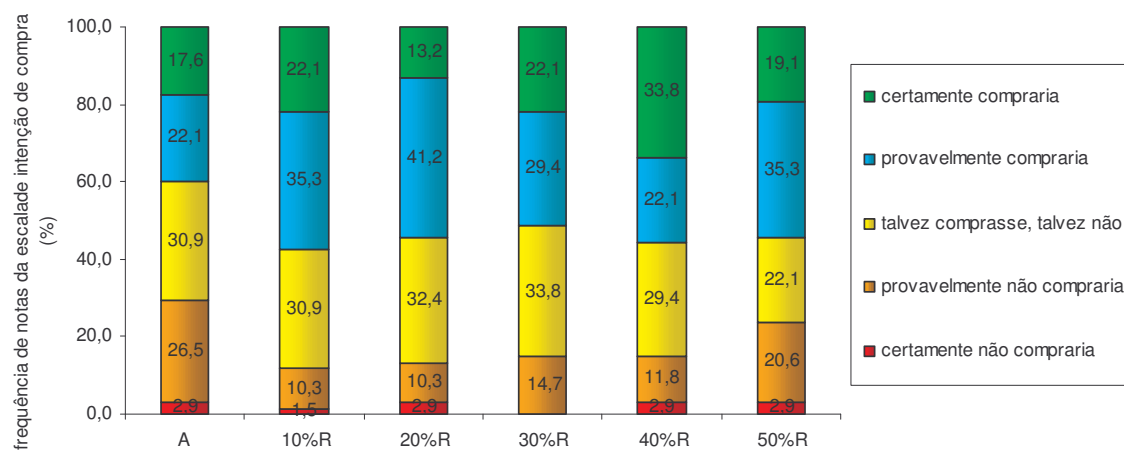


Figura IV.15: Histogramas da distribuição das porcentagens das notas da **escala de intenção de compra** para café torrado e moído, em teste sensorial com consumidores. (A = arábica, R = robusta)

Mais de 50% das respostas para todos os *blends* foram de intenção positiva de compra, ou seja, "possivelmente compraria" e "certamente compraria". A amostra com maior porcentagem dessas notas – 57,35% – foi a 10%R, embora a maior porcentagem de notas 5 tenha ocorrido para a amostra 40%R.

As respostas apresentadas nos histogramas não apontam uma amostra mais aceita que as demais e tampouco, um comportamento relacionado a adição de robusta nos *blends*.

Dando continuidade à análise, os resultados da ANOVA e Teste de Tukey para apreciação da espuma, aceitação geral, aroma e sabor da bebida, estão resumidos na Tabela IV.3. Vale lembrar que o tratamento estatístico só é possível para respostas da escala hedônica.

Tabela IV.3: Médias das notas da análise sensorial com consumidores de café, para café *espresso*.

Amostras*	<i>Espuma</i>	<i>Global</i>	<i>Aroma</i>	<i>Sabor</i>
100%A	6,74 ^a	6,37 ^a	6,66 ^b	6,37 ^a
10%R	6,94 ^a	6,88 ^a	7,21 ^{ab}	6,79 ^a
20%R	6,81 ^a	6,71 ^a	6,97 ^{ab}	6,65 ^a
30%R	6,99 ^a	6,87 ^a	7,31 ^a	6,82 ^a
40%R	7,06 ^a	6,79 ^a	6,79 ^{ab}	6,93 ^a
50%R	7,09 ^a	6,53 ^a	6,91 ^{ab}	6,56 ^a

- Médias com letras iguais numa mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre as amostras ao nível de 5%.

- Maiores notas em vermelho, menores notas em azul.

Da mesma forma como ocorreu na análise sensorial com consumidores para café torrado e moído, a ANOVA mostrou não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) na apreciação por parte dos consumidores consultados para a maioria dos atributos questionados. Houve diferença significativa somente entre as amostras 30%R e 100%A com relação a apreciação do aroma da bebida.

Para checar as respostas de forma mais ilustrativa, foi construído mapa de preferência interno para aceitação geral das amostras (Figura IV.16). O mapa explica 52,70% da variação que ocorreu na apreciação das amostras, sendo possível observar a distribuição homogênea dos provadores entre as amostras, sem qualquer formação de grupos preferenciais. Esse resultado reforça que não

houve diferença estatisticamente significativa com relação à apreciação das amostras por parte dos consumidores consultados.

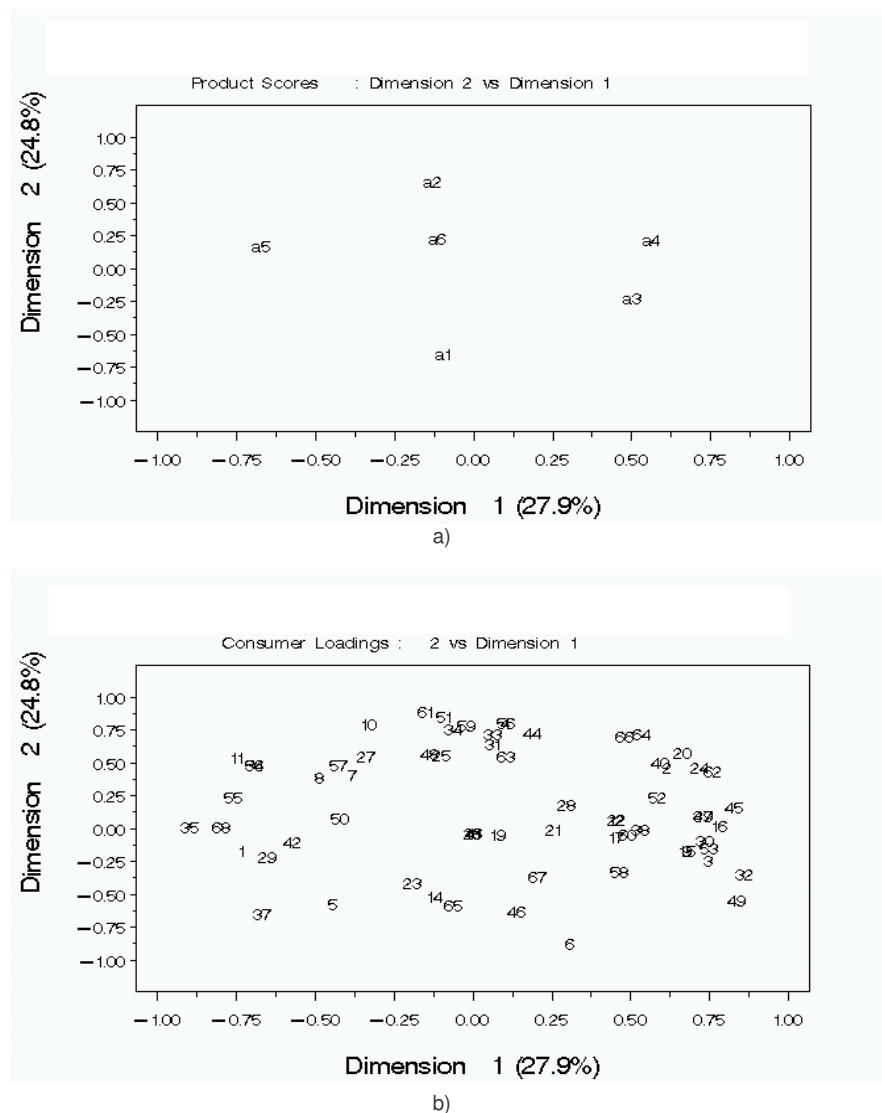


Figura IV.16: Mapa de preferência interno para avaliação da aceitação geral das amostras de café *espresso* a) em relação às amostras e b) em relação aos consumidores.

Assim como ocorreu com o café torrado e moído, os resultados do teste de aceitação com consumidores para café *espresso* também mostraram a viabilidade do uso do café robusta nesse setor sem perda de qualidade do produto final, sempre enfatizando a importância de se trabalhar com matéria-prima de qualidade e adequado grau de torração.

Outros estudos com café *espresso* já mostraram a falta de diferença sensorial significativa entre café arábica e *blends* de arábica com robusta. MAEZTU *et al.*, 2001 comparou um café arábica puro, proveniente da Colômbia, com um *blend* de 80% robusta e 20% arábica. Os resultados da análise sensorial descritiva não mostraram diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$) para intensidade do aroma nem do sabor. Dentre outros resultados de diversas análises, apenas foi possível estabelecer a quantidade de espuma da bebida como fator discriminante entre as amostras, tendo o *blend* de robusta apresentado a maior quantidade.

Em um outro estudo (CRISTOVAM, *et al.*, 2000) com consumidores avaliando 6 amostras de café *espresso* (2 de arábica e 1 *blend* com robusta, as três com torração clara-média e outros 2 *blends* e 1 arábica, todas com torração escura) os resultados apresentados em mapas de preferência indicaram que a diferenciação entre as amostras ocorria predominantemente em função do grau de torração e não da presença de robusta no *blend*.

IV.3.2 – Análises Complementares:

IV.3.2.1 – De café torrado e moído, com bebida preparada com filtro de papel

Tabela IV.4: Resultados das determinações de umidade do pó, pH, sólidos solúveis e °Brix das bebidas de café torrado e moído, preparadas em filtro de papel.

amostras		umidade pó (%)		pH		ss (mg/ ml)		° Brix	
A *	R	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp
100	0	1,97 ^a	0,06	5,68 ^a	0,01	14,56 ^a	0,86	2,57 ^a	0,12
90	10	1,90 ^a	0,00	5,72 ^a	0,04	14,13 ^a	0,97	2,60 ^a	0,17
80	20	1,90 ^a	0,10	5,71 ^a	0,03	14,41 ^a	0,87	2,47 ^a	0,06
70	30	1,83 ^a	0,06	5,71 ^a	0,03	14,62 ^a	0,53	2,60 ^a	0,17
60	40	1,83 ^a	0,12	5,69 ^a	0,02	13,83 ^a	0,43	2,27 ^a	0,03
50	50	1,77 ^a	0,06	5,74 ^a	0,03	13,64 ^a	0,16	2,40 ^a	0,00
0	100	2,03 ^a	0,06	5,70 ^a	0,07	14,05 ^a	0,73	2,60 ^a	0,26

* A – arábica, R – robusta.

Médias com letras iguais numa mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5%.

Maiores médias em vermelho, menores médias em azul.

A ANOVA dos resultados das análises complementares (Tabela IV.4) indicam que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras em nenhuma das determinações realizadas.

A média dos valores de teor de umidade ficou dentro dos resultados previstos na literatura de 1% a 3% (CLIFFORD, 1975; JANSEN & LANGE, 2001) e a falta de diferença estatisticamente significativa entre as amostras se deve ao fato de ambos os cafés terem grau de torração bastante próximos (L^* entre 37,0 e 38,0).

Revisões apresentadas por CLIFFORD, 1985 e CLARKE, 1986 apontam faixa de valor de pH de 4,90 a 5,20 para arábicas e 5,00 e 5,80 para robustas. Porém, há que se levar em conta o tipo de preparo dos grãos e o grau de torração. Cafés processados via úmida ou via cereja descascado têm pH menor que os processados via seca. Quanto à torração, quanto mais torrado o café, maior seu pH, devido a perda principalmente de ácidos voláteis. Neste estudo, em se tratando de um café arábica de terreiro (processado por via seca) e um robusta cereja descascado, ambos com grau de torração bastante próximos, os resultados das medições de pH não apresentaram diferença significativa entre as amostras. Vale ressaltar que o café arábica 100% teve uma média de pH um pouco acima da apresentada na literatura e esta é uma das principais características do café arábica brasileiro: um café pouco ácido.

Quanto aos sólidos solúveis os resultados não mostraram diferença significativa entre as amostras, embora fosse esperado que o aumento da quantidade de robusta no *blend* aumentasse a quantidade de sólidos solúveis da bebida, como mostrou MENDES & MENEZES (2001), usando metodologia da AOAC. Porém, os resultados aqui apresentados se referem à quantidade de sólidos solúveis presentes na bebida assim como ela é preparada para consumo. Uma hipótese para a diferença de resultados poderia ser que alguns compostos do café robusta se solubilizam com água à temperatura maior do que a usada para o preparo do café. No método da AOAC a amostra fica alguns minutos em água em ebulição, assim maior quantidade de sólidos é extraída se comparada

com o que é extraído quando o café é filtrado durante o preparo da bebida com a temperatura da água abaixo de 100°C.

O °Brix foi medido com o intuito de se estabelecer uma correlação com os sólidos solúveis da bebida, porém os resultados mostraram que não houve correlação significativa, ficando esta em torno de 41%.

IV.3.2.2 – De café espresso

Os resultados das análises complementares para as amostras de café espresso encontram-se a Tabela IV.5:

Tabela IV.5: Resultados das determinações de umidade do grão (u%), pH, sólidos totais (st), °Brix e volume (somente do líquido, sem levarem conta a espuma) das bebidas de café *espresso*.

amostras		u%		pH		st (mg/ml)		°Brix		V (ml)	
A *(%)	R	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp
100	0	0,84 ^a	0,09	5,59 ^a	0,08	55,07 ^b	1,04	6,67 ^b	1,04	26,7 ^a	1,50
90	10	1,01 ^a	0,04	5,55 ^a	0,05	63,26 ^{ab}	3,68	8,17 ^a	0,29	22,3 ^b	0,58
80	20	1,05 ^a	0,13	5,44 ^a	0,04	60,65 ^{ab}	4,46	8,23 ^a	0,06	22,0 ^b	1,73
70	30	1,00 ^a	0,04	5,44 ^a	0,01	62,92 ^{ab}	1,58	8,10 ^a	0,10	20,7 ^b	0,00
60	40	1,03 ^a	0,25	5,47 ^a	0,02	61,68 ^{ab}	2,04	8,07 ^a	0,06	20,0 ^b	1,15
50	50	1,07 ^a	0,30	5,44 ^a	0,02	64,62 ^a	2,60	8,37 ^a	0,23	19,7 ^b	0,58
0	100	0,89 ^a	0,23	5,47 ^a	0,02	69,17 ^a	5,08	8,43 ^a	0,06	19,7 ^b	0,58

* A – arábica, Robusta = robusta.

Médias com letras iguais numa mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5%.

Maiores médias em vermelho, menores médias em azul.

O baixo teor de umidade, especialmente dos cafés 100% se deve especialmente às amostras terem sido separadas para análise imediatamente após a torração. As demais amostras, enquanto os cafés eram misturados nas devidas proporções, absorveram um pouco mais de umidade do ambiente. No entanto, não houve diferença significativa ($\alpha \leq 0,05$) entre as amostras.

O pH das bebidas preparadas com as diferentes amostras, que não variou de forma estatisticamente significativa, mostrou concordância com resultados

encontrados na literatura: de 5,20 a 5,80 (ILLY & VIANI, 1998); de 5,30 a 5,70 (SEVERINI, *et al*, 1999).

Os resultados da ANOVA para quantidade de sólidos totais e °Brix acusaram diferença significativa entre a amostra com 100% arábica e a amostra com 100% robusta, sugerindo um aumento na quantidade de sólidos totais com o aumento da porcentagem de robusta no *blend*. De fato o que aconteceu foi a diminuição do volume de bebida extraída à medida em que se aumentou a porcentagem de robusta. O coeficiente de correlação entre sólidos totais e volume da bebida foi de 85%, entre °Brix e volume, de 94% e entre sólidos totais e °Brix foi de 86%. A quantidade de sólidos totais encontrada nas amostras estudadas está um pouco acima de valores estabelecidos na literatura: de 20 mg/ml a 60 mg/ml (ILLY & VIANI, 1998). Uma hipótese para a maior retenção de água pela borra de café com maior quantidade de robusta pode estar relacionada a estrutura da partícula do pó deste café. Seria necessário uma investigação sobre a estrutura dos grãos dos café estudados e as influências da estrutura durante a extração da bebida.

