



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

Centro de Ciências Agrárias  
Depto. de Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos

**TIPOLOGIA DOS CAFÉS PARANAENSES: UMA  
ABORDAGEM ATRAVÉS DA ANÁLISE FATORIAL  
MÚLTIPLA DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E  
SENSORIAIS**

**Maria Brígida dos Santos Scholz**

---

Londrina - PR  
2008



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

Centro de Ciências Agrárias  
Depto. de Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos

**TIPOLOGIA DOS CAFÉS PARANAENSES: UMA  
ABORDAGEM ATRAVÉS DA ANÁLISE FATORIAL  
MÚLTIPLA DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E  
SENSORIAIS**

Tese apresentada ao Programa de Mestrado e  
Doutorado em Ciência de Alimentos da  
Universidade Estadual de Londrina, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Doutor em Ciência de Alimentos

Doutoranda: Maria Brígida dos Santos Scholz

Orientador: Prof. Dr. Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva

Co-Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sandra Helena Prudêncio

---

Londrina - PR  
2008

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

S368t Scholz, Maria Brígida dos Santos.  
Tipologia dos cafés paranaenses : uma abordagem através da  
análise fatorial múltipla dos aspectos físico-químicos e  
sensoriais / Maria Brígida dos Santos Scholz. – Londrina,  
2008.  
136f. : il.

Orientador: Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva.  
Co-orientador: Sandra Helena Prudêncio-Ferreira.  
Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade  
Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2008.  
Inclui bibliografia.

1. Café – Qualidade – Teses. 2. Café – Avaliação  
sensorial – Teses. 3. Café – Paraná – Análise multivariada –

**MARIA BRÍGIDA DOS SANTOS SCHOLZ**

**TIPOLOGIA DOS CAFÉS PARANAENSES: UMA ABORDAGEM  
ATRAVÉS DA ANÁLISE FATORIAL MÚLTIPLA DOS ASPECTOS  
FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS**

Tese apresentada ao Programa de Mestrado e  
Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade  
Estadual de Londrina, como requisito parcial à  
obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva - Dr/UNICAMP  
UEL/CCA/DCTA

---

Profa. Dra. Sílvia Deboni Dutcosky - Dr/ UEL  
NUTRIMENTAL S.A

---

Dr Nelson da Silva Fonseca Júnior - Dr/USP  
INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ

---

Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca -Dr/UNESP  
UEL/CCA/AGRO

---

Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi - Dr/UNICAMP  
UEL/CCA/DCTA

Londrina, 28 de março de 2008

À minha querida e compreensiva  
família Marcos, Ana Lina e Maria  
Letícia pelo amor, carinho e apoio  
incondicional em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que em sua infinita bondade me ilumina e guia todos os dias pelos caminhos da vida;

Ao Prof. Dr. Orientador Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva pelas orientações sempre precisas, exatas e oportunas;

A Prof.<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Co-Orientadora Sandra Helena Prudêncio pelas orientações no treinamento e seleção dos provadores de café;

Ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR pela disponibilidade dos laboratórios e serviços de apoio;

Aos meus pais Adelaide e Eloy e aos meus irmãos Anselmo, Beatrice, Marcelo, Berenice e Dalton com suas famílias, pelo apoio e compreensão em todos os momentos;

Ao pesquisador Armando Androcioi Filho pelo apoio e incentivo na ciência do café;

Ao corretor e provador de café Marcos Aurélio Bacceti pelas orientações, seu tempo e companheirismo;

Aos funcionários do Iapar: Margarida de Oliveira, Regina Lúcia Alda Ferreira, Regina Kiyomi Hiruo Aida, Nadir Mineiro Crispim, Maria Aparecida Dias da Silva, Maria Catarina Perez, Maria Isabel Florentino Ferreira, Antonio Candido Rosa, Marcos Ferreira Scholz e estagiários Priscilla Renata Farias Mendes, Jonas Galdino, Milana Aparecida Mantoani, Carla Gabriel Tofano, que não mediram esforços para as muitas análises sensoriais do café;

Ao senhor Ovídio Mantoani por compartilhar suas experiências vividas nas lavouras de café;

Ao senhor Daniel Henrique de Andrade experiente provador e conhecedor do café por partilhar seus conhecimentos sobre café;

A amiga Mery Yovana Rendón pelas frutíferas discussões e indagações sobre o café;

Aos colegas e amigos da Área de Ecofisiologia do Iapar pelo apoio e incentivo constantes;

As funcionárias do laboratório da Área de Ecofisiologia do IAPAR Benedita Benta da Silva e Cíntia Sorane Gold Kitzberger Sacoman, e as estagiárias Kátia Miki Kuma e Joice Vânia Nogueira da Silva pelo apoio sempre pronto;

Ao pesquisador João de Lima pelo auxílio nas análises cromatográficas;

A bibliotecária Jaqueline Hitomi Nakao Sawada Buratto pela colaboração da atualização constante a revisão bibliográfica;

A Comissão Organizadora dos Concursos de Qualidade Paraná, aos funcionários da Emater e, principalmente, a todos os cafeicultores paranaenses que prepararam e gentilmente cederam as amostras para este estudo;

*“Se as coisas são inatingíveis... ora!  
Não é motivo para não querê-las...  
Que tristes os caminhos, se não fora  
A presença distante das estrelas!”*

*Mario Quintana*

SCHOLZ, Maria Brígida dos Santos. **Tipologia dos cafés paranaenses**: uma abordagem através da análise fatorial múltipla dos aspectos físico-químicos e sensoriais. 2008. 136 fls. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

## RESUMO

O reconhecimento das características do café associadas a um agro-sistema para agregar valores e atender às exigências dos consumidores estimula a produção de tipos de café com características devidamente identificadas. O objetivo deste estudo foi explorar e explicar as características físico-químicas e sensoriais do café produzido na região cafeeira do Paraná através de uma abordagem integrada do terroir com aplicação da análise fatorial múltipla (AFM). Foram determinadas variáveis físico-químicas do grão verde e do grão torrado, bem como atributos sensoriais de 169 amostras de café cultivadas comercialmente em 2003/2004 e 2004/2005. Na matriz original de dados foram exploradas as correlações entre as variáveis, evidenciando as correlações significativas úteis, não sendo possível encontrar um indicador individual para descrever apropriadamente a qualidade do café. A presença de grupos de variáveis físico-químicas do grão verde, do grão torrado e dos atributos sensoriais permitiu a aplicação da AFM para descrever os tipos de café formados por similaridades de sua composição físico-química e atributos sensoriais. Ao identificar os conjuntos de características diferenciadoras do café em função da preferência de bebida, tornou-se possível direcionar os tipos de café encontrados no Paraná para atender aos diversos segmentos da cadeia de consumo. As microrregiões produtoras de café agrupadas a partir de altitude e temperaturas médias foram igualmente descritas com a aplicação da AFM com grupos de variáveis qualitativas (altitude e temperatura) e variáveis quantitativas. A análise simultaneamente dos grupos de variáveis (físico-químicas do grão verde, do grão torrado e de atributos sensoriais) proporcionou a identificação e descrição dos cafés das microrregiões, a partir de diferentes conjuntos de variáveis. A combinação de componentes do grão verde como lipídios, açúcares totais, proteínas, densidade, ácidos clorogênicos do grão verde, juntamente com a expansão do grão torrado e a liberação de sólidos na bebida e atributos sensoriais aroma de café, aroma doce e gosto ácido foram consequência dos níveis de formação e maturação encontrados nos cafés de cada microrregião. Os resultados abrem caminhos para a identificação das especificidades da composição e dos atributos sensoriais do café relacionadas à sua origem geográfica agregando valor ao produto.

**Palavra chaves** *Coffea arábica*, Análise multivariada, Tipificação, Terroir, Composição de café, Qualidade.

SCHOLZ, Maria Brígida dos Santos. **Tipologia dos cafés paranaenses**: uma abordagem através da análise fatorial múltipla dos aspectos físico-químicos e sensoriais. 2008. 136 fls. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

### ABSTRACT

The recognition of the characteristics of coffee associated to a given agricultural system and aimed at adding value and attending the consumers' demands stimulates the production of types of coffee properly described. The objective of this study was to explore and to explain the physicochemical characteristics and sensory attributes of the coffee grown in Parana State (Southern Brazil) based on an integrated approach of the terrior and the application of multiple factor analysis (MFA). Physicochemical variables of green coffee beans and roasted coffee beans were determined, as well as, sensory attributes of the beverage, in the 169 samples of commercially cultivated coffee produced in 2003/2004 and 2004/2005. In the original matrix data, the possible correlations between all the variables were explored, evidencing the useful significant correlations without finding an unique indicator that adequately describes the coffee quality. The presence of the groups of physicochemical variables relative to the green coffee beans, to the roasted coffee beans and to sensory attributes allowed the application of the MFA to describe the coffee types according to their similarities on the factors. When the characteristics were identified, the coffee types were described as a function of its preference and became factible to indicate types the types of coffee found in Parana State to supply the segments the consumption chain. The coffee producing in micro regions, based on altitude and average temperatures, were equally analyzed by applying MFA to groups of qualitative ( altitude and temperature) and qualitative variables. The combination of the different components (lipids, total sugars, sucrose, proteins, beans density, chlorogenic acids) in the green coffee beans, expansion of the roasted beans and the presence of solids in the beverage resulted in the sensory attributes coffee aroma, sweet aroma and acid taste were the consequences of the maturation and formation coffee beans in each microregions. The present study shows a new possibility in the search for specificities in the coffee beans composition and sensory attributes related to the geographical source, adding monetary value to the coffee.

**Keywords:** *Coffea arabica*, multivariate analysis, tipologia, coffee composition, coffee quality

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 5.1</b> – Matriz de correlações das variáveis físico-químicas do grão verde .....	68
<b>Tabela 5.2</b> – Matriz de correlação das variáveis físico-químicas do grão torrado .....	71
<b>Tabela 5.3</b> – Coeficientes de correlação entre as variáveis físico-químicas do grão verde e do grão torrado .....	72
<b>Tabela 5.4</b> – Matriz de correlação dos atributos sensoriais .....	74
<b>Tabela 5.5</b> – Coeficientes de correlação entre as variáveis físico-químicas do grão torrado e do grão verde e dos atributos sensoriais .....	75
<b>Tabela 5.6</b> – Valores das variáveis físico-químicas do grão verde dos tipos de café formados pelas características de grão verde (COM) e de grão torrado (GT) e dos atributos sensoriais (AS) .....	78
<b>Tabela 5.7</b> – Valores das variáveis físico-químicas do grão torrado dos tipos de café pelas características de grão verde (COM) e de grão torrado (GT) e nos atributos sensoriais (AS) .....	79
<b>Tabela 5.8</b> – Notas dos atributos sensoriais de tipos de café formados pelas características de grão verde (COM), de grão torrado (GT) e dos atributos sensoriais (AS) .....	79
<b>Tabela 5.9</b> – Autovalores (AV) e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 das ACP parciais para os grupos de variáveis físico-químicas e sensoriais .....	81
<b>Tabela 5.10</b> – Autovalores (AV) e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 da Análise Fatorial Múltipla (AFM) para os grupos de variáveis físico-químicas e sensoriais .....	81
<b>Tabela 5.11</b> – Contribuições dos grupos de variáveis na formação do F1 e F2 da AFM e valores de $\cos^2$ para os respectivos grupos .....	83
<b>Tabela 5.12</b> – Coeficientes RV dos grupos de variáveis físico-químicas do grão verde, físico-químicas do grão torrado e sensoriais e da AFM dos tipos de café formados pelas variáveis físico-químicas e sensoriais .....	84
<b>Tabela 5.13</b> – Valores de contribuição das observações para a formação dos fatores F1 e F2 e das coordenadas das observações .....	88
<b>Tabela 5.14</b> – Microrregiões cafeeiras formadas pelos municípios em função da altitude local e temperaturas médias anuais .....	93
<b>Tabela 5.15</b> – Autovalores e variância e variância acumulada (V. Ac) para os dois primeiros fatores da Análise de Correspondência Múltipla (ACM) aplicada às variáveis qualitativas do terroir (altitude e temperatura) .....	94
<b>Tabela 5.16</b> – Contribuições (%) e $\cos^2$ das variáveis qualitativas na formação de fatores para Análise de Correspondência Múltipla (ACM) .....	94
<b>Tabela 5.17</b> – Autovalores e variância acumulada (V. Ac) nos fatores F e F2 formados pela ACP parciais .....	96

<b>Tabela 5.18</b> – Autovalores e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de variáveis quantitativas físico-químicas e sensoriais.....	96
<b>Tabela 5.19</b> – Contribuições (%) e $\cos^2$ dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de variáveis qualitativas e quantitativas .....	97
<b>Tabela 5.20</b> – Coeficientes RV para os grupos de variáveis da AFM aplicada às microrregiões cafeeira .....	98
<b>Tabela 5.21</b> – Autovalores e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de FQV e FQT em cafés das microrregiões cafeeiras.....	101
<b>Tabela 5.22</b> – Cargas fatoriais e contribuições das variáveis para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos cafés das microrregiões .....	102
<b>Tabela 5.23</b> – Contribuições (%), valores de $\cos^2$ e das coordenadas das microrregiões para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM, com FQV e FQT como grupos ativos	103
<b>Tabela 5.24</b> – Resumo das características físico-químicas do grão verde, do grão torrado e atributos sensoriais das microrregiões cafeeiras.....	110

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 4.1</b> – Ficha para o treinamento e avaliação das amostras de bebida de café .....	48
<b>Figura 4.2</b> – Esquema de formação dos tipos de café formados a partir de suas similaridades físico-químicas e sensoriais .....	54
<b>Figura 4.3</b> – Tabela de dados representando os conjuntos de indivíduos avaliados pelos grupos de variáveis .....	57
<b>Figura 4.4</b> – Representação da nuvem $J$ parcial $N^j_I$ no espaço $R^k$ .....	58
<b>Figura 4.5</b> – Princípio da representação superposta obtida a partir da AFM .....	58
<b>Figura 4.6</b> – Janela inicial para escolha das opções de tabelas de dados, nomes, números e nomes das observações .....	61
<b>Figura 4.7</b> – Janela da AFM com as opções para as ACPs parciais, escolha de variáveis qualitativas e quantitativas e número de eixos nos gráficos .....	62
<b>Figura 4.8</b> – Janela para informações sobre os grupos das variáveis ativas e suplementares .....	63
<b>Figura 4.9</b> – Janela para as opções para resultados de estatística e correlações das tabelas de dados, autovalores, contribuições e $\cos^2$ .....	63
<b>Figura 4.10</b> – Janela para a escolha de opções para a construção dos gráficos da ACP e AFM. ....	64
<b>Figura 4.11</b> – Janela com a lista das seleções realizadas para o procedimento da AFM .....	64
<b>Figura 4.12</b> – Janela com o relatório final e resultados da AFM .....	65
<b>Figura 5.1</b> – Projeção das variáveis físico-químicas e atributos sensoriais dos tipos de café COM, GT e AS formados pela AA sobre o plano determinado por F1 e F2 da AMF .....	85
<b>Figura 5.2</b> – Projeção dos tipos de café formados pela AA e submetidos à AMF .....	89
<b>Figura 5.3</b> – Coordenadas das nuvens parciais dos tipos de café projetados no plano fatorial de F1 e F2 da AFM .....	91
<b>Figura 5.4</b> – Representação das projeções dos centróides das microrregiões obtidos na AFM e das ACP parciais dos grupos de variáveis no plano de F1 e F2 .....	99
<b>Figura 5.5</b> – Representação das projeções das variáveis ativas (linhas completas) e suplementares (linhas interrompidas) da AFM das microrregiões cafeeiras .....	101
<b>Figura 5.6</b> – Projeção das microrregiões sobre o plano fatorial formado por F1 e F2 da AFM dos grupos FQV e FQT ativos .....	105

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1</b> – Compostos responsáveis pela formação das características da bebida do café.....	23
<b>Quadro 4.1</b> – Condições cromatográficas empregadas para determinação de trigonelina, cafeína e 5-ACQ .....	39
<b>Quadro 4.2</b> – Parâmetros para as determinações de trigonelina, cafeína e 5-ACQ em amostras de café verde .....	40
<b>Quadro 4.3</b> – Procedência e características das amostras de café usadas como referência dos extremos da escala .....	49
<b>Quadro 4.4</b> – Descrição dos atributos das amostras de café empregadas como referências nos pontos de extremos da escala (âncoras) .....	50
<b>Quadro 4.5</b> – Latitude, altitude médias e temperatura média anual das microrregiões .....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 ORIGEM E CONSUMO DO CAFÉ .....	17
2.2 CAFÉ E SEU CULTIVO .....	17
2.3 RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E A COMPOSIÇÃO DO CAFÉ.....	21
2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CAFÉ.....	28
2.5 ANÁLISE FATORIAL MÚLTIPLA.....	32
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>36</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 AMOSTRAS DE CAFÉ .....	37
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO CAFÉ VERDE .....	38
4.2.1 Preparo das Amostras .....	38
4.2.2 Umidade .....	38
4.2.3 Trigonelina, Cafeína e Ácido 5 – cafeoilquínico.....	40
4.2.4 Ácidos Clorogênicos .....	40
4.2.5 Taninos Totais .....	41
4.2.6 Lipídios .....	41
4.2.7 Proteínas .....	41
4.2.8 Acidez Titulável .....	41
4.2.9 Açúcares Redutores e Açúcares Totais .....	41
4.2.10 Densidade Aparente do Grão Verde.....	42
4.3 TORRA DO CAFÉ .....	42
4.3.1 Torra das Amostras de Café de Referências para a Análise Sensorial.....	42
4.3.2 Torra das Amostras de Café para as Análises Físico-Químicas e Sensoriais Descritivas...	43
4.3.3 Análises Físico-químicas do Café Torrado .....	43
4.3.3.1 Densidade aparente do café torrado.....	43
4.3.3.2 Expansão de volume.....	43

4.3.3.3	Análise da cor do café torrado .....	44
4.3.3.4	Acidez titulável na bebida de café .....	44
4.3.3.5	Perda de peso .....	45
4.3.3.6	pH na bebida de café .....	45
4.3.3.7	Sólidos na bebida de café (°Brix) .....	45
4.4	ANÁLISES SENSORIAIS .....	45
4.4.1	Escolha e Preparo da Bebida das Amostras de Referência, Treinamento e para Seleção Final dos Provadores .....	45
4.4.2	Preparo e Apresentação da Bebida para a Análise Descritiva .....	46
4.4.3	Equipe de Provadores .....	46
4.4.3.1	Provadores profissionais .....	46
4.4.3.2	Recrutamento e treinamento da equipe para a análise descritiva .....	47
4.4.3.3	Seleção final dos provadores .....	50
4.4.4	Avaliação das Amostras de Café em Estudo .....	51
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	51
4.5.1	Análise de Correlações entre as Variáveis Físico-químicas e Sensoriais .....	51
4.5.2	Formação dos Tipos de Café .....	52
4.5.2.1	Tipos de café formados em função da cadeia de consumo .....	53
4.5.2.2	Tipos de café formados a partir das microrregiões cafeeiras .....	55
4.5.3	Metodologia da Análise Fatorial Múltipla .....	56
4.5.3.1	Princípios teóricos .....	56
4.5.3.2	Descrição operacional para a execução da AFM .....	59
4.5.3.3	Utilização do XL-STAT para AFM .....	60
4.5.3.4	Seqüência para auxiliar a interpretação dos resultados .....	65
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
5.1	CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS .....	67
5.1.1	Correlações entre as Variáveis Físico-químicas do Grão Verde .....	67
5.1.2	Correlações entre as Variáveis Físico-químicas do Grão Torrado .....	70
5.1.3	Correlações entre as Variáveis Sensoriais .....	73
5.2	APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL MÚLTIPLA .....	77
5.2.1	Descrição dos Tipos de Café em Função de Cadeia de Consumo .....	78
5.2.2	Análise dos Tipos de Café Avaliados Através da AFM .....	80
5.2.3	Representação Global dos Tipos de Café .....	84

5.2.4	Projeção dos Tipos de Café no Plano Formado por F1 e F2 da AFM .....	87
5.2.5	Projeção do Centróide e das ACP parciais .....	91
5.3	MICRORREGIÕES CAFFEEIRAS FORMADAS EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS .....	92
5.3.1	Análise de Correspondência Múltipla (ACM) Aplicada as Variáveis do Terroir .....	92
5.3.2	ACP Parciais para os Grupos de Variáveis Quantitativas .....	95
5.3.3	Importância Relativa dos Grupos de Variáveis para Descrição dos Cafés das Microrregiões Caffeiras .....	98
5.3.4	Grupos Ativos de Variáveis Físico-químicas do Grão Verde (FQV) e do Grão Torrado (FGT).....	100
5.3.5	Descrições das Características Físico-químicas e Sensoriais das Microrregiões Caffeiras	103
<b>CONCLUSÃO.....</b>		<b>111</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>112</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>124</b>
ANEXO 1 -	Níveis de probabilidade de $F_{(amostras)}$ dos provadores para os atributos da bebida de café.....	125
ANEXO 2 -	Níveis de probabilidade de $F_{(repetição)}$ dos provadores para os atributos da bebida de café.....	126
ANEXO 3 -	Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir das variáveis físico-químicas do grão verde.....	127
ANEXO 4 -	Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir das variáveis físico-químicas do grão torrado .....	128
ANEXO 5 -	Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir dos atributos sensoriais	129
ANEXO 6 -	Cargas fatoriais e contribuições das variáveis para formação dos componentes F1 e F2 da AFM na formação dos tipos de café em função de sua composição (COM e GT) e atributos sensoriais (AS).....	130
ANEXO 7 -	Coordenadas das nuvens parciais e da AFM dos tipos de café.....	131
ANEXO 8 -	Valores médios das características físico-químicas grão verde das microrregiões cafeiras.....	132
ANEXO 9 -	Valores médios das características físico-químicas grãos torrados das microrregiões cafeiras.....	133
ANEXO 10 -	Valores médios dos atributos sensoriais de cafés das microrregiões.....	134
ANEXO 11 -	Coordenadas das nuvens parciais e da AFM das microrregiões.....	135
ANEXO 12 -	Contribuições (%), valores de $\cos^2$ e das coordenadas das microrregiões para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM.....	136

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo estatísticas da Organização Internacional do Café (OIC) a produção mundial do café para a safra de 2008/2009 será de 123 a 125 milhões de sacas, da qual o Brasil, como maior produtor, participará com 41- 44 milhões de sacas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2008).

Ao lado dessa produção, observa-se um aumento constante do consumo mundial e nacional de café, que em 2008 será de 125 milhões de sacas, ultrapassando os 123 milhões de 2007 (CONAB, 2008).

No Paraná são plantados cerca de 100 mil hectares de café com uma produção prevista para 2008/2009 de 2,3 milhões de sacas (CONAB, 2008). As campanhas de produção de café com qualidade, através dos Concursos de Qualidade realizados no Paraná nos últimos seis anos, aumentaram o interesse pela melhor qualidade, exigindo a tipificação e a identificação da qualidade regional do café paranaense.

O aumento do consumo demanda cada vez mais uma diferenciação do produto e, para agregar valor e atender satisfatoriamente as exigências dos consumidores, programas governamentais e institucionais estimulam a produção com qualidade permitindo que o café seja comercializado como um produto especial, substituindo a comercialização tradicional.

As características físico-químicas do grão verde e atributos sensoriais do café são expressões das condições ambientais e práticas de cultivo e frequentemente são empregadas para identificar as características próprias do café.

A identificação da qualidade do café envolve a avaliação de uma grande área de produção de café, o que resulta em elevado volume de informações, envolvendo características qualitativas e quantitativas dessa produção agrícola.

A análise multivariada de dados, em particular a Análise Fatorial Múltipla, tem se mostrado uma opção adequada para a redução da dimensionalidade dos dados e explorar características na população por meio de grupos de variáveis, posicionadas lado a lado, buscando a relação dos fatores com indivíduos e com as variáveis para encontrar tipologias de variáveis, de indivíduos (amostras) e tendências entre os dados.

A identificação e descrição das características próprias dos tipos de café cultivados e a sua associação às origens geográficas cafeiras tornou-se uma questão de grande importância para a cafeicultura no Paraná.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ORIGEM E CONSUMO DO CAFÉ

Originário das terras altas da Abissínia, hoje a Etiópia, Quênia e Sudão, o café é cultivado nas regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao seu crescimento. A descoberta de seu uso como uma bebida estimulante remota a mais de 1000 anos e é cercada de lendas e mistérios. Após ser mantido em segredo e rodeado de mistérios foi plantado em regiões fora de seu local de origem a partir do século XVI durante a era dos grandes descobrimentos (CLARKE; MACRAE, 1989).

Em 1792 o sargento Palheta trouxe das Guianas Francesas as primeiras mudas de café para o Brasil e as plantou no Maranhão. Progressivamente, o café foi sendo plantado nas áreas litorâneas brasileiras e chegou ao Rio de Janeiro difundindo-se rapidamente para o interior do país. No Estado de São Paulo encontrou as condições climáticas apropriadas para seu desenvolvimento e tornou-se a principal cultura agrícola daquele estado, a partir do século XIX. Com o avanço da lavoura cafeeira formaram-se milhares de municípios paulistas e paranaenses e, mais tarde, mineiros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2007).

Economicamente, o café é um produto agrícola importante no comércio mundial e somente é superado pelo comércio de petróleo (ABIC, 2007).

Atualmente, o café é cultivado em muitos países em diferentes regiões do mundo e é a base econômica de muitos deles. O Brasil é o principal produtor mundial de café com uma estimativa de safra para 2008/2009 de 41- 44milhões de sacas de 60 kg, produzidas principalmente em Minas Gerais, São Paulo e Paraná (CONAB, 2008).

Desde o princípio o consumo do café está associado ao convívio social e comercial. A partir do século XVII iniciou-se na Europa a comercialização mundial do café juntamente com o cacau, trazido das Américas pelos comerciantes venezianos, e na seqüência formaram-se as primeiras empresas importadoras e torradoras de café naquele continente, muitas das quais ainda hoje comercializam estes produtos (THORN, 1998).

O consumo interno brasileiro de café em 2006 cresceu de forma acentuada. No período compreendido entre novembro de 2005 e outubro de 2006, a Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) registrou o consumo de 16,33 milhões de sacas, o que

representou um acréscimo de 5,1 % em relação ao período anterior correspondente (base 2005), quando o volume apurado havia sido de 15,53 milhões de sacas. A diferença de 800 mil sacas em apenas um ano é maior que o consumo anual de muitos países produtores de café (ABIC, 2007).

O mercado brasileiro, estimado pela Organização Internacional do Café (OIC) em 31 milhões de sacas de café /ano, representa 14% da demanda mundial e mais de 50% do consumo interno de todos os 57 países produtores de café. O consumo mundial, segundo a OIC, cresce apenas 1,5% ao ano em média, enquanto que no Brasil, o consumo interno evoluiu 19,2% desde 2003, crescendo de 13,7 milhões de sacas para as atuais 16,33 milhões (ABIC, 2007).

Fatores como a melhoria contínua da qualidade oferecida aos consumidores, a consolidação do mercado dos cafés diferenciados e de alta qualidade (ABIC, 2005) e a percepção dos benefícios para a saúde, proporcionados pelo café (DAGLIA; CUZZONI; DACARRO, 1994; HIDGON; FREI, 2006; MINAMISAWA; YOSHIDA; TAKAI, 2004) têm mantido o aumento contínuo do consumo do café nos últimos cinco anos.

## 2.2 CAFÉ E SEU CULTIVO

A palavra café vem do nome latim do gênero *Coffea*. Este gênero é membro da família Rubiácea que inclui mais de 500 gêneros e cerca de 6000 espécies. Dentro do gênero *Coffea* somente duas espécies são comercialmente cultivadas: *C. arábica* e *C. canephora*. Outras espécies como a *C. liberica* e *C. dewevrei* são fontes de novas características de produtividade, resistência a doenças nos processos de melhoramento genético da espécie arábica (VAN DER VOSSSEN, 2001).

A criação de novas variedades de café é um processo longo e custoso e a introdução de novas características (resistência à ferrugem, ao frio, melhor qualidade de bebida) são alcançados somente após longos anos de experimentação (VAN DER VOSSSEN, 2001).

Fatores como a variedade cultivada, a altitude, condições de temperatura, pluviométricas e níveis de fertilização são importantes na determinação da qualidade do café porque interferem na formação e maturação dos grãos, alterando suas características intrínsecas e resultando em diferentes níveis de qualidade (SILVA et al., 2005).

A região cafeeira no Paraná está situada à alta latitude, em uma região de transição climática que apresenta grande diversidade de clima e solo. A cafeicultura instalou-se em regiões delimitadas pelas condições climáticas de temperatura e deficiência hídrica (CARAMORI et al., 2001).

Estudos realizados por Androciolli et al. (2003) constataram que o café da região cafeeira paranaense com temperaturas entre 20-21°C resultou em bebidas de sabor, aroma, doçura e corpo de qualidade superior àquelas bebidas de regiões mais quentes (23-24°C).

O tipo de adubação influencia de maneira direta a formação do grão de café e, conseqüentemente, sua qualidade de bebida. Quando se comparou o café cultivado de forma orgânica com aquele que recebe adubação química, observou-se que o café orgânico verde retido em malha 17 apresentou menor concentração de lipídios e proteínas e menor acidez sensorial que o café sem manejo orgânico. Após a torra, o café de manejo orgânico apresentou maior quantidade de lipídios, sólidos solúveis e compostos aromáticos que o café de cultivo tradicional (MACÍAS-MARTINEZ; RIÃNO-LUNA, 2002).

A qualidade do café dos países da América Central e Colômbia está estritamente associada à altitude do local de cultivo, observando-se maior acidez da bebida do café quanto maior é a altitude. Estudos realizados por Buenaventura-Serrano e Castaño-Castrillón (2002) demonstraram que as melhores regiões para qualidade estão entre 1450 e 1650 m na Colômbia. Observaram um aumento de lipídios no grão verde de café (acima de 1250 m) e uma diminuição de pH, e do valor de °Brix na bebida de café. A avaliação sensorial constatou que a acidez da bebida aumenta até altitude de 1450-1650 m e partir deste ponto observou-se uma diminuição de sua percepção na bebida.

A aplicação da análise multivariada de componentes principais (ACP) aos resultados do estudo de altitude permitiu a separação de cinco grupos de acordo com a altitude. As melhores qualidades sensoriais de bebida (nota geral, acidez, amargo, corpo) foram observadas para o grupo situado entre 1450 a 1650 m de altitude. O café desta altitude apresentou menor expansão após a torra, maior densidade de grão verde e de café torrado (grão e moído) e com mais baixos valores de pH e de °Brix (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002).

Fatores combinados de altitude e o sombreamento influenciaram de modo diferente a qualidade das variedades Bourbon e Catuaí. Estas variedades têm comportamentos semelhantes até a altitude de 1100m, mas a 1400 m a variedade Catuaí foi mais precoce que a Bourbon. A análise sensorial mostrou que a variedade Bourbon é pouco afetada pela altitude,

enquanto que a variedade Catuaí apresenta melhores qualidades sensoriais a 1100 m do que a 1400 m (GUYOT et al., 1996).

No mesmo estudo observou-se que o sombreamento afetou de maneira significativa o gosto amargo da bebida: o café cultivado sem sombreamento é mais amargo, o que reforça a importância desta prática para a qualidade do café. Um excesso na intensidade do gosto amargo, causado principalmente pela presença de ácidos clorogênicos, e o aumento de acidez total, cafeína e sacarose e a diminuição de trigonelina são fatores prejudiciais à qualidade do café arábica (DECAZY et al., 2003, VAAST et al., 2006).

A temperatura determina a velocidade de desenvolvimento do grão do café. Efeitos da temperatura obtidos em estudos de sombreamento do café indicam que grão de tamanho maior é obtido em café cultivado sob sombra que aqueles cultivados a pleno sol. Estudos realizados por Morais et al. (2006) observaram aumento do tamanho do grão em decorrência do sombreamento e subsequente diminuição da temperatura ambiental.

O abaixamento da temperatura resultante do sombreamento prolonga o amadurecimento do grão, permite maior translocação de nutrientes para o grão, aumentando o seu tamanho (BOTE, 2007).

Muschler (2001) observou os efeitos de vários regimes de sombreamento nas variedades Caturra e Catimor em regiões sub-ótimas para cultivo. Ambas as variedades exibiram um aumento de tamanho de grão como também melhoria na aparência visual, o que refletiu na melhor qualidade de bebida observada e no aumento do corpo e do gosto ácido nas variedades estudadas. Para a variedade Catimor, o sombreamento causou uma redução da produção de aroma.

A identificação da qualidade e a interação das variedades com o ambiente são de primordial importância para a definição e caracterização do café de cada região. Vários estudos (AVELINO et al., 2005; DECAZY et al., 2003, VAAST et al., 2004) confirmam a variabilidade e o grande efeito ambiental sobre a qualidade final do café.

Pesquisadores do Equador, onde as regiões de cultivo de café apresentam diversidade de clima e solo, realizaram um estudo detalhado englobando variáveis agrícolas, químicas e sensoriais para caracterizar a qualidade do café de cada região. Observaram que várias características dos grãos e da bebida do café são afetadas pelos sistemas de adubação, aplicação de fungicidas, temperatura e altitude, influenciando diretamente a qualidade do café. Através da medida de intensidade dos atributos sensoriais de aroma, acidez, sabor e corpo e uma nota de qualidade global esse estudo permitiu identificar as regiões onde se pode

produzir café de qualidade superior, além de identificar os principais problemas de cada região que impedem a melhor qualidade do café (DUICELA et al, 2003).

### 2.3 RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E A COMPOSIÇÃO DO CAFÉ

O café como grão verde não contém nenhuma das características encontradas na bebida. Durante a torra ocorrem reações formadoras dos diversos compostos aromáticos que compõem o aroma, o gosto e sabores próprios do café. As transformações físico-químicas dependem dos compostos presentes no grão, do grau de torra e do binômio tempo e temperatura para a extração da bebida, entre outros fatores (GINZ et al., 2000; ORTOLÁ et al., 1993; PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001).

Certamente, a torrefação ou torra é uma das etapas mais importantes no processamento do café, porque é quando ocorrem profundas transformações físico-químicas, estruturais e sensoriais no grão de café verde (PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001; SCHENKER et al., 2000).

A duração da torra depende da capacidade e potência de aquecimento do torrador, da temperatura e umidade inicial do café, como também do tamanho do grão e da variedade de café (MENDES et al., 2001).

Os atributos de acidez e corpo da bebida do café são fortemente influenciados pelo processo de torra. Inicialmente, se verifica um aumento da intensidade destes atributos e na seqüência ocorre uma diminuição gradual desses atributos até o final da torra. Desta maneira, o café de torra mais clara tem maior acidez e é mais encorpado que aquele de torra escura. Nesse mesmo estudo observou-se, ainda, que o pH da bebida de café aumenta proporcionalmente ao tempo de torra (YATE; TUO, 1995; GINZ et al., 2000).

Estudos relevaram que os compostos aromáticos são formados à medida que a torra se desenvolve (SCHENKER et al., 2000; SCHENKER et al. 2002). Em torras claras a formação destes compostos aromáticos atinge baixas concentrações e, este tipo de torra é recomendado para identificar os aromas e sabores indesejáveis causados por defeitos (SILWAR; LÜLLMANN, 1993). Quando o café é torrado em excesso desenvolve um aroma e sabor intenso de queimado e aumenta significativamente o sabor amargo (NEBESNY; BUDRYN, 2006).

O processo de torra é controlado pelas modificações de coloração e aspecto físico do grão, desenvolvimento de aromas ou pela perda de massa (HERNÁNDEZ et al., 2007; MENDES et al., 2001; PITTIA; DALLA ROSSA; LERICI, 2001; RODRIGUES et al., 2003).

A coloração dos grãos de café se modifica progressivamente à medida que a torra transcorre: de uma cor verde ou verde amarelado torna-se marrom escuro (PITTIA; MANZOCCO; NICOLI, 2001).

Segundo Avelino et al. (2002) existe uma correlação entre a luminosidade no sistema CIELab ( $L^*$ ) e as características sensoriais de corpo e amargo da bebida do café e sugerem que estas avaliações sejam realizadas quando o valor de  $L^*$  estiver entre 24-28 nits, para que o aroma ou sabor de queimado ou verde não sejam percebidos.

A temperatura da torra determina as características do café torrado. Rodrigues et al. (2003) observaram, após 10 min, uma queda de luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) e tonalidade cromática (H) quando o café foi torrado a uma temperatura de 220°C.

Estudos realizados por Schenker et al. (2000) relacionando as modificações de perda de peso e coloração dos grãos, verificaram que no café torrado a 220 °C entre 9-12 minutos ocorre uma perda de peso de 15,5% , a qual corresponde a um valor de  $L^*$  de 24,06 nits.

A perda de peso e a expansão de volume aumentam durante a torra e as suas velocidades de ocorrência, descritas pela inclinação da reta de regressão em relação ao tempo, dependem do binômio tempo-temperatura no decorrer do processo (PITTIA; DALLA ROSA; LERICI, 2001). A cor e densidade dos grãos torrados também são inversamente proporcionais à temperatura de torra: quanto maior a temperatura, mais rapidamente atinge a mesma densidade e coloração dos grãos (PITTIA; DALLA ROSA; LERICI, 2001).

