

**MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA**



**EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO  
BRANQUEAMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ  
BENEFICIADO: MODELAGEM MATEMÁTICA DO  
PROCESSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de "Mestre".

**ORIENTADOR  
PROF. Dr. PRABIR KUMAR CHANDRA**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT  
5712 S. UNIVERSITY AVENUE  
CHICAGO, ILLINOIS 60637  
TEL: 773-936-3700

RECEIVED  
PHYSICS DEPARTMENT  
CHICAGO, ILLINOIS  
MAY 15 1964

1964

**MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA**

**EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO  
BRANQUEAMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ  
BENEFICIADO: MODELAGEM MATEMÁTICA DO  
PROCESSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de "Mestre".

**ORIENTADOR:  
PROF. Dr. PRABIR KUMAR CHANDRA**

CDD - 633.7368

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995**

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA  
EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO  
BRANQUEAMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ  
BENEFICIADO: MODELO MATEMÁTICO DO  
PROCESSO

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Oliveira, Marcus Vinicius de  
Efeito do armazenamento no branqueamento de grãos de café beneficiado: mo-  
dagem matemática do processo / Marcus Vinicius de Oliveira. -- Lavras : UFLA,  
1995.  
99 p. : il.

Orientador: Prabir Kumar Chandra.  
Dissertação (Mestrado) - UFLA.  
Bibliografia

1. Café - Armazenamento. 2. Modelo matemático.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

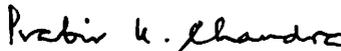
CDD - 633.7368

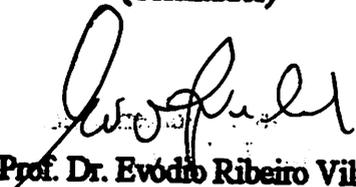
MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA

**EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO  
BRANQUEAMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ  
BENEFICIADO: MODELAGEM MATEMÁTICA DO  
PROCESSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de "Mestre".

APROVADA em 06 de dezembro de 1995

  
Prof. Dr. Prabir Kumar Chandra  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela  
(Co-orientador)

  
Dr. Bárbara Heliadora Machado-Mantovani

**A DEUS**

**Aos meus pais Jésu e Maria Aparecida,**

**DEDICO**

SECRET

1. The first part of the document is a list of names and titles.

2. The second part of the document is a list of names and titles.

3. The third part of the document is a list of names and titles.

4. The fourth part of the document is a list of names and titles.

5. The fifth part of the document is a list of names and titles.

6. The sixth part of the document is a list of names and titles.

7. The seventh part of the document is a list of names and titles.

8. The eighth part of the document is a list of names and titles.

9. The ninth part of the document is a list of names and titles.

10. The tenth part of the document is a list of names and titles.

11. The eleventh part of the document is a list of names and titles.

12. The twelfth part of the document is a list of names and titles.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and titles.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and titles.

15. The fifteenth part of the document is a list of names and titles.

16. The sixteenth part of the document is a list of names and titles.

17. The seventeenth part of the document is a list of names and titles.

18. The eighteenth part of the document is a list of names and titles.

19. The nineteenth part of the document is a list of names and titles.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em particular ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

Ao CNPQ e à FAPEMIG pela concessão das bolsas de estudo.

Aos Professores Prabir K. Chandra e Evódio Ribeiro Vilela pelas orientações e pela amizade.

Aos responsáveis pelos Departamentos de Fitopatologia e Fitossanidade e aos Laboratórios de Microestrutura e Arquitetura Alimentar e Laboratório de Microbiologia pela utilização das estufas.

Ao professor e amigo Daniel Furtado Ferreira do Departamento de Ciências Exatas da UFLA.

A todos os colegas pela amizade, auxílio, incentivo e proveitosas discussões.

Aos funcionários do DCA e todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 - Composição Química do Grão de Café Verde.....	4
2.2 - Aspectos Físicos Relacionados com a Perda de Cor Verde dos Grãos de Café.....	5
2.3 - Considerações sobre a Origem e a Mudança de Cor dos Grãos de Café.....	9
2.4 - Avaliação Quantitativa da Perda de Cor dos Grãos de Café Durante o Armazenamento.....	21
2.5 - Avaliação da cor.....	25
2.5.1 - Avaliação Objetiva da Cor.....	27
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 - Material Experimental.....	29
3.2 - Métodos.....	29
3.2.1 - Escala inicial.....	29
3.2.2 - Armazenamento Experimental.....	30
3.2.2.1 Tratamentos.....	31
3.2.3 - Avaliações Realizadas no Decorrer do Experimento.....	31
3.2.3.1 - Determinação do Teor de Umidade Inicial dos Grãos.....	31
3.2.3.2 - Acompanhamento das Variações nos Teores de Umidade dos Grãos.....	32
3.2.3.3 - Avaliação da Cor.....	32
3.2.3.4 - Registro Visual das Cores.....	34
3.2.4 - Períodos Análise.....	34
3.2.5 - Localização.....	36

3.2.6 - Delineamento Experimental.....	36
3.2.7 - Análises Estatísticas.....	36
3.2.8 - Desenvolvimento do Modelo Matemático.....	38
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>
4.1 - Elaboração da Escala Inicial de Cores.....	40
4.2 - Acompanhamento das Variações no Teor de Umidade dos Grãos de Café Durante o Período de Armazenamento Experimental.....	41
4.3 - Efeito dos Fatores Condicionantes do Armazenamento sobre a Coloração dos Grãos de Café Beneficiado.....	48
4.3.1 - Temperatura.....	49
4.3.2 - Umidade Relativa.....	60
4.3.3 - Interação entre Temperatura e Umidade Relativa.....	72
4.4 - Modelo Matemático.....	74
4.4.1 - Perda de Cor dos Grãos de Café Beneficiado.....	74
<b>5 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>6 - SUGESTÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO.....	página
1 - Teores médios de alguns constituintes químicos do grão de café cru.....	6
2 - Características químicas e organolépticas de diferentes amostras de café, que diferem quanto a qualidade (Amorim et al., 1977).....	16
3 - Alterações químicas e organolépticas em grãos de café verde armazenados durante 21, meses em diferentes embalagens (Melo et al., 1980).....	17
4 - Atividade da Polifenoloxidase e peroxidase e valores de índices de coloração e acidez titulável de cafés previamente classificados pela prova de xícara, (Carvalho et al., 1984).....	19
5 - Avaliação da reflectância em função do teor de umidade de cafés armazenados (Natarajan et al., 1961).....	22
6 - Avaliação da reflectância, em função do teor de umidade de café estocado três meses em silo experimental hermético (Majunder et al., 1962).....	23
7 - Soluções salinas utilizadas para a manutenção de atmosfera com umidade relativa constante, nas diversas temperaturas ensaiadas.....	33
8 - Cronograma demonstrativo das diversas fases de amostragem durante o período de estocagem experimental.....	35
9 - Teste de Tukey aplicado às médias dos índices de coloração de grãos de café beneficiado, provenientes de diferentes estabelecimentos comerciais da região de Varginha, Sul de Minas Gerais.....	41
10 - Comparação entre os teores de umidade de equilíbrio obtidos neste trabalho e os obtidos com a utilização da equação de Roa.....	45

11 - Análise de variância dos dados de índice de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados, em diferentes períodos de estocagem, e diferentes condições de temperatura e umidade relativa.....	50
12 - Análise de variância dos de índice de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de temperatura para as várias amostragens.....	51
13 - Análise de variância dos índices de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de umidade relativa para as diferentes amostragens.....	61
14 - Análise de variância dos índices de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade relativa para análise do comportamento da interação UR*TPT nas diferentes amostragens.....	73
15 - Análise de variância , coeficiente de determinação e coeficiente de regressão linear múltipla.....	75
16 - Parâmetros, valores estimados, resíduos e teste T para a análise de regressão linear múltipla dos índices de coloração de grãos de café beneficiados.....	75
17 - Valores dos tempos necessários para que os grãos de café, armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade relativa, atinjam índice de coloração característico do início do processo de branqueamento.....	84

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA.....	página
1 - Evolução da reflectância de grãos, em função do tempo de armazenagem, em diferentes umidade relativas (SANTOS et al., 1971).....	24
2 - Avaliação da reflectância de café Arábica, em função do tempo de estocagem, em umidade relativa de 75%, a diferentes temperaturas.....	24
3 - Disposição do grãos dentro das latas nas quais se realizou o armazenamento experimental do café.....	32
4 - Fluxograma demonstrativo das fases do processo de desenvolvimento do modelo matemático.....	39
5 - Aspecto visual de nove amostras de café beneficiado, separados quanto a cor.....	42
6 - Variação nos teores de umidade de grãos de café armazenados em temperatura de 10 e 20° C para diferentes umidades relativas.....	43
7 - Variação nos teores de umidade de grãos de café armazenados em temperatura de 30 e 40° C para diferentes umidades relativas.....	44
8 - Épocas nas quais foi observado desenvolvimento pronunciado de fungos para os diversos tratamentos.....	47
9 - Variações em função do tempo, nos índices de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados em em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.....	48
10- Variabilidade ao longo do tempo, dos efeitos da temperatura sobre os índices de coloração de grãos de café beneficiado.....	52

