

**MARCOS PAULO GOMES CIRILO**

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E  
DA TORRA NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS  
EM CAFÉ**

**Faculdade de Farmácia da UFMG  
Belo Horizonte, MG  
2001**

**“Aprendamos a viver para o bem dos outros, a fim de encontrarmos o nosso verdadeiro bem”. *Emmanuel***

**A**

Minha esposa **Luciene Cristina Pinto Cirilo**, aos meus filhos **João Vitor Pinto Cirilo** e **Marcos Artur Pinto Cirilo**, pelo amor, compreensão, segurança, durante todo o período. Aos meus pais, **Isolino Cirilo** e **Terezinha Apolinária Gomes** pelo carinho e incentivo nas horas difíceis. A minha sogra, cunhados, tios e primos. . . .

# AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao Povo brasileiro que me permitiu através de seus impostos o desenvolvimento deste projeto.

À Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais.

À Professora Maria Beatriz Abreu Glória, pela orientação, ensinamentos, compreensão e paciência durante o tempo de convívio.

Ao Professor José Virgílio Coelho pelo incentivo e apoio durante o período do curso.

Ao Professor Roberto Gonçalves Junqueira, pelo auxílio na análise estatística.

À professora Lieselotte Jokl pelo carinho e paciência na análise de meu projeto.

Aos Professores Accácia Júlia Pereira, Silvana Motta e David Nelson do Laboratório de Tecnologia de Alimentos.

Ao Professor e Pesquisador Francisco Dias Nogueira, EMBRAPA / EPAMIG / UFLA, Lavras – MG, que desde o primeiro momento acreditou no nosso trabalho.

**Aos Funcionários do Centro Tecnológico do Sul de Minas da EPAMIG, Lavras – MG.**

À Ana Flávia Santos Coelho, pela amizade, dedicação e pelos ensinamentos sobre cromatografia líquida de alta eficiência.

À Clarissa de Moraes Araújo, bolsista de iniciação científica, pela dedicação nas análises de café.

À Flávia Rúbia B. Gonçalves, bolsista de iniciação científica, pela dedicação nas análises de atividade de água.

À Karine Helena Theodoro pelas análises de café no HPLC, e pela paciência e dedicação.

À Lúcia Regina Apolinária pela ajuda e incentivo.

Ao Domingos Sávio Baião e família pelo apoio e incentivo.

À Paula Carina Pinto Baião pelo auxílio na digitação dos trabalhos escolares.

Ao Sr. Peter Jordan, Presidente da Empresa Nutrir Produtos Alimentícios S/A, pelo apoio e incentivo.

Ao Sr. Marcelo Ferreira Guimarães Vice-presidente da Empresa Nutrir Produtos Alimentícios S/A, pelo incentivo e apoio.

Ao Sr. Celso Fernandes Pereira pelo companheirismo e amizade.

Aos Funcionários da Nutrir Produtos Alimentícios S/A.

Ao Sr. Paulo Márcio P. de Carvalho pela confiança e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Bioquímica de Alimentos: Lúcia Peret de Almeida, Lillian Vanessa Silva, Elisângela Flávia Pimentel, Karine Helena Theodoro.

Aos colegas de Pós-Graduação: Ana Cristina B. Lopez, Ana Flávia Santos Coelho, Christiane M. V. Barros, Cláudia A. A. do Amaral, Cristiane M. S. Barbosa, Fábio Tadeu L. Guimarães, Harriman A. Moraes, José Lázaro P. de Souza, Lillian Vanessa Silva e Renata Graça Pinto.

Ao Funcionário do Laboratório de Bioquímica de Alimentos Marcos da Costa Lage.

Às funcionárias do Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Úrsula R. M. Rodrigues e Ana Maria A. da Silva, pela dedicação e apreço.

Aos companheiros do DESDE – UEM pelas vibrações positivas e pela compreensão e carinho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos participantes da comissão examinadora.

Que Deus abençoe a todos.

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
RESUMO .....	12
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	17
2.1 CAFE .....	17
2.1.1 Importância econômica .....	17
2.1.2 Origem, botânica e classificação .....	18
2.1.3 Composição do café .....	20
2.1.4 Tratos culturais e beneficiamento .....	25
2.2 AMINAS BIOATIVAS .....	32
2.2.1 Definição, classificação e estrutura .....	32
2.2.2 Ocorrência de aminas bioativas em vegetais .....	32
2.2.3 Função das aminas bioativas nos vegetais .....	34
2.2.4 Formação das aminas bioativas .....	37
2.2.5 Fatores que afetam a formação das aminas bioativas em vegetais ..	40
2.2.6 Toxicidade das aminas bioativas .....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	45
3.1 MATERIAL .....	45
3.1.1 Amostras .....	45
3.1.2 Reagentes .....	47
3.1.3 Padrões de aminas bioativas .....	47
3.2 MÉTODOS DE ANÁLISE .....	48
3.2.1 Determinação de aminas bioativas .....	48
3.2.2 Determinação do conteúdo de água .....	49
3.2.3 Determinação da atividade de água .....	50
3.2.4 Determinação das características de cor .....	50
3.2.5 Análise estatística .....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.1 AMINAS BIOATIVAS EM CAFÉ VERDE .....	51
4.2 INFLUENCIA DA ADUBAÇÃO DE POTÁSSICA NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS EM CAFÉ VERDE .....	52
4.2.1 Putrescina .....	56
4.2.2 Espermidina .....	57
4.2.3 Espermina .....	59
4.2.4 Serotonina .....	60
4.2.5 Teores totais de aminas .....	61
4.2.6 Correlação entre os parâmetros estudados .....	62

<b>4.3 INFLUÊNCIA DO TIPO DE TORRA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO CAFE</b> .....	64
4.3.1 Conteúdo de água .....	64
4.3.2 Atividade de água .....	65
4.3.3 Características de cor do café torrado e moído .....	67
<b>4.4 INFLUÊNCIA DO TIPO DE TORRA NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS</b> .....	70
<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b> .....	78
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	79
<b>ANEXO</b> .....	85
<b>APÊNDICE</b> .....	88

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3,4 dihidroxifenilalanina .....	DOPA
Agmatina .....	AGM
Aminoácido aromático descarboxilase .....	AADC
Cadaverina .....	<b>CAD</b>
Coeficiente de variação .....	CV
Comission Internacional de L'eclairage .....	CIE
Cromatografia líquida de alta eficiência .....	CLAE
Diamina oxidase .....	DAO
Espermidina .....	EPD
Espermina .....	EPN
Faculdade de Farmácia .....	FAFAR
Fosfato monoamônico .....	MAP
Histamina .....	<b>HIM</b>
Monoamina oxidase .....	MAO
Putrescina .....	PUT
S-adenosilmetionina .....	SAM
Serotonina .....	SRT
Triptamina .....	TRM
Triptofano hidroxilase .....	TPH



## LISTA DE TABELAS

1	Classificação oficial do café pela bebida .....	20
2	Composição química aproximada em base seca do café verde .....	22
3	Teores de aminos bioativas presentes em hortaliças .....	35
4	Condições de adubação de potássio de <i>Coffea arabica</i> L. variedade catuaí ....	46
5	Tipos e teores de aminos bioativas em café verde .....	52
6	Teores de aminos em amostras de café verde obtidas com diferentes doses de cloreto de potássio .....	53
7	Teores de aminos em amostras de café verde obtidas com diferentes doses de sulfato de potássio .....	53
8	Equações de regressão polinomial ajustadas para a formação de aminos com variáveis dependentes das doses e fontes de potássio .....	54
9	Correlação de Pearson entre os parâmetros fonte e dose de adubo e a produção de aminos .....	63
10	Conteúdo de água por Karl Fisher de café moído obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa .....	65
11	Atividade de água de café moído obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa .....	66
12	Valores médios das características de cor $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , saturação ( $C^*_{ab}$ ) e tonalidade ( $h^*_{ab}$ ) para café submetido à torra americana e francesa .....	70
13	Teores de aminos bioativas em café verde e submetido à torra americana e francesa .....	71
14	Equações de regressão polinomial ajustadas para a formação de aminos após torra com variáveis dependentes das doses e fontes de potássio .....	72
15	Coefficiente de correlação de Pearson para os parâmetros fonte e dose de adubo e a produção de aminos .....	75

## LISTA DE FIGURAS

1	Fases do ciclo de produção do café .....	27
2	Classificação e estrutura química de algumas amins bioativas presentes em alimentos .....	33
3	Caminho biossintético de putrescina e poliaminas em plantas superiores .....	38
4	Caminho metabólico para a formação de amins biogênicas .....	39
5	Teores de amins em café cultivado com diferentes fontes e doses de potássio .....	55
6	Alteração percentual nos teores de putrescina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses	57
7	Alteração percentual nos teores de espermidina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses	58
8	Alteração percentual nos teores de espermina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses	59
9	Alteração percentual nos teores de serotonina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses	61
10	Alteração percentual nos teores totais de amins em amostras de café submetidas à adubação com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses	62
11	Valores de L*, a* e b* para café torrado e moído cultivado com cloreto de potássio .....	68
12	Valores de L*, a* e b* para café torrado e moído cultivado com sulfato de potássio .....	69
13	Teores de amins em café torrado com variáveis dependentes das doses para de potássio .....	71
14	Teores médios de agmatina, espermidina e serotonina em amostras de café torrado cultivado com cloreto de potássio .....	76
15	Teores médios de agmatina, espermidina e serotonina em amostras de café torrado cultivado com sulfato de potássio .....	77

## RESUMO

A influência da adubação potássica e do tipo de torra nos teores de aminas bioativas em café foi investigada. *Coffea arabica* L., variedade catuaí vermelho linhagem MG-99 com idade de seis anos, plantada no município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais, foi adubada com cloreto e sulfato de potássio nas doses de 0 (controle) a 400 kg de K/ha. O café verde obtido foi submetido a dois tipos de torra – americana e francesa. As amostras foram analisadas quanto aos teores de aminas bioativas. As amostras de café torrado foram também analisadas quanto ao conteúdo de água, atividade de água e características de cor CIE  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . No café verde, os teores totais de aminas variaram de 1,80 a 4,38 mg/100 g. A amina predominante foi a putrescina, seguida da serotonina, espermina e espermidina. A adubação com cloreto de potássio afetou de forma significativa os teores de putrescina, sendo que um aumento na concentração de cloreto de potássio causou uma diminuição nos teores de putrescina no grão de café. O conteúdo de água das amostras variaram de 2,90 a 4,49 g/100 g e a atividade de água de 0,31 a 0,45, não havendo diferença significativa entre os tipos de torra. Entretanto, o tipo de torra afetou de forma significativa as características de cor: a torra americana produziu grãos mais claros, maiores intensidades de vermelho e de amarelo. Durante a torra houve redução significativa nos teores totais de aminas, com perda total de putrescina e de espermina e formação de agmatina. O café torrado ficou caracterizado pela presença de três aminas, sendo serotonina a predominante, seguida da espermidina e da agmatina. Foi observada correlação significativa entre as doses de cloreto de potássio utilizadas na adubação e os teores de espermidina nas amostras submetidas à torra americana e entre as doses de cloreto de potássio e os teores de espermidina e de agmatina nas amostras submetidas à torra francesa.

Palavras-chave: café, adubação, potássio, aminas bioativas

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF POTASSIUM FERTILIZATION AND ROASTING ON THE LEVELS OF BIOACTIVE AMINES IN COFFEE.

The influence of potassium fertilization and roasting on the levels of bioactive amines in coffee was investigated. *Coffea arabica* L. variety "catuaí red line MG-99" (six years old) was cultivated in São Sebastião do Paraíso, state of Minas Gerais, Brazil. It was fertilized with potassium chloride and potassium sulfate at levels of 0 (control) to 400 kg of K/ha. The green coffee was roasted by two different procedures \*\*American and French. The samples were analyzed for bioactive amines. Roasted samples were also analyzed for moisture content, water activity and CIE L\*, a\* and b\* color characteristics. Total amine levels in green coffee ranged from 1.80 to 4.38 mg/100 g. The predominant amine was putrescine, followed by serotonin, spermine and spermidine. Fertilization with potassium chloride affected significantly putrescine levels. An increase in the levels of the potassium chloride caused a decrease in putrescine in the coffee beans. The different types of roasting did not affect water content and water activity, which varied from 2.90 to 4.49 g/100 g and 0.31 to 0.45, respectively. However, the type of roasting affected significantly color characteristics: American roasted samples produced lighter grains with higher intensities of red and of yellow. During roasting, there was a significant decrease in total amines levels with total loss of putrescine and spermine and formation of agmatine. Roasted coffee was characterized by the presence of three amines, with predominance of serotonin followed by spermidine and agmatine. There was significant correlation between the levels of potassium chloride and the levels of spermidine in samples submitted to American roasting and between levels of potassium chloride and the levels of spermidine and agmatine in samples submitted to French roasting.

**Key-words:** coffee, fertilization, potassium, bioactive amines,

# 1 INTRODUÇÃO

O mercado internacional tem exigido do Brasil produção de café com melhor qualidade final de bebida. Países como a Colômbia, Mexico e Países da America Central entre outros, detectaram primeiro essa tendência mundial por café arabica suave, tendo, por conseguinte melhores preços de mercado. Houve um declínio na exportação do café brasileiro nos últimos anos, por motivos da competição qualitativa e quantitativa, trazendo conseqüências para a economia do País, com perda de receita e desequilíbrio no mercado de trabalho. Portanto, associar qualidade e produtividade segundo PIMENTA (1995), é questão de competência para produtores que deverão empenhar-se em controlar custos, melhorar a produtividade, além de elevar a qualidade da bebida por meio de aplicação de técnicas adequadas de produção, no plantio, condução das lavouras, colheita, secagem dos grãos, beneficiamento e armazenamento.

A aplicação de adubação mineral no cafeeiro promove um aumento da produção, mas nem sempre a melhoria da qualidade da bebida acompanha este incremento produtivo. Alguns estudos têm evidenciado o efeito da adubação na qualidade do café. É conhecida a necessidade de K pelo cafeeiro para obtenção de altas produções (SILVA, 1999). A deficiência de potássio, conduz a formação de frutos miúdos com baixa densidade, chochos ou mal-granados que inferiorizam a qualidade do café além de diminuir o rendimento no beneficiamento (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997). Além de causar redução no crescimento da planta e na produtividade de grão, pode causar um acúmulo de aminas bioativas principalmente putrescina nas folhas e nos grãos (FLORES, 1990; STARLING, 1998). O cloreto de potássio, fertilizante mais utilizado na cultura de café, traz conseqüência danosa à nutrição e, conseqüentemente, à qualidade da bebida. Portanto, a adubação com potássio preferencialmente livre de cloreto pode melhorar a produção e a qualidade da bebida (SILVA, 1999).

Aminas bioativas são bases orgânicas alifáticas, alicíclicas ou heterocíclicas de baixo peso molecular. Estas substâncias desempenham papel importante no metabolismo de organismos vivos (LIMA & GLÓRIA, 1999). Nos vegetais, estes compostos têm sido associados a inúmeros processos metabólicos durante o desenvolvimento da planta. Putrescina, espermina e espermidina, por exemplo, estão envolvidas na síntese de DNA, RNA e proteína, sendo essenciais para a multiplicação e crescimento celular. Além disto, estabilizam a membrana celular e retardam a senescência (SMITH, 1985; BARDÓCZ, 1995). Algumas aminas apresentam outras

funções nos vegetais: as feniletilaminas podem agir como substâncias protetoras repelindo insetos e animais; a dopamina em beterraba, atua como um fator de resistência ao desenvolvimento do fungo *Cercospora beticola*; a serotonina e a histamina podem ser um dos princípios ativos presentes nas pilosidades de alguns vegetais, podendo também ser úteis em estudos quimiotaxonômicos (SMITH, 1977a).

As aminas desempenham também papel importante na dieta de animais. Putrescina, espermina e espermidina funcionam como reserva de nitrogênio e como fator de crescimento (BARDÓCZ, 1995). Serotonina, dopamina, adrenalina e noradrenalina atuam como neurotransmissores. Recentemente, estudos têm valorizado a presença de serotonina em medicamentos e alguns alimentos, inclusive café, ressaltando a sua importância na prevenção de depressão (LIMA, 1995). Entretanto, em concentrações elevadas, algumas aminas podem afetar o flavor dos alimentos (putrescina, cadaverina, feniletilamina, histamina), e outras podem causar efeitos tóxicos ao homem (histamina, tiramina, feniletilamina, triptamina, espermina). Aminas como putrescina, cadaverina, espermina e espermidina, podem reagir com íons nitrito para formar nitrosaminas, algumas das quais são cancerígenas (HALÁSZ et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1995).

Os tipos e teores de aminas nos alimentos são variáveis de acordo com o tipo de alimento, com as condições de cultivo, variedade e amadurecimento (BARDÓCZ, 1995). Teores elevados de putrescina e agmatina têm sido detectados em plantas que sofreram condições variadas de estresse, como deficiência de minerais, especialmente potássio e magnésio no solo ou substrato de cultivo; alta concentração de amônia; alta salinidade; choque osmótico; dessecação; variação de temperatura e altitude (SMITH, 1985; FLORES et al., 1989; ANGOSTO & MATILLA, 1993). A deficiência em potássio induz ao aumento de aminas bioativas como putrescina, espermina e espermidina. As causas deste aumento têm sido atribuídas à severa deficiência de potássio e ao regime nutricional que gera íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>) nos tecidos das plantas, incluindo absorção de íons de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (TONIN et al., 1991) e exposição a SO<sub>2</sub> (FLORES, 1990). De acordo com ADAMS (1991), a deficiência de potássio no solo, induz a um acúmulo de putrescina em folhas da videira. A síntese de putrescina pode ocorrer em resposta à redução do pH (SMITH, 1985), em um mecanismo homeostático para manter o pH citoplasmático em um valor constante (FLORES et al., 1989).

Outro fator que pode afetar o perfil e teores de aminas nos alimentos é o processamento e o armazenamento. Durante o processamento em condições higiênico-sanitárias inadequadas, pode haver a contaminação e crescimento microbiano, com

conseqüente formação e acúmulo de aminas pela ação de enzimas microbianas na descarboxilação de aminoácidos. Algumas aminas resistem ao processamento térmico e às condições ácidas e alcalinas (NEURATH et al., 1977). Por outro lado, algumas aminas podem ser formadas pela descarboxilação de aminoácidos durante tratamento térmico (HÁSLSZ et al., 1994).

Apenas um trabalho foi encontrado na literatura científica a respeito dos teores de algumas aminas em café verde e torrado (AMORIM et al., 1977). No café verde, putrescina foi a amina predominante, detectada em níveis de 3,7 a 5,4 mg/100 g, seguida por espermidina (1,4 a 2,0 mg/100 g) e por espermina (0,7 a 1,0 mg/100 g). Após torração, apenas putrescina foi detectada em níveis de 0,1 a 0,2 mg/100 g.

Este trabalho teve como objetivo geral verificar a influência da adubação e da torra nos teores de aminas bioativas em café (*coffea arábica* L.) variedade catuaí.

Os objetivos específicos foram:

- 1) determinar os tipos e teores de aminas presentes no café verde;
- 2) investigar a influência de dois tipos e quatro doses de adubação potássica nos teores de aminas em café verde;
- 3) investigar a influência de dois tipos de torra no conteúdo de água, atividade de água e características de cor do café; e
- 4) investigar a influência de dois tipos de torra nos teores de aminas do café.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CAFÉ

#### 2.1.1 Importância econômica

O café na economia mundial tem sua importância desde o início do século XIX, época em que esteve presente nas pautas de exportação e importação de grande número de países. O café era usado por esses países como garantia nas trocas necessárias à manutenção de uma balança comercial favorável ao seu crescimento e desenvolvimento econômico. Representa, para 30% dos países produtores, mais da metade da arrecadação de divisas com as exportações totais e, para o restante, cerca de 25%. Entretanto, mesmo com produção disseminada por grande quantidade de propriedades; em países tropicais; o mercado mundial de café tem características oligopolistas. Apenas dez países produziram 74% e seis demandaram 70% do café comercializado no mundo entre 1997 e 1998 (CAIXETA, 1999).

O café é produzido e exportado por mais de 50 países em desenvolvimento, sendo que os maiores consumidores são países industrializados como os Estados Unidos da América (EUA) e europeus, além do Japão. Os EUA têm uma demanda anual de 18 milhões de sacas de 60 kg e um consumo per capita de apenas 4,01 kg/hab./ano. Em países como a Finlândia o consumo médio é de 12,4 kg/hab./ano seguida por Suécia com 11,4 kg/hab./ano, Noruega com 11,3 kg/hab./ano e Dinamarca com 10,5 kg/hab./ano (IAPAR, 2000). É o segundo produto agrícola mais comercializado no mundo e, conseqüentemente, de importância vital para o balanço comercial entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. O café representa, para estes, importante fonte financeira para pagamento de suas importações de bens de consumo (SILVA, 1999).

O Brasil historicamente cultiva café desde 1727. Itinerante no País, o cultivo foi iniciado no Pará (1727), sendo levado para o Maranhão (1728), Pernambuco e Bahia (1743-50), Rio de Janeiro (1774), Vale do Paraíba (1780-90). Minas Gerais e Espírito Santo (1815), São Paulo (1900) e Paraná (1910). A maior produção está em Minas Gerais, que contribuiu com cerca de 58% da produção brasileira em 1998 a 1999 - 19,6 dos 33,9 milhões de sacas - e previsão para 51 % na safra de 1999 a 2000 - 11,6 dos



**28,9 milhões** de sacas (LOPES, 2000). Mais de **30%** do café produzido no mundo **têm** origem no Brasil, sendo portanto, o maior produtor mundial, seguido pela Colômbia e Indonésia. O consumo per capita gira em torno de **3,7 kg/hab./ano**, pequeno quando comparado com alguns países europeus, ficando **atrás** da Alemanha e dos Estados Unidos da América, com **7,6** e **4,01 kg/hab./ano**, respectivamente.

### 2.1.2 Origem, botânica e classificação

O café (*Coffea arabica* L.) é uma planta tropical adaptada ao clima úmido de temperaturas amenas, condição que prevalece nos altiplanos da Etiópia, região considerada de sua origem (SILVA, 1999).

O gênero *Coffea* é constituído de 60 espécies, das quais seis de taxonomia incerta ou mal conhecida e as demais reunidas nas séries *eucoffea*, *mascarocoffea*, *argocoffea*, *paracoffea* e *mozambicoffea* com **14**, **18**, **9**, **8** e 5 espécies, respectivamente. A *eucoffea* é a de maior importância econômica, pois **contém** as duas espécies, *Coffea arábica* L. e *Coffea canephora* Pierre, com maior cultivo **nos** grandes centros produtores de café.

Originária de regiões de altitude mais elevada, de clima úmido e temperaturas amenas com média anual entre **18°** a **22,5° C**, a espécie *Coffea arábica* L. apresenta arbustos que podem atingir até **4** m de altura com uma raiz principal ramificada nas primeiras camadas do solo. Apresenta ramos primários longos e flexíveis, com ramos secundários e terciários, tendo folhas verde-escuras, de tamanho "médio, opostas, elípticas, com lâmina brilhante. Suas flores são agrupadas por pedúnculo formado por dois pares de bractéolas e o número varia de duas a 20 por axila, em função do vigor da planta e das condições ambiente. Os lobos da corola são em número de cinco assim como o de estames. O ovário é **ínfero**, com duas lojas e cada loja contém um **único óvulo**. Os grãos de pólen são numerosos, **globosos**; os frutos com 1,5 por 1,1 cm são drupa, de cor vermelha ou amarela, em função da variedade; a superfície é lisa e brilhante, **exocarpo** delgado, **mesocarpo** carnoso e **endocarpo** fibroso. As sementes com **0,9** por **0,7** cm são oblongas, plano-convexas, **esverdeadas**. O endosperma é revestido pela película prateada, tendo na base o embrião, que apresenta tamanho médio de 1 a 2 mm (MELO et al., 1998).

O *Coffea canephora* Pierre de regiões quentes e úmidas, atinge até **5** m de altura e geralmente tem vários caules. Com folhas de **9** a **20** cm, são elípticas lanceoladas, com

↓

'bordos bem ondulados, nervuras salientes e de um verde mais claro que as do *Coffea arábica* L. As flores são de cor branca, em grande número por inflorescência e por axila foliar, apresentando de cinco a oito lobos na corola, cinco a oito estames, estilo longo e estigma bífido, pedicelo floral incluído no cáulculo, cujos lobos se prolongam em apêndices foliares. Os frutos possuem em média 1,5 cm de comprimento e 1,2 cm de largura, com formas variadas entre as diferentes variedades. Apresentam coloração vermelha ou amarela, quando maduros, com superfície lisa, exocarpo fino, mesocarpo pouco aquoso e endocarpo delgado. As sementes são de tamanho 1,0 cm de comprimento e 0,7 cm de largura, cor verde-clara e película prateada aderente (MELO et al., 1998).

A comercialização do café verde depende, em grande parte, da sua apresentação no mercado. O produtor de café, após realizar as operações de produção do café de boa qualidade, deve atentar para a importante fase de classificação do seu produto. A avaliação do café, é baseada em apreciações subjetivas realizadas por especialistas. Estas avaliações baseiam-se nas características físicas como forma, tamanho, cor, uniformidade dos grãos e tipo de bebida do café verde. A cada tipo corresponde um maior ou menor número de defeitos (grãos imperfeitos ou impurezas). Os defeitos podem ser de natureza intrínseca e se constituem de grãos alterados, quer pelo imperfeito manejo das lavouras, quer por modificações de origem fisiológica ou genética (os pretos, ardidos, verdes, chochos, mal-granados, quebrados e os brocados) e a extrínseca, que representam os elementos estranhos ao café beneficiado (coco, marinho, cascas, paus e pedras). A equivalência dos defeitos toma-se por base o grão "preto", que é considerado como o padrão dos defeitos ou defeito capital (ANEXOS 1 e 2). Os outros, tais como os ardidos, brocados, paus, pedras, etc., são considerados secundários. O tipo 4 é chamado "tipo base", por ter sido, no passado, o café mais comercializado no porto de Santos, sendo assim considerado padrão para fixação de preço (MIYA et al., 1973; SILVA, 1999; TEIXEIRA, 1999).

Entre um tipo e outro, na tabela oficial brasileira de classificação há uma diferença de 50 pontos, subdivididos de 5 em 5 pontos positivos e crescentes do tipo 4 para o tipo 2, e decrescente do tipo 4 ao tipo 8. Os pontos foram criados por representarem um valor na moeda nacional brasileira. A um dado tipo, reduz-se ou acrescenta-se um valor monetário, dependendo do tipo considerado pela cotação, mas sempre tomando por base o tipo 4. O processo, na prática, ocorre da seguinte maneira: espalham-se 300 g de café em cima de uma cartolina preta, em mesa própria para classificação e provida de boa

iluminação; catam-se e separam-se, por categoria, os defeitos encontrados: contam-se os defeitos segundo **as especificações** da tabela de equivalência dos defeitos e de acordo com o número encontrado, determina-se o tipo de café (BÁRTHOLO et al., 2989; TEIXEIRA, 1999).

Quanto ao tamanho ou peneira, como são mais conhecidas, os grãos são classificados segundo as **dimensões** dos crivos das peneiras oficiais (ANEXO 3). Estas peneiras são designadas por números, os quais divididos por **64**, fornecem a indicação do tamanho dos furos, expressos em frações de polegadas. Existem peneiras de crivos redondos para os cafés chatos e os alongados para os mocas. É muito importante esta classificação, pois permite a seleção por tamanho, separando-se os grãos em grupos possíveis de uma torrefação mais uniforme (TEIXEIRA, 1999).