IV.4 – CONCLUSÕES

A análise sensorial com consumidores de café mostrou não haver diferença significativa na apreciação das amostras por parte dos consumidores, ao nível de 5%, tanto para o café torrado e moído preparado em filtro de papel como também para o café *espresso*. Este resultado mostra a viabilidade do uso do café robusta em ambos os setores, em oposição ao preconceito que existe por parte de alguns produtores, torrefadores e *experts*, que julgam não ser possível aliar café robusta a uma bebida de qualidade. Faz-se necessário insistir na importância dos consumidores, cuja opinião sobre o que é qualidade muitas vezes conflita com o conceito enraizado na idéia de quem produz (STONE *et al*, 1991). A adição ou não de robusta, e a quantidade a ser adicionada, deve ser escolhida em função do público alvo, ou seja, em função do que o consumidor espera do produto em questão. Também é necessário reforçar que não haverá perda sensorial no

produto final somente se o café verde usado for de boa qualidade. É preciso ter em mente que a aceitação de um produto é avaliada em função de suas características sensoriais e de suas propriedades extrínsecas, como preço, por exemplo (SLOOF, *et al*, 1996) e sendo o café robusta de qualidade mais barato que o arábica de qualidade, os *blends* seriam uma opção para redução do custo da matéria-prima.

Com relação às análises complementares, não houve diferença significativa em nenhuma das determinações para a bebida preparada em filtro de papel e para a umidade dos grãos e pH das amostras de café *espresso*. Tais resultados complementam e fornecem suporte para os resultados sensoriais.

Houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre as amostras de café *espresso* no que se refere a quantidade de sólidos totais, °Brix e volume de líquido extraído, sugerindo um aumento da quantidade de sólidos totais e do °Brix e a diminuição do volume do líquido com o aumento da quantidade de robusta no *blend*. Uma hipótese levantada para este resultado seria a relação entre a estrutura das partículas de café robusta com o modo de extração da bebida, causando maior retenção de água na borra.

IV.5 – BIBLIOGRAFIA

- ABIC, Associação Brasileira das Indústrias de Café. <http://www.abic.com.br> acesso em 04/2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official analysis os the A.O.A.C. **A.O.A.C.**, Washington D.C., U.S.A. 13th ed. 1975.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official analysis os the A.O.A.C. **A.O.A.C.**, Washington D.C., U.S.A. 13th ed. 1980.
- CLARKE, R. J. The flavor of coffee. In: MORTON, I.D. & MACLEOD, A.J. **Food Flavours**: Part B. The flavours of beverages. Amsterdan : Ed. Elsevier Science Publ., 1986. cap1.
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans.[Part I] **Process Biochemistry**, 10, 2, 20-29, march, 1975.

- _____. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K. **Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. London & Sydney: CROOM HELM, 1985. cap 13.
- CRISTOVAM, E.; RUSSELL, C.; PATERSON, A.; EWAN, R. Gender preference in hedonic ratings for espresso and espresso-milk coffees. **Food Quality and Preference**, Elsevier, Bristol/UK, 11, 437-444, 2000.
- GARRUTI, R. S.; CARVALHO, A.; TOSELLO, Y. Qualidade da bebida em “blends” de cafés Arábica e Robusta. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 27 (7), 482, 1975.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee – The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd. 1998.
- JANSEN, G. A. & LANGE, S. Weight Loss in Coffee Processing. **ASIC**, Association Scientifique Internationale du Café, 19^{ème} Colloque, Trieste/It, cd-rom, 2001.
- LAWLESS, H. Dimensions of Sensory Quality: a Critique. **Food Quality and Preference**, Elsevier, Bristol/UK, 6., 191-199, 1995.
- MAEZTU, L.; ANDUEZA, S.; IBÁÑEZ, C.; PEÑA M. P. de; CID, C. Differentiation of Arabica and Robusta Coffee Cup by Physico-chemical and Sensory Parameters and Multivariate Analysis. **ASIC**, Association Scientifique Internationale du Café, 19^{ème} Colloque, Trieste/It, cd-rom, 2001.
- McFIE, H. J. H. & THOMSON, D. M. H. **Measurement of Food Preferences**. Chapman & Hall, London, UK. 300p, 1994.
- McEWAN, J. A. Harmonize sensory evaluation internationally. **Food Technology**, v52, no. 4, 52-56, 1998.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3rd, Florida/USA: CRC Press, 1999.
- MENDES, L. C. & MENEZES, H. C. de. **A study of the formulation of blends from Arabica and Robusta Coffees**. ASIC, Association Scientifique Internationale du Café, 19^{ème} Colloque, Trieste/It, cd-rom, 2001.

- ____ MENEZES, H. C. de; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* Conilon) using acceptability tests and RSM. Food Quality and Preferences, Elsevier, Bristol, UK, 12, 153-162, 2001.
- MOSKOWITZ, H. R. Product testing 2: Modeling versus Mapping and their integration. Journal of Sensory Studies, Trumbull, Connecticut/USA, 9, 323-336, 1994.
- ____ Food Quality: Conceptual and Sensory Aspects. **Food Quality and Preference**, Elsevier, Bristol/UK, 6., 157-162, 1995.
- SEVERINI, C.; PILLI, T. de; ROMANI, S.; PINNAVAIA, G. G.; Studio sulle caratteristiche qualitative del caffè espresso all'italiana. **Industrie Alimentari**, Pinerollo/It, 38, 1279-1284, 1999.
- SLOOF, M.; TIJSKENS, L. M. M.; WILKINSON, E. C. Concepts for modelling the quality of perishable products. Trends in Food Science & Technology, Elsevier, vol 7, 165-171, 1996.
- STONE, H. & SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Academic Press, Inc. London, UK. 311p. 1985.
- ____; McDERMOTT, B. J.; SIDEL, J. L. The importance of Sensory Analysis for the Evaluation Quality. **Food Technology**, june, 88-95, 1991.

CAPÍTULO V

TEORES DE ÁCIDOS CLOROGÊNICOS, ÁCIDOS CARBOXÍLICOS E AÇÚCARES, EM CAFÉ VERDE, TORRADO E BEBIDAS PREPARADAS COM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA

Nota: Comparação dos teores de ácidos clorogênicos, carboxílicos e açúcares entre o café verde, o pó (torrado e moído) e bebida preparada em filtro e tipo *espresso* em cafés arábica, robusta e em *blends* desses cafés. Avaliação dos efeitos de torração e extração das bebidas sobre os teores dos compostos analisados

RESUMO

O conhecimento da complexa composição química do café é de extrema importância uma vez que vários de seus componentes são associados à qualidade dos grãos e da bebida.

Na tentativa de melhor entender os efeitos da adição do café robusta ao café arábica e dos processos de torração e extração da bebida, foram realizadas análises dos teores de ácidos clorogênicos, ácidos carboxílicos e açúcares através de técnicas cromatográficas de alta eficiência.

Os resultados apontaram diferenças entre o café arábica e os robustas para diversos compostos, especialmente no café verde, havendo também algumas diferenças entre os robustas processados por via cereja descascado e por via seca. Os teores dos componentes encontrados nos *blends* apresentaram comportamento coerente se comparados os resultados com o café arábica e o robusta RCD 100%. Com a torração, as diferenças tenderam a diminuir tornando-se ainda menores com a extração da bebida, seja ela em filtro de papel ou tipo *espresso*.

A pouca diferença encontrada entre alguns dos compostos nas bebidas preparadas com as diversas amostras coincide com os resultados já apresentados de análise sensorial.

ABSTRACT

Knowledge of the complex chemical composition of coffee is of extreme importance, since a number of these components are associated with grain and beverage quality.

In an attempt to better understand the effects of adding robusta coffee to arabica coffee and the processes of roasting and beverage extraction, the chlorogenic acid (CGA), carboxylic acid and sugar contents were analysed by high performance liquid chromatography techniques.

The results indicated differences between the arabica and robusta coffees for several components, especially for the raw samples, some differences between the RCD and RS robustas also being found. The values found in the blends were coherent with the values found in the 100% samples of arabica and robusta coffees. The differences tended to decrease with roasting and were even lower in the brews, be the samples prepared by filtration or the espresso technique.

The limited differences found in the beverages for some of these compounds, coincided with the results of the sensory analysis, presented earlier.

V.1 – INTRODUÇÃO

O aroma e sabor únicos do café só poderiam ser resultados de uma complexa composição química no café verde que após o processo de torração se torna ainda mais complexa, graças às reações cujos mecanismos ainda são, em sua maioria, desconhecidos. Investigar a composição química do café, diferença entre espécies e variedades, e os efeitos da torração sobre essa composição, correlacionando-a com a percepção sensorial da bebida vem sendo rotina na vida de inúmeros pesquisadores em todo o mundo. A cada novo estudo, novos compostos são incorporados à vasta coleção de componentes do café. Buscar composto ou grupo de compostos de maior importância é tarefa injusta. Certamente os grupos de componentes cujas concentrações podem fornecer informações correlacionadas à qualidade da matéria-prima, ao grau de torração e especialmente, aqueles com maior influência na qualidade final da bebida, ou seja, aqueles que contribuem diretamente ou como precursores de aroma e sabor, são os mais investigados.

Dentre os grupos de compostos presentes no café, um de grande destaque é o dos ácidos clorogênicos - uma série de ésteres formados por ácidos trans-cinâmicos e ácido quínico, divididos em função da identidade, número e posição dos resíduos acil: mono-ésteres do ácido cafeico (CQA - cafeoilquínico), p-cumárico (CoQA – p-cumaroilquínico) e ferúlico (FQA – feruloilquínico); di-ésteres (di-CQA), tri-ésteres (tri-CQA) e tetra-ésteres (tetra-CQA); di-ésteres dos ácidos cafeico e ferúlico (CFQA – cafeoilferuloilquínico) característicos do café robusta (CLIFFORD, 1985; MAIER, 1987; CLIFFORD, 1999). O café é uma das fontes diárias mais ricas em CGA, nos cafés verdes variam de 7 a 10% nos robustas e de 5 a 7,5% nos arábicas, e embora haja alguma perda durante a torração, quantidades substanciais são extraídas na bebida (CLIFFORD, 1999; CLIFFORD, 2000). Dos CGA o 5-CQA é o que se encontra em maior concentração, tanto em Robustas como em Arábicas; é considerado menos ácido que o ácido quínico livre e levemente amargo. Já os di-CQA são amargos, com nota metálica e adstringentes, daí relaciona-se inversamente a quantidade desses ácidos à qualidade sensorial. MENEZES & CLIFFORD (1987) determinaram a razão

CQA:di-CQA durante a maturação de cafés arábicas brasileiros; sabendo-se que o di-CQA confere sabor e aroma indesejáveis à bebida e que o CQA reduz este efeito, a razão entre esses dois CGA torna-se um indicador, não só da maturidade, mas também da qualidade da bebida. A composição e concentração dos CGA ainda contribui na discriminação de amostras, sendo possível identificar características genéticas, local de origem e processamento pós colheita (BICCHI *et al.*, 1995; CORREIA *et al.*, 1995; BALYAYA & CLIFFORD, 1995; MOREIRA, *et al.*, 2001), permitindo também caracterizar o grau de torração (PURDON & McCAMEY, 1987; TRUGO & MACRAE, 1984b).

Presentes em menor quantidade, mas nem por isso menos importantes, estão os ácidos carboxílicos. Os principais no café verde são: cítrico, málico, oxálico e tartárico. No entanto, são melhores indicadores de qualidade no café torrado, no qual já foram identificados mais de 34 ácidos, tendo, os mais importantes, concentrações de até 1% e a maioria presente em traços: os voláteis - do fórmico ao cáprico, mono e dicarboxílicos saturados (lático, pirúvico, oxálico, málico, tartárico...), dicarboxílicos insaturados (fumárico, maleico...), entre outros (VITZTHUM, 1975, citado por WOODMAN, 1985). Os ácidos carboxílicos contribuem individualmente na acidez percebida sensorialmente no café, que é um dos principais atributos relacionados à qualidade da bebida, sendo sempre desejável uma acidez suave (ILLY & VIANI, 1998). A percepção da acidez também pode ser correlacionada com o grau de torração, uma vez que nas torrações mais intensas quase toda acidez é perdida, com acentuação do gosto amargo. A literatura (BLANC, 1977; WOODMAN, 1985; MAIER, 1987; PORTO *et al.*, 1991) afirma que a maior concentração de ácidos carboxílicos no café torrado se dá com uma torração com perda de peso entre 14 e 16%. Entretanto, a concentração de um determinado ácido não é um bom parâmetro para avaliar o grau de torração, pois a interpretação das variações ocorridas durante o processo é bastante complexa (WOODMAN, 1985). Variações nas concentrações dos ácidos também podem ser percebidas após a extração industrial, no preparo de cafés solúvel, quando ocorre um sensível aumento da acidez (MAIER, 1987).

Uma pesquisa realizada por GINZ *et al* (2000) aponta a sacarose como principal precursor dos ácidos (fórmico, acético, glicólico e láctico) formados durante a torração. De fato os açúcares, destacando-se a sacarose, são considerados um dos mais importantes grupos de componentes precursores do aroma e sabor do café torrado. A sacarose está presente no café verde em quantidades que variam de 5 a 8,5% nos arábicas e de 3 a 5% nos robustas (TRESSL, *et al*, 1982, citado por TRUGO, 1985; TRUGO & MACRAE, 1982; BRADBURY, 2001), podendo chegar a 12% nos arábicas (ROGERS, *et al*, 1999) e a 7% nos robustas (TRUGO & MACRAE, 1989). Glicose, frutose, arabinose, galactose, manose, estaquiose, entre outros, são encontrados em pequenas quantidades abaixo de 1%. O processo de torração destrói progressivamente os monossacarídeos e rapidamente a sacarose. Esta sofre inicialmente desidratação seguida de hidrólise à açúcares redutores, os quais também sofrem desidratação com posterior polimerização e degradação parcial a compostos voláteis, água e CO₂. Em torrações médias pode haver perda de mais de 98%, sendo praticamente destruída em torrações escuras (TRUGO & MACRAE, 1982; ILLY & VIANI, 1998). Pequenas quantidades de glicose e frutose podem ser encontradas em bebidas preparadas com grãos que sofreram torração clara (inversão da sacarose), sendo a concentração de glicose inversamente correlacionada com o impacto de aroma e positivamente com o dulçor da bebida, enquanto a frutose se correlaciona negativamente com este atributo (ILLY & VIANI, 1998). Os teores de arabinose, galactose e manose encontrados nos cafés torrados e extratos são muitas vezes devido à hidrólise de polissacarídeos e não somente à presença desses açúcares livres (BRADBURY, 2001). Mesmo presentes em pequenas quantidades e justamente por isso, a composição de açúcares em cafés torrados e moídos e em cafés solúveis (extratos) são um excelente indicador de adulteração uma vez que os principais adulterantes do café (chicória, cascas de cereais e do próprio café) alteram consideravelmente a quantidade de alguns açúcares como mostram BLANC, *et al* (1989), DAVIS, *et al* (1990) e BERNAL, *et al* (1996).

Diante das inúmeras possibilidades de estudo da composição química do café, este trabalho teve como objetivos: comparar as composições dos cafés

utilizados neste estudo: arábica, robusta seco em terreiro, robusta processado via cereja descascado e *blends* deste último com o arábica; avaliar as alterações durante o processo de torração e durante a extração das bebidas preparada em filtro e tipo *espresso*.

V.2 – MATERIAL E MÉTODOS

V.2.1 – Material

- Matéria-prima

Café Arábica (A), processado por via seca, classificado como bebida mole. Café Robusta, processado por via cereja descascado (RCD) e Robusta, processado por via seca (RS). Todos tipo 5.

- Amostras analisadas

- café verde: Arábica (A), Robusta CD (RCD), Robusta (RS)

- café torrado em pó, bebida preparada em filtro de papel e espresso: A, RCD, RS, blend 80%A e 20%RCD (B20), blend 60%A e 40%RCD (B40)

- Preparo das amostras

Os cafés verdes foram congelados em N₂ líquido para facilitar a moagem (moedor Analysenmühle – Janke Kunkel IKA® Labortechnik), sendo posteriormente passados em peneira 18 (0,71mm).