11 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em ambiente com umidade relativa de 52% e diferentes temperaturas, durante o período de armazenamento.....	54
12 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em ambiente com umidade relativa de 67% e diferentes temperaturas, no decorrerdo período de armazenamento.....	55
13 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em ambiente com umidade relativa de 75% e diferentes temperaturas, durante do período de armazenamento.....	57
14 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em ambiente com umidade relativa de 85% e diferentes temperaturas, durante do período de armazenamento.....	58
15 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em diferentes temperaturas na média das umidades relativas estudadas, no decorrer do período de armazenamento.....	59
16 - Variabilidade ao longo do tempo dos efeitos da umidade relativa sobre os índices de coloração de grãos de café beneficiados.....	62
17 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em temperatura de 10 <sup>o</sup> C e diferentes umidades relativas, durante o período de armazenamento.....	63
18 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em temperatura de 20 <sup>o</sup> C e diferentes umidades relativas, durante o período de armazenamento.....	64
19 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em temperatura de 30 <sup>o</sup> C e diferentes umidades relativas, durante o período de armazenamento.....	66
20 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em temperatura de 40 <sup>o</sup> C e diferentes umidades relativas, durante o período de armazenamento.....	67
21 - Comportamento dos índices de coloração (IC) de grãos de café beneficiados e armazenandos em diferentes umidades relativas para a média das temperaturas estudadas, durante o período de armazenamento.....	69
22 - Aspecto visual dos grãos de café mais representativos de cada amostra cujos índices de cor foram determinados em cada etapa de análise e para cada tratamento.....	71

23 - Variações médias em função do tempo, nos índices de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade relativa, devidas a interação entre estes dois fatores.....	72
24 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 52% de umidade relativa e temperatura de 10 e 20° C.....	76
25 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 52% de umidade relativa e temperatura de 30 e 40° C.....	77
26 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 67% de umidade relativa e temperatura de 10 e 20° C.....	77
27 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 67% de umidade relativa e temperatura de 30 e 40° C.....	78
28 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 75% de umidade relativa e temperatura de 10 e 20° C.....	78
29 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 75% de umidade relativa e temperatura de 30 e 40° C.....	79
30 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 85% de umidade relativa e temperatura de 10 e 20° C.....	79
31 - Valores dos índices de coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado, para 85% de umidade relativa e temperatura de 30 e 40° C.....	80
32 - Esquema geral para o desenvolvimento do programa para cálculo dos tempos de armazenamento de grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de temperatura umidade relativa.....	81
33 - Fluxograma do programa desenvolvido para estimação do tempo de armazenamento de grãos de café em condições determinadas de temperatura e umidade relativa.....	82

## RESUMO

OLIVEIRA, Marcus Vinicius de. Efeito do armazenamento no branqueamento de grãos de café beneficiado: modelagem matemática do processo. Lavras, UFLA, 1995, 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)\*.

A deterioração da cor dos grãos de café beneficiado foi estudada durante o armazenamento experimental em quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40°C) e quatro umidades relativas (52, 67, 75 e 85%) diferentes. Os dados obtidos foram utilizados para o ajuste de uma expressão matemática capaz de relacionar a cor dos grãos (caracterizada pelo índice de coloração) com o tempo de armazenamento. A partir da análise dos dados experimentais observou-se perda de cor acentuada já a partir do oitavo dia de armazenamento para as condições de temperatura e umidade relativa mais elevadas. Com exceção dos grãos armazenados a 10 e 20° C em umidade relativa de 52%, todos os demais apresentaram perda de cor acentuada. A taxa de descoloração se relacionou diretamente com as condições do ambiente de armazenamento no sentido de que quanto maiores a temperatura e a umidade relativa mais rapidamente foi notada a manifestação do branqueamento.

Foi proposto um modelo matemático empírico para descrever a evolução da perda de cor dos grãos de café com o tempo. O ajuste dos parâmetros do modelo foi feito com base nos dados experimentais obtidos durante o armazenamento. O modelo demonstrou ajuste satisfatório para a

maioria das faixas de temperatura e umidade relativa estudadas, exceto para as temperaturas de 10 e 20°C na umidade relativa de 52%. A validação do modelo tornou possível a sua utilização para estimar o índice de coloração dos grãos armazenados quando as condições de armazenamento (temperatura e umidade relativa) são variadas.

\*Orientador Prof. Dr. Prabir Kumar Chandra. Membros da Banca: Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela e Dr. Bárbara Heliadora Machado Montovani.

## **SUMMARY**

Oliveira, Marcus Vinicius de. Effect of storage on discoloration of milled coffee grains: mathematical modeling of the process.

The deterioration of color of milled coffee grains was investigated during the experimental storage at four different temperatures (10, 20, 30 and 40°C) and four relative humidities (52, 67, 75 and 85%). The data obtained were used for adjusting a mathematical expression capable of relating grain color (characterized by color index) with storage period. From the analysis of the experimental data, color loss was noticed, marked as early as the eighth day of storage for the conditions of higher temperature and relative humidity. Except for the grains stored at 10 and 20°C under relative humidity of 52%, all the rest showed marked loss of color. The rate of discoloration was found to be a direct function of the storage conditions in the sense that higher the temperature and relative humidity, faster was the discoloration.

A mathematical model was proposed to describe the degree of color loss of green coffee beans with respect storage conditions and time. Adjustment of the parameters of the model was accomplished based upon the experimental data obtained during storage. The model estimated the color loss satisfactorily for almost all the temperature and relative humidity ranges studied, except for 10 and 20°C in relative humidity of 52%. The validation of the model makes it possible to

estimate the color index of coffee grains when the storage conditions ( temperature and relative humidity) are varied.

Adviser: Prof. Dr. Prabir Kumar Chandra. Member of the examining board: Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela and Dr. Bárbara Heliadora Machado Montovani.

## 1 - INTRODUÇÃO

O café vem sendo consumido pelo homem há alguns séculos como alimento, remédio e bebida, tornando-se um dos mais importantes produtos alimentícios do comércio internacional.

Este produto constitui, ainda hoje, uma das principais fontes de divisas do Brasil. Segundo dados da FAO, as exportações de café em todo o mundo foram da ordem de 4.186.020 t no ano de 1994, das quais o Brasil participou com 1.034.873 t. Na safra de 1994/95 a produção brasileira foi estimada em 1.205.000 t. Esta cifra possibilitou ao país manter a posição de liderança no mercado mundial com uma participação de aproximadamente 23% do total mundialmente produzido.

⊗ A participação média do café nas exportações brasileiras foi da ordem de 45,4% entre 1964/68, caindo vertiginosamente até atingir um percentual de 10,3 em 1985. No ano de 1995 esta cifra atingiu valor correspondente a 6% (Anuário Estatístico do Café, 1995).

Entre os produtos agrícolas brasileiros poucos têm seu preço vinculado a parâmetros qualitativos e dentre estes ressalta-se o café, cujo valor é acrescido significativamente com a melhoria da qualidade. A qualidade do café, por afetar diretamente o seu preço, levou o Conselho Internacional do Café, em 30 de agosto de 1966, a nomear um grupo de trabalho com a finalidade de estudar os meios convenientes para adoção de um código internacional de normas de qualidade, aplicáveis às exportações de café, com base em fundamentos científicos, Menchú (1967).

Com relação ao consumo interno, sabe-se que o mesmo tem decrescido principalmente em função da pior qualidade do produto adquirido pelas torrefações, constituído de excedente ou do café que não se prestou para a exportação.

No Brasil, um indicativo da preocupação existente com a qualidade do produto é a criação do selo de pureza em 1989, pela Associação Brasileira das Indústrias de Torrefação e Moagem de Café (ABIC), Meirelles (1990).

⊗ A crescente demanda por um café de melhor qualidade pelos países importadores, somada ao surgimento de uma consciência entre os consumidores brasileiros em utilizarem cafés de melhor qualidade, evidencia a necessidade do estabelecimento de programas de pesquisas visando aumentar a oferta destes cafés.

A melhoria da qualidade do café do Brasil refletirá em maiores lucros para os produtores e maior arrecadação de ICMS e demais impostos para os estados e para o país de modo geral.

⊗ As características avaliadas e que determinam a qualidade do café podem ser reunidas em dois grupos, tendo de um lado as que dependem das características físicas dos grãos, tanto verde quanto torrado, e do outro aquelas que se referem exclusivamente à bebida. Inerente ao aspecto físico, na prática comercial são levados em consideração: forma, tamanho, cor e uniformidade dos grãos de café, Menchú (1967).

⊗ A cor é a característica que mais chama a atenção na comercialização, sendo portanto, de grande importância econômica, uma vez que pode levar a depreciação do produto, Mônaco (1961), Subramanyan et al. (1961), Bacchi (1962), Majunder, Natarajan e Bathia (1962), Amorin et al. (1976). Outro aspecto a ser considerado é que a cor está, de um modo geral, relacionada com a qualidade da bebida, Northmore (1968), Amorin et al. (1976).

o É comum, durante o armazenamento do café, haver uma mudança na coloração do grão, passando o endosperma da cor esverdeada para uma cor esbranquiçada, fenômeno que apesar de conhecido há muito como branqueamento, tem sido pouco estudado. Esta descoloração dos grãos de café beneficiado tem sido um problema sério devido a depreciação qualitativa do café com consequentes prejuízos aos produtores e exportadores, Melo et al. (1980). Este fenômeno assume importância se considerarmos que o complexo sistema de comercialização do café faz com que o produto que está sendo negociado e consumido, no geral, tenha sido estocado durante algum tempo.