Outra classificação vigente baseia-se na análise sensorial (TABELA 1) por degustadores treinados, que classificam o **café** segundo o gosto ou cheiro, que são influenciados pela presença de grãos verdes, verde-pretos, pretos ou ardidos, sendo ainda, afetados pela incidência ou não de fermentações nos grãos na fase de colheita ou preparo (SILVA, 1999).

TABELA 1 Classificação oficial do café pela bebida

Classificação	Características da bebida
Estritamente mole	sabor suavíssimo e adocicado
Mole	sabor suave, acentuado e adocicado
Apenas mole	sabor suave, porém com leve adstringência
Dura	adstringente e sabor áspero
Riada	leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico
Rio	sabor forte e desagradável, lembrando iodofórmio ou ácido fênico
Rio zona	sabor e odor intoleráveis ao paladar e ao olfato

Fonte: SILVA (1999).

### 2.1.3 Composição do café

Segundo COSTA & CHAGAS (1997), há uma relação da qualidade do café com os diversos constituintes físico-químicos responsáveis pelo aroma e sabor característicos das bebidas. Entre estes compostos, distinguem-se os açúcares, ácidos, compostos fenólicos (ácidos clorogênicos), cafeína, compostos voláteis, ácidos graxos, proteínas e

algumas enzimas. A aparência, sabor, odor, textura, valor nutritivo e segurança, são um conjunto de características físicas, sensoriais e químicas que induzem a aceitação de um produto. Estes atributos, somados à ausência de defeitos devem ser considerados como aspectos primordiais para a **potencialização da comercialização** interna e externa do café brasileiro (PEREIRA, 1997).

Durante o desenvolvimento e **maturação** dos graos, os teores dos constituintes físico-químicos e químicos sofrem variações, diminuindo ou aumentando até atingirem níveis ideais característicos do grão de café maduro (PIMENTA, 1995). A **maturação** do café, segundo CARVALHO et al. (1997), tem seu início com a aceleração da atividade respiratória e a biogênese do etileno. Ocorrem várias reações, entre elas a **aceleração** do metabolismo de açúcares e ácidos; **degradação** da clorofila e síntese de pigmentos, como carotenóides, antocianinas, etc; **diminuição** nos compostos fenólicos, com conseqüente decréscimo da adstringência, e a formação de compostos voláteis, como ésteres, aldeídos e cetonas, álcoois, entre outros, de importância na **caracterização** do aroma do fruto maduro (PIMENTA, 1995).

LOPES (2000) relata que os compostos químicos do café verde são os precursores do "flavor" e cor do café torrado e por conseguinte, a composição do grão de café verde é responsável pelas características físicas e organolépticas, aumentando seu valor comercial.

É sabido que o *Coffea arabica*, de melhor qualidade, contém concentrações maiores de carboidratos, lipídeos e trigonelina, enquanto que, o *Coffea canephora*, variante *robusta* de bebida neutra, exibe no geral, maiores teores de compostos fenólicos e cafeína (CARVALHO et al., 1997; PEREIRA, 1997).

Ainda com relação às espécies e variedades, como mostrado na TABELA 2, o café robusta, apresenta 2 % de cafeína, o dobro do apresentado pelo café arábica. Este fato assume importância quando se pretende fabricar café descafeinado ou com baixo teor deste alcalóide. Os teores de ácido clorogênico são maiores no café robusta que no café arábica (CARVALHO et al., 1997).

NEURATH et al. (1977) encontraram em amostras de extrato de café e em café liofilizado, aminas primária e secundária, tais como metilamina, etilamina, metiletilamina, pirrolidina, piperidina, etc.

Os componentes físico-químicos variam com o desenvolvimento e maturação dos graos, diminuindo ou aumentando até níveis ideais que caracterizam os grãos maduros e

o tipo de café a ser obtido (CARVALHO et al., 1997; COSTA & CHAGAS, 1997; PEREIRA, 1997).

TABELA 2 Composição química aproximada em base seca do café verde

Classes e componentes	Solubilidade em água	% no café verde
<b>Carboidratos</b>		
Açúcares redutores	Solúvel	1,0
Sacarose	Solúvel	7,0
Pectinas	Solúvel	2,0
Amido	Facilmente solubilizado	10,0
Pentosanas	Facilmente solubilizados	5,0
Hemicelulose	Hidrolisável	15,0
Holocelulose	Fibra não-hidrolisável	18,0
Ligninas	Fibra não-hidrolisável	2,0
Óleos	Insolúveis	13,0
Proteínas	Depende do grau de desnaturação	13,0
Cinzas como óxido	Depende da % hidrolisada	4,0
<b>Ácidos voláteis e não voláteis</b>		
Clorogênico	Solúvel	7,0
Oxálico	Solúvel	0,2
Málico	Solúvel	0,3
Cítrico	Solúvel	0,3
Tartárico	Solúvel	0,4
Trigonelina	Solúvel	1,0
Cafeína	Solúvel	
arábica		1,0
robusta		2,0

Fonte: CARVALHO et al. (1997).

Estudos demonstram que há diferenças significativas entre teores de proteína bruta nos grãos de frutos em diferentes estádios de maturação. Os frutos verdes apresentam maiores teores, entretanto, não tem sido encontrada diferença entre o produto seco/passa e cereja, e nem entre este último estágio e o verde-cana. Valores maiores para os frutos verdes, se devem à presença de alguns aminoácidos em maiores concentrações, como serina, alanina, valina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, ácido aminobutírico, lisina, etanolamina e arginina (PIMENTA, 1995; PEREIRA, 1997). Proteínas encontram-se livres no citoplasma ou ligadas a polissacarídeos da parede celular, que são desnaturadas completamente durante a torração. A quantidade pode variar de 9 a 16%, dependendo da

idade e variedade da planta, assim como do estágio de maturação dos frutos. A associação entre a qualidade do café e composição química, segundo PEREIRA (1997), tem sido pesquisada quanto ao teor proteico. Estudos observaram a tendência em aumentar os teores de proteína total com a adição crescente de defeito "verde" ao café classificado como estritamente mole.

A fibra bruta, celulose, lignina e hemicelulose, componentes da parede celular, são responsáveis pela sustentação do vegetal; sendo que a lignina, muitas vezes está associada ao mecanismo de defesa da planta, como na suberização de injúrias físicas em alguns frutos. Encontram-se citações de valores médios de 15% para hemicelulose; 18 % para holocelulose e 2 % para lignina (TABELA 2) (CARVALHO et al. 1997; PEREIRA, 1997). PIMENTA (1995) observou que grãos colhidos verdes exibiam maior teor de fibra bruta (13,79 %) não havendo diferença significativa entre os estádios verde cana, cereja e seco/passa, que variaram entre 11,81 e 12,35 %.

As condições climáticas das diversas regiões produtoras podem influenciar diretamente na composição de açúcar do grão de café. O teor de acidez titulável em grãos de café poderá variar em conformidade com os níveis de fermentações que ocorrem nos grãos e também com os diferentes estádios de maturação dos mesmos (PIMENTA, 1995; COSTA & CHAGAS, 1997). A acidez desejável é produzida pelos ácidos málico e cítrico, mas os grãos de café podem apresentar diferentes tipos de fermentações, que alteram a acidez, sabor, aroma e cor dos frutos. CORTEZ (1997) relata ainda que as fases acética e láctica são de ocorrência natural, no qual o grão passa da fase de cereja para a fase passa, tanto na árvore ou locais de secagem, momento que ocorre a degomagem na produção do café despulpado. Segundo PIMENTA (1995) e CORTEZ (1997), em locais de clima quente e úmido, no período de maturação e colheita, a alta umidade do ar favorece o crescimento dos microrganismos que prosseguem sua atividade passando para as fases seguintes (propriônica e butírica), o que levará à formação de gostos estranhos ao café como o gosto de bebida "rio". Valores de acidez titulável em cafés com diferentes qualidades de bebida, mostram a importância da utilização desta acidez que, aliada à análise sensorial (prova de xícara) classifica o café com maior eficiência (PIMENTA, 1995), estabelecendo seu valor no mercado.

As características de sabor e aroma do café são influenciadas pela presença e teores de vários constituintes químicos voláteis. Os ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos, etc., e a atuação das enzimas sobre alguns destes constituintes produz compostos que interferem no sabor do

café, Compostos voláteis como aldeídos, cetonas e ésteres metílicos são responsáveis pelo odor característico do café. Centenas destes compostos voláteis aromáticos têm valores sensoriais baixos em frutos verdes, que vão aumentando com a maturação, sendo responsáveis pelo sabor final do produto (PIMENTA, 1995; COSTA & CHAGAS, 1997).

PEREIRA (1997) afirma que complexos mecanismos bioquímicos estão envolvidos no processo de formação de cor, sabor, e aroma do café durante a torra, como as reações de Maillard e de Strecker, caramelização de açúcares, degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos.

Estudos realizados por PETRACÇO (1999) mostraram que a variedade botânica influi na qualidade organoléptica do café expresso. As variedades catimor e icatu foram diferentes entre si, sendo a icatu mais indicada para o preparo de café expresso, chegando a ser duas vezes superior organolépticamente.

A qualidade do café como bebida depende de vários fatores como a composição química dos grãos, influenciada por fatores genéticos, ambientais e culturais; os métodos de colheita, processamento e armazenamento; a torra e preparo da bebida. Os dois últimos fatores citados modificam a constituição química dos grãos, alterações estas dependentes da composição original dos mesmos (PEREIRA, 1997).

Os compostos fenólicos, tais como os ácidos clorogênicos e caféicos, têm ação protetora, antioxidante sobre os aldeídos protegendo-os da ação enzimática das polifenoloxidasas. Quando há qualquer condição adversa aos grãos, qual seja, colheita inadequada ou problemas no processamento, as polifenoloxidasas agem sobre os polifenóis. Havendo uma diminuição da ação antioxidante sobre os aldeídos, facilita-se a oxidação destes, ao mesmo tempo produzindo quinonas, que inibem a ação da polifenoloxidase. Isto causa uma qualidade inferior ao café, afetando seu sabor e fornecendo-lhe uma baixa atividade da polifenoloxidase (OLIVEIRA et al., 1977; CARVALHO et al., 1997; COSTA & CHAGAS, 1997; MAZZAFERA, 1999). SILVA (1999) e SILVA et al. (1999) encontraram maior eficiência do sulfato de potássio em relação ao cloreto de potássio no aumento da atividade da polifenoloxidase em experimentos de campo com diferentes condições edafológicas (Patrocínio e São Sebastião do Paraíso).

Transformações bioquímicas de natureza enzimática que ocorrem no grão verde, antes e após a colheita, a secagem do fruto na planta e a colheita realizada pelo sistema de derriça, têm sido responsáveis por sérios prejuízos à qualidade do produto (PIMENTA, 1995). Ainda, fermentações enzimáticas e microbianas, armazenamento do café beneficiado, misturas de café e a torra são fatores que afetam a qualidade de bebida do

café. As misturas são utilizadas a fim de manter uma uniformidade de sabor, o qual é variável de acordo com a espécie e/ou cultivar, condição de cultivo, etc., mantendo equilíbrio degustativo e fornecendo uma qualidade para mercados diferenciados, proporcionando bebida apreciável para o consumidor (CARVALHO et al., 1997).

Durante a torra ocorrem mudanças nos carboidratos, ácidos, voláteis, óleos, minerais, gás carbônico e proteínas que liberam carbonila e aminas. As aminas são responsáveis pelo odor de peixe e de amoníaco de muitos cafés torrados. Há ainda a liberação de sulfeto de hidrogênio em grande quantidade, mas que não permanece no grão torrado, ao passo que o sulfeto de metila é um importante componente do aroma de um café de boa qualidade, principalmente aqueles cultivados em altitudes elevadas. Numa seqüência de alterações bioquímicas durante a hidrólise das proteínas, são liberados o sulfato de metila e a metilmercapetina ocorrendo a produção de aminoácidos que reagem com carboidratos, polimerizando e dando origem aos produtos caramelizados escuros. Ainda sobre as proteínas, deve-se ressaltar que partícula insolúvel de proteínas liga-se às substâncias graxas, que formam no café coado partículas coloidais responsáveis pela turbidez do café (CARVALHO et al., 1997).

#### 2.1.4 Tratos culturais e beneficiamento

A forma de cultivo, colheita e beneficiamento influem na qualidade do café. As deficiências em nutrientes e uso inadequado de controle de pragas do café podem conduzir à produção de café com baixos padrões de qualidade. Um dos fatores que também afetam a qualidade da bebida é a secagem dos frutos na planta, estudos mostraram que a mistura de quantidade acima de 10 % de grãos secos em grãos cerejas dão origem à bebida dura (SOUZA & CARVALHO, 1997; STARLING, 1998).

CARVALHO et al. (1997) afirmam que a influência do local de cultivo na qualidade de bebida do grão de café verde tem sido intensamente documentada, mas pouco estudado o mecanismo destes efeitos. Afirmam ainda que em regiões caracterizadas como produtoras de grãos de café verde de qualidade inferior, esta pode ser melhorada quando seus frutos são despulpados e submetidos à secagem imediata,

Adução ineficiente, outro fator influente, conduz à formação de frutos miúdos, com baixa densidade, chochos ou mal-granados que inferiorizam a qualidade do café além de diminuir o rendimento no beneficiamento (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997).



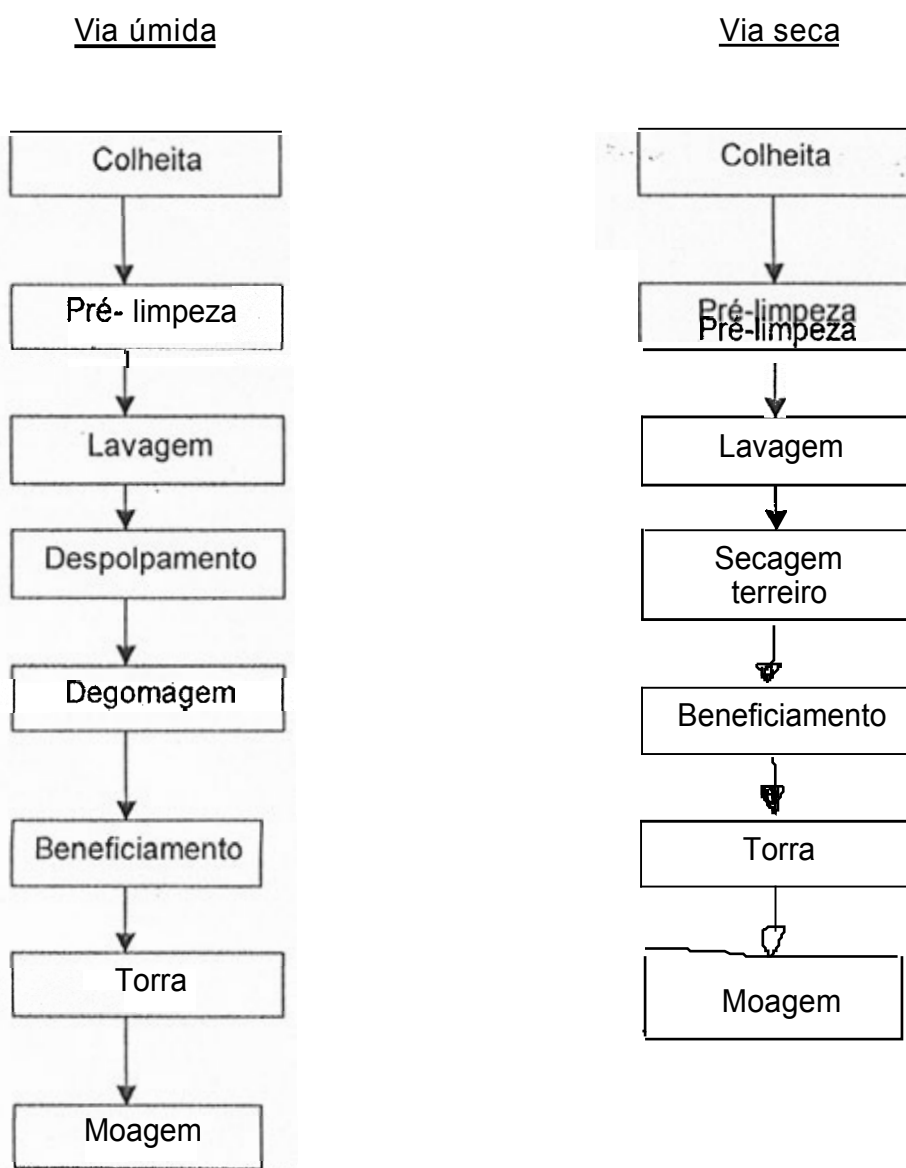
O cafeeiro tem necessidade de **potássio** equivalente à de nitrogênio, sendo este no entanto, mais exigido para o crescimento foliar, ao passo que **potássio** encontra-se em maior quantidade nos frutos, mais **particularmente** na polpa do café, sem; no entanto, participar das moléculas orgânicas. O **potássio** é um ativador de mais 50 **enzimas** e é considerado o nutriente que melhora as qualidades dos produtos agrícolas e diminui o conteúdo de aminoácidos livres. O uso excessivo do **cloreto** no cultivo do cafeeiro pode provocar **toxidez**, pois geralmente acumula **nos tecidos** em longo prazo e há poucas evidências da **movimento** destes nutrientes **dos tecidos** velhos **para as** novos. Quanto **ao enxofre** ele é **absorvido** na forma **aniônica** ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e sua presença favorece o **crescimento** e a **deficiência** eventual pode ser **induzida** pela acidez excessiva do solo e falta de **água** (SILVA, 1999). No Brasil 90% do fertilizante utilizado é o **cloreto** de potássio, por ser mais barato, e destes 95% são importados. Nas **porções** vegetativas, as quantidades de K mostram a importância deste nutriente na nutrição da cultura de café. Estudos realizados mostram que as doses de **potássio máximas** para **produção** média em quatro safras foram 213,9 kg, 226,5 kg e 223,0 kg/ha, nas formas de KCl,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{KNO}_3$  respectivamente com uma **produção** de 46.4 sacas/ha. Os grãos de café beneficiados, adubados com KCl, tiveram uma menor resposta com **relação** à qualidade, quando comparados com a **adubação** com  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{KNO}_3$ . **E** a qualidade dos **grãos** de café beneficiados foi melhor nas dosagens de 200 kg/ ha de KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e 100 kg/ha de  $\text{KNO}_3$  (SILVA, 1999).

A produção, segundo SILVA (1999), é na maioria das vezes reflexo da fertilidade natural do solo ou da dosagem de fertilizante aplicada em uma lavoura, mas se têm observado, não haver **relações** significativas entre os resultados de análises de rotina da camada superficial do solo e a **produção** do cafeeiro, o que se poderia atribuir parcialmente ao **aprofundamento** de raízes, às épocas e métodos de **amostragem** e até ao preparo das amostras, extratores químicos pouco apropriados, para proceder **então** às determinações dos nutrientes propriamente ditas. Estudos realizados em Uganda verificaram que raramente foram encontradas correlações entre análises de solo e a **produção** de café. Segundo este autor as análises que tiveram correlação significativa em mais de uma época foi a de K no solo, que se correlacionaram negativamente em dois locais, mas em outro, que continha mais K no solo, a **correlação** foi positiva.

Estudando o efeito de fontes e doses de **potássio** na composição físico-química e química dos grãos de café beneficiados SILVA et al. (1999) observaram que esta fonte proporcionou uma melhor qualidade do café. Foi constatado ainda que quando se utilizou

cloreto de potássio, houve uma redução nos teores de açúcares, ao passo que, em se utilizando o sulfato de potássio ocorreu o inverso.

O café comercial é, segundo **GIRANDA (1998)**, o resultado de uma série de operações a que são submetidos os frutos recém-colhidos. Estas operações são imprescindíveis, pois visam preparar o produto para o beneficiamento e armazenagem (**FIGURA 1**). A colheita do café inicia-se no ponto certo quando a maior parte dos frutos (90%) estiver madura (cereja) e houver uma quantidade mínima de frutos verdes, e antes da queda dos mesmos. Isto acontece, em média, sete meses após a floração, que ocorre com as primeiras chuvas - setembro a novembro (**SILVA, 1999**).



**FIGURA 1** Fases do ciclo de produção do café,

A colheita de grãos verde junto com grãos cereja causa prejuízos tanto no tipo quanto na qualidade da bebida, interferindo também no valor do produto (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997).

Duas técnicas principais são utilizadas para a colheita do café: a **derrça** e a colheita por escolha. Na **derrça**, os grãos são retirados dos galhos sobre um pano ou plástico colocados debaixo do cafeeiro. Na colheita por escolha, os grãos são coletados, quando completam sua **maturação** (café cereja) como na Colômbia, onde as **condições** são mais favoráveis e a colheita se estende por mais de seis meses durante o ano. Praticamente 100% do café produzido na Colômbia é do tipo **despolpado** e lavado (PETRACCO, 1999b; SILVA, 1999).

A **desuniformidade** dos frutos (estádio de **maturação**) e dificuldade de mão-de-obra durante o período de colheita leva os cafeicultores a antecipar o início da colheita com elevado percentual de frutos verdes. Os frutos verdes resistem ao ataque de microrganismos tanto na planta quanto nas fases de colheita e **armazenamento**. Entretanto, conferem característica de **adstringência** devido ao elevado teor de compostos **fenólicos**, prejudicando o café quanto à qualidade de bebida. Também, a colheita tardia proporciona maior quantidade de grãos passas e secos, com alguns constituindo a parcela **varrição** (grãos caídos no **chão**), que inferioriza a qualidade do produto pelo aumento do número de defeitos e tipo de bebida (SOUZA & CARVALHO, 1997).

Por apresentar mais de uma **floração**, o cafeeiro apresenta frutos em diferentes fases de **maturação** sendo, assim, importante efetuar a colheita no momento em que a maioria destes frutos se encontra no ponto ideal de **maturação**, que é o estágio cereja. Nesta fase, a **maturação fisiológica** está completa o que facilita a prática do **despolpamento** e da eliminação de casca e **mucilagem**, reduzindo as chances da ocorrência de **fermentações** e acarretando produtos de melhor qualidade e, conseqüentemente, maior rentabilidade (PIMENTA, 1995).

Com **relação** ao preparo do **café**, no Brasil é feito principalmente pelo processo denominado via seca, no qual os grãos de café são levados para secar em terreiros e/ou **seca-dores mecânicos**. Na via úmida, somente se utilizam os frutos no **estádio cereja**, obtidos por colheita a dedo ou separados em lavadores quando o **café** é do tipo **derrçado**. Neste processo, **os grãos são despolpados e/ou** separados das impurezas do **chão** (GIRANDA, 1998).

No preparo do café por via seca obtém-se o café coco ou de terreiro. Esta é a forma pela qual é beneficiado a maioria do café brasileiro. Os grãos de café, depois de

colhidos, tanto por **derriça no chão**, no pano ou mecanizado, devem ser separados das impurezas, que poderá ser feito por peneiramento manual, ventilação forçada ou ainda por **separadores de ar e peneira (máquinas de 'pié-limpeza)**. Após a retirada das impurezas (paus, terra, pedras, folhas, etc.), são passados pelo separador **hidráulico**, para proceder a sua lavagem e **separação** de acordo com o **estádio de maturação**. Neste momento, ocorre a separação de **grãos** denominados **bóia** (secos, brocados, mal-formados ou **mal-granados** e verdes) dos perfeitos ou **cerejas**, que devem ser secos e armazenados separadamente (SILVA, 1999). Há, ainda nesta fase, a remoção de um grande número de microrganismos. Pode-se adicionar produtos **sanitizantes** para auxiliar na **desinfecção dos frutos de café** (SOUZA & CÂRVALHO, 1997).

No beneficiamento por via úmida, **têm-se** os graos descascados, lavados e despolidos. Na América Central, **México, Colômbia e Quênia**, os produtores de **cafés** despolidos têm alcançado boas **cotações** no mercado, por serem os graos, de maneira geral, de bebida suave. E quando bem preparados, apresentam na avaliação qualitativa, tipos bebida suave, mole ou estritamente mole, seja qual for a **região** de produção (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997).

Por consistir na retirada de casca do fruto maduro ou cereja, o **despoldamento** retira também a **mucilagem**, **substrato** adequado para o desenvolvimento de microrganismos, que provocam a **ocorrência** de **fermentações** prejudiciais à qualidade final do grão de **café** (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997; SILVA, 1999). Portanto, mesmo em regiões produtoras de **café** bebida rio (via seca) ou regiões produtora de bebida fina em anos de chuvas excessivas, será possível obter **cafés** com tipo e qualidade de bebida superiores, através da **aplicação** da **técnica** de **despoldamento** (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997).

**Os despoldadores** possuem dispositivos para separar **os** frutos maduros por densidade dos verdes, visto que estes fazem parte do café colhido sendo, portanto, separados durante a lavagem, antes da **operação** de **despoldagem**. O grão despolido tem a vantagem de diminuir a área de terreiro e o tempo de secagem (BÁRTHOLO et al., 1989; BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997; SILVA, 1999).

A secagem do café preparado por via úmida, ou por via seca, pode ser realizada em terreiro ou secadores mecânicos, ou **então** em sistema misto, no qual **os grãos** são submetidos à **pré-secagem** em **condições** de terreiro, completando-se o processo nos secadores. Deve-se evitar temperaturas elevadas por muito tempo e fazer o descanso

necessário do grão, com a finalidade de promover uniformização e conferir as características dos bons cafés despulpados (VILELA, 1997).

Os secadores utilizados no Brasil são equipamentos modificados a partir do secador contínuo de fluxo cruzado utilizado para cereais, com câmaras de descanso para homogeneização da umidade (VILELA, 1997; GIRANDA, 1998). Na secagem realizada em terreiro (cimento, tijolo, chão batido ou asfalto), o café é espalhado inicialmente em camadas finas, sendo revolvido várias vezes ao dia. A constante movimentação acelera e uniformiza a secagem, até que o café atinja a umidade de 11 a 13%, estadios que dependem da experiência do terreiro e de sua capacidade de observação. É um processo artesanal, que requer mão-de-obra treinada para acompanhar as mudanças da matéria-prima, durante a colheita, as condições climáticas e o melhor manejo do café no terreiro (VILELA, 1997). A elevada umidade dos grãos de café favorece o crescimento de microrganismos, provocando fermentações indesejáveis, que modificam o aspecto, sabor, odor do café: sendo, portanto recomendada a secagem do café no mesmo dia da colheita.

CORTEZ (1997) afirma que a origem e a composição química do gosto rio, mostram conformidade entre as fermentações e a qualidade da bebida. Segundo este autor, as fermentações se dividem em quatro fases: acética, láctica, propiônica e butírica, em qualquer condição climática ou local de cultivo. Estas fases podem ser realizadas por bactéria, fungo ou levedura. A maior predominância de uma ou outra classe ocorre em função da composição química da mucilagem, cuidados com a colheita, tipo de processamento, secagem e armazenamento dos grãos.

A alta umidade do grão também causa mudança de ordem fisiológica no café armazenado. Umidades superiores a 13% favorecem fermentações lentas, com desprendimento de gás carbônico, fazendo com que haja uma dilatação da semente de café, tornando-a inchada, menos densa, e provocando sua morte (OLIVEIRA et al., 1995). A secagem bem conduzida aumenta o período de armazenagem dos grãos. A lixiviação de potássio e a condutividade elétrica são influenciadas pelo tipo de secagem, defeitos e matéria-prima, sendo o índice de coloração também afetado pelo tipo de secagem (PRÊTE, 1992; GIRANDA, 1998).

A torra se caracteriza pela perda de massa que varia de 14 a 20 %. Uma torra média se caracteriza pela cor de canela com uma perda de massa em torno de 14%: uma torra completa com desenvolvimento de um castanho mais intenso seria em torno de 15,5 % de perda de massa; uma torra forte com uma cor castanho escuro teria uma perda de 17 % de perda de massa e utilizada nos Estados Unidos. Entretanto, torras especiais, tais

como a francesa, são mais escuras e apresentam manchas de óleo na superfície do grão, tem perda de em torno de 18 % de massa; e por último tem-se ainda a torra italiana que chega perder 20 % de massa (SIVETZ, 1979).