Os componentes do grão verde de café são os responsáveis pelas características sensoriais da bebida. No Quadro 2.1 estão as principais classes de compostos dos grãos de café verde e sua contribuição na formação das características sensoriais da bebida do café. Mais de 1000 compostos podem ser identificados no aroma característico do café torrado, porém somente algumas dezenas têm impacto direto na sua formação. (DE MARIA; MOREIRA, TRUGO, 1998). Experimentos com modelo de aroma de café testado sensorialmente identificaram 24 compostos aromáticos pertencentes na maioria aos grupos dos furanos e dos pirróis (MAYER; CZERNY; GROSCH, 2000). O grupo furano, predominante entre os compostos aromáticos do café, são os responsáveis pelos aromas semelhantes a caramelo e são resultantes da pirólise dos açúcares. Os pirróis podem ser

formados a partir das reações de Maillard, reações de Strecker, da pirólise de aminoácidos e da degradação de trigonelina (GINZ et al., 2000; TAGUCHI; SAKAGUCHI; SHIMABAYASHI, 1985; VIANNI; HORMAN, 1974).

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS	REFERÊNCIAS
Proteínas e aminoácidos	Aromas	GUYOT; CHRISTOPHE; GUEULE, (1997); MONTAVÓN; MAURON; DURUZ, (2003)
Sacarose	Aromas	GUYOT et al.; (1996), AVELINO et al., (2002)
Trigonelina	Aromas, gosto amargo	VIANI; HORMAN, (1974); DECAZY et al., (2003)
Compostos fenólicos	Aromas, sabor adstringente	GINZ et al., (2001), MAZZAFERA, (1999), FARAH et al., (2006)
Ácidos clorogênicos, e cafeína	Aromas, gosto amargo e ácido	GUYOT et al., (1997), FRANK; ZEHENTBAUER; HOFMANN, (2006) GINZ ;ENGELHARDT (2001)
Polissacarídeos	Aromas, corpo e espuma.	REDGWELL et al., (2002b), NUNES et al., (1997), NUNES ; COIMBRA (1998)
Lipídios	Aromas, corpo	FERIA-MORALES (1991), LARA-ESTRADA, (2005)
Ácidos orgânicos de cadeia curta	Gosto ácido	GINZ et al., (2000), NEBESNY; BUDRYN, (2006)

**Quadro 2.1** - Compostos responsáveis pela formação das características da bebida do café

O grupo das pirazinas tem baixos limiares de percepção e contribuem para o aroma de café torrado, cereal e nozes na bebida de café (YERETZIAN et al., 2002). São compostos voláteis característicos de produtos submetidos a tratamento térmico com exceção da metoxi-pirazina, que é encontrada em vegetais não processados e também no café verde (CANTERGIANI et al., 2001).

As reações de Maillard e as reações de escurecimento não enzimáticas estão entre as principais reações que ocorrem durante a torra e resultam no aroma do café (CLARKE; MACRAE, 1989).

Os açúcares resultantes da quebra durante a torra reagem com amoniácidos livres e grupos amino de proteínas (reação de Maillard) para formar aminocetonas e aminoaldoses, que após outras reações formam numerosos compostos voláteis e odoríficos. Conforme a torra continua, acontecem outras reações envolvendo a degradação por interação e quebra de carboidratos e compostos nitrogenados, ácidos clorogênicos e outros ácidos

orgânicos e em menor extensão os lipídios. Estas reações levam a formação de água, CO<sub>2</sub> e compostos voláteis (GINZ et al., 2000).

Os carboidratos presentes no grão de café verde contribuem significativamente para as características de corpo da bebida e estabilidade de espuma em café expresso (GINZ et al., 2000; NUNES; COIMBRA, 1998).

A sacarose, frutose e glicose são os principais açúcares encontrados no café e a concentração desses açúcares está relacionada com o estágio de maturação do grão. A sacarose aumenta à medida que aumenta a maturação do grão, enquanto que a glucose e frutose diminuem ao final do ciclo (MAZZAFERA, 1999; ROGERS et al, 1999a; VASCONCELOS et al., 2007). Estes açúcares estão entre os mais importantes precursores dos compostos responsáveis pelos compostos aromáticos formados durante a torra.

O teor de proteínas pode variar entre 11 a 16 % no grão de café e é influenciado pelas condições ambientais, práticas de adubação e estágio de maturação (FRANCA et al., 2005; MACÍAS-MARTINEZ; RIÑO-LUNA, 2002).

A principal proteína de armazenamento é uma proteína 11S, que representa um importante reservatório de aminoácidos livres e peptídios (ROGERS et al., 1999b). Observou-se que a concentração de proteínas aumenta à medida que o grão se desenvolve (MAZZAFERA, 1999; ROGERS et al, 1999a) e os grãos defeituosos, como grãos pretos ou ardidos apresentam geralmente maiores teores de proteínas (OLIVEIRA et al., 2006; VASCONCELOS et al., 2007).

A concentração média de aminoácidos livres no grão de café verde é 0,39% e 0,44%, para as espécies arábica e robusta respectivamente, com predominância de ácido glutâmico, serina e alanina na espécie arábica e de asparagina, ácido aspártico e glutâmico na espécie robusta (ARNOLD; LUDWIG, 1996).

Os ácidos clorogênicos são encontrados no café em quantidades variando entre 4,0 a 8,4% para o café arábica e entre 7 a 14% no café robusta (FARAH; DONANGELO, 2006). Os ácidos clorogênicos são responsáveis pela formação de pirazinas, fenóis e ésteres fenólicos durante a torra, e assim devido à maior concentração de ácidos clorogênicos nos grãos verdes, após a torra o café robusta terá maior concentração desses compostos de que o café arábica (CLARKE; MACRAE, 1989).

A trigonelina, composto encontrado em baixa concentração no café verde, tem importante função na formação de aroma do café bebida. Os estudos sobre trigonelina no café verde apontam para valores entre 1,0 e 1,2 % de trigonelina em café arábica e entre de 0,60 e 0,75 % para variedades de café robusta (CLARKE; MACRAE, 1989). A presença de

trigonelina em variedades comerciais brasileiras está entre 0,7 a 1,2% com média de 0,9% (MORI et al., 2001).

A trigonelina é completamente solúvel em água e é responsável por grande parte do amargor encontrado no café. Estudos de Taguchi, Sakaguchi e Shimabayashi (1985) e de Daglia, Cuzzoni e Dacarro (1994) demonstraram a formação de ácido nicotínico a partir a trigonelina. Também, foi possível identificar a presença de derivados do pirrol após o aquecimento da trigonelina e produtos resultantes dessa degradação são potentes precursores de aroma e gosto amargo, contribuindo para a formação destas características na bebida (VIANI; HORMAN, 1974).

A acidez é a característica marcante dos cafés quenianos e tem se observado que o desenvolvimento da acidez no café está associado a cafeeiros cultivados em regiões de grande altitude na África, na América Central e Colômbia (GUYOT et al., 1996, BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002).

A acidez do café torrado apresenta grande dependência em relação ao grau de torra do café. A bebida de um café de torra média (perda de peso de 13-15%) terá uma acidez facilmente percebida pelo consumidor. As bebidas de café de torra escura (perda de peso de 17-20%) são pouco ácidas ou sem acidez, de tal maneira que o gosto amargo será percebido como um gosto puro (YATE; TUO, 1995).

O café verde contém grande número de ácidos orgânicos não voláteis incluindo o ácido cítrico (0,5%), ácido málico (0,5%), ácido oxálico (0,2%) e ácido tartárico (0,2%) que contribuem para acidez da bebida (ALCÁZAR et al., 2003; GALLI; BARBAS, 2004; JHAM et al., 2002).

Os ácidos clorogênicos são praticamente todos degradados durante a torra formando principalmente, o ácido quínico. A produção excessiva e ou a degradação de ácido quínico tem sido associada à acidez indesejável quando o café é excessivamente torrado (acima de 20% de perda de peso) ou quando a bebida do café permanece em aquecimento após o preparo (LELOUP; LOUVRIER; LIARDON, 1995; COFFEE RESEARCH INSTITUTE, 2007).

Nos alimentos, a característica sensorial de corpo é definida como a sensação tátil de consistência de uma bebida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1993). No café, corpo é a sensação de bebida forte e concentrada produzindo uma sensação agradável na boca (MORI; ANJOS, BRAGAGNOLO, 1999). Substâncias com moléculas grandes e de configuração esférica geralmente contribuem para a

viscosidade do alimento. Lipídios, proteínas e polissacarídeos estão associados à presença de corpo em alimentos (ORTOLÁ et al., 1993; WILSON; PETRARCO; ILLY, 1997).

Durante a torra, a elevação da temperatura causa mudanças fundamentais na estrutura e composição química da parede celular das células do parênquima. As paredes celulares sofrem modificações causadas pela desidratação da hemicelulose e substâncias pécnicas da parede celular, resultando em vaporização com a formação principalmente de CO<sub>2</sub> e outros hidrocarbonetos. Também, ocorre o aquecimento durante a torra que causa desnaturação de polissacarídeos como as galactomananas e arabinogalactomananas com a redução da massa molar desses dois compostos (REDGWEL et al., 2002a).

Durante a torra observa-se expansão da célula em consequência do aumento da pressão interna, resultante do vapor de água e do CO<sub>2</sub> formados. À medida que o processo de torra se estende pode ocorrer liberação de vapor de água e de gases através dos orifícios na parede celular (GEIGER et al., 2005; PITTIA, DALLA ROSA, LERICI, 2001).

A torra do café modifica significativamente a estrutura dos polissacarídeos presentes, conferindo diferentes propriedades funcionais a esses polímeros. Durante a pirólise, os polissacarídeos se decompõem em compostos de menor massa molar (despolimerização), o que aumenta a sua solubilidade. Este aumento de solubilidade afeta positivamente o corpo da bebida e a quantidade de sólidos solúveis (MACÍAS-MARTINEZ; RIÑO-LUNA, 2002).

A presença de polissacarídeos também está relacionada com a formação de espumas e a retenção de aroma de café, principalmente no café expresso.

A estabilidade da espuma depende da quantidade de polissacarídeos de alta massa molecular extraídos durante o preparo do café expresso. Estes compostos também aumentam o corpo, devido ao aumento da viscosidade da bebida (NUNES et al., 1997, NUNES; COIMBRA, 1998; PIAZZA; BULBARELLO; GIGLI, 2007).

Os polissacarídeos podem exceder a 50% do peso seco do café verde. Nas principais espécies de café (arábica e robusta) as galactomananas e arabinogalactomananas são os polissacarídeos predominantes no grão de café verde que apresentam pequenas diferenças na sua estrutura, principalmente nas ramificações das cadeias (REDGWELL et al., 2002b).

Os lipídios têm um papel importante na estabilidade e liberação de aroma em alimentos porque atuam como solventes de aromas hidrofóbicos e servem como componentes da interface envolvida na liberação do aroma. Muitos compostos responsáveis pelo aroma são parcialmente solúveis nos lipídios, que juntamente com o aroma conferem também maciez quando o alimento é consumido (KLAHORST, 2004).

Os teores de lipídios dependem de vários fatores, particularmente da espécie e variedades. Segundo Mazzafera et al. (1998), o teor de óleo em variedades de cafés arábicas Mundo Novo e Bourbon vermelho é em média de 11,98 % e de 13,96% , respectivamente. Estudos ainda indicaram que grão de cafés completamente formados e sem defeitos apresentam maiores quantidade de lipídios que grão apresentando os defeitos conhecidos como grão preto, grão verde (imaturo) e grão ardido (OLIVEIRA et al., 2006; VASCONCELOS et al., 2007).

Os lipídios no café estão localizados no endosperma do grão (WILSON, PETRARCO, ILLY, 1997) e são representados basicamente por triglicerídios e por quantidades variáveis de outros compostos lipídicos específicos. Os principais ácidos graxos presentes no óleo de café são ácido palmítico, palmitoleico, linoleico, linolênico, araquídico, e icosenóico (JHAM et al., 2001; NIKOLOVA-DAMYANOVA et al., 1998).

A percepção de amargo no café está associada à presença de cafeína, trigonelina, ácido cafeico e quínico, além de outros compostos fenólicos (NAISH; CLIFFORD; BICHI, 1993). A presença do gosto amargo no café é aceitável até certo ponto e é significativamente dependente do grau de torra do café (MENDES et al., 2001).

A expressão genética para a síntese de cafeína varia de uma espécie para outra e esta diferença é também influenciada pela interação entre a variedade e o ambiente (SILVA, et al., 2005). Os valores médios de cafeína entre 0,9% e 1,0 % foram encontrados para o café arábica e, entre 1,2 a 2,5% para o café robusta (KY et al., 2001) e pequenas alterações destes valores são encontradas durante as fases de maturação do café (MAZZAFERA, 1999).

A adstringência é um complexo de sensações devido ao encolhimento do epitélio bucal como resultado da presença de substâncias como polifenóis, que estão entre os principais compostos responsáveis por estas características em vinhos e frutas (LESSCHAEVE; NOBLE, 2005). A saliva contém uma considerável quantidade de proteínas que proporciona uma lubrificação na boca. Quando os polifenóis reagem com estas proteínas formam complexos insolúveis desidratando as proteínas e causando a sensação de secura que corresponde à adstringência.

Os taninos são polímeros flavonóides de alta massa molar que resultam na sensação de adstringência do alimento e são classificados em dois grupos baseados em sua estrutura: taninos hidrolisáveis e taninos condensados. O primeiro grupo tem um anel central de glucose ou um álcool polihidroxilado esterificado com ácido gálico ou elágico e são facilmente hidrolisados por ácido, bases ou enzimas. O segundo grupo é formado com

polimerização de catequinas e ou leucoantocianidinas que não se hidrolisam com ácidos (LESSCHAEVE; NOBLE, 2005).

Os grãos de café são ricos em polifenóis e a presença destes compostos depende do grau de maturação dos frutos: quanto mais imaturo maior a quantidade de polifenóis. A presença de grãos imaturos no preparo da bebida de café seria a principal causa do aparecimento da adstringência (MAZZAFERA, 1999). Esta é uma característica negativa, pois a presença de compostos fenólicos no café em quantidade maiores que as verificadas normalmente estão associadas à menor qualidade (FARAH; DONANGELO, 2006).

#### 2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CAFÉ

Os países produtores de café têm seus próprios sistemas de classificação de qualidade, que raras vezes incluem a avaliação sensorial da bebida. Geralmente, nesses sistemas de classificação consideram como padrão de qualidade o tamanho dos grãos, a altitude do local de cultivo (Colômbia), região de produção (América Central) ou a maneira de preparo café expresso (FERIA-MORALES, 2002).

No Brasil, em negócios de exportação, a classificação considera os defeitos presentes, o tamanho e coloração do grão e as características de bebida avaliada por provadores profissionais (BRASIL, 2003).

A avaliação da qualidade da bebida do café no Brasil é determinada pela tradicional prova de xícara, criada em 1907 pela Bolsa de Café e Mercadorias de Santos e perdura até os dias atuais (BRASIL, 2003). Nesta avaliação, os provadores descrevem a bebida usando uma escala nominal de cinco ou sete categorias de qualidade, sem uma relação quantitativa entre elas. Na escala de sete pontos, os extremos superiores e inferiores são representados, respectivamente, pelas categorias estritamente mole e rio zona, e quando a escala é de cinco categorias os pontos extremos são determinados pela categoria apenas mole e categoria rio.

Em nível industrial, em empresas de grande porte, a classificação é realizada em duas etapas. Na primeira etapa, o departamento de compra classifica o café de maneira semelhante a aquela para exportação e na etapa seguinte uma equipe de provadores treinada pela indústria processadora descreve a qualidade do café (FERIA-MORALES, 2002).

A valorização da qualidade do café e o aparecimento dos cafés especiais ou gourmet, que exploram a diversidade de café de diferentes origens, encontraram na análise sensorial uma ferramenta apropriada para identificar e monitorar as características de qualidade do café (McEWAN, 1998).

O uso desta técnica, porém, encontrou vários obstáculos porque exige uniformização de procedimentos para estender seus resultados a todos os envolvidos nesta cadeia produtiva. Nos países produtores de café como o Brasil e Colômbia, que tradicionalmente avaliam a qualidade de bebida, e nos países importadores de café (Alemanha, França e Itália), a bebida de café é avaliada por provadores profissionais que recebem treinamento durante vários anos até tornarem-se aptos para avaliar a qualidade de bebida (McEWAN, 1998; PUERTA-QUINTERO, 1999).

Geralmente, a avaliação do café nas empresas de comercialização de café é realizada por um ou dois provadores após anos de treinamentos intensivos que desenvolvem uma grande sensibilidade para muitas características de um produto. Estes provadores profissionais após longo tempo de experiência são capazes de fazer julgamentos rápidos na compra de matérias primas e no controle de qualidade, porque se tornam extremamente sensíveis as alterações que ocorrem nos grãos de café verde (FERIA-MORALES, 2002).

A avaliação do café através da escala nominal de categorias de bebida é subjetiva e impossibilita a comparação e análise estatística dos resultados. Estudos pioneiros de Garruti; Conagin (1961) atribuíram pontos à escala nominal usada na comercialização de café. As atribuições de valores numéricos escalonados aos padrões proporcionaram a interpretação analítica dos dados e uma medida da variabilidade e da coerência dos resultados. Estas escalas devem ser padronizadas periodicamente com novos padrões obtidos em fontes fidedignas e comparados com os padrões do ano anterior. Esta determinação da equivalência dos novos padrões em relação ao ano anterior permite calibrar os provadores e os padrões, bem como, comparar os grupos de experimentos garantindo a continuidade da pesquisa através dos anos.

A escala proposta pela aferição de um grupo de provadores treinados parece ser mais exata do que aquela que admite iguais distâncias para as sensações diferentes, pois ela permitirá a transformação qualitativa em unidades quantitativas e dessa forma conduzir a uma interpretação analítica dos resultados (GARRUTI; CONAGIN 1961). Porém, este tipo de escala não teve a aceitação, provavelmente pela complexidade de treinamento e deficiências técnicas de apoio como tipos de testes sensoriais e estatísticos apropriados.

As amostras de café pertencentes à mesma categoria podem ter nuances perceptíveis de sabor. Uma bebida classificada como mole pode ser caracterizada como bastante encorpada, encorpada, sem corpo ou então apresentar maior ou menor grau de acidez, características de qualidade excelente demandada pelos compradores externos (AGUIAR et al., 2002).

Com o desenvolvimento da análise sensorial, foram disponibilizadas novas técnicas que evitam as deficiências das escalas nominais. Entre estas técnicas uma das mais empregadas é a análise descritiva que, a partir de uma equipe treinada, pode ser usada com sucesso no desenvolvimento e na descrição das características de qualidade do café (McEWAN, 1998). Neste método o provador avalia cada atributo presente no produto descrevendo-o e quantificando o grau de intensidade em uma escala linear. Para tanto os provadores devem ser treinados no uso da escala de maneira a responder de forma consistente e precisa durante o período da avaliação (ANDUEZA, 2002; SILVA et al., 2003).

Observa-se o emprego de vários tipos de escalas em uma mesma metodologia proposta para avaliar a qualidade do café. Cada atividade exige um treinamento intenso e detalhado (MOSCHETTO et al., 1996; PUERTA-QUINTERO, 1999). O uso de diferentes tipos de escala na mesma metodologia torna mais difícil a tarefa do provador porque exigem do provador atividades de reconhecimento, quantificação e de preferência em uma mesma avaliação.

A metodologia de análise sensorial descritiva tem sido empregada pelo setor de cafés especiais sob a orientação da SCCA (Speciality Coffee Association of América), que disponibilizou um sistema de classificação baseado nos atributos gerados por metodologia de análise sensorial clássica acrescentada de outros termos próprios dos mercados de café. (FERIA-MORALES, 2002).

Esta classificação é amplamente empregada nos concursos de qualidade do café nos países produtores e compradores de café e também serviu de base para a avaliação das características sensoriais para o café torrado brasileiro. Mori, Anjos e Bragagnolo (1999) propuseram a descrição dos atributos de qualidade através de escala de categoria para os atributos de fragrância do pó, aroma da bebida e defeitos, uma escala de intensidade para os atributos de acidez, amargor, sabor residual, adstringência e corpo e uma avaliação de preferência para a qualidade global da bebida.

Entre os atributos de maior relevância nas avaliações descritiva do café está o aroma, acidez, corpo, amargor e adstringência da bebida do café. Baseado em protocolos padronizados de torra e preparo da bebida, estes atributos são usados amplamente na

avaliação de qualidade do café em diferentes institutos de pesquisa de café (DECAZY et al 2003; DUICELA et al 2003; PUERTA-QUINTERO 1996; PUERTA-QUINTERO 1998).

Recentemente a Rede Européia para Análise Sensorial (ENS) elaborou um estudo para uniformizar as avaliações sensoriais da União Européia. Provedores de países europeus avaliaram amostras de café de diferentes origens torrados em diferentes graus de torra. Estes estudos propuseram um vocabulário comum para a União Européia com 13 atributos: amargo, queimado, borracha, torrado, químico, sabor e aroma de café, ácido, frutado, cítrico, fermentado, ranço, adstringente e floral (McEWAN, 1998).

Os atributos são escolhidos entre aqueles que informam sobre o processamento, condições de armazenamento, técnicas de preparo a que foi submetido o produto. O número de atributos varia de acordo com o produto a ser analisado. Na análise descritiva a qualidade do café solúvel foi descrita pela medida de 13 atributos (CALVIÑO; ZAMORA; SARCHI, 1996), enquanto que o café produzido com diferentes graus de torra foi descrito com 17 atributos, incluindo a intensidade dos atributos amargo e queimado (MONTEIRO et al., 2005).

Para avaliar a influência do estágio de maturação de café na qualidade sensorial da bebida, foram escolhidos 25 atributos de aromas e sabores em uma lista de cerca de 150 atributos pré-definidos, que representavam as características de maior influência na diferenciação das amostras (WILLIAMS; FERIA-MORALES; KARI, 1989).

Na avaliação de café torrado são considerados principalmente aqueles relacionados com as características de torra e qualidade de bebida, que têm forte influência nas características sensoriais da bebida (DELLA MODESTA et al., 2000; MONTEIRO et al., 2005; MORI et al., 2001; SILVA et al., 2003).

Centros internacionais de pesquisa de café empregam diferentes grupos de atributos e de escalas para avaliar a qualidade de novos genótipos de café. Entre estes atributos os mais frequentes são os atributos de aroma de café, sabor ácido, amargo, verde, adstringente, fermentado, mofado e corpo (AGUIAR et al., 2002; CAVALETTO; NAGAI; BITTENBENDER, 1991; MORENO; MORENO; CADENA, 1995; MOSCHETO et al., 1996; PUERTA QUINTERO, 1996) que normalmente são avaliados em escalas de categoria, de intensidade e de preferência com cinco ou nove pontos. Entretanto, Dutcosky (2007) chama a atenção para as diferenças entre aceitação e preferência.

Em seu programa de qualidade a Associação Brasileira de Indústrias de Café (ABIC), sugere uma versão subjetiva da escala da SCCA, para o café torrado brasileiro.

Nesta análise são avaliados os atributos de aroma, acidez, amargo, sabor, sabor estranho, adstringência, sabor residual e qualidade global (ABIC, 2007).

Devido à complexidade da bebida de café, a definição dos atributos pode algumas vezes mostrar-se imprecisa. Aromas e sabores que são facilmente identificados em uma amostra podem não ser identificados ou devidamente quantificados em outra amostra, devido à sua interação com a matriz do café. A formação de um conceito global de qualidade em bebidas complexas como vinho, chocolate e erva mate, pode refletir com maior precisão a qualidade final (ZAMORA; GUIRÃO, 2004).

A escolha de poucos atributos e a sua clara e precisa definição são recomendadas quando se deseja a avaliação de atributos específicos, por exemplo, no estudo do efeito de modos de cultivos, de níveis de adubação, processo de colheita (AVELINO et al., 2002, PUERTA-QUINTERO, 1996) porque a capacidade humana de avaliar diferentes aromas presentes em uma mistura é limitada.

Entretanto quando o objetivo de um estudo é descrever ou caracterizar as propriedades sensoriais de um produto descrevendo os aspectos qualitativos e quantitativos recomenda-se a aplicação de um método sensorial descritivo (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

Para atender a crescente demanda de cafés com características de qualidade específicas, nos últimos anos surgiram canais alternativos à comercialização tradicional do café. Porém, o cafeicultor deve ser conhecedor das características sensoriais do café para fazer uso eficiente desse novo mecanismo de comercialização do seu café.

Através da descrição detalhada das características físico-químicas e sensoriais inerentes ao café, identificando os tipos de café existentes no Estado, o cafeicultor paranaense poderá se beneficiar ao agregar valores monetários ao seu produto comercializado para atender nichos especiais do mercado de café.

## 2.5 ANÁLISE FATORIAL MÚLTIPLA

As representações gráficas são importantes instrumentos para a síntese de visualização de conjuntos de dados. Essas representações quando resultantes de análises multivariadas, após resumir as variáveis, permitem a projeção dos fatores formados, das

variáveis e das observações no espaço vetorial para identificar as correlações existentes (STANIMIROVA; WALCZACK; MASSART, 2005).

A análise de componentes principais (ACP) está entre aquelas análises multivariadas mais empregadas para representar tabelas de dados formadas por amostras e variáveis descritivas (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002; LÓPEZ-GALILEA; PEÑA; CID, 2008).

A projeção resultante da ACP é obtida após a formação dos componentes quando as variáveis e as amostras são projetadas e analisadas separadamente no plano formado geralmente pelo primeiro e segundo componente e os dados analisados devem ser sempre quantitativos (HAIR et al., 2005).

Frequentemente, porém, ocorre que os indivíduos (amostras) são descritos por grupos bem definidos de variáveis e quando se pretende a sua projeção (representação) no espaço, simultaneamente, não é possível porque cada grupo tem um peso diferente na descrição ou nas análises das amostras. Além do mais, as amostras e grupos de variáveis são projetadas em espaços diferentes, impedindo a interpretação dos dados (ABDI; VALENTIN, 2007b; ESCOFIER; PAGÈS, 1983).

Adicionalmente, dentro do conjunto de variáveis quantitativas podem-se identificar conjuntos de variáveis que medem aspectos específicos, que de forma natural se agrupam em conjuntos ou às vezes são definidos pelo pesquisador (ASSELIN et al., 1999; DECAZY et al., 2003; ESCOFIER; PAGÈS, 1983).

Entretanto, quando o pesquisador se depara com análise de dados que apresentam variáveis quantitativas (numéricas) e qualitativas (categorizadas), outros métodos devem ser buscados para explorar e ou explicar convenientemente os dados em análise.

A estatística tem sido cada vez mais utilizada no processo de tomada de decisão. Buscar tendências que muitas vezes encontram-se ocultas em grandes tabelas de dados (bancos de dados), nem sempre é uma tarefa fácil. Entre os diferentes métodos disponíveis para a análise de múltiplas tabelas de variáveis mistas encontra-se a Análise Fatorial Múltipla (AFM).

A vantagem da AFM frente aos outros métodos de redução de dimensionalidades, como a ACP e Análise de Correspondência (AC), é que ela permite incluir na análise dos dados, novas variáveis que representam grupos de variáveis (GUZMÁN, 2006).

A metodologia se apóia principalmente na busca da redução da dimensionalidade dos dados, sem perda significativa de informação, buscando uma relação dos fatores com indivíduos e com as variáveis para encontrar tipologias de variáveis, de

indivíduos (amostras) e tendências entre os dados. Desta maneira, pode-se estabelecer que conjuntos de indivíduos tenham comportamento similar ou distinto, de forma global e, em cada grupo de variáveis, encontrando diferenças e semelhanças dentro de subgrupos de interesse e ou dentro de um mesmo conjunto de dados (ABDI; VALENTIN, 2007b).

A AFM é utilizada para explorar características na população por meio de várias tabelas de dados ou grupos de variáveis, posicionadas lado a lado. Cada grupo pode ser formado por diferentes quantidades de variáveis. Também, podem ser grupos heterogêneos (quantitativas ou qualitativas), mas cada grupo deve ser composto por um mesmo tipo/categoria de variável (ESCOFIER; PAGÈS, 1983).

Na ACP clássica um grupo de variáveis pode ter um papel predominante sobre os demais grupos, devido principalmente ao número de variáveis do grupo (quanto maior é o número, maior é a influência do grupo) e/ou a correlação das variáveis que formam o grupo (quanto maior a correlação entre as variáveis, maior a influência do grupo). Na AFM, entretanto ocorre uma padronização dos dados, balanceando a influência dos vários grupos ativos de variáveis (ESCOFIER; PAGÈS, 1983; PAGÈS; HUSSON, 2001).

Segundo Escofier e Pagès (1983) a importância da transformação é fundamental para a interpretação dos resultados, pois têm a propriedade de poder comparar as diferentes nuvens de pontos, resultantes da projeção dos indivíduos (amostras) num espaço R de grupo de variáveis. Todas as nuvens podem ser comparadas quando são levadas a um subespaço de menor dimensão, por meio de projeções, de forma que se pode explicar a maior variabilidade dos pontos.

No caso de se estar frente a grupos de variáveis categorizadas, desenvolve-se uma Análise de Correspondência (AC) quando se tem duas tabelas ou, Análise de Correspondência Múltipla (ACM) para múltiplas tabelas. Nesses casos os dados são padronizados de igual forma que a AFM e as variáveis categorizadas são então analisadas seguindo o mesmo procedimento que as quantitativas. Assim, suas interpretações e projeções são feitas de forma similar a qualquer variável quantitativa (ESCOFIER; PAGÈS, 1983, ABDI; VALENTIN, 2007a).

Além de analisar tabelas de dados mistos, a AFM permite a adição de variáveis suplementares, tanto na tabela de indivíduos como na tabela de variáveis. Estas variáveis suplementares podem ser qualitativas ou quantitativas, não participam dos cálculos, mas são projetadas nos gráficos, permitindo uma melhor interpretação/entendimento dos dados (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008).

A interpretação das projeções pode ser avaliada pelo uso de indicadores ( $\cos^2$ , contribuição, coordenadas) que permitem detectar entre os indivíduos e variáveis aqueles que estão bem projetados e que contribuem para a formação do eixo ou fator.

Embora a AFM possa ser considerado um caso particular de Análise Canônica Generalizada, seu desenvolvimento e aplicação foram, inicialmente, mais circunscritos aos leitores francôfonos (ESCOFIER; PAGÈS, 1983, GUZMÁN, 2006). Porém, mais recentemente, a AFM tem merecido destaque entre os métodos de análise multivariada, em razão da disponibilidade de softwares livres (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008) ou comerciais (ADDINSOFT, 2007).

Algumas aplicações da AFM podem ser encontradas na literatura como: caracterização dos vinhos tintos do Vale de Loire (ESCOFIER; PAGÈS, 1983); comparação interlaboratorial de perfis sensoriais de compotas e chocolates (PAGÈS; HUSSON, 2001); caracterização de sucos de laranja aplicando-se AFM em combinação com análise regressão com mínimos quadrados parciais (PAGÈS, TENENHAUS, 2001) e a qualidade dos cafés hondurenhos (DECAZY et al., 2003), como também em estudos de contaminações ambientais por produtos químicos (STANIMIROVA; WALCZACK; MASSART, 2005).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Através de uma abordagem integrada dos efeitos da interação de condições ambientais na caracterização do café, o presente estudo tem como objetivo explorar e explicar as características físico-químicas e sensoriais do café produzido na região cafeeira através da aplicação de análise fatorial múltipla.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características físico-químicas do café verde, do café torrado e os atributos sensoriais do café cultivado no Paraná.
- Correlacionar as características físico-químicas e sensoriais do café
- Formar os tipos de café em função das características e os atributos já mencionados e relativos à cadeia de consumo e às microrregiões cafeeiras do Paraná.
- Aplicar a metodologia de análise fatorial múltipla, buscando a identificação e descrição dos tipos de café estudados.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 AMOSTRAS DE CAFÉ

Foram coletadas 169 amostras de café dos municípios da região cafeeira paranaense nas safras de 2003/2004 (79 amostras) e 2004/2005 (90 amostras) que participaram do Concurso de Qualidade “Café Paraná”, promovido por entidades oficiais ligadas à cafeicultura paranaense.

Para participar do concurso o produtor apresentou uma amostra de café secado naturalmente (coco) ou como café cereja descascado, retirada de 30 sacas de 60 Kg de café seco, representantes sua melhor produção naquela safra. Foram selecionados os cafés de melhor qualidade de bebida nos municípios cafeeiros sob a coordenação dos Núcleos Regionais da Emater/PR, na região cafeeira do Paraná e foram enviados para a Comissão do Concurso de Qualidade “Café Paraná”.

As amostras participantes do concurso foram beneficiadas e padronizadas para peneira 16 (6,5mm), com menos de 8 defeitos em 300g de grãos e pertencentes às categorias de bebida mole, apenas mole e dura.

Em todas as amostras de café foram determinadas suas características físico-químicas do grão verde e do grão torrado e os atributos sensoriais.

As características físico-químicas do café verde foram avaliadas através das análises de proteína, lipídios, açúcares totais, sacarose, açúcares redutores, ácidos clorogênicos, taninos totais, acidez titulável, trigonelina, 5-ACQ, cafeína e densidade do grão verde. Estas variáveis formaram o grupo de variáveis físico-químicas do grão verde (FQV)

Os efeitos da torra foram avaliados no grão torrado e na bebida preparada com o café torrado e moído. Assim, no grão torrado determinou-se a perda de peso, densidade do grão torrado, expansão de volume,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma e H, enquanto que na bebida avaliou-se o pH, acidez titulável e sólidos totais presentes. Essas variáveis foram denominadas variáveis físico-químicas do grão torrado (FQT).

As características sensoriais da bebida foram avaliadas através da medida da intensidade dos atributos turbidez, aroma de café, aroma verde, aroma doce, corpo, gosto doce, gosto ácido, sabor verde, gosto amargo e sabor adstringente. Estes atributos foram identificados como atributos sensoriais da bebida (SENS).

## 4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO CAFÉ VERDE

### 4.2.1 Preparo das Amostras

Para as determinações físico-químicas os grãos verdes das amostras de café foram congelados com nitrogênio líquido e moídos em moinho de disco PERTEN 3600 com partículas de cerca 0,5 mm. Foram acondicionadas em frascos plásticos e mantidas em freezer (-18°C), sendo descongeladas 20h antes das determinações.

As determinações das análises físico-químicas foram realizadas com duas repetições e os resultados foram expressos em base seca. Todos os reagentes empregados nas determinações foram de grau de pureza p.a.

### 4.2.2 Umidade

A umidade foi determinada em estufa a 105°C durante 3h, segundo metodologia da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (1990). A perda de peso da amostra corresponde à água presente na amostra de café. Os resultados foram expressos em g/100g de café.

### 4.2.3 Trigonelina, Cafeína e Ácido 5 - cafeoilquínico

A trigonelina, cafeína e ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) foram determinados pelo método de Cromatografia de Alta Eficiência, conforme método descrito por Alves et al, (2006) e com modificações para adequá-lo para café verde.

Para a extração 0,5 g de café verde moído foram adicionadas de 30mL de água a 80° C e mantida sob aquecimento nesta temperatura durante 10 min. A seguir a amostra foi filtrada em papel filtro Whatman 1, diluindo-se 5 mL do filtrado em 25 mL de

água. Antes de injeção no cromatógrafo a amostra foi filtrada em membrana filtrante Millipore de porosidade de 0,45  $\mu\text{m}$ .

Os padrões de trigonelina, cafeína e 5-ACQ para o preparo das curvas de calibração foram da marca Sigma/Aldrich e os demais reagentes foram de grau HPLC e grau p.a. A identificação e quantificação dos compostos foram feitas comparando-se o tempo de retenção e a área formada no cromatograma, respectivamente.

A água para o preparo de padrões e soluções foi obtida por sistema de purificação e filtração Milli-Q. As fases móveis utilizadas foram filtradas em sistema Millipore de filtração a vácuo com membranas de 0,45  $\mu\text{m}$  e degaseificadas, por 25 min antes de sua utilização.

As condições cromatográficas para as determinações de trigonelina estão descritas no Quadro 4.1.

Fase estacionária	Coluna	Spherisorb ODS 1-250 mm. x 4,6mm com partículas de 5 $\mu\text{m}$ (C18)
Fase móvel	Composição	Ácido acético 5% e acetonitrila 10%
	Vazão	0,8 mL/ min
Detecção UV		0 a 8 min - 272 nm; 8- 15 min - 320 nm; 15 min até final - 272 nm
Injeção		Válvula Rheodyne com alça de amostragem de 20 $\mu\text{l}$
Tempo de análise	Corrida	22 min.
	Estabilização	10 min.
Temperatura de análise		30 °C

**Quadro 4.1** - Condições cromatográficas empregadas para determinação de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos

As análises cromatográficas foram realizadas em cromatógrafo a líquido Waters constituído de sistema de bombeamento de solvente e válvula injetora Rheodyne, com alça de amostragem de 20  $\mu\text{L}$  e a coluna foi mantida a 30 °C durante a análise. O sistema está acoplado a um detector espectrofotométrico UV/visível Waters, conectado por uma interface a um microcomputador para processamento de dados.