A literatura não faz referência ao desenvolvimento de modelos matemáticos que permitam analisar o comportamento do café armazenado quanto ao branqueamento dos grãos.

Pretende-se, portanto:

- Obter dados relativos a cinética de perda de cor de grãos de café beneficiado como função da temperatura, da umidade relativa do ambiente de armazenagem.
- Elaborar um modelo matemático que coloque em bases empíricas a interação entre os níveis de branqueamento dos grãos de café, armazenados sob variadas condições de temperatura e umidade relativa, e o tempo de armazenamento.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O café pertence a grande família das Rubiáceas, da qual faz parte o gênero *Coffea*, estabelecido por De Jussieu em 1735. Atualmente pode-se considerar que, praticamente, duas espécies são cultivadas em todo o mundo, quais sejam: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.

Sua comercialização tanto no mercado interno quanto no mercado externo depende de uma boa apresentação do produto, o que dá ao processo de classificação uma importância significativa.

Com o objetivo de se avaliar a qualidade do café no Brasil, foi aprovada pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, em maio de 1978, a resolução nº 12.178, que fixa padrões de qualidade e identidade para alimentos e bebidas, incluindo o café. O objetivo era a obtenção de um produto caracterizado quanto ao tipo, bebida, peneira e cor. Baseado nas diferenças de coloração dos grãos foi estabelecida a classificação por cor, Carvalho e Chalfoun (1985).

### 2.1 - Composição Química do Grão de Café Verde

Vários trabalhos como os de Lochart (1957), Gnagy (1961), Amorin e Silva (1968), Feldman, Ryder, e Kung (1969), Oliveira (1972), Sanint e Valencia (1972), Arcila-Pulgarin e Valencia-Aristizabal (1975), Draetta e Lima (1976), Oliveira et al. (1976), Amorin (1978), Leite (1991) e Chagas (1994) demonstram haver relação entre os componentes químicos do grão beneficiado e a qualidade do café.

A composição química do café verde varia de acordo com o tipo de planta, região, altitude, solo e condições de manejo pré e pós-colheita, Clifford (1975).

O Quadro 1 mostra uma compilação feita por Prete (1992) na qual o autor relaciona os principais constituintes químicos do café crú.

## 2.2 - Aspectos Físicos Relacionados com a Perda de Cor dos Grãos de Café

As sementes de *Coffea arabica*, depois de secas e beneficiadas, apresentam o endosperma de cor esverdeada e após algum tempo de armazenamento se tornam esbranquiçadas. Esta descoloração, mais conhecida por branqueamento, é de há muito conhecida, porém pouco estudada, Melo et al. (1980).

Segundo Bacchi (1962), o branqueamento tem seu início em diferentes pontos do grão de onde se alastra por toda a sua superfície, diminuindo consideravelmente o valor comercial do produto. O tempo necessário para o aparecimento das manchas e seu posterior alastramento é muito variável. Conforme as condições, o grão chega a ficar totalmente branco-opaco em apenas três ou quatro dias.

Para Graner e Godoy (1967), com o passar do tempo, a coloração do grão passa de verde a esverdeada, esverdeada clara e posteriormente amarelada até atingir o branco, fase em que normalmente o café apresenta características de mofo e deterioração.

Bacchi (1962) considera serem as injúrias dos grãos provocadas pelo beneficiamento mecânico, a causa indireta do branqueamento. O autor realizou ensaio no qual armazenou amostras de café em condições de laboratório por 15 meses. Os grãos de uma das amostras foram submetidos a compressão por meio de uma leve martelada. Os grãos de uma segunda amostra tiveram a

QUADRO 1. Teores Médios de alguns Constituintes Químicos do Grão de Café Crú (Prete, 1992).

Parâmetros	Valores	Referências
Água	8 - 12%	Travagline e Tosello (1967/68); Tango (1971); Leite (1991) e Bassoli (1992).
Proteínas	9 - 16%	Fonseca et al. (1974); Amorin e Josephson (1975) e Bassoli (1992).
Minerais	2,5 - 4,5%	Malavolta et al. (1963); Tango (1971); Clarke e Walker (1974) e Njoroge (1987)
Lípideos	10 - 18%	Fonseca et al. (1974) e Bassoli (1992)
Carboidratos	20 - 25%	Clifford (1975); Njoroge (1987) e Clarke e McCrae (1985).
Sólidos solúveis	24 - 31%	Garruti et al. (1962); Moraes et al. (1973/74) e Bassoli (1992)
Açúcares totais	5 - 10%	Tango (1971); Sabbagh et al. (1977); Njoroge (1987) e Leite (1991).
Açúcares redutores	0 - 5%	Tango (1971) e Njoroge (1987).
Ácido clorogênico	2 - 8,4%	Tango (1971); Miya et al. (1973/74); Njoroge (1987) e Menezes (1990).
Cafeína	0,6 - 1,5%	Tango (1971); Miya et al. (1973/74); Clifford (1975) e Njoroge (1987).
Potássio	1,35 - 1,88%	Malavolta et al. (1963); Catani et al. (1967) e Clifford (1975).

superfície lixada e os da terceira amostra foram mantidos intactos. A observação posterior demonstrou que o branqueamento não se manifestou nos grãos isentos de machucadura enquanto que naqueles previamente machucados o fenômeno se manifestou em intensidade proporcional ao tipo e grau das machucaduras.

Segundo Amorin (1978), pode-se deduzir que as injúrias mecânicas responsáveis pelo branqueamento do café provocam a deterioração da qualidade, a partir da desestruturação da membrana celular. Os danos mecânicos provocam rupturas das membranas, havendo em consequência uma desorganização celular.

O excesso de umidade do grão é um dos fatores que causam distúrbios de ordem fisiológicas ao café. De acordo com Camargo e Telles (1953), quando a semente de café tiver umidade superior a 13%, ocorre internamente uma fermentação lenta, com desprendimento de gás carbônico, fazendo com que haja uma dilatação da mesma, tornando-a mais tarde, inchada e menos densa, além de provocar a sua morte.

Não se sabe ao certo a umidade crítica na qual a mudança de cor é máxima, mas sabe-se que varia de 7 a 22% quando a umidade relativa do ar oscila de 50% a 95%, na temperatura de 24°C, Subramanyan et al. (1961).

O branqueamento dos grãos de café tem início quando estes atingem o teor de umidade de 12%, Menchú (1967), Wilboux e Hahn (1966). Como limite de segurança para o armazenamento do café, aconselha-se um teor de umidade máximo de 11%, Rigitano et al. (1964), Wilboux e Hahn (1966).

Bacchi (1962) constatou que a umidade relativa do ambiente de armazenamento influencia de maneira bastante acentuada o fenômeno do branqueamento, acelerando a manifestação do mesmo.

Caldas, citado por Teixeira, Fazuoli e Carvalho (1977), estudando cafés de Angola, verificou que o branqueamento dos grãos de café beneficiados e armazenados depende da

umidade do local de armazenagem e da iluminação, sendo menos frequente em locais de baixa umidade relativa e menos iluminados.

Santos et al. (1971) e Multon et al. (1974) também observaram que o branqueamento está diretamente relacionado à umidade relativa do local de armazenamento.

Além da umidade relativa do ar, a temperatura de estocagem também influi na mudança de cor dos grãos de café durante o armazenamento. Baixas temperaturas conservam melhor a cor. Grãos com teor de umidade acima do limite, denominado teor de umidade crítico, mudam de cor mais facilmente quando armazenados a temperaturas mais elevadas, Subrahmanyam et al. (1961).

A temperatura de armazenamento tem uma relação direta com a perda de qualidade em cafés armazenados. De acordo com Stirling (1975), temperaturas na faixa de 10-17°C são capazes de preservar as características de aparência do café verde e do café torrado assim como a qualidade da bebida por um período superior a 12 meses.

Com objetivo de estudar o efeito da temperatura e de outros fatores sobre o branqueamento de café beneficiado, Hara citado por Lopes (1988), armazenou amostras de cafés de diferentes procedências durante duas semanas em temperaturas de 5 e 30°C. Com relação a temperatura o autor observou que a cor dos grãos estocados a temperatura de 5°C não mudou acentuadamente como se verificou à temperatura de 30°C, na qual os grãos mostraram tendência ao escurecimento. Observou também que amostras de café armazenadas a 5 e a 30°C em ambiente escuro tiveram maior tendência ao branqueamento do que aquelas que foram armazenadas expostas a luz, nas mesmas condições de temperatura.

Lopes (1988), acompanhou a mudança de cor nos grãos de café beneficiado, devida a incidência de luz branca e suas faixas espectrais (azul-violeta, verde, amarela e vermelha). Foi constatado que os grãos armazenados na presença de luz branca e de luz transmitida pelo filtro azul foram as mais afetadas na cor e na qualidade de bebida. Os grãos armazenados no escuro tiveram tendência a clarear. Dados de reflectância mostraram ser os comprimentos de onda na faixa de violeta-azul os principais responsáveis pela depreciação da qualidade (cor e bebida) do

café beneficiado, devido a incidência de luz durante o armazenamento.