A quantidade de solúveis extraídos pela Água a 100° C varia entre os tipos de cafés. Assim uma torra com perda de 15% em média podem produzir 23 % de solúveis, entretanto, alguns cafés com perda de massa em media de 18% podem produzir somente 21 % de solúveis. Com relação aos solúveis eles são de grande interesse no processamento de café solúvel, sendo muito reduzidos em torra mais escura (SIVETZ, 1979).

A torra do café ocorre com a movimentação de ar quente a 300° C entre os grãos, para que haja transferência de calor do ar para o grão. No início do processo ocorrem perdas de água livre e de alguns voláteis entre os açúcares, a sacarose é a que mais sofre degradação no processo de torra, sendo portanto, transformada em produtos caramelizados, responsáveis pela cor do café torrado. À princípio são desidratados seguidos de uma hidrólise a qual formam açúcares redutores, que, devido à elevação da temperatura na pirólise, os açúcares redutores são desidratados, polimerizados e parcialmente degradados a compostos voláteis, água e gás carbônico (SIVETZ; 1963).

Durante a torra diversos ácidos orgânicos são produzidos, dentre eles os ácidos cítrico, málico, láctico, quínico, pirúvico, acético, oxálico, tartárico, propiônico, butirico, valérico. Estes resultam da decomposição de polissacarídeos, responsáveis pela acidez da bebida do café, importante qualidade sensorial. As proteínas desnaturam-se a temperaturas inferiores à da pirólise, durante a torra, ocorrendo hidrólise das ligações peptídicas com liberação de carbonilas e aminas (SIVETZ, 1979; LOPES, 2000).

Segundo LOPES (2000), cultivares que apresentam maiores teores de açúcares nos grãos de café sofrem elevadas reduções com a torra, sendo que estas modificações dependem do tipo.

O perfil do flavor do café arábica de torra média é principalmente causado pelos compostos 2-furforiltiol, 4-vinilguaiacol, vários alquil pirazinas, furanonas, acetaldeídos, propanal e aldeídos de Strecker com cheiro de malte (CARVALHO et al., 1997; CZERNY et al., 1999; DE MARIA et al., 1999).

A moagem acarreta ao café sabores diferenciados. Moagens mais finas desprendem solúveis mais rapidamente, originando bebidas mais fortes que pós mais grossos, entretanto, cafés com moagem mais fina envelhecem mais rapidamente, sendo

fenômeno proporcionado por oxidações de compostos responsáveis pelo aroma do café (CARVALHO et al., 1997).

## 2.2 AMINAS BIOATIVAS

### 2.2.1 Definição, classificação e estrutura

Aminas bioativas são bases orgânicas de baixo peso molecular, nos quais um, dois ou três átomos de hidrogênio da amônia são substituídos por grupos alquila ou arila (SMITH, 1980-1981; HORNERO-MÉNDEZ & GARRIDO-FERNÁNDEZ, 1994).

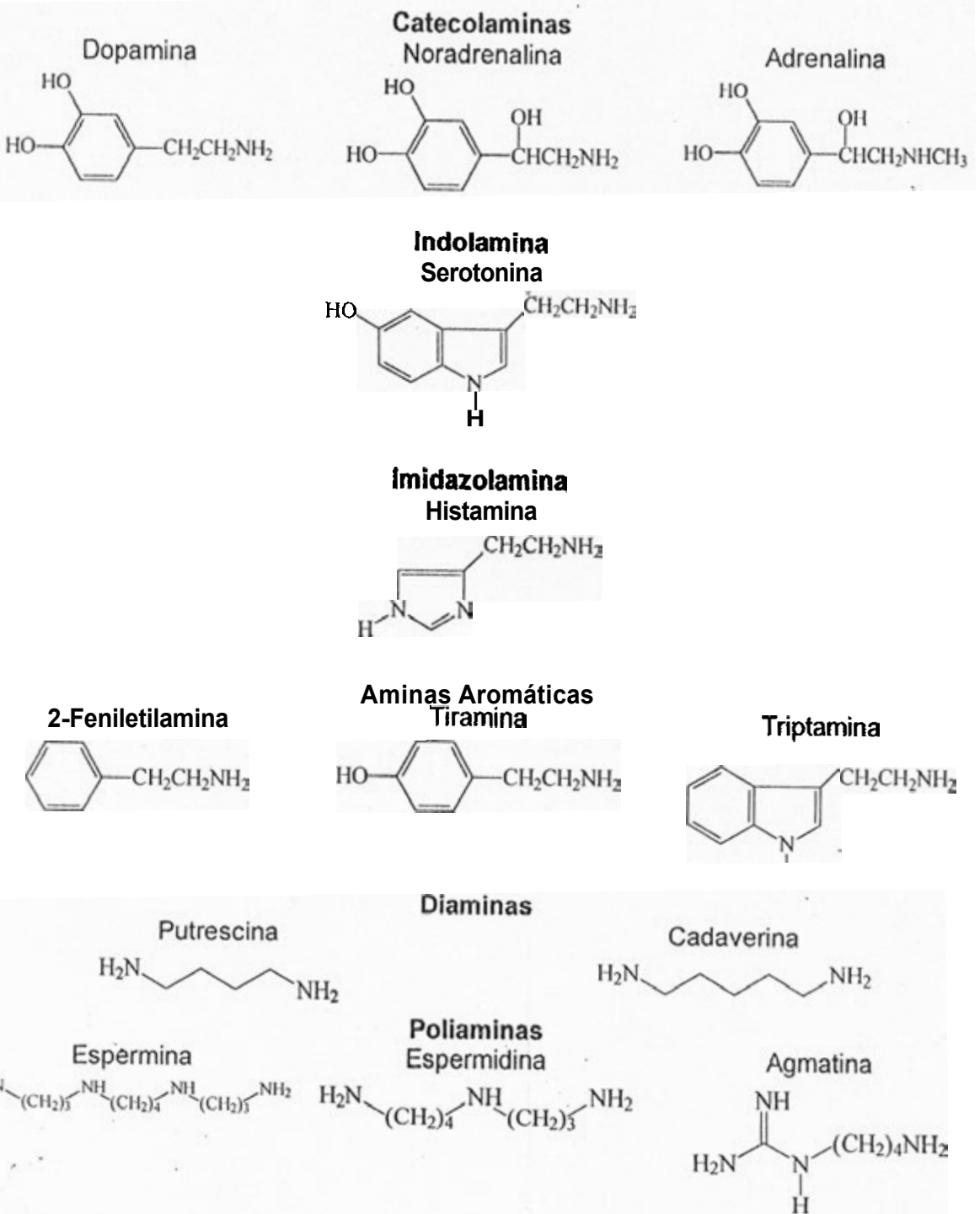
Aminas bioativas (FIGURA 2) são, na sua maioria denominadas em função dos aminoácidos precursores, por exemplo, a histamina origina-se da histidina, a tiramina da tirosina e a triptamina do triptofano. Os nomes cadaverina e putrescina, entretanto, se originam do fato de terem sido encontradas pela primeira vez em produtos em decomposição ou putrefação. Espermina e espermidina se referem ao fluido seminal, de onde foram isoladas pela primeira vez (LIMA & GLORIA, 1999).

As aminas bioativas podem ser classificadas em função do número de grupamentos amina (monoaminas, diaminas, poliaminas), da estrutura (catecolaminas, indolaminas, imidazolaminas, aminas aromáticas) ou em função da via biosintética (biogênicas e naturais). Esta última é a classificação mais usada, sendo as aminas biogênicas aquelas formadas pela descarboxilação de aminoácidos por enzimas microbianas. Fazem parte deste grupo histamina, tiramina, feniletilamina, triptamina, putrescina, cadaverina e agmatina. As aminas naturais são aquelas sintetizadas *in situ* ou à medida que são requeridas. São elas, espermina, espermidina, putrescina, agmatina, histamina, serotonina (LIMA & GLORIA, 1999).

### 2.2.2 Ocorrência de aminas bioativas em vegetais

Segundo FLORES et al. (1989), putrescina e espermidina são encontradas em todas as células procariotas e eucariotas. A espermina, por sua vez, existe somente em células eucariotas, com poucas exceções. Não se conhece planta na natureza sem estas

substâncias, embora as concentrações variem com o tipo de célula e seu estado fisiológico.



**FIGURA 2. Classificação e estrutura química de algumas aminas bioativas presentes em alimentos. FONTE: SMITH (1980-1981); FLORES et al. (1989).**



Teores elevados de putrescina e de agmatina têm sido detectados em plantas que sofreram condições variadas de estresse. tais como, deficiência de minerais, especialmente potássio e magnésio no meio nutriente; alta concentração de amônia; alta salinidade; choque osmótico; dessecação e alta temperatura (SMITH, 1985; FLORES et al., 1989).

O acúmulo de putrescina pode ocorrer por mecanismo pelo qual as plantas superiores se adaptam às condições de estresse e As mudanças drásticas no meio ambiente sendo as poliaminas intermediárias deste processo (SMITH, 1985; FLORES et al., 1989). SMITH (1985) sugeriu que a putrescina pode ser formada em meio deficiente de potássio, em resposta à redução do pH. Com base nesta hipótese, a formação da putrescina constitui um mecanismo homeostático para manter o pH citoplasmático em um valor constante (FLORES et al., 1989).

UDENFRIEND et al. (1959) investigaram teores de serotonina, triptamina, dopamina e norepinefrina em diferentes plantas comestíveis. Recentemente STARLING (1998) investigou a presença e teores de 10 aminas em diferentes hortaliças (TABELA 3), observa-se que as aminas são amplamente distribuídas no reino vegetal. A variabilidade encontrada pode ser devida a muitos fatores entre eles, espécie vegetal, grau de amadurecimento, condições de armazenamento, condições de crescimento, dentre outros (UDENFRIEND et al., 1959; HALÁSZ et al., 1994; STARLING, 1998).

### 2.2.3 Função das aminas bioativas nos vegetais

Estudos com microrganismos, animais e plantas têm demonstrado a importância das aminas bioativas no metabolismo e crescimento (SMITH, 1984; FLORES et al., 1989). As aminas atuam como reserva de nitrogênio, substâncias naturais de crescimento dos microrganismos e vegetais, e desenvolvem papel de neurotransmissores e de precursores de hormônios nas formas de vida mais evoluídas (NAGATSU, 1991; BAUZA et al., 1995). Aminas são importantes na regulação do ácido nucleico, síntese proteica e estabilização de membranas (SMITH, 1980-1981; FLORES et al., 1989; HALÁSZ et al., 1994; BARDÓCZ, 1995). MORUZZI & CALDARERA (1964) descreveram sobre o efeito da espermina e espermidina na incorporação de aminoácidos *in vitro* e suas consequências na síntese proteica.

TABELA 3. Teores de aminas bioativas presentes em brócolis, couve-flor, berinjela, jiló, tomate, broto-de-feijão, cebolinha, espinafre, salsa, alcaparra, mandioca e palmito

Produtos	Aminas bioativas <sup>1</sup> (mg/100 g)									
	EPD	EPN	AGM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	TOTAL	
Brócolis										
min-max	1,98-2,93	0,34-1,55	0,09-1,24	0,14-0,63	nd	nd	nd	nd-tr	3,00-5,80	
Couve-flor										
min-max	0,47-1,56	nd-0,74	tr-1,89	0,13-0,48	nd	nd	nd	tr	0,68-4,30	
Berinjela										
min-max	0,66-1,15	0,12-0,90	tr	1,22-4,04	nd	3,69-12,49	0,12-0,47	nd	630-14,50	
Jiló										
min-max	0,37-0,87	nd-0,12	nd-0,25	0,27-2,70	nd	0,18-1,20	0,14-0,25	nd	1,04-3,50	
Tomate										
min-max	0,16-0,70	nd-tr	nd-tr	0	nd	0,18-1,20	0,14-0,25	nd	1,04-3,50	
Broto-de-feijão										
min-max	1,37-2,83	0,12-0,43	nd	1,84-5,90	0,58-12,00	0,49-8,75	nd	nd	4,9-29,9	
Cebolinha										
min-max	0,26-1,23	nd-0,09	Nd-0,48	nd-0,14	nd	nd	0,23-0,63	nd	0,55-2,10	
Espinafre										
min-max	0,75-1,61	0,060,19	0,35-1,22	0,11-0,80	nd	0,06-0,11	0,33-0,77	nd	1,70-4,20	
Salsa										
min-max	0,79-3,77	nd-0,71	nd-tr	0,30-0,87	nd	nd-tr	nd-0,35	Nd-tr	1,28-5,10	
Alcaparra <sup>2</sup>										
min-max	0,19-0,57	nd-tr	tr-0,20	0,13-0,24	nd	nd-tr	nd	nd	0,40-0,90	
Mandioca <sup>3</sup>										
min-max	0,16-0,27	nd-tr	nd-tr	0,08-0,61	nd	nd	nd	nd	0,30-0,70	
Palmito <sup>2</sup>										
min-max	0,52-0,94	0,17-0,55	nd-tr	0,07-0,18	nd	nd	Nd-0,76	nd	0,70-1,80	

<sup>1</sup>Valores mínimo – máximo; valores médios e coeficientes de variação(CV) foram calculados utilizando zero para os teores não detectados (nd) e traços (tr); (limites de quantificação em mg/100 g: PUT,CAD,HIM,EPD,FEM,e EPM < 0,08; TIM e TRM < 0,14; AGM e SRT < 0,16). Valores com uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste DMS, p ≤ 0,05). FONTE: STARLING (1998).

Espermidina e espermina são compostos associados com a divisão celular e as diaminas putrescina e cadaverina, com a alongação celular mais do que com a atividade meristemática. Os hormônios podem estimular a divisão celular e/ou alongação e, desta forma, tem sido postulado que as poliaminas são mensageiros secundários, intermediando os efeitos de hormônio da planta (FLORES et al., 1989).

A putrescina, espermidina e espermina são responsáveis por muitas funções do ácido nucleico incluindo transcrição e translocação. SMITH (1985) concluiu que a ocorrência universal destas substâncias em plantas sugere que elas desempenham uma importante função. Este fato é substanciado por seu comportamento em relação ao desenvolvimento, senescência, luz e estresse.

Segundo SMITH (1985), o conteúdo das poliaminas aumenta significativamente na fase anterior ao crescimento e, uma vez que poliaminas estimulam e modulam o crescimento em plantas superiores, parece provável que estes compostos sejam importantes na regulação do crescimento e diferenciação celular (ANGUILESE et al., 1974; SMITH, 1985; RASTOGI & DAVIES, 1989; MATSUZAKI et al., 1990; ADAMS, 1991; OHTA et al., 1993).

As poliaminas são exigidas para a embriogênese celular e para a síntese de metabólitos secundários variados de interesse biológico como, por exemplo, nicotina e alcalóides (FLORES et al., 1989). De acordo com SMITH (1985), ficou claro, em alguns experimentos, que as poliaminas inibem a formação de etileno e retardam a senescência.

As feniletilaminas nos vegetais atuam como substâncias protetoras, repelentes de insetos predadores e animais forrageiros e, por esta razão, podem ter significância na agricultura. A dopamina em beterraba parece agir como um fator de resistência deste vegetal ao desenvolvimento do fungo *Cercospora beticola* (SMITH, 1977a).

De acordo com SMITH (1977a,b), aminas são encontradas em muitas famílias do reino vegetal, podendo sua distribuição, ser útil em estudos quimiotaxonômicos. De fato, WHEATON & STEWART (1970) observaram que Amarilidaceae, Cyperaceae e Liliaceae apresentaram diferenças marcantes nos padrões de acúmulo de aminas fenólicas e sugeriram intensificação de pesquisas quimiotaxonômicas. Segundo SMITH (1977b), as indolaminas são características de Graminae e Leguminosae.

## 2.2.4 Formação de aminas bioativas

Segundo SMITH (1985), existem vários caminhos para a produção de poliaminas, sendo que investigações sobre o acúmulo de putrescina em plantas nutridas com deficiência de potássio colaboraram na sua elucidação. Os precursores para a síntese de poliaminas em células vegetais são os aminoácidos ornitina e arginina, sendo a putrescina um intermediário obrigatório. Em animais e fungos, esta diamina é formada somente por descarboxilação da ornitina, por meio da ornitina descarboxilase. Em contraste, células bacterianas têm uma enzima alternativa que descarboxila arginina para formar agmatina. Bactérias compartilham com plantas da coexistência da descarboxilação tanto da arginina quanto da ornitina (FLORES et al., 1989).

SMITH (1984) descreveu o caminho biossintético para formação das poliaminas (FIGURA 3) em plantas superiores no qual a agmatina é formada a partir da arginina, via arginina descarboxilase. Esta enzima, apesar de ser virtualmente ausente nos animais, é amplamente distribuída nas plantas superiores.

A putrescina é formada a partir da arginina, sendo a agmatina e a N-carbamoilputrescina compostos intermediários. Este é considerado um dos principais caminhos na biossíntese de putrescina em folhas, frutos e vegetais (ADAMS, 1991; HALÁSZ et al., 1994).

Estudos feitos por SMITH (1984) indicaram que a biossíntese da putrescina em cevada ocorre via ornitina. A ornitina descarboxilase tem sido também detectada em muitas espécies vegetais, estando presente em quantidades significativas em plantas em fase de crescimento (TABOR & TABOR, 1984; FLORES et al., 1989).

Um caminho adicional para a síntese de putrescina, tem sido sugerido via citrulina pela ação de citrulina descarboxilase com formação da N-carbamoilputrescina como intermediário (FLORES et al., 1989). Foram encontradas evidências de que, em células de cana de açúcar, a N-carbamoilputrescina é formada mais rapidamente a partir da citrulina do que da arginina (MARETZKI et al., 1969).

A síntese de espermina e espermidina ocorre via putrescina. Em muitas espécies vegetais estudadas, a seqüência parece ser a mesma para animais e bactérias: a molécula de aminopropil adicionada a putrescina, para formar espermidina e espermina, é derivada da metionina via S-adenosilmetionina - SAM (FLORES et al., 1989).

As aminas bioativas podem ser formadas pela decomposição de fosfolípidos, decomposição térmica de aminoácidos, por aminação de aldeídos ou por descarboxilação

de aminoácidos sendo esta última, a principal via de formação, conforme indicado na FIGURA 4 (MAGA, 1978; SMITH, 1980-1981).

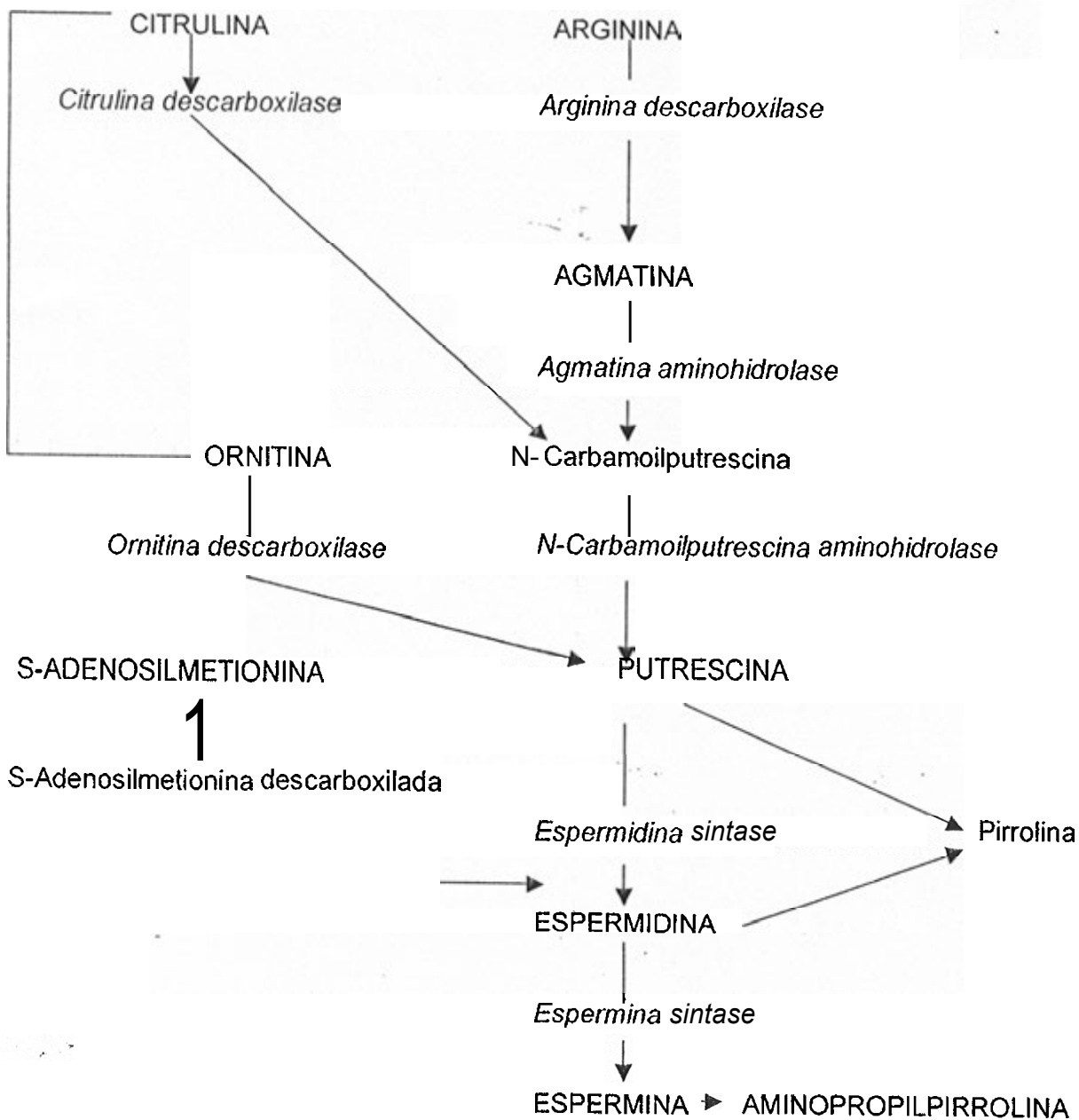


FIGURA 3 Caminho biossintético de putrescina e poliaminas em plantas superiores  
 FONTE: (SMITH, 1984).

Segundo GARCIA & MARINÉ (1983), a tiramina e a histamina são formadas por descarboxilação enzimática dos aminoácidos tirosina e histidina, respectivamente. Em cevada, MASSICO & MARION (1957) observaram que a tiramina se origina da fenilalanina, via tirosina.

Na biossíntese de catecolaminas, a tirosina é transformada pela tirosina hidroxilase no hidroxiaminoácido correspondente, 3,4-dihidroxi-fenilalanina (DOPA), que é preferencialmente descarboxilado por aminoácido aromático descarboxilase (AADC), formando a dopamina (NAGATSU, 1991). A dopamina pode ser transformada em noradrenalina por dopamina- $\beta$ -hidrolase e em adrenalina por feniletilamina-N-metiltransferase (NAGATSU, 1991).

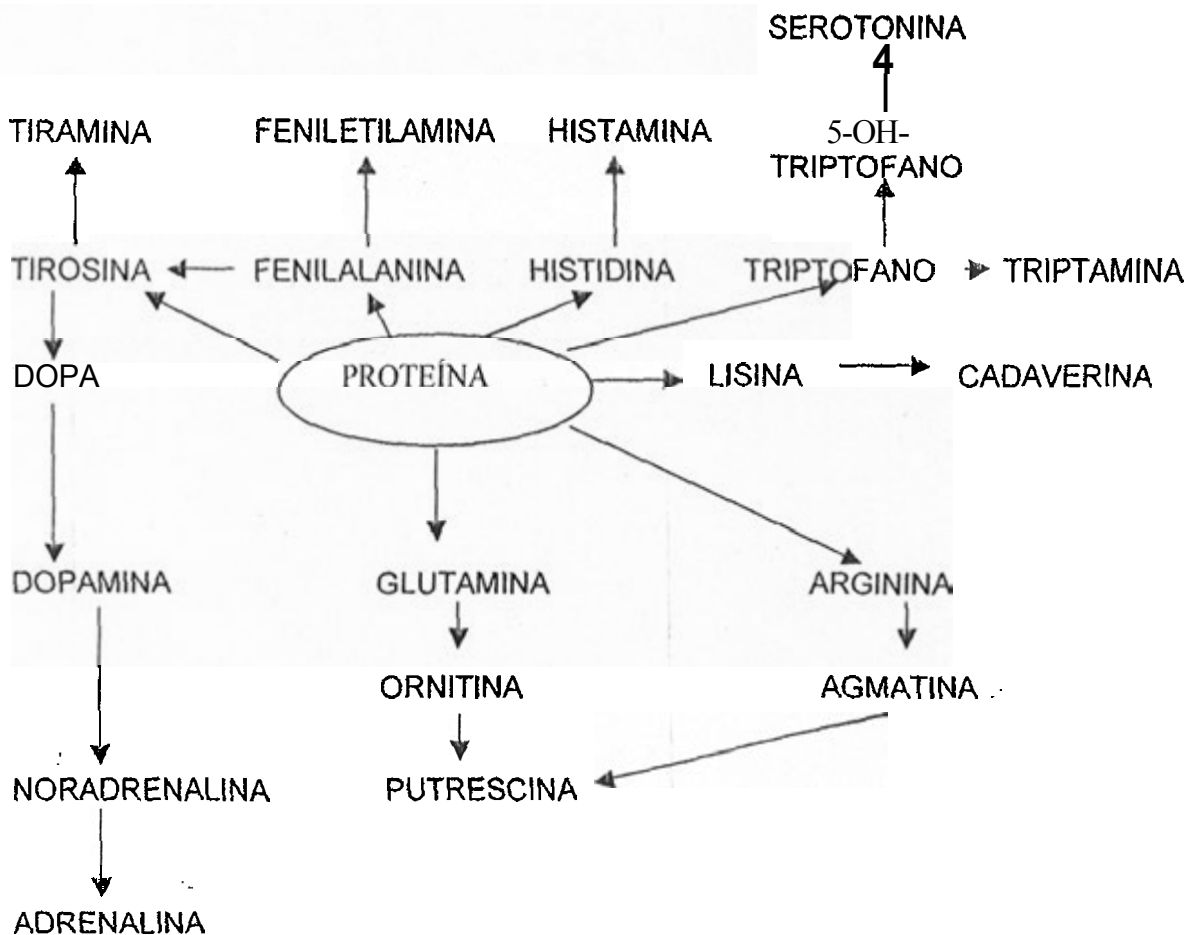


FIGURA 4 Caminho metabólico para a formação de aminas bioativas (HALÁSZ *et al.*, 1994).

Na síntese das indolaminas, o triptofano é inicialmente transformado por triptofano hidroxilase (TPH) no **hidroxiaminoácido** correspondente 5-hidroxitriptofano, que é descarboxilado por AADC em 5-hidroxitriptamina ou serotonina (NAGATSU, 1991). O triptofano é precursor da **gramina** (MASSICO & MARION, 1957). A triptamina é provavelmente a precursora do **ácido indolacético**, **hormônio** de crescimento em algumas espécies vegetais (SMITH, 1977b).

As aminas podem ser também formadas pela **descarboxilação** de aminoácidos por atividade **enzimática** de microrganismos (NOUT et al., 1993), estando freqüentemente associadas a produtos em deterioração ou que passaram por etapas de **maturação** ou **fermentação** (RICE et al., 1976; SMITH, 1980-1981; SIMON-SARKADI et al., 1994; BAUZA et al., 1995). Sendo assim, **estão** associadas à qualidade (DONHAUSER et al., 1993), tendo sido propostas como possíveis **parâmetros** de controle de qualidade de produtos crus ou processados, indicando **materias-primas** e **armazenamento** sob condições inadequadas e também **más condições** higiênicas durante a fabricação de certos produtos (TAYLOR, 1986; VIDAL-CAROU et al., 1990).