Os valores de curva de calibração, repetibilidade e recuperação estão na Quadro 4.2. Os valores para as curvas de calibrações de trigonelina, cafeína e 5-ACQ são

médias aritméticas de duas determinações analíticas e os resultados foram expressos em g/100g de café.

<b>Parâmetros</b>	<b>Trigonelina</b>	<b>5-ACQ</b>	<b>Cafeína</b>
Tempo de retenção (min)	3,60	8,70	19,15
Concentração do padrão ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	0,20- 0,70	0,20 -1,00	0,20-1,00
Interseção da curva de calibração (a)	-17122,7	84881	82382,24
Inclinação da curva de calibração (b)	1486809	3288893	3371307
Coefficiente de correlação (r)	0,9953	0,9958	0,9981
<b>Repetibilidade de injeção</b>			
Média de triplicata de injeção	1,06	5,65	1,11
Desvio padrão	0,02	0,10	0,03
Coefficiente de variação (%)	1,98	1,77	2,81
Coefficiente de variação para extração (%)	2,98	2,91	3,95
<b>Recuperação</b>	100,73	104,76	95,25

**Quadro 4.2** – Parâmetros para as determinações de trigonelina, cafeína e 5-ACQ em café verde

#### 4.2.4 Ácidos Clorogênicos

Os ácidos clorogênicos totais foram avaliados segundo a metodologia proposta por Clifford e Wight (1976). Amostras de café moído foram agitadas durante 30 min. em álcool iso-propílico. Após filtração, em uma alíquota do filtrado adicionou-se o reagente de periodato de potássio 0,25% e a absorbância do pigmento formado foi lida em 406 nm. A curva padrão de comparação foi preparada entre 20-100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  e os resultados foram expressos em g/100g de café.

#### 4.2.5 Taninos Totais

Os taninos totais representam os taninos extraídos com água e foram determinados com reagente de Folin Ciocalteu, usando ácido gálico como padrão (1-10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), segundo metodologia proposta por AOAC (1990). A absorbância da cor desenvolvida foi lida em 706 nm e os resultados foram expressos em g/100g de café.

#### 4.2.6 Lipídios

Amostras de café moídas foram secadas em estufas a 105°C durante 3h e, após esta secagem os lipídios foram extraídos com éter de petróleo durante 16h, segundo método da AOAC (1990). A perda de peso corresponde à concentração de lipídios no café e os resultados foram expressos em g/100g de café.

#### 4.2.7 Proteínas

As proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl, (AOAC, 1990). O fator de 6,25 foi usado para converter o nitrogênio determinado em proteínas e os resultados foram expressos e g/100g de café.

#### 4.2.8 Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada pelo método proposto pela AOAC, (1990). Amostras de café moído foram deixadas em maceração durante 16h em etanol 95% neutralizado com NaOH 0,1N. Após filtração, uma alíquota foi titulada com NaOH 0,1N até neutralização usando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1N para 100g de café verde.

#### 4.2.9 Açúcares Redutores e Açúcares Totais

Os açúcares totais e açúcares redutores foram extraídos com água a 70°C, segundo método de Rogers et al., (1999a) e determinados com o reagente de Somogyi e Nelson (SOUTHGATE, 1976).

Amostras de café moído foram dispersas em água a 70-75°C e foram agitadas em banho-maria (70 -75°C) durante 30 min. Após o resfriamento foram clarificadas com sulfato de zinco 10% e hidróxido de sódio 0,5N. Numa alíquota do filtrado determinou-se o açúcar redutor através do método de Somogyi e Nelson. Os resultados foram expressos em g de glucose/ 100g de café.

Para determinar os açúcares totais, uma alíquota do filtrado anteriormente obtido foi acrescida de HCl concentrado e deixado em repouso em temperatura ambiente durante 16 h. Após neutralização com NaOH, numa alíquota do filtrado hidrolisado determinou-se os açúcares redutores empregando-se método de Somogyi e Nelson. Os resultados foram expressos em g de glucose/ 100g de café.

A sacarose foi determinada pela subtração dos açúcares redutores dos valores de açúcares totais.

#### 4.2.10 Densidade Aparente do Grão Verde

A densidade aparente do café verde foi determinada pelo método de queda livre, segundo método de Buenaventura-Serrano e Castaño-Castrillón (2002). Os resultados foram expresso em g/mL.

### 4.3 TORRA DO CAFÉ

#### 4.3.1 Torra das Amostras de Café de Referências para a Análise Sensorial

As amostras de café foram torradas em torrador para pequenas amostras com capacidade para 300g e com aquecimento a gás, da marca Rod-Bel, até ponto de torra clara, com perda de peso entre 11-12g/100g em relação ao peso inicial. A duração da torra foi de 8 a 10 minutos, em uma temperatura entre 200-210°C.

#### 4.3.2 Torra das Amostras de Café para as Análises Físico-Químicas e Sensoriais Descritivas

Para todas as etapas da análise descritiva do café, as amostras foram torradas em um torrador para pequenas amostras, com capacidade para 300g e aquecimento a gás, da marca Rod-Bel. Foram torrados 100g de café até um ponto final de torra média, onde ocorre uma perda de 13-13,5g/100g do peso inicial. A duração da torra foi de 8 a 10 minutos, em uma temperatura entre 210-230°C. Após a torra, as amostras foram resfriadas até atingir a temperatura ambiente, foram mantidas em frascos plásticos fechados e foram moídas em moinho manual de disco (FAMA-Indaiatuba, SP) no dia da realização da prova. As amostras foram provadas em no máximo 48h após a torra.

#### 4.3.3 Análises Físico-químicas do Café Torrado

##### 4.3.3.1 Densidade aparente do café torrado

A densidade aparente do café torrado foi determinada pelo método de queda livre (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002) e os resultados foram expressos em g/mL.

##### 4.3.3.2 Expansão de volume

O método de Buenaventura-Serrano e Castaño-Castrillon (2002) foi utilizado para determinar a expansão do grão ocorrida durante a torra. Cem gramas de café verde foram colocados em uma proveta de 100 mL e mediu-se o volume aparente, repetindo-se a operação duas vezes.

Após o café ser torrado e resfriado mediu-se novamente o volume utilizando-se uma proveta de 250 mL e a medida foi repetida por duas vezes. A expansão dos grãos foi calculada pela fórmula:

$$\text{Expansão (Exp V)} = \frac{\text{Volume final} - \text{Volume inicial}}{\text{Volume inicial}} \times 100$$

#### 4.3.3.3 Análise da cor do café torrado

A cor do café torrado foi medida com o espectrocolorímetro portátil Byk Gardner GMPG, modelo PCB-6805. O equipamento foi calibrado com os padrões branco e preto antes de cada medida. Foram usadas as condições de iluminação padrão C.I.E. O aparelho foi configurado para iluminante D65 e ângulo 10°. A cor foi expressa na escala L\* a\* b\*, onde L\*: luminosidade, a\*: componente vermelho-verde, b\*: componente amarelo-azul.

A tonalidade cromática (H\*) foi calculada pela equação:

$$H^* = \arctan(b^*/a^*)$$

A saturação ou croma (C\*) que representa o comprimento do raio de a\* até b\*, é calculado através da equação:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

O café torrado e moído foi colocado em um recipiente escuro com diâmetro de cerca de 4 cm, a superfície foi levemente pressionada e foram realizadas três leituras em cada amostra (SCHENKER et al., 2000).

#### 4.3.3.4 Acidez titulável na bebida de café

Foram pipetados 10 mL da bebida de café preparada como no item 4.4.2 e resfriada a 25°C. Titulou-se com solução de NaOH 0,01N até pH 8.2, medido em pHmetro digital Metrohm. Os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1N gastos (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002).

#### 4.3.3.5 Perda de peso

A perda de peso devido a torra foi calculada segundo Rodrigues et al. (2003). Todas as amostras foram pesadas, em duplicata, antes e após a torra. As diferenças de pesagens foram expressas em g/100g.

#### 4.3.3.6 pH na bebida de café

O pH da bebida foi determinado segundo método proposto por Yate e Tuo (1995). Em 10 mL de bebida de café preparada conforme o item 4.4.2 e, após a bebida atingir 25°C, mediu-se o pH fazendo-se uso de um pHmetro digital (Metrohm).

#### 4.3.3.7 Sólidos na bebida de café (°Brix)

A concentração de sólidos na bebida de café (°Brix), preparada conforme o item 4.4.2, foi determinada em refratômetro manual marca Kiltler, ajustado com água destilada e leituras corrigidas para 20°C (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002).

### 4.4 ANÁLISES SENSORIAIS

#### 4.4.1 Escolha e Preparo da Bebida das Amostras de Referência, Treinamento e para Seleção Final dos Provadores

As amostras de café para as sessões treinamento e as amostras de referência, para a e seleção final de provadores foram cedidas e avaliadas por corretoras de café da Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina-PR.

As amostras de café devidamente torradas foram moídas com granulometria grossa no moinho acoplado ao torrador. Foram preparadas três xícaras contendo cerca 7g de café moído acrescentando-se 100 mL de água em ponto de fervura (97-98°C). A seguir avaliou-se o aroma, homogeneizando-se a amostra com movimentos circulares de uma colher. Após atingir temperatura de 50-60°C, provadores profissionais avaliaram os atributos de aroma, sabor, acidez e corpo da bebida, registrando a presença dos atributos em ficha com identificação das amostras.

#### 4.4.2 Preparo e Apresentação da Bebida para a Análise Descritiva

Para a análise descritiva preparou-se a bebida de café na proporção de 7 g de café moído para 100 mL de água. O café torrado foi moído em moinho manual marca FAMA, com 80 % do café passando na malha de 0,5 mm. Pesou-se 42g de café moído em um frasco de vidro e adicionou-se 600 mL água no ponto de ebulição, misturando-se ligeiramente com uma colher. Após um minuto de extração, a solução foi filtrada através de papel de filtro para café (Mellita nº2) diretamente em uma garrafa térmica previamente lavada com água fervendo. O café foi servido aos provadores em cabine individual, com iluminação natural, em no máximo 20 minutos após o preparo, com temperatura entre 50-60 °C. Os provadores receberam as bebidas de café em copos descartáveis de 50 mL, identificados com números de três dígitos, escolhidos aleatoriamente. Para lavar o palato entre uma amostra e outra, os provadores dispunham de água filtrada com baixo teor de cloro (< 0,01%) a temperatura ambiente.

#### 4.4.3 Equipe de Provadores

##### 4.4.3.1 Provadores profissionais

Quatro provadores profissionais de café da Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina foram os responsáveis pela recomendação das amostras de referências para o treinamento e seleção final dos provadores da análise descritiva da bebida do café. Nessas

amostras recomendadas, os provadores profissionais confirmaram a presença dos atributos específicos desejados para o teste descritivo, a partir de avaliações de diversas bebidas de café preparadas conforme o item 4.4.1.

#### 4.4.3.2 Recrutamento e treinamento da equipe para a análise descritiva

Compareceram 25 funcionários e estagiários do Iapar interessados para iniciar o processo de seleção e treinamento. Na primeira reunião foram explicados aos participantes os objetivos da análise sensorial e distribuiu-se o questionário para obter informações pessoais sobre os mesmos.

No teste de reconhecimento de odores (álcool, pimenta, chocolate, limão, acetona, canela, cebola, mel, vinagre, cravo, café, orégano, catchup, erva doce e hortelã) foram aprovados os candidatos que obtiveram pontuação acima de 70% de acerto (POWERS, 1988).

Para o reconhecimento dos gostos básicos foram apresentadas soluções de ácido cítrico (1g/L), cloreto de sódio (5g/L), sacarose (16g/L), cafeína (0,5g/L), ácido tânico (0,5g/L) (MORI; ANJOS; BRAGAGNOLO, 1999) e foram aprovados os candidatos com acerto de 100% (POWERS, 1988).

Após os testes de reconhecimento de odores e gostos básicos, a equipe iniciou o treinamento no uso da escala de intensidade de estímulo. Para reconhecimento dos extremos de intensidade dos gostos amargo, ácido e doce foram apresentadas soluções de cafeína (1g/L e 0,5g/L), solução de ácido cítrico (0,1g/L e 0,05g/L) e de sacarose para (1,6g/L e 3,2g/L) respectivamente. Para o gosto amargo foram apresentadas amostras de café torrado até perda de peso de 11; 16 e 18% (MORI; ANJOS; BRAGAGNOLO, 1999).

Em duas sessões especiais os provadores degustaram doce de marmelo e marmelo em fruta e uma bebida de café com sabor adstringente para reconhecerem o sabor adstringente e posteriormente associar ao sabor adstringente da bebida de café.

No presente estudo optou-se por apresentar aos provadores do teste descritivo, atributos definidos pelos provadores profissionais de café porque a descrição de um produto é mais eficiente quando provadores em treinamento descrevem o produto a partir do vocabulário de provadores profissionais (CHOLLET; VALENTIN, 2001).

Para elaborar a ficha de avaliação foram escolhidos os atributos a partir daqueles pré-definidos por provadores profissionais da Organização Internacional do Café (WILLIAMS; FERIA-MORALES; KARI, 1989) e por outros Institutos de pesquisa de café (AGUIAR et al., 2002, AVELINO et al., 2002; PUERTA-QUINTERO, 1996). Os atributos escolhidos foram turbidez da bebida, aroma de café, aroma verde, aroma doce, corpo gosto doce, sabor verde, gosto ácido, gosto amargo e sabor adstringente.

A seguir foram preparadas sessões de reconhecimento destes atributos em amostras de café para maior familiarização dos mesmos. As sessões de treinamento de 20 minutos diários foram realizadas durante cinco meses com duas a três sessões semanais.

Os atributos foram medidos em uma escala não estruturada de dez centímetros de comprimento (Figura 4.1), com identificações da intensidade a um centímetro do extremo esquerdo e do extremo direito e marcação no ponto central (ANDUEZA et al., 2002).

ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA DE BEBIDA DE CAFÉ		
Provedor:	Amostra	Data
Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e marque na escala abaixo a intensidade dos atributos.		
1. Turbidez	fraca  -----  5  -----  intensa	
2. Aroma de café	fraco  -----  5  -----  intenso	
3. Aroma de verde	fraco  -----  5  -----  intenso	
4. Aroma doce	fraco  -----  5  -----  intenso	
5. Corpo	fraco  -----  5  -----  intenso	
6. Gosto doce	fraco  -----  5  -----  intenso	
7. Gosto ácido	fraco  -----  5  -----  intenso	
8. Sabor verde	fraco  -----  5  -----  intenso	
9. Gosto amargo	fraco  -----  5  -----  intenso	
10. Sabor adstringente	fraco  -----  5  -----  intenso	

**Figura 4.1** - Ficha para o treinamento e avaliação das amostras de bebida de café

Para o treinamento dos provedores as amostras de referências foram torradas e preparadas conforme os itens 4.3.1 e item 4.4.2, respectivamente.

As amostras de referência dos extremos das escalas de intensidade recomendadas pelos provadores profissionais estão apresentadas na Quadro 4.3.

<b>Café **</b>	<b>Procedência</b>	<b>Características da bebida</b>
Natural	Sto Antonio da Platina	Levemente aromática, pouco ácida, pouco amargo
Descascado	Cerrado Mineiro	Aroma de café, doce e agradável
Natural	S. Jerônimo da Serra	Aroma agradável, intenso, doce e de chocolate
Descascado	Londrina	Aroma doce e agradável
Despolpado	Sul de Minas	Ácida, amargo e bom aroma
Natural	S. Jerônimo da Serra	Sabor ácido, pouco corpo, sabor verde fraco
Natural	Grandes Rios	Acidez alta, aroma de café fraco
Natural	Apucarana	Sabor ácido fraco, aroma de café
Natural	Sto Antônio da Platina	Sabor ácido, aroma médio, pouco amargo e adstringente
Natural	Sto Antônio da Platina	Sabor ácido fraco, aroma e sabor doce
Natural	Uraí	Sabor e aroma intenso de verde
Natural	Uraí	Aroma intenso de verde
Descascado	Londrina	Sabor amargo pronunciado
Descascado	Londrina	Aroma agradável fraco, adstringente
Natural	Londrina	Sabor ácido corpo fraco aguado

**Quadro 4.3** - Procedência e características das amostras de café usadas como referência dos extremos da escala

As descrições dos atributos das amostras de café empregadas como referências nos pontos de extremos da escala (âncoras) estão apresentadas no Quadro 4.4.

Definição dos atributos *	Amostras de referência	
	Extremo Fraco	Extremo Intenso
<b>Aparência</b> <u>Turbidez</u> qualidade que não permite a passagem de luz, devido à presença de partículas em suspensão.	Amostra 395 filtrada em filtro de papel Mellita	Amostra 399 – filtrada em tecido fino (voile)
<b>AROMA</b> <u>Aroma de café</u> – aroma típico do café, adocicado, chocolate, mel ou caramelo.	Amostra 399	Amostra 344
<u>Aroma verde</u> – aroma associado à bebida proveniente de grãos imaturos, grama amassada, chá	Amostra 399	Amostra 307
<u>Aroma doce</u> – aroma resultante da caramelização do açúcar derretido	Amostra 341	Amostra 394 + 4% de cobertura de caramelo
<b>SABOR</b> <u>Sabor verde</u> – sabor semelhante a ervas amassadas, grama, proveniente de grãos imaturos	Amostra 304	Amostra 306
<u>Gosto ácido</u> – gosto percebido principalmente na língua e lembra frutas cítricas.	Amostra 305	Amostra 303 + 0,01% de ácido cítrico
<u>Gosto doce</u> – gosto doce como mel, caramelo e chocolate	Amostra 310	Amostra 310 + 6,5% cobertura de caramelo.
<u>Gosto amargo</u> – gosto característico de café torrado forte	Amostra 323	Amostra 310
<u>Sabor adstringente**</u> – Sensação de aspereza percebida na língua e mucosa bucal, semelhante às causadas por frutas verdes.	Amostra 312	Amostra 311
<b>Textura</b> <u>Corpo</u> – Impressão de consistência, de espesso da bebida do café, podendo ser mais ou menos aguado.	Amostra 396 + 0,5% de goma	Amostra 396 + 5% de goma

Referências: Goma: Geléia de brilho (água, ácido cítrico, sorbato de sódio, xarope de milho, açúcar invertido, goma jataí) marca MIX; Cobertura de caramelo: (glucose, sacarose, soro de leite em pó, sorbato de potássio) marca (Duas Rodas).

\* Definição conforme a equipe sensorial de análise descritiva

\*\*Equivalente a sensação adstringente descrita na ABNT, (1993)

**Quadro 4.4** - Descrição dos atributos das amostras de café empregadas como referências nos pontos de extremos da escala (âncoras)

#### 4.4.3.3 Seleção final dos provadores

As quatro amostras de café para a seleção dos provadores foram servidas de acordo com o delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições e cada

provedor avaliou quatro amostras em cada sessão, utilizando a mesma escala empregada no treinamento (Figura 4.1).

Os resultados de cada provedor em cada atributo foram submetidos à Análise de variância (ANOVA), com fontes de variação amostras e repetição. Foram selecionados os provedores com poder de discriminação entre amostras ( $F_{\text{amostra}}$ ) com  $p \leq 0,50$  (Anexo 1) e repetibilidade ( $F_{\text{repetição}}$ ) com  $p \geq 0,05$  (Anexo 2), em no mínimo 8 atributos dos 10 avaliados (POWERS,1988). Na avaliação do consenso de cada provedor com a equipe foram comparadas as ordens das médias de intensidade de cada atributo dada por cada provedor às amostras com as ordens das médias de fornecidas pela equipe para cada atributo (DAMÁSIO; COSTELL, 1991).

#### 4.4.4 Avaliação das Amostras de Café em Estudo

As 169 amostras de café em estudo foram apresentadas aos oito provedores selecionados em delineamento de blocos completos casualizados contendo quatro amostras em cada sessão. A ordem de apresentação das amostras foi a mesma para todos os provedores, não havendo repetições das avaliações. Os testes foram realizados em cabines individuais iluminadas com luz natural, utilizando-se a escala descrita na Figura 4.1.

### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

#### 4.5.1. Análise de Correlações entre as Variáveis Físico-químicas e Sensoriais

Para verificar as correlações entre as variáveis tomadas duas a duas, nos grupos de variáveis, aplicou-se a análise de correlações ( $r$ ) de Pearson com  $\alpha = 0,05$ . Foram consideradas as correlações significativas ( $p < 0,05$ ) e com coeficiente  $r$  superiores a 0,40 (HAIR et al., 2005). Também foram incluídas na discussão aquelas correlações significativas com  $r < 0,40$  que contribuíram para a explicação de outras correlações.

Esta análise foi realizada pelo programa estatístico STATISTICA 7.1 (STATSOFT-STATISTICA, 2006) com o procedimento “Basic Statistics and Tables: Spreadsheets”.

#### 4.5.2 Formação dos Tipos de Café

Na etapa seguinte do estudo, os tipos de café foram submetidos à Análise fatorial múltipla (AFM), empregando-se o programa XLSTAT (ADDINSOFT, 2007).

Inicialmente, foram identificados tipos de café existentes entre as 169 amostras de cafés avaliadas, considerando tanto variáveis quantitativas (numéricas) como qualitativas (categorizadas).

Para tanto, as amostras de café foram reunidas em tipos de café em função cadeia de consumo e de acordo com as microrregiões de origem das amostras, como descrito a seguir.

##### 4.5.2.1 Tipos de café formados em função da cadeia de consumo

Considerando que a AFM permite a análise de conjuntos ou tipos de indivíduos/observações existentes dentro de uma matriz de dados, as 169 amostras de café foram agrupadas segundo sua composição físico-química e seus atributos sensoriais. Critérios semelhantes para a formação de grupos/tipos a partir da matriz inicial foram aplicados por Avelino et al. (2002) para avaliar amostras de café de Honduras, provenientes de diferentes locais de produção de café.

Para formar estes tipos de café aplicou-se Análise de Agrupamento (AA) à matriz de dados, através de módulo específico do programa STATISTICA 7.1 (STATSOFT-STATISTICA, 2006).

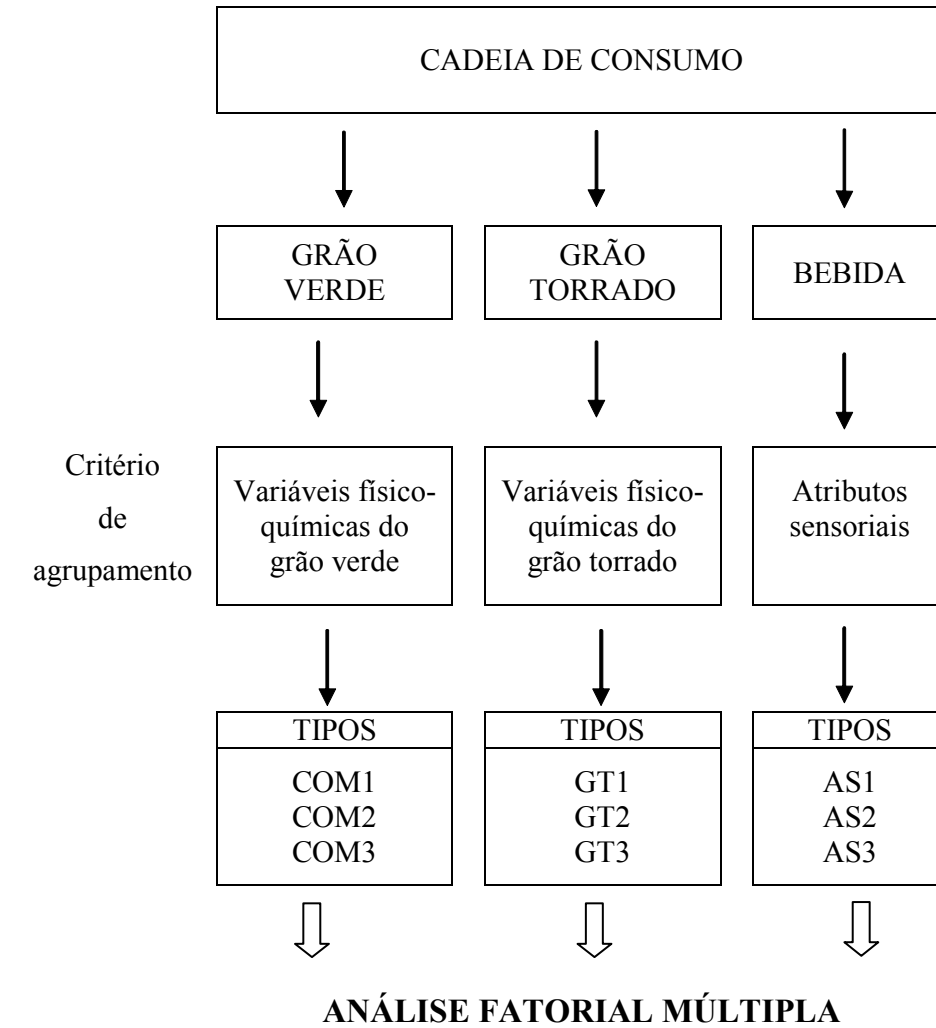
A análise de agrupamento (AA) é uma técnica de análise multivariada que permite a identificação de conjuntos dentro de uma massa de dados (indivíduos ou observações), os quais podem ser reunidos pelas suas similaridade ou dissimilaridades (HAIR et al. 2005; LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008).

As 169 amostras de café foram agrupadas tendo como base as suas características físico-químicas de grão verde (FQV), características físico-químicas de grão torrado (FQT) e seus atributos sensoriais de bebida (SENS). No Anexo 3, Anexo 4 e Anexo 5 são mostrados os dendrogramas indicando os níveis de corte para a formação dos 3 grupos de em cada análise de agrupamento.

Para a Análise de Agrupamento (AA) o critério empregado para a determinação dos agrupamentos foi o método de Ward, no qual a similaridade usada, baseada na distância euclidiana, para formar os agrupamentos, é calculada como a soma dos quadrados entre dois agrupamentos tomados sobre todas as variáveis, (BENITO et al., 1999; LATORRE et al., 2000). Este método apresenta a tendência de formar agrupamentos com números semelhantes de amostras (HAIR et al., 2005).

Os tipos de café formados pelas similaridades dos atributos sensoriais do café foram denominados AS1, AS2 e AS3, aqueles formados pelas similaridades das características físico-químicas do grão verde foram designados por COM1, COM2 e COM3, enquanto que aqueles formados considerando-se as similaridades das características físico-químicas do grão torrado foram identificados por GT1, GT2e GT3 (Figura 4.2).

A matriz de dados para a AFM desses tipos de café foi formada pelas médias dos resultados para as variáveis dos membros de cada tipo formado, de maneira que os tipos de café foram posicionados nas linhas e os grupos de variáveis nas colunas.



Avaliações Tipos	Grupo de Variáveis FQV	Grupo de Variáveis FQT	Grupo de Variáveis SENS
COM1 COM2 COM3 GT1 GT2 GT3 AS1 AS2 AS3			

**Figura 4.2** – Esquema de formação dos tipos de café formados a partir de suas similaridades físico-químicas e sensoriais

#### 4.5.2.2 Tipos de café formados a partir das microrregiões cafeeiras

Para a formação das microrregiões cafeeiras, os municípios foram agrupados considerando a altitude, latitude e temperaturas médias anuais. Dessa maneira obtiveram-se sete microrregiões, que foram denominadas com o nome do seu principal município, conforme está demonstrado no Quadro 4.5.

<b>Microrregião (Terroir)</b>	<b>N</b>	<b>Latitude (Sul)</b>	<b>Alt. (m)</b>	<b>Temp. (°C)</b>
Apucarana (Apu)	27	23°32'00''	880	D*
Ivaiporã (Iva)	16	24°14'52''	650	D
Cornélio Procópio (CPro)	18	23°10'51''	560	C
S. Jerônimo da Serra (SJS)	35	23°43'00''	880	D
Londrina (Lda)	32	23° 08'47''	560	C
Ribeirão Claro (RClaro)	25	23°11'38''	500	C
Mandaguari (Man)	16	23°32'52''	650	C

N: número de amostras na microrregião, Temp: temperatura média anual ; Alt.: altitude ;  
\*D= 21-22 °C ; C= 22-23 °

**Quadro 4.5** - Latitude e altitude médias e temperatura média anual das microrregiões

Na seqüência, na matriz original dos dados, identificou-se a microrregião a que cada município pertencia e a seguir foram calculados os valores médios de todas as variáveis para as sete microrregiões.

A matriz de dados para a AFM foi construída pelos tipos de café das microrregiões localizados nas linhas e os valores médios para cada uma das variáveis posicionados nas colunas.

Aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) aos tipos de café formados em função da cadeia de consumo e em função das microrregiões. As médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey para grupos de amostras com números diferentes de amostras, disponível no módulo específico do programa estatístico STATISTICA 7.1 (STATSOFT-STATISTICA, 2006).

### 4.5.3 Metodologia da Análise Fatorial Múltipla

#### 4.5.3.1. Princípios teóricos

Para visualizar tendências, relações, semelhanças e oposições entre variáveis procurando explicar melhor a variabilidade dos dados, Análise Fatorial (AF) é a técnica multivariada mais indicada. Os métodos fatoriais permitem a análise das diversas variáveis como um todo e tem por objetivo principal a redução da dimensionalidade dos dados e a obtenção de novas variáveis (HAIR et al., 2005). Estas novas variáveis que são denominadas de componentes, fatores, variáveis latentes, construtos ou índices, contêm as informações relevantes dos dados e explicam, de forma adequada, as estruturas das correlações, originalmente presentes na matriz de dados (HAIR et al., 2005).

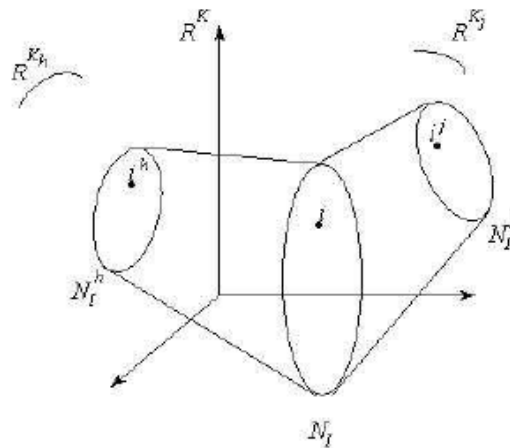
Entre as análises fatoriais mais conhecidas estão Análise Fatorial (AF) e a Análise de Componentes Principais (ACP) que diferem no tipo de variância considerada na análise. A ACP focaliza sua explicação na variância total das variáveis observadas, baseando-se nas propriedades da variância máxima dos componentes principais. Já a Análise Fatorial (AF) parte de um modelo estatístico prévio que divide a variância total em variância comum, a variância específica e a variância do erro (HAIR et al., 2005).

Quando se analisa uma única tabela, a ACP é uma das técnicas mais aplicadas para a redução de dados, porém sua aplicação é dificultada devido à presença de grupos de variáveis, influenciando a obtenção dos fatores principais. Dessa maneira quando se deseja analisar múltiplas tabelas de dados, a AFM é uma técnica que, atualmente, tem tido emprego crescente (ESCOFIER; PAGÈ, 1983; PAGÈS; 2004; DECAZY et al., 2003; PAGÈS; HUSSON et al., 2001).

Geralmente a massa de dados está disposta em tabelas retangulares, formadas por linhas (indivíduos, observações ou amostras) avaliadas por diversos grupos de variáveis (Figura 4.3). Nessas tabelas podem ser identificadas sub-tabelas, a partir das quais são obtidos os fatores representativos e interpretáveis. Segundo Escofier e Pagès, (1983), deve-se observar que todas as variáveis dentro de cada grupo pertençam ao mesmo tipo (variáveis quantitativas ou qualitativas).

Quando a tabela de dados é analisada como um todo, os indivíduos são chamados de  $i$  ( $i=1, I$ ) e constituem a nuvem  $N_I$  colocada na  $K$ -dimensão do espaço  $R^K$ . Já as  $K$  variáveis constituem as nuvens  $N_K$  e estão colocadas na  $I$  - dimensão do espaço  $R^I$ .



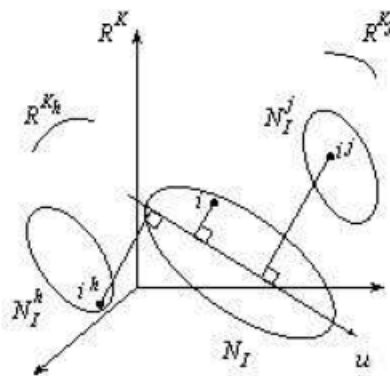


Onde  $i$ : indivíduo descrito por todas as variáveis;  $i^j$ : indivíduo descrito pelo grupo de variáveis  $K_j$ ;  $N_I^j$  é a projeção no espaço  $R^{K_j}$ , o sub-espaço de  $R^K$  formado pelas variáveis do grupo  $K_j$ .

Fonte: PAGES, (2004).

**Figura 4.4** - Representação da nuvem parcial  $J(N_I^j)$  no espaço  $R^K$ .

As projeções são feitas sobre o sub-espaço gerado pelas dispersões das ACPs da média, com uma direção  $u$ , como mostrado na Figura 4.5. A nuvem  $N_I^j$ , que pertence ao sub-espaço  $R^{K_j}$ , é projetada sobre um vetor  $u$ , de um espaço  $R^s$  ao qual  $R^{K_j}$  não pertence (Figura 4.5).



Cada nuvem parcial  $N_I^j$  é projetada no eixos (fatores) principais de um nuvem média  $N_I$ .

Fonte: PAGES, (2004).

**Figura 4.5** - Princípio da representação superposta obtida a partir da AFM.

A AFM é uma ACP da tabela total dos dados que foi previamente padronizada. Para evitar a influência de um grupo de variáveis sobre os demais na AFM, é

atribuído um peso inversamente proporcional ao primeiro autovalor de cada grupo de variáveis, isto é, o autovalor é multiplicado por  $\sqrt{1/\lambda^j}$ , onde  $\lambda^j$  é o primeiro autovalor da ACP do  $j$  grupo de variáveis (PAGÈS; TENENHAUS, 2001).

Geometricamente, esta ponderação/padronização torna a variância da matriz axial igual à unidade. A contribuição do grupo  $j$  para o eixo  $u$ , aquele que é formado soma dos fatores da ACP parciais, está entre zero e um e a contribuição é igual a um quando o eixo  $u$  corresponde ao primeiro componente da ACP do grupo  $j$ . Dessa maneira a AFM analisa simultaneamente as estruturas das relações entre as variáveis de cada grupo sem permitir que um grupo manifeste sua influência sobre os demais (PAGÈS, 2004, PAGÈS; HUSSON, 2001).

A descrição detalhada dessas projeções e as formulações correspondentes podem ser encontradas em Pagès e Husson, (2001) e Lê, Josse e Husson, (2008).

Os grupos de variáveis podem ser introduzidos na análise de forma que participem efetivamente da análise e são denominados de grupos ativos. Porém, muitas vezes grupos de variáveis são mantidos na análise de forma apenas ilustrativa e têm por finalidade adicionar informações suplementares na projeção para um melhor entendimento dos dados (LÊ: JOSSÊ; HUSSON, 2008). Estas variáveis denominadas de suplementares não participam dos cálculos dos vetores nos gráficos, mas representam um importante apoio para a interpretação dos dados.

Assim, com os mesmos objetivos dentro de cada grupo de variáveis, a AFM consiste na aplicação de uma ACP em cada grupo de variáveis, após ser realizada uma transposição sem alterar a estrutura interna da nuvem gerada e padronizando as influências dos diferentes grupos na construção dos fatores globais.

#### 4.5.3.2 Descrição operacional para a execução da AFM

A análise fatorial múltipla (AFM) foi escolhida como um instrumento para análise dos resultados desse estudo, porque permite analisar, simultaneamente, diversas tabelas de dados obtendo resultados, especificamente gráficos, que facilitam estudar as relações entre as observações, as variáveis e as diferentes tabelas. Em uma mesma tabela, as variáveis devem ser da mesma natureza (qualitativas ou quantitativas), embora as tabelas

possam ser de tipos diferentes. Os trabalhos Pagès e Husson, (2001), Pagès (2004) e de Lê; Josse e Husson (2008) tratam de forma compreensiva a aplicação da AFM.

A AFM consiste de duas etapas. Na primeira etapa é analisada cada uma das tabelas, que se tratando de variáveis qualitativas são executadas a Análise de Correspondência Múltipla (ACM). Para as tabelas variáveis quantitativas, aplica-se ACP, que são designadas de ACP parciais, para cada um dos grupos de variáveis.

Na segunda etapa da AFM os resultados das análises das ACP parciais são utilizados para análise global que simultaneamente permite a análise das relações entre os grupos de variáveis e as observações.