Experimentos conduzidos por McLoy (1979), com a utilização de várias fontes de luz artificial e vários filtros, mostraram ser o comprimento de onda de 460 nm (azul) o mais eficiente na melhoria da qualidade dos grãos de café, e a melhor fonte de luz artificial uma bancada de lâmpadas fluorescentes do tipo luz do dia.

Para Rabechault citado por Bacchi (1962), a coloração dos grãos de café depende, em grande parte, do método empregado no processamento do café, sendo muito influenciado pela fermentação, pelo pH da água de lavagem e pelo processo de seca.

Menchú (1967) afirma que a secagem altera a cor dos grãos de café, especialmente nos secadores mecânicos; a cor desigual é o defeito mais generalizado. O ressecamento empalidece o grão, e se forem empregadas temperaturas superiores a 80°C, resultarão grãos muito aquecidos de cor acinzentada que, quando reabsorvem umidade, branqueiam irregularmente com as bordas branqueando primeiro.

McLoy (1979), notou que a secagem de café exposto ao sol, em camada pouco espessa, favorece o aparecimento de coloração verde-cinza, tida como desejável, enquanto a secagem à temperatura de 30 ou 49°C, em ambiente escuro (secagem mecânica), concorre para o aparecimento de grãos de cor verde amarelada, tida como indesejável.

### 2.3 - Considerações sobre a Origem e a Mudança da Cor dos Grãos de Café.

✓ A cor verde apresentada pelos grãos de café é indicativa de que os processos oxidativos endógenos estão ocorrendo a taxas reduzidas, ou mesmo não ocorrendo, Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984). Ainda segundo estes autores, a perda de cor verde por armazenamento inadequado ou injúrias mecânicas e fisiológicas, possivelmente seria devida a oxidação de precursores do ácido virídico ou talvez a sua oxidação.

✓ Rabechault citado por Bacchi (1962), afirma que os taninos e os complexos tânicos do cafeeiro desempenham funções na coloração dos grãos desta planta. Segundo o autor, a coloração dos grãos resulta da mistura do ácido clorogênico com vários outros diversamente coloridos, como o virídico, o cofálico, o cafetânico etc., que são diferentes estados de oxidação do primeiro.

Northmore (1966,1968) analisou uma solução incolor, obtida a partir do extrato de grãos crus de café, obtendo, sob certas condições, as principais cores encontradas em grãos de café (azul, verde, amarelo e pardo). Expondo a solução verde à luz solar, o autor constatou que a cor verde definha e a solução torna-se de aparência mais azulada, muito embora as leituras espectrofotométricas permanecessem as mesmas antes e depois da exposição. Assim descartou-se a hipótese de ser a clorofila a responsável pela cor verde da solução, por ser o pigmento solúvel em água e a clorofila não. Uma solução amarela foi obtida a partir da passagem da solução verde numa coluna de alumina, que reteve, em alguns casos, um composto de cor azul. Considerando que a cor verde é sensível a luz e a azul não, e sendo a cor verde uma mistura de amarelo e azul, sugere o autor que a substância de cor amarela é a responsável pela sensibilidade da solução verde à luz. O autor chama a atenção ainda, para o fato de que a solução amarela absorve luz no comprimento de onda entre 400 e 470 nm, que compreende o comprimento de onda que melhorou a qualidade dos grãos de café e que reduziu a coloração amarela esverdeada observada por McLoy (1979) nos grãos de café secos no escuro.

Neste mesmo trabalho, Northmore (1968) obteve, em solução, um complexo de cor azul resultante da mistura de ácido clorogênico e magnésio. Supondo a cor desenvolvida na solução e aquela observada nos grãos derivarem de uma mesma substância básica, através de substâncias químicas semelhantes, acredita-se que este complexo seja o responsável pela coloração azul encontrada nos grãos de café de boa qualidade. Para o autor tanto a coloração como o precipitado azul formado na acidificação de extratos aquosos estariam relacionados com a formação do ácido virídico, produto da oxidação do ácido clorogênico em solução alcalina. Nesse precipitado, detectou-se também a presença dos íons Fe, Mg, Si, Al e B.

O efeito do íon Mg no desenvolvimento da cor azul seria o de estabilizar a oxidação do ácido clorogênico, formando o complexo de cor azul. No entanto, dados obtidos por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), confirmando os de Carelli, Lopes e Mônaco (1974), permitem concluir que a possibilidade de que esta substância seja, isoladamente a responsável pela cor do café, é pouco provável.

✓ Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) realizaram comparações entre as sementes dos cultivares Mundo Novo de *C. arabica*, cujo endosperma é verde, com os do cultivar Cera, dessa mesma espécie, de endosperma amarelo. Os autores não constataram diferenças quanto as clorofilas e chegaram a conclusão de que estas substâncias não parecem ser responsáveis pela cor verde do café.

Northmore (1965) afirma que o Fe poderia desempenhar algum papel na formação da cor verde do endosperma do café, pois cafeeiros deficientes nesse elemento produzem sementes com endosperma de cor âmbar. Além do que, pela combinação do íon Fe com o ácido clorogênico, podem-se obter soluções de coloração verde, porém insensíveis a luz.

Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) analisando os íons Fe, K, Ca, Mg e B nos cultivares Cera e Mundo Novo notaram que o primeiro apresentou mais Fe e menos K, não diferindo em relação aos demais. O autor também concluiu que não se poderia diferenciar os cultivares estudados quanto a cor, pelo simples fato de que tal precipitado foi encontrado tanto no "Cera" quanto no "Mundo Novo".

Gibson (1971) demonstrou que, durante a secagem do café ao sol, havia formação de alcóois diterpênicos, os quais não eram observados antes desse processo ou quando secos crioscopicamente. A polimerização de uma dessas substâncias, o cafestol, originaria a cor amarela, que passaria ao marrom na presença do oxigênio. A polimerização do outro diterpeno, o 'Kahweol', originaria pigmentos azul- esverdeados. O autor concluiu que a cor do endosperma do café seria produto da formação de ésteres de 'kahweol' e 'cafestol'. Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) entretanto, não encontraram diferenças significativas para os diterpenos nos

cultivares Mundo Novo (endosperma de cor verde) e Cera (endosperma amarelo), mas afirma que apesar disso, seria razoável supor que a proporção entre 'cafestol' e 'Kahweol' pudesse influenciar na determinação da cor dos dois tipos de café estudados.

Wurziger e Suche, citados por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), chamam atenção para o fato de que o 'Kahweol', composto que tem merecido maior atenção como participante na formação da cor do café (Gibson, 1971), não é encontrado no endosperma de cor verde do cultivar de *C. canephora*.

Northmore (1968) mostrou que as alterações na coloração de extratos aquosos de café ocorriam em função do pH, sendo que, em um período superior a 20 horas, o pH 8,7 foi o mais favorável para o desenvolvimento da cor azul. Em faixas inferiores de pH, não havia a formação dessa cor, permanecendo os extratos verdes.

Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) confirmaram a influência do pH no desenvolvimento da coloração, e constataram que o melhor desenvolvimento de cor em grãos de café da variedade 'Cera' ocorreu em pH próximo a 8,3 e em grãos da variedade 'Mundo Novo', próximo a 8,7. Constataram, também, que a diferença entre o pH inicial e o final foi maior nos pHs 8,7 e 9,1 para o 'Cera' e 8,3 e 9,1 para o 'Mundo Novo' e que, a medida que houve a passagem do verde para o azul, a absorvância diminuiu em 670nm e aumentou em 620nm. Segundo os autores não se conhece uma explicação para essas variações quanto à velocidade do desenvolvimento de cores e diferenças de pH, entre os dois cultivares, nem o motivo de os picos de absorção de luz se situarem em tais valores, quando Northmore (1968) determinou valores de 660 e 600nm. De qualquer forma os autores constataram que a sequência de formação das cores nas variedades 'Cera' e 'Mundo Novo' era a mesma, do mesmo modo que o comportamento dos extratos, quando testados quanto ao efeito da luz e do íon  $Mg^{++}$ , mostrando que, se tais efeitos são devidos à substância que confere a cor verde ao endosperma das sementes do 'Mundo Novo', ela está presente no 'Cera'.

Estudos realizados por Guyot citado por Chassevent (1987), indicaram ser um pigmento

azul o responsável pela cor verde do café, resultante da reação entre a quinona formada a partir do ácido caféico, ou de seus ésteres, com o grupamento  $\alpha$ -amino de aminoácidos. Essa cor seria produto da mistura do azul, formado por essa substância, com o amarelo do excesso de quinonas. O pH e a atividade enzimática da polifenoloxidase teriam papel na formação do pigmento e na sua estabilidade, assim como este seria fotossensível e instável a temperaturas superiores a 35°C.

Com relação a cor parda encontrada nos grãos de café, Northmore (1965) afirma que a mesma deve-se a oxidação enzimática dos polifenóis presentes nos grãos, principalmente no ácido clorogênico e dos produtos resultantes do esfacelamento deste ácido.