Os cafés arábica e robusta foram torrados separadamente (Torrador de tambor rotativo, elétrico, de laboratório, PROBAT-WERKE tipo PRE 1) de acordo com o grau ótimo de torração (Cap. III). Após moagem, os cafés foram peneirados em peneira 30 (0,59mm).

Foi determinada a umidade dos cafés verdes e torrados no Analisador de Umidade IV2000 – GEHAKA, sendo usado de 1,5 a 2,0g por amostra à 98°C para o café verde e a 104°C para o café torrado, até peso constante.

As bebidas preparadas em filtro de papel obedeceram à proporção de 80g de café torrado e moído para 1 litro (1L) de água a, aproximadamente, 98°C. Para

o tipo espresso usou-se, aproximadamente, 7,5g de café em grão torrado para o preparo de 30ml da bebida. Para os blends misturaram-se os cafés em grão já torrados.

V.2. 2 – Metodologia

V.2.2.1 – Análise de ácidos clorogênicos

- *Preparo da Solução de Carrez* (TRUGO & MACRAE, 1984a)

Solução A: dissolução de 21,9 g de acetato de zinco cristalizado, $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, em 3 ml de ácido acético glacial em água destilada, ajustando volume à 100 ml.

Solução B: 10,6 g de hexacianoferato de potássio em 100 ml de água destilada.

- *Extração nos cafés verdes*

As amostras foram desengorduradas através de extração em Soxhlet, com éter de petróleo, por 6 hs. A 500 mg de café verde desengordurado foram adicionados, aproximadamente, 80 ml de água MilliQ a 80°C, mantidos sob agitação por 15 min. Posteriormente, a mistura foi tratada com solução de Carrez (2 ml de cada solução) para precipitação do material coloidal, o volume foi completado a 100 ml, em balão, para então ser filtrada (papel Whatman 1). (MOREIRA et al., 2001)

- *Extração no café torrado*

A 500mg de café torrado e moído foram adicionados 80 ml de água MilliQ a 80°C, adicionado de 2 ml de cada reagente de Carrez. O volume foi ajustado a 100 ml com água MilliQ, a mistura foi deixada em repouso por aproximadamente 10 min e depois filtrada (papel Whatman 1). (baseado em TRUGO & MACRAE, 1984b)

- *Extração nas bebidas*

A 20 ml de bebida foram adicionados 2 ml de cada reagente de Carrez e o volume foi ajustado a 100 ml com água MilliQ. Após 10 min de repouso, a mistura foi filtrada em papel Whatman 1.

Antes de cada injeção na coluna todos os extratos foram filtrados em filtro Millipore HATF 0,45 µm.

- *Separação dos ácidos clorogênicos*

A separação ocorreu por HPLC-UV, empregando metodologia proposta por TRUGO & MACRAE (1984a). O equipamento utilizado foi um cromatógrafo Shimadzu VP, com coluna C₁₈ Shim-pack CLC-ODS M, detector UV-VIS SPD-10A (325nm) e software CLASS-VP.

As fases móveis utilizadas foram metanol (FMA) e solução tampão de citrato de tripotássio (FMB) 0,01M (pH 2,5), com fluxo de 1,0 ml/min obedecendo a seguinte programação de gradiente:

Tabela V.1: Programação do gradiente de eluição da fase móvel B (solução tampão de citrato de tripotássio) para análise de ácidos clorogênicos.

Tempo (min)	0,01	5,0	15,0	20,0
%B	80,0	80,0	70,0	60,0

- *Identificação e quantificação dos ácidos clorogênicos:*

O padrão utilizado foi o ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA) – Chlorogenic Acid, Sigma. Para identificar os isômeros 3-CQA e 4-CQA, o padrão 5-CQA foi submetido à isomerização através de metodologia citada por TRUGO & MACRAE, (1984a). O cromatograma da mistura apresentou três picos. Posteriormente a mistura de isômeros foi injetada com o padrão 5-CQA (spike) adicionado e identificado como sendo o segundo pico. Como não há padrões dos isômeros 3-CQA e 4-CQA e como não se dispunha de espectrofotômetro de massa, pelos dados da literatura admitimos que o primeiro pico seja o 3-CQA (TRUGO &

MACRAE, 1984a; BICCHI *et al.*, 1995; BALYAYA & CLIFFORD, 1995; CORREIA *et al.*, 1995; SCHRADER, *et al.*, 1996;) e o outro o 4-CQA. Também através da literatura foi possível considerar o 3-FQA, cuja pico elui antes do 5-CQA (TRUGO & MACRAE, 1984a; CORREIA *et al.*, 1995; KY *et al.*, 1997).

O cromatograma do padrão e dos isômeros são apresentados nas Figuras V.1 e V.2, respectivamente.

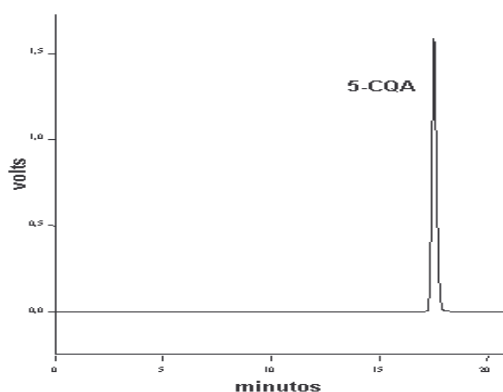


Figura V.1: Cromatograma do padrão de ácido Clorogênicos (5-CQA).

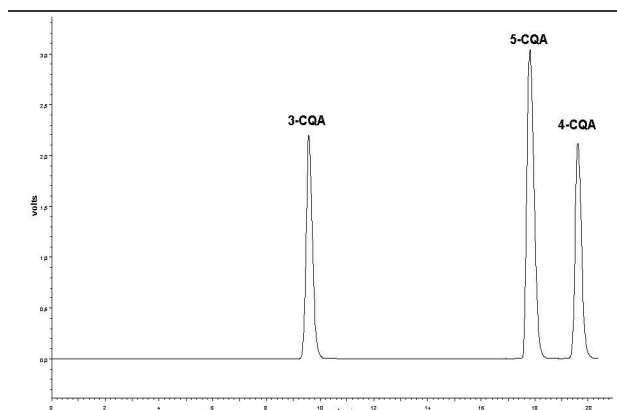


Figura V.2: Cromatograma da mistura de isômeros do ácido cafeoilquínico.

A curva de calibração externa foi construída usando-se o 5-CQA em cinco níveis de concentrações variando de 0,010mg/ml a 0,400mg/ml. A equação da regressão linear foi a seguinte:

$$\text{Concentração} = 1,58 \cdot 10^{-8} \cdot \text{área do pico} \quad R^2 = 0,9998$$

A quantificação dos demais isômeros e do 3-FQA se deu através da seguinte equação (TRUGO & MACRAE, 1984a):

$$C = \frac{FR \cdot \varepsilon_1 \cdot M_{r2} \cdot A}{\varepsilon_2 \cdot M_{r1}}$$

sendo: C – concentração (mg/ml)

FR – fator de resposta do padrão 5-CQA (FR = $1,56 \cdot 10^{-8}$ mg/ml por unidade de área)

ε_1 – absorvidade molar do 5-CQA ($1,95 \cdot 10^4$ a $\lambda_{\text{máx}}$ 330nm)

ε_2 – absorvidade do isômero: 3-CQA=1,84; 4-CQA=1,80 e 3-FQA=1,90 a $\lambda_{\text{máx}}$ 330nm

M_{r1} – massa molecular relativa do 5-CQA

M_{r2} – massa molecular relativa do isômero em questão

A – área do pico do isômero em questão

V.2.2.2 – Análise dos ácidos carboxílicos

- *Extração nos cafés verdes e torrados:*

Foram pesados 5 g de café, misturados em água MilliQ com volume ajustado à 100 ml e filtradas em papel Whatman 1

- *Extração nas bebidas:*

Alíquotas de 50 ml de bebida filtrada e 25 ml de espresso tiveram os volumes ajustados à 100ml. Posteriormente foram filtradas em papel Whatman 1.

Antes da injeção todos os extratos foram filtrados em filtros Millipore 0,45 µm.

- *Separação por HPLC-UV:*

A separação se deu por HPLC-UV, seguindo metodologia proposta pelo fabricante Bio-Rad, num cromatógrafo Shimadzu VP, coluna Aminex® HPX-87H Bio-Rad, detector UV-VIS SPD-10A (210nm) e software CLASS-VP. A fase móvel utilizada foi ácido sulfúrico 5mM com fluxo de 0,6ml/min.

- *Identificação e quantificação dos ácidos carboxílicos:*

Foram utilizados padrões dos seguintes ácidos carboxílicos: oxálico, cítrico málico, acético (Bio-Rad), láctico e fumárico (Acrós Organics).

As curvas de calibração externa dos ácidos estudados foram construídas com cinco níveis de concentração que variaram de 0,625µg/ml a 10,0µg/ml e de 0,15625µl/ml a 2,5µl/ml para o ácido láctico, cujo padrão era uma solução 85%. Os parâmetros dos modelos da regressão linear para cada um dos ácidos encontram-se na Tabela V.2.

Tabela V.2: Parâmetros da equação* da regressão linear para os ácidos estudados e concentrações máxima e mínima dos níveis da curva.

Ácidos Carboxílicos	A	b	R ²
Oxálico	2e ⁷	+316649	0,9990
Cítrico	2e ⁶	+14755	0,9992
Málico	2e ⁶	-24036	0,9996
Lático**	1e ⁶	-6318	0,9999
Acético	1e ¹⁰	+42240	0,9998
Fumárico	2e ⁸	-41394	0,9992

* $y = a \cdot x + b$, sendo y = área do pico, a = concentração; ** concentração em $\mu\text{l/ml}$

O cromatograma da mistura de padrões está a apresentado na Figura V.4:

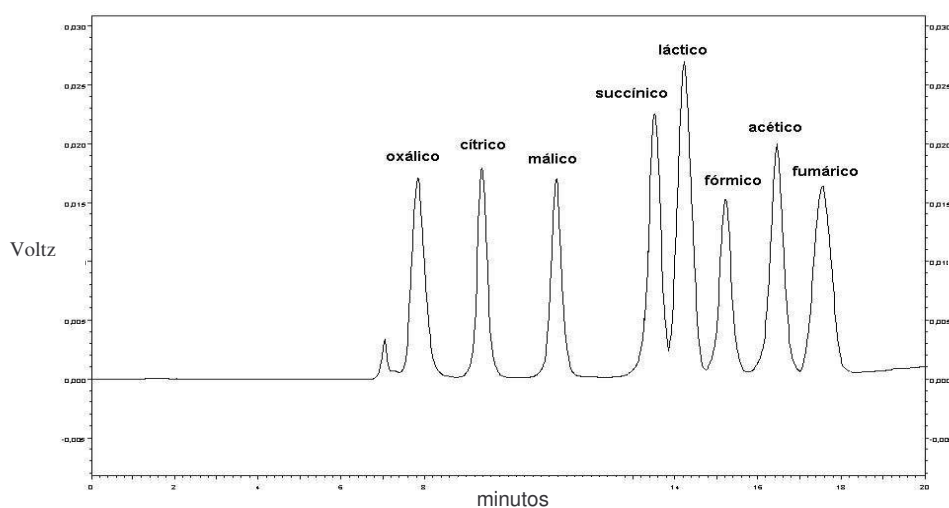


Figura V.4: Cromatograma da mistura de padrões de ácidos carboxílicos

V.2.2.3 – Análise de açúcares:

- Extração nos cafés verdes:

Partiu-se de 300 mg de café verde moído em 70 ml de água MilliQ à 70°C por 30 min. Resfriado a temperatura ambiente, completou-se o volume até 100ml e filtrou-se em filtro de papel. Posteriormente, 3 ml do filtrado foram colocado em cartuchos C₁₈ (SEP PAK), previamente ativados com metanol e água, para uma nova filtração. (ROGERS *et al.*, 1999)

- *Extração nos cafés torrados:*

Foram pesados 300 mg de café torrado e moído diluídos até 100 ml de água MilliQ, sob agitação. A mistura foi filtrada em papel seguido de filtração em cartuchos C₁₈ (SEP PAK) previamente ativados com metanol e água. (PRODOLLIET *et al.*,1995)

- *Extração nas bebidas:*

Alíquotas de 50 ml de bebida filtrada e 25 ml de espresso tiveram os volumes ajustados a 100ml com água MilliQ. Cada mistura foi filtrada em papel seguido de filtração em cartuchos C₁₈ (SEP PAK) previamente ativados com metanol e água.

Antes da injeção na coluna todos os extratos foram filtrados em filtros Millipore 0,22 µm.

- *Separação por HPLC-PAD:*

A separação dos açúcares se deu através de HPLC-PAD (Cromatografia líquida de alta eficiência com detector de pulso amperométrico), cromatógrafo Dionex usando-se coluna Carbowac PA1, tendo como eluente NaOH 50mM a 1ml/min. A faixa de detecção foi de 0,01 a 10 ppm.

- *Identificação e quantificação dos açúcares:*

Foram utilizados padrões de arabinose, galactose, estaquose, sacarose, manose, frutose e glicose (Sigma). Os açúcares foram identificados e quantificados através da comparação com padrões nas mesmas condições cromatográficas. A identificação se deu por comparação dos tempos de retenção (entre padrões e amostras) e pelos espectros de absorção e co-cromatografia (adição de padrão à amostra). A quantificação foi realizada por curvas de calibração externa.

A Tabela V.3 mostra as concentrações usadas nas misturas de padrões:

Tabela V.3: Equações da Regressão Linear* e Concentrações, em ppm, usadas nas misturas de padrões dos açúcares analisados.

	A	B	R ²	C mín	C máx
Arabinose	1,31e-5	-0,012377	0,9966	0,5	3,0
Galactose	1,76e-5	-0,172985	0,9974	0,5	3,0
Estequiose	2,40e-4	-3,586881	0,9914	5,0	20,0
Sacarose	6,31e-5	-0,934743	0,9984	5,0	20,0
Manose	7,94e-5	-0,603706	0,9915	2,5	10,0
Frutose	2,57e-5	-0,103037	0,9872	1,0	4,0
Glicose	1,70e-5	-0,516696	0,9974	1,0	4,0

* $y = ax + b$, sendo a =área do pico e y = concentração

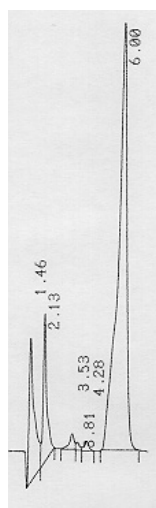


Figura V.4: Cromatograma do padrão de sacarose (tempo de retenção 6,00).

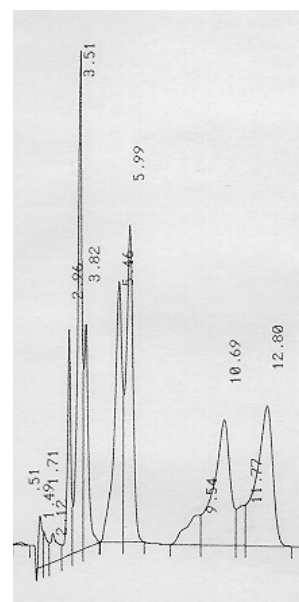


Figura V.5: Cromatograma da mistura de padrões (tempo de retenção: 2,96 arabinose; 3,51 glicose; 3,82 frutose; 5,46 manose; 5,99 sacarose; 10,69 estaquiose; 12,80 maltose).

Todas as extrações e análises cromatográficas foram realizadas pelo menos em duplicata. Os resultados foram analisados por ANOVA e Teste de Tukey.