#### 4.5.3.3 Utilização do XL-STAT para AFM

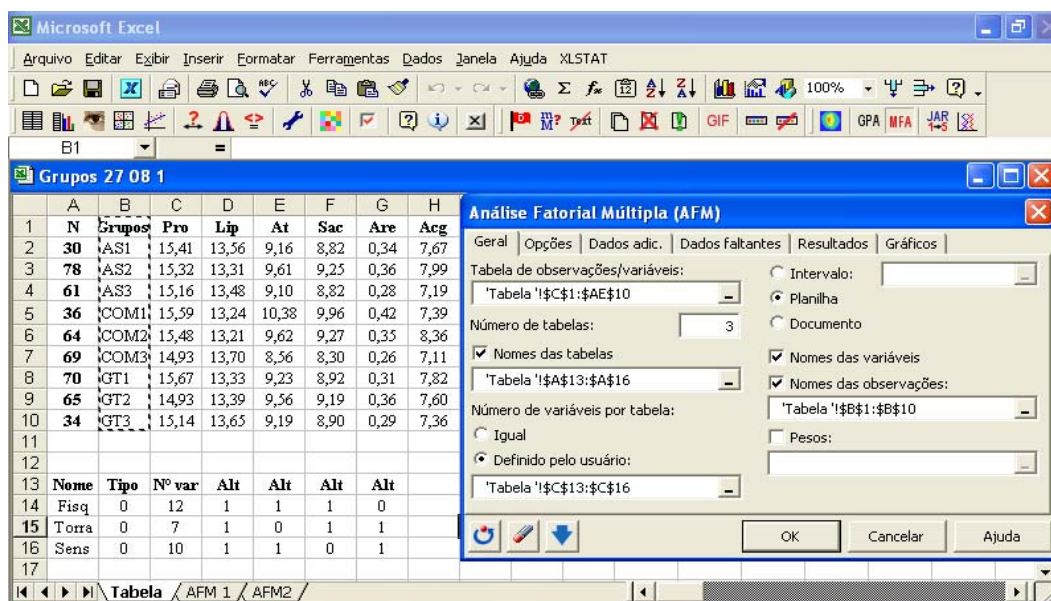
Para a aplicação da AFM a uma matriz de dados, os mesmos devem ser apresentados em uma planilha EXCEL, com as variáveis como colunas e as amostras (observações) como linhas.

As variáveis em cada grupo devem ser apresentadas sequencialmente.

Para o presente estudo, foram preparadas planilhas para os estudos dos tipos de café conforme o item 4.5.2, a partir de uma matriz original de dados contendo as subtabelas das variáveis qualitativas (quando estavam presentes na análise) seguidas das tabelas das variáveis quantitativas (físico-químicas do grão verde, do grão torrado e dos atributos sensoriais).

A AFM está disponível nos módulos XLSTAT-MX (Marketing Analytics) e XLSTAT-ADA (Advanced Data Analysis) do programa estatístico XLSTAT (Statistical & Data Analysis for Excel) (ADDINSOFT, 2007). Após a instalação do programa em microcomputador com exigência mínima para Microsoft Excel na versão desde Windows 95, até Windows Vista um ícone de iniciação é apresentado na barra de ferramenta Microsoft EXCEL.

Para iniciar a caixa de diálogo no Microsoft EXCEL, seleciona-se o ícone XLSTAT-MX/MFA ou o XLSTAT-ADA/MFA. É possível, ainda, clicar diretamente na barra de ferramentas no ícone MFA como demonstrado na Figura 4.6. Uma nova caixa de diálogo é então, mostrada no monitor.



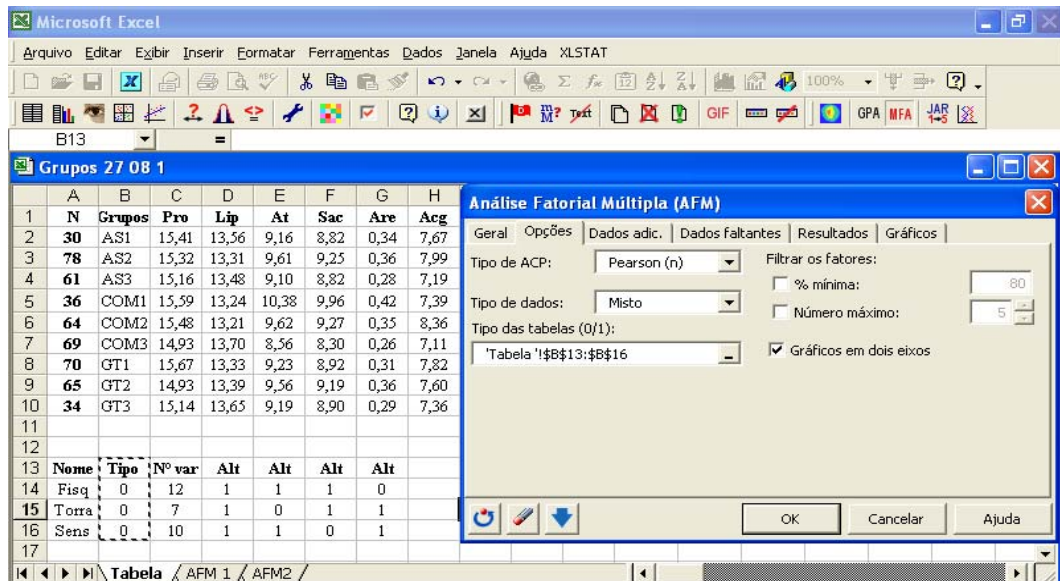
**Figura 4.6** - Janela inicial para escolha das opções de tabelas de dados, nomes, números e nomes das observações

Como mostrado na Figura 4.6, foi elaborada uma tabela auxiliar para anotar o nome das variáveis qualitativas e quantitativas, o tipo de tabelas (qualitativas = 1 e quantitativas = 0), o número de variáveis em cada tabela de variáveis e indicação de variáveis ativas e suplementares (ativas=1; suplementares=0) que serão analisadas.

Na aba da janela “Geral” e no local “Tabela de Observações/variáveis” seleciona-se na planilha, os dados que correspondem aos grupos de variáveis qualitativas e quantitativas para a análise. Anota-se o número de sub-tabelas que compõe a tabela de dados.

Na seqüência, seleciona-se na tabela auxiliar o nome das tabelas e o número de variáveis nas sub-tabelas de cada grupo de variáveis. São selecionados também os nomes das observações (amostras) no espaço denominado de “Nome das observações”.

Clica-se a seguir na aba “Opções” para acrescentar as informações adicionais. Nesta janela, (Figura 4.7) determina-se que o ACP que será executado, considerando a correlação de Pearson.



**Figura 4.7** - Janela da AFM com as opções para as ACPs parciais, escolha de variáveis qualitativas e quantitativas e número de eixos nos gráficos.

Quando serão analisadas somente variáveis quantitativas na opção “Tipo de dados”, seleciona-se “Quantitativos”, mas caso na análise existam variáveis qualitativas e quantitativas seleciona-se a opção “Misto” e na tabela auxiliar seleciona-se a coluna referente ao tipo de variáveis.

Ativa-se, a seguir, a opção de “Gráficos em dois eixos”, para evitar que sejam solicitadas posteriormente informações sobre o número de eixos para as análises dos diferentes gráficos fatoriais formados.

A Figura 4.8 apresenta a etapa de escolha e identificação das variáveis ativas e suplementares. Na aba “Dados Adicionais” pode-se especificar quais as sub-tabelas devem ser tomadas para os cálculos computacionais e quais serão consideradas como suplementares. Para isto, seleciona-se na planilha auxiliar a coluna que indicam quais são as sub-tabelas ativas e suplementares. As demais variáveis são denominadas variáveis ativas. As variáveis ativas são codificadas com 1 e as suplementares com 0.

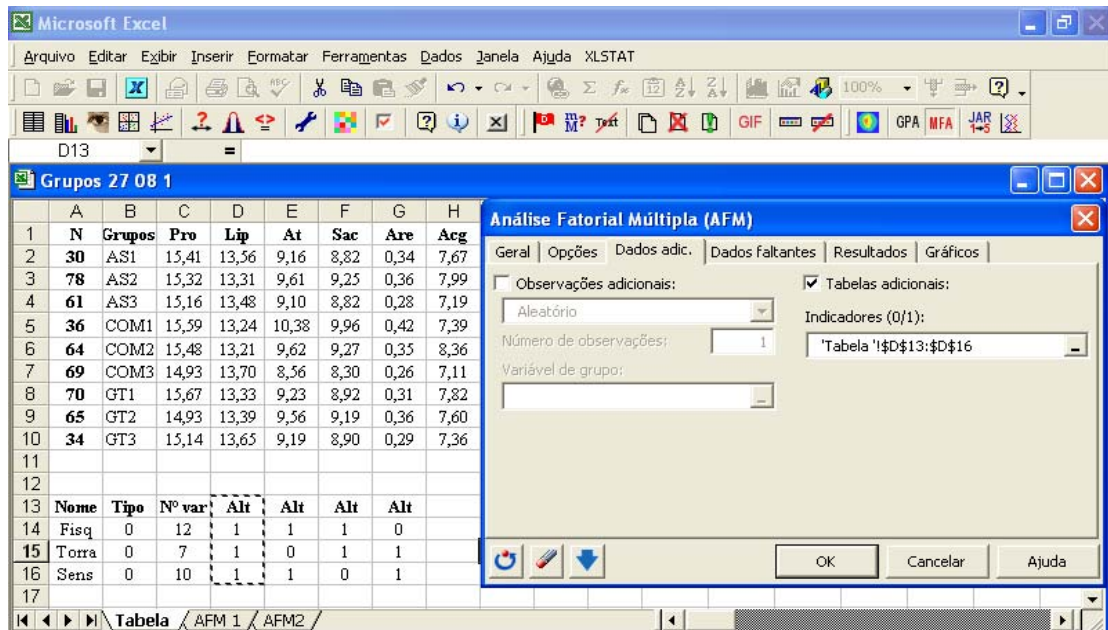


Figura 4.8 - Janela para informações sobre os grupos das variáveis ativas e suplementares

A seguir, como mostrado na Figura 4.9, são marcadas as informações sobre as observações (amostras) e as variáveis que serão mostrados nas tabelas de resultados geradas pelo programa XLSTAT para a ACP, ACM e AFM.

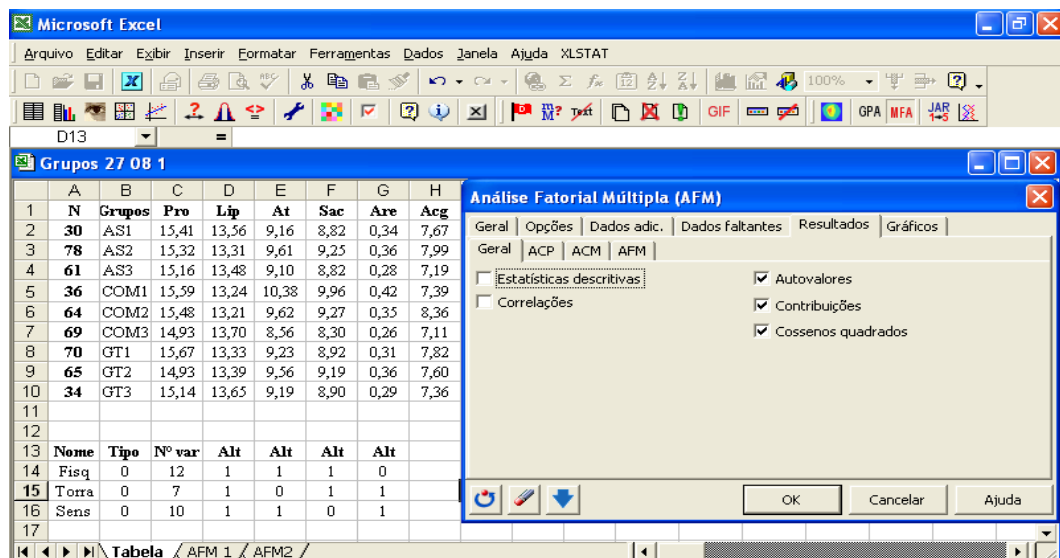


Figura 4.9 - Janela para as opções para resultados de estatística e correlações das tabelas de dados, autovalores, contribuições e  $\cos^2$ .

A Figura 4.10 apresenta a janela para as opções de gráficos gerados pela execução das ACP, ACM e AFM. Para cada uma dessas análises são sugeridas opções para a construção dos gráficos.

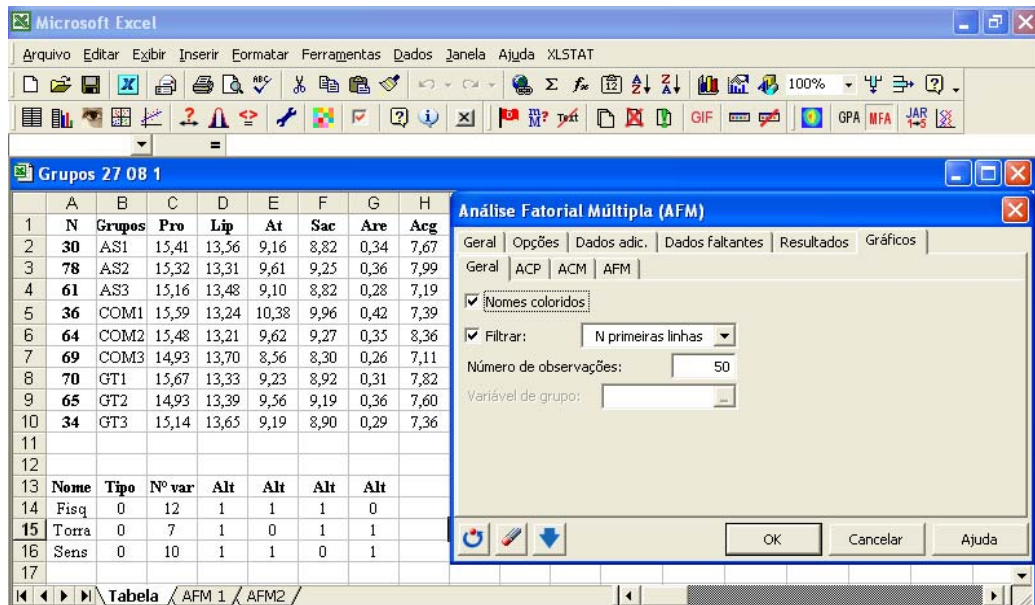


Figura 4.10 - Janela para a escolha de opções para a construção dos gráficos da ACP e AFM

Após a escolha de todas as seleções e opções, abre-se uma janela para mostrar as listas dessas seleções, como é observado na Figura 4.11 se estiverem totalmente corretas ao se clicar continuar o programa iniciará os cálculos. Se porventura, alguma escolha foi feita incorretamente aparecerá uma mensagem sugerindo a correção.

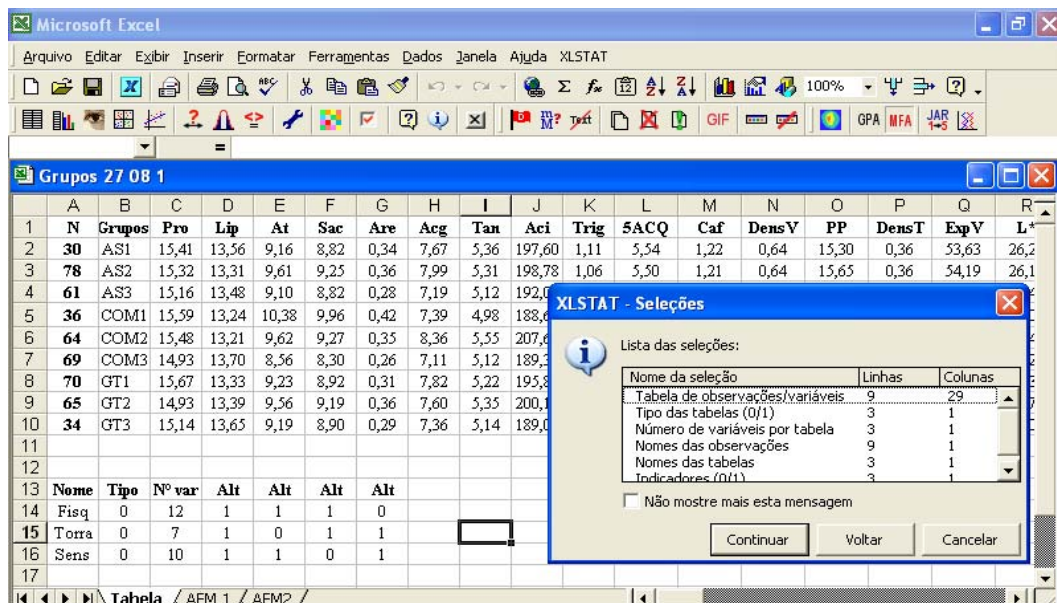


Figura 4.11 - Janela com a lista das seleções realizadas para o procedimento da AFM.

Após a realização dos cálculos computacionais os resultados são lançados em uma planilha automaticamente inserida no arquivo aberto. No início da planilha é mostrado o histórico das seleções e opções como mostrado na Figura 4.12.

Se houver variáveis suplementares escolhidas seus resultados são mostrados no final da tabela e são marcados em azul.

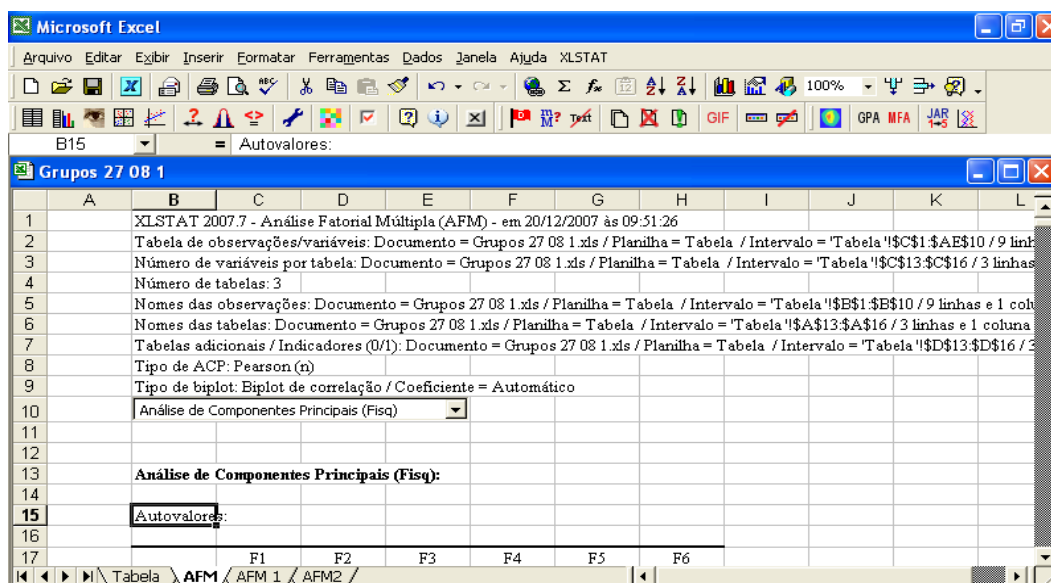


Figura 4.12 - Janela com o relatório final e resultados da AFM

#### 4.5.3.4 - Seqüência para auxiliar a interpretação dos resultados

A interpretação das tabelas e projeções geradas pela AFM no programa XLSTAT e descritas em diferentes estudos (ESCOFIER; PAGÈ, 1983, PAGÈS; HUSSON, 2001, PAGÈS, TENENHAUS, 2001; DECAZY et al, 2003) segue as seguintes etapas:

- Verifica-se a contribuição dos valores dos primeiros autovalores (F1) de cada sub-tabela dos grupos de variáveis quantitativas e qualitativas para a formação dos fatores da AFM.
- Os comentários dos dados se limitam aos dois primeiros fatores de cada ACP, das sub-tabelas dos grupos de variáveis quantitativas, porque contém a maior porcentagem da inércia ou variância. Anota-se o autovalor e a variância acumulada dos fatores da ACP parciais e da AFM.

- Verifica-se a contribuição de cada grupo de variáveis na formação dos fatores da AFM. Quanto maior a contribuição, maior a ligação entre o fator e o grupo de variáveis. A contribuição corresponde à porcentagem do autovalor de cada grupo de variáveis na formação do autovalor da AFM.

- O  $\cos^2$  confirma as contribuições, pois medem a associação entre os eixos (fatores) formados na ACP parciais e aqueles formados na AFM. Pode-se interpretar que as proximidades dos pontos indicam fortes correlações entre os indivíduos/observações.

- Os coeficientes de correlações (RV e Lg) medem a correlações entre os fatores parciais (obtidos nas análises parciais de cada nuvem) e os fatores globais. Quando a correlação é alta (próxima da unidade), o fator global traduz a tendência existente nas tabelas de cada grupo de variáveis, isto é, trata-se de um fator comum, que garante a estabilidade dos dados (FERNANDEZ; CALVO, 2002).

- O coeficiente RV é uma medida de ligação entre os grupos de variáveis. Este coeficiente se obtém a partir dos coeficientes de correlações lineares entre dois grupos de variáveis.

- As projeções das observações/ indivíduos/ amostras apresentadas na AFM comparam as projeções dos primeiros fatores (F1) das ACP parciais com o F1 da AFM. A projeção sobre um plano causa perdas de informações, porém pequenas diferenças entre as projeções permitem a continuidade da análise.

- A análise das projeções das variáveis permite verificar como estas variáveis e seus grupos se relacionam entre si, com os demais grupos e com os indivíduos (amostras/observações).

- As observações são projetadas na forma de tipos de café e tipos de microrregiões. Interpretam-se as ligações entre as observações e os fatores da AFM pelas distâncias entre os pontos projetados (nuvens).

- Verificam-se as ligações entre as variáveis qualitativas e as variáveis quantitativas. As proximidades entre os pontos projetados refletem as relações entre os fatores e as observações.

- Projeções das nuvens parciais juntamente com a projeção da AFM global medem a importância de cada grupo de variáveis na formação dos fatores e permitem verificar a importância de cada grupo na descrição da observação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS

A primeira abordagem nesse estudo foi o cálculo das correlações ( $r$ ) de Pearson, onde as variáveis são analisadas duas a duas.

A matriz de dados formada por amostras de café de duas safras (2003/2004 e 2004/2005) da região cafeeira do Paraná constituiu-se de 169 amostras de café avaliadas por 12 variáveis físico-químicas do grão verde e 11 variáveis físico-químicas do grão torrado e 10 variáveis referentes aos atributos sensoriais.

O estudo das correlações entre as variáveis permite presumir e analisar as inter-relações entre os compostos presentes no grão verde, entre aqueles resultantes do processo de torra e entre os atributos sensoriais do café.

#### 5.1.1 Correlações entre as Variáveis Físico-químicas do Grão Verde

A assimilação e formação de compostos no grão de café dependem fundamentalmente das condições climáticas, práticas culturais e do estágio de maturação do grão (AVELINO et al., 2005, VAAST et al., 2006). O grão de café é formado basicamente de proteínas, lipídios e carboidratos e a concentração desses compostos e de outros que em menor quantidade interagem para definir as características finais do café (CLARKE; MACRAE, 1989).

Na Tabela 5.1, observa-se a correlação significativa e negativa entre lipídios e proteínas (-0,31). Correlações entre lipídios e proteínas foram notadas em estudo comparativo de cafés colombianos cultivados em sistema orgânico de produção e constatou-se, ainda, que essas correlações estavam associadas às características próprias das variedades (MACÍAS-MARTINEZ; RIÑO-LUNA, 2002). A presença desses compostos está estritamente relacionada com a qualidade da bebida de café (GUYOT et al., 1996; GOULART et al., 2007) e estudos indicaram a influência das condições ambientais, principalmente da temperatura, na concentração desses compostos. Maiores concentrações de

proteínas foram encontradas em cafés brasileiros cultivados em temperaturas elevadas (SILVA et al., 2005; CARELLI et al., 2006) sem, no entanto, observar correlação entre lipídios e proteínas.

**Tabela 5.1** – Matriz de correlações das variáveis físico-químicas do grão verde

	Pro	Lip	AT	Sac	Are	Acg	Tan	Aci	Trig	5-ACQ	Caf	DensV
Pro	1,00											
Lip	<b>-0,31</b>	1,00										
AT	0,14	<b>-0,23</b>	1,00									
Sac	0,13	<b>-0,24</b>	<b>0,99</b>	1,00								
Are	0,12	-0,03	<b>0,40</b>	<b>0,24</b>	1,00							
Acg	0,06	-0,09	0,15	0,15	0,06	1,00						
Tan	-0,12	-0,15	-0,07	-0,08	0,04	<b>0,49</b>	1,00					
Aci	-0,07	-0,07	0,06	0,05	0,08	<b>0,47</b>	<b>0,62</b>	1,00				
Trig	-0,14	<b>0,17</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,15</b>	<b>-0,18</b>	1,00			
5ACQ	-0,08	-0,08	-0,08	-0,05	<b>-0,17</b>	<b>0,4</b>	<b>0,62</b>	<b>0,46</b>	0,08	1,00		
Caf	<b>0,41</b>	-0,15	-0,02	-0,01	-0,07	0,11	<b>0,26</b>	0,13	<b>0,23</b>	<b>0,57</b>	1,00	
DensV	-0,07	<b>-0,21</b>	0,14	0,15	-0,01	-0,05	-0,04	-0,1	<b>-0,18</b>	<b>0,18</b>	0,12	1,00

Valores em negrito são correlações significativas a  $p < 0,05$

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos ; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquinico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde

No presente estudo verificou-se correlação positiva e significativa entre cafeína e proteína (0,41) que são substâncias de reserva de nitrogênio no grão de café (CLARK; MACRAE, 1989; SUZUKI; WALLER, 1985). Demonstrou-se que 26,83% da cafeína correspondem a nitrogênio (BRESSANI, 1979, apud RAJU et al., 1981) o que lastreia a correlação aqui observada. Não se encontrou relatados na literatura de correlações entre esses compostos, mas uma correlação positiva entre o nitrogênio e o teor de cafeína foi observada por Chaves et al. (2004) em folha do cafeeiro. De maneira semelhante, estudos com a adubação nitrogenada conduzidos por Malta, Nogueira e Guimarães (2003), encontraram correlação positiva entre nitrogênio e cafeína no grão verde de café.

A correlação entre cafeína e 5-ACQ foi positiva e significativa (0,57), provavelmente porque a cafeína e os ácidos clorogênicos são encontrados na forma de complexos de clorogenatos de cafeína nos grãos de café (HORMAN; VIANI, 1972; MARTIN et al, 1987). Estudos realizados por Campa et al. (2005) demonstraram relação qualitativa entre ácidos clorogênicos e cafeína, observando ainda, pequena quantidade de clorogenato de cafeína no café avaliado, mesmo após o tratamento químico para liberar a cafeína desse

complexo. Uma correlação significativa e positiva (0,49) entre cafeína e ácidos clorogênicos foi encontrada em café cultivado na Nicarágua, em diferentes regimes de sombra e adubação (LARA-ESTRADA, 2005).

A sacarose corresponde a 90 % dos açúcares presentes no grão de café (KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2005). Assim, na determinação de açúcares totais, grande parte destes açúcares corresponde à sacarose, resultando na correlação entre açúcares totais e sacarose (0,99) encontrada neste estudo e relatada na Tabela 5.1.

Foram observadas também correlações (0,62) positivas e significativas entre os taninos totais e a presença de ácido 5-ACQ e, também, com a presença de ácidos clorogênicos (0,49) como indicado na Tabela 5.1. A determinação de taninos totais avalia aqueles compostos que reagem com o reativo de Folin-Ciocalteu (catequinas, ácido cafeico, ácidos clorogênicos) e incluem assim os isômeros dos ácidos clorogênicos presentes. Portanto, na determinação de taninos totais está incluído o isômero 5-ACQ, que representa 52-62% dos ácidos clorogênicos do grão de café (FARAH; DONANGELO, 2006), o que explica ainda a correlação entre 5-ACQ e ácidos clorogênicos (0,40), como mostrada na Tabela 5.1.

Na determinação dos ácidos clorogênicos por CLAE, os isômeros são identificados isoladamente e são quantificados em comparação com padrões, enquanto que na determinação dos ácidos clorogênicos por espectrofotometria são determinados todos os isômeros solúveis em álcool isopropílico. Esta última determinação contabiliza também o 5-ACQ, o que justifica a correlação entre 5-ACQ e ácidos clorogênicos (Tabela 5.1).

A acidez titulável dos grãos verde se correlacionou positivamente com os taninos totais (0,62), os ácidos clorogênicos (0,47) e o 5-ACQ (0,46). Na determinação de acidez titulável são avaliados compostos solúveis em álcool 80% que estão presentes no café verde e apresentam caráter ácido como ácidos clorogênicos e os ácidos orgânicos de baixa massa molar (ALCAZÁR et al., 2003; JHAM et al., 2002; JACKSON et al., 2004; FARAH; DONANGELO, 2006), o que resultou na correlação entre a acidez titulável e esses compostos citados.

As avaliações de taninos totais e acidez titulável do grão verde envolveram compostos relacionados com a fase de maturação dos grãos de café. A concentração destes compostos é elevada em grãos imaturos e diminui à medida que o grão amadurece explicando assim, as correlações encontradas (CLIFFORD; KAZI, 1987; GUYOT; PETNGA; VINCENT, 1988; MAZZAFERA, 1999).

As correlações entre acidez titulável do grão verde, ácidos clorogênicos e taninos totais sugerem que estas determinações são indicadoras de qualidade do café, pois envolvem compostos relacionados com o grau de maturação (CLIFFORD; KAZI, 1987; FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005; MARÍN-LÓPEZ, et al., 2003a). Entre essas análises, a determinação dos taninos totais pelo método de Folin-Ciocalteu poderia, portanto ser empregada, presuntivamente, como uma medida de qualidade por apresentar menor custo e maior simplicidade metodológica.

### 5.1.2 Correlações entre as Variáveis Físico-químicas do Grão Torrado

O estudo das correlações entre as características físico-químicas dos grãos torrados está apresentado na Tabela 5.2.

Com o aquecimento durante a torra ocorrem importantes modificações na estrutura do grão de café, em consequência das reações entre os compostos do grão verde que, degradados e/ou reagindo entre si, formando novos compostos (GINZ et al., 2000).

Podem-se observar na Tabela 5.2 correlações significativas entre densidade do grão torrado e a perda de peso (-0,53), entre expansão do grão torrado e a perda de peso (0,42) e entre expansão e densidade do grão torrado (-0,93).

Estudos de Wilson; Petrarco; Illy (1997) constataram que a diminuição da densidade do grão torrado ocorre em razão do aumento da porosidade na estrutura do grão, seguida do aumento de volume. A porosidade é consequência do aumento da pressão interna causada por produtos de degradação das reações induzidas pelo calor que alteram a estrutura original do grão verde. Com o prosseguimento da torra, a água, CO<sub>2</sub> e compostos voláteis são eliminados e causam a diminuição do peso do grão (FISHER; CAMMENGA, 2001; RODRIGUES et al, 2003; SCHENKER et al., 2000). Portanto, como consequência do processo de torra, observa-se uma diminuição de densidade aparente em decorrência da perda de peso e aumento de volume dos grãos torrados (PITTIA; DALLA ROSA; LERICI, 2001).

Durante o processo de torra muitos parâmetros podem ser usados como indicadores do grau de torra e entre eles se pode citar: a produção de aroma (GINZ et al. 2000), a cor do grão torrado (RODRIGUES et al., 2003, PITTIA; DALLA ROSA; LERICI, 2001), a temperatura do grão (HERNANDEZ et al., 2007), o pH (YATE; TUO, 1995) e a perda de peso e aumento de volume do grão torrado (RODRIGUES et al., 2003).

**Tabela 5.2** – Matriz de correlação das variáveis físico-químicas do grão torrado

	PP	DensT	ExpV	L*	a*	b*	C*	H*	pHbeb	Acibeb	°Brix
PP	1,00										
DensT	<b>-0,53</b>	1,00									
ExpV	<b>0,42</b>	<b>-0,93</b>	1,00								
L*	<b>-0,26</b>	0,05	-0,07	1,00							
a*	<b>-0,24</b>	-0,1	0,07	<b>0,69</b>	1,00						
b*	<b>-0,27</b>	-0,07	0,03	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	1,00					
C*	<b>-0,27</b>	-0,08	0,04	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>	<b>0,99</b>	1,00				
H*	<b>-0,23</b>	0,00	-0,03	<b>0,83</b>	<b>0,47</b>	<b>0,88</b>	<b>0,83</b>	1,00			
pHbeb	0,08	<b>-0,52</b>	<b>0,47</b>	0,08	0,16	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,17</b>	1,00		
Acibeb	-0,09	<b>0,18</b>	-0,07	-0,01	0,09	-0,01	0,01	-0,09	<b>-0,65</b>	1,00	
°Brix	<b>0,24</b>	<b>-0,24</b>	0,16	0,02	-0,03	0,02	0,01	0,03	<b>0,47</b>	<b>-0,64</b>	1,00

Valores em negrito são correlações significativas a  $p < 0,05$

PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado; L\*: luminosidade; a\*: componente vermelho-verde, b\*: componente amarelo-azul; C\*: saturação; H\*: tonalidade cromática; pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida; °Brix: sólidos solúveis da bebida

De igual maneira, a diminuição de luminosidade e a perda de peso no decorrer do processo de torra também, foram empregados no acompanhamento do processo de torra de café (MOSCHETTO et al., 1996; PITTIA; DALLA ROSA; LERICI, 2001).

A coloração do grão torrado é um dos muitos indicadores de controle da torra. Pode-se verificar que as medidas de cor se correlacionaram fortemente entre si (Tabela 5.2) Esses resultados sugerem que determinação da luminosidade (L\*) é suficiente para acompanhar o processo de torra no presente estudo e, portanto serão apresentados e analisados somente os resultados da luminosidade (L\*). Porém, as demais medidas de cor podem ser necessárias para avaliar o efeito da torra em estudos de comparação de variedades, métodos de moagem e de preparo de bebida.

Quando se analisou a relação entre composição química do grão verde e as características do grão torrado (Tabela 5.3) observaram-se correlação positiva e significativa entre pH da bebida e a concentração de trigonelina (0,39). A maior concentração de trigonelina no café verde ocasionou maior pH da bebida, possivelmente porque a trigonelina sofre intensa degradação durante a torra, que resultam em produtos de baixo caráter ácido (VIANI; HORMAN, 1974).

Verificou-se uma associação inversa entre a acidez titulável na bebida e a quantidade de proteínas no grão verde (-0,41) como indicado na Tabela 5.3. A acidez titulável na bebida está associada a compostos ácidos formados durante a torra, resultantes de reações

entre proteínas e açúcares (GINZ et al., 2000) e a degradação de ácidos clorogênicos (LELOUP; LOUVIER; LIARDON, 1995).

A acidez percebida na bebida de café pode ser vista como uma consequência das modificações da estrutura do grão ocorridas durante o processo de torra. Provavelmente, a correlação entre a expansão do grão durante a torra e o pH da bebida (0,47) e entre a densidade do grão torrado e o pH da bebida (-0,52), mostradas na Tabela 5.2, estão relacionadas com a composição do grão de café em cada fase de maturação do grão. Em grãos maduros com estrutura de parede celular mais compacta, verificou-se menor expansão de volume do que em grão imaturos, onde as paredes celulares estão parcialmente formadas e são relativamente frágeis, cedendo facilmente à pressão interna gerada durante a torra (REDGWELL; FISHER, 2006).

A relação entre a estrutura do grão e a qualidade da bebida pode ainda ser observada nas correlações entre sólidos na bebida ( $^{\circ}$ Brix) e a acidez titulável e entre sólidos e o pH. Aquelas bebidas provenientes de grão imaturos com paredes celulares mais frágeis apresentam maior liberação de sólidos na bebida e apresentam um pH mais alto como se observou pela correlação (0,47) entre sólidos da bebida e pH e a correlação (-0,64) entre sólidos na bebida e acidez titulável indicadas na Tabela 5.2.

**Tabela 5.3** - Coeficientes de correlação entre as variáveis físico-químicas do grão verde e do grão torrado

	Pro	Lip	AT	Sac	Are	Acg	Tan	Aci	Trig	5-ACQ	Caf	DensV
DensT	-0,26	0,09	0,08	0,08	0,04	-0,11	-0,03	-0,03	-0,08	0,09	-0,03	<b>0,43</b>
pHbeb	<b>0,33</b>	-0,01	<b>-0,36</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,22</b>	-0,04	-0,08	-0,17	<b>0,39</b>	-0,15	0,15	<b>-0,37</b>
Acibeb	<b>-0,41</b>	-0,11	0,15	0,16	-0,03	0,06	<b>0,31</b>	<b>0,26</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,38</b>	-0,09	<b>0,33</b>
$^{\circ}$ Brix	<b>0,32</b>	0,12	-0,05	-0,07	0,09	0,10	-0,09	<b>-0,15</b>	<b>0,18</b>	-0,07	<b>0,20</b>	<b>-0,23</b>

Valores na célula de encontro de linha e coluna correspondem ao coeficiente de correlação de Pearson..

Valores em negrito são correlações significativas a  $p < 0,05$

pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida;  $^{\circ}$ Brix; sólidos solúveis na bebida.

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquínico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde

Correlações entre açúcares totais e pH da bebida (-0,36) foram encontradas no presente estudo, provavelmente porque durante a torra, grãos com maior concentração de açúcares, particularmente sacarose (ROGER et al., 1999a) formam produtos ácidos em maior quantidade (GINZ et al., 2000) resultando em bebida de pH mais baixo.

A correlação entre acidez titulável na bebida e a concentração de 5-ACQ no grão verde apóia a suposição de que a presença de grãos imaturos que contém maior concentração de 5-ACQ é um dos responsáveis pela maior acidez titulável da bebida de café, nas condições de torra média empregada nesse estudo.

### 5.1.3 Correlações entre as Variáveis Sensoriais

O conjunto de atributos sensoriais da bebida é a expressão das muitas transformações entre os compostos do grão de café durante o processo de torra (YERETZIAN et al., 2002).