Em tecidos vegetais, os flavonóides são conhecidos como substâncias que podem conferir diferentes colorações; em sua maioria, porém, limitam-se àquelas que não o verde, como o amarelo, vermelho e o azul, Harborne (1965). Dados obtidos por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), em estudo realizado com os cultivares Mundo Novo e Cera de *C. arabica*, excluem esta possibilidade.

X Carrelli, Lopes e Mônaco (1974), Clifford (1975), afirmam que os frutos de *Coffea arabica* se caracterizam por ter um alto teor de compostos fenólicos e, em particular os chamados ácidos clorogênicos (até 8% sobre o teor de matéria seca). Segundo Amorin e Silva (1968), os compostos fenólicos, principalmente os ácidos clorogênicos exercem ação protetora, antioxidante dos aldeídos. Quando há qualquer condição inadequada ou problemas no armazenamento ocorre, como citado anteriormente, a atuação das polifenoloxidases sobre os polifenóis e consequente diminuição da ação antioxidante destes últimos sobre os aldeídos.

Dos compostos fenólicos do grão de café, a maior parte é derivada do ácido benzóico e ácido cinâmico. O primeiro é metabolizado do ácido cinâmico e o segundo é derivado de desaminação da L-fenilalanina, Ramirez (1987).

Morton citado por Amorin e Silva (1968) afirma que os compostos fenólicos quando

oxidados podem se transformar em quinonas ou quinonas polimerizadas, dependendo do grau de oxidação, e se apresentarem com uma coloração parda ou preta.

Quando o café vai passando para cores mais claras, piorando a bebida, diminuindo a densidade e a atividade da polifenoloxidase, o acúmulo de compostos fenólicos (detectados pelo reativo do nitrito) nos bordos do grão, vai desaparecendo, ficando os mesmos com uma distribuição mais homogênea, Amorin et al. (1977).

~~Amorin~~ Amorin e Teixeira (1975) observaram que as transformações bioquímicas indesejáveis que ocorrem no grão durante e após a colheita e que levam a formação de uma bebida inferior são principalmente de natureza enzimática. Algumas destas transformações bioquímicas degradam as paredes e membranas celulares. As membranas celulares possuem lipídeos e proteínas, e são estabilizadas por íons, principalmente cátions. Fatores externos como a temperatura, umidade e injúrias podem alterar a estrutura dessas membranas fazendo com que percam a organização e seletividade. Isto ocorrendo, vários componentes químicos que estão separados por estas membranas entram em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas. Características do grão como a cor, densidade e qualidade da bebida, podem ser afetadas devido a ocorrência destas transformações.

Dentre as enzimas do café cru, especial atenção tem sido dada a polifenoloxidase (PFO) a qual está relacionada positivamente com a qualidade do café, principalmente no que diz respeito ao escurecimento dos tecidos, devido a injúrias mecânicas ou fisiológicas, Mason citado por Amorin e Silva (1968).

✓ A polifenoloxidase é uma enzima cúprica encontrada em tecidos de plantas e animais e é a única conhecida que cataliza a oxidação aeróbica de compostos fenólicos, sendo estes compostos um dos que mais influenciam na qualidade (predominantemente sabor e aroma) do café e muitos produtos vegetais, Northmore (1968) e Amorin e Silva (1968).

Amorin (1978) relata que "in vivo", a enzima polifenoloxidase encontra-se ligada às membranas celulares e é ativada somente quando liberada destas. O autor sugere que danos ocorridos nas membranas liberam, e portanto, ativam a polifenoloxidase (PFO), que por sua vez oxida os ácidos clorogênicos a quinonas. A polifenoloxidase é inibida pelas quinonas formadas, diminuindo a sua atividade. Qualquer fator ambiente que altere a estrutura da membrana, por exemplo o ataque de insetos, infecções por microorganismos, alterações fisiológicas e danos mecânicos, provocam uma rápida deterioração dos grãos de café. Uma vez rompida a membrana celular ocorre um maior contato entre as enzimas e os compostos químicos presentes dentro e fora das células do grão. Isto provoca reações químicas que modificam a composição original do café verde. O aumento da quantidade de fenóis oxidados (enzimaticamente ou não) provoca uma inativação da enzima polifenoloxidase. Posteriormente, Rotemberg e Ianchan (1971), confirmaram esses resultados. Estes mesmos autores (1971a) propuseram um método químico para a diferenciação da bebida café.

O mecanismo da inativação da polifenoloxidase pelas quinonas formadas já é conhecido na literatura. Elas reagem prontamente com os grupos amino, imino e sulfidril dos aminoácidos, peptídeos e proteínas, Forsyth (1964).

Segundo Oliveira (1972), Amorin et al. (1974, 1974a, 1975, 1975a, 1976), Melo e Amorin (1975) e Arcila-Pulgarin e Valencia-Aristizabal (1975), a atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de *C. dewevrei*, *C. canephora*, *C. arabica* e *C. liberica* diferem entre si e decrescem com o tempo de armazenamento, sendo que o maior decréscimo foi nas amostras que apresentavam maior atividade.

Observando o Quadro 2 apresentado por Amorin et al. (1977), e o 3 apresentado por Melo et al. (1980), nota-se uma maior atividade da polifenoloxidase nos grãos de melhor cor.

QUADRO 2 - Características Químicas e Organolépticas de Diferentes Amostras de Café, que Diferem quanto a Qualidade ( Amorin et al., 1977).

Processo	atividade ppo * (Klett/ml)**	Qualidade bebida	Tempo de Armazenamento (Ano)	Cor	Condições de Armazenamento
Despolpado	76	mole	1	verde-ecuro	saco plástico
terreiro	-	mole	1	verde claro	côco, s.plast.
"	35	apenas mole	3	verde bem claro	saco plástico
"	32	"	3	" " "	lata
"	24	dura	3	esbranquiçado	saco aniagem
"	25	"	3	"	saco de pano
"	27	"	3	"	saco de papel
"	14	rio zona	8	marron-claro	saco de aniagem

\* ppo - grupo de enzimas oxidativas denominadas polifenóis oxidases.

\*\* Klett = absorbância/500

**QUADRO 3 - Alterações Químicas e Organolépticas em Grãos de Café Verde Armazenados durante 21 Meses, em Diferentes Embalagens (Melo et al., 1980).**

Embalagens	Atividade ppo * (DO/100 mg)	Qualidade da bebida	Cor dos grãos
lata	225,44	2,7 (AM)	verde
saco plástico	184,76	2,7 (AM)	verde
saco plástico	98,30	2,0 (D)	esbranquiçado
saco de algodão	96,48	2,1 (D)	esbranquiçado
saco de aniagem	102,28	2,1 (D)	esbranquiçado

AM - Bebida "Apenas Mole"; D - Bebida "Dura".

\* DO/100 mg - Atividade Enzimática Expressa em Densidade Ótica a 420 nm por 100 mg de Matéria Seca.

Carvalho et al. (1994) determinaram as atividades enzimáticas da polifenoloxidase e peroxidase e os valores de acidez titulável e índice de coloração de grãos de café previamente classificados quanto a bebida pela prova da xícara. Os autores concluíram que as atividades enzimáticas da polifenoloxidase e peroxidase e os valores de índice de coloração aumentaram, enquanto a acidez titulável decresceu com a melhoria da qualidade do café. Concluíram também que os cafés beneficiados podem ser classificados qualitativamente pelo índice de coloração e atividade da polifenoxidase, como pode ser visto no Quadro 4.

Estes resultados parecem sugerir alguma relação entre os níveis desta enzima e as diferentes cores apresentadas pelos grãos, e entre a bebida e a cor dos grãos de café.

As enzimas e os substratos da película e da mucilagem são fatores que também podem contribuir para a descoloração do endosperma e da película prateada. A mucilagem possui polifenol-oxidases e a película prateada diversas proteínas, sendo algumas enzimas (polifenol-oxidase e peroxidase). Estas enzimas oxidativas quando em contato com seus substratos (PPO-fenóis e outros doadores de hidrogênio) atuam sobre eles, oxidando-os. A quinona formada é muito reativa e reage não enzimaticamente com aminoácidos e proteínas, que adquirem uma coloração escura, Amorin et al.(1976).

Amorin et al. (1977) estudaram a película prateada de cafés que diferem quanto ao processamento e observaram que quase todos os componentes analisados da película prateada estão em menor quantidade no café despulpado devido as lavagens durante o processamento. Os ácidos fenólicos apresentaram resultados semelhantes, talvez devido a lavagem no café despulpado e a oxidação no não despulpado. Também uma maior absorbância a 400nm do café despulpado indica maior quantidade de fenóis oxidados que comprova a hipótese de que o escurecimento da película prateada é devido a oxidação de fenóis e posterior reação com aminoácidos e proteínas.

QUADRO 4. Atividade da Polifenoloxidase e Peroxidase e Valores de Índices de Coloração e Acidez Titulável de Cafés Previamente Classificados pela Prova de Xicara, (Carvalho et al., 1984).