### 2.2.5 Fatores que afetam a **formação** das aminas **bioativas** em vegetais

A **concentração** das aminas pode mudar durante o desenvolvimento dos vegetais, tipo de processamento e **armazenamento** do alimento, além de ser influenciada por condições higiênicas (HALÁSZ et al., 1994).

Segundo SMITH (1980-1981), altas concentrações de poliaminas estão geralmente presentes nos **embriões** de trigo. Acrescentou que o conteúdo de **espermidina** e **espermina** na semente do trigo aumentou rapidamente depois da **fertilização**.

Em **relação** à influencia das aminas no desenvolvimento e **maturação** dos vegetais, OHTA et al. (1993) descreveram que o **etileno** promove a **senescência**, acelerando o amadurecimento do fruto e amarelamento de vegetais. Contrariamente, **as** poliaminas livres inibem a **produção** do **etileno** em **tecidos** vegetais. O papel oposto exercido pelo etileno e **poliaminas** sugere que as **últimas** podem servir como agentes **antisenescência** em frutos e vegetais.

A **putrescina** e **agmatina** acumulam-se em plantas submetidas ao estresse, choque osmótico, pH baixo e **dessecação** ou quando cultivadas com **deficiência** de **potássio** e de **magnésio** (BASSO & SMITH, 1974; SMITH, 1984; 1985; FLORES et al., 1989; ADAMS, 1991; HALÁSZ et al., 1994). Estudos realizados por SMITH (1984) indicaram que o

acúmulo da agmatina em plantas cultivadas com deficiência de potássio ocorre, uma vez que esta amina, formada via arginina, é precursora da putrescina.

A concentração de noradrenalina e serotonina em banana (*Musa sapientum* var. *paradisíaca*) aumentou durante o amadurecimento do fruto (UDENFRIEND et al., 1959; FOY & PARRATT, 1961).

A forma como a hortaliça é produzida também pode ser correlacionada com a presença de aminas. Como exemplo, os brotos 'de feijão se desenvolvem em um ambiente quente e úmido. Estas condições de produção restringem a vida de prateleira deste tipo de produto por torná-lo mais susceptível à atividade microbiológica e, conseqüentemente, à formação de aminas biogênicas. Atividades fisiológicas e microbiológicas podem, então, provocar mudanças bioquímicas que conduzam à perda da qualidade de tais produtos (SIMON-SARKADI & HOLZAPFEL, 1994; 1995).

Durante o cozimento de alguns vegetais como aveia, café, soja, cevada, maçã, banana, batata, chá e chocolate, pode ocorrer a formação de aminas por decomposição térmica de aminoácidos (SMITH, 1980-1981).

De acordo com BARDÓCZ (1995), poliaminas são policações flexíveis e, sob condições fisiológicas, exibem duas, três, ou quatro cargas positivas, sendo compostos muito estáveis capazes de resistir ao aquecimento e sobreviver a condições ácidas ou alcalinas. Entretanto, segundo GARCIA & MARINÉ (1983), os teores de serotonina detectados em tomate frito, em conserva, variaram de 0,15 a 0,24 mg/100 g. Estes valores foram inferiores aos encontrados no fruto fresco (0,44 a 0,56 mg/100 g). Estes resultados sugerem que o processamento de tomate pode afetar os teores de serotonina encontrados neste produto.

NOUT et al. (1993), estudando o efeito das condições do processamento na formação de aminas biogênicas em tempe, produto fermentado à base de soja da região da Indonésia, observaram que o nível de aminas nos grãos foi significativamente afetado pela fermentação. Registraram ainda que os microrganismos envolvidos foram o *Rhizopus oligosporus*, que produziram principalmente tiramina e putrescina ( $\cong$  180 mg/100 g); *Klebsiella pneumoniae* e *Trichosporon beigelli*, que causaram um pequeno aumento no teor total (10 mg/100 g); e *Lactobacillus plantarum*, que promoveu uma redução no teor total das aminas ( $\cong$  100 mg/100 g). Notaram que o cozimento teve pouco efeito, mas a fritura em óleo diminuiu significativamente os teores de putrescina e de tiramina. Afirmaram também que o armazenamento a 5°C não afetou o nível de aminas. porém, a 25°C, houve um aumento de putrescina.



Quanto ao tipo de armazenamento, HALÁSZ et al. (1994), ao estudarem o nível de aminas biogênicas em salada mista (pronta para uso) e vegetais folhosos frescos, armazenados a 5 °C durante seis (6) dias, observaram que a concentração de putrescina aumentou pronunciadamente no período armazenado. TAKEDA et al. (1993), avaliando o comportamento da putrescina e espermidina em brócolis, couve e rabanete durante o armazenamento, observaram um aumento nos teores de putrescina e decréscimo nos de espermidina. OHTA et al. (1993) concluíram, que a putrescina poderia ser um indicador para mudanças químicas que afetam a qualidade de brócolis.

Estudos associando população de microrganismos e conteúdo de aminas biogênicas em vegetais prontos para uso (pré-embalados) têm sugerido uma correlação positiva entre a população de Enterobacteriaceae e conteúdo de putrescina (HALÁSZ et al., 1994).

A contaminação microbiológica do alimento pode acarretar um aumento da produção das descarboxilases, o que favorece a formação das aminas biogênicas. As aminas, portanto, podem ser úteis como indicadoras de contaminação do alimento, servindo como parâmetro de controle de qualidade (MAGA, 1978; DONHAUSER et al., 1993; SIMON-SARKADI et al., 1994; SIMON-SARKADI & HOLZAPFEL, 1994; 1995).

## 2.2.6 Toxicidade das aminas bioativas

As aminas bioativas presentes nos alimentos são rapidamente degradadas por conjugação ou por amina-oxidases (mono ou diaminoxidase - MAO ou DAO) presentes no trato intestinal (SMITH, 1980-1981). Assim sendo, as aminas geralmente não apresentam risco à saúde humana. Entretanto, podem causar efeito tóxico quando a quantidade ingerida for elevada ou quando o sistema de catabolismo das aminas é inibido (TAYLOR & SUMNER, 1986; TAYLOR, 1990; HALÁSZ et al., 1994).

Dentre os fatores que interferem no catabolismo das aminas, tem-se a deficiência genética ou a inibição por agentes farmacológicos inibidores da MAO (anti-hipertensivo, anti-depressivo, anti-malarico e anti-tuberculose) ou de substâncias potencializadoras como outras aminas: putrescina, cadaverina, tiramina, triptamina e 2-feniletilamina (TAYLOR & SUMNER, 1986; TAYLOR, 1990; HALÁSZ et al., 1994). De acordo com BAUZA et al. (1995), o etanol é também um inibidor da MAO, intervindo no metabolismo das catecolaminas, tiramina, feniletilaminas e outras aminas.

A mais freqüente intoxicação causada por aminas biogênicas em alimentos envolve a histamina. Este tipo de intoxicação é também conhecido como intoxicação por escombrídeos, por estar associado com o consumo de peixes da família *Scombridae* como atum e bonito (NAZÁRIO, 1986; TAYLOR, 1986; HALÁSZ et al., 1994). No entanto, outros tipos de peixes e queijos estão também envolvidos nesta intoxicação de origem alimentar. De acordo com NAZÁRIO (1986) e TAYLOR (1986), o período de incubação é curto, variando de minutos a poucas horas após a ingestão do alimento, dificultando assim o diagnóstico. Os sintomas incluem inflamação localizada, diarreia, dor abdominal, vômito e palpitação cardíaca.

A tiramina pode causar cefaléia, febre, vômito, transpiração, inflamação cutânea, a síndrome do queijo e dor de cabeça. Em pacientes em tratamento com inibidores da MAO, a tiramina pode causar enxaqueca, e induzir hemorragia cerebral e parada cardíaca (MAGA, 1978; SMITH, 1980-1981; MAIJALA et al., 1995).

A triptamina e a 2-feniletilamina, da mesma forma que a tiramina, podem provocar dor de cabeça, enxaqueca, aumentar a pressão sanguínea, devido à constrição do sistema vascular, e a taxa e força da contração cardíaca (VANDEKERCKHOVE, 1977; SMITH, 1980-1981).

As poliaminas, espermina e espermidina, bem como putrescina e cadaverina, podem reagir com nitrito para formar nitrosaminas, muitas das quais apresentam atividade cancerígena, mutagênica, teratogênica e embriopática (HILDRUM & SCANLAN, 1977; HOTCHKISS et al., 1977; HALÁSZ et al., 1994).

O aumento dos níveis de poliaminas e ornitina descarboxilase está associado com o crescimento celular acelerado e, portanto, com o avanço do processo cancerígeno (TABOR & TABOR, 1984; BARDÓCZ et al., 1993).

É muito difícil determinar a dose tóxica das aminas biogênicas, uma vez que esta depende da eficiência do mecanismo de detoxificação que pode variar de indivíduo para indivíduo (HALÁSZ et al., 1994; SIMON-SARKADI et al., 1994; IZQUIERDO-PULIDO et al., 1995). IENISTEA (1973) reportou que níveis de histamina entre 5 e 10 mg/100 g de alimento podem causar sintomas em pessoas mais sensíveis e níveis maiores que 10 mg/100 g são potencialmente tóxicos. Segundo HALÁSZ et al. (1994), a dose tóxica de histamina é de 10 mg/100 g de alimento e 2 mg/L em bebidas alcoólicas. A dose tóxica da tiramina é de 10 a 80 mg/100 g de alimento e de 6 mg para indivíduos em tratamento com drogas inibidoras da MAO (VIDAL-CAROU et al., 1990; HALÁSZ et al., 1994).

Em alguns países, limites regulamentares têm sido estabelecidos para histamina em pescado. Os EUA, ao implantarem o sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (**APPCC**) na indústria pesqueira, estabeleceram limites de **5 e 10 mg** de histamina por 100 g de peixe fresco e enlatado, respectivamente, da família *Scombridae* ou daqueles susceptíveis de formação de concentrações altas de histamina. A **Suíça e Suécia** estabeleceram limites de **10 e 20 mg** de histamina por 100 g de pescado, respectivamente (**NAZÁRIO, 1986; FDA, 1996**). No Mercosul, foi estabelecido o limite de **10 mg/100 g** de histamina em peixes da família *Scombridae* (**ABIA, 1996**). Não existem limites para aminas em vegetais, entretanto **SIMON-SARKADI et al. (1994)** sugerem que seja estabelecido um limite de aceitação do conteúdo destes compostos em hortaliças.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 MATERIAL

#### 3.1.1 Amostras

Foram utilizadas plantas de café *Coffea arabica* L. variedade catuaí vermelho linhagem MG-99 com idade de seis anos, cultivadas em espaçamento 3,5 x 0,7 m, com uma planta por cova, em solo Vermelho Acre Distroférico (Latosolo Roxo) na Fazenda experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (EPAMIG), em São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais, no período de 1999-2000. Este município se situa a altitude de 940 m, latitude de 20°54'S, longitude de 46°59'W, com precipitação pluviométrica média anual de 1.627 mm, sendo o clima classificado como Cwa (classificação climática geral em relação à temperatura), segundo Köppen (ANTUNES, 1986; SILVA, 1999).

Amostras do solo foram coletadas em horizonte Ap (antrópico), compostas de 0 a 20 cm de profundidade, secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm e analisadas física e quimicamente, apresentando as características descritas no ANEXO 4.

Foi utilizada a adubação de potássio, empregando duas fontes, o cloreto de potássio (KCl) e o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), em quatro doses de potássio - 0, 100, 200 e 400 kg de K por hectare, conforme descrito na TABELA 4. A parcela experimental foi constituída de três linhas de oito covas, formando um total de 24 covas por parcela, sendo consideradas como parcelas úteis as seis covas centrais.

A adubação nitrogenada e fosfatada (básica) foi aplicada em doses recomendadas para lavoura do mesmo porte e idade, segundo CFSEMG (1989), utilizando-se a uréia e MAP (fosfato monoamônico), respectivamente. Os tratamentos e a adubação básica foram parcelados em quatro vezes iguais no ano. De novembro a janeiro, os experimentos receberam pulverização a alto volume de sulfato de zinco a 0,5% e de ácido bórico a 0,3% da calda, para o controle preventivo de deficiências, além dos controles fitossanitários e demais tratos culturais. Foi utilizado capina química com Round up.

As amostras compostas (2 kg de café da roça) foram colhidas 10 meses após a floração em saco de amostragem para secagem de café (saco de tela). As amostras

foram preparadas por via seca em terreiro de alvenaria (secagem ao sol) com movimentação invertida constante até o ponto ideal de benefício, em torno de 12 g/100 g de umidade. Neste ponto as amostras foram beneficiadas em descascador de café, que separa a semente das cascas e dos pergaminhos - denominada máquina para benefício de amostra de café marca D'Andreia (Itália), sendo então enviadas ao Laboratório da Fazenda Experimental da EPAMIG em Lavras, Minas Gerais.

**TABELA 4** Condições de adubação de potássio de *Coffea arabica* L. variedade catuaí vermelho linhagem MG-99 (FAFAR – UFMG, 2001)

<b>Fontes de potássio *</b>	<b>Doses de potássio (kg/ha)</b>
Cloreto de potássio (60% K <sub>2</sub> O)	
C0	Sem adição de potássio
C100	100
C200	200
C400	400
Sulfato de potássio (50% K <sub>2</sub> O)	
S0	Sem adição de potássio
S100	100
S200	200
S400	400

\* C – Cloreto de potássio; S – sulfato de potássio.

Uma parte das amostras de grãos de café verde foi triturada em moinho de facas marca Cróton, modelo TE-580 e peneirado em peneira de 30 mesh (32,5 USBS) e acondicionada em embalagem de polietileno. Uma outra parte das amostras foi submetida a dois tipos de torrefação: americana e francesa. A torrefação foi feita em equipamento da marca Probat (Alemanha) a uma temperatura de 300 °C, sendo a tipo americana por um período de 5 a 6 minutos e a tipo francesa por um período de 12 minutos. As amostras foram trituradas em moinho marca Pinhalense (Brasil), acondicionadas em embalagem de polietileno e enviadas ao Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG.

As amostras de café verde foram trituradas em multiprocessador da marca Arno (São Paulo, SP) e tamisadas em peneiras tamanho 35 mesh (40 USBS - United States

Bureau of Standards) acondicionadas em embalagem de vidro e guardados ao abrigo da luz. As amostras foram analisadas quanto aos tipos e teores de aminas bioativas, teor de umidade, atividade de água e características de cor. Todas as análises foram feitas em triplicata.

### 3.1.2 Reagentes

Todos os reagentes utilizados eram de grau p.a., com exceção daqueles utilizados na cromatografia líquida de alta eficiência que eram de grau CLAE, filtrados em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  e desgaseificados em banho ultrasônico e gás hélio. A água, com condutividade de 18,2  $\text{m}\Omega$ , utilizada no preparo das soluções, na composição dos solventes e nas diluições foi obtida em aparelho Milli-Q (Millipore Corporation, Milford, MA, EUA) e filtrada em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ .

### 3.1.3 Padrões de aminas bioativas

Todas as aminas utilizadas como padrões foram adquiridas da Sigma (Saint Louis, MO, EUA). A solução padrão de aminas bioativas foi preparada conforme descrito abaixo (STARLING, 1998). Para a solução estoque I, pesou-se 18,3 mg de dicloridrato de putrescina; 17,1 mg de dicloridrato de cadaverina; 16,6 mg de dicloridrato de histamina; 10,0 mg de tiramina; 22,0 mg de 5-hidroxitriptamina complexada com sulfeto de creatina monohidratado (serotonina); 17,6 mg de sulfato de agmatina; 17,5 mg de tricloridrato de espermidina; 13,0 mg de dicloridrato de 2-feniletilamina; 17,2 mg de tetracloridrato de espermina e 10,0 mg de triptamina. Estas substâncias foram dissolvidas separadamente em 10 mL de ácido clorídrico 0,1 N, preparadas com água grau CLAE, de forma a se obter uma concentração de 1 mg/mL de cada amina.

A partir das soluções estoque I foram preparadas as soluções estoque II, transferindo-se alíquotas de 1 mL de cada solução de amina para um frasco de 10 mL completando o volume com ácido clorídrico 0,1 N, formando um "pool" de 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de cada amina.

A solução estoque III foi preparada a partir de 1 mL de solução estoque II diluindo com 10 mL de ácido clorídrico 0,1 N, obtendo-se uma concentração de 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . As

soluções-de-trabalho foram preparadas a partir da solução estoque III, retirando aliquotas de 0,5; 4,0 e 7,0 mL obtendo soluções padrão de 0,5; 4,0 e 7,0 µg/mL. Estas soluções foram armazenadas a 4° C e sua estabilidade monitorizada.

## 3.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

### 3.2.1 Determinação de aminas bioativas

As amostras de café trituradas foram pesadas (1 g de café verde e 5 g de café torrado) e adicionadas de ácido tricloroacético a 5%. Após agitação em agitador orbital por 5 minutos, as amostras foram centrifugadas a 10000 x g a 4°C por 20 minutos em centrífuga refrigerada Jouan CR31 (Saint Herblain, França) e o sobrenadante filtrado em papel de filtro quantitativo. Esta etapa foi repetida por mais duas vezes, utilizando-se ao todo 7 e 25 mL do ácido tricloroacético 5% para as amostras de café verde e torrado, respectivamente. Os sobrenadantes foram combinados e o extrato final filtrado em membrana de 0,45 µm. O filtrado foi separado e quantificado em cromatógrafo líquido de alta eficiência conforme metodologia de VALE & GLÓRIA (1997).

As aminas bioativas foram separadas e quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência por pareamento de ions. Foi utilizado equipamento de marca Shimadzu (Kioto, Japão) modelo LC-10AD, com câmara de mistura à baixa pressão; conjunto de lavagem automática de pistão; injetor automático Shimadzu modelo SIL-10AD VP, coluna de fase reversa (3,9 x 300 mm, 10 µm) e pré-coluna µBondapack C<sub>8</sub> (Waters, Milford, MA, EUA), detector espectrofluorimétrico modelo RF-551 marca Shimadzu a 340 nm de excitação e 445 nm de emissão; uma unidade de controle CBM-10AD ligado a um microcomputador Pentium. As fases móveis utilizadas foram: fase móvel A = solução tampão acetato de sódio 0,2 M contendo octanosulfonato de sódio 15 mM, pH ajustado para 4,9 com ácido acético glacial; e B = acetonitrila, num fluxo de 0,8 mL/min e gradiente -tempo(min)/%B: 13/11; 19/30; 24/11; 45/11.

Para a derivação pós-coluna, um tubo de teflon, protegido da luz. de 2,0 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro, foi conectado entre a câmara de mistura e o detector. Uma bomba LC-10AD (Shimadzu, Kioto, Japão) bombeou a solução derivante à câmara de mistura a um fluxo de 0,4 mL/min. A solução derivante foi preparada dissolvendo-se 25 g de ácido bórico e 22 g de hidróxido de potássio em 500 mL de água

grau CLAE, pH ajustado a 10,5-11,0 com hidróxido de potássio, filtrada em membrana HAWP de 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de diâmetro do poro. Foram adicionados a esta solução 1,5 mL de Brij-35 e 1,5 mL de 2-mercaptoetanol (Merck, Darmstadt, Alemanha) e 0,2 g de o-ftalaldeído (Sigma, St Louis, MO, EUA) dissolvido em 3 mL de metanol (Merck, Darmstadt, Alemanha) (LIMA, 1999). Esta solução foi preparada diariamente e mantida ao abrigo da luz.

A identificação das aminas bioativas foi baseada na comparação dos tempos de retenção das aminas encontradas nas amostras com os das aminas na solução padrão. A confirmação foi feita pela adição de solução padrão contendo a amina suspeita à amostra. O conteúdo de aminas nas amostras foi determinado por meio de curvas padrão de solução contendo 0,5; 4,0 e 7,0 µg/mL de 10 aminas bioativas, obtidas pelas equações de regressão linear (APÊNDICE 1).

### 3.2.2 Determinação do conteúdo de água

O conteúdo de Água foi determinado pelo método Karl-Fischer (IAL, 1985). Um volume do reagente Karl-Fischer (suficiente para cobrir os eletrodos) foi introduzido no frasco de titulação e feita a titulação eletrométrica com solução padrão de Água em metanol. Esta etapa foi repetida até que duas titulações sucessivas fossem concordantes, quanto ao volume final. A seguir, foi introduzida uma quantidade exata da amostra para titulação e o reagente Karl-Fischer. A solução foi titulada novamente com solução padrão de Água em metanol, medindo o volume. O teor de Água foi calculado pela fórmula:

$$\text{Água (g/100 g)} = \frac{(a-b) \times F \times 100}{1000 \times \text{peso da amostra}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Em que: } F = \frac{15.65 \times 1000 \times P}{(6-C) \times 100}$$

F = nº de mg de Água em 1 mL de solução de Água em metanol.

P = nº de gramas de tartarato de sódio dihidratado,

B = volume final de água em metanol para titular a solução de Karl-Fischer,

C = volume final de Água em metanol para titular a solução de tartarato de sódio,

a = volume de titulação do reagente Karl-Fischer,

b = volume de titulação do reagente Karl-Fischer mais a amostra.



### 3.2.3 Determinação da atividade de água

A atividade de água foi determinada em aparelho TESTO – 650 - Testo GmbH & Co. (Lenzkirch, Alemanha). Uma sonda foi conectada a uma câmara contendo amostra em quantidade suficiente para cobrir a metade do volume (5 g). A leitura foi feita com auxílio de um microcomputador, após 14 minutos de equilíbrio.

### 3.2.4 Determinação das características de cor

A coloração das amostras de café foi determinada em colorímetro Colortec PCM (Clinton, Estados Unidos), segundo metodologia descrita por STARK et al. (1996). O iluminante utilizado foi D65 (luz diurna). Foram feitas medidas, em triplicata, dos valores de L' (luminosidade), a' (variação de verde a vermelho) e b\* (variação de amarelo a azul). A partir destes dados foi calculada a saturação  $C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  e o sentido ou tom da cor através da fórmula  $h_{ab} = \tan^{-1}(a^*/b^*)$ .

### 3.2.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado para investigar a influência da adubação nos teores de aminos no café verde foi o de bloco casualizado, sendo 4 as doses de K, 2 fontes de adubos e 4 repetições. Para investigar a influência da torra nos teores de aminos, na atividade de água, conteúdo de água e nas características de cor, foi utilizado o delineamento fatorial de 4 x 2, sendo 4 doses de adubação, 3 repetições e 2 tipos de torra. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Estudos de correlações de Pearson foram feitos entre os teores de aminos e doses na adubação tanto para café verde como para café torrado.

Os dados sobre os teores de aminos foram submetidos à regressão polinomial, cujas equações foram ajustadas às médias de teores de aminos em função da dose de potássio para cada fonte. A partir das equações significativas, estimaram-se as doses de potássio para a produção máxima ou mínima de aminos para cada fonte de potássio. Utilizou-se o programa Minitab nas análises dos dados e adotaram-se os níveis de significância de 1, 5 e 10%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AMINAS BIOATIVAS EM CAFÉ VERDE

Das dez aminas bioativas pesquisadas (putrescina, cadaverina, agmatina, espermidina, espermina, histamina, serotonina, tiramina, feniletilamina e triptamina), foram encontradas no café verde apenas a putrescina, espermidina, espermina e serotonina. A presença de espermina, espermidina e putrescina em café verde, já havia sido relatada por AMORIM et al. (1977), sendo que estes resultados estão de acordo com HALÁSZ et al., (1994) e BARDÓCZ, (1995) 'que afirmam que estas aminas estão normalmente presentes em vegetais, nos quais exercem papel importante na síntese de DNA, RNA e proteína, sendo essenciais para a multiplicação e crescimento celular.

Com relação a serotonina, não foi encontrada informação sobre a presença desta amina em café, entretanto, segundo SMITH (1977a), a serotonina pode ser encontrada em algumas famílias botânicas exercendo função de defesa, impedindo o ataque e ação de animais forrageiros e predadores. Dentre os vegetais que contem serotonina, pode-se citar a banana (UDENFRIEND et al. 1959; ADÃO, 1998).

.De um modo geral, a amina predominante foi a putrescina (34%), seguida da serotonina (30%). A espermina e a espermidina estavam presentes em percentual similar, 19 e 17%, respectivamente. Estes resultados são diferentes daqueles observados para vegetais em geral, nos quais a espermidina é a amina predominante (STARLING, 1998). Entretanto, são semelhantes aqueles observados na banana madura, ou seja, predominância de serotonina - 39% - seguida da putrescina - 17% (ADÃO, 1998). No trabalho realizado por AMORIM et al. (1977), dentre as três aminas pesquisadas, a putrescina foi a predominante (64%), seguida da espermidina (24%) e da espermina (12%). E análise de regressão foi analisada e com exceção da putrescina adubada com sulfato de potássio todas apresentaram significância (TABELA 5).

Os teores totais de aminas encontrados nas amostras de café verde variaram de 1,80 a 4,38 mg/100 g (TABELA 6), resultados estes similares Aqueles encontrados por STARLING (1998) para diferentes vegetais - 0,47 a 4,51 mg/100 g, dentre eles, brócolis, couve-flor, jiló, tomate, cebolinha, espinafre, salsa, alcaparra, mandioca e palmito. Entretanto, os teores totais de aminas encontrados neste estudo são menores que aqueles encontrados por AMORIM et al. (1977), que detectaram teores totais de 6,0 a 8,4 mg/100 g, mesmo sem terem pesquisado a serotonina.

TABELA 5 Tipos e teores de aminos bioativas em café verde (FAFAR – UFMG, 2001)

Valor	Teores de aminos (mg/100 g)				
	Putrescina	Espermina	Espermidina	Serotonina	Total
Mínimo	0,62	0,29	0,29	0,49	1,80
Máximo	1,65	0,77	0,91	2,06	4,38
Média	1,03	0,55	0,51	0,94	3,03
CV (%)	33	30	40	55	39

Comparando os teores médios das aminos detectados neste estudo com os valores observados por AMORIM et al. (1977), observa-se que os teores médios de putrescina e de espermidina foram 3 vezes menores, enquanto o de espermina foi um pouco mais que a metade. Esta diferença pode estar associada à variedade (*catuí X mundo novo*), ou ainda às diferentes condições de cultivo, dentre elas, solo, estresse, e estágio fisiológico (SMITH, 1985; FLORES et al., 1989; ANGOSTO & MATILLA, 1993).

#### 4.2 INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS EM CAFÉ VERDE

Os resultados obtidos no estudo da influência do tipo de adubação de potássio nos teores de aminos bioativas em café verde, estão descritos nas TABELAS 6 e 7. Pela análise estatística, observaram-se diferenças significativas nos teores de todas as aminos detectadas nas amostras de café submetidas aos vários tipos de adubação de potássio.

Diferenças significativas nas amostras controle de cada um dos experimentos foram observadas, sendo os teores de aminos maiores para os dados obtidos no experimento em que se usou o cloreto de potássio. Estes resultados sugerem que as condições utilizadas neste experimento facilitaram ou induziram a formação de aminos. Provavelmente o efeito residual da adubação em anos anteriores do solo tenha influido no aumento nestas amostras. Baseado nestes resultados, as comparações foram feitas levando em consideração as diferentes doses para cada tipo de adubo isoladamente.