V.2.2.4 – Cálculo da diferença entre o teor do composto no café verde e no café torrado

Para calcular a diferença entre o teor de um composto no café verde e no café torrado, foram considerados:

- massa antes da torração (mi)
- umidade do café verde (uv): A = 11,00%; RCD = 11,40%; RS = 11,70%
- perda de massa durante torração (pp): A = 15,5%; RCD = 14,3%; RS = 15,7%
- umidade do café torrado (ut): A = 1,97%; RCD = 1,70%; RS = 1,64%

Primeiramente calculou-se a quantidade do componente em questão (cv) no café verde, em base seca, sendo cq% a porcentagem do composto no café verde:

$$Cv = \frac{cq\% * (mi - mi * uv\% / 100)}{100}$$

Depois, calculou-se a quantidade do componente (ct) no café após a torração, em base seca, sendo ct% a porcentagem do composto no café torrado:

$$Ct = \frac{ct\% * (mt - mt * ut\% / 100)}{100} \quad \text{onde } mt = (mi - mi * pp\% / 100)$$

E finalmente, a diferença entre o teor do componentes no café verde e no café torrado (Dc):

$$Dc\% = \frac{Cv - Ct}{Cv} * 100$$

V.2.2.5 – Relação: massa de pó de café (g) e volume da bebida extraída (ml)

Para análise da bebida filtrada, esta foi preparada na proporção de 8g de pó de café para 100 ml de água. Do volume final obtido retirou-se alíquotas de 20 ml para extração de ACGs e 50 ml para extração de açúcares e ácidos carboxílicos. Para se efetuar os cálculos de porcentagem dos constituintes analisados no pó

inicial, foi traçada a relação entre a massa do pó de café e o volume de bebida obtido partindo da proporção original (8 g de pó/100 ml de água).

A análise estatística da ANOVA da regressão apontou a seguinte equação como representante dos resultados obtidos:

$$y = 2,01 - 10,122*a$$

- sendo y = volume da bebida (ml) e a = massa de pó de café (g)
- $R = 0,9997$; $R^2 = 0,9994$; R^2 ajustado = 0,9993; $F(1,18) = 30746$ com $p < 0,00000$;
- Desvio Padrão estimado = 1,021; Desvio Padrão de $b = 0,39$ e de $a = 0,06$,

V.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

V.3.1 – Ácidos clorogênicos

Foram detectados todos os isômeros do ácido cafeoilquínico (3-CQA, 4-CQA e 5-CQA) e um isômero do ácido feruloilquínico (3-FQA). Alguns exemplos de cromatogramas são apresentados a seguir:

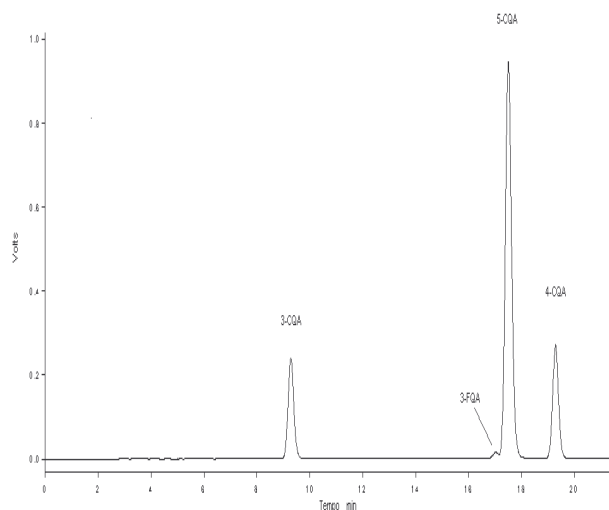


Figura 7: Cromatograma dos ácidos clorogênicos presentes na amostra de Café Robusta (RCD) verde

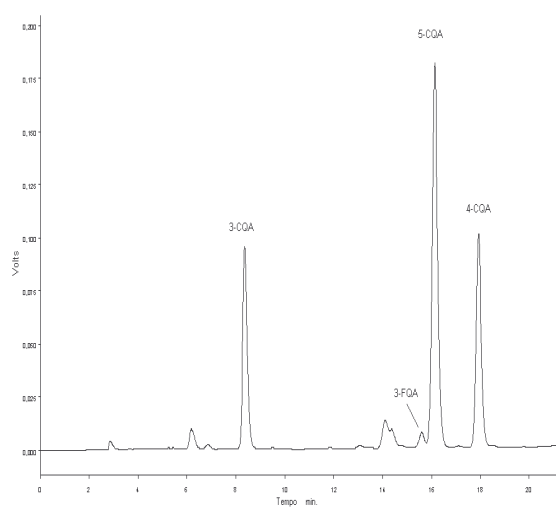


Figura 8: Cromatograma dos ácidos clorogênicos presentes no Café Arábica (A) torrado

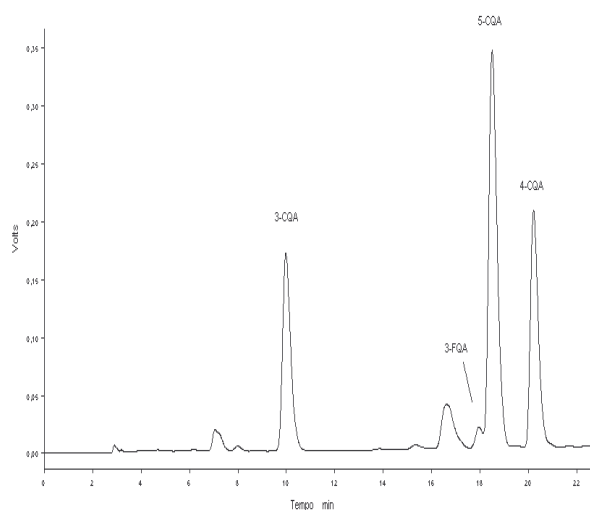


Figura 9: Cromatograma dos ACGs presentes na amostra de bebida filtrada preparada com 60% de A e 40% de RCD (B40).

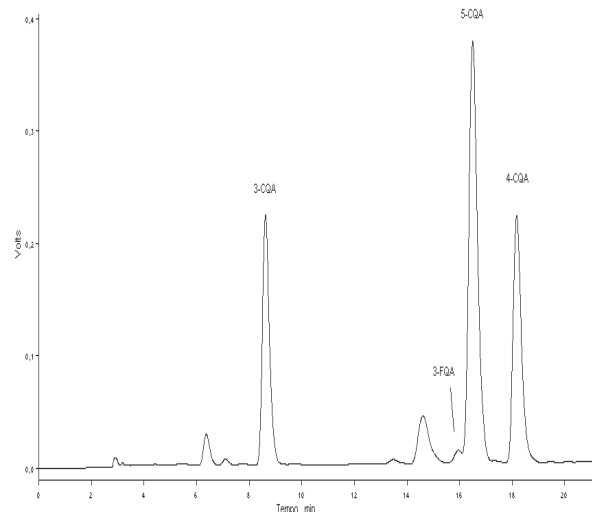


Figura 10: Cromatograma dos ACGs presentes no café *espresso* preparado com 80% de A e 20% de RCD (B20).

Tabela V.4: Concentração (%) média dos ácidos clorogênicos nos cafés verdes.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
A	0,92 ^c	1,10 ^c	4,42 ^c	0,04 ^c	6,48 ^c
RCD	1,26 ^a	1,49 ^a	5,22 ^a	0,07 ^b	8,04 ^a
RS	1,19 ^b	1,43 ^b	4,74 ^b	0,09 ^a	7,45 ^b

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

As porcentagens correspondentes ao total de ácidos clorogênicos (ACGs), aqui estudados (mais de 99% de CQA), presentes nas amostras de café verde (Tabela V.4) estão dentro das faixas de valores encontradas na literatura: de 7 a 10% nos cafés robusta e de 5 a 7,5% nos cafés arábica (CLIFFORD, 1985). Tal fato indica que o total de ACGs presente deve estar próximo dos valores máximos descritos na literatura. De fato, os valores encontrados para os ACGs individuais são maiores que os encontrados em diversos trabalhos reportados por CLIFFORD (1985) e MAIER (1987) entre outros que usavam água e metanol como solvente (CLIFFORD & RAMIREZ-MARTINEZ, 1991; BALYAYA & CLIFFORD, 1995) ou água fervente (PURDON & McCAMEY, 1987; CORREIA *et al*, 1995). Os resultados confirmam a boa extração com água a 80°C e também mostram que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos teores dos ACGs entre as três amostras de café verde estudadas, sendo maiores na amostra RCD, exceto para o

3-FQA que foi maior no RS. Estudo realizado com cafés robusta indianos também apresentou diferença significativa entre amostras processadas por via seca e por via úmida, confirmando a importância do processamento pós-colheita na composição química do café (BALYAYA & CLIFFORD, 1995). O ACG presente em maior quantidade, como esperado, foi o 5-CQA correspondendo a 65% do ACGs dos robustas e 68% no arábica, sendo cerca de 15% maior no RCD e 7% maior no RS que no A.

Tabela V.5: Concentração (%) média dos ácidos clorogênicos nas amostras de café torrado.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
A	0,43 ^c	0,53 ^c	0,94 ^d	0,03 ^b	1,92 ^d
B20	0,45 ^{bc}	0,56 ^b	0,98 ^{bc}	0,04 ^b	2,03 ^c
B40	0,46 ^b	0,58 ^b	1,00 ^b	0,04 ^b	2,09 ^c
RCD	0,50 ^a	0,64 ^a	1,05 ^a	0,08 ^a	2,27 ^a
RS	0,49 ^a	0,62 ^a	0,97 ^c	0,07 ^a	2,15 ^b

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Nos cafés torrados (Tabela V.5) o RCD permaneceu com as maiores porcentagens dos ACGs, enquanto que o A teve as menores. RCD e RS se diferiram significativamente apenas no teor do 5-CQA, o que manteve a diferença no teor total dos ACGs estudados. Entre os *blends*, B20 e B40, não houve diferença significativa no teor de nenhum dos ACGs. Todos os valores individuais encontrados estão de acordo com os encontrados na literatura, correspondendo o 5-CQA a aproximadamente 48% dos ACGs do robusta e 50% do arábica (CLIFFORD, 1985; PURDON & McCAMEY, 1987; MAIER, 1987; CORREIA, *et al.*, 1995). O total de ACGs presentes nos cafés torrados corresponde, segundo ILLY & VIANI (1998), à uma perda de peso na torração em torno de 15%, o que de fato ocorreu.

Tabela V.6: Diminuição (%) no teor dos ácidos clorogênicos após torração dos cafés.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
A	-57,16 ^b	-55,29 ^b	-80,31 ^a	-12,74 ^{ab}	-72,39 ^c
RCD	-62,17 ^{a*}	-59,63 ^a	-80,94 ^a	-2,69 ^b	-73,33 ^a
RS	-60,88 ^a	-58,80 ^a	-80,74 ^a	-32,11 ^a	-72,77 ^b

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A diminuição que ocorreu no teor total dos ACGs durante o processo de torração (Tabela V.6) caracterizou uma torração média, segundo TRUGO & MACRAE (1984b). Esta diminuição se deve a inúmeras reações que podem ocorrer como isomerização, hidrólise, oxidação, fragmentação, polimerização, associação com proteínas desnaturadas, etc. (CLIFFORD, 1985). Embora a diminuição total dos ACGs seja semelhante nos três cafés estudados, houve diferença considerável na diminuição dos 3-CQA e 4-CQA sendo a degradação maior nos robustas que no arábica. Este fato também foi observado por TRUGO & MACRAE (1984b) os quais relataram que no robusta o 5-CQA se decompõe mais rápido em 3-CQA e 4-CQA, com teores de todos os isômeros decrescendo imediatamente mesmo em torrações médias, em contraste com as amostras de arábica, relacionando a estabilidade térmica dos isômeros com a espécie estudada. Também houve bastante diferença na diminuição do 3-FQA, que apresentou valores relativamente baixos de concentração, mas com alto desvio padrão.

Tabela V.7: Concentração (mg/ml) dos ácidos clorogênicos nas bebidas preparadas em filtro de papel.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
A	0,06 ^d	0,07 ^c	0,13 ^c	tr ^b	0,26 ^c
B20	0,06 ^{cd}	0,08 ^c	0,13 ^{bc}	tr ^b	0,27 ^c
B40	0,07 ^{bc}	0,08 ^b	0,14 ^{ab}	0,01 ^b	0,30 ^b
RCD	0,08 ^a	0,09 ^a	0,15 ^a	0,01 ^a	0,34 ^a
RS	0,07 ^{ab}	0,09 ^a	0,15 ^a	0,01 ^a	0,32 ^{ab}

tr – traços: < 0,001mg/ml

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Tabela V.8: Concentração (mg/ml) dos ácidos clorogênicos nas bebidas de café *espresso*.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
A	0,18 ^b	0,22 ^c	0,39 ^{ab}	0,01 ^c	0,80 ^b
B20	0,19 ^{ab}	0,23 ^{bc}	0,41 ^{ab}	0,02 ^{bc}	0,84 ^{ab}
B40	0,20 ^a	0,24 ^{ab}	0,43 ^a	0,01 ^c	0,88 ^a
RCD	0,20 ^a	0,25 ^a	0,42 ^{ab}	0,03 ^{ab}	0,90 ^a
RS	0,19 ^{ab}	0,23 ^{abc}	0,38 ^b	0,03 ^a	0,84 ^{ab}

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Com relação aos resultados para os teores dos ACGs presentes nas bebidas, observou-se que não houve diferença entre as amostras de robusta tanto para a bebida preparada em filtro (Tabela V.7) quanto para o *espresso* (Tabela V.8). O mesmo ocorreu entre as amostras A e B20. No café *espresso* o teor de todos os ACGs foi maior que na bebida filtrada, uma vez que no preparo do café *espresso* a extração da bebida é mais intensa, pois se dá sob pressão. A extração dos ACGs no *espresso* (Tabela V.10), ou seja, a diferença entre a concentração inicial do pó e a encontrada na bebida, ficou em torno de 80%, enquanto que na bebida filtrada (Tabela V.9) foi de 62 a 71%. Para exemplificar, uma xícara de 50ml de café *espresso* 100% arábica teria em torno de 40mg de ACGs e de café preparado em filtro teria 13mg de ACGs.

Tabela V.9: Extração (%) dos ácidos clorogênicos nas bebidas preparadas em filtro de papel.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
RCD	71,35 ^a	69,54 ^a	69,34 ^a	70,40 ^a	69,87 ^a
RS	71,36 ^a	68,73 ^a	71,11 ^a	90,70 ^{ab}	71,09 ^{ab}
B40	66,42 ^{ab}	66,15 ^b	66,12 ^{ab}	67,52 ^{ab}	66,22 ^b
B20	62,94 ^b	61,73 ^c	62,08 ^b	57,24 ^b	62,09 ^c
A	64,41 ^b	64,41 ^b	66,46 ^{ab}	46,11 ^b	65,06 ^c

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)Tabela V.10: Extração (%) dos ácidos clorogênicos nos cafés *espresso*.

<i>amostras</i>	3-CQA	4-CQA	5-CQA	3-FQA	TOTAL
RCD	82,35 ^a	79,80 ^a	81,59 ^a	72,36 ^a	80,93 ^a
RS	79,58 ^a	76,20 ^a	80,87 ^a	98,21 ^a	79,75 ^a
B40	84,85 ^a	82,39 ^a	85,98 ^a	67,59 ^a	84,34 ^a
B20	84,12 ^a	81,59 ^a	82,61 ^a	91,84 ^a	82,83 ^a
A	85,72 ^a	84,65 ^a	85,36 ^a	80,90 ^a	85,18 ^a

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

V.3.2 – Ácidos carboxílicos

Em todas as amostras foram detectados os ácidos: cítrico, málico, láctico e fumárico. O ácido acético só não foi detectado nas amostras dos robustas verdes, enquanto que o ácido oxálico só foi detectado nessas duas amostras. As figuras a seguir exemplificam alguns cromatogramas de amostras analisadas:

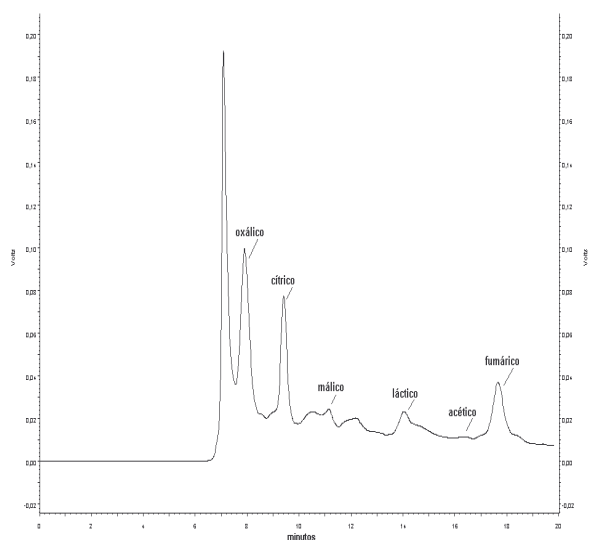


Figura 11: Cromatograma dos ácidos carboxílicos presentes na amostra de Café Arábica (A) verde.