Classificação pela prova de xícara	Atividade de polifenoloxidase		Atividade de peroxidase		Índice de coloração DO (420 nm)		Acidez titulável ml de NaOH/100 g	
	Média	Faixa de variação	Média	Faixa de variação	Média	Faixa de variação	Média	Faixa de Variação
Estritamente mole	68,94a	67,66-74,76	58,84a	47,99-74,66	0,884a	0,840-0,920	211,2e	175,00-237,40
Mole	65,96b	64,16-67,66	53,18b	42,66-61,33	0,791b	0,730-1,000	235,8d	175,00-275,00
Apenas mole	63,77c	62,99-66,94	47,73c	39,95-58,67	0,764c	0,670-0,850	218,3e	187,40-262,40
Dura	60,98d	55,99-62,99	44,64d	4,66-55,99	0,746d	0,650-0,870	250,4e	200,00-300,00
Riada	44,00e	37,33-53,66	42,71d	31,99-58,67	0,569e	0,520-0,620	272,2b	237,40-312,40
Rio	41,36f	36,16-47,83	39,53e	26,66-53,33	0,533f	0,450-0,610	248,5a	255,00-350,00
CV (%)	4,14		12,05		5,50		8,70	

Além das pesquisas relacionadas à atuação da polifenoloxidase, diversas outras têm sido realizadas visando associar a qualidade da bebida com a composição química, o que de uma forma ou de outra pode estar relacionada com a coloração dos grãos. Calle (1963) relacionou a qualidade do café com o teor de metilcetonas e aldeído acético. Rodriguez, Frank e Yamamoto (1969) e Guyot, Clros e Vincent (1982) relacionaram a qualidade do café com o teor de aldeídos. Menchú (1967), Fonseca, Gutierrez e Teixeira (1974) e Amorin et al. (1977) com a quantidade de lipídeos. O aumento da acidez do óleo e do teor de ácidos graxos livres como resultado do processo de hidrólise e oxidação de lipídeos durante a deterioração do café foram reportados por Estevez (1960), Rigitano et al. (1964), Jordão et al. (1969/70), Santos et al. (1971), Miya et al. (1973/74), Multon et al. (1974), Amorin et al. (1977), Amorin (1978), Melo et al. (1980), Cortez e Azevedo (1981).

Outros trabalhos avaliaram o teor de carboidratos Mutiso (1971), Amorin et al. (1974) e Bassoli (1992); ácidos clorogênicos, fenóis hidrolisáveis e fenóis totais por Centi-Grossi, Tassi-Micro e Sivano (1969), Feldman, Ryder e Kung. (1969), Amorin et al. (1974) e Gopal, Venkataramanan e Ratna (1976); proteínas solúveis por Amorin (1972), Amorin et al. (1974), Amorin et al. (1975), Amorin e Josephson (1975), Amorin (1978) e Leite (1991); ácido ascórbico, cafeína e trigonelina por Gopal e Vasudeva (1974), e sólidos solúveis por Garrutti e Teixeira (1962).

Os resultados destes trabalhos, indicam que os piores cafés, em termos de qualidade de bebida, possuem: menos proteínas solúveis, mais aminoácidos livres, mais ácido clorogênico, menos fenóis hidrolisáveis, menos ácido ascórbico, baixo teor de carboidratos e maior teor de ácidos graxos livres com diminuição do conteúdo de lipídeos. Estes valores mostram que ocorrem importantes reações oxidativas durante o processo de deterioração dos grãos de café sugerindo intensa peroxidação de lipídeos.

Ainda com relação aos lipídeos, Amorin et al. (1977) observaram que os mesmos se distribuem por todo o grão, com um acúmulo nos bordos, nos cafés em bom estado. Quando o café vai passando para cores mais claras, diminuindo a densidade e a atividade da polifenoloxidase, este

acúmulo vai desaparecendo, ficando os grãos com uma distribuição homogênea. O teor de lipídeos totais, entretanto, não variou com o decorrer do tempo. A porcentagem de insaponificáveis no óleo correlacionou-se positivamente com a qualidade do café e negativamente com o teor de ácidos graxos livres.

#### **2.4 - Avaliação Quantitativa da Perda de Cor dos Grãos de Café Durante o Armazenamento.**

Natarajan et al. citados por Wilboux e Hahn (1966) usando um reflectômetro tristímulo mediram a reflectância de grãos de café Robusta e Arabica armazenados em sacos, no decorrer de um período de nove meses. Os autores observaram que, com o passar do tempo, havia um aumento da reflectância Y para o café Robusta e uma diminuição da mesma para o café Arábica. Os dados obtidos por eles constam do Quadro 5.

Armazenando café arábica em silo hermético durante três meses em temperaturas na faixa de 24 a 29°C, Majunder Natarajan e Bathia (1962), observaram alterações no gosto e no aspecto a partir do teor de umidade de 10,7%, conforme Quadro 6.

A Qualidade do café arábica armazenado durante 181 dias, em cinco umidades relativas entre 50 e 95% e a temperatura de 26°C, foi avaliada por Santos et al. (1971). A Figura 1 mostra os resultados obtidos pelos autores quanto a evolução da reflectância dos grãos.

Multon et al. (1974) armazenaram café arábica em cinco umidades relativas e em quatro diferentes temperaturas, obtendo medidas de reflectância dos grãos. Para umidade relativa de 75% observaram decréscimos nos valores de reflectância nos primeiros 12 dias e acentuado aumento na reflectância com o aumento da temperatura, a partir deste tempo até o sexagésimo dia de estocagem, como mostra a Figura 2.

**QUADRO 5 - Avaliação da Reflectância, em Função do Teor de Umidade de Cafés Armazenados**  
(Natarajan et al. citados por Wilboux e Hahn, 1966).

MESES	Café Robusta		Café Arabica	
	Teor de unidade em % sobre a matéria úmida	Reflectância*	Teor de unidade em % sobre a matéria úmida	Reflectância*
abril	9.1	18.0	9.0	21.0
maio	11.3	19.0	11.3	20.0
junho	12.2	20.0	12.7	22.0
julho	13.6	22.0	14.5	26.0
agosto	13.4	21.8	13.8	32.0
setembro	12.7	22.0	13.6	29.0
outubro	11.8	22.0	12.0	25.0
novembro	11.0	21.8	11.2	27.0
dezembro	10.5	22.0	11.0	27.0

\* Quantidade de luz refletida em condições operacionais definidas

QUADRO 6 - Avaliação da Reflectância, em Função do Teor de Umidade de Café Estocado Três Meses em Silo Experimental Hermético (Majunder et al., 1962)

Teor de umidade	Reflectância Y*		Aspecto	odor
	inicial	final		
9,0	16,5	16,8	bom	bom
9,6	16,4	17,2	bom	bom
10,7	16,3	18,2	um pouco descorado	bom
11,2	17,0	23,0	esbranquiçado	desagradável
12,8	17,2	23,1	esbranquiçado	desagradável
13,7	17,3	23,6	inteiramente esbranquiçado	mofo e muito desagradável

\* Quantidade de luz refletida em condições operacionais definidas

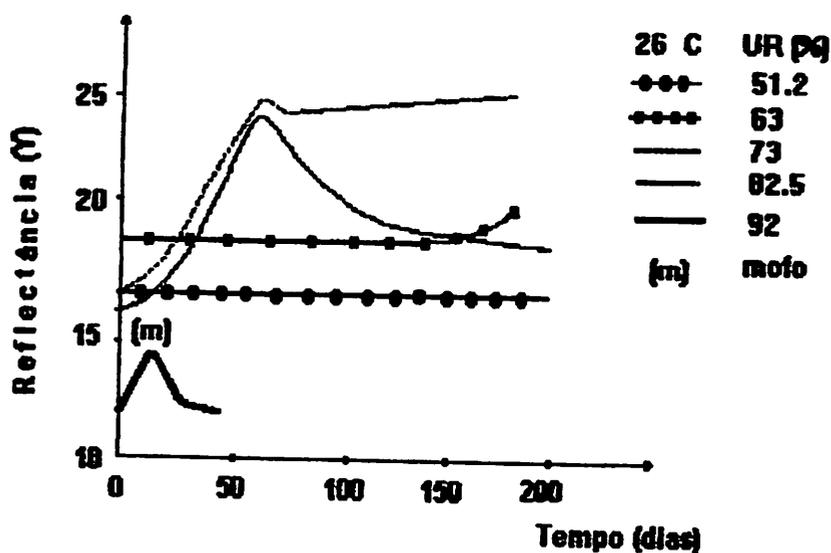


FIGURA 1 - Evolução da Reflectância de Grãos de Café, em Função do Tempo de Armazenagem, em Diferentes Umidades Relativas, (Santos et al., 1971).