Na Tabela 5.4 estão apresentadas as correlações entre os atributos sensoriais avaliados. Verificou que o aroma de café foi negativamente correlacionado com o aroma verde (-0,53). O aparecimento de aroma verde está associado à presença de grãos imaturos, pois segundo estudos conduzidos por Williams, Feria-Morales e Kari (1989), vários compostos presentes em café imaturos responsáveis pelo aroma verde do café.

A associação inversa entre aroma de café e aroma verde foi também observada por Marín-López et al. (2003a) que constataram que quanto maior a presença de grãos imaturos no preparo da bebida do café menor a intensidade de aroma de café.

A correlação significativa e negativa (-0,48) entre aroma de café e sabor verde sugere que à medida que aumenta a presença de grãos imaturos com sabores associados à baixa qualidade do café, diminuem o aroma e o sabor característicos do café. Apoiando essa hipótese sobre a formação da qualidade do café, as bebidas de café com sabor verde apresentaram intenso aroma verde (0,72) e o aroma doce de fraca intensidade (-0,40), como apresentado na Tabela 5.4.

O aroma de café foi positivamente correlacionado com o aroma doce (0,68). O aroma de café é formado por compostos resultantes das reações de Maillard e de Amadori e Heynes, que são associados aos aromas de frutas e caramelos (SCHENKER et al., 2002; CZERNY; MAYER; GROSCH, 1999).

**Tabela 5. 4 – Matriz de correlação dos atributos sensoriais**

	<b>Turb</b>	<b>Arcaf</b>	<b>Arver</b>	<b>Ado</b>	<b>Corpo</b>	<b>Gdo</b>	<b>Gaci</b>	<b>Sver</b>	<b>Gamg</b>	<b>Sads</b>
Turb	1,00									
Arcaf	-0,01	1,00								
Arver	0,12	<b>-0,53</b>	1,00							
Ado	<b>-0,21</b>	<b>0,68</b>	<b>-0,33</b>	1,00						
Corpo	<b>0,65</b>	<b>0,30</b>	-0,10	0,11	1,00					
Gdo	0,05	<b>0,48</b>	-0,16	<b>0,55</b>	<b>0,23</b>	1,00				
Gaci	0,20	-0,01	0,11	-0,12	0,00	-0,02	1,00			
Sver	<b>0,18</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,40</b>	-0,07	<b>-0,27</b>	<b>0,27</b>	1,00		
Gamg	<b>0,36</b>	0,09	0,08	0,05	<b>0,52</b>	0,10	-0,05	0,15	1,00	
Sads	<b>0,43</b>	<b>-0,21</b>	<b>0,38</b>	-0,31	0,16	-0,10	<b>0,37</b>	<b>0,53</b>	<b>0,31</b>	1,00

Valores em negrito são correlações significativas a  $p < 0,05$

Turb: turbidez; Arcaf: aroma de café; Arver: aroma de verde; Ado: aroma doce; Gdo: gosto doce; Gaci: gosto ácido; Sver: sabor verde; Gamg: gosto amargo; Sads: sabor adstringente

Na Tabela 5.4 pode-se observar correlação entre a intensidade de aroma doce e do gosto doce (0,55). Nesse estudo de correlações foi possível encontrar ainda correlação entre os atributos considerados positivos para a bebida de café como, por exemplo, entre gosto doce e aroma de café (0,48) e gosto doce e aroma doce (0,55), apontando para a provável interação entre esses atributos.

Várias correlações entre aromas e sabores foram encontradas no estudo de correlações, sugerindo que, dependendo do tipo de avaliações sensoriais de café, poderia ser revista a escolha dos atributos, evitando dessa maneira, a redundância de atributos e possibilitando a inclusão de novos atributos nas avaliações.

Nos resultados contidos na Tabela 5.4 verificou-se que a bebida de café de gosto amargo mais intenso é mais encorpada, como sugerido pela correlação entre esses atributos (0,52). O aumento da intensidade de torra aumenta também o gosto amargo e (MENDES et al., 2001) além de levar a uma intensa degradação do grão do café, aumentando a liberação de sólidos e, conseqüente aumento de corpo da bebida. Esta hipótese é sugerida pelas correlações entre gosto amargo e a densidade do grão torrado (-0,37) e entre gosto amargo e a expansão do grão (0,35) apresentados na Tabela 5.5.

A torra do café modifica significativamente a estrutura dos polissacarídeos presentes no grão de café, conferindo diferentes propriedades a estes polímeros (REDGWELL et al 2002a). Os polissacarídios durante a torra se degradam formando compostos de menor peso molecular aumentando a sua solubilidade. Este aumento de solubilidade afeta

positivamente o corpo da bebida e a quantidade de sólidos solúveis (MACÍAS-MARTINEZ; RIÃÑO-LUNA 2002). Provavelmente, estas transformações são as responsáveis pela correlação positiva (0,65) entre turbidez e corpo da bebida de café como visto na Tabela 5.4.

A presença de grãos imaturos no preparo da bebida de café está associada à adstringência (MAZZAFERA, 1999), principalmente polifenóis que apresentam fortes características adstringentes. À medida que o grão amadurece esses compostos fenólicos se polimerizam e diminui a adstringência (LESSCHAVE; NOBLE, 2005), o que pode explicar a correlação entre sabor adstringente e sabor verde (0,53), como mostrada na Tabela 5.4.

A parede celular do grão de café imaturo apresenta pequena quantidade de polissacarídeos responsáveis pela resistência à pressão do vapor de água e gases formados durante a torra (REDGWELL et al., 2002a). Provavelmente, a correlação entre intensidade de sabor adstringente e a turbidez (0,43) descrita na Tabela 5.4 seja causada pela liberação de sólidos em consequência da fragilidade da parede celular do grão.

**Tabela 5.5** - Coeficientes de correlação entre as variáveis físico-químicas do grão torrado e do grão verde e dos atributos sensoriais

	PP	DensT	ExpV	AT	Sac	Are	Acg	Tan	Aci	Trig
Turb	<b>0,41</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,33</b>	<b>0,16</b>	0,13	<b>0,23</b>	<b>0,30</b>	<b>0,19</b>	0,13	-0,10
Arcaf	-0,01	0,04	-0,02	-0,01	0,01	-0,14	0,01	<b>-0,18</b>	-0,13	0,03
Arver	-0,07	0,00	-0,04	-0,12	-0,13	0,03	0,14	0,14	0,04	-0,09
Ado	<b>-0,23</b>	0,15	-0,07	<b>-0,16</b>	-0,11	<b>-0,31</b>	-0,09	-0,13	<b>-0,18</b>	0,12
Corpo	<b>0,34</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,34</b>	-0,03	-0,04	0,06	<b>0,28</b>	0,10	0,05	0,02
Gdo	-0,03	0,05	-0,02	-0,08	-0,07	-0,10	0,00	-0,04	-0,06	-0,03
Gaci	<b>0,30</b>	<b>0,17</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,36</b>	<b>0,33</b>	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	0,05	0,13	<b>-0,48</b>
Sver	0,06	-0,05	-0,02	-0,02	-0,04	0,10	<b>0,25</b>	<b>0,21</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,16</b>
Gamg	<b>0,25</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>	-0,06	<b>0,22</b>	0,03	0,07	-0,02
Sads	<b>0,24</b>	-0,14	0,07	<b>0,18</b>	0,17	0,14	<b>0,39</b>	0,10	0,09	<b>-0,25</b>

Valores em negrito são correlações significativas a  $p < 0,05$

PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado;

AT: açúcares totais; Sac: sacarose; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina

Turb: turbidez; Arcaf: aroma de café; Arver: aroma de verde; Ado: aroma doce; Gdo: gosto doce; Gaci: gosto ácido; Sver: sabor verde; Gamg: gosto amargo; Sads: sabor adstringente

Observou-se que o café com sabor adstringente tem maior intensidade de sabor verde (0,53), gosto ácido (0,37) e aroma verde (0,38), associando-se estas características às de um grão imaturo como descrito por Marín-Lopez, et al. (2003b).

O sabor adstringente se correlacionou positivamente com ácidos clorogênicos (0,39), como apresentado na Tabela 5.5. A presença de ácidos clorogênicos foi associada ao aparecimento de gosto amargo em café (CLIFFORD; KAZI, 1987), porém não ao do sabor adstringente do café. Segundo Naish, Clifford e Birchi, (1993), os ácidos clorogênicos, principalmente o 5-ACQ, têm intensidades de adstringência semelhante aos taninos e ácido tânico em semente de uva. Estudo sensorial realizado com a bebida de erva-mate demonstrou que os ácidos clorogênicos são os principais responsáveis pela adstringência presente nessa bebida (STREIT et al., 2007).

Vários compostos do grão verde se correlacionaram com atributos sensoriais, como pode ser visto na Tabela 5.5. O gosto ácido se correlacionou negativamente com trigonelina (-0,48), indicando que quanto menor a concentração de trigonelina no grão verde, maior será a intensidade da acidez percebida sensorialmente no café. Na avaliação do efeito da altitude na qualidade do café nicaraguense, Lara-Estrada (2005) observou correlações semelhante entre trigonelina e acidez na bebida, que segundo o autor um aumento da trigonelina, acontece nas fases iniciais do desenvolvimento do grão e diminui à medida que o grão amadurece.

O gosto ácido ou acidez sensorial da bebida apresentou correlação positiva significativa tanto com açúcares totais (0,36) como com sacarose (0,33) como apresentado na Tabela 5.5. Nos estudos sobre a qualidade do café, conduzidos por Decazy et al. (2003), Guyot, Petnga e Vincent (1988) e Bertrand et al. (2003) constatou-se que cafés apresentavam correlações positivas e significativas entre sacarose e o gosto ácido. A correlação entre gosto ácido e a presença de açúcares totais sugere que a presença de maior quantidade de açúcares leva a formação de bebidas mais ácidas em decorrência da maior concentração de produtos ácidos formados durante a torra (GINZ et al., 2000).

Ainda na Tabela 5.5 observa-se que a turbidez da bebida está correlacionada com a perda de peso (0,41), indicando que o prolongamento da torra causa a liberação de sólidos com a degradação da parede celular. As correlações entre turbidez e expansão dos grãos durante o processo de torra (0,33) e entre turbidez e densidade de grãos torrados (-0,39) sugerem que bebidas mais turvas originaram-se de grãos que sofreram maior expansão e são menos densos depois de torrados.

A textura da bebida, avaliada pela intensidade do corpo, apresentou correlação negativa com a densidade de grãos torrados (-0,39), como verificado na Tabela 5.5. Essa correlação sugere que, cafés de bebidas mais encorpadas foram aquelas provenientes de grãos menos densos, apoiando a hipótese de que a liberação de sólidos ocorre a partir da modificação da estrutura do grão durante o processo de torra (SCHENKER et al., 2000; WILSON et al., 1997; GEIGER et al., 2005).

As correlações entre as variáveis tomadas duas a duas permitiram identificar várias inter-relações entre a composição do grão verde e as características do grão torrado e os atributos sensoriais que indicam as prováveis conseqüências na qualidade do café.

Como, no entanto as características do café são as expressões simultâneas das inúmeras reações entre componentes do café, uma abordagem multivariada especificamente a Análise Fatorial Múltipla é mais apropriada para analisar e descrever as características do café.

## 5.2 APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL MÚLTIPLA

A cadeia de consumo do café envolve segmentos que demanda o conhecimento e a descrição da matéria prima (grãos verdes de café) e dos produtos formados (grãos torrados e bebida). Dessa maneira, a partir da descrição da composição dos grãos verdes do café é possível direcionar as condições de torra que, por sua vez determinarão nas características da bebida que será consumida.

Na Análise de Agrupamento (AA) descrita em Material e Métodos no item 4.5.2.1, as amostras de café foram reunidas em tipos de acordo com suas similaridades em função da cadeia de consumo: características de grão verde (COM), de grão torrado (GT) e características sensoriais (AS) constituindo-se, assim, nove tipos de café apresentados na Figura 4.2.

Esses tipos de café foram analisados através de grupos de variáveis físico-químicas e sensoriais, o que tornou possível uma abordagem dos dados através da Análise Fatorial Múltipla (AFM).

### 5.2.1 Descrição dos Tipos de Café em Função de Cadeia de Consumo

As amostras (169) de café agrupadas com base às suas similaridades das características de físico-químicas de grão verde resultaram em três tipos de café (COM1, COM2 e COM3). Esses grupos assim formados apresentaram níveis significativamente diferentes de açúcares totais e 5-5-ACQ, conforme mostrado na Tabela 5. 6.

Para a aplicação da AFM dos tipos de café formados em função da cadeia de consumo, organizou-se uma matriz de dados de maneira que os valores médios das variáveis de cada grupo estão nas colunas lado a lado e os tipos de café estão registrados nas linhas.

Essa matriz de dados foi avaliada pelos grupos de variáveis físico-químicas do grão verde (FQV), do grão torrado (FQT) e dos atributos sensoriais (SENS).

**Tabela 5.6 - Valores das variáveis físico-químicas dos grãos verdes dos tipos de café formados pelas características de grão verde (COM) e de grão torrado (GT) e dos atributos sensoriais (AS)**

<b>Tipos de café</b>	<b>Pro*</b>	<b>Lip</b>	<b>At</b>	<b>Sac</b>	<b>Are</b>	<b>Acg</b>	<b>Tan</b>	<b>Aci**</b>	<b>Trig</b>	<b>5ACQ</b>	<b>Caf</b>	<b>DensV</b>
COM1	15,59 <sup>A</sup>	13,24 <sup>B</sup>	<b>10,38<sup>A</sup></b>	<b>9,96<sup>A</sup></b>	0,42 <sup>A</sup>	7,39 <sup>B</sup>	4,98 <sup>B</sup>	188,68 <sup>B</sup>	1,10 <sup>B</sup>	<b>5,05<sup>C</sup></b>	1,20 <sup>B</sup>	0,65 <sup>A</sup>
COM2	15,48 <sup>A</sup>	13,21 <sup>B</sup>	<b>9,62<sup>B</sup></b>	<b>9,27<sup>B</sup></b>	0,35 <sup>A</sup>	8,36 <sup>A</sup>	5,55 <sup>A</sup>	207,63 <sup>A</sup>	1,03 <sup>B</sup>	<b>5,86<sup>A</sup></b>	1,27 <sup>A</sup>	0,64 <sup>A</sup>
COM3	14,93 <sup>B</sup>	13,70 <sup>A</sup>	<b>8,56<sup>C</sup></b>	<b>8,30<sup>C</sup></b>	0,26 <sup>B</sup>	7,11 <sup>B</sup>	5,12 <sup>B</sup>	189,38 <sup>B</sup>	1,20 <sup>A</sup>	<b>5,40<sup>B</sup></b>	1,20 <sup>B</sup>	0,64 <sup>A</sup>
GT1	15,67 <sup>a</sup>	13,33 <sup>a</sup>	9,23 <sup>a</sup>	8,92 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	7,82 <sup>a</sup>	5,22 <sup>ab</sup>	195,87 <sup>ab</sup>	1,12 <sup>ab</sup>	5,36 <sup>b</sup>	1,23 <sup>a</sup>	0,64 <sup>c</sup>
GT2	14,93 <sup>b</sup>	13,39 <sup>a</sup>	9,56 <sup>a</sup>	9,19 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	7,60 <sup>a</sup>	5,35 <sup>a</sup>	200,13 <sup>a</sup>	1,07 <sup>b</sup>	5,68 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>
GT3	15,14 <sup>ab</sup>	13,65 <sup>a</sup>	9,19 <sup>a</sup>	8,90 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	7,36 <sup>b</sup>	5,14 <sup>b</sup>	189,07 <sup>b</sup>	1,18 <sup>a</sup>	5,43 <sup>ab</sup>	1,24 <sup>a</sup>	0,64 <sup>b</sup>
AS1	15,41 <sup>a</sup>	13,56 <sup>a</sup>	9,16 <sup>ab</sup>	8,82 <sup>b</sup>	0,34 <sup>ab</sup>	7,67 <sup>ab</sup>	5,36 <sup>a</sup>	197,60 <sup>a</sup>	1,11 <sup>ab</sup>	5,54 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>
AS2	15,32 <sup>a</sup>	13,31 <sup>a</sup>	9,61 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	5,31 <sup>a</sup>	198,78 <sup>a</sup>	1,06 <sup>b</sup>	5,50 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>
AS3	15,16 <sup>a</sup>	13,48 <sup>a</sup>	9,10 <sup>b</sup>	8,82 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	7,19 <sup>b</sup>	5,12 <sup>b</sup>	192,04 <sup>b</sup>	1,18 <sup>a</sup>	5,47 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>

\* Valores expressos em g/100g de café ; \*mL de NaOH 0,1N/ 100g de amostra;

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a p < 0,05

Valores seguidos da mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a p < 0,05

Valores seguidos da mesma letra minúscula em itálico na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a p < 0,05

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquinico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde

Como observado na Tabela 5.7, os três tipos de café (GT1, GT2 e GT3) formados pela AA, considerando-se as características físico-químicas de grão torrado apresentaram níveis significativamente diferentes de perda de peso e pH da bebida.

**Tabela 5.7** - Valores das variáveis físico-químicas do grão torrado dos tipos de café formados pelas características de grão verde (COM) e de grão torrado (GT) e dos atributos sensoriais (AS)

Tipos	PP **	DensT	ExpV**	L* (nits)	pHbeb	Acibeb***	°Brix
COM1	15,53 <sup>A</sup>	0,365 <sup>A</sup>	53,34 <sup>A</sup>	26,03 <sup>A</sup>	4,99 <sup>B</sup>	13,80 <sup>B</sup>	1,58 <sup>A</sup>
COM2	15,54 <sup>A</sup>	0,365 <sup>A</sup>	52,72 <sup>A</sup>	26,47 <sup>A</sup>	4,99 <sup>B</sup>	14,25 <sup>A</sup>	1,55 <sup>A</sup>
COM3	15,04 <sup>B</sup>	0,364 <sup>A</sup>	53,12 <sup>A</sup>	26,20 <sup>A</sup>	5,03 <sup>A</sup>	13,88 <sup>B</sup>	1,52 <sup>A</sup>
GT1	<b>15,72<sup>a</sup></b>	0,342 <sup>b</sup>	<b>60,49<sup>a</sup></b>	26,39 <sup>a</sup>	<b>5,06<sup>a</sup></b>	13,52 <sup>b</sup>	1,61 <sup>a</sup>
GT2	<b>15,31<sup>b</sup></b>	0,378 <sup>a</sup>	49,15 <sup>b</sup>	25,74 <sup>b</sup>	<b>4,95<sup>c</sup></b>	14,69 <sup>a</sup>	1,48 <sup>b</sup>
GT3	<b>14,58<sup>c</sup></b>	0,387 <sup>a</sup>	45,01 <sup>b</sup>	27,01 <sup>a</sup>	<b>5,02<sup>b</sup></b>	13,68 <sup>b</sup>	1,54 <sup>ab</sup>
AS1	15,30 <sup>ab</sup>	0,361 <sup>ab</sup>	53,63 <sup>a</sup>	26,23 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	13,95 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>
AS2	15,65 <sup>a</sup>	0,361 <sup>a</sup>	54,19 <sup>a</sup>	26,16 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	13,99 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>
AS3	14,94 <sup>b</sup>	0,372 <sup>a</sup>	51,21 <sup>a</sup>	26,41 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>	14,05 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>

\*\*Valores expressos em g/100g ; \*\*\*mL de na OH 0,1N/ 100 mL de bebida

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

Valores seguidos da mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

Valores seguidos da mesma letra minúscula em itálico na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado; L\*: luminosidade; pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida; °Brix: sólidos solúveis da bebida

Os três tipos de café (AS1 AS2 e AS3) reunidos considerando-se os atributos sensoriais como critérios para agrupamento foram caracterizados pelos níveis significativamente diferentes de aroma verde, aroma doce e sabor verde, como mostrado na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8** - Notas dos atributos sensoriais de tipos de café formados pelas características de grão verde (COM), de grão torrado (GT) e dos atributos sensoriais (AS).

Tipos	Turb	Arcafe	Arver	Adoc	Corpo	Gdoc	Gaci	Sver	Gmag	Sads
COM1	4,53 <sup>A</sup>	4,31 <sup>A</sup>	2,40 <sup>A</sup>	3,71 <sup>B</sup>	4,21 <sup>A</sup>	2,60 <sup>A</sup>	4,50 <sup>A</sup>	2,84 <sup>B</sup>	4,19 <sup>A</sup>	3,52 <sup>A</sup>
COM2	4,58 <sup>A</sup>	4,25 <sup>A</sup>	2,62 <sup>A</sup>	3,73 <sup>B</sup>	4,30 <sup>A</sup>	2,61 <sup>A</sup>	4,54 <sup>A</sup>	3,24 <sup>A</sup>	4,33 <sup>A</sup>	3,61 <sup>A</sup>
COM3	4,27 <sup>B</sup>	4,29 <sup>A</sup>	2,61 <sup>A</sup>	3,90 <sup>B</sup>	4,20 <sup>A</sup>	2,64 <sup>A</sup>	4,03 <sup>B</sup>	3,01 <sup>AB</sup>	4,34 <sup>A</sup>	3,25 <sup>B</sup>
GT1	4,58 <sup>a</sup>	4,30 <sup>a</sup>	2,53 <sup>a</sup>	3,75 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	4,29 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>	4,47 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>
GT2	4,48 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	4,40 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>	4,23 <sup>b</sup>	3,42 <sup>ab</sup>
GT3	4,07 <sup>b</sup>	4,30 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>	2,59 <sup>a</sup>	4,24 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	4,11 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>
AS1	4,59 <sup>a</sup>	3,79 <sup>b</sup>	<b>3,19<sup>a</sup></b>	<b>3,34<sup>c</sup></b>	4,18 <sup>ab</sup>	2,41 <sup>b</sup>	4,24 <sup>b</sup>	<b>3,84<sup>a</sup></b>	4,40 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>
AS2	4,64 <sup>a</sup>	4,35 <sup>a</sup>	<b>2,55<sup>b</sup></b>	<b>3,79<sup>b</sup></b>	4,37 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	4,57 <sup>a</sup>	<b>3,06<sup>b</sup></b>	4,34 <sup>a</sup>	3,61 <sup>a</sup>
AS3	4,11 <sup>b</sup>	4,43 <sup>a</sup>	<b>2,29<sup>c</sup></b>	<b>4,02<sup>a</sup></b>	4,10 <sup>b</sup>	2,69 <sup>a</sup>	4,04 <sup>b</sup>	<b>2,68<sup>c</sup></b>	4,22 <sup>a</sup>	3,09 <sup>b</sup>

Valores seguidos da mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

Valores seguidos da mesma letra minúscula em itálico na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$

Turb: turbidez; Arcafe: aroma de café; Arver: aroma de verde; Ado: aroma doce; Gdo: gosto doce; Gaci: gosto ácido; Sver: sabor verde; Gmag: gosto amargo; Sads: sabor adstringente

A presença de tipos de café avaliados por grupos de variáveis sugere que a aplicação da estatística multivariada, especificamente a AFM, é adequada para análise desses dados. A análise de múltiplas tabelas tem por finalidade encontrar relações entre os fatores gerados pelas observações/indivíduos com aqueles gerados pelas variáveis. Desta maneira, é possível demonstrar as tipologias de variáveis e de indivíduos/observações, bem como, as tendências e relações existentes entre os dados (ESCOFIER; PAGÈS, 1983).

Como os nove tipos de café foram formados em função das similaridades de suas características físico-químicas e sensoriais, imediatamente algumas questões surgiram:

A análise através de grupos de variáveis modifica a descrição dos tipos de café obtida a partir de apenas um grupo de variáveis?

Algum grupo de variáveis tem maior influência que outro na descrição dos tipos de café?

Considerando estas questões, os nove tipos de café (COM1, COM, COM3, GT1, GT2, GT3, AS1, AS2, AS3) foram submetidos à AFM para estabelecer quais os tipos de café apresentam comportamento similar ou distinto, com cada grupo de variáveis e de forma global (ABDI; VALENTIN, 2007b), encontrando-se dessa maneira, semelhanças e ou diferenças entre subgrupos de interesse.

### 5.2.2 Análise dos Tipos de Café Avaliados Através da AFM

Nos métodos de regressão, de análise discriminante, de análise de correspondência ou de análise canônica cada grupo de variáveis é projetado no espaço em que é gerado, não permitindo a sobreposição/transposição de subespaços de grupos de variáveis e/ou de tipos de indivíduos para fins de estudos comparativos (PAGÈS, 2004). A padronização aplicada aos dados na AFM soluciona esta questão e assim, permite a projeção de nuvens parciais de indivíduos/observações de cada grupo de variáveis e possibilita a sua competente comparação.

Como primeiro passo para a aplicação da AFM, os dados dos tipos de café (Tabela 5.6, Tabela 5.7 e Tabela 5.8) foram submetidos às ACP parciais. Essa etapa da AFM tem por objetivo identificar as relações entre os grupos de variáveis e, posteriormente, controlar/avaliar o processo de transposição desses dados ou a formação de fatores na etapa da análise global da AFM (ESCOFIER; PAGÈS, 1983; PAGÈS, 2004).

Na Tabela 5.9, os resultados das ACPs parciais mostraram que os dois primeiros fatores do grupo de variáveis do grão torrado são os responsáveis pela maior porcentagem de variabilidade acumulada (90,16%) dos tipos de café, comparado com os grupos variáveis sensoriais (86,63%) e o das variáveis físico-químicas do grão verde (78,36%). A maior variabilidade acumulada dos grupos de variáveis envolvidas corresponde à retenção da informação pelo fator formado.

Observou-se, neste caso, uma predominância do grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado, mas a padronização dos dados, na AFM equilibra a importância relativa desse grupo de variáveis na ocasião da sua transposição para um único plano (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008).

**Tabela 5.9** - Autovalores (AV) e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1e F2 das ACP parciais para os grupos de variáveis físico-químicas e sensoriais

Grupos	Fatores	FQV (12)*		FQT (7)*		SENS (10)*	
		AV	V.Ac (%)	AV	V.Ac (%)	AV	V.Ac (%)
	F1	5,78	48,18	3,96	56,55	6,04	60,42
	F2	3,62	<b>78,36</b>	2,35	<b>90,16</b>	2,62	<b>86,63</b>

\*número entre parêntesis indica o número de variáveis dentro do grupo

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado, SENS: grupo de variáveis sensoriais.

Na etapa seguinte da AFM quando se aplicou a análise global, que é a soma das projeções dos grupos individuais de variáveis em um único plano, verificou-se que os dois primeiros fatores desta análise explicaram 60,67% da variabilidade encontrada entre os tipos de café, como visto na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10** - Autovalores (AV) e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1e F2 da Análise Fatorial Múltipla (AFM) para os grupos de variáveis físico-químicas e sensoriais

Fatores	AV	V.Ac (%)
F1	2,01	36,58
F2	1,32	<b>60,67</b>

Os fatores na AFM são formados de maneira semelhante à ACP e a variabilidade retida em cada fator é expressa pela contribuição de cada grupo de variáveis na formação da variância total (ABDI; VALENTIN, 2007b). Esta contribuição representa a porcentagem de variância total explicada por este fator

Asselin et al. (1999) encontraram uma explicação de 60% de variabilidade com os dois primeiros fatores da AFM, na avaliação da qualidade sensorial de vinhos tintos do vale do Loire, França, enquanto que Pagès (2004) observou explicação de 77% da variabilidade de suco de laranja a partir dos dois primeiros fatores da AFM. Quanto maior a porcentagem de extração de variância, melhor é a qualidade de representação das variáveis dos grupos avaliados. Segundo Escofier e Pagès (1983), a melhor qualidade de representação é dada sempre pelos dois primeiros fatores, que contêm a maior parte da variabilidade existente entre as observações.

A AFM está baseada na transposição dos dois primeiros fatores de cada uma das ACP parciais para o plano formado pela AFM. Os resultados da AFM são essencialmente os gráficos, onde as amostras e grupos de variáveis são projetados.

A interpretação das projeções se fundamenta na medida das distâncias entre os pontos projetados (PAGÈS, 2004). A interpretação desses gráficos pode ser facilitada pelo uso de indicadores, que permitem detectar, entre os indivíduos/observações e as variáveis, aqueles que foram bem projetados no espaço da análise global e as correspondentes contribuições que respondem pela construção do fator da AFM global.

Para comparar os grupos de variáveis, se dispõe de vários índices formados durante os procedimentos da AFM. Entre os indicadores empregados estão as contribuições, o  $\cos^2$ , coordenadas e os coeficientes RV e Lg (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008). Porém, as contribuições para a formação dos fatores da AFM, os valores de  $\cos^2$  e o coeficiente de correlações entre grupos de variáveis RV estão entre os indicadores empregados com maior frequência para avaliar a qualidade de transposição de fatores.

A projeção resultante da análise global da AFM apresenta a integração de todas as variáveis, reunidas na forma de grupos, para descrever cada tipo de café formado pela Análise de agrupamento (AA).

O primeiro fator (F1) da AFM, mostrado na Tabela 5.11, formou-se pela contribuição de 35,13 e 35,99% respectivamente, dos grupos das variáveis físico-químicas do grão verde e do grupo das variáveis sensoriais, enquanto que grupo de variáveis do grão torrado formou o segundo fator (F2) com uma contribuição de 52,84%.

Estas contribuições na formação dos fatores são confirmadas pelos valores de  $\cos^2$ , que quanto maior sua grandeza, melhor é a sua relação com o fator.

Os coeficientes RV entre os grupos de variáveis e AFM informam se os fatores constituídos na AFM representam as informações contidas nos grupos de variáveis isoladamente (ESCOFIER; PAGÈS, 1983; FERNANDEZ; CALVO, 2002).

No presente estudo as ligações entre os grupos de variáveis, sinalizadas pelos coeficientes RV dos grupos de variáveis, demonstraram uma fraca ligação entre os grupos de variáveis (Tabela 5.12). A menor relação entre as variáveis é recomendada, pois caso contrário, os grupos de variáveis originam as mesmas informações empregadas para a formação dos fatores.

**Tabela 5.11** - Contribuições dos grupos de variáveis na formação do F1 e F2 da AFM e valores de  $\cos^2$  para os grupos de variáveis

Fatores	Contribuições (%)		Cos <sup>2</sup>		
	Grupos	F1*	F2	F1*	F2
FQV		<b>35,13</b>	35,40	<b>0,510</b>	0,224
FQT		28,88	<b>52,84</b>	0,370	<b>0,537</b>
SENS		<b>35,99</b>	11,75	<b>0,658</b>	0,030

\*: apresentados somente os F1 e F2

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado, SENS: grupo de variáveis sensoriais

A eficiência de transposição dos dados contidos nos ACP parciais para os fatores formados na AFM é igualmente avaliada pelos coeficientes RV (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2007). Quanto mais próximo da unidade, maior é quantidade de informação transposta da ACP parciais para a análise global da AFM.

Pode-se observar que no presente estudo ocorreu uma transposição de informações de boa qualidade, pois os valores de RV foram de 0,810 para os grupos das variáveis físico-químicas do grão verde (FQV), de 0,760 para o grupo das variáveis do grão torrado (FQT) e de 0,752 para o grupo das variáveis sensoriais (SENS), indicados na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12** - Coeficientes RV dos grupos de variáveis físico-químicas do grão verde, físico-químicas do grão torrado e sensoriais e da AFM dos tipos de café formados pelas variáveis físico-químicas e sensoriais

Grupos	FQV	FQT	SENS	AFM
FQV	1,000	0,420	0,437	0,810
FQT	0,420	1,000	0,340	0,760
SENS	0,437	0,340	1,000	0,752
AFM	<b>0,810</b>	<b>0,760</b>	<b>0,752</b>	1,000

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado, SENS: grupo de variáveis sensoriais.

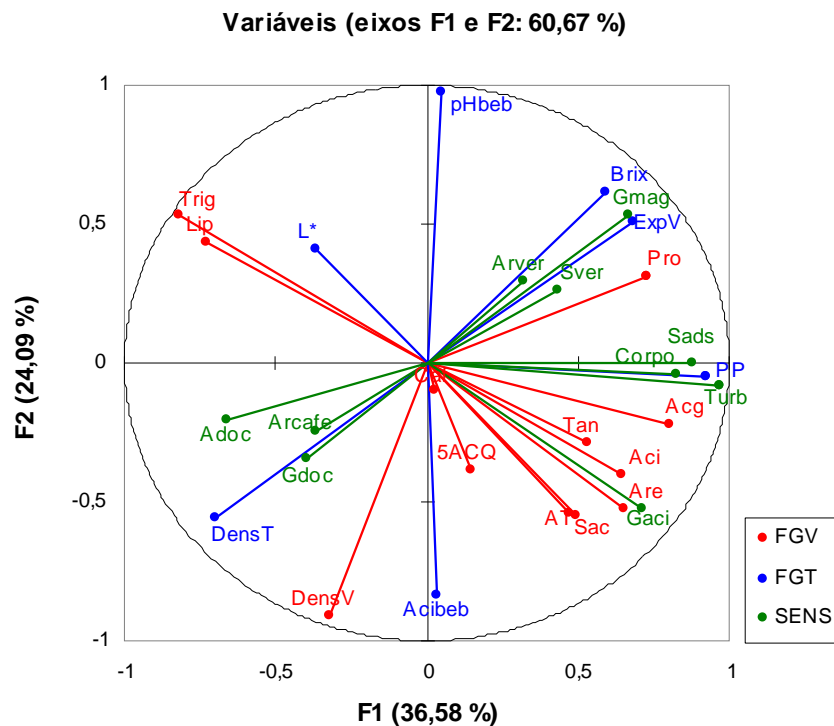
### 5.2.3 Representação Global dos Tipos de Café

Uma das grandes vantagens da AFM, após a padronização dos dados, é permitir a projeção simultânea de todas as variáveis, reunidas como fatores, para caracterizar os tipos de café.

Na Figura 5.1 estão representadas todas as variáveis empregadas na avaliação dos tipos de café e pode-se, então, analisar suas inter-relações a partir de suas localizações no plano formado pelos F1 e F2 da AFM. As cargas fatoriais das variáveis para a formação dos fatores são apresentadas no Anexo 6.

Nas projeções das variáveis no plano formado pelos fatores F1 e F2 da AFM (Figura 5.1) se observou que os atributos aroma de café, aroma doce e gosto doce estão associados entre si e estão posicionados em direção oposta a aroma e sabor verde e gosto amargo. Essas correlações foram igualmente observadas e discutidas no estudo das correlações na matriz inicial original de dados no item 5.2.3.

Os atributos aroma de café e aroma e gosto doce são associados a cafés de maior qualidade, enquanto que aroma verde, gosto amargo e sabor verde e menor densidade do grão torrado são associados a cafés de qualidade inferior (McEWAN, 1998; NEBESNY; BUDRYN, 2006; SCHENKER et al., 2002; WILLIAMS; FERIA-MORALES; KARI, 1989). A partir desta constatação, pode-se inferir que café com atributos positivos de qualidade se localiza no quadrante inferior esquerdo, em posição oposta ao café de atributos negativos de qualidade, localizado no quadrante superior direito da Figura 5.1.



**Figura 5.1** - Projeção das variáveis físico-químicas e atributos sensoriais dos tipos de café COM, GT e AS formados pela AA sobre o plano determinado por F1 e F2 da AMF

A proximidade das projeções das variáveis permite supor que a maior expansão dos grãos durante a torra e a maior liberação de sólidos (medida através da determinação de °Brix) estão associadas ao gosto amargo e a maior concentração de proteínas (Figura 5.1). Além dos compostos conhecidos tradicionalmente como amargos (cafeína e ácidos clorogênicos), outros compostos amargos resultantes da reação de glucose e prolina apresentam um gosto amargo (HOMMA, 2001) e poderiam se formar durante a torra do café, resultando na correlação entre gosto amargo e proteínas presentes no grão verde, encontrada no presente estudo.

O café com maior expansão causada pela torra apresentou-se associado ao gosto amargo e ao maior valor de sólidos na bebida, como pode ser visto nas projeções (Figura 5.1), sugerindo que o aumento do gosto amargo causado pelo prolongamento da torra causou também a liberação de sólidos, devido a destruição da parede celular do grão (GUTIÉRREZ et al., 1993).

Na Figura 5.1 observou-se também, que maiores teores de proteínas foram associados a aroma e sabor verde, o que sugere que a concentração elevada de proteínas pode

resultar, após a torra, em produtos de aroma e sabor reconhecidos pelos provadores como sabor verde, além do gosto amargo.

Os compostos ácidos clorogênicos, taninos totais, acidez titulável do grão verde, 5-ACQ, açúcares totais, sacarose e acidez na bebida foram correlacionados à presença de gosto ácido na bebida de café. A presença de taninos totais e de ácidos clorogênicos foi associada à acidez da bebida devido à presença de ácido quínico formado pela degradação de ácidos clorogênicos (LELOUP; LOUVRIER; LIARDON, 1995).

A associação entre gosto ácido e a presença de sacarose e açúcares totais pode ser atribuída à degradação desses compostos que, segundo Ginz et al. (2000), resultam em compostos ácidos. A relação entre acidez titulável na bebida foi encontrada positiva e significativa em estudos preparados por Aino e Motoyoshi (2001) para a investigação da relação entre atributos sensoriais e propriedades físico-químicas de bebida de café.