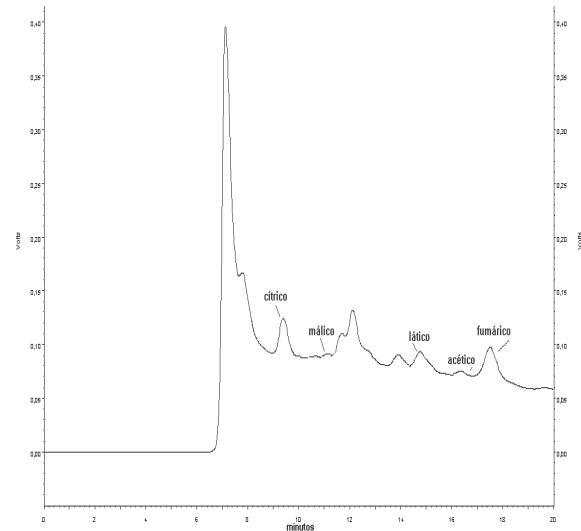


Figura 12: Cromatograma dos ácidos carboxílicos presentes na amostra de Café Robusta (RS) torrado.

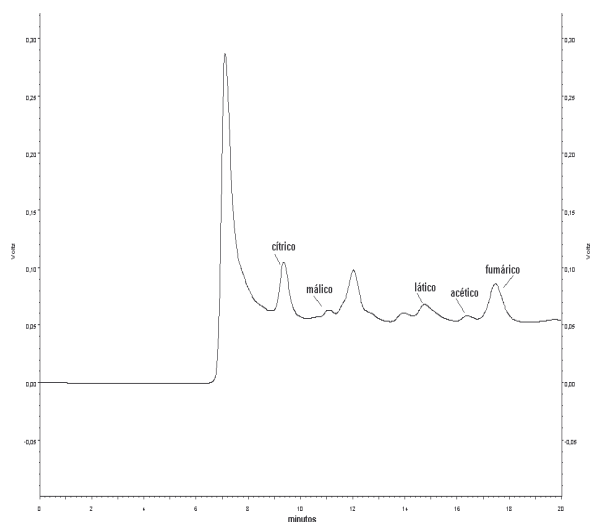


Figura 13: Cromatograma dos ácidos carboxílicos presentes na amostra de bebida preparada com 80% de A e 20% de RCD (B20).

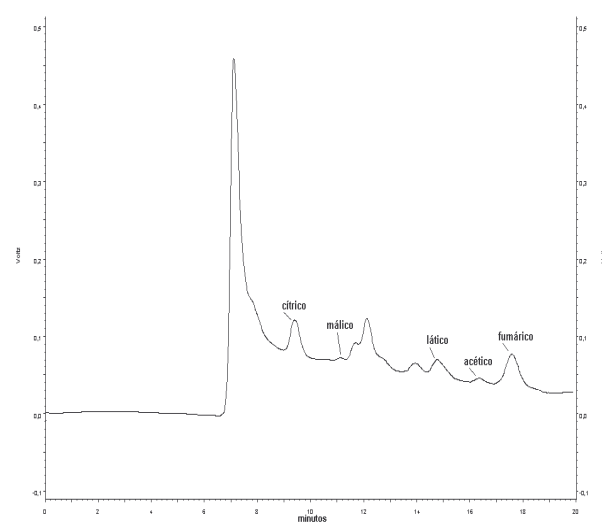


Figura 14: Cromatograma dos ácidos carboxílicos presentes na amostra de bebida preparada com 60% de A e 40% de RCD (B40).

Tabela V.11: Concentração (%) média dos ácidos carboxílicos nos cafés verdes.

amostras	Cítrico (%)	Málico (%)	Fumárico (%)	Oxálico (%)	Lático (g/Kg)	Acético (g/Kg)	TOTAL (%)
A	1,501 ^a	0,273 ^a	0,012 ^a	nd	0,172 ^a	0,029	1,787 ^a
RCD	0,920 ^b	0,088 ^b	0,003 ^c	0,068 ^a	0,147 ^a	nd	1,078 ^b
RS	1,049 ^{ab}	0,112 ^{ab}	0,008 ^b	0,099 ^a	0,184 ^a	nd	1,268 ^{ab}

nd – não detectado

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Os resultados obtidos nas análises mostraram que o café arábica tem maior teor de ácidos que os robustas, como previsto na literatura (WOODMAN, 1985), tendo o RCD a menor quantidade dos ácidos carboxílicos do café verde (Tabela V.11). As amostras de robusta não diferiram no teor dos ácidos cítrico e málico, os mais importantes e presentes em maior quantidade (MAIER, 1987). O ácido cítrico foi encontrado em maior quantidade, seguido pelo málico. Os ácidos láctico e acético foram encontrados em quantidades bastante baixas (menor que 0,01%). Os resultados alcançados são bastante coerentes com os apresentados na literatura (ILLY & VIANI, 1998) mesmo quando tratamentos enzimático são usados na determinação dos ácidos (BLANC, 1987 e PORTO *et al*, 1991): cítrico 1%, málico 0,03%, láctico 0,003%, acético 0,005% e fumárico 0,003%.

Tabela V.12: Concentração (%) média dos ácidos carboxílicos nas amostras de café torrado.

<i>amostras</i>	Cítrico (%)	Málico (%)	Fumárico (%)	Oxálico (%)	Láctico (g/kg)	Acético (g/Kg)	TOTAL (%)
A	1,703 ^a	0,220 ^a	0,019 ^a	nd	0,124 ^{ab}	0,048 ^a	1,943 ^a
B20	1,613 ^a	0,157 ^b	0,015 ^a	nd	0,346 ^a	0,031 ^a	1,786 ^a
B40	1,479 ^a	0,115 ^b	0,014 ^{ab}	nd	0,200 ^{ab}	0,051 ^a	1,608 ^a
RCD	0,810 ^b	0,026 ^c	0,008 ^b	nd	0,133 ^b	0,007 ^a	0,844 ^b
RS	0,847 ^b	0,039 ^c	0,012 ^{ab}	nd	0,202 ^{ab}	0,027 ^a	0,898 ^b

nd – não detectado

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

No café torrado (Tabela V.12), o arábica continuou apresentando maior concentração dos ácidos, seguido pelo B20, B40, RS e RCD, com o ácido cítrico também predominante. As amostras A, B20 e B40 não apresentaram diferença significativa entre si, o mesmo acontecendo para os robustas. As quantidades detectadas para os ácidos láctico e acético mostraram bastantes inferiores às encontradas em diversas fontes na literatura, as quais também apresentam enorme variação dependendo da metodologia empregada (BLANC, 1977; DA PORTO, *et al*, 1991; GINZ, *et al*, 2000).

Tabela V.13: Alteração no teor dos ácidos carboxílicos após torração dos cafés.

<i>amostras</i>	Cítrico (%)	Málico (%)	Fumárico (%)	Oxálico (%)	Lático (g/Kg)	Acético (g/Kg)	TOTAL (%)
A	5,44* ^b	-24,43 ^b	48,04 ^a	-	-29,39 ^a	55,80	1,15 ^b
RCD	-16,08 ^a	-71,49 ^a	134,64 ^a	-100,00	-7,03 ^a	-	-25,44 ^a
RS	-25,05 ^a	-68,58 ^a	35,37 ^a	-100,00	12,84 ^a	-	-34,35 ^a

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A diferença observada no teor dos ácidos após a torração (Tabela V.13) ficou em torno de 30% nos robustas, sendo que no arábica o teor total se manteve praticamente constante (houve aumento dos ácidos fumárico e acético, com diminuição do málico e lático). Em todas as amostras houve maior diminuição do ácido málico: 70% nos robustas e 25% no arábica, havendo também diminuição em torno de 20% do ácido cítrico nos robustas. Foi observado aumento no teor dos ácidos fumárico e acético em todas as amostras. Mesmo em dosagens diferentes, o comportamento dos ácidos, aqui observado, é semelhante ao reportado por alguns autores (BLANC, 1977; WOODMAN, 1985; DA PORTO, *et al.*, 1991; GINZ, *et al.*, 2000)

Tabela V.14: Concentração dos ácidos carboxílicos nas bebidas preparadas em filtro de papel.

<i>amostras</i>	Cítrico (mg/ml)	Malico (mg/ml)	Fumárico (mg/ml)	Lático (µg/ml)	Acético (µg/ml)	TOTAL (mg/ml)
A	0,58 ^a	0,06 ^a	0,01 ^a	0,08 ^a	Tr ^a	0,64 ^a
B20	0,48 ^b	0,05 ^a	0,01 ^{ab}	0,06 ^a	0,01 ^a	0,53 ^b
B40	0,44 ^b	0,04 ^a	0,01 ^{abc}	0,05 ^a	0,01 ^a	0,49 ^b
RCD	0,22 ^c	0,02 ^b	tr ^{bc}	0,06 ^a	- ^a	0,24 ^c
RS	0,23 ^c	0,01 ^b	tr ^c	0,06 ^a	- ^a	0,25 ^c

tr – traços; < 0,01 mg/ml

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Tabela V.15: Extração (%) dos ácidos carboxílicos nas bebidas preparadas em filtro de papel.

<i>amostras</i>	Cítrico	Malico	Fumárico	Lático	Acético	TOTAL
A	67,84 ^a	50,64 ^b	63,93 ^b	123,59 ^a	14,06 ^a	65,81 ^a
B20	58,62 ^a	66,52 ^{ab}	67,29 ^b	36,48 ^b	32,16 ^a	59,37 ^a
B40	60,73 ^a	76,13 ^{ab}	69,69 ^b	55,29 ^b	19,30 ^a	61,51 ^a
RCD	53,82 ^a	149,46 ^a	86,38 ^a	88,40 ^{ab}	- ^a	57,08 ^a
RS	54,21 ^a	80,83 ^{ab}	50,50 ^c	59,77 ^b	- ^a	54,91 ^a

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Nas bebidas preparadas em filtro de papel (Tabela V.14), o arábica ainda manteve maior teor de ácidos, duas vezes maior que do RS. Não houve diferença significativa entre nenhuma das amostras para os teores de ácido acético e láctico. A extração total neste tipo de preparo ficou entre 60 e 70% da quantidade encontrada no pó original (Tabela V.15). Individualmente, foi extraído de 40 a 47% de ácido cítrico e de 60 a 80% de fumárico. Os ácidos málico, láctico e acético não mostraram comportamento definido, apresentando altos valores de variação entre as replicatas.

Tabela V.16: Concentração dos ácidos carboxílicos no café *espresso*.

<i>amostras</i>	Cítrico (mg/ml)	Malico (mg/ml)	Fumárico (mg/ml)	Lático (µg/ml)	Acético (µg/ml)	TOTAL (mg/ml)
A	0,73 ^a	0,09 ^a	0,01 ^a	0,12 ^a	0,01 ^a	0,82 ^a
B20	0,53 ^a	0,03 ^a	0,01 ^a	0,15 ^a	0,01 ^a	0,57 ^a
B40	0,62 ^a	0,06 ^a	0,01 ^a	0,10 ^a	>0,01 ^a	0,69 ^a
RCD	0,57 ^a	0,08 ^a	0,01 ^a	0,09 ^a	0,01 ^a	0,66 ^a
RS	0,46 ^b	0,05 ^a	0,01 ^a	0,11 ^a	>0,01 ^a	0,51 ^a

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Tabela V.17: Extração (%) dos ácidos carboxílicos no café *espresso*.

<i>amostras</i>	Cítrico	Malico	Fumárico	Lático	Acético	TOTAL
A	69,49 ^a	63,34 ^a	62,37 ^b	158,61 ^a	31,91 ^a	68,66 ^a
B20	54,19 ^a	34,61 ^a	77,43 ^b	69,28 ^a	34,56 ^a	52,65 ^a
B40	68,60 ^a	86,77 ^a	84,39 ^b	85,53 ^a	14,90 ^a	71,88 ^a
RCD	115,25 ^a	500,41 ^a	165,00 ^a	115,73 ^a	973,35 ^a	127,57 ^a
RS	89,57 ^a	213,70 ^a	74,11 ^b	89,34 ^a	23,63 ^a	93,84 ^a

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

No café *espresso* (Tabela V.16) houve maior diferença entre as amostras quanto ao teor de ácido cítrico, sendo que o *espresso* apresenta maior quantidade de ácidos que a bebida preparada em filtro de papel, fato também previsto na literatura (WOODMAN, 1985). Vale ressaltar que na etapa anterior deste projeto, quando foram medidos o pH de diversos blends e das amostras puras, o pH das amostras de *espresso* foi menor que as correspondentes preparadas em filtro de papel. A extração ficou entre 50% e 90%, sendo bastante acima da tendência para o RCD (Tabela V.17).

V.3.2 – Açúcares

Em todas as amostras foram detectados: arabinose, glicose e sacarose. Frutose não foi detectada nas bebidas preparadas com RS e galactose só não foi detectado na amostra “RS café *espresso*”. Manose foi detectada nas amostras de cafés robusta verde e nas amostras de café torrado e moído (pó). Estaquiose foi detectada nas amostras de pó e nas bebidas, exceto nas amostras de RS. A seguir são apresentados alguns exemplos de cromatogramas:

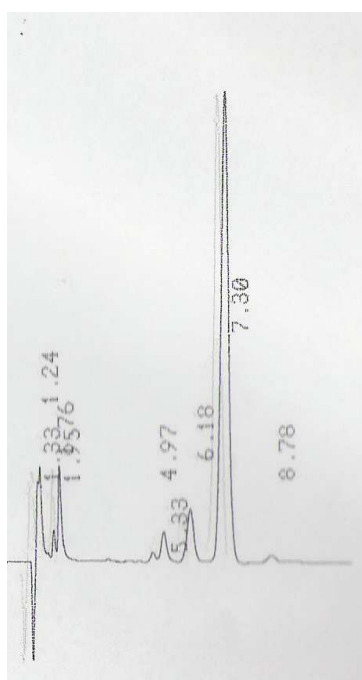


Figura 15: Cromatograma dos açúcares presentes na amostra de café arábica verde, com diluição 1:10. (tr: 4,97 galactose; 5,33 glicose; 6,18 frutose; 7,30 sacarose)

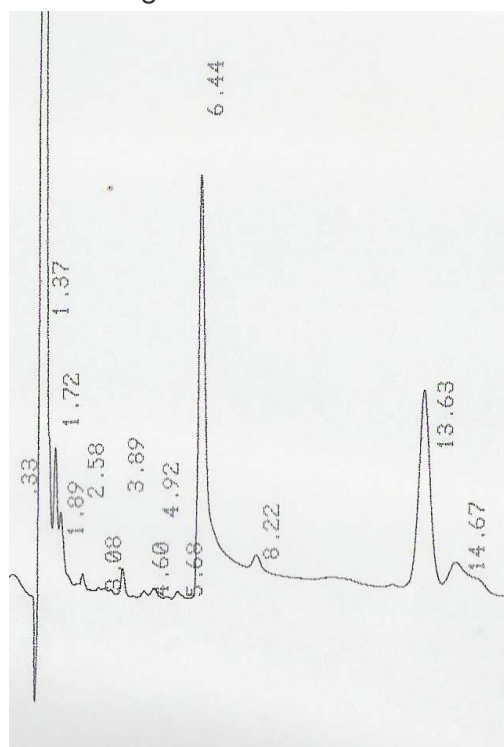


Figura 16: Cromatograma dos açúcares presentes na amostra de café robusta (RS) torrado e moído (pó). (tr: 3, 89 arabinose; 4,6 galactose; 4,92 glicose; 5,68 frutose; 6,44 sacarose; 8,22 manose; 13,63 estaquiose)