TABELA 6. Teores de aminas em amostras de café verde obtidas com diferentes doses de cloreto de potássio (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação (kg K/ha)	Teores de aminas (mg/100 g)				
	Putrescina	Espermidina	Espermina	Serotonina	Total
<b>Cloreto de potássio</b>					
C0	1,65 ± 0,21 a	0,71 ± 0,03 b	0,77 ± 0,08 a	0,83 ± 0,11c	3,96 ± 0,35 a
C100	1,35 ± 0,30 b	0,46 ± 0,11 c	0,51 ± 0,09 b	2,06 ± 0,42 a	4,38 ± 0,86 a
c200	0,96 ± 0,23 c	0,91 ± 0,15 a	0,55 ± 0,15 b	1,31 ± 0,34 b	3,73 ± 0,55 a
C400	0,97 ± 0,10 c	0,52 ± 0,04 c	0,69 ± 0,05ab	0,64 ± 0,06 c	2,82 ± 0,21 b

Valores medios (%desviopadrão) com uma mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

TABELA 7. Teores de aminas em amostras de café verde obtidas com diferentes doses de sulfato de potássio (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação (kg K/ha)	Teores de aminas (mg/100 g)				
	Putrescina	Espermidina	Espermina	Serotonina	Total
<b>Sulfato de potássio</b>					
<b>S0</b>	0,80 ± 0,14 a	0,46 ± 0,04a	0,53 ± 0,07 b	0,52 ± 0,09 b	2,31 ± 0,28 ab
S100	0,62 ± 0,24 a	0,33 ± 0,11ab	0,36 ± 0,15 c	0,49 ± 0,07 b	1,80 ± 0,54 b
S200	1,10 ± 0,58 a	0,29 ± 0,04 b	0,29 ± 0,04 c	0,96 ± 0,33 a	2,69 ± 0,94 a
<b>S400</b>	0,76 ± 0,20 a	0,40 ± 0,11ab	0,70 ± 0,10 a	0,74 ± 0,37ab	2,60 ± 0,43 a

Valores medios (± desvio padrão) com uma mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

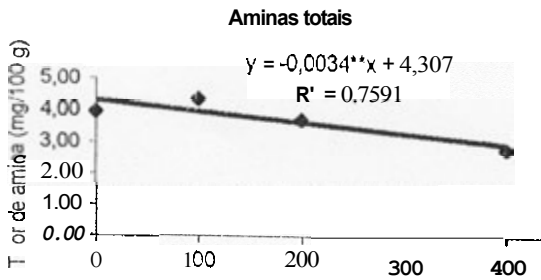
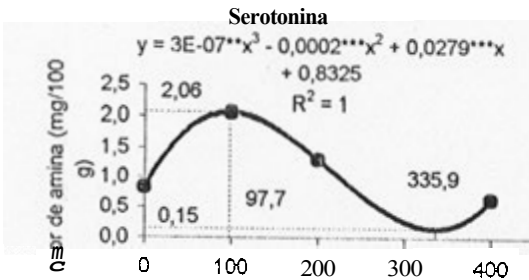
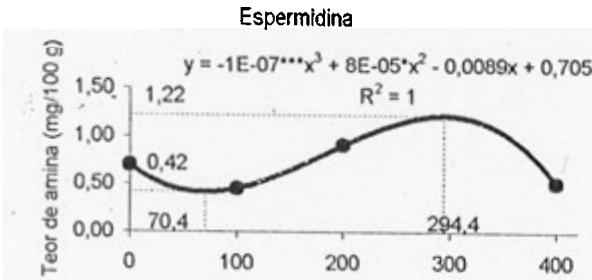
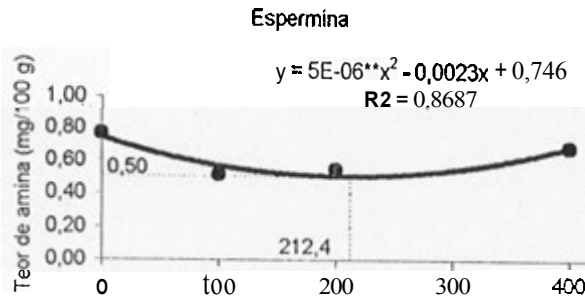
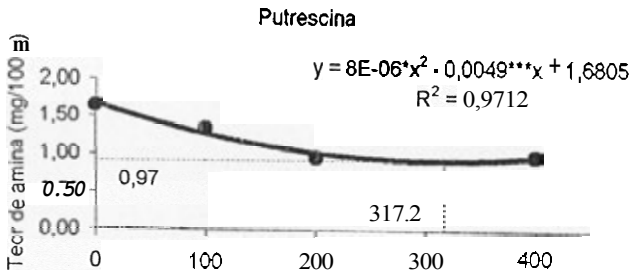
Os estudos de regressão polinomial indicaram que, conforme descrito na tabela 8 e na figura 5, as equações ajustadas para a formação de aminas foram significativas, exceto para a putrescina em amostras adubadas com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. As equações de regressão apresentaram diferentes ordens em função das aminas e fontes com elevado coeficiente de correlação.

TABELA 8 Equações de regressão polinomial ajustadas para a formação de aminas com variáveis dependentes das doses e fontes de potássio

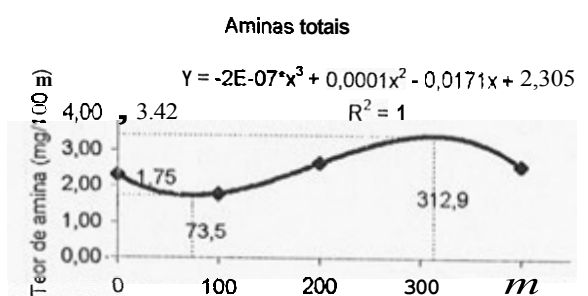
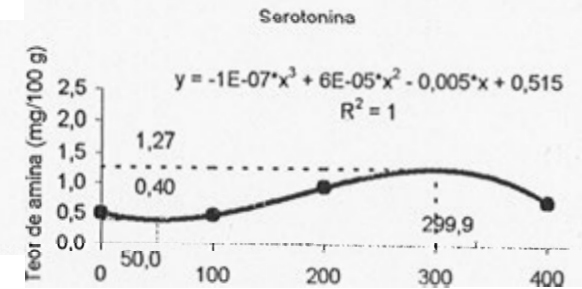
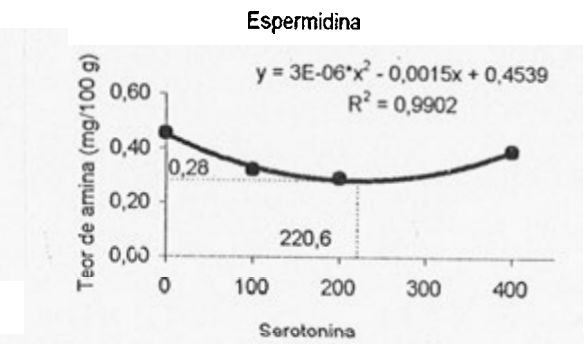
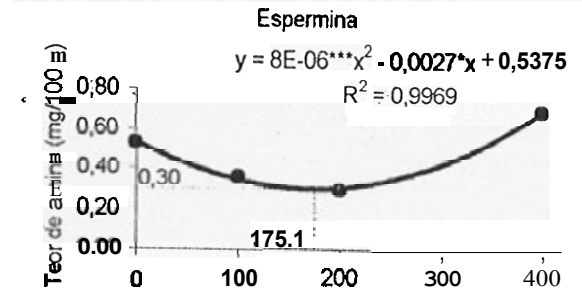
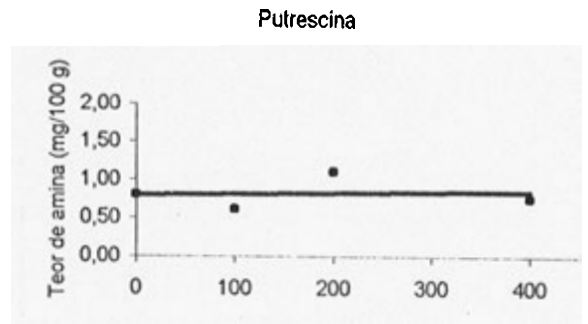
Fonte/amina	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	Teor máximo (mg/100 g)	Dose máxima Kg/ha	Teor mínimo mg/100 g	Dose mínima Kg/ha
<b>KCl</b>						
putrescina	$y = 1,68 - 0,005^{**}x + 0,000008x^2$	0,9712	0,97	317,2		
espermidina	$y = 0,705 + 0,0089^{NS}x + 0,00008x^2 + 0,0000001^{***}x^3$	1,0000	1,22	294,4	0,42	70,4
espermina	$y = 0,746 - 0,0023^{NS}x + 0,000005^{***}x^2$	0,8687	0,50	212,4		
serotonina	$y = 0,832 + 0,0279^{***}x + 0,0002^{***}x^2 + 0,00000003^{***}x^3$	1,0000	2,06	97,7	0,15	335,9
total	$y = 4,31 + 0,0034^{**}x$	0,7591	4,31			
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>						
putrescina	NS					
espermidina	$y = 0,454 - 0,0015^{NS}x + 0,000003x^2$	0,9902	0,28	220,6		
espermina	$y = 0,537 - 0,0027x + 0,000008^{***}x^2$	0,9969	0,31	169,0		
serotonina	$y = 0,515 - 0,005x + 0,00006x^2 - 0,0000001x^3$	1,0000	1,27	299,9	0,40	50,0
total	$y = 2,31 - 0,0171^{NS}x + 0,0001^{NS}x^2 - 0,0000002x^3$	1,0000	3,42	312,9	1,75	73,5

NS – não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de correlação; \*, \*\* e \*\*\* - Significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% respectivamente; y – teor de aminas e x- dose de potássio.

### Cloreto de potássio



### Sulfato de potássio



Doses de K (kg/ha)

FIGURA 5 Teores de aminas em café verde cultivados com diferentes fontes e doses de K.  $R^2$  - coeficiente de correlação; \*, \*\*, \*\*\* - significativo ao nível de 5, 1 e 0,1 % respectivamente; y - teor de aminas e x - dose de potássio (FAFAR-UFGM, 2001).

#### 4.2.1 Putrescina

Os teores de putrescina encontrados nas amostras de café submetidas aos diferentes tratamentos culturais estão indicados nas TABELAS 6 e 7. Os teores de putrescina encontrados nas amostras de café cultivados com diferentes doses de adubo de potássio em relação aos teores detectados nas amostras controle estão indicados na FIGURA 6. Observa-se que ao aumentar a dose de cloreto de potássio na adubação, houve uma diminuição significativa nos teores de putrescina para 82% com 100 kg/ha, e para -58% com 200 e 400 kg/ha. Estes resultados sugerem que, ao se adicionar cloreto de potássio como fonte de potássio no solo em doses de até 200 kg de K/ha, há uma diminuição significativa do acúmulo de putrescina no café sendo confirmado pela análise de regressão que foi significativa a 5 % de probabilidade e a equação de segunda ordem (FIGURA 5 e TABELA 8).

Com relação ao sulfato de potássio, observou-se que as amostras adubadas com doses 0 a 400 kg/ha, apresentaram variações nos teores de putrescina, ou seja, doses de 0 a 400 kg/ha de sulfato de potássio, afetaram de forma aleatória os teores de putrescina no café verde sendo o efeito da adubação potássica no teor de putrescina não significativo, resultado confirmado pela análise de regressão (FIGURA 5 e TABELA 8). A diferença de resultados nos teores de putrescina na aplicação de adubo de potássio, se deve ao fato de que no Brasil o adubo utilizado é o cloreto de potássio e o efeito residual de anos anteriores pode ter afetado significativamente.

A influência da adubação de potássio nos teores de putrescina em tecidos vegetais tem sido relatada na literatura (BASSO & SMITH, 1974; FLORES et al., 1984; SMITH, 1985). Deficiência de potássio causou um acúmulo de putrescina em folhas de cevada, ervilha, feijão, rabanete (BASSO & SMITH, 1974), milho, blackcurrant, tabaco, trigo, trevo roxo, sesame, (SMITH, 1984), e de folhas de uva (ADAMS, 1991). O acúmulo de putrescina tem sido observado, principalmente nas partes apicais comparado com as raízes de plantas (SMITH, 1984). Segundo BASSO & SMITH (1974), os teores de putrescina poderiam ser utilizados para avaliar o status de minerais em legumes, uma vez que o acúmulo de aminos pode ser detectado antes de surgirem os sintomas da deficiência na planta. De acordo com SMITH (1985), o acúmulo de putrescina pode ser um mecanismo pelo qual a planta equilibra o excesso de  $H^+$ , ou seja, da acidificação. Segundo este autor, a deficiência de magnésio ou o acúmulo de potássio poderia afetar

de forma semelhante os teores de putrescina, e em condições extremas de deficiência de potássio, os teores de putrescina podem aumentar para 1,2% da matéria seca.

Os resultados obtidos neste estudo, sugerem que a dose de cloreto de potássio de 100 kg/ha seria ideal para causar um menor acúmulo de putrescina no grão de café.

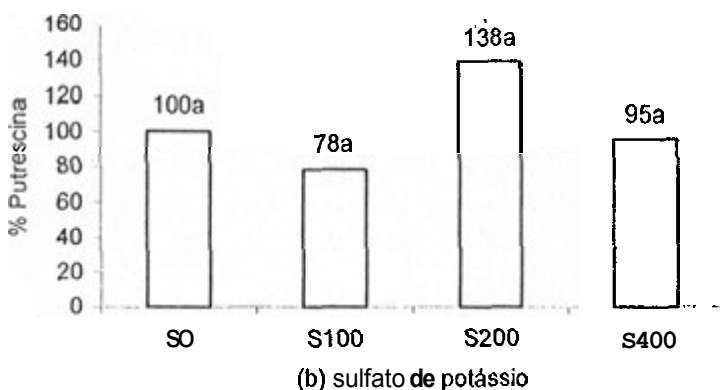
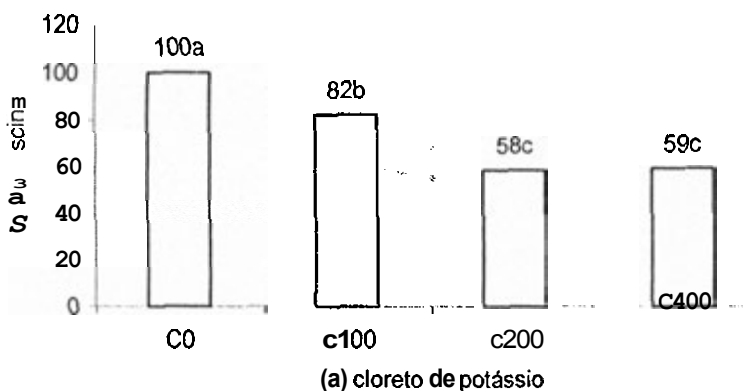


FIGURA 6 Alteração percentual nos teores de putrescina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto de potássio e sulfato de potássio em diferentes doses. C = cloreto de potássio; S = sulfato de potássio. Médias percentuais com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0.05$ ) (FAFAR – UFMG, 2001).

#### 4.2.2 Espemidina

Nas TABELAS 6 e 7 estão apresentados os teores de espermidina nas amostras de café submetidas a doses diferentes de cloreto de e sulfato de potássio. As amostras controles apresentaram teores de espermidina significativamente diferentes,



confirmando a existência de algum fator durante o plantio, capaz de afetar os teores de aminos.

Os teores de espermidina encontrados nas amostras de café cultivados com diferentes doses de adubo de potássio em relação aos teores nas amostras controle estão indicados na FIGURA 7. A variação nos teores de espermidina parece ter ocorrido de forma aleatória, não sendo possível verificar a influência dos diferentes tipos de adubação de potássio, entretanto a análise de regressão mostrou que a equação é de terceira ordem para o cloreto de potássio e de segunda ordem para o sulfato de potássio (FIGURA 5). Portanto ocorre influência das doses de adubo no teor de espermidina. Segundo SMITH (1985), putrescina e agmatina são as aminos mais freqüentemente afetadas pelo estresse causado pela deficiência de potássio.

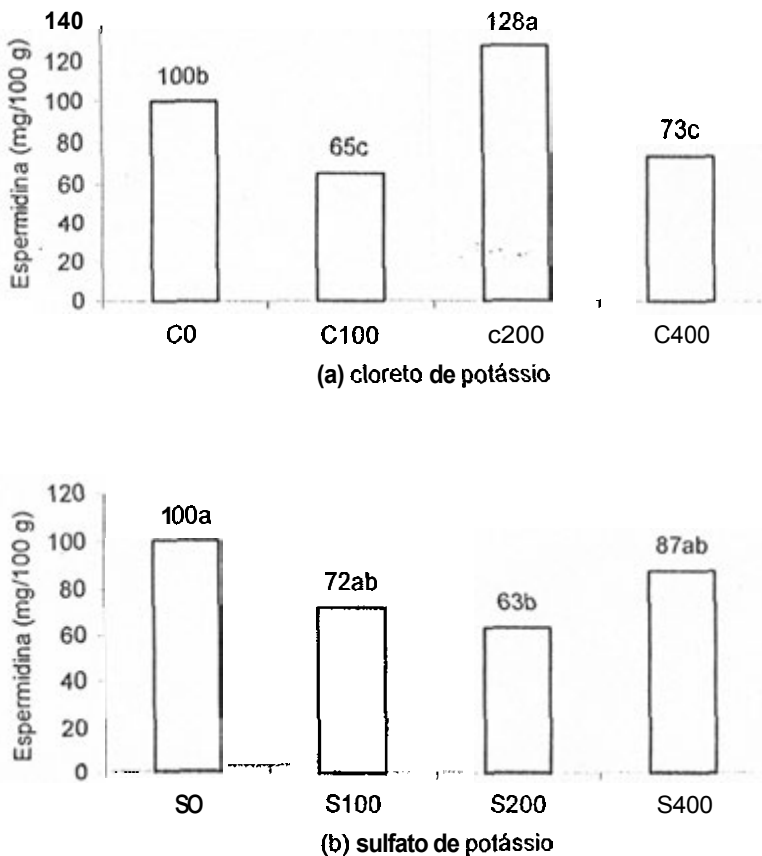


FIGURA 7 Alteração percentual nos teores de espermidina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto de potássio e sulfato de potássio em diferentes doses. C - cloreto de potássio; S - sulfato de potássio. Médias percentuais com mesma letra não diferem significativamente pela teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR - UFMG, 2001).

### 4.2.3 Espermina

As amostras de café verde cultivadas com cloreto e sulfato de potássio em diferentes doses de adubação tiveram teores de espermina conforme mostram as TABELAS 6 e 7. A espermina apresentou teores significativamente diferentes entre as amostras controles, corroborando a existência de algum fator durante o plantio, capaz de afetar os teores de aminas.

A FIGURA 8 apresenta os teores de espermina em percentual nas amostras de café cultivados com diferentes doses de adubo de potássio em relação aos teores nas amostras controle.

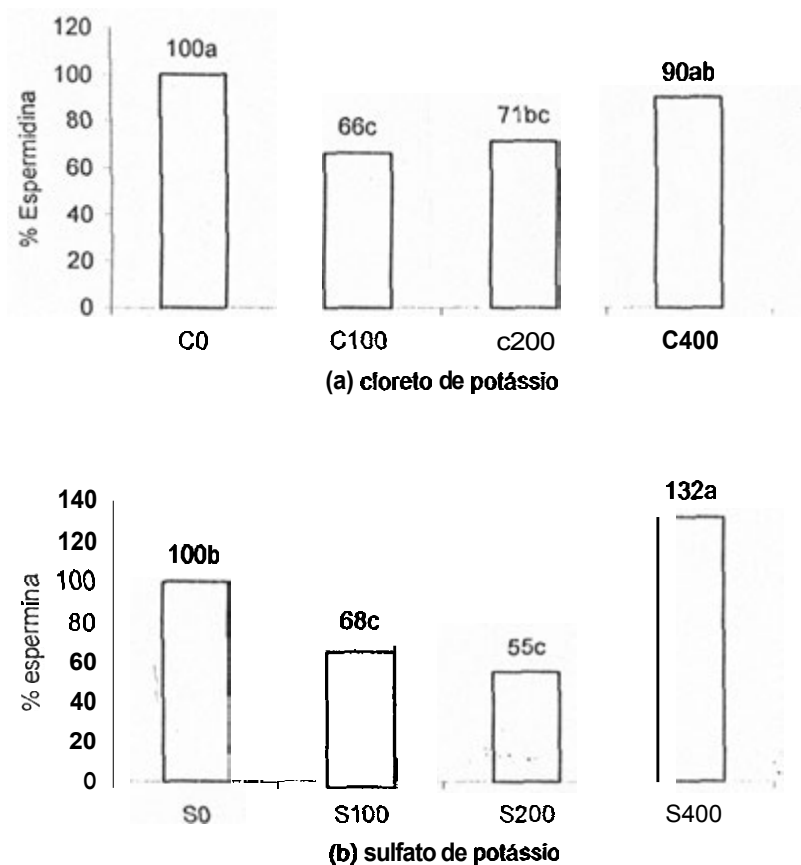


FIGURA 8 . Alteração percentual nos teores de espermina em amostras de café submetidas a adubação com cloreto de potássio e sulfato de potássio em diferentes doses. C = cloreto de potássio; S = sulfato de potássio. Médias percentuais com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0.05$ ) (FAFAR – UFMG, 2001).

Para os dois tipos de adubo, foi observada uma diminuição significativa nos teores de espermina nas doses de 100 e 200 kg/ha, entretanto, na concentração de 400 kg/ha para sulfato, houve um aumento significativo. O efeito da dose de adubo em ambas fontes foi sendo significativo a 1% para cloreto e 0,1 % para sulfato apresentando equação de segunda ordem (FIGURA 5 e TABELA 8), contradizendo SMITH (1985), que afirma que a concentração de espermina não é afetada pelo estresse causado pela deficiência de potássio.

#### 4.2.4 Serotonina

A serotonina encontrada em amostras de café está indicada nas TABELAS 6 e 7. As quantidades médias de serotonina observadas nas amostras controles foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), mostrando que deve existir algum fator durante o plantio, capaz de afetar os teores de aminas, à semelhança do observado para a putrescina, espermidina e espermina.

Os teores médios de serotonina encontrados nas amostras de café cultivados com diferentes doses de adubo de potássio em às amostras controle estão indicados na FIGURA 9. Para as duas fontes de adubo, foi observado um aumento significativo nos teores de serotonina nas doses de 100 e 200 kg/ha, para as amostras adubadas com cloreto de potássio e na dose de 200 kg/ha para as amostras adubadas com sulfato de potássio. Análise da regressão indicou para as duas fontes de potássio significância na equação de terceira ordem (FIGURA 5 e TABELA 8). Não foi encontrada na literatura científica informação sobre o efeito da deficiência de potássio ou outros minerais nos teores de serotonina. A única informação encontrada sobre a serotonina, se refere ao aumento dos teores em banana durante o seu amadurecimento (UDENFRIEND et al., 1959; FOY & PARRATT, 1961; ADÃO, 1998).

Os resultados obtidos indicam que maiores teores de serotonina são encontrados no grão de café adubado com 100 kg/ha de cloreto de potássio ou com 200 kg/ha de sulfato de potássio.

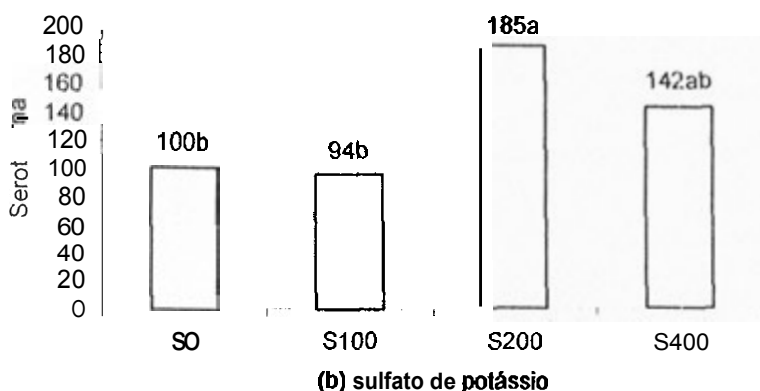
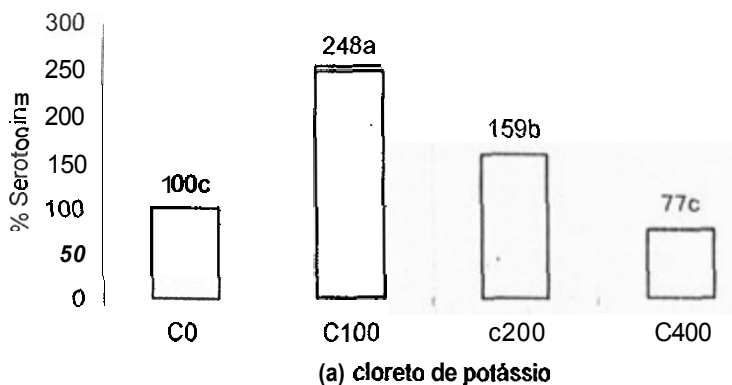


FIGURA 9 Alteração percentual nos teores de serotonina em amostras de café submetidas à adubação com cloreto de potássio e sulfato de potássio em diferentes doses. C – cloreto de potássio; S – sulfato de potássio. Médias percentuais com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR – UFMG, 2001).

#### 4.2.5 Teores totais de aminas

Os teores totais de aminas encontrados nas amostras de café submetidas aos diferentes tratamentos culturais estão indicados nas TABELAS 6 e 7. Análogo ao ocorrido com as aminas individualmente as amostras controle apresentaram teores totais de aminas significativamente diferentes, revelando a existência de algum fator durante o plantio, capaz de afetar os teores de aminas.

Os teores totais de aminas encontrados nas amostras de café cultivados com diferentes doses de adubo de potássio em relação aos teores nas amostras controle estão indicados na FIGURA 10. Baseado nos resultados obtidos para as aminas individuais, as variações observadas nos teores de putrescina e de serotonina seriam

aquelas que afetariam o teor de aminos totais. Esta influência ficou evidenciada pela análise da regressão em que o cloreto de potássio induziu a uma equação de primeira ordem enquanto que o sulfato de potássio a uma terceira ordem (FIGURA 5 e TABELA 8).

Estes resultados sugerem que as alterações que ocorrem nos teores de aminos afetam os teores totais de aminos.

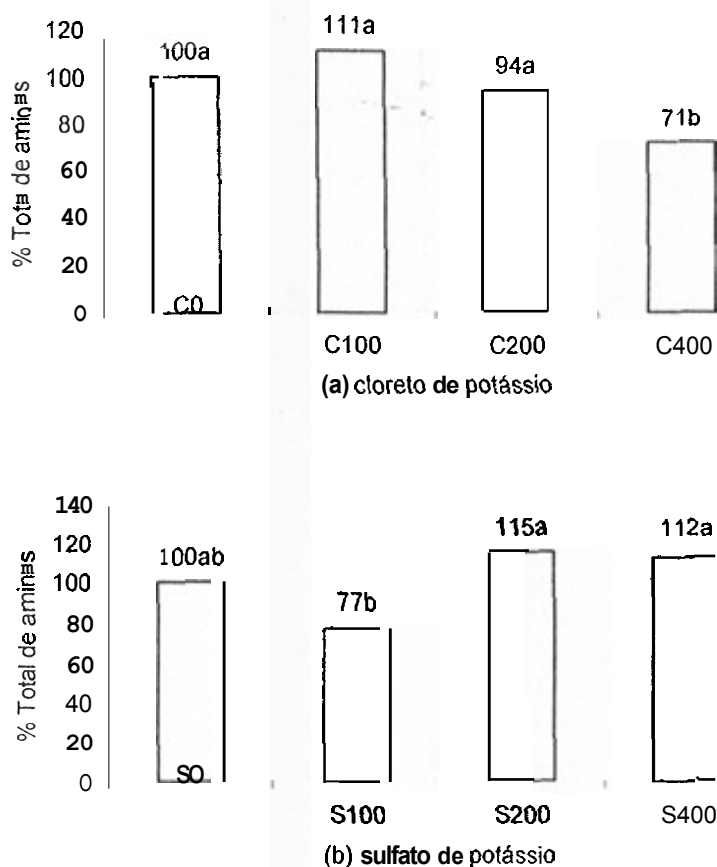


FIGURA 10 Alteração percentual nos teores totais de aminos em amostras de café submetidas a adubação com cloreto de potássio e sulfato de potássio em diferentes doses. C - cloreto de potássio; S - sulfato de potássio. Médias percentuais com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0.05$ ) (FAFAR - UFMG, 2001).