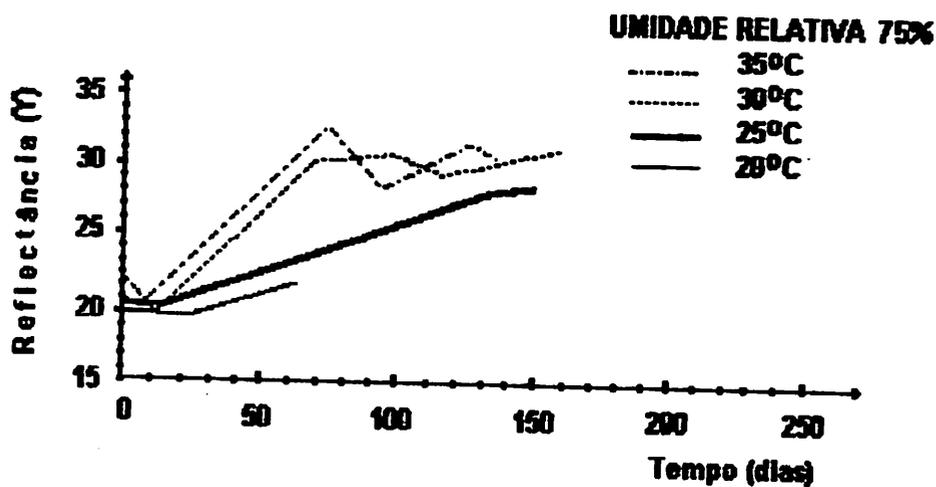


FIGURA 2 - Avaliação da Reflectância de Café Arábica, em Função do Tempo de Estocagem, em Umidade Relativa de 75%, a Diferentes Temperaturas (Multon et al., 1974).

Lopes et al. (1995) avaliaram amostras de café em colorímetros tristímulos nos sistemas Hunter, CIE e Munsell, correlacionando os atributos obtidos com as avaliações visuais realizadas por especialistas em café. O objetivo foi o estabelecimento de uma escala para a classificação dos cafés em classes de qualidade segundo sua cor.

## 2.5- Avaliação da Cor

◦ O impacto visual causado pela cor, via de regra, se sobrepõe àquele causado pela observação dos demais atributos de um determinado produto. Ferreira (1981) e Francis (1980) afirmam que a cor caracteriza, de forma bastante acentuada, os objetos, constituindo-se no primeiro critério aplicado para sua aceitação ou rejeição.

◦ A cor é um fator importante para valorizar a qualidade de um alimento. Com efeito, frequentemente este componente está ligado ao estágio de maturação, presença de impurezas, realização apropriada ou defeituosa de um tratamento tecnológico, más condições de armazenamento, começo de uma alteração causada por microorganismos, etc. Por isso se baseiam na cor, vários métodos oficiais para avaliar a qualidade dos alimentos, Cheftel, Cheftel e Besançon (1992) e GULLET (1992).

Os tecnologistas têm interesse na cor dos alimentos por várias razões, uma delas é a possibilidade de evitar mudanças de cor ocasionadas por reações químicas que ocorrem durante o processo de armazenamento.

A cor é um quesito importante na classificação do café por permitir a determinação e também por revelar os cuidados no preparo (Graner e Godoy, 1967).

Lopes (1988) afirma ser muito difícil expressar a cor dos grãos de café em virtude da existência de uma enorme quantidade de termos utilizados para descrevê-la e também a inexistência de uma nomenclatura padronizada para a cor.

A colorimetria, ou medida da cor, tem como objetivo relatar em termos numéricos a cor de um objeto e dispõe para tanto de uma quantidade bastante variada de métodos para a medição, desde simples comparação aos sofisticados instrumentos projetados especificamente para determinado produto.

Os físicos, com a ajuda de instrumentos (fotômetros e colorímetros), tem buscado definir, medir e comparar as cores de uma maneira objetiva. Suas observações se fazem geralmente sobre soluções transparentes claras (que podem ser obtidas por extração de um alimento sólido), nas quais se mede a absorvância ou transmitância.

A variação da cor de um sistema com a modificação da concentração de um certo componente, constitui a base do que os químicos denominam análise colorimétrica.

A cor pode ser provocada pela formação de um composto corado, resultante da adição de um reagente apropriado, ou pode ser intrínseca ao constituinte analisado. A intensidade da cor pode ser comparada com a que se obtém pelo tratamento idêntico de uma quantidade conhecida da substância.

No processo colorimétrico visa-se determinar a concentração de uma substância pela medida da absorção relativa de luz, tomando como referência a absorção da substância numa concentração conhecida.

### **2.5.1 - Avaliação Objetiva da Cor**

Para a determinação da cor como atributo de qualidade de um produto, considera-se como objetivos os métodos que eliminam o elemento humano como fator decisivo na determinação, Gould citado por Lopes (1988).

Para o procedimento da avaliação objetiva da cor podem ser utilizados os espectrofotômetros e os colorímetros tristímulos, Clydesdale (1969), Hahn e Vincent (1972), Little e Mackiney (1969), Little (1976) e Cheftel, Cheftel e Besançon (1992).

Em seus estudos sobre medições espectroreflectométricas de grãos de café cru Wilboux e Hahn (1966), Santos et al. (1971), Hahn e Vincent (1972) e Multon et al. (1974), utilizaram o espaço físico de cores definido pela C.I.E (Commission Internationale de l'Clairage), a qual elege o estímulo fundamental Y como aquele que dá a intensidade luminosa fisiológica (para o olho) em relação a um branco perfeito.

Cheftel, Cheftel e Besançon (1992) citam entretanto, alguns inconvenientes quanto a utilização do espaço de cores da C.I.E, quais sejam:

- 1) É relativamente complexo, por esta razão é utilizado de forma simplificada, relacionando a qualidade de um alimento a um só coeficiente, por exemplo a luminosidade, a pureza ou o comprimento de onda dominante.
- 2) Não dá um conhecimento profundo da cor, concretamente não se pode reconstituir o espectro de reflexão do objeto a partir dos valores triestímulos. Estes valores identificam da mesma forma todas as luzes que dão um estímulo fisiológico idêntico.
- 3) Não é uniforme. Com efeito, quando se apresentam sobre um diagrama uma combinação de cores que o olho não pode diferenciar entre si, se comprova que estes espaços são relativamente

grandes, de acordo com sua posição no diagrama. Por isto o sistema da C.I.E é pouco apropriado para a determinação prática de diferenças e tolerâncias de cores.

Na análise espectrofotométrica a fonte de radiação emite até a região ultravioleta do espectro. Desta radiação selecionam-se comprimentos de onda definidos que constituem bandas, com largura menor que 1 nm. Este procedimento necessita de um instrumento denominado espectrofotômetro. Um espectrofotômetro ótico é um instrumento que dispõe de um sistema ótico que pode provocar a dispersão da radiação eletromagnética incidente, e com o qual se podem fazer medidas da radiação transmitida num certo comprimento de onda da faixa espectral. Um espectrofotômetro pode gerar um sinal que corresponde à diferença entre a radiação transmitida por um material tomado como referência e a radiação transmitida pela amostra analisada, num certo comprimento de onda, Vogel (1992).

A análise quantitativa aplicada às soluções baseia-se nos estudos de Beer citado por Vogel (1992). O autor estudou o efeito da concentração do constituinte corado, numa solução sobre a transmissão ou absorção de luz e descobriu que a intensidade de um feixe de luz monocromática diminui com a concentração da substância absorvedora.

## **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 - Material experimental**

Para elaboração de uma “escala inicial” para monitoração das variações na cor dos grãos ao longo do tempo foram coletadas amostras de café das safras de 1982/83 e posteriores até 1992/93, armazenadas em estabelecimentos comerciais da zona de Três Corações e Varginha, cujos grãos apresentavam diferentes níveis de coloração, variando do verde-cana, característico dos cafés em bom estado, até o branco-opaco característico do estágio final do processo de branqueamento.

Para efetivação do armazenamento experimental utilizou-se material fornecido pelo Departamento de Produção da Universidade Federal de Lavras que constou de um lote de café, variedade Catuai Vermelho, da safra 93/94 proveniente de um cultivo localizado na própria Universidade.

### **3.2 - Métodos**

#### **3.2.1 - Escala Inicial**

Os grãos das amostras recolhidas em armazéns foram separados visualmente (independentemente do tempo pelo qual ficaram armazenados) em nove categorias de cor. Determinou-se posteriormente os índices de coloração (IC) referentes a cada uma dessas categorias.

Procedeu-se ainda a uma análise de variância e aplicação de um teste de média para comprovação estatística das diferenças entre classes, observadas visualmente.

De posse dos IC das diversas categorias de cor foi elaborada uma escala inicial cuja finalidade foi a de determinar a amplitude de variação dos índices de coloração de acordo com o estágio de desenvolvimento do fenômeno da perda de cor. Com os valores desta "escala inicial" foi possível ainda, monitorar a relação de correspondência entre "índices de coloração-aparência dos grãos" das diferentes classes da "escala" e daqueles provenientes das diversas amostragens no decorrer do armazenamento experimental, evitando assim que eventuais disparidades pudessem comprometer a confiabilidade do dados obtidos.

### **3.2.2 - Armazenamento Experimental**

O lote fornecido pelo Departamento de Produção foi seco ao sol em terreiro de cimento e, posteriormente descascado em um descascador Pinhalense do tipo 200C.

O material foi, em seguida, colocado em ambiente de laboratório (temperatura = 16,9°C e Umidade relativa = 79,9 % - médias do mês de maio) para uniformização da umidade, onde permaneceu por um período de três semanas.

Os grãos utilizados foram aqueles retidos nas peneiras 15 (furo redondo) e 10 (furo oblongo), submetidos em seguida a uma seleção, baseada na comparação visual, grão a grão, de forma a se obter um produto uniforme no aspecto e na cor.