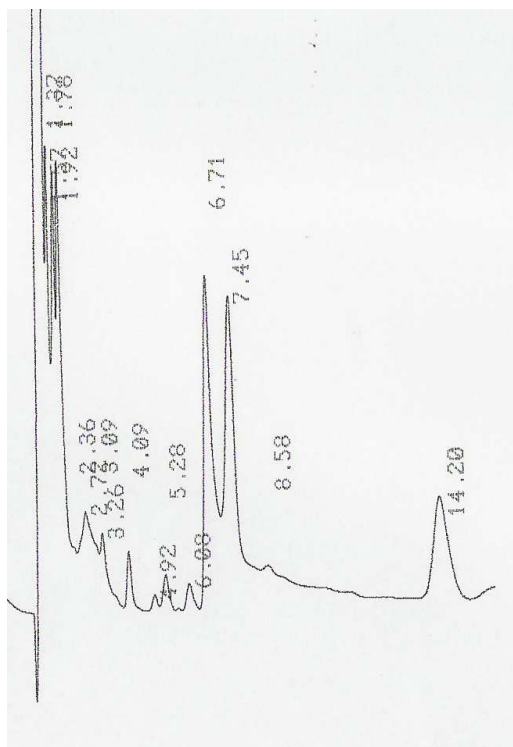


Figura 17: Cromatograma dos açúcares presentes na amostra de bebida filtrada preparada com 80% de A e 20% de RCD. (tr: 4,09 arabinose; 4,92 galactose; 5,28 glicose; 6,08 frutose; 7,45 sacarose; 8,58 manose; 14,20 estaquiose)

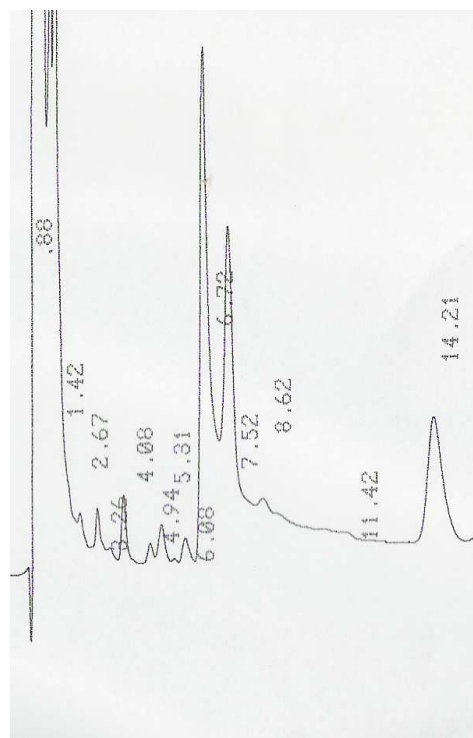


Figura 18: Cromatograma dos açúcares presentes na amostra de bebida de *espresso* preparada com 60% de A e 40% de RCD. (tr: 4,08 arabinose; 4,94 galactose; 5,31 glicose; 6,08 frutose; 7,52 sacarose; 8,62 manose; 14,21 estaquiose)

Obs: As diferenças nos tempos de retenção de um mesmo açúcar nas diversas amostras se deve a diversos fatores que podiam variar de um dia para o outro, como por exemplo fase móvel e tempo de limpeza da coluna. No entanto, para que fosse possível a identificação dos picos, a mistura de padrões era injetada diariamente.

Tabela V.18: Concentração (%) média dos açúcares nos cafés verdes.

amostras	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	manose	TOTAL
A	Tr ^c	0,01 ^c	0,14 ^b	0,14 ^c	6,51 ^a	nd ^c	6,80 ^a
RCD	0,21 ^a	0,05 ^a	0,12 ^c	0,17 ^a	5,14 ^b	0,24 ^a	5,93 ^b
RS	0,08 ^b	0,04 ^b	0,14 ^a	0,17 ^b	4,44 ^c	0,06 ^b	4,92 ^c

tr – traços: < 0,01%; nd – não detectado

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A concentração de sacarose encontrada nos cafés verdes, tanto para arábica como para os robustas está de acordo com dados já apresentados por diversos autores: de 5 a 8,5% nos arábicas e de 3 a 5% nos robustas. As concentrações de glicose e frutose foram próximas e não variaram muito entre os cafés, embora haja diferença significativa (ao nível de 5%) entre elas. Os valores aqui encontrados para estes dois açúcares estão acima de alguns valores previstos na literatura como, por exemplo os apresentados por ROGERS *et al*, (1999), sendo que, para o café robusta os valores são concordantes com os encontrados por TRESSL, et al, 1982 (citado por TRUGO, 1985). Vale também ressaltar a maior presença de galactose e manose no café RCD. No geral, a presença de açúcares redutores é maior nos cafés robusta que no arábica, como reportado na literatura

Tabela V.19: Concentração (%) média dos açúcares nos cafés torrados.

amostras	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	manose	estaquiose	TOTAL
A	0,01 ^b	tr	0,03 ^a	0,02 ^a	0,50 ^b	0,04 ^a	0,74 ^b	1,35 ^b
B20	0,11 ^a	tr	0,03 ^b	0,02 ^a	0,51 ^b	0,04 ^{ab}	0,77 ^b	1,48 ^b
B40	0,14 ^a	tr	0,03 ^{cd}	0,02 ^b	0,60 ^b	0,02 ^{ab}	0,88 ^b	1,69 ^b
RCD	0,14 ^a	tr	0,03 ^{de}	0,01 ^c	0,49 ^b	0,00 ^b	0,72 ^b	1,40 ^b
RS	0,11 ^a	tr	0,02 ^e	0,01 ^d	0,76 ^a	0,02 ^{ab}	1,34 ^a	2,27 ^a

tr – traços; < 0,01%

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Tabela V.20: Porcentagem (%) de alteração no teor dos açúcares após torração dos cafés.

amostras	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	manose	TOTAL
A	156,25 ^c	-79,64 ^b	-77,84 ^c	-83,69 ^c	-92,83 ^a	-	-81,65 ^a
RCD	-36,32 ^a	-95,81 ^a	-80,94 ^b	-86,84 ^b	-91,08 ^a	-98,07 ^a	-77,91 ^a
RS	38,21 ^b	-93,48 ^a	-83,69 ^a	-94,54 ^a	-83,81 ^b	-70,25 ^b	-56,50 ^b

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Nos café torrados, assim como esperado, houve sensível redução dos açúcares, exceto no caso da arabinose que “aumentou” a quantidade no café arábica e no RS, muito provavelmente devido à hidrólise de polissacarídeos (TRUGO, 1985; BRADBURY, 2001). As perdas durante a torração variaram de 80% (glicose A) a 98% (isomanose RCD). A estaquiose esteve presente em maior quantidade em todos os cafés, variando de 0,72 no RCD a 1,34 no RS. O total de

açúcares detectado não variou significativamente entre o café arábica, os *blends* e o café robusta RCD.

A perda de sacarose ficou em torno de 90% caracterizando uma torração clara segundo ILLY & VIANI (1998). Uma hipótese para o relativo alto teor de sacarose detectado nos café torrados pode ser a formação de artefatos durante a extração dos açúcares, dopando de certa forma os picos correspondentes à sacarose.

Tabela V.21: Concentração (mg/ml) dos açúcares na bebida preparada em filtro de papel.

<i>amostras</i>	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	estaquiose	TOTAL
A	0,004 ^a	0,003 ^a	0,002 ^a	0,002 ^{ab}	0,128 ^a	0,102 ^a	0,24 ^a
B20	0,008 ^a	0,005 ^a	0,003 ^a	0,003 ^a	0,087 ^{ab}	0,073 ^b	0,18 ^{ab}
B40	0,006 ^a	0,003 ^a	0,002 ^{ab}	0,002 ^b	0,096 ^{ab}	0,086 ^{ab}	0,19 ^{ab}
RCD	0,007 ^a	0,004 ^a	tr ^b	0,000 ^c	0,065 ^b	0,080 ^{ab}	0,16 ^{bc}
RS	0,006 ^a	0,001 ^a	nd	nd	0,083 ^b	nd	0,09 ^c

tr – traços: < 0,001mg/ml; nd – não detectado

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Tabela V.22: Concentração (mg/ml) dos açúcares no café *espresso*.

<i>amostras</i>	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	estaquiose	TOTAL
A	0,006 ^a	0,003 ^{ab}	0,004 ^a	0,001 ^{ab}	0,125 ^a	0,077 ^a	0,22 ^a
B20	0,006 ^a	0,002 ^b	0,002 ^a	0,001 ^{ab}	0,067 ^b	0,046 ^a	0,12 ^{bc}
B40	0,007 ^a	0,004 ^a	0,003 ^a	0,002 ^a	0,097 ^{ab}	0,080 ^a	0,19 ^{ab}
RCD	0,007 ^a	0,002 ^b	0,004 ^a	0,001 ^b	0,086 ^{ab}	0,051 ^a	0,15 ^{abc}
RS	0,005 ^a	nd	0,002 ^a	nd	0,053 ^b	nd	0,06 ^c

nd – não detectado

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Não houve expressiva diferença entre as quantidades dos açúcares encontrados nas bebidas filtrada e *espresso* (Tabelas V.21 e V.22), sendo ligeiramente superior na bebida filtrada provavelmente devido ao maior tempo de contato da água com o pó de café durante a extração facilitando a solubilização dos açúcares. Em ambos os casos a sacarose foi o açúcar em maior quantidade, predominando no café arábica.

Tabela V.23: Porcentagem (%) de extração dos açúcares nas bebidas preparadas em filtro de papel.

<i>amostras</i>	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	estaquiose	TOTAL
A	80,99 ^a	195,41 ^a	15,16 ^{ab}	19,60 ^a	50,45 ^a	572,49 ^{bc}	35,71 ^a
B20	14,24 ^a	299,93 ^a	23,41 ^a	26,42 ^a	34,38 ^b	404,64 ^{bc}	24,11 ^b
B40	7,95 ^a	189,12 ^a	14,57 ^{ab}	20,00 ^a	31,86 ^b	790,11 ^b	22,83 ^b
RCD	10,03 ^a	289,28 ^a	3,90 ^b	1,10 ^b	26,52 ^b	3281,34 ^a	22,34 ^b
RS	9,87 ^a	113,01 ^a	3,38 ^b	0,00 ^b	21,66 ^b	0,00 ^c	7,92 ^c

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)Tabela V.24: Porcentagem (%) de extração dos açúcares no café *espresso*.

<i>amostras</i>	arabinose	galactose	glicose	frutose	sacarose	estaquiose	TOTAL
A	100,10 ^a	134,51 ^a	20,72 ^a	9,63 ^b	40,76 ^a	357,50 ^b	26,40 ^a
B20	8,57 ^b	99,21 ^{ab}	11,72 ^a	9,01 ^b	21,46 ^{bc}	210,79 ^b	13,65 ^{bc}
B40	8,53 ^b	204,28 ^a	17,78 ^a	19,72 ^a	26,67 ^{ab}	611,30 ^b	18,78 ^a
RCD	8,23 ^b	163,81 ^a	23,42 ^a	12,06 ^{ab}	28,71 ^{ab}	1706,11 ^a	17,77 ^{ab}
RS	7,81 ^b	0,00 ^b	15,20 ^a	0,00 ^c	11,46 ^c	0,00 ^b	4,38 ^c

Médias com a mesma letra na coluna indicam não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A extração da frutose apresentou as menores porcentagens, evidenciando a maior dificuldade deste açúcar em solubilizar-se nas condições de extração das bebidas, o que, de certa forma, também acontece com a glicose e arabinose. Embora os resultados indiquem extração de 100% de arabinose no café *espresso* produzido com arábica, este valor sugere que houve hidrólise de polissacarídeos, como arabinogalactona, por exemplo. Tal fato também explica o aumento nos teores de galactose encontrado nas bebidas. A variação das porcentagens de extração da galactose e estaquiose foi muito alta não apresentando um comportamento definido.

A diferença de alguns resultados aqui apresentados com os encontrados na literatura, os quais também apresentam divergência, pode estar associada à própria variedade dos cafés estudados bem como às técnicas de extração e análise desses componentes, sendo possível a formação de artefatos durante a extração que podem dopar os picos indicando valores de concentração maiores.

V.4 – CONCLUSÃO

No geral, os resultados da análise nos cafés verdes apontaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), para a maioria dos compostos estudados, entre o café arábica e o café robusta, sendo que também pode ser observado algumas diferenças entre o robusta RCD e o RS, confirmando a importância do preparo pós colheita para a qualidade de bebida.

Os teores dos componentes encontrados nos *blends* apresentaram comportamento coerente se comparados os resultados com o café arábica e o robusta RCD 100%.

Com a torração as diferenças tendem a diminuir, tornando-se ainda menores com a extração da bebida, seja ela em filtro de papel ou tipo *espresso*. O preparo tipo *espresso* extraiu mais ácidos e um pouco menos de açúcares que o preparo em filtro de papel.

Só foi possível caracterizar a torração como média pela análise do AGCs, uma vez que, na análise dos ácidos carboxílicos, estes não apresentaram um comportamento definido com a torração e na análise dos açúcares pode ter havido formação de artefatos, os quais influenciaram o resultado indicado um valor maior de sacarose do que realmente deveria haver para uma torração média.

A pouca diferença encontrada entre alguns dos compostos nas bebidas preparadas com as diversas amostras coincide com os resultados já apresentados de análise sensorial.

V.5 – BIBLIOGRAFIA

BALYAYA, K. J.; CLIFFORD, M. N. Individual Chlorogenic Acids and Caffeine Content in Commercial Grades of Wet and Dry Processed Indian Green Robusta Coffee. **Journal of Food Science and Technology**, 32, 2, 104-108, 1995.

BICCHI, C. P.; BINELLO, A. E.; PELLEGRINO, G. M.; VANNI, A. Characterization of Green and Roasted Coffees through the Chlorogenic Acid Fraction by

- HPLC-UV and Principal Component Analysis. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, American Chemical Society , 43, 1549-1555, 1995.
- BERNAL, J. L.; NOZAL, M. J.; TORIBIO, L.; ALAMO, M. HPLC analysis of carbohydrates in wines and instant coffees using anion exchange chromatography coupled to pulsed amperometric detection. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, American Chemical Society, 44, 507 – 511, 1996.
- BLANC, M. Les acides carboxyliques du café – mise au point et résultats de différentes déterminations. **Association Scientifique Internationale du Café - ASIC** , 8^{ème} Colloque, Abidjan, 73-78, 1977.
- BLANC, M. B.; DAVIS, G. E.; PARCHET, J-M.; VIANI, R. Chromatographic profile of carbohydrates in commercial soluble coffees. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, American Chemical Society, 37, 926 – 930, 1989.
- BRADBURY, A. G. W. Carbohydrates in Coffee. **Association International du Café - ASIC**. 19^{ème} Colloque, Trieste, cd-romm, 2001.
- CLIFFORD, M. N. Chlorogenic Acids. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **COFFEE: Chemistry**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 1, cap 5, 1985.
- _____; RAMIREZ-MARTINEZ, J. R. Phenols and Caffeine in Wet-Processed Coffee Beans and Coffee Pulp. **Food Chemistry**, 40, 35-42, 1991.
- _____; Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Society of Chemical Industry, 79, 362-372, 1999.
- _____; Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Society of Chemical Industry, 80, 1033-1043, 2000.
- CORREIA, A. M. N. G.; LEITÃO, M. C. A.; CLIFFORD, M. N. Caffeoyl-tyrosine and Angol II as characteristic markers for Angolan robusta coffees. **Food Chemistry**, 53, 309-313, 1995.