No presente estudo, observou-se que a acidez titulável no grão verde está associada ao gosto ácido do café, sugerindo que os compostos ácidos presentes no grão verde permaneceram e/ou devido a maior concentração de ácidos clorogênicos formou-se maior quantidade de ácido quínico após a torra, contribuindo para o gosto ácido.

É provável que todos esses compostos, sejam residuais ou são formados durante a torra, foram identificados e quantificados como gosto ácido pelos provadores quando avaliaram os tipos de café em estudo como demonstrado pelas correlações encontradas descritas no item 5.2.3, quando as variáveis foram analisadas duas a duas.

Como mencionado por diversos autores (MAZZAFERA, 1999, FARAH et al., 2006; STREIT, et al., 2007), as presenças de aroma e sabor verde são associadas inversamente a compostos que se modificam durante a maturação do café, como por exemplo, os ácidos clorogênicos. Pode-se observar que os ácidos clorogênicos não se correlacionaram com o aroma verde e sabor verde, percebidos nas avaliações sensoriais, sugerindo que além destes compostos outras substâncias também estão contribuindo para a formação dos atributos de aroma e sabor verde. Outros compostos como 2-metoxi-3,5 dimetilpirazina, 3-isopropil-2-metoxipirazina, propilpirazina, podem conferir sabores de terra, ervilha, batata ou ervas à bebida do café e foram avaliados como aroma e sabor verde (CZERNY; MAYER; GROSCH, 1999; SCHENKER, et al., 2002). Estes compostos podem interagir com outras substâncias comumente encontradas no café e, em avaliações sensoriais, serem avaliadas como sabor ou aroma verde (CANTERGIANI et al. 2001).

É possível ainda observa-se que os atributos de corpo e turbidez, que apresentam (0,65), como indicado na Tabela 5.2, estão projetados próximos a perda de peso.

Devido a essas proximidades de projeções é possível deduzir que aqueles cafés com maior perda de peso apresentam maior intensidade de turbidez e corpo da bebida. Correlações semelhantes entre a intensidade de corpo na bebida e a intensidade da torra foi encontrada por Yate e Tuo, (1995), que sugeriram, ainda, que a intensidade do corpo da bebida do café poderia ser controlada pela intensidade da torra aplicada ao café.

Nas projeções das variáveis na Figura 5.1 notam-se associações entre o sabor adstringente e os atributos de corpo e turbidez e perda de peso durante a torra. Essas associações sugerem que o prolongamento da torra (maior perda de peso) libera e/ou forma compostos que além de aumentar a turbidez da bebida, causam sabor adstringente à bebida.

A associação entre lipídios e trigonelina indicada pela proximidade dessas variáveis na Figura 5.1 tem sido encontrada em diversos estudos de qualidade de café. Estudos de Lara-Estrada (2005) encontraram correlação positiva entre trigonelina e lipídios e Ramalakshmi; Kubra; Rao (2007) verificaram correlação positiva entre lipídios e grau de maturação, pois à medida que o grão se desenvolve aumenta a concentração de lipídios. Foram observadas ainda correlações entre lipídios e trigonelina em cafés de grãos de maior granulometria e maior densidade do grão (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). Pode-se observar na Figura 5.1 que esses compostos estão posicionados em quadrante oposto aos compostos associados a grãos imaturos (taninos totais, ácidos clorogênicos, maior acidez titulável do grão verde) o que sugere que altos teores de lipídios e trigonelina são próprios de grãos completamente maduros.

#### 5.2.4 Projeção dos Tipos de Café no Plano Formado por F1 e F2 da AFM

Os tipos de café formados em função da cadeia de consumo foram projetados no plano formado pelos fatores F1 e F2 da AFM.

Como visto anteriormente na Tabela 5.11, o fator F1 desta análise está formado pelos grupos de variáveis físico-químicas do grão verde e de atributos sensoriais, enquanto que o fator F2 foi formado pelo grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado.

A partir dos dados de contribuição de cada tipo de café para a formação dos fatores da AFM, mostrados na Tabela 5.13, pode-se observar que somente cafés do tipo AS3, GT1, GT2 e GT3 têm suas contribuições bem definidas na participação da formação dos fatores. Os tipos de café AS3 e GT3 contribuem com 20,57 e 26,68% respectivamente para

formação do F1, enquanto que os tipos GT1 e GT2 estão contribuindo para a formação do F2 com 27,28 e 40,25% , respectivamente.

O tipo de café AS2 mostrou baixa contribuição (8,12%) para a formação do F1 da AFM e os demais tipos de café (AS1, COM1, COM2 e COM 3) têm suas contribuições distribuídas de maneira similar para os dois fatores ( Tabela 5.13) .

**Tabela 5.13** - Valores de contribuição das observações para a formação dos fatores F1 e F2 e das coordenadas das observações

Fatores Tipos	Contribuições (%)		Coordenadas dos fatores:	
	F1	F2	F1	F2
AS1	7,18	<b>9,80</b>	<b>1,14</b>	1,08
AS2	<b>8,12</b>	1,30	<b>1,21</b>	-0,39
AS3	<b>20,57</b>	0,17	<b>-1,93</b>	-0,14
COM1	2,15	<b>2,42</b>	<b>0,62</b>	-0,54
COM2	<b>11,56</b>	8,14	<b>1,45</b>	-0,98
COM3	<b>12,55</b>	10,03	<b>-1,51</b>	1,09
GT1	10,97	<b>27,28</b>	1,41	<b>1,80</b>
GT2	0,22	<b>40,25</b>	-0,20	<b>-2,19</b>
GT3	<b>26,68</b>	0,61	<b>-2,19</b>	0,27

COM: tipo de café formado pelas características físico-químicas do grão verde; GT: tipo de café formado pelas características físico-químicas do grão torrado; AS: tipo de café formados pelas características sensoriais.

Constatou-se assim, que os tipos de café agrupados em função da sua composição físico-química (COM e GT) e seus atributos sensoriais (AS) podem ter sua descrição complementada por outros grupos de variáveis quando foram avaliados pela AFM porque apresentam associações com fatores formados por variáveis diferentes daquelas da qual originaram.

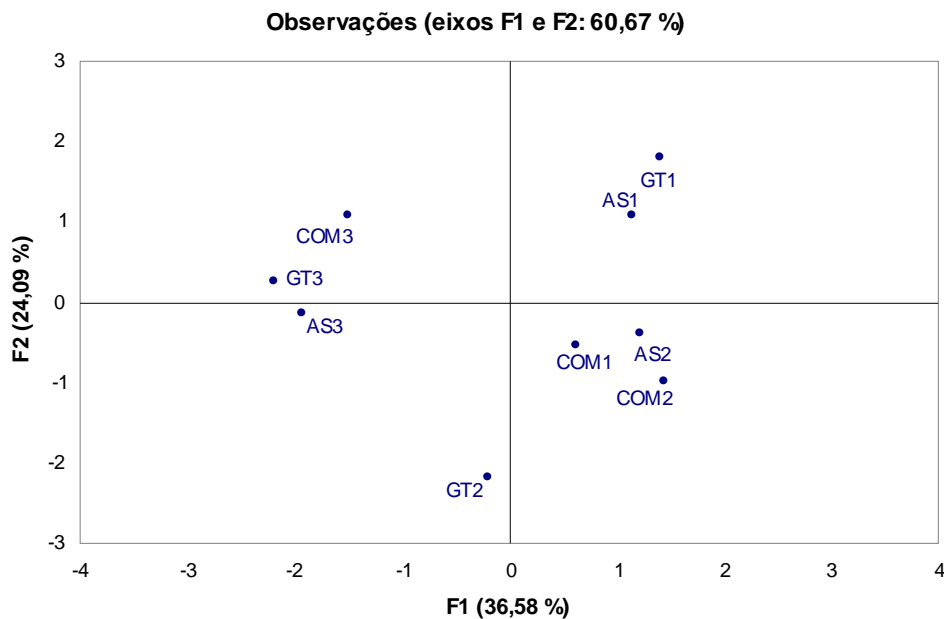
No caso do tipo GT3, por exemplo, inicialmente foi formado a partir de variáveis físico-químicas do grão torrado ao ser avaliado pela AFM, sua caracterização foi mais bem descrita pelas variáveis físico-químicas do grão verde e pelos atributos sensoriais (Tabela 5.13), devido à sua contribuição para a formação do fator F1.

Os tipos de café formados pela AA estão projetados no plano formado pelos dois primeiros fatores da AMF (Figura 5.2) e quando se comparam essas projeções com as

projeções das variáveis (Figura 5.1) se observa que os cafés COM3 e GT3 estão relacionados a maiores valores de lipídios e trigonelina e baixas concentrações de ácidos clorogênicos, açúcares redutores. Nas avaliações sensoriais esses cafés estão associados a gosto ácido de baixa intensidade.

Já os cafés do tipo AS3 associaram-se a variáveis que da qual originaram, por exemplo, aroma de café e aroma doce e gosto doce, atributos próprios de cafés de maior preferência (McEWAN, 1998).

Considerando-se que cafés com maior concentração de lipídios apresentaram aroma mais intenso e são associados também à maior preferência (DECAZY et al., 2003; LARA-ESTRADA, 2005; VAAST et al., 2004), pode-se sugerir que os tipos de café COM3, AS3 e GT3 são cafés de maior preferência.



**Figura 5. 2-** Projeção dos tipos de café formados pela AA e submetidos à AMF

Os cafés dos tipos COM1, COM2 e AS2, projetados no quadrante direito inferior da Figura 5.2, apresentaram altas concentrações de ácidos clorogênicos, taninos totais, alta acidez de bebida e intenso gosto ácido. A bebida de café está associada a uma determinada intensidade de acidez sensorial que, quando ultrapassada, leva a sua rejeição (BALZER, 2001; RENDÓN-MAMANI, 2007). Portanto, como intenso gosto ácido está

associado a cafés de menor aceitabilidade, os tipos de café COM1, COM2 e AS2 são aqueles de menor nível de preferência entre os tipos estudados.

O café do tipo GT1 projetado no quadrante superior direito da Figura 5.2 está associado ao fator F2, formado basicamente pelas variáveis físico-químicas do grão torrado. O café tipo GT1 apresentou como principais características a maior concentração de sólidos na bebida e menor densidade de grão torrado e está ainda associado a gosto amargo mais intenso e a maiores valores de proteínas. Provavelmente, foram cafés colhidos em estágio de maturação incompleto, quando a parede celular não se encontrava totalmente formada e, portanto com baixa densidade do grão verde, indicando formação incompleta do grão (REDGWELL; FISHER, 2006). Correlações descritas no item 5.2.3 entre densidade de grão verde e densidade de grão torrado (0,43) e entre densidade de grão verde e a presença de sólidos na bebida (-0,23) apóiam essas suposições sobre as características desse tipo de café.

Nota-se que, embora com uma contribuição de apenas 9,80% para a F2, o café tipo AS1, formado a partir de características sensoriais, tem a sua descrição complementada com as características físico-químicas de grão torrado. Esse tipo de café está relacionado a sabor verde e aroma verde intensos e a gosto amargo intenso. Essas características são complementadas com características físico-químicas, principalmente valores de elevados de proteínas.

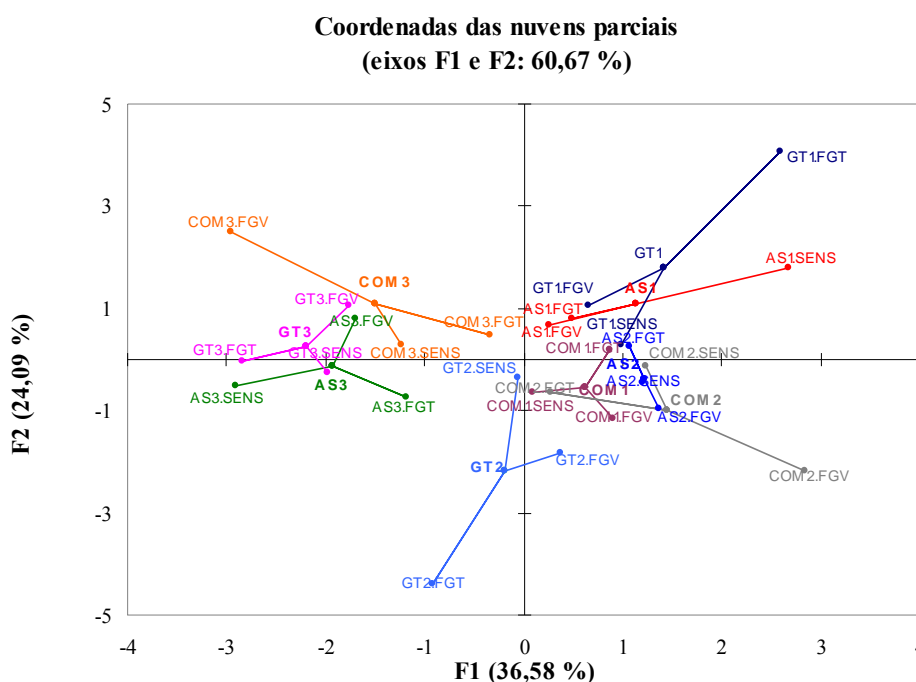
Como indicado na Figura 5.1, o teor de proteína apresentou-se associado a atributos sensoriais sabor verde e aroma verde, que são características de menor preferência conforme foi comprovado em estudos realizados em cafés paranaenses da região de Jesuítas onde cafés com maiores concentrações de proteínas receberam menores notas de preferência nas avaliações sensoriais realizadas por provadores profissionais (DAL MOLIN et al., 2007).

Comparando-se a projeção dos grupos de variáveis (Figura 5.1) e a projeção dos tipos de café (Figura 5.2) observou-se que o café de tipo GT2 apresentou como característica principal baixa concentração de proteínas, maior densidade de grão verde e maior acidez titulável de bebida. Pode-se inferir que são cafés bem formados devido à alta densidade dos grãos verdes e a baixa expansão dos grãos torrados. Esses cafés também estão associados a aroma doce e gosto doce e à baixa intensidade de aroma verde e sabor verde. Entre provadores profissionais de café as características de pouca expansão dos grãos torrados são associadas a cafés de alta qualidade de bebida e de alto valor comercial (BACCETI, 2007 comunicação pessoal; TUDA, 2007 comunicação pessoal).

### 5.2.5 Projeção do Centróide e das ACP parciais

A projeção do ponto centróide (centro de gravidade), correspondente àquela obtida pela AFM, está unida às projeções provenientes das ACP parciais, aplicadas separadamente a cada grupo de variáveis. Quanto menor a distância entre o centróide e o ponto projetado pela ACP parcial, maior é a semelhança entre a descrição obtida pela AFM e àquelas obtidas pelos ACPs parciais (PAGÈS, 2004). Estas projeções são, portanto indicações da influência dos grupos na formação dos fatores da AFM.

Na Figura 5.3, os pontos das projeções das ACP parciais dos cafés COM3, GT1 e GT2 apresentaram maiores distâncias dos pontos centróides obtidas pela análise global da AFM como mostrado na Figura 5.3 e no Anexo 7.



**Figuras 5.3** - Coordenadas das nuvens parciais dos tipos de café projetados no plano fatorial de F1 e F2 da AFM

Esta configuração sugere que a descrição para os tipos de COM3, GT1, GT2 feita pela AFM é divergente daquela realizada a partir ACP parciais, realizadas considerando-se os grupos de variáveis físico-químicas do grão verde e do grão torrado e o grupo de atributos sensoriais um a cada vez. Desta maneira, descrições mais eficientes das

características físico-químicas e dos atributos dos cafés foram alcançadas quando os tipos de café e grupos de variáveis foram projetados no mesmo espaço formado pelos fatores da AFM.

Na matriz original de dados foram encontrados diferentes tipos de café, que formados a partir de suas similaridades de características de grão verde, de grão torrado e de atributos sensoriais, foram associados à outras características que podem ser indicadoras de qualidade e preferência para atender os segmentos de cadeia de consumo.

Os cafés dos tipos COM3, GT3 e SEN3, quando descritos pelos grupos de variáveis, apresentaram características compatíveis com cafés considerados de boa preferência, bem como o café tipo GT2 que apresenta características consideradas de boa qualidade pelo mercado físico do café.

Os cafés AS2, COM1 COM2 foram considerados cafés de características intermediárias de preferência, enquanto que os cafés AS1 e GT1 agrupados pelas similaridades sensoriais e de grãos torrados associam-se às características relativas aos cafés de menor preferência.

Assim, aplicação da AFM, empregando grupos de variáveis para descrever dos tipos de café formados em função da cadeia de consumo, foi possível identificar conjuntos de características que descrevem mais eficientemente esses tipos.

Adicionalmente, constatou-se que na região cafeeira são produzidos tipos de café com diferentes características que devidamente descritas são adequadas aos distintos segmentos da cadeia de consumo.

### 5.3 MICRORREGIÕES CAFFEEIRAS FORMADAS EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Fatores ambientais do macroclima e do mesoclima, semelhantes àqueles que afetam a qualidade do vinho, também influenciam a qualidade do café como um todo (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002; DECAZY et al., 2003). Porém, os fatores de mesoclima como altitude, declividade, exposição solar, ou ventos locais podem conferir nuances nas características sensoriais do café (AVELINO et al., 2005).

Assim, o reconhecimento dos fatores do macroclima e do mesoclima (clima local) permite definir um terroir como sendo um agro-sistema caracterizado e capaz de fornecer produtos particulares, dotados uma originalidade, ou seja, portadores de característica própria (SALETTE; ASSELIN; MORLAT, 1998).

Para identificar o terroir na região cafeeira do Paraná, foram escolhidas as variáveis altitudes e temperaturas médias anuais dos municípios amostrados (Tabela 5.14), em virtude de que o efeito dessas variáveis na qualidade do café foi demonstrado por vários estudos (GUYOT et al., 1996; ALPIZAR; BERTRAND, 2004; DECAZY et al., 2003; LARA-ESTRADA; VAAST, 2007).

Estas condições estão entre aquelas que têm influências diretas nas características físico-químicas e sensoriais do café (GUYOT et al., 1996, DECAZY et al., 2003, BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002) e não são passíveis de interferência por parte do produtor.

Os procedimentos para a formação das regiões foram descritos no item 4.5.2.2 da seção Materiais e Métodos e o nos Anexos 8, Anexo 9 e Anexo 10 estão apresentadas as médias das variáveis avaliadas para cada microrregião.

### 5.3.1 Análise de Correspondência Múltipla (ACM) Aplicada as Variáveis do Terroir

Os cafés provenientes das microrregiões cafeeiras foram analisados pelas 31 variáveis divididas em grupos de variáveis quantitativas físico-químicas do grão verde (FQV), e do grão torrado (FQT) e atributos sensoriais (SENS) e grupo das variáveis qualitativas que incluem a altitude (Alt) e temperaturas médias anuais (Temp) dos municípios das microrregiões cafeeiras avaliadas. Na Tabela 5.14 estão relacionadas às microrregiões avaliadas e suas respectivas variáveis qualitativas.

**Tabela 5.14 - Microrregiões cafeeiras formadas pelos municípios em função da altitude local e temperaturas médias anual**

MICRORREGIÕES	Altitude (m)*	Temperatura média (°C)*
Apucarana (Apu)	880 (Alt 880)	21-20 (TempD)
S. Jerônimo da Serra (SJS)	880 (Alt 880)	21-20 (TempD)
Ivaiporã (Iva)	650 (Alt 650)	21-20 (TempD)
Mandaguari (Man)	650 (Alt 650)	22-23 (TempC)
Cornélio Procópio (CPro)	560 (Alt 560)	22-23 (TempC)
Londrina (Lda)	560 (Alt 560)	22-23 (TempC)
Ribeirão Claro (RClaro)	500 (Alt 500)	22-23 (TempC)

\* Valores médios disponíveis na Área de Agrometeorologia do IAPAR (IAPAR, 2007)

Na presença de tabelas de variáveis qualitativas e quantitativas, a AFM é realizada em três etapas. Inicialmente, foi aplicada a análise de correspondência múltipla (ACM) para o grupo de variáveis qualitativas, seguida das ACP parciais para os grupos de variáveis quantitativas, finalizando-se com a análise global da AFM (PAGÈS, 2004).

Como resultado da ACM aplicada às variáveis qualitativas, pode-se observar que essas variáveis do terroir (altitude e temperatura) são responsáveis 71,04% da variabilidade existente entre as microrregiões, como demonstrado pelos dois primeiros fatores da análise de correspondência múltipla (Tabela 5.15).

**Tabela 5.15** - Autovalores e variância e variância acumulada (V.Ac) para os dois primeiros fatores da Análise de Correspondência Múltipla (ACM) aplicada às variáveis qualitativas do terroir (altitude e temperatura)

	<b>F1 (Dimensão 1)</b>	<b>F2 (Dimensão 2)</b>
Autovalor	0,921	0,50
Variância (%)	46,04	25,00
Variância acumulada (V.Ac) %	46,04	<b>71,04</b>

As associações entre os fatores e as variáveis qualitativas da ACM foram demonstradas pelas contribuições para a formação dos fatores e pelos valores de  $\cos^2$  apresentados na Tabela 5.16.

**Tabela 5.16** - Contribuições (%) e  $\cos^2$  das variáveis qualitativas na formação de fatores para Análise de Correspondência Múltipla (ACM)

Fatores	Contribuições (%)			Cos <sup>2</sup>			
	Terroir	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Alt-880		<b>0,269</b>	0,007	0,170	<b>0,693</b>	0,010	0,238
Alt-650		0,004	0,027	<b>0,679</b>	0,011	0,038	<b>0,950</b>
Alt-560		0,151	<b>0,261</b>	0,151	<b>0,390</b>	0,366	0,211
Alt-500		0,076	<b>0,705</b>	0,001	0,162	<b>0,822</b>	0,001
Temp-D		<b>0,286</b>	0,000	0,000	<b>0,921</b>	0,000	0,000
Temp-C		<b>0,214</b>	0,000	0,000	<b>0,921</b>	0,000	0,000

Alt : altitude local medida em metros ; Temp: temperatura média histórica anual

Na formação dos fatores, verificou-se que microrregiões de altitudes de 880m estão associadas ao F1, enquanto que as microrregiões de altitudes de 560 e 500m associaram-se ao F2. Observa-se que a microrregião de altitude de 650m, provavelmente por se tratar de uma altitude intermediária teve menor participação na formação dos fatores que as demais altitudes e associou-se somente ao F3.

Estudos realizados para a avaliação da qualidade do café verificaram que as influências da altitude na qualidade do café variam com os diferentes níveis de altitude onde o café é cultivado (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). Mais recentemente, Alpizar e Bertrand, (2004) e Lara-Estrada e Vaast, (2007) relataram o efeito da altitude nas características físico-químicas e sensoriais do café principalmente no que se refere ao tamanho do grão, composição físico-química e atributos sensoriais de cafés de áreas de produções comerciais da América Central em altitude entre 630-1350m acima do nível do mar, observando que cafés de menor altitude podem apresentar qualidade de bebida comparável aos cafés de maior altitude, desde que submetidos a práticas agrícolas para amenizar os efeitos ambientais adversos.

A variável de temperatura se relacionou ao F1 como apresentado, também, na Tabela 5.16. As temperaturas médias anuais de 21-22 °C e 22-23 °C nas regiões estão na faixa de temperaturas recomendadas para o desenvolvimento do café (CARAMORI et al., 2001). A temperatura influencia diretamente o desenvolvimento do grão de café, principalmente em relação ao intervalo entre a floração e a maturação dos grãos (MORAIS et al., 2006; SILVA et al., 2005). Estudos revelaram que temperaturas acima daquelas definidas como ideais para o desenvolvimento da cultura (>24°C) antecipam a maturação do grão, enquanto que temperatura dentro da faixa de ótima (18 a 21°C) permite o maior acúmulo de nutriente e conseqüente aumento do tamanho do grão (BOTE, 2007; MARRACCINI, et al., 2006).

### 5.3.2 ACP Parciais para os Grupos de Variáveis Quantitativas

Nas ACP parciais realizadas para os grupos de variáveis quantitativas, uma a cada vez, observou-se que as variáveis relacionadas com as características físico-químicas do grão torrado (FQT) contribuíram para a maior explicação da variabilidade existente entre os cafés das microrregiões. Esta variabilidade (84,53%) está contida nos dois primeiros fatores

da AFM como descrito na Tabela 5.17. O grupo das variáveis físico-químicas do grão verde (FQV) e o grupo de variáveis sensoriais (SENS) explicaram 71,24% e 69,43%, respectivamente, da variabilidade contida nas microrregiões cafeeiras do Paraná.

**Tabela 5.17** - Autovalores e variância acumulada (V. Ac) nos fatores F e F2 formados pela ACP parciais

Grupos	Fatores	FQV (12)*		FQT (7)*		SENS (10)*	
		AV	V. Ac (%)	AV	V. Ac (%)	AV	V. Ac (%)
	F1	5,17	43,13	4,62	66,01	4,67	46,68
	F2	3,37	<b>71,24</b>	1,30	<b>84,53</b>	2,27	<b>69,43</b>

\*: número de variáveis no grupo

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado;

SENS: grupo de variáveis sensoriais

Na AFM foram analisados os dois primeiros fatores, pois os mesmos retêm a maior parte da variabilidade dos cafés existente entre as microrregiões. A participação dos fatores das ACP parciais na formação dos fatores da AFM, relacionando as variáveis quantitativas e qualitativas, pode ser acompanhada pelas contribuições de cada grupo de variáveis na construção desses fatores. Na análise dos grupos de variáveis quantitativas (AFM), encontrou-se que 59,53% da variabilidade existente entre as microrregiões são explicadas pelos dois primeiros fatores da AFM, como apresentado na Tabela 5.18. Em estudos de descrição de terroir de cafés hondurenhos, Decazy et al. (2003) obtiveram 64% de variância acumulada nos dois primeiros fatores da AFM, envolvendo análises físico-químicas e sensoriais.

**Tabela 5.18** - Autovalores e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de variáveis quantitativas físico-químicas e sensoriais

Fatores	Autovalores	V.Ac (%)
F1	1,81	30,24
F2	1,75	<b>59,53</b>

A importância relativa de cada um dos grupos de variáveis na formação dos fatores F1 e F2 da AFM é indicada pela contribuição para a formação do fator e pelo  $\cos^2$ . Assim, como indicado na Tabela 5.19, verificou-se que as variáveis relacionadas com as características físico-químicas do grão torrado (FQT) têm maior contribuição (44,97%) para a composição do fator F1. Os grupos de variáveis físico-químicas do grão verde e das variáveis sensoriais contribuíram para a formação do fator F2 com 31,02 e 46,42%, respectivamente.

Ainda na Tabela 5.19, os valores de  $\cos^2$  confirmaram a participação de cada grupo de variáveis na formação dos fatores.

As variáveis altitude e temperaturas médias anuais, que representam o terroir, são variáveis qualitativas e não participam do cálculo do autovalor da AFM, porém são projetados no mesmo espaço.

Pode-se observar na Tabela 5.19, que devido aos seus valores de  $\cos^2$ , as influências do terroir são associadas às características físico-químicas do grão torrado formadoras do fator F1 da AFM.

**Tabela 5.19** - Contribuições (%) e  $\cos^2$  dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de variáveis qualitativas e quantitativas

Fatores	Grupos	Contribuições (%)		Cos <sup>2</sup>	
		F1	F2	F1	F2
	FQV	28,29	<b>31,02</b>	0,210	<b>0,237</b>
	FQT	<b>44,97</b>	22,56	<b>0,776</b>	0,183
	SENS	26,74	<b>46,42</b>	0,205	<b>0,580</b>
	Terroir			<b>0,217</b>	0,008

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado; SENS: grupo de variáveis sensoriais

Os coeficientes RV, que medem as correlações entre os grupos de variáveis, na Tabela 5.20 indicam que os grupos de variáveis apresentam baixas correlações entre si, o que torna possível a aplicação da AFM.

Na Tabela 5.20 pode-se, ainda constar que as condições do terroir (altitude e temperatura) se correlacionam mais intensamente às características físico-químicas do grão verde que às demais características.

**Tabela 5.20** - Coeficientes RV para os grupos de variáveis da AFM aplicada às microrregiões cafeeira

	FQV	FQT	SENS	Terroir	AFM
FQV	1,000				
FQT	0,472	1,000			
SENS	0,529	0,556	1,000		
Terroir	0,600	0,394	0,323	1,000	0,539
AFM	<b>0,826</b>	<b>0,799</b>	<b>0,846</b>	<b>0,539</b>	1,000

Na relação entre a AFM e os grupos de variáveis se constatou que essa análise está associada, em níveis próximos, aos grupos de variáveis FQV e a SENS e em menor grau ao grupo de variáveis FQT, como evidenciado na Tabela 5.20, sugerindo que as melhores transposições de informações foram obtidas a partir dos grupos FQV e SENS.

### 5.3.3 Importância Relativa dos Grupos de Variáveis para Descrição do Café das Microrregiões Cafeeiras

A importância relativa de cada grupo de variáveis na caracterização do café das microrregiões pode ser avaliada a partir das projeções dos cafés das microrregiões, obtidas das ACP parciais e da AFM.

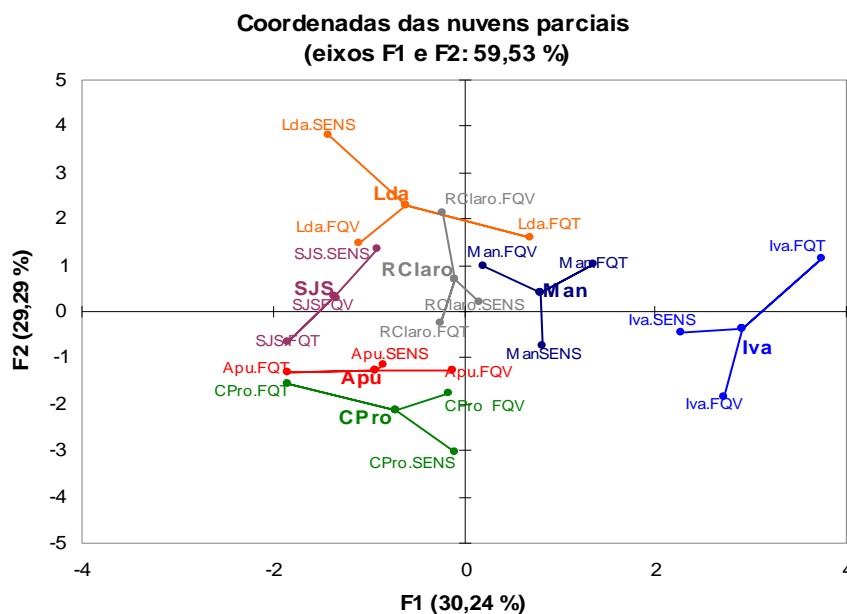
O centróide representa as coordenadas resultantes da AFM realizada envolvendo todos os grupos de variáveis. Os pontos unidos ao centróide representam as projeções formadas pelos grupos de variáveis, um a cada vez na ACP parcial (FERNANDEZ; CALVO, 2002; PAGÉS, 2004; ESCOFIER; PAGÈS, 1983). Quanto mais próximo do ponto centróide maior é a similaridade entre a ACP parcial e a AFM e maior será a qualidade da representação da AFM (PAGÈS, 2004).

Como visto na Tabela 5.19, F1 formou-se pela contribuição pelo grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado, enquanto que F2 foi constituído pelos grupos das variáveis físico-químicas do grão verde e das variáveis sensoriais.

Quando são projetados os pontos centróides e respectivos ACP parciais (dos grupos de variáveis quantitativas) para as microrregiões, observou-se um comportamento

diferente entre os grupos de variáveis em relação à AFM, demonstrado na Figura 5.4 e confirmado no Anexo 11.

Pode-se constatar então, que os cafés de cada microrregião têm grupos de características com maior influência que outro para descrever os cafés das microrregiões. Portanto, caso fossem empregados esses grupos de variáveis isoladamente, como na ACP parciais para descrever as características dos cafés das microrregiões, poderiam ocorrer resultados distorcidos (PAGÈS, 2004).



**Figura 5.4** - Representação das projeções dos centróides das microrregiões obtidos na AFM e das ACP parciais dos grupos de variáveis no plano de F1 e F2

Entretanto, quando se padronizou os fatores das ACP parciais para a realização da AFM, a influência de um grupo de variáveis sobre os demais é equilibrada, o que permite a análise dos cafés das microrregiões com base na totalidade das variáveis reunidas sob a forma de grupos.

Quando se analisa a contribuição das microrregiões na formação dos fatores pode se observar que as microrregiões de Ivaiporã (Iva) e S. Jerônimo da Serra (SJS) Mandaguari (Man) contribuíram nitidamente para a formação do fator F1 (Anexo 12),

enquanto que as microrregiões de Ribeirão Claro (RClaro), Londrina (Lda) contribuíram para a formação do segundo fator.

A microrregião RClaro, porém, apresenta baixos valores de  $\cos^2$  (Anexo 12), indicando que estas microrregiões estão muito próximas da origem das coordenadas dos eixos globais e, portanto tem uma descrição similar ou balanceada em todas as variáveis não apresentando uma clara definição por um grupo de variáveis.

Assim, na seqüência aplicou-se a AFM com nova abordagem na atuação dos grupos de variáveis: os grupos de variáveis físico-químicas do grão verde e do grão torrado foram considerados grupos ativos, enquanto que o grupo de variáveis sensoriais foi mantido na análise como um grupo adicional ou suplementar.

O grupo de variáveis sensoriais apresentou correlações com os outros grupos, como indicado na Tabela 5.20, sinalizando que as informações dos atributos sensoriais estarão também representadas nos grupos de variáveis FQV e FGT. Somando-se a isso, as amostras de café foram previamente classificadas e padronizadas com um nível mínimo de qualidade sensorial, permitindo o emprego desse grupo de variáveis com grupo suplementar.

A estratégia do emprego de grupos ativos e suplementares na AFM foi utilizada por et al., (2003) na análise de cafés hondurenhos com a finalidade de obter uma explicação mais clara e eficiente sobre a qualidade do café e, de igual maneira, o grupo de variáveis sensoriais foi considerado como grupo suplementar.

#### 5.3.4 Grupos Ativos de Variáveis Físico-químicas do Grão Verde (FQV) e do Grão Torrado (FGT)

Sob essa abordagem, os grupos de variáveis físico-químicas do grão verde (FQV) e do grão torrado (FQT) como grupos ativos participaram efetivamente dos cálculos, enquanto que o grupo de variáveis sensoriais (SENS) foi apenas projetado no plano fatorial, sem ser contabilizado nos cálculos (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008).

Com a aplicação da AFM, empregando-se somente os grupos de variáveis FQV e FGT constatou-se um aumento da explicação da variabilidade do café das microrregiões pelos fatores F1 e F2, passando de 59,53% para 65,01%, como indicado na Tabela 5.18 e Tabela 5.21, respectivamente.

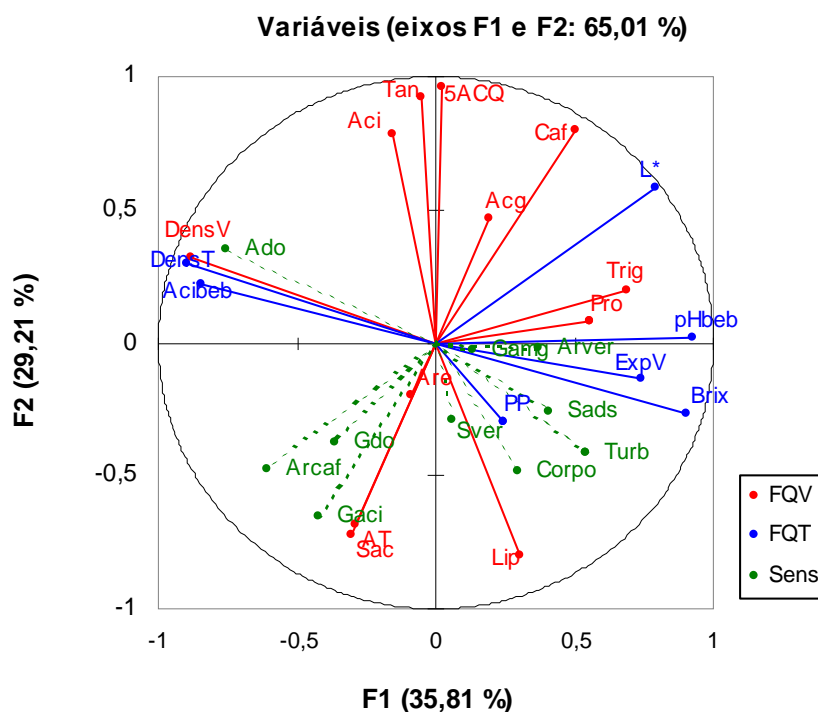
**Tabela 5.21** - Autovalores e variância acumulada (V. Ac) dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos grupos de FQV e FQT em cafês das microrregiões cafeeiras

	F1	F2
Autovalores	1,37	1,12
Variância Acumulada (%)	35,80	<b>65,01</b>

Na Figura 5.5 estão projetadas as variáveis ativas (linhas completas) e suplementares (linhas interrompidas) para análise das microrregiões de café e onde é possível analisar as relações entre as variáveis.