#### 4.2.6 Correlação entre os parâmetros estudados

Na TABELA 9 são apresentadas correlações entre teores de aminos e os tipos de adubação. Observa-se que houve correlação negativa significativa (5% de probabilidade) entre as doses de cloreto de potássio e os teores de putrescina. Ocorreu correlação positiva e entre os teores espermidina e putrescina.

Estes resultados confirmam os resultados obtidos anteriormente, ou seja, a adubação com diferentes doses de sulfato de potássio, não afetaram de forma significativa a formação de aminas e, portanto, não afetaram os teores de aminas acumulados no café. Por outro lado, quanto maior a dose de cloreto de potássio (de 0 a 400 kg/ha), menor foi o acúmulo de putrescina no café. Estes resultados são semelhantes àqueles descritos na literatura sobre a influencia da deficiência em potássio no solo e o acúmulo de putrescina nas folhas de diferentes vegetais (BASSO & SMITH, 1974; SMITH, 1984; ADAMS, 1991).

TABELA 9 Correlação de Pearson entre os parâmetros dose de adubo para cada fonte e a produção de aminas FAFAR – UFMG, 2001.

Amina	Coeficiente de correlação				
	Putrescina	Espermina	Espermidina	Serotonina	Total
Espermina	0,265				
Espermidina	<b>0,688*</b>	0,190			
Serotonina	0,100	- 0,465	0,120		
KCl	<b>- 0,720*</b>	- 0,060	- 0,160	- 0,350	-0,667
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,090	0,410	- 0,150	0,360	0,303

\* Correlação significativa a 5% de probabilidade.

Estes resultados sugerem que, em situação de deficiência de potássio, há um impedimento da síntese de espermidina a partir da putrescina, ocasionando um acúmulo desta última (FIGURA 6). Segundo FLORES et al. (1989), a espermidina está associada a divisão celular. Assim sendo, uma situação de deficiência de potássio causa um acúmulo de putrescina com prevenção de formação de espermidina e, conseqüentemente, prejuízo no desenvolvimento da planta.

## 4.3 INFLUÊNCIA DO TIPO DE TORRA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO CAFÉ

### 4.3.1 Conteúdo de água

Na TABELA 10, estão apresentados os teores de umidade das amostras de café torrado e moído. Observa-se que não houve diferença significativa no conteúdo de água das amostras submetidas aos diferentes tipos adubação (cloreto de potássio e sulfato de potássio). Estes resultados sugerem não haver influência significativa da adubação na perda de massa do grão de café durante o processo de torra. O que é comprovado com a análise de regressão a qual não apresentou significância tanto para a torra como para as diferentes doses e fontes de adubo como mostra os APÊNDICES 18 e 19.

Observa-se que amostras submetidas aos diferentes tipos de torra, americana e francesa, não apresentaram diferenças significativas quanto aos teores de umidade. Estes resultados sugerem que, apesar do maior tempo de exposição praticado na torra francesa, não houve influência significativa nos teores de umidade. Outra justificativa para a similaridade dos teores de umidade seriam as condições de armazenamento do grão posterior à torra que podem ter favorecido um aumento da umidade do grão até entrar em equilíbrio com a umidade ambiente. Esta última possibilidade seria a mais viável.

Os teores de água encontrados nas amostras estão de acordo com aqueles citados na literatura (CLINTON, 1980; ANJOS et al., 1999). Segundo estes autores, teores de umidade de café torrado e moído, de até 4,3 g/100 g, preservam suas características sensoriais. Baseado nesta informação, apenas 3 das amostras analisadas poderiam ter suas características sensoriais afetadas. Todas as amostras apresentaram teor de água abaixo do máximo exigido pela Portaria nº 377 da SVS (BRASIL, 1999), que limita o teor em no máximo 5%.

**TABELA 10** Conteúdo de água por Karl Fisher de café torrado obtido com diferentes tipos de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Conteúdo de água (g/100 g)*	
	Torra Americana	Torra Francesa
Cloreto de potássio		
C0	2,90 ± 0,66 ay	4,49 ± 0,30 ax
C100	3,54 ± 0,59 ax	3,59 ± 0,01 ax
c200	3,63 ± 1,18 ax	4,06 ± 0,70 ax
C400	3,36 ± 0,91 ax	3,24 ± 0,02 ax
Média	3,36 ± 0,32	3,85 ± 0,55
Sulfato de potássio		
S0	3,66 ± 0,69 ax	3,73 ± 0,24 ax
S100	4,03 ± 0,87 ax	3,78 ± 0,64 ax
S200	4,14 ± 0,41 ax	3,75 ± 0,66 ax
S400	4,36 ± 0,61 ax	3,45 ± 0,51 ax
Média	4,05 ± 0,29	3,68 ± 0,15
Média geral	3,70 ± 0,47	3,76 ± 0,38

\* Valores medios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

#### 4.3.2 Atividade de água

Os valores encontrados para a atividade de Água das amostras de café torrado estão indicados na **TABELA 11**. Observa-se que de um modo geral não houve diferença significativa na atividade de água em função do tipo de adubação ou do tipo de torra. Uma diferença observada, foi relativa à amostra controle C0 (sem adição de cloreto de potássio), que apresentou um maior valor comparado às demais amostras submetidas à torra tipo francesa, embora não apresentasse diferença significativa entre as doses e tipos de adubo. A análise de regressão se confirma através da semelhança significativa entre as fontes e doses de adubo e torra apresentado nos **APÊNDICES 20 e 21**



Os resultados encontrados para a atividade de água são maiores que aqueles descritos por RAHMA (1995), variam de 0,10 a 0,30.

A Portaria SVS no. 377 (BRASIL, 1999) não apresenta norma com relação à atividade de água, entretanto, sabe-se que este é um parâmetro bem mais confiável que o teor de umidade como critério de qualidade de alimentos (ADELL, 1995). Além disto, a atividade de água pode oferecer informação sobre a susceptibilidade de um alimento a alterações químicas e microbiológicas (ROCKLAND & NISHI, 1980). Assim sendo, deveria ser um dos parâmetros utilizados no Regulamento Técnico para fixação de Identidade e qualidade de café torrado e moído.

TABELA 11 Atividade de água de café torrado obtido com diferentes tipos de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Atividade de água	
	Torra Americana	Torra Francesa
Cloreto de potássio		
C0	0,34 ± 0,01 ay	0,44 ± 0,08 ax
C100	0,34 ± 0,00 ax	0,38 ± 0,01 bx
C200	0,42 ± 0,08 ax	0,38 ± 0,07 bx
C400	0,39 ± 0,07 ax	0,38 ± 0,11 bx
Média	0,37 ± 0,04	0,40 ± 0,03
Sulfato de potássio		
S0	0,39 ± 0,06 ax	0,35 ± 0,03 bx
S100	0,42 ± 0,04 ax	0,33 ± 0,06 bx
S200	0,45 ± 0,06 ax	0,37 ± 0,05 bx
S400	0,43 ± 0,05 ax	0,31 ± 0,07 by
Média	0,42 ± 0,03	0,34 ± 0,02
Média geral	0,40 ± 0,04	0,37 ± 0,04

Valores medios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a,b) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### 4.3.3 Características de cor do café torrado e moído

As características da cor do café torrado e moído estão indicadas na FIGURAS 11 e 12 e resumidas na TABELA 12. Com relação ao valor  $L^*$  – luminosidade, observa-se que as amostras submetidas à torra americana são significativamente mais claras que à francesa (teste de Duncan,  $p < 0,05$ ), fato confirmado pela análise de regressão a 0,1 % de probabilidade (APÊNDICE 22 e 23), sendo apenas diferentes para fonte de sulfato a qual houve significância com equação de primeira ordem a 5% de probabilidade. Este resultado é coerente ao binômio tempo/temperatura utilizado durante a torra.

Com relação à intensidade de vermelho (parâmetro  $a^*$ ) e à intensidade de amarelo (parâmetro  $b^*$ ), observou-se valores significativamente maiores para as amostras submetidas à torra americana comparado à francesa. Os parâmetros de coloração medidos, portanto, diferiram entre si para os dois tipos de torra, confirmando as características da torra americana com valor de saturação ( $C^*_{ab}=22,15$ ) maior que o da torra francesa ( $C^*_{ab}=9,27$ ) e com tonalidade ( $h^*_{ab}=34,76$ ) menor que a torra francesa ( $h^*_{ab}=49,33$ ). Estes resultados comprovam que o café submetido à torra tipo francesa é mais escuro que ao submetido à torra americana. Provavelmente, o tempo utilizado na torra tipo americana formou menos pigmentos no grão quando comparado à torra francesa. Além disto, na torra francesa, deve ter ocorrido a reação de Maillard em maior intensidade, causando um acúmulo de pigmentos melanoidina (LOPES, 2000).

Com relação às fontes de adubação e dose de potássio, entretanto, não houve diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Estes resultados sugerem que a adubação não afetou a composição do grão principalmente relativa às substâncias precursoras da reação de Maillard que é uma das responsáveis pelo escurecimento e caramelização do grão durante o processo de torra (LOPES, 2000).

Neste trabalho conseguiu-se diferenciar a torra francesa da americana (TABELA 12). O comércio de café professa parâmetros sensoriais completamente diferentes aos hábitos de nosso consumidor interno. Embora de grande importância para a garantia de qualidade do produto, nenhum destes parâmetros de qualidade sozinho atestara com segurança a qualidade do café torrado e moído. Dentre os quatro parâmetros pesquisados somente o teor de umidade aparece na Portaria SVS No. 377 (BRASIL, 1999). A análise de coloração, através dos parâmetros ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*_{ab}$  e  $h^*_{ab}$ ) mostrou maior eficiência em diferenciar amostras submetidas aos diferentes tipos de torra, podendo afirmar que este parâmetro é de suma importância na obtenção de padrões de

identidade e qualidade além de outros mencionados pela resolução do Ministério da Saúde.

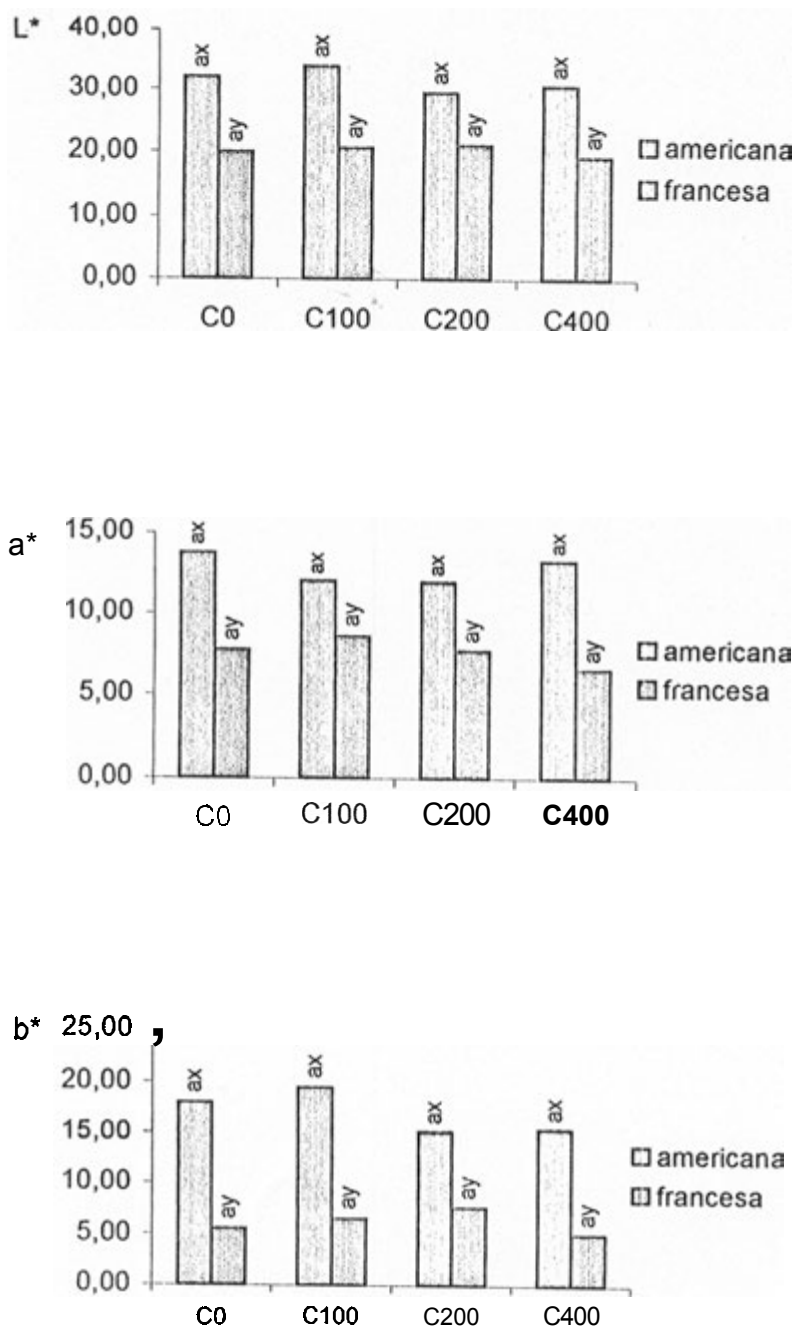
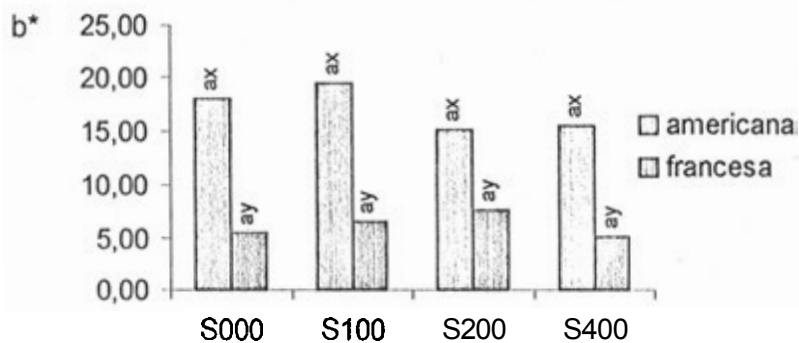
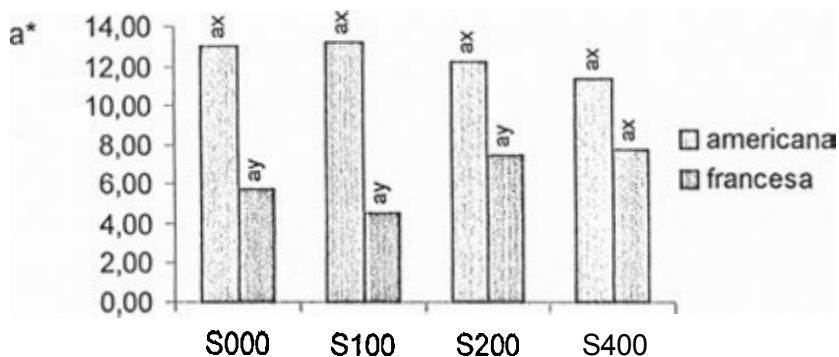
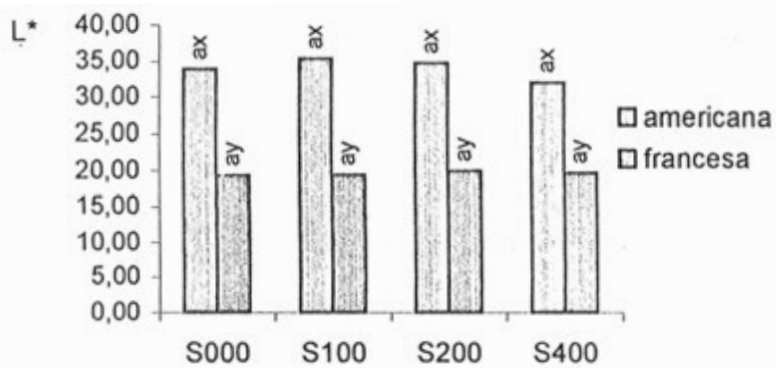


FIGURA 11 Valores de L\*, a\* e b\* para café torrado e moído cultivado sob com cloreto de potássio. Valores seguidos de letras iguais (x,y) entre a torra americana e francesa e valores seguidos de letras iguais (a-e) entre diferentes fontes de adubação não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR-UFMG, 2001).



**FIGURA 12** Valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para café torrado e moído cultivado sob com sulfato de potássio. Valores seguidos de letras iguais (x,y) entre a torra americana e francesa e valores seguidos de letras iguais (a-e) entre diferentes fontes de adubação não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR –UFMG, 2001).

TABELA 12 Valores médios das características de cor L\*, a\*, b\*, saturação (C\*<sub>ab</sub>) e tonalidade (h\*<sub>ab</sub>) para café submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

características de cor	Torra'	
	Americana	Francesa
Luminosidade L*	31,58a	20,30b
Intensidade de vermelho a'	12,63a	7,03b
Intensidade de amarelo b*	18,20a	6,04b
Saturação C* <sub>ab</sub>	22,15a	9,27b
Tonalidade h* <sub>ab</sub>	34,76b	49,33 <sup>a</sup>

\*Valores médios com mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

#### 4.4 INFLUÊNCIA DO TIPO DE TORRA NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS

Dentre as dez aminas bioativas pesquisadas (putrescina, cadaverina, tiramina, histamina, serotonina, agmatina, espermidina, feniletilamina, espermina e triptamina) foram encontradas apenas serotonina, agmatina e espermidina no café torrado. Comparando estes resultados com aqueles observados para o café verde (TABELA 13), observa-se que a putrescina e a espermina encontradas no café verde, não foram detectadas no café torrado. Por outro lado, a agmatina que não havia sido detectada no café verde, apareceu no café torrado. Estes resultados sugerem que a putrescina e a espermina se volatilizaram ou foram transformadas durante o processo de torra e que a agmatina foi formada.

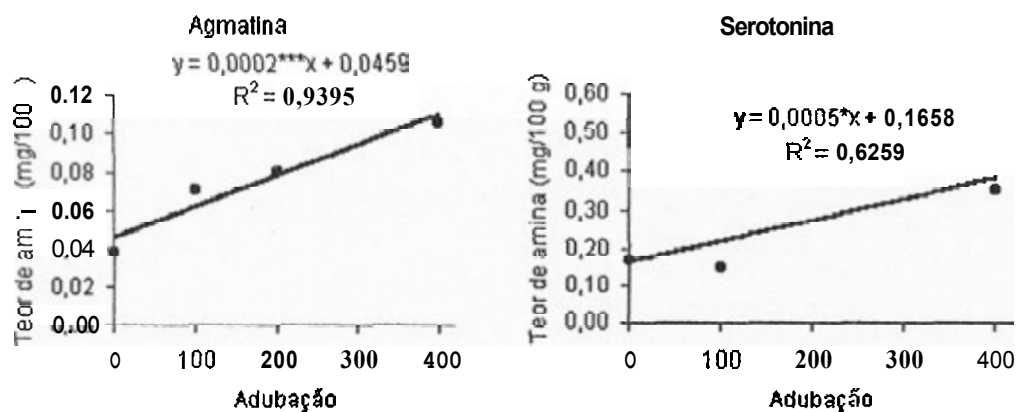
Comparando os resultados obtidos antes e após a torra, além da perda total das aminas putrescina e espermina, foi observada uma redução significativa nos teores de espermidina (60 a 76%) e de serotonina (69 a 83%) e, conseqüentemente, nos teores totais (79 a 90 %).

A análise de regressão mostra que somente os teores de agmatina e serotonina foram significativos para a fonte de cloreto de potássio e não significativo para o sulfato de potássio (FIGURA 13 e TABELA 14).

**TABELA 13** Teores de aminas bioativas em café verde e submetido à torra americana e francesa (FAFAR- UFMG, 2001)

Amina	Teor de aminas (mg/100 g) em café <sup>1</sup>		
	Verde	Submetido a torra	
		americana	francesa
Putrescina	1,03 ± 0,34	nd	nd
Espermina	0,55 ± 0,17	nd	nd
Espermidina	0,51 ± 0,25 a	0,12 ± 0,02 c	0,20 ± 0,01 b
Serotonina	0,94 ± 0,52 a	0,16 ± 0,05 c	0,29 ± 0,22 b
Agmatina	nd	nd	0,12 ± 0,05
Total	3,03 ± 0,27a	0,28 ± 0,06c	0,61 ± 0,13b

<sup>1</sup>Valores médios com mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; nd – não detectado.



Dose de K (kg/ha)

**FIGURA 13** Teores de aminas em café torrado com variáveis dependentes das doses para cloreto de potássio.  $R^2$  – coeficiente de correlação; \*, \*\*, \*\*\* - significativo ao nível de 5, 1, 0,1 % respectivamente; y = teor de aminas e x – dose de potássio (FAFAR-UFMG, 2001).

TABELA 14 Equações de regressão polinomial ajustadas para a formação de aminas após a torra com variáveis dependentes das doses e fontes de potássio

Fonte/amina	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	Teor máximo (mg/100 g)	Dose máxima Kg/ha
<b>KCl</b>				
agmatina	$y = 0,0459 + 0,0002^{***}x$	0,123	0,11	400,0
espermidina	NS*			
serotonina	$y = 1,658 + 0,0005^*x$	0,245	0,35	400,0
total	NS			
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>				
agmatina	NS			
espermidina	NS			
serotonina	NS			
total	NS			

NS = não significativo; R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação; \*, \*\* e \*\*\* - significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% respectivamente; y – teor de aminas e x - dose de potássio.

'Segundo BARDÓCZ (1995), a espermidina, espermina e agmatina, por serem poliaminas com policátions flexíveis com duas a quatro cargas positivas são compostos muito estáveis ao aquecimento e, portanto, podem permanecer na amostra após tratamento térmico. Entretanto, em estudos realizados durante o processamento térmico (117°C/80 min) de atum albacora, foi observada uma perda de 50% de espermina e também de putrescina (GLÓRIA et al., 1999). Considerando as condições mais drásticas de temperatura praticadas durante a torra, pode-se esperar um efeito mais deletério sobre estas aminas. NOUT et al. (1993) observaram redução significativa nos teores de putrescina durante o processo de fritura do tempe, produto fermentado à base de soja.

AMORIM et al. (1977) em trabalho realizado com café torrado (*Coffea arábica* L. variedade Mundo Novo) encontrou somente a putrescina. Este resultado, entretanto, é questionado uma vez que a putrescina é uma amina volátil (NOUT et al., 1993) e facilmente se perderia durante um processo de torra, mesmo que esta seja mais clara (light) conforme citado no artigo.

Com relação aos teores de serotonina, observaram-se perdas de 69 e 83% para as amostras submetidas à torra francesa e americana, respectivamente. Estes resultados sugerem que durante a torra, houve perda ou degradação de serotonina. Estes resultados foram coerentes aos dados obtidos por GARCIA & MARINÉ (1983) que observaram teores de serotonina menores em tomate frito quando comparado ao produto fresco. Entretanto, um aumento no tempo de torra (de 6 para 12 minutos) resultou um aumento significativo nos teores de serotonina. O aumento no tempo de torra pode ter causado uma síntese de serotonina pela descarboxilação térmica do 5-hidroxitriptofano, conforme descrito por NAGATSU (1991).

Por outro lado, os teores de agmatina não detectado em café verde e na torra americana apareceram significativamente em amostras submetidas a um tempo mais longo de torra –torra francesa. Este fato se explica provavelmente através das vias de formação de aminas pela decomposição térmica com descarboxilação de aminoácidos precursores (HALASZ et al., 1994; LIMA & GLÓRIA, 1999). Assim sendo, o aparecimento de agmatina durante a torra e aumento nos teores de agmatina com um aumento no tempo de torra, podem ser oriundos do aminoácido arginina (BICCHI et al., 1993; DE MARIA et al., 1996). A agmatina pode ser formada pela descarboxilação da arginina conforme ilustrado na FIGURA 3 (STARLING, 1998). Segundo FELDMAN et al. (1969) a arginina está presente em café em teores que variam de 2,28 a 4,72%. Observaram ainda que, durante a torra, ocorre o desaparecimento deste aminoácido.



A influência da fonte e dose de adubo potássico nos teores de aminas durante os dois tipos de torras estão indicadas na FIGURAS 14 e 15. Observa-se que, de um modo geral, foram observados teores de aminas estatisticamente diferentes para as diferentes fontes e doses de adubos potássicos. As diferenças observadas, entretanto, foram aleatórias, não sendo possível extrair conclusão plausível. Exceção foi observada para a agmatina e para espermidina nas amostras submetidas à torra francesa e para espermidina nas amostras submetidas A torra americana. Observou-se um aumento significativo nos teores destas aminas nas amostras tratadas com cloreto de potássio, sendo o aumento proporcional A dose de potássio. Estudos de correlação (TABELA 15) confirmam estes resultados, tendo sido observado correlação positiva ao nível de 5% de probabilidade entre teores de agmatina e de espermidina e a dose de cloreto de potássio nas amostras submetidas à torração francesa e entre teores de espermidina e dose de cloreto de potássio nas amostras submetidas A torra americana.

Na análise de regressão do efeito do cloreto de potássio sobre teor de agmatina resultou uma equação de primeira ordem ( $p < 1\%$ ) e o efeito da torra foi significativo a 1% de probabilidade, enquanto que para o sulfato a dose não foi significativa e o efeito da torra foi significativo a 1% de probabilidade.

Não foi observada regressão significativa nos teores de espermidina para os efeitos dose de cloreto de potássio e torra. Para o sulfato houve significância para a torra e não significância para o efeito da dose de adubo (APÊNDICES 30 e 31).

O efeito da dose de cloreto foi significativo ( $p < 0,05$ ) na análise de regressão sendo a equação de primeira ordem. Para o sulfato não foi significativo conforme APÊNDICES 32 e 33.

Estes resultados indicam que, um aumento na dose de cloreto de potássio durante a adubação favorece o acúmulo de espermidina durante a torra e o acúmulo de agmatina durante a torra francesa.

**TABELA 15** Coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros tipo e dose de adubo e a produção de aminas (FAFAR – UFMG, 2001)

Torra		Coeficiente de correlação		
<b>Americana</b>				
		<b>Espermidina</b>	<b>Agmatina</b>	<b>Serotonina</b>
KCl		0,658*	0	0,557
		- 0,113	0	- 0,414
<b>francesa</b>				
		<b>Espermidina</b>	<b>Agmatina</b>	<b>Serotonina</b>
KCl		0,906*	0,853*	0,559
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		- 0,424	- 0,453	- 0,251

\*Correlação significativa a nível de 5% de probabilidade.