- DAVIS, G. E.; GARWOOD, V. W.; BARFUSS, D. L.; HUSAINI, S. A.; BLANC, M. A.; VIANI, R. Chromatographic profile of carbohydrates in commercial coffees – 2 – Identification of mannitol. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, American Chemical Society, 38, 1347 – 1350, 1990.
- GINZ, M.; BALZER, H. H.; BRADBURY, A. G. W.; MAIER, H. G. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research Technology*, 211: 404 – 410, Springer-Verlag, 2000.
- ILLY, A.; VIANI, R. Espresso Coffee: **The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd print, 1998.
- KY, C-L.; NOIROT, M.; HAMON, S. Comparison of Five Purification Methods for Chlorogenic Acids in Green Coffee Beans. **Journal Of Agriculture and Food Chemistry**, 44, 786-790, 1997.
- MAIER, H. G. Les Acides du Café. **Café Cacao Thé**, 31, 1, 49-58, 1987.
- MENEZES, H. C.; CLIFFORD, M. N. The influence of stage of maturity and processing method on the relation between the different isomers of caffeoilquinic acid in green coffee beans. **Association International du Café – ASIC**, 12 ème Colloque, Montreux, 377-381, 1987.
- MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; MARIA, C. A. B.; MATOS, A. G. B.; SANTOS, S. M.; LEITE, J. M. C. Discrimination of Brazilian arabica green coffee samples by chlorogenic acid composition. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, 51, 1, 95-99, 2001.
- PORTO, C.; NICOLI, M. C.; SEVERINI, C.; SENSIDONI, A.; LERICI, C. R. Study on the physical and physicochemical changes in coffee beans during roasting. Note 2. **Italian Journal of Food Science**, 3, 197-207, 1991.
- PRODOLLIET, J.; BUGNER, E.; FEINBERG, M. Determination of Carbohydrates in Soluble Coffee by Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection: Interlaboratory Study. *Journal of AOAC International*, 78, 3, 768-782, 1995.

- PURDON, M. P.; McCAMEY, D. A. Use of a 5-Caffeoylquinic Acid/Caffeine Ratio to Monitor the Coffee Roasting Process. **Journal of Food Science**, 52, 6, 1680-1683, 1987.
- ROGERS, W. J.; MICAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in the developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*Coffea arabica*) coffees. *Plant Science*, 149, 115-123, 1999.
- SCHRADER, K.; KIEHNE, A.; ENGELHARDT, U. H.; MAIER, H. G. Determination of Chlorogenic Acids with Lactones in Roasted Coffee. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 71, 392-398, 1996.
- TRUGO, L. C.; MACRAE, R. The determination of carbohydrates in coffee products using high performance liquid chromatography. **Association International du Café – ASIC**, 10^{ème} Colloque, Salvador, 187 – 192, 1982.
- _____. MACRAE, R. Chlorogenic Acid Composition of Instant Coffees. **Analyst**, 109, 263 – 266, mar, 1984a.
- _____. MACRAE, R. A Study of the roasting on the Chlorogenic Acid Composition of Coffee using HPLC. **Food Chemistry**, 15, 219-227, 1984b.
- _____. Carbohydrates. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **COFFEE: Chemistry**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 1, cap 3, 1985.
- _____. MACRAE, R. Application of high performance liquid chromatography to the analysis of some non – volatile coffee components. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, 39, 1, 96 – 107, 1989.
- WOODMAN, J. S. Carboxylic Acids. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **COFFEE: Chemistry**. London and New York: Elsevier Applied Science, vol 1, cap 8, 1985.

CAPÍTULO VI

COMPARAÇÃO ENTRE PERFIS CROMATOGRÁFICOS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE CAFÉS ARÁBICA, ROBUSTA, E EM *BLENDS* DESTES CAFÉS

Nota: Comparação entre cafés arábica e robusta e entre robusta RCD e RS. Comparação entre cafés torrado e moído, bebidas preparadas em filtro de papel e café espresso.

RESUMO

Este trabalho teve o intuito de comparar perfis cromatográficos de compostos voláteis de café arábica e café robusta, e *blends* destes dois cafés, além de verificar as alterações sofridas durante a extração para preparo da bebida em filtro de papel e *tipo espresso*, através da utilização de técnica de isolamento do *headspace* retido em polímero poroso.

Os resultados mostraram diferenças consideráveis nos perfis encontrados para o café arábica e o robusta especialmente nas bebidas. No entanto, pouca diferença foi notada entre os *blends* e o café arábica, evidenciando que *blends* destes cafés com até 40% de robusta (sendo matéria-prima de qualidade) não causam grande diferença no perfil de aroma das bebidas preparadas, assim como não causou diferença na apreciação por parte dos consumidores (Capítulo IV).

ABSTRACT

This study aimed to compare the chromatographic profiles of the volatile compounds of arabica and robusta coffees and blends of the two, as well as comparing the alterations occurring during beverage extraction both by filtration

and by the espresso technique. The compounds were isolated from the headspace by retention in a porous polymer.

The results showed considerable differences between the profiles of the arabica and robusta coffees, especially in the beverages. However little difference was noted between the blends and the arabica coffee, showing that blends of these coffees with up to 40% robusta (this being good quality raw material) did not cause much difference in the aroma profile of the resulting beverages, in the same way as they caused little difference in consumer appreciation (Chapter IV).

VI.1 – INTRODUÇÃO

A diferença sensorial entre cafés arábica e robusta é notoriamente conhecida o que, entre outros, faz com que o café robusta seja comercializado mundialmente com menor preço que o arábica por não apresentar intensidade de aroma e sabor característico, entre outros fatores. Obviamente que as diferenças sensoriais são decorrentes das diferenças da composição química do café torrado que é consequência da composição do café verde. Todas as diferenças básicas entre composição de arábicas e robustas já foram exaustivamente pesquisadas, mas, quando se trata de um produto cuja composição de voláteis pode ultrapassar mil compostos, trabalho e pesquisa nunca são demais, especialmente no que se refere a *blends* entre esses dois cafés.

Os compostos voláteis são responsáveis pelo inconfundível aroma do café. Não existe um composto de impacto e sim o conjunto de diversos compostos que confere um aroma tão especial, revelador da qualidade da matéria-prima, do grau de torração e da forma de extração da bebida.

Os compostos heterocíclicos respondem pela maioria dos compostos já identificados e suas características sensoriais relacionam-se aos principais atributos do aroma e sabor do café (DE MARIA *et al.*, 1999). Os compostos sulfurosos – tiofenos e tiazóis, por exemplo – conferem notas de caramelo, mel e avelã, assim como os oxazóis. As pirazinas, em especial as alquipirazinas, têm notas aromáticas de tostado, queimado e *nutty*. As piridinas são descritas como verdes, amargas e adstringentes, podendo chegar a notas de caramelo amanteigado. Os pirróis, cuja concentração aumenta com o grau de torração, variam de notas que vão de cogumelos a cereais. Os furanos, formados nas reações de degradação de açúcares, possuem odor de caramelo e açúcar queimado. Outros compostos voláteis como os aldeídos apresentam aromas florais e frutais como os das cetonas, que também podem ser adocicados e amanteigados. Já os compostos fenólicos possuem aroma de fumaça, queimado, com notas medicinais e secas. (TRESSL, 1989; ILLY & VIANI, 1998).

Ao café arábica é atribuído maior concentração de furanos, como o 5-hydroximetilfurfural, e alguns produtos alifáticos da degradação de açúcares. Aos robustas atribuem-se maiores quantidades de pirazinas e fenóis (SILWAR & LÜLLMANN, 1993). BADE-WEGNER, *et al.*, (1993) quantificaram dez vezes mais 2-metilisoborneol em cafés robustas que em arábicas; este composto é caracterizado por notas terrosas e secas no aroma característico do café robusta. Pequenas variações nas concentrações de alguns dos inúmeros voláteis do café podem causar sensíveis mudanças na percepção do aroma. Sendo assim, é de extrema importância a técnica de extração e isolamento de voláteis para qualquer tipo de análise subsequente. O método para o isolamento dos compostos voláteis idealmente compreenderia uma única etapa, separando os componentes voláteis dos não-voláteis da matriz e ao mesmo tempo concentrando-os, com mínima manipulação da amostra (FRANCO & JANZANTTI, 2004). O *headspace* dinâmico é uma das melhores técnicas para a pesquisa do aroma e sabor de alimentos e bebidas, pois a fase de vapor imediatamente acima do alimento aproxima-se significativamente do aroma percebido sensorialmente (WEURMAN, 1969). Esta técnica envolve a passagem dos vapores do *headspace* através de um polímero poroso (como Porapak e Tenax), utilizando-se um sistema a vácuo (FRANCO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1983) ou a passagem de um gás inerte (JENNINGS & RAPP, 1983) pela amostra e posterior retenção dos voláteis por adsorção, seguida de eluição pelo emprego de solvente ou calor. O isolamento dos compostos voláteis em polímeros porosos tem sido largamente empregado na investigação de aromas em alimentos (FRANCO & SHIBAMOTO, 2000; JANZANTTI *et al.*, 2000; BASTOS *et al.*, 2002; ALVES & FRANCO, 2003) e bebidas (FRANCO *et al.*, 1998), após padronização cuidadosa das condições de adsorção e desorção (MAARSE, 1991; BASTOS *et al.*, 1998; KOLB, 1999).

Utilizando técnica de isolamento do *headspace* retido em polímero poroso, o objetivo deste trabalho foi comparar perfis cromatográficos de compostos voláteis de café arábica e café robusta, e *blends* destes dois cafés, além de comparar as alterações ocorridas durante a extração para preparo da bebida em filtro de papel e *tipo espresso*.

VI.2 – MATERIAL E MÉTODOS

VI.2.1 - Matéria-prima:

Os cafés utilizados neste estudo foram:

- Café Arábica (A), processado por via seca, classificação de bebida mole. Café Robusta, processado por via cereja descascado (RCD) e Robusta, processado por via seca (RS). Todos tipo 5.

Os cafés arábica e robusta foram torrados separadamente de acordo com o grau ótimo de torração determinado no Capítulo III: L* do grão próximo à 37,00. As amostras de cafés em grão torrados foram acondicionadas em embalagens de filmes poliméricos e de alumínio e armazenadas em geladeira até o preparo para análise. O preparo das bebidas filtradas em filtro de papel foi na proporção de 80g de pó de café para 1L de água. As amostras de café espresso foram preparadas em máquina de café espresso SAECO CE Royal Digital - tipo SUP 015 902, utilizando-se cerca de 7g de grão de café torrado para preparar 30 ml de bebida, apresentadas aos provadores em xícara de louça branca codificada com números de 3 dígitos.

As amostras analisadas foram:

- café torrado em pó, bebida preparada com filtro de papel e *espresso*: A, RCD, RS, *blend* 80%A e 20%RCD (B20), *blend* 60%A e 40%RCD (B40).

VI.2.2 - Isolamento dos compostos voláteis

O isolamento dos compostos voláteis foi realizado pelo método de enriquecimento dos vapores do *headspace* em polímero poroso por sucção (FRANCO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1983). O polímero usado foi Porapak Q, 80-100 mesh (Waters-Associates), cujo condicionamento foi feito a 180° C por no mínimo 8 h, sob fluxo de nitrogênio ultrapuro de 30 mL/min.

Para o isolamento dos compostos voláteis foram utilizados 37,5 g dos diferentes pós de café e 300 mL para as bebidas (filtrada e *espresso*). As amostras de pós e bebidas foram colocadas em um balão redondo de destilação, com capacidade de 1 L, imerso em banho-maria. O balão possuía duas saídas

diferentes e paralelas, sendo uma para adaptação do termômetro e outra esmerilhada para a coluna de destilação. O termômetro, para controle da temperatura dentro do balão ($55^{\circ}\text{C} \pm 2$), foi fixado por meio de borracha revestida com fita teflon para evitar adsorção dos compostos voláteis. Após a coluna de destilação, havia a adaptação da armadilha com polímero poroso (GLORIA, 1982).

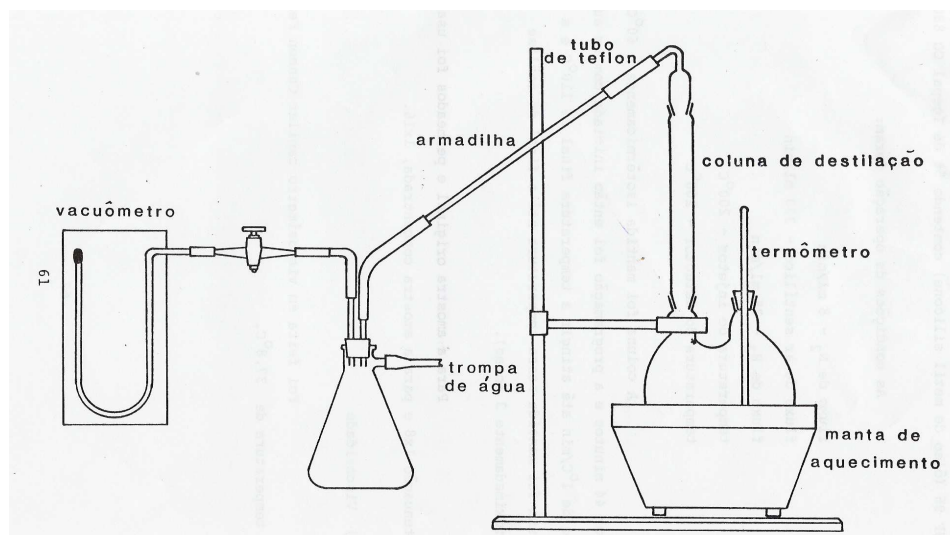


Figura VI.1: Esquema para captura dos voláteis do *headspace* em amostras de bebida de café. (Fonte: GLORIA, 1982).

Os voláteis do *headspace* dos diferentes pós e bebidas foram capturados por 1 h e a eluição foi feita com 0,3 mL de diclorometano grau cromatográfico. Os isolados obtidos foram avaliados por cromatografia gasosa e análise sensorial.

VI.2.3 - Análise cromatográfica

Foi utilizado um cromatógrafo gasoso Varian, modelo 3800 com detector de ionização de chama. Os compostos voláteis foram separados em uma coluna capilar de sílica fundida com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 μm de espessura de fase estacionária (DBWax).

Após a padronização das condições cromatográficas, estas foram estabelecidas como: gás de arraste - hidrogênio, com fluxo de 1,2 mL/min. Temperaturas do injetor e do detector - 220°C e 250°C , respectivamente. A temperatura da coluna foi mantida a 40°C por 10 minutos, depois elevada 2

°C/min até 180 °C. O injetor utilizado foi do tipo *split/splitless*, empregado no modo *splitless* e o volume injetado da amostra foi de 2 µL.

VI.2.4 - Avaliação sensorial do aroma dos isolados

Cinco microlitros de cada isolado foram transferidos por meio de uma seringa cromatográfica para uma fita de papel tipo borrão. Após a evaporação do solvente, cada provador descreveu com suas próprias palavras os aromas percebidos. O teste foi realizado por provadores treinados em reconhecimento de aromas relacionados ao café.

VI.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os isolados obtidos pela técnica de *headspace* dinâmico apresentaram o aroma original do produto investigado, indicando que o procedimento foi apropriado. Na Figura VI.2 estão os cromatogramas dos compostos voláteis das diferentes amostras de café torrado e moído. De uma maneira geral, os perfis de voláteis dos pós foram semelhantes, sendo que a amostra B20 foi o que apresentou a maior porcentagem de área dos compostos enquanto a amostra RS a menor.