As variáveis são projetadas a partir dos fatores obtidos nas ACP parciais, os quais são projetados sobre os eixos fatoriais da AFM, depois de sua padronização, resultando numa representação superposta na nuvem média global (GUZMÁN, 2006).

Os pontos representando as microrregiões são também projetados de igual forma sobre esta nuvem média global, em particular sobre o plano formado pelos dois primeiros eixos globais.



**Figura 5.5** - Representação das projeções das variáveis ativas (linhas completas) e suplementares (linhas interrompidas) da análise das microrregiões cafeeiras

Dessa maneira, a aplicação da AFM permite a projeção das microrregiões cafeeiras no plano formado pelos fatores F1 e F2 da AFM, tornando possível associar o terroir às características dos cafés das microrregiões.

Na formação dos fatores F1 e F2 da AFM, verificou-se que o grupo das variáveis físico-químicas do grão torrado (FQT) contribuiu com 69,64 % do autovalor do F1. Por outro lado, o grupo de variáveis de físico-químicas do grão verde (FQV) está associado ao F2, contribuindo com 87,41% para a formação do autovalor da AFM.

Na Tabela 5.22 é possível verificar-se que o fator F1 está formado, principalmente, pela participação das variáveis físico-químicas do grão torrado, juntamente com as variáveis físico-químicas proteínas, trigonelina e densidade de grão verde. O fator F2 formou-se pela contribuição das demais variáveis físico-químicas do grão verde.

**Tabela 5.22** - Cargas fatoriais e contribuições das variáveis para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM aplicada aos cafés das microrregiões

Fatores	Cargas fatoriais		Contribuição (%)		
	Variáveis	F1	F2	F1	F2
Pro		<b>0,56</b>	0,08	<b>4,38</b>	0,12
Lip		0,31	<b>-0,80</b>	1,31	<b>10,94</b>
AT		-0,29	<b>-0,68</b>	1,15	<b>8,09</b>
Sac		-0,30	<b>-0,72</b>	1,28	<b>9,04</b>
Are		-0,09	-0,20	0,10	0,68
Acg		0,19	<b>0,47</b>	0,53	<b>3,76</b>
Tan		-0,05	<b>0,92</b>	0,03	<b>14,65</b>
Aci		-0,16	<b>0,79</b>	0,35	<b>10,67</b>
Trig		<b>0,69</b>	0,19	<b>6,65</b>	0,65
5ACQ		0,02	<b>0,97</b>	0,01	<b>16,06</b>
Caf		0,50	<b>0,80</b>	3,57	<b>10,99</b>
DensV		<b>-0,88</b>	0,32	<b>11,00</b>	1,78
PP		0,25	-0,30	0,96	1,72
DensT		<b>-0,84</b>	0,22	<b>11,16</b>	0,96
ExpV		<b>0,74</b>	-0,14	<b>8,57</b>	0,37
L*		<b>0,79</b>	0,58	<b>9,90</b>	6,54
pHbeb		<b>0,93</b>	0,02	<b>13,50</b>	0,01
Acibeb		<b>-0,90</b>	0,29	<b>12,68</b>	1,67
°Brix		<b>0,90</b>	-0,26	<b>12,87</b>	1,34

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquinico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde, PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado; L\*: luminosidade; pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida; °Brix: sólidos solúveis da bebida

## 5.3.5 Descrições das Características Físico-químicas e Sensoriais das Microrregiões Cafeeiras

Pode-se observar que as microrregiões de Ivaiporã (Iva) e S. Jerônimo da Serra (SJS) e Mandaguari (Man) contribuíram nitidamente para a formação do fator F1 (Tabela 5.23), enquanto que as microrregiões de Ribeirão Claro (RClaro), Londrina (Lda) e contribuíram para a formação do F2 .

**Tabela 5.23** - Contribuições (%), valores de  $\cos^2$  e das coordenadas das microrregiões para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM, com FQV e FQT como grupos ativos

Fatores	Microrregiões	Contribuições (%)		Cos <sup>2</sup>	
		F1	F2	F1	F2
Apu		<b>9,55</b>	9,47	<b>0,35</b>	0,28
Iva		<b>56,45</b>	13,25	<b>0,78</b>	0,15
CProc		11,77	<b>16,40</b>	0,36	<b>0,41</b>
SJS		<b>14,88</b>	0,16	<b>0,61</b>	0,01
RClaro		0,16	<b>52,22</b>	0,00	<b>0,68</b>
Lda		0,44	<b>6,65</b>	0,01	<b>0,18</b>
Man		<b>6,75</b>	1,86	<b>0,24</b>	0,05
Alt-880				<b>0,74</b>	0,151
Alt-650				<b>0,90</b>	0,037
Alt-560				<b>0,27</b>	0,061
Alt-500				0,00	<b>0,68</b>
Temp-D				0,00	<b>0,76</b>
Temp-C				0,00	<b>0,76</b>

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado; SENS: grupo de variáveis sensoriais

Alt : altitude local medida em metros Temp D: temperatura média histórica anual de 21-20 °C ; Temp C: temperatura média histórica anual de 22-23 °C

Apu: Apucarana; Iva: Ivaiporã; CProc: Cornélio Procópio; SJS: São Jerônimo da Serra; RClaro: Ribeirão Claro; Lda: Londrina; Man: Mandaguari

Como apresentado na Tabela 5.23, as microrregiões de Apucarana (Apu) e Cornélio Procópio (CPro), não apresentaram uma clara definição entre os fatores F1 e F2 da AFM, contribuindo de maneira semelhantes para formação dos fatores.

No entanto, quando se analisa o indicador de qualidade de representação ( $\cos^2$ ), apresentado na Tabela 5.23, constata-se que as microrregiões de Apucarana, Ivaiporã, S. Jerônimo da Serra e Mandaguari se associam ao fator F1 e as microrregiões Cornélio Procópio, Londrina e Ribeirão Claro estão associadas ao F2.

Os valores de  $\cos^2$  para as microrregiões de Londrina e Mandaguari indicam que essas microrregiões estão projetadas próximas das coordenadas dos eixos globais e, portanto, podem ser descritas de maneira similar por todos os grupos de variáveis.

Ainda na Tabela 5.23, constata-se que as microrregiões de Apucarana (Apu) e S. Jerônimo da Serra (SJS) com altitude média de 880m e as microrregiões de Ivaiporã (Iva) e Mandaguari (Man) com 650m de altitude média associaram-se ao F1, que agrupa principalmente as variáveis físico-químicas do grão torrado.

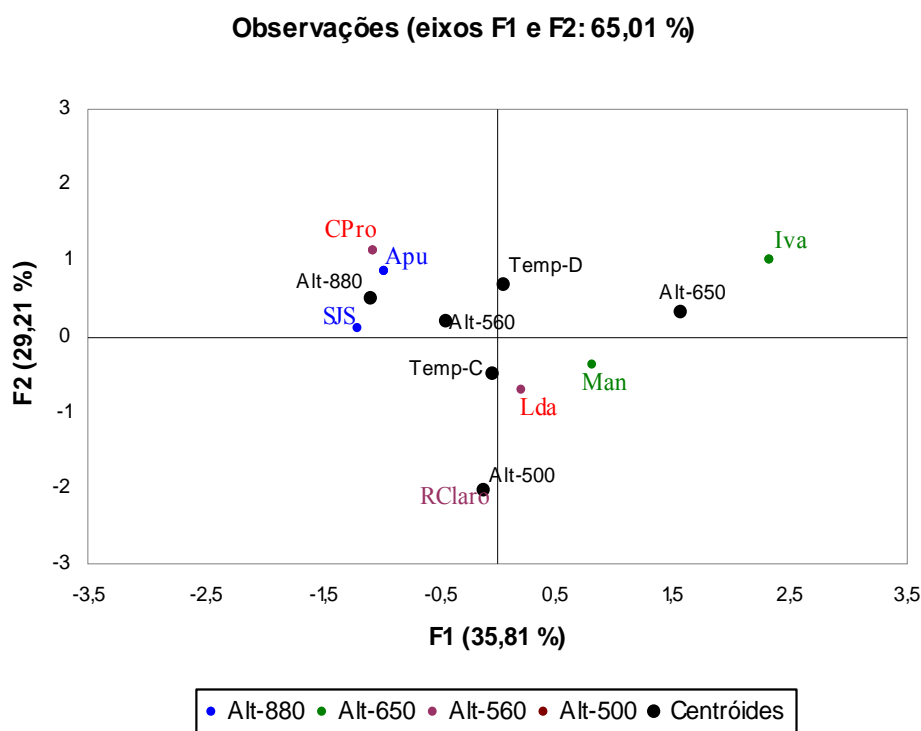
Já as microrregiões de Londrina (Lda) e Cornélio Procópio (CPro) e a microrregião de Ribeirão Claro (RClaro), com 560m e 500m de altitude média, respectivamente, se relacionaram com o F2, formado essencialmente pelas variáveis físico-químicas do grão verde as quais explicam a maior parte da variabilidade presente nos cafés dessas microrregiões.

Os valores de temperatura associaram-se ao F2 dessa AFM, como pode ser visto pelos valores de  $\cos^2$  na Tabela 5.23, enquanto que os valores de altitude se relacionaram com o F1 com exceção da altitude de 500m que se associou ao F2.

As associações entre as microrregiões e as características de terroir podem ser analisadas nas projeções das microrregiões no plano formado pelos dois primeiros fatores da AFM e onde são projetados também os centróides das variáveis qualitativas como visto na Figura 5.6. Pode-se notar que as microrregiões de Apu, SJS e a microrregião de RClaro estão próximas de seus respectivos centróide de altitude média, enquanto que as microrregiões de Man e Iva, situadas em altitudes médias 650m, CPro e Lda com altitude média de 560m estão mais distanciadas de seu centróide de terroir.

As microrregiões foram então descritas em relação às características físico-químicas do grão verde e do grão torrado e em função de sua proximidade com as condições de altitude e temperatura médias.

Os cafés produzidos nas microrregiões cafeeiras de maior altitude no Paraná Apucarana (Apu) e São Jerônimo da Serra (SJS) estão projetados em pontos próximos no plano formado pelos dois primeiros fatores da AFM (Figura 5.6), indicando similaridades em suas características.



**Figura 5.6** - Projeção das microrregiões sobre o plano fatorial formado por F1 e F2 da AFM dos grupos FQV e FQT ativos

Os cafés das microrregiões de Apu e SJS estão associados às características físico-químicas do grão torrado que são as formadoras do F1 da AFM, constituindo-se desse modo, a principal orientação para a descrição desses cafés, particularmente para a microrregião de SJS.

Quando se observa a Figura 5.5 e a Figura 5.6 verifica-se que os cafés dessas microrregiões associam-se a altos valores de acidez de bebida e a baixos valores de °Brix e de pH de bebida. Apresentaram ainda altos valores de densidade de grão torrado com baixa expansão de grão torrado. Devido à correlação significativa (0,43) entre densidade de grão torrado e densidade de grãos verdes (Tabela 5.3) espera-se que cafés das microrregiões de Apu e SJS sejam cafés densos, resultantes de boa formação de grão.

Corroborando essa hipótese, estudos realizados por Machado, Scholz e Bacceti, (2005) para caracterizar o potencial de produção de café em municípios da microrregião de SJS, encontraram boa formação do grão, identificada pela granulometria, onde mais de 60% das amostras tiveram tamanho maior que 0,5mm, com densidade média dos grãos de 0,65g/mL.

Na Figura 5.5 os atributos positivos do café estão posicionados nos quadrantes esquerdos acima e abaixo, em oposição aos atributos de aroma verde, sabor verde e adstringente e gosto amargo relacionados com atributos de menor qualidade sensorial (CANTERGIANI et al., 2001; MARÍN-LÓPEZ et al., 2003a).

Analisando as projeções das microrregiões (Figura 5.6) e das variáveis na (Figura 5.5), verifica-se que as microrregiões Apu e SJS estão associadas a aroma doce, aroma de café, gosto doce e gosto ácido.

A composição físico-química dos grãos verdes dessas microrregiões está associada à menor concentração de lipídios e açúcares totais e sacarose no grão verde. Provavelmente os níveis desses componentes são suficientes para a boa formação dos grãos, como indicada pela baixa expansão dos grãos e baixa intensidade de turbidez e corpo da bebida.

Os cafés da microrregião de Ivaiporã estão associados ao F1 da AFM, onde o grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado é o responsável pela maior contribuição na formação do F1.

Como pode ser visto na Figura 5.5 e Figura 5.6, os cafés da microrregião de Ivaiporã estão associados à alta expansão e à baixa densidade de grão torrado. Apresentam ainda, coloração mais clara após a torra, como indicado pela luminosidade mais elevada dos grãos. Essas características, segundo Franca et al. (2005), estão relacionadas com grãos verdes imaturos grãos considerados de menor qualidade.

Complementando a descrição desses cafés, observa-se que os mesmos estão relacionados à maior liberação de sólidos e à baixa acidez titulável na bebida, provavelmente devido à fraca constituição da parede do grão que permite a passagem de sólidos para a bebida (WILSON, PETRARCO, ILLY, 1997).

Em termos de composição físico-química, observa-se que os grãos verdes encontrados nesses cafés foram marcados pelo maior teor de proteína, cafeína e trigonelina e baixas concentrações de açúcares totais e de lipídios.

As presenças de elevados valores de trigonelina e de baixos de lipídios estão relacionadas com maturação incompleta dos grãos (MAZZAFERA 1999; OLIVEIRA et al., 2006; RAMALAKSHMI; KUBBA; RAO, 2007) que também é apoiada pelas características de maior expansão do grão torrado e liberação de sólidos, associadas à fragilidade da parede do grão de café (WILSON; PETRARCO; ILLY, 1997; REDGWELL; FISHER, 2006).

Como consequência das correlações entre composição de grão verde e de grão torrado (Tabela 5.5), nos cafés das microrregiões de Ivaiporã foram encontradas bebida

com altas intensidades de turbidez e corpo, apresentando de gosto ácido e aroma de café em menor intensidade.

É provável que as condições de altitude e temperatura indicadas na Tabela 5.14 e, ainda somadas ao fato de que esta microrregião está localizada no ponto extremo-sul da região cafeeira no Paraná (latitude sul 24°14'52''), sejam as principais causas das características físico-química e sensoriais do café ao retardarem o amadurecimento do grão. É conhecido que condições de elevada altitude com menores temperaturas prolongam o período entre a floração e a maturação completa do grão (JARAMILLO; GUZMAN, 1984).

Na microrregião de Mandaguari de altitude semelhante à microrregião de Ivaiporã, mas com temperaturas médias anuais mais elevadas, os cafés também se associaram ao F1 da AFM, que representa principalmente às características físico-químicas de grão torrado. Quando se comparam as projeções das variáveis (Figura 5.5) e as projeções das microrregiões (Figura 5.6), constata-se que os cafés estão relacionados com baixa densidade do grão torrado e com alta expansão do grão torrado. Como anteriormente mencionado estas características resultaram em alta liberação de sólidos na bebida e baixa acidez titulável de bebida. Pode-se ainda observar que a composição físico-química dos grãos verdes dessa microrregião foi marcada pelos altos valores de proteína e de cafeína e baixos valores de densidade de grão verde. Possivelmente, a combinação desses componentes resultou em café que sensorialmente, estão associados à alta intensidade de turbidez e corpo juntamente com sabor verde e adstringente intensos. Em consequência desses atributos, os cafés apresentam baixa intensidade de aroma de café, aroma e gosto doce.

De maneira semelhante à microrregião de Ivaiporã, os componentes físico-químicos e suas concentrações encontradas nos cafés da microrregião de Mandaguari são associados a café de maturação incompleta como demonstrado em estudos de estágios de maturação de café (MAZZAFERA, 1999; FARAH et al., 2006; RAMALAKSHMI; KUBBA; RAO, 2007).

O café da microrregião de Londrina está associado ao F2 formado pelas variáveis físico-químicas do grão verde. Pode-se observar que como principais características de composição de grão verde, os cafés dessa microrregião apresentaram altos teores de lipídios e de densidade de grão verde, baixos valores de proteínas, cafeína e ácidos clorogênicos.

Quanto às características do grão torrado, verificou-se que o café da microrregião de Londrina tem alta expansão de grão torrado e conseqüentemente apresentou

baixa densidade de grão torrado. As características de grãos verdes resultaram em bebida de baixa acidez titulável e propiciaram o aparecimento de alta quantidade de sólidos na bebida.

Embora apresentando uma composição química de grão verde completamente formado, o café da microrregião de Londrina ao ser torrado revelou, no entanto, características relativas a grãos de maturação incompleta e que foram manifestadas também na avaliação sensorial.

Os cafés da microrregião de Londrina foram caracterizados sensoriais pelo baixo aroma doce, aroma de café e gosto doce e, são associados ainda a sabor verde e adstringente.

Os cafés da microrregião de CPro, situada a altitude de 560m, estão projetados próximos aos cafés das microrregiões de SJS e APU de maior altitude média na região cafeeira paranaense. Ao contrário dessas duas microrregiões (SJS e APU), a microrregião de CPro está associada ao F2 formado a partir das variáveis físico-químicas do grão verde da AFM.

Nessa microrregião (CPro) os cafés apresentaram baixos valores de lipídios e de sacarose, associados ainda a altos valores de acidez de grão verde e de taninos totais.

Em relação às características físico-químicas do grão torrado, observa-se que os cafés da microrregião de CPro apresentam baixos valores de sólidos na bebida ( $^{\circ}$ Brix) e de pH de bebida, resultantes da baixa expansão do grão torrado e alta densidade do grão verde. Como conseqüência, os cafés apresentaram baixa turbidez e corpo de bebida, pois as estruturas dos grãos completamente formados impediram a liberação de sólidos para a bebida.

Ainda na avaliação sensorial, os cafés estão associados a aroma doce e aroma de café, baixos intensidade de sabor e de sabor adstringente.

A microrregião de RClaro, situada a 500m de altitude, está associada ao F2 da AFM (Tabela 5.23), o qual representa as combinações entre as variáveis físico-químicas do grão verde.

Quando se observam as projeções das variáveis (Figura 5.5) e as projeções das microrregiões (Figura 5.6) verifica-se que os cafés da microrregião de Ribeirão Claro estão projetados na área do plano associada às características que conferem aos cafés altos valores de lipídios, sacarose açúcares totais. Já os valores de cafeína, ácidos clorogênicos, taninos totais e 5-ACQ são encontrados em baixas concentrações nesses cafés.

Os cafés dessa microrregião estão associados à baixa expansão de volume do grão torrado e baixa perda de peso durante a torra. Como principais características sensoriais esses cafés estão relacionados com aroma de café, gosto doce e gosto ácido.

A partir das descrições dos cafés das microrregiões foi possível constatar que são necessários diferentes conjuntos de variáveis físico-químicas e atributos sensoriais (Tabela 5.24) para descrever e caracterizar apropriadamente o café originário de cada microrregião.

Pode-se observar que diferentes combinações de componentes físico-químicos dos grãos verdes resultam em características de grãos torrados que, por sua vez, são finalmente manifestadas nas avaliações sensoriais do café em cada microrregião estudada, sugerindo o emprego de um indicador único e universal para a descrição dos cafés de microrregiões será pouco eficiente.

A aplicação da AFM permitiu associar o efeito do terroir à composição físico-química do grão verde, do grão torrado e aos atributos sensoriais dos cafés, descrevendo as principais características entre as microrregiões e atribuir à origem geográfica as diferenças encontradas entre elas.

**Tabela 5.24** - Resumo das características físico-químicas do grão verde, do grão torrado e atributos sensoriais das microrregiões cafeeiras

MICRORREGIÕES	FQT	Nível de ocorrência	FQV	Nível de ocorrência	SENS	Nível de ocorrência
<b>SJS</b>						
S. Jerônimo Serra	ExpV	↓	DensV	↑	Ado	↑
Sta Amélia, Congonhinhas	DesnT	↑	Lip	↓	Gdo	↑
Ribeirão do Pinhal,	°Brix	↓	AT	↓	Arcafe	↑
Nova Fátima, Ibaiti,	pHbeb	↓	Sac	↓	Gaci	↑
Curiúva, Sapopema	Acibeb	↑			Sver e Sads	↓
					Corpo eTurbidez	↓
<b>Apu</b>						
Apucarana, Cambira,	ExpV	↓	DensV	↑	Ado	↑
Arapongas,	DesnT	↑	Lip	↓	Gdo	↑
Arapongas, Jandaia do Sul	°Brix	↓	AT	↓	Arcafe	↑
Jandaia do Sul	pHbeb	↓	Sac	↓	Gaci	↑
	Acibeb	↑			Sver e Sads	↓
					Corpo eTurbidez	↓
						↓
<b>IVA</b>						
Ivaiporã, Grandes Rios	ExpV	↑	Trig	↑	Ado	↓
Corumbataí do Sul,	DesnT	↓	Caf	↑	Arcaf	↓
Cruzmaltina, Cafelândia,	°Brix	↑	Pro	↑	Gaci	↓
Jardim Alegre, Arapuã	pHbeb	↑	AT	↓	Arver	↑
	Acibeb	↓	Lip	↓	Sver	↑
	L*	↑			Corpo e Turbidez	↑
<b>Mand</b>						
Mandaguari	ExpV	↑	Pro	↑	Ado	↓
Maringá	DesnT	↓	Caf	↑	Arcaf	↓
	°Brix	↑	DensV	↓	Gdo	↓
	pHbeb	↑			Sver e Sads	↑
	Acibeb	↓			Corpo e Turbidez	↑
<b>LDA</b>						
Londrina	PP	↑	Lip	↑	Ado	↓
Rolândia,Cambe,	ExpV	↑	Pro	↓	Arcaf	↓
Pitangueiras	DesnT	↓	Caf	↓	Gdo	↓
	°Brix	↑	Acg	↓	Sver e Sads	↑
	Acibeb	↓	DensV	↓		
<b>CPro</b>						
Cornélio Procópio, Assaí,	ExpV	↓	DensV	↑	Ado	↑
Uraí Centenário do Sul	DesnT	↑	Lip	↓	Arcaf	↑
	°Brix	↓	Sac	↓	Gdo	↑
	pHbeb	↓	Aci	↑	Sver	↓
			Tan	↑	Corpo Turbidez	↓
<b>RClaro</b>						
Ribeirão Claro	ExpV	↓	Lip	↑	Arcaf	↑
Carlópolis	PP	↓	Acg	↓	Gdo	↑
Tomazina			Aci	↓	Gaci	↑
			AT	↑		
			Caf	↓		
			Tan	↓		
			5-ACQ	↓		

A nomenclatura das variáveis encontra-se no Anexo 6

## CONCLUSÃO

Foram observadas e exploradas as correlações entre as variáveis, evidenciando as correlações significativas úteis para explorar e explicar as características dos cafés paranaenses sem, contudo, encontrar um indicador individual para descrever apropriadamente a qualidade.

Quando se aplicou a AFM, as descrições dos tipos de café da cadeia de consumo foram complementadas por outras características (físico-químicas do grão verde, grão torrado e sensoriais) além das formadoras dos tipos.

Os tipos de café descritos AFM apresentaram diferentes níveis de preferência.

Na matriz de dados original foram formados nove tipos de café através das similaridades de suas características físico-químicas e sensoriais, os quais foram avaliados pela Análise Fatorial Múltipla (AFM). Os tipos de café descritos em função das características de preferência foram caracterizados com maior eficiência ao se fazer uso dos grupos de variáveis simultaneamente, podendo ser tomados como matérias primas para os diversos segmentos da cadeia de consumo.

Quando se adotou conceito de terroir para descrever os tipos de café das sete microrregiões cafeeiras do Paraná, o emprego AFM a partir dos grupos de variáveis qualitativas e quantitativas mostrou-se também eficiente para descrever os cafés quando permitiu a associação entre as variáveis e as microrregiões.

A AFM ao analisar simultaneamente os grupos de variáveis (físico-químicas do grão verde, do grão torrado e de atributos sensoriais) proporcionou a identificação e descrição dos cafés das microrregiões, a partir de diferentes conjuntos de variáveis.

Os estudos sugerem que as composições físico-químicas do grão verde e do grão torrado do café estão associadas às condições climáticas e os resultados abrem caminhos para buscar as especificidades na composição e nos atributos sensoriais do café, relacionadas à origem geográfica.

Ao poder tipificar as características do café em função de sua origem geográfica será possível obter os benefícios reconhecidos internacionalmente, para agregar valor ao café, como aqueles obtidos por outros produtos como o vinho, azeite de oliva e outros.

## REFERÊNCIAS

ABDI, H.; VALENTIN, D. **Multiple factor analysis (MFA)**. Disponível em: <<http://www.utd.edu/herve>>. Acesso em: 22 set. 2007b.

\_\_\_\_\_. **Multiple correspondence analysis (MCA)**. Disponível em: <<http://www.utd.edu/herve>>. Acesso em: set. 2007a.

ADDINSOFT: software for statistical analysis. Paris: ADDINSOFT, 2007.

AGUIAR, A. T. E. et al. Análise sensorial da bebida das cultivares Ouro Verde, Tupi e Obatã. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DE CAFÉS DO BRASI., 2., 2002, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2002. p. 1242-1247.

AINO, K.; MOTOYOSHI, M. Application of a ratio scale to coffee evaluation. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 19., 2001, Trieste. **Proceedings...** Paris, 2001. CDROM.

ALCAZÁR, A. et al. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. **Talanta**, London, v. 61, n. 1, p. 95-101, 2003.

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Montpellier. **Proceedings...** Paris, 2004. CDROM.

ALVES, S. T. et al. Metodologia para análise simultânea de ácido nicotínico, trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína em café torrado por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1146-1148, 2006.

ANDROCIOLI, A. et al. Caracterização da qualidade de bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais ...** Brasília: Embrapa Café, 2003, p.256-257.

ANDUEZA, S. et al. Influence of water pressure on the final of arabica espresso coffee: application of multivariate analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 25, p. 7426-743, 2002.

ARNOLD, L.; LUDWIG, E. Analysis of free amino acids in green coffee beans. II: changes of the amino acid content in arabica coffees in connection with post-harvested model treatment. **ZEITSCHRIFT FUR LEBENSMITTEL-UNTERSUCHUNG UND-FORSCHUNG**, Berlin, v. 203, n. 4, p.379-384, 1996.

ASSELIN, C. et al. Influence de la temperature et de la durée de macération sur la composition em flavonóides et incidence sur les caractéristiques sensorielles des vins Cabernet franc de divers terroirs em Val de Loire: contribution pour une définition objective de la typicité. **Bulletin de L'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin**, Paris, v.72, n. 821-822, p. 517-531, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. **Sabor do café: história do café.** Disponível em: <[http://www.abic.com.br/scafe\\_historia.html](http://www.abic.com.br/scafe_historia.html)> Acesso em: 14 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. **Guia prático do programa de qualidade do café.** 2.ed. [Rio de Janeiro: ABIC], nov. 2005. Disponível em: <[http://www.abic.com.br/arquivos/pqc\\_guia\\_pratico\\_ago07.pdf](http://www.abic.com.br/arquivos/pqc_guia_pratico_ago07.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12806: Análise sensorial dos alimentos.** Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C.. **Official methods of analysis.** 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa Maria de Dota. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 85, n. 11, p. 1869-1875, 2005.

AVELINO, J. et al. Vers une identification de cafes-terroir au Honduras. **Plantations, Recherche, Developpement**, Paris, p. 7-16, maio, 2002.

BACCETI, M. A. Proveedor profissional de café da Corretora Bacceti. Londrina, Pr. Comunicação pessoal. 2007

BALZER, H. H. Acids in coffee. In: CLARKE; R. J.; VITZTHUM, O. G. **Coffe: recent developments.** Oxford: Editorial Blackwell Science, 2001, p 18-32.

BENITO, M. J. et al. Typification of vinegars from Jerez and Rioja using classical chemometric techniques and neural network methods. **The Analyst**, London, v. 124, p. 547-552, 1999.

BERTRAND, B. et al. Impact of the *Coffeea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 107, n. 2, p. 387-394, 2003.

BOTE, A. D. **Physiological effect of shade on the growth and production of organic coffee in Ethiopia.** 2007. 67p. Tese (MSc Crop Physiology ) - Departament of Plant Science, Wageningen University , Wageningen.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de grão verde.** Instrução Normativa nº 8 de 11 jun. 2003. Disponível em: <<http://www.sindcafesp.com.br>>. Acesso em: abr. 2004.

BUENAVENTURA-SERRANO, C. E.; CASTAÑO-CASTRILLÓN, J. J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchina, v. 53, n. 2, p. 119-131, 2002.

CALVIÑO, A. M.; ZAMORA, M. C.; SARCHI, M. I. Principal components and cluster analysis for descriptive sensory assessment of instant coffee. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 11, n. 3, p. 191-210, 1996.

- CAMPA, C. Candidate gene strategy for the study of the chlorogenic acid biosynthesis. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Bangalore. **Proceedings ...** Paris, 2004. p. 644-650. CDROM.
- CANTERGIANI, E. et al. Characterization of the aroma of green Mexican coffee and identification of mouldy/earthy defect. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 212, n. 6, p. 648-657, 2001.
- CARAMORI, P. H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001.
- CARELLI, M. L. et al. Aspects of nitrogen metabolism in coffee plant. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 9-21, 2006.
- CAVALETTO, C. G.; NAGAI, N. Y.; BITTENBENDER, H. C. Yield, size and cup quality of coffees grown in the Hawaii state coffee trial. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 14., 1991, San Francisco. **Proceedings...** Paris, 1991, p. 674-678.
- CHAVES, J. C. D. et al. Estimativa de teor de cafeína nas sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas de café. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287-292, 2004.
- CHOLLET, S.; VALENTIN, D. Impact of training on beer flavor perception and description: are trained and untrained subjects really different? **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 16, n. 4, p. 601-618, 2001.
- CLARKE, R. J; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. Londres: Elsevier, 1989. v.1. p. 153-163.
- CLIFFORD, M. N.; KAZI, T. The influence of coffee bean maturity on the content of chlorogenic acids, caffeine and trigonelline. **Food Chemistry**, London, v. 26, n. 1. p. 59-69, 1987.
- CLIFFORD, M. N.; WIGHT, J. C. The measurement of feruloylquinic acids and caffeoylquinic acid in coffee beans: development of the technique and its preliminary application to green coffee -beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 27, n. 1, p. 73-84, 1976.
- COFFEE RESEARCH INSTITUTE. **Coffee**. Disponível em: <<http://www.coffeeresearch.org/>>. Acesso em: 16 jun.2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2008: primeiras estimativas**. Brasília: CONAB, 2008. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/Boletim.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- CZERNY, M.; MAYER, F.; GROSCH, W. Sensory study on the character impact odorants of roasted arabica coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 2, p. 695-699, 1999.

- DAGLIA, M.; CUZZONI, M. T.; DACARRO, C. Antibacterial activity of coffee: relationship between biological activity and chemical markers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 10, p. 2273-2277, 1994.
- DAL MOLIN, R. N. et al. Avaliação química e sensorial do café de Jesuítas - Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DE BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007. CDROM.
- DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 31, n. 2, p. 165-178, 1991.
- DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 2, p.209-217, 1998.
- DECAZY, F. et al. Quality of different Honduran coffes in relation to several environments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003.
- DELLA MODESTA, R. C. et al. Desenvolvimento e validação do perfil sensorial para bebida de café brasileiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000. Poços de Caldas. **Resumos Expandidos ...** Brasília: Embrapa Café; MINASPLAN, 2000. v. 1, p.716-719.
- DUICELA, L. A. et al. **Caracterización física y organoléptica des cafés árabigos en los principales agroecosistemas del Ecuador**. Manta (Ecuador): Consejo Cafetalero Nacional, 2003.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2.ed. Curitiba: Champagnat, 2007.
- ESCOFIER, B.; PAGÉS, J. Méthode pour l'analyse de plusieurs de variables: application à la caracterisation de vins rouge du Val de Loire. **Revue de Statistique Appliquée**, Paris, v. 31, n. 2, p. 43-59, 1983.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.
- FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.
- FERIA-MORALES, A. M. Correlation between sensory evaluation data (taste and mouthfeel) and near infrared spectroscopy analysis. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 14., 1991, San Francisco. **Proceedings ...** Paris, 1991.
- \_\_\_\_\_. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 6, p. 355-367, 2002.
- FERNADEZ, E. A.; CALVO, M. L. L. Análise factorial como técnica de estudio de la estabilidad de los resultados de un análisis de componentes principais. **QUESTHO: Quadernos d'Estatística, Sistemas, Informatica i Investigació Operative**, Barcelona, v. 26, n. 1-2, p. 109-122, 2002.

FISHER, C.; CAMMENGA, H. K. When are coffee beans just right? Development of the physical-chemical properties during roasting. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 19., 2001, Trieste. **Proceedings...** Paris, 2001. CDROM.

FRANCA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of defectives crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 1, p. 89-94, 2005.

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

FRANK, O.; ZEHENTBAUER, G.; HOFMANN, T. Bioresponse-guided decomposition of roast coffee beverage and identification of key bitter-taste compounds. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 222, n. 4, p. 492-508, 2006.

GALLI, V.; BARBAS, C. Capillary electrophoresis for the analysis of short chain organic acids in coffee. **Journal of Chromatography, A**, Amsterdam, v. 1032, n 1-2, p. 299-304, 2004.

GARRUTI, R. S.; CONAGIN, A.. Escala de valores para a avaliação da qualidade da bebida do café. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 18, p. 557-562, maio, 1961.

GEIGER, R. et al. Carbon dioxide evolution and moisture evaporation during roasting of coffee beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 2, p. 124-130, 2005.

GINZ, M. et al. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 6, p. 404-410, 2000.

GINZ, M.; ENGELHARDT, U. H. Analysis of bitter fractions of roasted coffee by LC-ESI-MS - new chlorogenic acid derivatives. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 19., 2001, Trieste. **Proceedings...** Paris, 2001. CDROM.

GOULART, P. F. et al. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 662-666, 2007.

GUTIERREZ, G. et al. Análisis por MEB de la porosidad del café tostado. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 15., 1993, Montpellier. **Proceedings...** Paris, 1993. p.661-671.

GUYOT, B. et al., Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. **Plantations, Recherche, Développement**, Paris, v.3, n.4, p.272-283, 1996.

GUYOT, B.; CHRISTOPHE, T.; GUEULE, D. Effect inhibiteur de l'acide cafeoyl 5-quinique sur la formation de pyrazines dans les réactions de Maillard. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 17, 1997, Nairobi. **Proceedings...** Paris, 1997. p. 169-175, 1997.

GUYOT, B.; PETNGA, E.; VINCENT, J. C. Analyse qualitative d'un café *Coffea canephora* var. *Robusta* en fonction de la maturité. Partie I: Evolution des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques. **Café, Cacao, Thé**, Paris, v. 32, n. 2, p. 127-140, 1988.

GUZMÁN, I. R. E. **Análise fatorial múltipla na obtenção de índices em tabelas mistas**. 2006. 96p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Universidade de São Paulo - USP, São Paulo.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HERNANDEZ, J. A. et al. Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 4, p. 1141-1148, 2007.

HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 46, n. 2, p. 101-123, 2006.

HOMMA, S. Chemistry II: non volatile compounds, Part II. In: CLARKE; R. J.; VITZTHUM, O. G. **Coffee: recent developments**. Oxford: Editorial Blackwell Science, 2001. p 50-67.

HORMAN, I.; VIANI, R. The nature and conformation of the caffeine-chlorogenate complex of coffee. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 37, n. 6, p. 925-927, 1972.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Setor de Agrometeorologia. sam@iapar.br .2007. Disponível em: <<http://www.iapar.br>>. Acesso em: 16 set. 2007.

JACKSON, M. C. et al. Green coffee chemistry and its possible application for group discrimination and correlation with cupping quality, In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Bangalore. **Proceedings ...** Paris, 2004. p. 102-110. CDROM.

JARAMILLO, R. A.; GUZMAN, M. O. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L. variedad Caturra. **Cenicafe**, Chinchina, v. 35, n. 3, p. 57-65, 1984.

JHAM, G. N. et al. Comparison of CG and HPLC for quantification of organic acid in coffee. **Phytochemical Analysis**, Sussex, v. 13, n. 2, p. 99-104, 2002.

JHAM, G. N. et al. Lipids classes and triacylglycerols in coffee samples from Brazil: effects of coffee type and drying procedures. **Food Research International**, Barking, v. 34, n. 2-3, p. 111-115, 2001.

KLAHORST, S. J. **Getting a reaction**. Disponível em: <[http://www.foodproductdesign.com/articles/466/466\\_0897cs.html](http://www.foodproductdesign.com/articles/466/466_0897cs.html)>. Acesso em: 15 maio 2004.

KNOOP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, n. 2, p. 195-201, 2005.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora*, P. accessions. **Food Chemistry**, London, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.

LARA-ESTRADA, L. **Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua**. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em

Agroforestería Tropical) - Escuela de Posgrado, Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

LARA-ESTRADA, L.; VAAST, P. **Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (*Coffea arabica* L. var Caturra) produced in agrosforestry systems of the Northern Central Zones of Nicaragua.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MULTI-STRATA AGROFORESTRY SYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS: MAKING ECOSYSTEM SERVICES COUNT FOR FARMERS, CONSUMERS AND THE ENVIRONMENT. 2., 2007, Turrialba. **Anais...** Turrialba: CATIE, 2007. Disponível em: <[http://web.catie.ac.cr/cd\\_multiestrata/Poster/session1](http://web.catie.ac.cr/cd_multiestrata/Poster/session1)>. Acesso em: 13 dez. 2007.