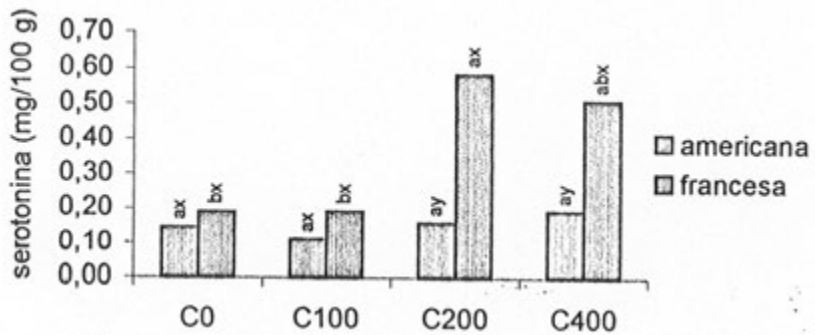
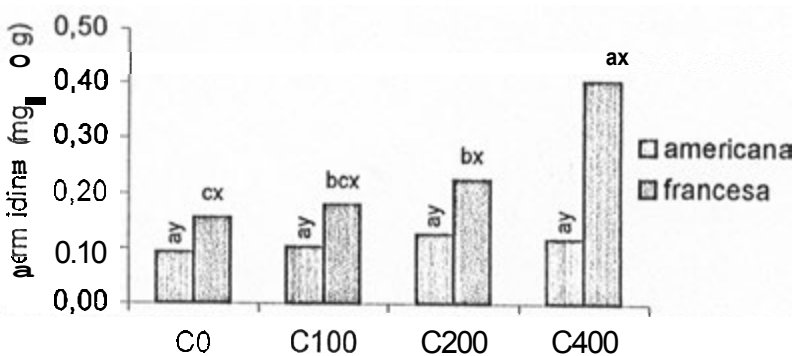
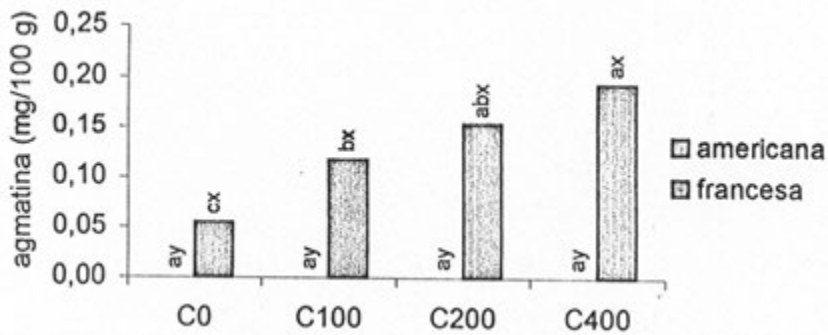
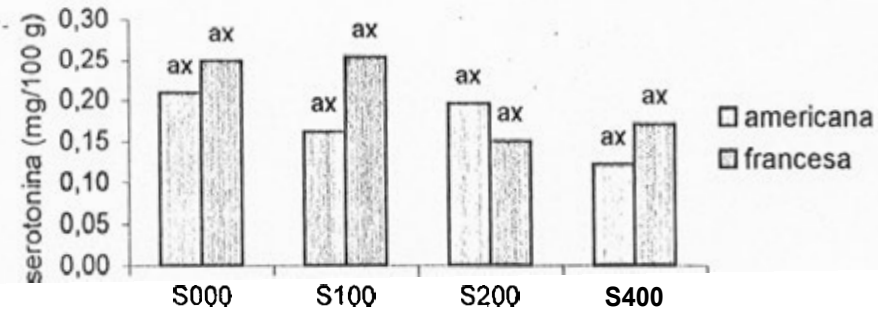
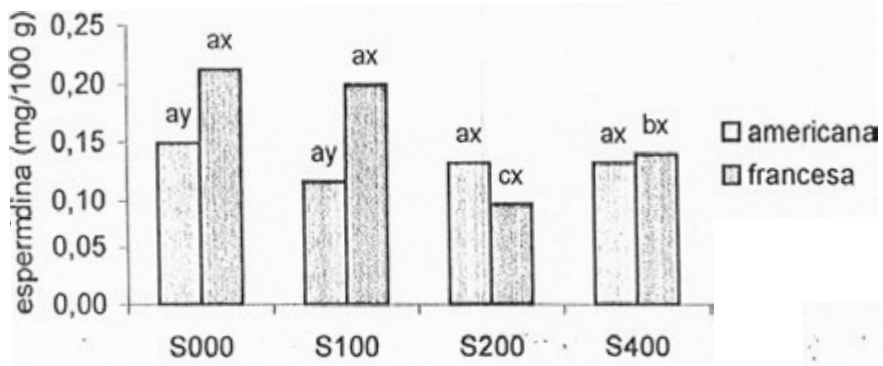
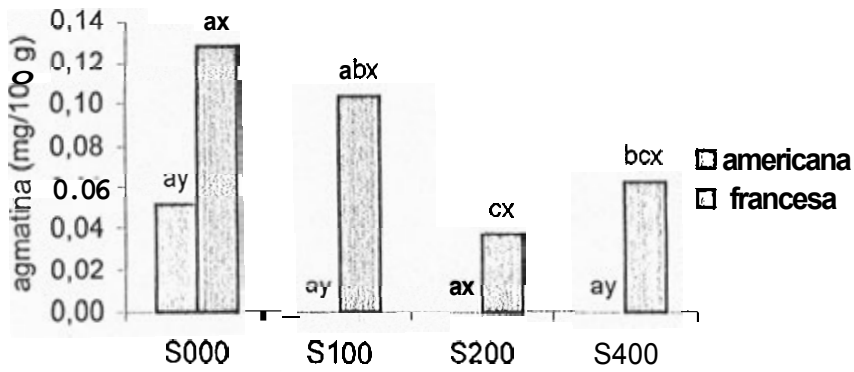


FIGURA 14 .Teores médios de agmatina, espermidina e serotonina em amostras de café torrado cultivado com cloreto de potássio. Valores (calculados utilizando 0 para valores não detectados  $\leq 0,05$  mg/100 g) seguidos de letras iguais (x,y) entre a torra americana e francesa e valores seguidos de letras iguais (a-e) entre não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR – UFMG, 2001).



**FIGURA 15** Teores médios de agmatina, espermidina e serotonina em amostras de café torrado cultivado com sulfato de potássio. Valores (calculados utilizando 0 para valores não detectados  $\leq 0.05$  mg/100 g) seguidos de letras iguais (x,y) entre a torra americana e francesa e valores seguidos de letras iguais (a-e) entre não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ) (FAFAR - UFMG, 2001).

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Houve influência da adubação potássica nos teores de aminas bioativas em café.

Dentre as dez aminas investigadas foram encontradas no café (*Coffea arabica* variedade catuaí (vermelho linhagem MG-99) verde apenas putrescina, espermina, espermidina e serotonina.

Os teores totais de aminas nas amostras de café verde variaram de 1,80 a 4,38 mg/100 g.

A amina predominante no café verde foi a putrescina, seguida da serotonina, espermina e espermidina.

Adubação com cloreto de potássio afetou de forma significativa, diminuindo os teores de putrescina no grão de café verde.

Houve correlação significativa (5% de probabilidade) negativa entre as doses de cloreto de potássio e os teores de putrescina e entre os teores de espermidina e de putrescina.

Não houve diferença significativa nos teores de água e na atividade de água de amostras cultivadas na presença de diferentes tipos e doses de adubação potássica e submetidas à torra americana ou francesa.

Houve diferença significativa nas características de cor de amostras submetidas à torra americana e francesa. A torra americana, produziu grãos mais claros, com maior intensidade de vermelho e de amarelo, maior saturação da cor e menor tonalidade.

Durante a torra do café, houve perda de putrescina e espermina e o aparecimento de agmatina. O café torrado ficou caracterizado pela presença de serotonina, agmatina e espermidina.

Os teores de serotonina e agmatina foram maiores nas amostras submetidas à torrefação francesa comparado à americana.

Baseado nestas conclusões sugere-se:

- 1 pesquisar a correlação entre os teores de putrescina em café verde e sua qualidade sensorial (degustação);
- 2 estudar o teor de serotonina em vários tipos de café existente no mercado;
- 3 avaliar a influencia da serotonina de origem vegetal no combate a doenças depressivas;
- 4 pesquisar a agmatina em café torrado em condições variadas de torra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA (Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos). *Resolução do Mercosul*. Mercosul/GMG/ Res. nº 40/94. Rio de Janeiro: ABIA, p.76-78, 1996.
- ADAMS, D.O. Accumulation of putrescine in grapevine leaves showing symptoms of potassium deficiency or "Spring Fever". In: J.M. Rantz (Ed) *Proceedings of the International Davis: Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*. p. 126-131. American Society for Enology and Viticulture, 1991.
- ADÃO, R.C. *Influência da radiação gama no amadurecimento e nos teores de aminas biogênicas em banana prata (Musa Acuminata x Musa balbisiana)*. Belo Horizonte:UFMG, 1998, 73 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).
- ADELL, E.A. Contribuição ao estudo de absorvedores *enzimáticos* de oxigênio na *conservação* de café torrado e moído. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 56 p. 1995. (Dissertação-Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- AMORIM, H.V.; BASSO, L.C.; CROCOMO, O.J.; TEIXEIRA, A.A. Polyamines in green and roasted coffee. *J. Agric. Food Chem.*, v. 25, n. 4, p. 957-958, 1977.
- ANGOSTO, T.; MATILLA, J.A. Variations in seeds of three endemic leguminous species at different altitudes. *Physiol. Plantarum*, v.87, p.329-334, 1993.
- ANGUILLES, M.C.; BAGNI, N.; FLORIS, C. Polyamines and RNA content in wheat embryos from seeds of different age. *Giorn. Bot. Ital.*, v. 108, p. 305-308, 1974.
- ANJOS, V.D.A.; STROPPIA, C.T.; MENEZES, H.C. Estabilidade de café torrado e moído. *Bol. SBCTA*, v.33, n.2, p.139-145, 1999.
- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. *Inf. Agrop.*, v.12, n. 138, p.9-13, 1986.
- BARDÓCZ, S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 6, p. 341-346, 1995.
- BARDÓCZ, S.; GRANT, G.; BROWN, D.S.; RALPH, A.; PUSZTAI, A. Polyamines in food: implications for growth and health. *J. Nutr. Biochem.*, v. 4, p. 66-71, 1993.
- BÁRTHOLO, G.F.; FILHO, A.R.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Inf. Agrop.*, v. 14, n. 162, p. 33-44, 1989.
- BARTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. Cuidados na colheita e preparo de café. *Inf. Agrop.*, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BASSO, L.C.; SMITH, T.A. Effect of mineral deficiency on amine formation in higher plants. *Phytochem.*, v. 13, p. 875-883, 1974.
- BAUZA, T.; BLAISE, A.; TEISSEDRÉ, P.L.; CABANIS, J.C. Les amines biogènes du vin, Métabolisme et toxicité. *Bull. L'O.I.V.*, p. 43-67, 1995.
- BICHI, C.P.; BINELLO, A.E.; LEGOVICH, M.M.; PELLEGRINO, G.M.; VANNI, A.C. Characterization of roasted coffee by S-HSGC and HPLC-UV and principal component analysis. *J. Agric. Food Chem.* v. 41, p. 2324-2328, 1993.

- BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 377, de 26 de abril 1999. Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído. Diário Oficial. Brasília, 29 de abril de 1999.
- CAIXETA, G.Z.T. Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas. In: I ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999, p. 3-21.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café. *Inf. Agrop.*, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.
- CFSFEMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em minas Gerais*. Lavras, 1999. 159p.
- CLINTON, W.P. Consumer and expert evaluations of stored coffee products. In: Colloque scientifique international sur le café 9., 1980 Londres. Anais. Paris: ASIC, 1980. p. 273-285.
- CORTEZ, J.G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. *Inf. Agrop.*, v. 18, n. 187, p. 27-31, 1997.
- COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. Gourmets- Uma alternativa para o mercado de café. *Inf. Agro.*, v.18, n. 187, p. 63-67, 1997.
- CZERNY, M.; MAYER, F.; GROSCH, W. Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. *J. Agric. Food Chem.*, v. 2, p. 695-699, 1999.
- DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: Componentes heterocíclicos. *Química Nova*, v. 22, n. 2, p. 209-217, 1999.
- DONHAUSER, S.; WAGNER, D.; GEISER, E. Biogenic amines: significance, occurrence and assessment. *Brauwelt Int.*, v. 11, p. 100-107, 1993.
- FDA (Food and Drug Administration). *Fisc and fisheries products hazards and controls guide*. Food and Administration, Office of Seafood, Washington DC, p. 69, 1996.
- FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S.; KUNG, J.T. Importance of nonvolatile compounds to the flavor of coffee. *J. Agric. Food Chem.*, v. 17, n. 4, p. 733-739, 1969.
- FLORES, H.E. Polyamines and plants stress. In: *Stress responses in plant: adaptation and acclimation mechanisms*. Pennsylvania: Wiley-Liss, 1990. p.217-239.
- FLORES, H.E.; GAOSTON, A.W. Osmotic stress-induced polyamine accumulation in cereal leaves. *Plant Physiol.*, v. 75, p. 102-113, 1984.
- FLORES, H.E.; PROTACIO, C.M.; SIGNS, M. Primary and secondary metabolism of polyamines in plants. *Rec. Adv. Phytochem.*, v. 23, p. 329-393, 1989.
- FOY, M.J.; PARRAT, J.R. A note on the presence of noradrenaline and 5-hidroxytryptamine in plant (*musa sapientum*, var. paradisiacal). *J. Pharm. Pharmacol.*, v. 13, p. 361-364, 1961.
- GARCIA, C.; MARINE, A. Contenido de serotonina em alimentos frescos y elaborados. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.*, v. 23, p. 60-70, 1983.
- GIRANDA, R.N. Aspectos qualitativos de cafés (*Coffea arábica* L.) Submetidos a diferentes processos de secagem. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 83 p. (Dissertação-Mestrado em Ciências dos Alimentos).

- GLORIA, M.B.A.; DAESCHEL, M.A.; CRAZEN, C; HILDERBRAND, K.S. Histamine and other biogenic amines in albacore tuna. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, v. 8, n. 4, p. 55-69, 1999.
- HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 5, p. 42-49, 1994.
- HILDRUM, K.I.; SCANLAN, R.A. Factors influencing the rate of formation of volatile N-nitrosamines during the nitrosation of spermidine.-*J. Agric. Food Chem.*, v. 25, n. 2, p. 255-257, 1977.
- HORNERO-MÉNDEZ, D.; GARRIDO-FERNÁNDEZ A. Biogenic amines in table olives. Analysis by high-performance liquid chromatography. *Analyst*, v. 119, p. 2037-2041, 1994.
- HOTCHKISS, J.H.; SCANLAN, R.A.; LIBBÉY, L.M. Formation of bis-hydroxyalkyl-N-nitrosamines as products of the nitrosation of spermidine. *J. Agric. Food Chem.*, v. 25, n. 5, p. 1183-1189, 1977.
- IAL (Instituto Adolfo Lutz). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*, v.1, São Paulo, 1985.
- IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná). *O café no Mundo*. Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível na Internet, via <http://www.pr.gov.br/iapar/cafe/m&prodcons.html>. Arquivo consultado em 10 de fev. de 2000.
- IENISTEA, C. Significance and detection of histamine in food. In: HOBBS, B.C.; CHRISTIAN, J.H.B. (Ed.). *The Microbiological safety of Food*. London: Academic press, 1973. p. 327-343.
- IZQUIERDO-PULIDO, M.L.; HERNÁNDEZ-JOVEZ, T.; MARINE-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M.C. Biogenic amines in European Beers. *J. Agric. Food Chem.* v. 44, p. 3159-3163, 1995.
- LIMA, A.S. Metodologia para a determinação de histamina por *cromatografia* líquida de alta *eficiência*. Belo Horizonte: UFMG, 1999, 76 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).
- LIMA, A.S.; GLORIA, M.B.A. Aminas bioativas em alimentos. *Bol. Soc. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.*, v. 33, n. 1, p. 70-79, 1999.
- LIMA, D.R. *Qi, café, sono e memória*. 1ª. ed. Ed. Científica Nacional. Rio de Janeiro. 1995. 121 p.
- LOPES, L.M.V. Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de *cultivares* de cafeeiro (*Coffea arabica L.*). Lavras: UFLA, 2000, 95 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- MAGA, J.A. Amines in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, v. 10, p. 373-403, 1978.
- MAIJALA, R.; EEROLA, S.; LIEVONEN, S.; HILL, P.; HIRVI, T. Formation of biogenic amines during ripening of dry sausages as affected by starter culture and thawing time of raw material. *J. Food Sci.*, v. 60, n. 6, p. 1187-1190, 1995.
- MARÉTZKI, A.; THOM, M.; NICKELL, L.G. Products of arginine catabolism in growing cells of sugarcane. *Phytochem.*, v. 8, p. 811-818, 1969.
- MASSICO, J.; MARION, L. Biogenesis of alkaloids. *Can. J. Chem.*, v. 35, n. 1, p. 1-4, 1957.



- MATSUZAKI, S.; HAMANA, K.; OKADA, M.; NIITSU, M.; SAMEJIMA, K. Aliphatic pentamines found in *Canavalia gladiata*. *Phytochem.*, v. 29, p. 1311-1312, 1990.
- MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chem.*, v. 64, p. 547-554, 1999.
- MELO, B.; BARTHOLLO, G.F.; MENDES, A.N.G. Café: variedades e cultivares. *Inf. Agrop.*, v.19, n. 193, p. 92-96, 1998.
- MIYA, E.E.; GARRUTI, R.S.; ANGELUCCI, M.A.; FIGUEIREDO, I.; SHIROSE, I. Defeitos do café e qualidade da bebida. *Colet. Inst. Tecnol. Alim.*, v. 5, p. 417-432, 1973.
- MORUZZI, G.; CALDARERA, C.M. Occurrence of polyamines in the germs of cereals. *Arch Biochem. Bioph.*, v.105, p. 209-210, 1964.
- NAGATSU, T. Application of high-performance liquid chromatography to the study of biogenic amine-related enzymes. *J. Chromatogr.*, v. 566, n. 2, p. 287-307, 1991.
- NAZÁRIO, G. Envenenamento por histamina associado à ingestão de alimentos. *Alimentação*, nov.-fev., p. 38-40, 1986.
- NEURATH, G.B.; DÜNGER, M.; PEIN, F.G.; AMBROSIUS, D.; SCHREIBER, O. Primary and secondary amines in the human environment. *Fd. Cosmet. Toxicol.*, v. 15, p. 275-282.1977.
- NOUT, M.J.R.; RUIKES, M.M.W.; BOUWMEESTER, M. Effect of processing conditions on the formation of biogenic amines and ethyl carbamate in soybean temp. *J. Food. Saf.*, v. 13, p. 293-303, 1993.
- OHTA, H.; YOZA, K.I.; TAKEDA, Y.; NOGATA, Y. Influence of storage temperature on the polyamine level and ethylene production in broccoli (*Brassica oleraceae*, *Italica* group). *Biosci. Biotech. Biochem.*, v. 57, n. 5, p. 831-832, 1993.
- OLIVEIRA, C.P.; GLORIA, M.B.A.; BARBOUR, J.F.; SCANLAN, R.A. Nitrate, nitrite and volatile nitrosamines in whey-containing food products. *J. Food. Chem.*, v. 43, p. 967-969, 1995.
- OLIVEIRA, J.C.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, H.V. Atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase, em grãos de café (*Coffea arabica* L.) e relações com a qualidade da bebida. *Turrialba*, v. 27, n. 1, p. 76-77, 1977.
- PEREIRA, R.G.F.A. Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) "estritamente mole". Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. 96 p. (Tese-Doutorado em Ciencia dos Alimentos).
- PETRACCO, M. Influência da variedade botânica sobre a qualidade organoléptica do café expresso. In: I ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFE COM QUALIDADE, Viçosa, MG. Anais ...Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia. 1999, p. 216-227.
- PIMENTA, C.J. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1995. 94p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PRETE, C.E.C. Condutividade elétrica do exudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, 1992. 125p. (Dissertação-Mestrado em Agronomia).
- RAHMAN, S. *Food properties handbook*. New York: CRC Press, Inc., 1995.

- RASTOGI, R.; DAVIES, P.J. Polyamine metabolism in ripening tomato fruit. I. identification of metabolites of putrescine and spermidine. *Plant Physiol.*, v. 94, p. 1149-1455, 1989.
- RICE, S.; EITENMILLER, R.R.; KOEHLER, P.E. Biologically active amine in food: a review. *J. Milk Food Technol.*, v. 39, n. 5, p. 353-358, 1976.
- ROCKLAND, L.B.; NISHI, S.K. Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technol.*, p. 42-51, april 1980.
- SILVA, E.B. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas. Lavras: UFLA, 1998. 105 p. (Tese-Doutorado em Agronomia).
- SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J. de R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 3, p. 335-345, 1999.
- SILVA, J.S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: I ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, Viçosa, MG. Anais ...Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 1999, p. 39-80.
- SIVETZ, M. Chemical properties of coffee. *Coffee Processing Technology*. Westport: AVI, v.2, p. 162-186, 1963.
- SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Roast coffee technology. *Coffee Technology*. Westport: AVI Publishing, 1979. p. 226-256.
- SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W.H. Biogenic amines and microbial quality of sprouts. *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, v. 200, p. 261-265, 1995.
- SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W.H. Determination of biogenic amines in leafy vegetables by amino acid analyser. *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, v. 198, p. 230-233, 1994.
- SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W.H.; HALÁSZ, A. Biogenic amine content and microbial contamination of leafy vegetables during storage at 5° C. *J. Biochem.*, v. 17, p. 407-418, 1994.
- SMITH, T.A. Amines in food. *Food Chem.*, v. 6, p. 169-200, 1980-1981.
- SMITH, T.A. Phenethylamine and related compounds in plants. *Phytochem.*, v. 16, p. 9-18, 1977a.
- SMITH, T.A. Polyamines. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, v. 36, p. 117-143, 1985.
- SMITH, T.A. Putrescine and inorganic ions. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, v. 18, p. 6-54, 1984.
- SMITH, T.A. Tryptamine and related compounds in plants. *Phytochem.*, v. 16, p. 171-175, 1977b.
- SOUZA, S.M.C.; CARVALHO, V.L. Efeito de microrganismos na qualidade da bebida do café. *Inf. Agrop.*, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 21-26, 1997.
- STARK, G.; FAWCETT, J.P.; TUCKER, I.G.; WEATHERALL, I.L. Instrumental evaluation of color of solid dosage forms during stability testing. *Int. J. Pharm.*, v.143, p.93-100, 1996.
- STARLING, M.F.V. Perfil e teores de amins biogênicas em hortaliças. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1998. 72 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).
- TABOR, C.W.; TABOR, H. Polyamines. *Ann. Rev. Biochem.* v. 53, p. 749-790, 1984.

- TAKEDA, Y.; YOZA, K.-I.; NOGATA, Y.; OHTA, H. Effects of temperature on polyamine content of some leafy vegetables. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, v. 62, n. 2, p. 425-430, 1993.
- TAYLOR, S.L. Histamine food poisoning toxicology and clinical aspects. *CRC Crit. Rev. Toxicol.*, v. 17, p. 91-121, 1986.
- TAYLOR, S.L. Histamine intoxication. In: CLIVER, D.O. (Ed.) *Foodborne Diseases*, San Diego: Academic Press, 1990, Cap. 9: p. 164-168.
- TAYLOR, S.L.; SUMNER, S. Determination of histamine, putrescine, and cadaverine. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF SEAFOOD QUALITY DETERMINATION.. 10-14 Nov. 1986, Anchorage. *Proceedings...* Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 235-245.
- TEIXEIRA, A.A. **Classificação do café.** In: I ENCONTRO **SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE**, Viçosa, MG. Anais ... Viçosa: Universidade Federal Viçosa, Dep. de Fitopatologia, 1999, p. 81-95.
- TONIN, G.S.; WHEELER, C.T.; CROZIER, A. Effect of changes in nitrogen on the polyamine content of *Alnus glutinosa*. *Plant Cell Environm.*, v. 14, p.415-421, 1991.
- UDENFRIEND, S. LOVENBERG, W.; SJOERDSMA, A. Physiologically active amines in common fruits and vegetables. *Arch. Biochem. Bioph.*, v. 85, p. 487-490, 1959.
- VALE, S.R.; GLORIA, M.B. Determination of biogenic amines in cheese. *J. AOAC Int.* v. 80, n. 5, p. 1006-1012, 1997.
- VANDEKERCKHOVE, P. Amines in dry fermented sausage. *J. Food Sci.*, v. 42, n. 1 p. 283-285, 1977.
- VIDAL-CAROU, M.C.; IZQUIERDO-PULIDO, M.L.; MARTIN-MORRO, M.C.; MARINE-FONT, A. Histamine and tyramine in meat products: relationship with meat spoilage. *Food Chem.*, v. 37, p. 239-249, 1990.
- VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. *Inf. Agrop.*, v. 18, n. 187, p. 55-63, 1997.
- WHEATON, T.A.; STEWART, I. The distribution of tyramine, N-methyltyramine, hordenine, octopamine and synephrine in higher plants. *Lloydia*, v. 33, p. 244-254, 1970.

ANEXO II Tabela oficial para classificação de café quanto ao tipo em função do número de defeitos

Defeitos'	Tipos	Pontos	Defeitos	Tipos	Pontos
4	2	+100	46	5	-50
4	2-05	+95	49	5-05	-55
5	2-10	+90	53	5-10	-60
6	2-15	+85	57	5-15	-65
7	2-20	+80	61	5-20	-70
8	2-25	+75	64	5-25	-75
9	2-30	+70	68	5-30	-80
10	2-35	+65	71	5-35	-85
11	2-40	+60	75	5-40	-90
11	2-45	+55	79	5-45	-95
12	3	+50	86'	6	-100
13	3-05	+45	93	6-05	-105
15	3-10	+40	100	6-10	-110
17	3-15	+35	108	6-15	-115
18	3-20	+30	115	6-20	-120
19	3-25	+25	123	6-25	-125
20	3-30	+20	130	6-30	-130
22	3-35	+15	138	6-35	-135
23	3-40	+10	145	6-40	-140
25	3-45	+05	153	6-45	-145
26	4	<b>Base</b>	160	7	-150
28	4-05	-05	180	7-05	-155
30	4-10	-10	200	7-10	-160
32	4-15	-15	220	7-15	-165
34	4-20	-20	240	7-20	-170
36	4-25	-25	260	7-25	-175
38	4-30	-30	280	7-30	-180
40	4-35	-35	300	7-35	-185
42	4-40	-40	320	7-40	-190
44	4-45	-45	340	7-45	-195
-	-	-	-	8	-200

Fonte: BARTHOLO et al. (1989)

<sup>1</sup> Quantidade de café beneficiado necessária para se fazer à classificação de defeitos/ tipos (tamanho da amostra) = 300 gramas.

## ANEXO 2 Equivalência dos grãos imperfeitos para classificação quanto ao tipo

Números de defeitos e impurezas	Equivalências em defeitos
Um grão preto	1
Uma pedra, pau ou torrão grande	5
Uma pedra, pau ou torrão regular	2
Uma pedra, pau ou torrão pequeno	1
Um coco	1
Uma casca grande	1
Dois ardidos	1
Dois marinheiros	1
Duas ou três casca pequenas	1
Dois a cinco brocados	1
Três chochos	1
Cinco verdes	1
Cinco quebrados	1
Cinco mal granados	1

Fonte: BÁRTHOLO et al. (1989)

## ANEXO 3 Classificação oficial de café por peneira

Tipo de grão	Tipo de peneira
Grão chato medio	Peneira 17 e maiores (café grande)
Grão chato médio	Peneiras 15 e 16 (café médio)
Grão chatinho	Peneiras 12, 13, e 14 (café miúdo ou chatinho)
Grão moca grosso	Peneiras 11 a 13 (moca grande)
Grão moca médio	Peneira 10 (moca médio)
Grão moquinha	Peneiras 8 e 9 (moca miúdo ou moquinha)

Fonte: BÁRTHOLO et al. (1989).

ANEXO 4 Características químicas e físicas de amostras da camada de 0 a 20 cm. (horizonte Ap) de dois solos<sup>1</sup>. UFLA, Lavras –MG, 1999.