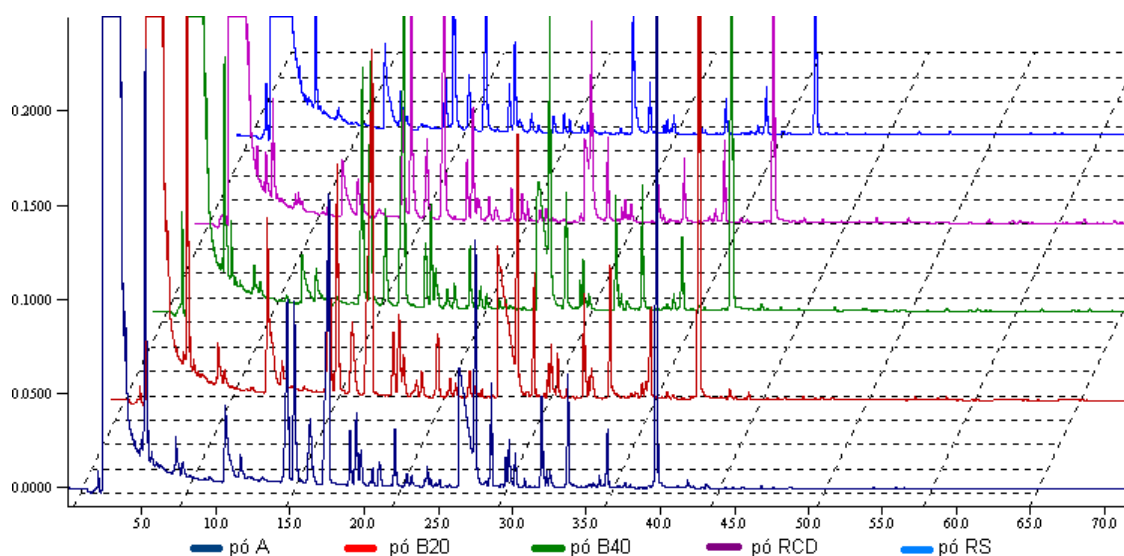


Figura VI.2: Cromatogramas dos compostos voláteis do *headspace* dos pós de café (café torrado e moído).

Comparando as diferentes bebidas filtradas obtidas, verifica-se que somente as amostras A, B20 e B40 apresentaram um maior número de compostos voláteis, quando comparado às bebidas preparadas somente com café robusta, RCD e RS (Figura VI.3).

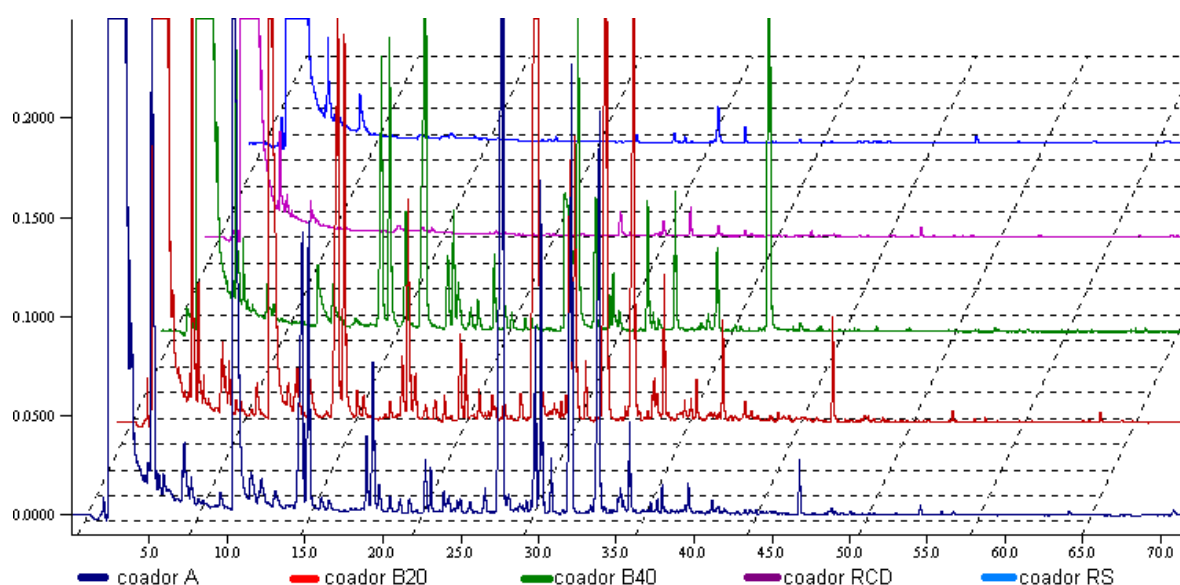


Figura VI.3: Cromatogramas dos compostos voláteis do *headspace* das bebidas preparadas em filtro de papel.

Os perfis de voláteis das bebidas de café *espresso* também foram semelhantes, ressaltando que a amostra RCD apresentou menor área para alguns picos no cromatograma, sendo que o café *espresso* preparado com RS foi o que apresentou o menor número de compostos voláteis.

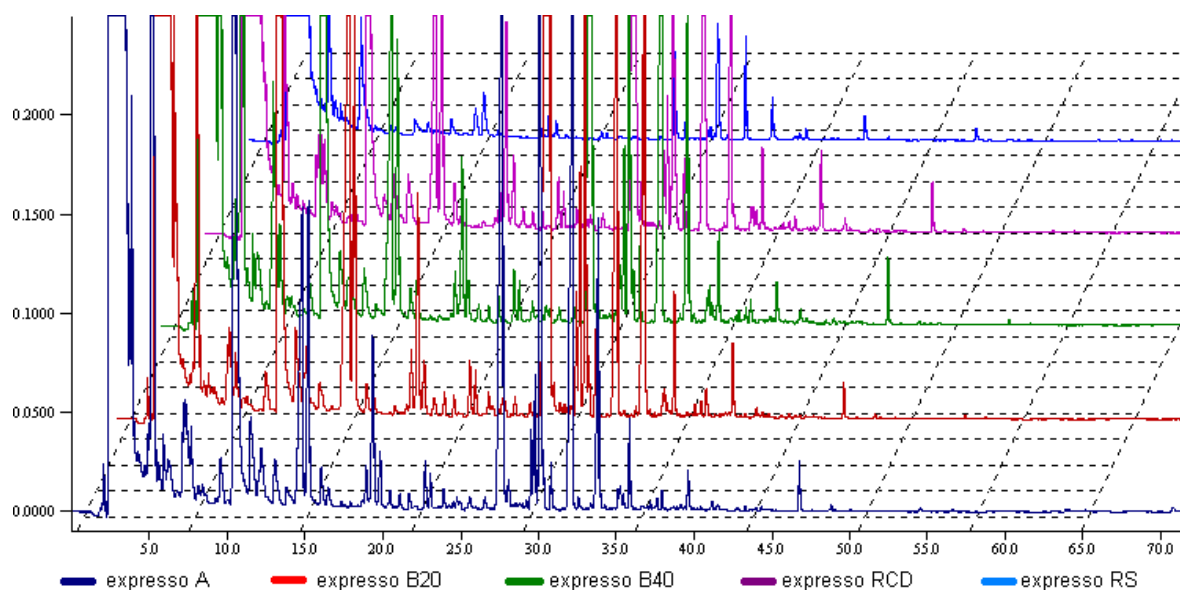


Figura VI.4: Cromatogramas dos compostos voláteis do *headspace* dos cafés *espressos*.

As bebidas de café *espresso* apresentaram maior área dos picos nos cromatogramas, quando comparadas às bebidas filtradas, fato este coerente com a percepção sensorial do aroma deste tipo de bebida. Vale ressaltar que as bebidas preparadas com os cafés robusta, as quais apresentaram o menor número de picos no cromatograma, são as que apresentaram também menor intensidade de aroma característico de café.

Os testes sensoriais com consumidores (Capítulo IV) não apontaram diferença significativa para a apreciação das amostras de arábica 100% e dos *blends*, e, embora isso não signifique que os consumidores não percebem diferença nestes cafés, os resultados sensoriais mostram-se coerentes com os apresentados aqui, uma vez que não há grande alteração no perfil de aroma dessas bebidas.

Comparando individualmente cada amostra de pó de café (torrado e moído) com suas bebidas, observa-se de uma maneira geral que alguns compostos voláteis dos pós se mantiveram nas bebidas enquanto outros foram perdidos e/ou modificados através de reações químicas, tais como rearranjos, hidrólise, ciclizações, entre outras.

A avaliação sensorial dos isolados das amostras analisadas apontaram as características apresentadas na Tabela VI.1:

Tabela VI.1: Termos listados pelos provadores treinados na avaliação sensorial dos isolados dos diferentes cafés e suas bebidas (filtrada e *espresso*)

DESCRIÇÃO SENSORIAL	
PÓ	
A	Caramelo, torrado (característico), <i>nutty</i> , casca de pão tostado (café frio)
B20	Mais forte que A, característico café tostado, caramelo, borracha de fundo
B40	Menos característico de café tostado, menor intensidade de caramelo, amêndoa, amadeirado, seco
RCD	Amendoado, tostado, amadeirado, seco, cereal
RS	Amadeirado, madeira, seco
FILTRADA	
A	Todos lembram café frio e o impacto de caramelo é mais intenso que nos pós Caramelo, torrado, característico de café arábica
B20	Caramelo, torrado, leve nota amadeirada
B40	Levemente caramelado, amadeirado, terroso, seco
RCD	Levemente caramelado, torrado, amadeirado, terroso, cogumelo, seco
RS	Forte nota terrosa, cogumelo, seco, característico de robusta
ESPRESSO	
A	Caramelo, amêndoa, adocicado, tostado (fumaça)
B20	Semelhante ao A, sendo menor a nota de fumaça, nota terrosa
B40	Adocicado, amêndoa, madeira, caramelo
RCD	Amêndoa oxidada, nota verde, tostado impacto
RS	Oxidado, levemente queimado, terra

A caracterização sensorial foi coerente com dados da literatura especialmente no que se refere aos atributos de caramelo e torrado para o café arábica e de terroso e seco para o café robusta (SILWAR & LÜLLMANN, 1993; BADE-WEGNER, *et al.*, 1993). Nos testes descritivos apresentados no Capítulo III, embora não tenha havido diferença significativa entre algumas amostras de arábica e de robusta, as notas de intensidade de aroma e sabor característicos e de aroma e sabor de café torrado sempre foram maior nas amostras de arábica.

VI.4 – CONCLUSÕES

A técnica de isolamento mostrou-se adequada ao permitir que os isolados analisados representassem satisfatoriamente o aroma das amostras analisadas. Embora os dados aqui apresentados sejam apenas comparativos, houve boa coerência com os resultados sensoriais anteriormente analisados, ou seja, embora haja considerável diferença entre cafés arábica e robustas, *blends* destes cafés com até 40% de robusta (sendo matéria-prima de qualidade) não causam grande diferença no perfil de aroma das bebidas preparadas, assim como não causou diferença na apreciação por parte dos consumidores (Capítulo IV).

VI.5 – BIBLIOGRAFIA

- ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography** , 985, 297-301, 2003.
- BADE-WEGNER, H. HOLCHER, W. VITZTHUM, O. G. Quantification of 2-methylisoborneol in roasted coffee by GC-MS. . **Association Scientifique Internationale du Café – ASIC**, 15ème Colloque, Montpellier, 537 -543, 1993
- BASTOS, D. H. M.; DA SILVA, M. A. A. P.; FRANCO, M. R. B. Optimization of the isolation procedure of honey volatile compounds for further gas chromatography analysis. **Alimentos e Nutrição**, 9, 77-88, 1998.
- BASTOS, D. H. M.; DA SILVA, M. A. P. A.; FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Composição de voláteis e perfil sensorial de méis de eucalipto e laranja

- produzidos nos estados de São Paulo e de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 122-129, 2002.
- DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, 22, 2, 1999.
- FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatiles on Porapak Q by suction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p. 293-299, 1983.
- FRANCO, M. R. B.; GARRUTI, D. S.; DA SILVA, M. A. A. P. Time and solvent optimization for the trapping of the volatile compounds of cashew juice and wine by suction on Porapak Q. **Revista Cubana de Química**, v. 10, p. 273-274, 1998.
- FRANCO, M. R. B.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-cajá (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitala*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1263-1265, 2000.
- FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. (Ed.). **Aroma e Sabor de Alimentos: Temas Atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004. Cap. 1, p. 17-27.
- GLORIA, M. B. A. Contribuição ao estudo da concentração de extrato de café por osmose inversa. Tese de Mestrado. Maria Beatriz de Abreu Gloria. - Campinas [SP : s.n.], 1982. 113p.
- ILLY, A.; VIANI, R. Espresso Coffee: **The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3rd print, 1998.
- KOLB, B. Headspace sampling with capillary columns. **J. Chromatogr.**, v. 842, p. 163-205, 1999.
- JANZANTTI, N. S.; FRANCO, M. R. B.; LANÇAS, F. M. Identificação de compostos voláteis de maçãs (*Malus Domestica*) cultivar Fuji, por

cromatografia gasosa–espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 164-171, 2000.

JENNINGS, W. G.; RAPP, A. Sample preparation for gas chromatographic analysis. **Heidelberg: Hüthig**, v. 27-28, p. 89-90, 1983.

MAARSE, H. **Volatile compounds in foods and beverages**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 1-33.

SILWAR, R. LÜLLMANN, C. Investigation of aroma formation in robusta coffee during roasting. **Café Cacao Thé**, Paris, 37, 2, 145 – 152, 1993.

TRESSL, R. Formation of flavor components in roasted coffee. **Thermal Generation of Aromas – American Chemical Symposium** (series 409), 196th Meeting, Los Angeles, Cap 27, 286 – 301, 1988.

WEURMAN, C. Isolation and concentration of volatiles in foods odor research. **J. Agric. Food Chem.**, v. 17, p. 370-384, 1969.

CONCLUSÃO

Para se chegar a uma bebida de qualidade é preciso partir de matérias-primas de qualidade e é preciso adequar as condições de torração e extração da bebida de acordo com o tipo de café usado.

A torração média, caracterizada por perda de peso de 15 a 16%, com luminosidade do grão torrado entre 37 e 38 (L*) mostrou ser a mais adequada aos cafés aqui estudados, por conferir maior intensidade do aroma e sabor característicos do café.

Os resultados das análises químicas apontaram diferenças significativa ($p \leq 0,05$), para a maioria dos compostos estudados, entre o café arábica e o café robusta, sendo que também puderam ser observadas algumas diferenças entre o robusta RCD e o RS, confirmando a importância do preparo pós colheita para a qualidade de bebida. Os teores dos componentes encontrados nos *blends* apresentaram comportamento coerente se comparados com os resultados do café arábica e o robusta RCD 100%. No entanto, com a torração as diferenças tendem a diminuir, tornando-se ainda menores com a extração da bebida, seja ela em filtro de papel ou tipo *espresso*. Os perfis de voláteis também não apresentaram diferenças acentuadas entre as bebidas preparadas com os *blends* e o café arábica 100%.

Todas essas evidências se traduzem no teste sensorial com consumidores, cujos resultados não mostraram diferença significativa na apreciação das amostras por parte dos consumidores, para ambos os preparos de bebida.

Embora os testes sensoriais com consumidores aplicados neste trabalho tenham acontecido em escala piloto, não se pode negar a evidência da viabilidade do uso do café robusta nos *blends*, tanto para preparo em filtro de papel como *espresso*. Este fato se contrapõe ao preconceito existente por parte do setor cafeeiro o qual julga não ser possível aliar café robusta à uma bebida de qualidade.

É fundamental insistir na importância dos consumidores, cuja opinião sobre o que é qualidade muitas vezes conflita com o conceito enraizado na ideia de

quem produz. A adição ou não de robusta, e a quantidade a ser adicionada, deve ser escolhida em função do público alvo, ou seja, em função do que o consumidor espera do produto em questão. Também é necessário reforçar que não haverá perda sensorial no produto final somente se o café verde usado for de boa qualidade.

Um outro aspecto a se levar em conta é que a aceitação de um produto é avaliada em função de suas características sensoriais e de suas propriedades extrínsecas, como embalagem e preço. Neste ponto o café robusta efetivamente aparece como uma alternativa vantajosa uma vez que é mais barato que o arábica, tornando os *blends* uma opção para redução de custo.