LATORRE, M. J. et al. Authentication of galician (N.W. Sapin) honeys by multivariate techniques based on metal content data. **The Analyst**, London, n. 125, p. 307-312, 2000.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles, v. 25, n. 1, Mar. 2008. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/> <http://www.jstatsoft.org/v25/i01/paper>>. Acesso em: 13 dez. 2008.

LELOUP, V.; LOUVRIER, A.; LIARDON, R. Degradation mechanisms of chlorogenic acids during roasting. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris, 1995. p. 192-198.

LESSCHAEVE, I.; NOBLE, A. C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. **American Journal Clinical Nutrition**, New York, v. 81, p. 330S-335S, 2005. Suplemento.

LÓPEZ-GALILEA, I.; PEÑA, M. P.; CID, C. Application of multivariate analysis to investigate potential antioxidants in conventional and torrefacto roasted coffee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v.227, n.1, p. 141-147, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/t471033012g17562/fulltext.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

MACHADO, F. C.; SCHOLZ, M. B. S.; BACCETTI, M. A. Potencial de qualidade de café produzido na microrregião de São Jerônimo da Serra-PR. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais ...** Brasília: Embrapa Café, 2005. CDROM.

MACÍAS-MARTINEZ, A.; RIÑO-LUNA, C. E. Café orgânico: caracterización, torrefacción y enfriamiento. **Cenicafé**, Chinchina, v. 53, n. 3, p. 281-292, 2002.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, nov./dez. 2003.

MARÍN - LÓPEZ, S. M. et al. Cambios físicos y químicos durante la maduración el fruto de café (*Coffea arabica*, L. var. *Colombia*). **Cenicafé**, Chinchina, v. 54, n. 3, p. 208-225, 2003a.

MARÍN-LÓPEZ, S. M. et al. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de bebida. **Cenicafé**, Chinchina, v. 54, n. 4, p. 297-315, 2003b.

- MARRACCINI, P. et al. Soluble sugars, enzymatic activities and gene expression during development of coffee fruits submitted to shade condition. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 21., 2006, Montpellier. **Proceedings...** Paris, 2006. CDROM.
- MARTIN, R. et al. The caffeine-potassium chlorogenate molecular complex. **Phytochemistry**, New York, v. 26, n. 1, p. 273-279, 1987.
- MAYER, F.; CZERNY, M.; GROSCH, W. Influence of provenance and roast degree on the composition of potent odorants in arabica coffees. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 209, n.3-4, p.242-250, 1999.
- \_\_\_\_\_. Sensory study of the character impact aroma compounds of a coffee beverage. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 2, p.272-276, 2000.
- MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 64, n. 4, p. 547-554, 1999.
- MAZZAFERA, P. et al. Oil content of green coffee beans from some coffee. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 45-48. 1998.
- McEWAN, J. A. Harmonizing sensory evaluation internationally. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 4, p. 52-56, 1998.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evolution Techniques**. 3.ed. London: CRC Press, 1999.
- MENDES, L. et al. Optimization of roasting of robusta coffee ( *C.canephora* conillon ) using acceptability tests and RMS. **Food Quality Preference**, Barking, v. 12, n. 1, p. 153-162, 2001.
- MINAMISAWA, M.; YOSHIDA, S.; TAKAI, N. Determination of biologically active substances in roasted coffee using a diode-array HPLC systems. **Analytical Sciences**, Tokio, v. 20, n. 2, p. 325-328, 2004.
- MONTAVÓN, P.; MAURON, A. F.; DURUZ, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 8, p. 2335-2343, 2003.
- MONTEIRO, M. A. M. et al. Perfil sensorial da bebida café (*Coffea arabica*, L) determinado por análise tempo-intensidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 772-780, 2005.
- MORAIS, H. et al. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41,n. 5, p. 763-770. 2006.
- MORENO, G.; MORENO, E.; CADENA, G. Bean characteristics and cup quality of the Colombia variety (*Coffea arabica*) as judged by international tasting panel. In: OINTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 16, 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris, 1995. p. 574-583.

MORI, E. E. M. et al. Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 19., 2001, Trieste. **Proceedings...** Paris, 2001. CDROM.

MORI, E. E. M.; ANJOS, V. D. A.; BRAGAGNOLO, N. Monitorando a qualidade do café torrado e moído no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDUSTRIA CAFEERIA, 3., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR/CIRAD, 1999. p. 493-497.

MOSCHETTO, D. et al. Studies on the effect of genotype on cup quality of *Coffea canephora*. **Tropical Science**, London, v. 36, n. 1, p. 18-31, 1996.

MUSCHLER, R. G. Shades improve coffee quality in a sub-optimal coffee zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

NAISH, M.; CLIFFORD, M. N.; BIRCH, G. G. Sensory astringency of 5- O- caffeoylquinic acid, tannic acid and grape-seed tannin by a time-intensity procedure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Easton, v. 61, n. 1, p. 57-64. 1993.

NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 224, n. 2, p. 159-165, 2006.

NIKOLOVA-DAMYANOVA, B. et al. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 6-7, p. 479-486, 1998.

NUNES, F. M. et al. Foamability, foam stability and chemical composition of espresso coffee as affected by the degree of roast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 8, p. 3238-3243, 1997.

NUNES, F. M.; COIMBRA, M. A. Influence of polysaccharide composition in foam stability espresso coffee. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 37, n. 3, p. 283-285, 1998.

OLIVEIRA, L. S. et al. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. **LWT = Food Science and Technology, London**, v. 39, n. 3, p. 235-239, 2006.

ORTOLÁ, M. D. et al. Control cinético y termodinámico de las interacciones agua-café tostado. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 15., 1993, Montpellier, **Proceedings...** Paris, 1993. p. 672-681.

PAGÈS, J. Multiple Factor Analysis: main features and application to sensory data. **Revista Colombiana de Estadística**, Bogota, v. 27, n. 1, p. 1-26, 2004.

PAGÈS, J.; HUSSON, F. Inter-laboratory comparison of sensory profiles: methodology and results. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 1, p. 297-309, 2001.

PAGÈS, J.; TENENHAUS, M. Multiple factor analysis combined with PLS path modeling. Application to the analyses of relationships between physiochemical variables, sensory profiles and hedonic judgments. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 261-273, 2001.

PIAZZA, L.; BULBARELLO, A.; GIGLI, J. **Rheological interfacial properties of espresso coffee foaming fractions**. Disponível em: <<http://www.iufost.edpsciences.org>>. Acesso em: 10 out. 2007.

PITTIA, P.; DALLA ROSA, M.; LERICI, C. R. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. **LWT = Food Science and Technology**, London, v. 35, n. 3, p. 168-175, 2001.

PITTIA, P.; MANZOCCO, L.; NICOLI, M. C. Thermophysical properties of coffee as affected by processing. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 19., 2001, Trieste. **Proceedings...** Paris, 2001.CDROM.

POWERS, J. J. Current practices and applications of descriptive methods. In: PIGGOTT, J. R. (Ed.). **Sensory Analysis of Foods**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1988. p. 187-266.

PUERTA-QUINTERO, G. I. Calidad en taza de las variedades de *Coffea arabica* L. cultivadas en Colômbia. **Cenicafé**, Chinchina, v. 49, n. 4, p. 265-278, 1998.

\_\_\_\_\_. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica*, processado por via húmeda. **Cenicafé**, Chinchina, v. 47, n. 4, p. 231-234, 1996.

\_\_\_\_\_. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 50, n. 1, p. 78-88, 1999.

RAJU, K. I., et al. Progressive quantitative changes of caffeine and total nitrogen in the reproductive parts of arabica and robusta coffee. **Journal of Coffee Research**, Balehonnur, v. 11, n. 3, p. 70-75, 1981.

RAMALAKSHMI, K.; KUBBA, I. R.; RAO, L. J. M. Physicochemical characteristics of green coffee: comparison of graded and defective beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 5, p. 333-337, 2007.

REDGWELL, R. J. et al. Coffee bean arabinogalactans: acidic polymers covalently linked to protein. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 337, n. 3, p. 239-253, 2002b.

REDGWELL, R. J. et al. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in arabica coffee beans. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 337, n. 7, p. 421-431, 2002a.

REDGWELL, R.; FISHER, M. Coffee carbohydrates. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 165-174, 2006 .

RENDÓN-MAMANI, M. Y. **Acidez do café e a qualidade de bebida**. 2007. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina

RODRIGUES, M. A. A. et al. Evolution of physical properties of coffee during roasting. In: ASAE ANNUAL MEETING/CIGR XVTH WORLD CONGRESS, 15., 2003; Chicago. **Anais...** Chicago, 2003. Disponível em: <<http://www.cigr-journal.tamu.edu/articles.html>>. Acesso em: dez. 2006.

ROGERS, W. J. et al. Changes to the content of sugar, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acid and inorganic anions in developing grains from different varieties of robusta (*Coffea canephora*) and arabica (*Coffea arabica*) coffees. **Plant Science**, Limerick, v. 149, n. 2, p. 115-123, 1999a.

ROGERS, W. J. et al. Biochemical and molecular characterization and expression of the 11S-type storage protein from *Coffea arabica* endosperm. **Plant Physiology Biochemistry**, New Delhi, v. 37, n. 4, p. 261-272, 1999b.

SALETTE, J.; ASSELIN, C.; MORLAT, R. Le lien du terroir au produit: analyse di système terroir-vigne-vin; possibilité d'application à autres produits. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 18, n. 2, p. 251-265, 1998.

SCHENKER, S. et al. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, p. 60-66, 2002.

SCHENKER, S. et al. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 452-457, 2000.

SILVA, A. F. et al. Análise descritiva quantitativa da bebida de café (*Coffea arabica*, L.) orgânico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 86-93, 2003.

SILVA, E. A. et al. The influence of manegement and environmental condiction on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2005.

SILWAR, R.; LÜLLMANN, C. Investigation of aroma formation in robusta coffee during roasting. **Café, Caçãõ, Thé**, Paris, v. 37, n. 2, p. 145-152. 1993.

SOUTHGATE, D. A. T. **Determination of food carbohydrates**. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

STANIMIROVA, I.; WALCZACK, B.; MASSART, D. L. Multiple factor analysis in environmental chemistry. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 545, n. 1, p. 1-12, 2005.

STATSOFT-STATISTICA for Window: computer program manual. Tulsa: Software Inc., 2006.

STREIT, N. M. et al. Relation among taste-related compounds (phenolics and caffeine) and sensory profile of erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 3, p. 560-565, 2007.

SUZUKI, T.; WALLER, G. R. Purine alkaloids of fruits of *Camellia sinensis* L and *Coffea arabica* L during fruit development. **Annals of Botany**, London, v. 56, n. 4, p. 537-542, 1985.

TAGUCHI, H.; SAKAGUCHI, M.; SHIMABAYASHI, Y. Trigonelline content in coffee beans and the thermal conversion of trigonelline into nicotinic acid during the roasting of coffee beans. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 49, n. 12, p. 3467-3471, 1985.

THORN, J. **The Coffee Companion**: the connoisseurs's guide to the world's best brews. Londres: Apple, 1998. p. 8-16.

TUDA, E. M. Provador profissional de da Empresa AGS - Armazéns Gerais Superiores - Jandaia do Sul - Pr. Comunicação pessoal.

VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, n. 1, p. 197-204, 2006.

VAAST, P. et al. Mapping of coffee quality in Nicaragua according to regions, ecological conditions and farm management. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Paris, 2004. CDROM.

VAN DER VOSSEN, H. A. M. Agronomy I: Coffee breeding practices. In: CLARKE; R. J.; VITZTHUM, O. G. **Coffee - Recent developments**. Oxford: Editorial Blackwell Science, 2001. cap. 9, p. 184-201.

VASCONCELOS, A. L. et al. A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 1, p. 26-32, 2007.

VIANI, R.; HORMAN, I. Thermal degradation of trigonelline. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, n. 12, p. 1216-1217, 1974.

WILLIAMS, A. A.; FERIA-MORALES, A.; KARI, P. Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 13., 1989, Paipa. **Proceedings...** Paris, 1989. p. 886-901.

WILSON, A. J.; PETRARCO, M.; ILLY, E. Some preliminary investigations of oil biosynthesis in the coffee fruit and its subsequent re-distribution within green and roasted beans. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 17., 1997, Nairobi. **Proceedings...** Paris, 1997. p. 99-99.

YATE, D. K.; TUO, S. Contribution a l'amélioration de la qualité du café par le choix d'une torrefaction optimale. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris, 1995. p. 886-901.

YERETZIAN, X. et al. From green coffee to the cup: investigation coffee roasting by on-line of volatiles. **European Food Research and Technolog**, Berlin, v. 212, n. 1, p. 92-104, 2002.

ZAMORA, M. C.; GUIRÃO, M. Performance comparison between trained assessors and wine -experts using specific sensory attributes. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 19, n. 4, p. 530-545, 2004.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

Níveis de probabilidade de  $F_{(amostras)}$  dos provadores para os atributos da bebida de café

Provadores	Turb	Acafe	Averde	Adoce	Corpo	Sdoce	Gaci	Sverde	Gamg	Sads
1	0,0876	0,0219	0,0000	0,0173	0,9474	0,1372	0,1556	0,0000	0,5636	0,0706
2	0,0051	0,3997	0,0000	0,0050	0,1285	0,0049	0,5397	0,0000	0,2959	0,4523
3	0,0077	0,2700	0,0000	0,0030	0,3087	0,4232	0,1278	0,0000	0,9579	0,0054
4	0,0267	0,1592	0,0000	0,0700	0,0596	0,7328	0,1929	0,0000	0,0014	0,0098
5	0,2601	0,1118	0,0000	0,4786	0,0000	0,0915	0,0874	0,5848	0,0122	0,0043
6	0,4038	0,4441	0,0000	0,0543	0,2804	0,4363	0,9840	0,0431	0,1954	0,1193
7	0,0783	0,2528	0,0067	0,3022	0,0849	0,0246	0,0972	0,0132	0,1095	0,0003
8	0,3169	0,0607	0,0000	0,0162	0,0061	0,0017	0,0683	0,0034	0,0015	0,3627
9	0,0387	0,0989	0,0000	0,0305	0,0077	0,1328	0,0200	0,0000	0,0302	0,5031
10	0,2341	0,5468	0,0003	0,4600	0,2518	0,7256	0,1229	0,0320	0,1428	0,3871

Turb:turbidez, Acafe: aroma de café, Averde: aroma verde, Adoce: aroma doce, Gdoc:gosto doce, Gacid: gosto ácido, Gmag: gosto amargo, Sverde:sabor verde e Sads: sabor adstringente

## ANEXO 2

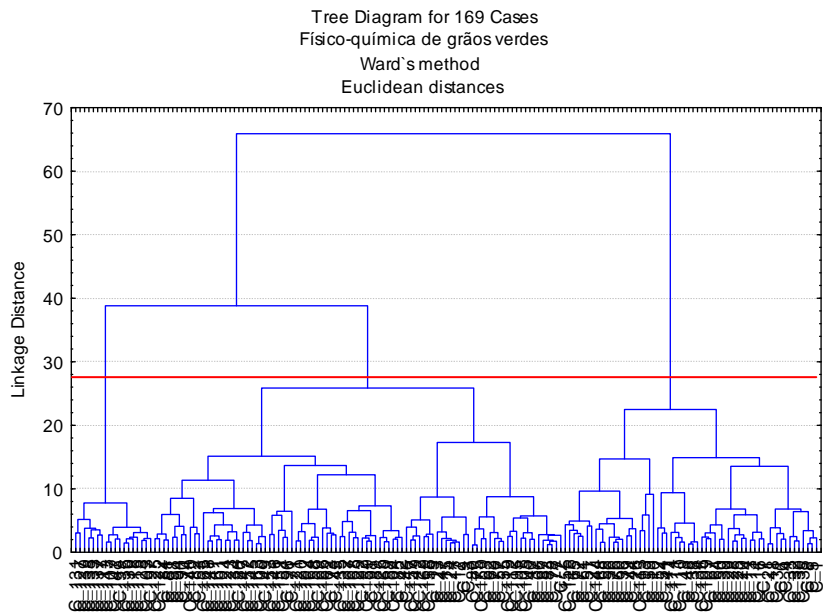
Níveis de probabilidade de  $F_{(\text{repetição})}$  dos provadores para os atributos da bebida de café.

Provadores	<b>Turb</b>	<b>Acafe</b>	<b>Averde</b>	<b>Adoce</b>	<b>Corpo</b>	<b>Sdoce</b>	<b>Gaci</b>	<b>Sverde</b>	<b>Gamg</b>	<b>Sads</b>
1	0,5432	0,0389	0,7150	0,0577	0,3883	0,6461	0,2417	0,2821	0,7322	0,5193
2	0,2458	0,7297	0,0008	0,3505	0,2381	0,4035	0,6334	0,0086	0,0106	0,9124
3	0,3291	0,9101	0,0986	0,5928	0,6149	0,6507	0,3908	0,9821	0,6932	0,4810
4	0,2659	0,5356	0,1383	0,9216	0,5804	0,7092	0,4830	0,7657	0,0440	0,8202
5	0,0547	0,6562	0,2933	0,5040	0,3515	0,7476	0,1469	0,9438	0,7375	0,2744
6	0,1393	0,8250	0,0353	0,0404	0,2498	0,4363	0,6160	0,4596	0,0524	0,9812
7	0,0235	0,7759	0,6162	0,4884	0,5685	0,0104	0,7858	0,5558	0,0091	0,2062
8	0,8741	0,2619	0,4573	0,5054	0,5132	0,0952	0,1485	0,8747	0,0519	0,8345
9	0,4057	0,3824	0,4032	0,7082	0,8272	0,6442	0,7750	0,2441	0,1736	0,6382
10	0,0541	0,9932	0,2543	0,4284	0,7934	0,6140	0,5408	0,7360	0,3243	0,5769

Turb:turbidez, Acafe: aroma de café, Averde: aroma verde, Adoce: aroma doce, Gdoc:gosto doce, Gacid: gosto ácido, Gmag: gosto amargo, Sverde:sabor verde e Sads: sabor adstringente

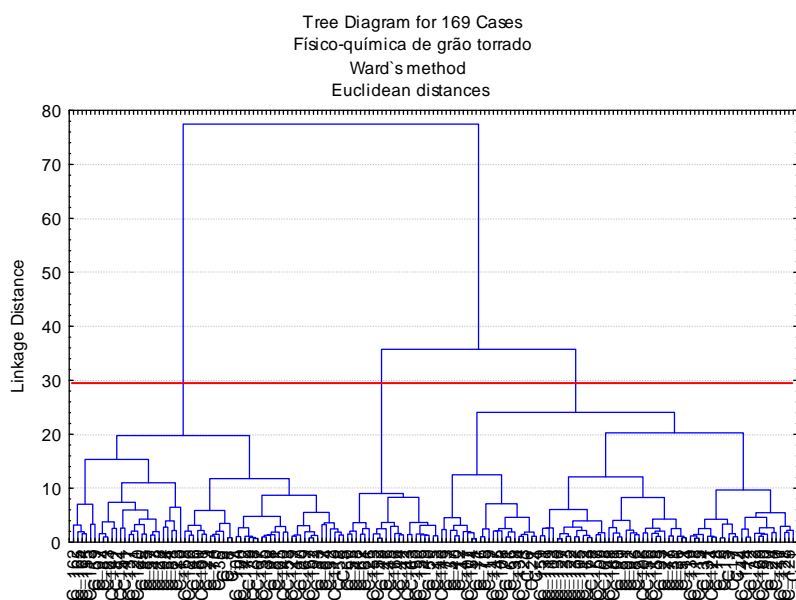
ANEXO 3

Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir das variáveis físico-químicas do grão verde



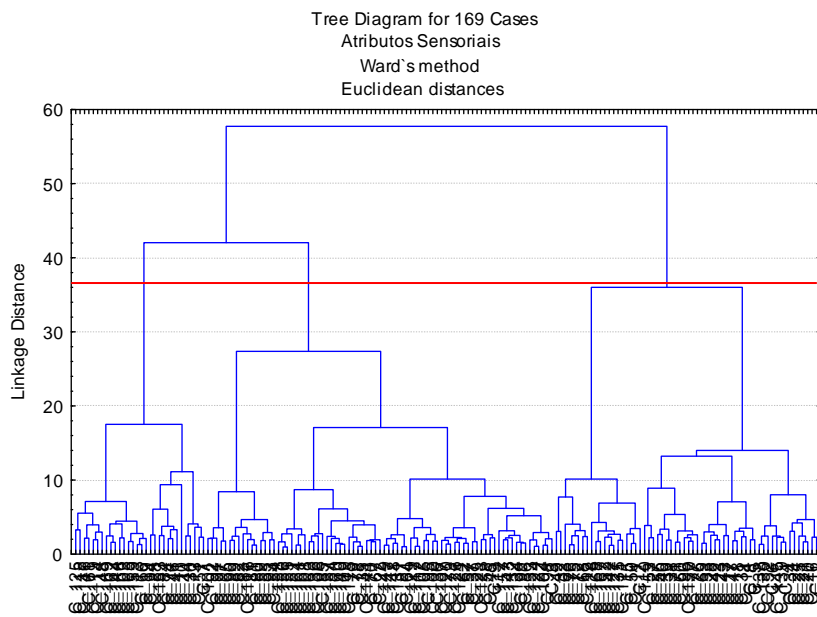
## ANEXO 4

Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir das variáveis físico-químicas do grão torrado



ANEXO 5

Dendrograma obtido da Análise de Agrupamento a partir dos atributos sensoriais



## ANEXO 6

Cargas fatoriais e contribuições das variáveis para formação dos componentes F1 e F2 da AFM na formação dos tipos de café em função de sua composição (COM e GT) e atributos sensoriais (AS)

Fatores Variáveis	Cargas fatoriais		Contribuições (%)	
	F1	F2	F1	F2
Pro	<b>0,73</b>	0,31	<b>4,52</b>	1,25
Lip	<b>-0,73</b>	0,43	<b>4,55</b>	2,45
At	0,49	-0,55	2,08	<b>3,90</b>
Sac	0,47	-0,54	1,90	<b>3,87</b>
Are	<b>0,65</b>	-0,52	<b>3,66</b>	3,58
Acg	<b>0,80</b>	-0,22	<b>5,55</b>	0,64
Tan	0,53	-0,28	<b>2,40</b>	1,05
Aci	<b>0,65</b>	-0,40	<b>3,59</b>	2,09
Trig	<b>-0,82</b>	0,54	<b>5,79</b>	3,75
5ACQ	0,15	-0,39	0,19	1,97
Caf	0,02	-0,10	0,00	0,13
DensV	-0,32	<b>-0,91</b>	0,88	<b>10,73</b>
PP	<b>0,93</b>	-0,05	<b>10,76</b>	0,05
DensT	<b>-0,70</b>	-0,56	<b>6,10</b>	6,00
ExpV	<b>0,68</b>	0,50	<b>5,85</b>	4,85
L*	-0,37	0,41	1,70	3,27
pHbeb	0,05	<b>0,98</b>	0,03	<b>18,22</b>
Acibeb	0,04	<b>-0,84</b>	0,02	<b>13,33</b>
°Brix	0,59	<b>0,61</b>	4,43	<b>7,13</b>
Turb	<b>0,97</b>	-0,08	<b>7,79</b>	0,08
Arcafé	-0,37	-0,25	1,10	0,77
Arver	0,32	0,30	0,85	1,10
Adoc	<b>-0,66</b>	-0,21	<b>3,58</b>	0,52
Corpo	<b>0,83</b>	-0,04	<b>5,63</b>	0,02
Gdoc	-0,40	-0,35	1,31	<b>1,49</b>
Gaci	<b>0,71</b>	-0,52	<b>4,14</b>	3,43
Sver	<b>0,44</b>	0,26	<b>1,56</b>	0,86
Gmag	<b>0,67</b>	0,53	<b>3,69</b>	3,50
Sads	<b>0,88</b>	0,00	<b>6,34</b>	0,00

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquínico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde; PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado; L\*: luminosidade; pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida; °Brix: sólidos solúveis da bebida; Turb: turbidez; Arcafé: aroma de café; Arver: aroma de verde; Ado: aroma doce; Gdo: gosto doce; Gaci: gosto ácido; Sver: sabor verde; Gamg: gosto amargo; Sads: sabor adstringente

## ANEXO 7 Coordenadas das nuvens parciais e da AFM dos tipos de café

<b>Observação</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>AS1</b>	<b>1,14</b>	<b>1,08</b>
AS1.FQV	0,26	0,67
AS1.FGT	0,49	0,80
AS1.SENS	2,67	1,78
<b>AS2</b>	<b>1,21</b>	<b>-0,39</b>
AS2.FQV	1,37	-0,98
AS2.FGT	1,06	0,25
AS2.SENS	1,21	-0,45
<b>AS3</b>	<b>-1,93</b>	<b>-0,14</b>
AS3.FQV	-1,69	0,80
AS3.FGT	-1,19	-0,73
AS3.SENS	-2,91	-0,50
<b>COM1</b>	<b>0,62</b>	<b>-0,54</b>
COM1.FQV	0,91	-1,14
COM1.FGT	0,87	0,18
COM1.SENS	0,09	-0,65
<b>COM2</b>	<b>1,45</b>	<b>-0,99</b>
COM2.FQV	2,84	-2,17
COM2.FGT	0,28	-0,65
COM2.SENS	1,23	-0,13
<b>COM3</b>	<b>-1,51</b>	<b>1,09</b>
COM3.FQV	-2,95	2,50
COM3.FGT	-0,35	0,50
COM3.SENS	-1,23	0,28
<b>GT1</b>	<b>1,41</b>	<b>1,80</b>
GT1.FQV	0,66	1,06
GT1.FGT	2,59	4,07
GT1.SENS	0,98	0,28
<b>GT2</b>	<b>-0,20</b>	<b>-2,19</b>
GT2.FQV	0,38	-1,82
GT2.FGT	-0,91	-4,39
GT2.SENS	-0,06	-0,37
<b>GT3</b>	<b>-2,20</b>	<b>0,27</b>
GT3.FQV	-1,77	1,07
GT3.FGT	-2,84	-0,02
GT3.SENS	-1,98	-0,24

## ANEXO 8

Valores médios das características físico-químicas grão verde das microrregiões cafeeiras

<b>Microrregiões</b>	<b>Pro*</b>	<b>Lip</b>	<b>At</b>	<b>Sac</b>	<b>Are</b>	<b>Acg</b>	<b>Tan</b>	<b>Aci**</b>	<b>Trig</b>	<b>5ACQ</b>	<b>Caf</b>	<b>DensV</b>
Apu	15,00 <sup>a</sup>	13,38 <sup>a</sup>	9,29 <sup>a</sup>	8,99 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	7,59 <sup>ab</sup>	5,37 <sup>a</sup>	204,6 <sup>a</sup>	1,13 <sup>ab</sup>	5,67 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>
Iva	15,51 <sup>a</sup>	13,42 <sup>a</sup>	9,01 <sup>a</sup>	8,71 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	7,72 <sup>ab</sup>	5,33 <sup>ab</sup>	196,8 <sup>ab</sup>	1,24 <sup>a</sup>	5,66 <sup>ab</sup>	1,32 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>
CProc	15,39 <sup>a</sup>	13,17 <sup>a</sup>	9,14 <sup>a</sup>	8,86 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	7,73 <sup>ab</sup>	5,35 <sup>a</sup>	196,5 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>ab</sup>	5,69 <sup>ab</sup>	1,24 <sup>ab</sup>	0,65 <sup>a</sup>
SJS	15,14 <sup>a</sup>	13,19 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>	9,00 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	7,60 <sup>ab</sup>	5,30 <sup>a</sup>	198,8 <sup>a</sup>	1,07 <sup>b</sup>	5,51 <sup>ab</sup>	1,19 <sup>ab</sup>	0,65 <sup>a</sup>
RClaro	15,09 <sup>a</sup>	13,79 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>	9,09 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	7,13 <sup>b</sup>	4,95 <sup>b</sup>	182,6 <sup>b</sup>	1,14 <sup>ab</sup>	5,10 <sup>b</sup>	1,16 <sup>b</sup>	0,64 <sup>a</sup>
Lda	15,27 <sup>a</sup>	13,55 <sup>a</sup>	9,55 <sup>a</sup>	9,20 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	8,03 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	196,4 <sup>a</sup>	1,09 <sup>ab</sup>	5,49 <sup>ab</sup>	1,20 <sup>ab</sup>	0,64 <sup>a</sup>
Man	16,04 <sup>a</sup>	13,36 <sup>a</sup>	9,48 <sup>a</sup>	9,13 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	7,74 <sup>ab</sup>	5,25 <sup>ab</sup>	196,6 <sup>ab</sup>	1,08 <sup>b</sup>	5,49 <sup>ab</sup>	1,25 <sup>ab</sup>	0,64 <sup>a</sup>

\* Valores expressos em g/100g , \*\*valores expressos em mL NaOH 0,1N/100mL

Valores médios seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre pelo teste de Tukey a nível de  $p < 0,05$

Apu: Apucarana; Iva: Ivaiporã; CProc: Cornélio Procópio; SJS: São Jerônimo da Serra; RClaro: Ribeirão Claro; Lda: Londrina; Man: Mandaguari

Pro: proteínas; Lip: lipídios; AT: açúcares totais; Are: açúcares redutores; Acg: Ácidos clorogênicos; Tan: taninos totais; Aci: acidez titulável no grão verde; Trig: trigonelina; 5-ACQ: ácido 5-cafeoilquínico; Caf: cafeína; DensV: densidade do grão verde

## ANEXO 9

Valores médios das características físico-químicas grãos torrados das microrregiões cafeeiras

Micror-regiões	PP**	DensT	ExpV**	L* (nits)	pHbeb	Acibeb***	°Brix
Apu	15,21 <sup>ab</sup>	0,379 <sup>a</sup>	48,12 <sup>b</sup>	26,17 <sup>a</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	14,20 <sup>ab</sup>	1,52 <sup>ab</sup>
Iva	15,16 <sup>ab</sup>	0,351 <sup>b</sup>	57,23 <sup>ab</sup>	27,20 <sup>a</sup>	5,07 <sup>a</sup>	13,45 <sup>b</sup>	1,66 <sup>a</sup>
CProc	14,96 <sup>b</sup>	0,375 <sup>ab</sup>	51,21 <sup>ab</sup>	26,28 <sup>a</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	14,36 <sup>a</sup>	1,44 <sup>b</sup>
SJS	15,30 <sup>ab</sup>	0,368 <sup>ab</sup>	52,29 <sup>ab</sup>	26,15 <sup>a</sup>	4,98 <sup>b</sup>	14,41 <sup>a</sup>	1,48 <sup>b</sup>
RClaro	15,07 <sup>b</sup>	0,367 <sup>ab</sup>	51,91 <sup>ab</sup>	25,77 <sup>a</sup>	5,03 <sup>ab</sup>	13,74 <sup>ab</sup>	1,57 <sup>ab</sup>
Lda	15,79 <sup>a</sup>	0,354 <sup>b</sup>	57,47 <sup>a</sup>	26,23 <sup>a</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	13,97 <sup>ab</sup>	1,60 <sup>a</sup>
Mand	15,71 <sup>ab</sup>	0,358 <sup>ab</sup>	53,43 <sup>ab</sup>	26,58 <sup>a</sup>	5,03 <sup>ab</sup>	13,44 <sup>b</sup>	1,58 <sup>ab</sup>

\*\* Valores expresso em g/100g ; \*\*\* ml de na OH 0,1N/ 100 ml de bebida

Valores médios seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre pelo teste de Tukey a nível de  $p < 0,05$

Apu: Apucarana; Iva: Ivaiporã; CProc: Cornélio Procópio; SJS: São Jerônimo da Serra; RClaro: Ribeirão Claro;

Lda: Londrina; Man: Mandaguari

PP: perda de peso; DensT: densidade do grão torrado; ExpV: expansão de volume do grão torrado; L\*: luminosidade; pHbeb: pH da bebida; Acibeb: acidez titulável da bebida; °Brix: sólidos solúveis da bebida

## ANEXO 10

## Valores médios dos atributos sensoriais de cafés das microrregiões

Micror-região	Turb	Arcaf	Arver	Ado	Corpo	Gdo	Gaci	Sver	Gamg	Sads
Apu	4,35 <sup>ab</sup>	4,25 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	3,84 <sup>a</sup>	4,03 <sup>b</sup>	2,59 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	3,38 <sup>a</sup>
Iva	4,53 <sup>ab</sup>	4,09 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	3,73 <sup>a</sup>	4,22 <sup>ab</sup>	2,54 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a b</sup>	3,52 <sup>a</sup>
CPro	4,14 <sup>b</sup>	4,23 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>	4,09 <sup>b</sup>	2,53 <sup>a</sup>	4,10 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	4,30 <sup>a b</sup>	3,22 <sup>a</sup>
SJS	4,48 <sup>ab</sup>	4,34 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	3,81 <sup>a</sup>	4,25 <sup>ab</sup>	2,69 <sup>a</sup>	4,40 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	4,27 <sup>a b</sup>	3,49 <sup>a</sup>
RClaro	4,44 <sup>ab</sup>	4,29 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,76 <sup>a</sup>	4,22 <sup>b</sup>	2,60 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	4,22 <sup>b</sup>	3,41 <sup>a</sup>
Lda	4,60 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	3,81 <sup>a</sup>	4,51 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	4,42 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>	4,57 <sup>a</sup>	3,60 <sup>a</sup>
Man	4,44 <sup>ab</sup>	4,16 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>	4,22 <sup>ab</sup>	2,53 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	4,15 <sup>ab</sup>	3,34 <sup>a</sup>

Valores médios seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre pelo teste de Tukey a nível de  $p < 0,05$

Apu: Apucarana; Iva: Ivaiporã; CProc: Cornélio Procópio; SJS: São Jerônimo da Serra;

RClaro: Ribeirão Claro; Lda: Londrina; Mand: Mandaguari

Turb: turbidez; Arcaf: aroma de café; Arver: aroma de verde; Ado: aroma doce; Gdo: gosto doce; Gaci: gosto ácido;

Sver: sabor verde; Gamg: gosto amargo; Sads: sabor adstringente

## ANEXO 11

## Coordenadas das nuvens parciais e da AFM das microrregiões

Observação	F1	F2
Apu.FGV	-0,11	-1,28
Apu.FGT	-1,85	-1,32
Apu.SENS	-0,84	-1,16
<b>Apu AFM</b>	<b>-0,93</b>	<b>-1,25</b>
Iva.FGV	2,71	-1,85
Iva.FGT	3,74	1,15
Iva.SENS	2,26	-0,44
<b>Iva AFM</b>	<b>2,90</b>	<b>-0,38</b>
CPro.FGV	-0,17	-1,75
CPro.FGT	-1,85	-1,57
CPro.SENS	-0,10	-3,04
<b>CPro.AFM</b>	<b>-0,71</b>	<b>-2,12</b>
SJS.FGV	-1,32	0,29
SJS.FGT	-1,84	-0,65
SJS.SENS	-0,90	1,34
<b>SJS.AFM</b>	<b>-1,35</b>	<b>0,33</b>
RClaro.FGV	-0,22	2,13
RClaro.FGT	-0,24	-0,24
RClaro.SENS	0,16	0,21
<b>RClaro.AFM</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,70</b>
Lda.FGV	-1,09	1,47
Lda.FGT	0,69	1,61
Lda.SENS	-1,42	3,80
<b>Lda. AFM</b>	<b>-0,61</b>	<b>2,30</b>
Man.FGV	0,21	0,99
Man. FGT	1,35	1,01
Man.SENS	0,83	-0,72
<b>Man. AFM</b>	<b>0,80</b>	<b>0,43</b>

## ANEXO 12

Contribuições (%), valores de  $\cos^2$  e das coordenadas das microrregiões para a formação dos fatores F1 e F2 da AFM

Fatores	Microrregiões	Contribuições (%)		$\cos^2$	
		F1	F2	F1	F2
Apu		6,87	<b>12,83</b>	0,22	<b>0,40</b>
Iva		<b>66,72</b>	1,18	<b>0,89</b>	0,01
CProc		3,96	<b>36,61</b>	0,08	<b>0,75</b>
SJS		<b>14,45</b>	0,88	<b>0,55</b>	0,03
RClaro		0,08	<b>4,00</b>	0,00	<b>0,07</b>
Lda		2,91	<b>43,01</b>	0,05	<b>0,72</b>
Man		<b>5,01</b>	1,50	<b>0,13</b>	0,04
Alt-880				<b>0,64</b>	0,10
Alt-650				<b>0,88</b>	0,00
Alt-560				<b>0,31</b>	0,01
Alt-500				0,00	<b>0,07</b>
Temp-D				0,06	0,27
Temp-C				0,06	0,27

FQV: grupo de variáveis físico-químicas do grão verde; FQT: grupo de variáveis físico-químicas do grão torrado; SENS: grupo de variáveis sensoriais

Alt : altitude local medida em metros Temp D: temperatura média histórica anual de 21-20 °C ; Temp C: temperatura média histórica anual de 22-23 °C

Apu: Apucarana; Iva: Ivaiporã; CProc: Cornélio Procópio; SJS: São Jerônimo da Serra; RClaro: Ribeirão Claro; Lda: Londrina; Man: Mandaguari