Características	Latossolo Roxo
PH (água)	6,0 Acf
P (mg/dm <sup>3</sup> )	7,0 0
K (mg/dm <sup>3</sup> )	70,0 M
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	3,8 M
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,9 M
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,1 B
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	5,0 M
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	7,5 M
m (%)	2,0 B
V (%)	65,0 M
M.O (dag/kg)	2,6 M
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	19,5
Areia (dag/kg)	24
Silte (dag/kg)	23
Argila (dag/kg)	53

<sup>1</sup>Laboratório de Fertilidade e Física do Solo – DCS/UFLA, LAVRAS, MG AcF – Acidezfraca; AcM – acidez média; B – baixo; M – médio; A – alto, CFSEMG (SILVA, 1999).

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 Equação da reta e coeficiente de correlação da regressão linear da curva padrão e limite de quantificação de aminas bioativas

Aminas BIOATIVAS	Curva padrão'		Limite de quantificação (mg/100 g)
	equação da reta	$r^2$	
Espermidina	Y= 188750x + 24983	0,998	0,08
Espermina	Y= 105956x + 34511	0,995	0,08
Agmatina	Y= 158549x + 18397	0,998	0,16
Putrescina	Y= 398444x - 38161	0,998	0,08
Cadaverina	Y= 399508x + 3071,6	0,998	0,08
Histamina	Y= 206823x + 18297	0,997	0,08
Tiramina	Y= 154797x - 29613	0,999	0,14
Serotonina	Y= 86096x + 18720	0,993	0,16
2-Feniletilamina	Y= 223190x + 40708	0,996	0,08
Triptamina	Y= 131653x + 38436	0,994	0,14

Y' = área; x = concentração e  $r^2$  = coeficiente de correlação.

APÊNDICE 2 Valores de L\* (luminosidade) para café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Índice de luminosidade'	
	Torra Americana	Torra Francesa
Cloreto de potássio		
C0	32,14 ± 2,58 ax	19,91 ± 1,52 ay
c 100	33,89 ± 2,77 ax	20,68 ± 1,66 ay
c200	29,57 ± 1,03 ax	21,25 ± 1,66 ay
C400	30,73 ± 8,57 ax	19,35 ± 0,79 ay
Média	31,58 ± 1,86 ax	20,30 ± 0,84 ay
Sulfato de potássio		
S0	33,92 ± 3,01 ax	19,40 ± 0,29 ay
S100	35,39 ± 1,88 ax	19,47 ± 0,63 ay
S200	34,69 ± 1,11 ax	19,92 ± 1,04 ay
S400	32,05 ± 6,66 ax	19,72 ± 1,10 ay
Média	34,01 ± 1,44 ax	19,63 ± 0,24 ay
Média geral	32,80 ± 1,72 ax	19,96 ± 0,47 ay

<sup>1</sup> Valores médios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 3. Valores de a\* (vermelho) para café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Intensidade de vermelho <sup>1</sup>	
	Torra Americana	Torra Francesa
Cloreto de potássio		
C0	13,80 ± 0,97 ax	7,78 ± 0,42 ay
C100	12,02 ± 1,61 ax	8,63 ± 2,48 ay
c200	11,95 ± 1,39 ax	7,75 ± 0,96 ay
C400	13,33 ± 5,45 ax	6,59 ± 1,10 ay
Média	12,78 ± 0,93 ax	7,69 ± 0,84 ay
Sulfato de potássio		
SO	13,04 ± 4,30 ax	5,71 ± 1,85 ay
S100	13,23 ± 2,51 ax	4,57 ± 3,35 ay
S200	12,28 ± 1,58 ax	7,46 ± 0,15 ay
S400	11,39 ± 2,61 ax	7,79 ± 0,46 ay
Média	12,49 ± 0,834ax	6,38 ± 1,51 ay
Média geral	12,49 ± 0,834ax	7,03 ± 0,92 ay

<sup>1</sup> Valores médios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 4 Valores de b\* (amarelo) para café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Intensidade de amarelo <sup>1</sup>	
	Torra Americana	Torra Francesa
Cloreto de potássio		
C0	18,03 ± 2,93 ax	5,52 ± 2,44 ay
C100	19,51 ± 4,07 ax	6,57 ± 0,22 ay
c200	15,13 ± 2,33 ax	7,69 ± 2,32 ay
C400	15,46 ± 7,84 ax	5,05 ± 1,34 ay
Média	17,03 ± 2,10	6,21 ± 1,17
Sulfato de potássio		
SO	20,47 ± 1,08 ax	7,09 ± 0,73 ay
S100	20,58 ± 2,49 ax	6,49 ± 1,24 ay
S200	19,88 ± 0,62 ax	5,61 ± 1,11 ay
S400	16,51 ± 6,39 ax	4,31 ± 1,10 ay
Média	19,36 ± 1,92 ax	5,88 ± 1,21 ay
Média geral	18,20 ± 1,65 ax	6,04 ± 0,24 ay

<sup>1</sup> Valores médios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.



APÊNDICE 5 Teores de agmatina em café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Teor de agmatina (mg/100 g) <sup>1</sup>	
	Torra Americana	Torra Francesa
<b>Cloreto de potássio</b>		
C0	0,02 ± 0,02 ax	0,05 ± 0,04dex
C100	0,02 ± 0,00 ay	0,12 ± 0,03bcdx
C200	0,01 ± 0,00 ay	0,15 ± 0,05abx
C400	0,02 ± 0,01 ay	0,19 ± 0,00ax
Média	0,02	0,13
<b>Sulfato de potássio</b>		
S0	0,05 ± 0,06 ay	0,13 ± 0,08bcx
S100	0,01 ± 0,01 ay	0,10 ± 0,07cdx
S200	0,02 ± 0,01 ax	0,04 ± 0,03ex
S400	0,02 ± 0,01 ax	0,06 ± 0,01dex
Média	0,03	0,08
Média geral	0,02	0,13

<sup>1</sup> Valores medios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a,e) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 6 Teores de espermidina em café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa (FAFAR – UFMG, 2001)

Adubação	Teor de espermidina (mg/100 g) <sup>1</sup>	
	Torra Americana	Torra Francesa
<b>Cloreto de potássio</b>		
C0	0,09 ± 0,00ay	0,16 ± 0,02bcx
C100	0,10 ± 0,00ay	0,18 ± 0,04bx
C200	0,13 ± 0,00ay	0,23 ± 0,08bx
C400	0,12 ± 0,00ay	0,41 ± 0,02ax
Média	0,11	0,25
<b>Sulfato de potássio</b>		
S0	0,15 ± 0,05ay	0,21 ± 0,08bx
S100	0,12 ± 0,00ay	0,20 ± 0,00bx
S200	0,13 ± 0,01ax	0,10 ± 0,05cx
S400	0,13 ± 0,02ax	0,14 ± 0,00cx
Média	0,13	0,16
Média geral	0,12	0,20

<sup>1</sup> Valores medios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a,c) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**APÊNDICE 7** Teores de serotonina em café torrado obtido com diferentes fontes de adubação de potássio e submetido à torra americana e francesa

Adubação	Teor de serotonina (mg/100 g) <sup>1</sup>	
	Torra Americana	Torra Francesa
<b>Cloreto de potássio</b>		
C0	0,15 ± 0,04ax	0,19 ± 0,05bx
c 100	0,11 ± 0,03ax	0,19 ± 0,21bx
c200	0,16 ± 0,04ay	0,59 ± 0,34ax
C400	0,19 ± 0,04ay	0,51 ± 0,02ax
Média	0,15	0,37
<b>Sulfato de potássio</b>		
S0	0,21 ± 0,06ax	0,25 ± 0,21bx
S100	0,16 ± 0,10ax	0,26 ± 0,23bx
S200	0,20 ± 0,07ax	0,15 ± 0,04bx
S400	0,12 ± 0,05ax	0,17 ± 0,03bx
Média	0,17	0,21
Média geral	0,16	0,29

<sup>1</sup> Valores médios (± desvio padrão) com mesma letra na linha (x,y) e na coluna (a,b) não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade,

**APÊNDICE 8** Análise de variância da regressão dose de cloreto de potássio x teor de putrescina em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
X1	1	0,9996	0,9996	27,0153	0,0006	p < 0,001
x2	1	0,2963	0,2963	8,0075	0,0197	p < 0,05
DesvReg	1	0,0384	0,0384	1,0374	0,3350	n.s.
(Dose).	3	1,3343	0,4448	12,0200		
Blocos	3	0,2692	0,0897			
Resíduo	9	0,3330	0,0370			
Total	15	1,9366				

\* Equação da regressão:  $Y = 1,65 - (1,82 \cdot 10^{-5})x + (1,70 \cdot 10^{-5})x^2$ , o qual Y = teor de putrescina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 9 Análise de variância da regressão dose de sulfato de potássio x teor de putrescina em café verde

Fonte de variação.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
x1	1	0,0075	0,0075	0,0675	0,8008	n.s.
x2	1	0,0916	0,0916	0,8245	0,3875	n.s.
DesvReg	1	0,3990	0,3990	3,5912	0,0906	n.s.
(Dose)	3	0,4981	0,1660	1,4944		
Blocos	3	0,3574	0,1191			
Resíduo	9	0,9999	0,1111			
Total	15	1,8553				

APÊNDICE 10 Análise de variância da regressão, dose de cloreto de potássio x teor de espermidina, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
x1	1	0,0162	0,0162	1,3927	0,2682	n.s.
x2	1	0,0673	0,0673	5,7956	0,0394	p < 0,05
DesvReg	1	0,4291	0,4291	36,9325	0,0002	p < 0,001
(Dose)	3	0,5126	0,1709	14,7070		
Blocos	3	0,0070	0,0023			
Resíduo	9	0,1046	0,0116			
Total	15	0,6241				

\* Equação da regressão:  $Y = (7,05 \cdot 10^{-1}) + (8,90 \cdot 10^{-3})x + (7,83 \cdot 10^{-5})x^2 - (1,40 \cdot 10^{-7})x^3$ , o qual Y = teor de espermidina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 11 Análise de variância da regressão dose de sulfato de potássio x teor de espermidina em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
x1	1	0,0031	0,0031	0,3830	5,51E-01	n.s.
x2	1	0,0614	0,0614	7,5595	2,25E-02	p < 0,05
DesvReg	1	0,0006	0,0006	0,0787	7,85E-01	n.s.
(Dose)	3	0,0652	0,0217	2,6737		
Blocos	3	0,0077	0,0026			
Resíduo	9	0,0731	0,0081			
Total	15	0,1459				

\* Equação da regressão:  $Y = (4,58 \cdot 10^{-1}) - (1,94 \cdot 10^{-3})x + (6,66 \cdot 10^{-6})x^2$ , o qual Y = teor de espermidina; X = dose de sulfato de potássio.

**APÊNDICE 12** Análise de variância da regressão, dose de cloreto de potássio x teor de espermina, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p.	Signf.*
x1	1	0,0011	0,0011	0,1068	0,7513	n.s.
x2	1	0,1481	0,1481	13,8370	0,0048	p < 0,01
DesvReg	1	0,0226	0,0226	2,1076	0,1805	n.s.
(Dose)	3	0,1718	0,0573	5,3505		
Blocos	3	0,0213	0,0071			
Resíduo	9	0,0963	0,0107			
Total	15	0,2893				

Equação da regressão:  $Y = (7,67 \cdot 10^{-1}) - (4,64 \cdot 10^{-3})x + (2,42 \cdot 10^{-5})x^2$ , o qual Y = teor de espermina; X = dose de cloreto de potássio.

**APÊNDICE 13** Análise de variância da regressão, dose de sulfato de potássio x teor de espermina, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p	Signf.*
x1	1	0,0880	0,0880	8,8764	0,0155	p < 0,05
x2	1	0,3078	0,3078	31,0484	0,0003	p < 0,001
DesvReg	1	0,0012	0,0012	0,1226	0,7343	n.s.
(Dose)	3	0,3970	0,1323	13,3491		
Blocos	3	0,0289	0,0096			
Resíduo	9	0,0892	0,0099			
Total	15	0,5152				

\* Equação da regressão:  $Y = (5,32 \cdot 10^{-1}) - (2,20 \cdot 10^{-3})x + (3,47 \cdot 10^{-6})x^2$ , o qual Y = teor de espermina; X = dose de sulfato de potássio.

**APÊNDICE 14** Análise de variância da regressão, dose de cloreto de potássio x teor de serotonina, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
x1	1	0,6994	0,6994	13,19329	5,47E-03	p < 0,01
x2	1	2,4351	2,4351	45,93505	8,11E-05	p < 0,001
DesvReg	1	1,6802	1,6802	31,69424	3,22E-04	p < 0,001
(Dose)	3	4,8147	1,60489	30,27419		
Blocos	3	0,4513	0,1504			
Resíduo	9	0,4771	0,0530			
Total	15	5,7431				

Equação da regressão:  $Y = (8,32 \cdot 10^{-1}) + (2,79 \cdot 10^{-2})x - (1,80 \cdot 10^{-4})x^2 + (2,83 \cdot 10^{-7})x^3$  o qual Y = teor de serotonina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 15 Análise de variância da regressão, dose de sulfato de potássio x teor de serotonina, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
x1	1	0,1796	0,1796	5,5405	0,0430	p < 0,05
x2	1	0,1434	0,1434	414240	0,0648	n.s.
DesvReg	1	0,2592	0,2592	7,9955	0,0198	p < 0,05
(Dose)	3	0,5823	0,1941	5,9867		
Blocos	3	0,4919	0,1640			
Resíduo	9	0,2918	0,0324			
Total	15	1,3660				

\* Equação da regressão:  $Y = (5,15 \cdot 10^{-1}) - (5,00 \cdot 10^{-3})x + (5,84 \cdot 10^{-5})x^2 - (1,10 \cdot 10^{-7})x^3$ , o qual y = teor de serotonina; X = dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 16 Análise de variância da regressão para dose de cloreto de potássio com os teores de amins totais em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
X1	1	3,98840	3,9884	17,10434	2,54E-03	p < 0,01
x2	1	0,79360	0,7936	3,403371	9,82E-02	n.s.
DesvReg	1	0,47193	0,4719	2,023861	1,89E-01	n.s.
(Dose)	3	5,2539	1,751308	7,510525		
Blocos	3	1,5422	0,5141			
Resíduo	9	2,0985	0,2332			
Total	15	8,8948				

\* Equação da regressão:  $Y = 3,96 + (1,25 \cdot 10^{-2})x$ , o qual Y = teor de amins totais; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 17 Análise de variância da regressão para dose de sulfato de potássio com os teores de amins totais, em café verde

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Sign
x1	1	0,5645	0,5645	2,2637	0,1667	n.s.
x2	1	0,0147	0,0147	0,0589	0,18136	n.s.
DesvReg	1	1,2798	1,2798	5,1322	0,0497	p < 0,05
(Dose)	3	1,8590	0,6197	2,4850		
Blocos	3	2,0456	0,6819			
Resíduo	9	2,2443	0,2494			
Total	15	6,1490				

\* Equação da regressão:  $Y = 2,31 - (1,71 \cdot 10^{-2})x + (1,43 \cdot 10^{-4})x^2$ , o qual Y = teor de amins totais; X = dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 18 Análise de variância da regressão, dose de cloreto de potássio x conteúdo de Água, em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	1,4357	1,4357	3,2187	0,0917	n.s.
x1	1	0,3913	0,3913	0,8772	0,3629	n.s.
x2	1	0,2769	0,2769	0,6208	0,4423	n.s.
DesvReg	1	0,2989	0,2989	0,6700	0,4251	n.s.
(Dose)	3	0,9671	0,3224	0,7227	0,5530	n.s.
D x T	3	2,6442	0,8814	1,9760	0,1582	n.s.
(Trat)	7	5,0469				
Res	16	7,1369	0,4461			
Total	23	12,1838				

\*A regressão não é significativa, para torra e dose de cloreto de potássio

APÊNDICE 19 Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com o conteúdo de água em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	0,82140	0,82140	2,240	1,54E-01	n.s.
x1	1	0,1008	0,10080	0,275	6,07E-01	n.s.
x2	1	0,1314	0,13140	0,358	5,58E-01	n.s.
DesvReg	1	0,0084	0,00836	0,023	8,82E-01	n.s.
(Dose)	3	0,24056	0,080186	0,219	8,82E-01	n.s.
D x T	3	0,76261	0,254203	0,693	5,69E-01	n.s.
(Trat)	7	1,82457				
Res	16	5,86698	0,366686			
Total	23	7,69155				

\* A regressão não é significativa, para torra e dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 20 Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com a atividade de água em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	0,0036	0,0036	0,8694	0,3650	n.s.
x1	1	0,0001	0,0001	0,0284	0,8682	n.s.
x2	1	0,0001	0,0001	0,0170	0,8979	n.s.
DesvReg	1	0,0057	0,0057	1,3829	0,2568	n.s.
(Dose)	3	0,0059	0,0020	0,4761	0,7033	n.s.
D x T	3	0,0172	0,0057	1,3924	0,12813	n.s.
(Trat)	7	0,0266				
Res	16	0,0658	0,0041			
Total	23	0,0925				

\* A regressão não é significativa, para torra e dose de cloreto de potássio.

**APÊNDICE 21** Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com a atividade de água em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	0,0389	0,0389'	14,2571	0,0017	p < 0,01
x1	1	0,0001	0,0001	0,0363	0,8513	n.s.
x2	1	0,0049	0,0049	1,8107	0,1972	n.s.
DesvReg	1	0,0015	0,0015	0,5643	0,4634	n.s.
(Dose)	3	0,0066	0,0022	0,8038	0,5099	n.s.
D x T	3	0,0044	0,0015	0,5400	0,6617	n.s.
(Trat)	7	0,0499				
Res	16	0,0436	0,0027			
Total	23	0,0935				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de sulfato de potássio.

**APÊNDICE 22** Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com a luminosidade (L\*) em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	764,1074	764,1074	62,8976	0,0000	p < 0,001
X1	1	7,5600	7,5600	0,6223	0,4417	n.s.
x2	1	1,0100	1,0100	0,0831	0,7768	n.s.
DesvReg	1	8,9342	8,9342	0,7354	0,4038	n.s.
(Dose)	3	17,5042	5,8347	0,4803	0,7005	n.s.
D x T	3	20,0886	6,6962	0,5512	0,6546	n.s.
(Trat)	7	801,7001				
Res	16	194,3749	12,1484			
Total	23	996,07498				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de cloreto de potássio.

**APÊNDICE 23** Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com a luminosidade  $\downarrow$  em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	1241,4255	1241,4255	162,7617	0,0000	p < 0,001
x1	1	3,1800	3,1800	0,4169	0,5276	n.s.
x2	1	5,7300	5,7300	0,7513	0,3989	n.s.
DesvReg	1	0,1296	0,1296	0,0170	0,8979	n.s.
(Dose)	3	9,0396	3,0132	0,3951	0,7583	n.s.
D x T	3	10,1636	3,3879	0,4442	0,7247	n.s.
(Trat)	7	1260,6287				
Res	16	122,0361	7,6273			
Total	23	1382,6649				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de sulfato de potássio.

**APÊNDICE 24** Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com a intensidade de vermelho (a\*) em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra..	1	155,3468	155,3468	28,5347	0,0001	p < 0,001
x1	1	0,3913	0,3913	0,0719	0,7921	n.s.
x2	1	0,2769	0,2769	0,0509	0,8244	n.s.
DesvReg	1	2,5605	2,5605	0,4703	0,5027	n.s.
(Dose)	3	3,2287	1,0762	0,1977	0,8964	n.s.
D x T	3	10,9462	3,6487	0,6702	0,5826	n.s.
(Trat)	7	169,5217				
Res	16	87,1061	5,4441			
Total	23	256,6278				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de cloreto de potássio.

**APÊNDICE 25** Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com a intensidade de vermelho em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	223,4430	223,4430	36,5586	0,0000	p < 0,001
x1	1	0,6400	0,6400	0,1047	0,7504	n.s.
x2	1	0,0400	0,0400	0,0065	0,9365	n.s.
DesvReg	1	2,3578	2,3578	0,3858	0,5433	n.s.
(Dose)	3	3,0378	1,0126	0,1657	0,9179	n.s.
D x T	3	23,8195	7,9398	1,2991	0,3090	n.s.
(Trat)	7	250,3004				
Res	16	97,7906	6,1119			
Total	23	348,0910				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de sulfato de potássio.

**APÊNDICE 26.** Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com a intensidade de amarelo em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	703,1920	703,1920	53,4913	0,0000	p < 0,001
x1	1	13,6400	13,6400	1,0376	0,3235	n.s.
x2	1	3,7200	3,7200	0,2830	0,6021	n.s.
DesvReg	1	6,3465	6,3465	0,4828	0,4971	n.s.
(Dose)	3	23,7065	7,9022	0,6011	0,6236	n.s.
D x T	3	28,4355	9,4785	0,7210	0,5539	n.s.
(Trat)	7	755,3341				
Res	16	210,3346	13,1459			
Total	23	965,6687				

\* A regressão não é significativa para torra e dose de cloreto de potássio.



APÊNDICE 27. Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com a intensidade de amarelo em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	1090,6668	1090,6668	164,3705	0,0000	p < 0,001
x1	1	40,2900	40,2900	6,0720	0,0254	p < 0,05
x2	1	2,2400	2,2400	0,3376	0,5693	n.s.
DesvReg	1	0,0401	0,0401	0,0060	0,9390	n.s.
(Dose)	3	42,5701	14,1900	2,1385	0,1354	n.s.
D x T	3	3,9521	1,3174	0,1985	0,8958	n.s.
(Trat)	7	1137,1891				
Res	16	106,1667	6,6354			
Total	23	1243,3558				

\* Equação da regressão:  $Y = 13,78 + (8,87 \cdot 10^{-4})x$ , o qual Y = índice da cor amarela; X = dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 28 Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com o agmatina em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p	Signf.*
Torra	1	0,0750	0,0750	122,1572	0,0000	p < 0,001
x1	1	0,0135	0,0135	2119570	0,0002	p < 0,001
x2	1	0,0006	0,0006	0,9491	0,3445	n.s.
DesvReg	1	0,0003	0,0003	0,4648	0,5052	n.s.
(Dose)	3	0,0144	0,0048	7,7903	0,0020	p < 0,01
D x T	3	0,0177	0,0059	9,5810	0,0007	p < 0,001
(Trat)	7	0,1071				
Res	16	0,0098	0,0006			
Total	23	0,1169				

\* Equação da regressão:  $Y = (3,83 \cdot 10^{-2}) + (4,9 \cdot 10^{-4})x$ , o qual Y = teor de agmatina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 29 Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com o agmatina em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	0,0202	0,0202	10,9200	0,0045	p < 0,01
x1	1	0,0069	0,0069	3,7455	0,0708	n.s.
x2	1	0,0052	0,0052	2,8209	0,1125	n.s.
DesvReg	1	0,0001	0,0001	0,0686	0,7968	n.s.
(Dose)	3	0,0123	0,0041	2,2117	0,1263	n.s.
D x T	3	0,0055	0,0018	0,9870	0,4238	n.s.
(Trat)	7	0,0380				
Res	16	0,0297	0,0019			
Total	23	0,0677				

\* A regressão não é significativa dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 30 Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com o espermidina em café torrado

Fonte de Variação.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.
Torra	1	0,1051	0,1051	102,802	2,27E-08	p < 0,001
x1	1	0,0001	0,0001	0,114	7,40E-01	n.s.
x2	1	0,0001	0,0001	0,068	7,97E-01	n.s.
DesvReg	1	0,0649	0,0649	63,498	5,84E-07	p < 0,001
(Dose)	3	0,0651	0,0217	21,227	8,00E-06	p < 0,001
D x T	3	0,0498	0,0166	16,260	4,08E-05	p < 0,001
(Trat)	7	0,2200				
Res	16	0,0163	0,0010			
Total	23	0,2364				

\* Equação da regressão:  $Y = (3,95 \cdot 10^{-1}) - (9,84 \cdot 10^{-2})x + (7,8 \cdot 10^{-6})x^2 - (1,50 \cdot 10^{-9})x^3$ , o qual Y = teor de espermidina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 31 Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com o espermidina em café torrado

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.
Torra	1	0,0053	0,0053	1,914	1,85E-01	n.s.
X1	1	0,0001	0,0001	0,1036	8,52E-01	n.s.
x2	1	0,0049	0,0049	1,800	1,98E-01	n.s.
DesvReg	1	0,0095	0,0095	3,450	8,17E-02	n.s.
(Dose)	3	0,0145	0,0048	1,762	1,95E-01	n.s.
D x T	3	0,0131	0,0043	1,586	2,32E-01	n.s.
(Trat)	7	0,0328				
Res	16	0,0439	0,0027			
Total	23	0,0767				

\* A regressão não é significativa para dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 32 Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com o serotonina em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p	Signf.*
Torra	1	0,2819	0,2819	13,6665	0,0020	p < 0,01
x1	1	0,1551	0,1551	7,5182	0,0145	p < 0,05
x2	1	0,0161	0,0161	0,7820	0,3896	n.s.
DesvReg	1	0,0765	0,0765	3,7110	0,0720	n.s.
(Dose)	3	0,2477	0,0826	4,0038	0,0265	p < 0,05
D x T	3	0,1520	0,0507	2,4569	0,1005	n.s.
(Trat)	7	0,6817				
Res	16	0,3300	0,0206			
Total	23	1,0117				

\* Equação da regressão:  $Y = 1,69 - (2,37 \cdot 10^{-3})x$ , o qual Y = teor de serotonina; X = dose de cloreto de potássio.

APÊNDICE 33 Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com o serotonina em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.*
Torra	1	0,0068	0,0068	0,4651	0,5050	n.s.
X1	1	0,0227	0,0227	1,5531	0,2306	n.s.
x2	1	0,0005	0,0005	0,0369	0,8500	n.s.
DesvReg	1	0,0004	0,0004	0,0297	0,8652	n.s.
(Dose)	3	0,0237	0,0079	0,5399	0,6618	n.s.
D x T	3	0,0148	0,0049	0,3378	0,7983	n.s.
(Trat)	7	0,0453				
'Res	16	0,2340	0,0146			
Total	23	0,2793				

\* A regressão não é significativa para dose de sulfato de potássio.

APÊNDICE 34 Análise de variância da regressão da dose de cloreto de potássio com o total de amina em café torrado

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.
Torra	1	1,3571	1,3571	39,0657	0,0000	p < 0,001
x1	1	0,0001	0,0001	0,0028	0,9581	n.s.
x2	1	0,0049	0,0049	0,1421	0,7111	n.s.
DesvReg	1	0,6928	0,6928	19,9441	0,0004	p < 0,001
(Dose)	3	0,6979	0,2326	6,6964	0,0039	p < 0,01
D x T	3	0,4097	0,1366	3,9317	0,0281	p < 0,05
(Trat)	7	2,4647				
'Res'	16	0,5558	0,0347			
Total	23	3,0205				

\* A regressão é significativa para torra e não significativa para dose cloreto de potássio.

APÊNDICE 35 Análise de variância da regressão da dose de sulfato de potássio com o total de amina em café torrado

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	P	Signf.
Torra	1	0,0883	0,0883	2,1166	0,1651	n.s.
x1	1	0,0001	0,0001	0,0024	0,9618	n.s.
x2	1	0,0049	0,0049	0,1183	0,7353	n.s.
DesvReg	1	0,1306	0,1306	3,1287	0,0960	n.s.
(Dose)	3	0,1356	0,0452	1,0831	0,3844	n.s.
D x T	3	0,0905	0,0302	0,7227	0,5530	n.s.
(Trat)	7	0,3144				
'Res'	16	0,6677	0,0417			
Total	23	0,9822				

\* A regressão não é significativa para dose de sulfato de potássio.