O total de 54 kg de café foi dividido em 16 sublotos dos quais foram retiradas amostras de 5 g em triplicata. Estas amostras tiveram seus IC determinados.

Para comprovação estatística da uniformidade do material experimental procedeu-se, consecutivamente a uma análise de variância dos IC obtidos, com posterior aplicação do teste de Tukey para comparação das médias.

Comprovada a uniformidade do material experimental pode-se iniciar a fase de armazenamento experimental.

### **3.2.2.1 - Tratamentos**

Os grãos selecionados foram colocados em pequenas peneiras, as quais, por sua vez, foram colocadas no interior de latas contendo soluções salinas. A finalidade das soluções salinas colocadas no interior das latas foi a de manter a umidade relativa constante dentro das mesmas.

Em duas destas peneiras foram colocados 200 g de grãos, formando uma camada bastante fina capaz de fazer com que todos os grãos estivessem submetidos igualmente a atmosfera criada no interior das latas. As repetições foram assim constituídas.

Na terceira peneira foram colocados os grãos destinados a monitoração do teor de umidade.

O esquema geral de montagem das peneiras é mostrado na figura 3.

As latas foram colocados em estufas e câmaras com temperaturas controladas onde permaneceram por um período de 192 dias.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação (dois a dois) dos níveis 10, 20, 30 e 40°C do fator temperatura, e 52, 67, 75 e 85% do fator umidade relativa.

A relação das soluções capazes de fornecer atmosfera interna com umidade relativa constante, numa dada temperatura, é mostrada no quadro 7.

### **3.2.3 - Avaliações Realizadas no Decorrer do Experimento**

#### **3.2.3.1 - Determinação do teor de umidade inicial dos grãos**

Umidade inicial dos grãos: determinada pela perda de peso em estufa regulada a 105°C até peso constante.

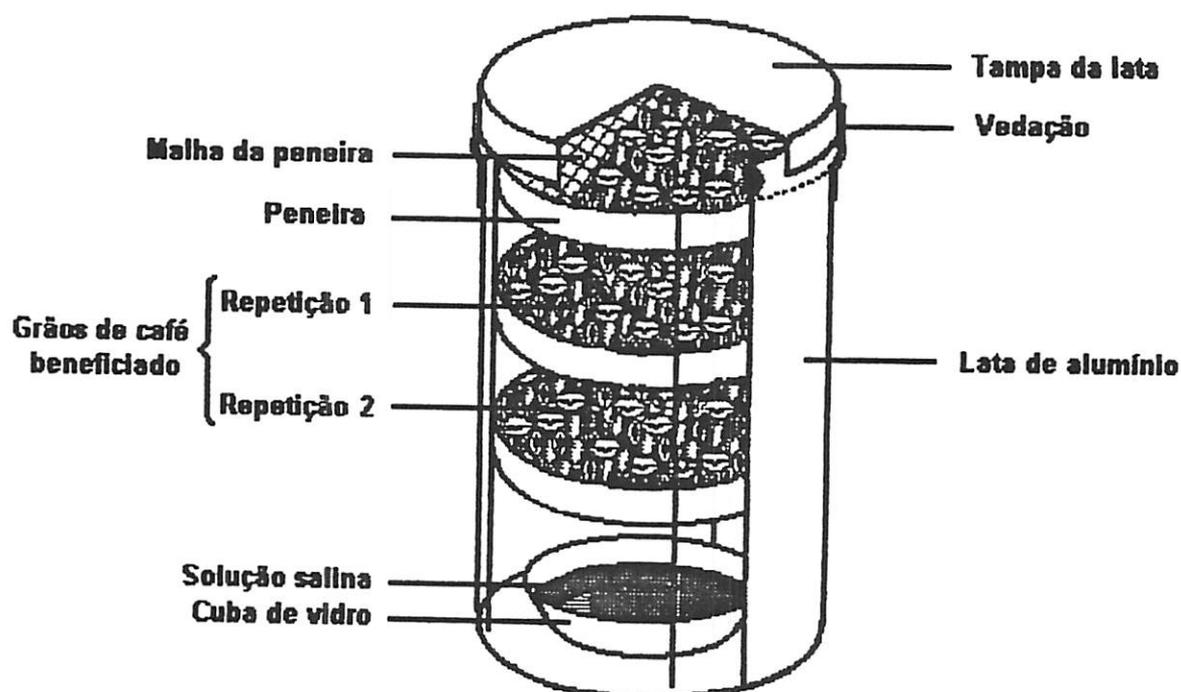


FIGURA 3 - Disposição dos Grãos Dentro das Latas nas quais se Realizou o Armazenamento Experimental do Café.

### 3.2.3.2 - Acompanhamento das variações de umidade dos grãos

As variações nos teores de umidade dos grãos ocorridas durante a fase de armazenamento experimental foram determinadas por pesagens periódicas e posterior cálculo do teor de umidade com base na massa seca inicial.

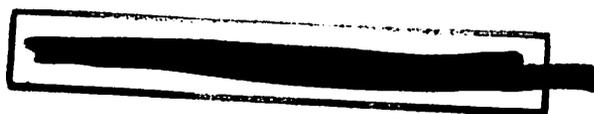
### 3.2.3.3 - Avaliação da cor

Todas as amostras foram avaliadas quanto a cor com base nos índices de coloração, de acordo com técnica descrita por Sinclerton (1966) e adaptada para o café conforme descrição de Carvalho et al. (1994).

QUADRO 7 - Soluções Salinas Utilizadas para Manutenção de Ambiente com Umidade Relativa Constante, nas Diversas Temperaturas Ensaaiadas.

TEMPERATURA (°C)	SAL UTILIZADO	UMIDADE RELATIVA (%)
10	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	53
	CuCl <sub>2</sub>	68
	NaCl	75
	KCl	87
20	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	52
	CuCl <sub>2</sub>	68
	NaCl	75
	KCl	85
30	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	52
	CuCl <sub>2</sub>	67
	NaCl	75
	KcL	84
40	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	51
	CuCl <sub>2</sub>	67
	NaCl	75
	KcL	83

Baseada em dados de Rockland (1960)



**Observação:** para fins de análise estatística e elaboração do modelo matemático foram consideradas as médias das umidades relativas fornecidas por cada sal numa determinada temperatura.

#### **3.2.3.4 - Registro visual das cores**

Os grãos mais representativos de todas as amostras foram fotografados antes de cada análise para que se pudesse obter um registro visual das cores de cada amostra nas diversas fases de amostragem no decorrer do experimento.

#### **3.2.4 - Períodos de Análise**

As análises quanto a cor e a umidade dos grãos foram realizadas de acordo com o Quadro 8.

Numa primeira etapa foram utilizados menores intervalos entre amostragens, com objetivo de se obter um maior número de pontos para melhor caracterizar a evolução da perda de cor dos grãos armazenados em ambiente com umidade relativa mais elevada que, segundo dados de literatura, demonstravam variação acentuada no período inicial de armazenagem.

Na segunda etapa o intervalo entre as amostragens foi aumentado, uma vez que era esperada uma variação menos intensa na coloração dos grãos.

Na terceira etapa o intervalo de amostragem foi aumentado ainda mais, pois se esperava uma estabilização nas variações ou que as mesmas ocorressem de forma bastante lenta.

QUADRO 8 - Cronograma Demonstrativo das Diversas Fases de Amostragem durante o Período de Estocagem Experimental.

DATA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (DIAS)	TEMPO DE ARMAZENAMENTO (DIAS)
06/06/94	-	0
10/06/94	4	4
14/06/94	4	8
18/06/94	4	12
22/06/94	4	16
26/06/94	4	20
30/06/94	4	24
04/06/94	4	28
08/07/94	4	32
12/07/94	4	40
.....		
20/07/94	8	48
28/07/94	8	56
05/08/94	8	64
13/08/94	8	72
21/08/94	8	80
29/08/94	8	88
06/09/94	8	96
14/09/94	8	104
22/09/94	8	112
30/09/94	8	120
08/10/94	8	128
16/10/94	8	136
24/10/94	8	144
.....		
01/11/94	16	160
17/11/94	16	176
03/12/94	16	192

### **3.2.5 -Localização**

O trabalho foi desenvolvido com a utilização de estufas e câmaras localizadas nas dependências listadas a seguir:

- Laboratório de Microestrutura e Arquitetura Alimentar (Depto. de Ciência do Alimentos)
- Laboratório Microbiologia (Depto. de Ciência dos Alimentos)
- Departamento de Fitopatologia
- Departamento de Fitossanidade

Todas elas localizadas no campus da UFLA.

### **3.2.6 - Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial de desdobramento dos graus de liberdade e dois fatores com quatro níveis cada um.

Os níveis do fator temperatura foram os seguintes: 10, 20, 30, 40°C. Para o fator umidade relativa os níveis foram de: 52, 67, 75 e 85%

### **3.2.7 - Análises Estatísticas**

Por ocasião das análises constantes do cronograma foram procedidas análises de variância dos índices de coloração, de acordo com Banzato e Kronka (1989), com o objetivo de acompanhar a atuação dos fatores e a interação entre eles. Segue o esquema da ANAVA:

Causas de Variação	Grau de Liberdade
Temperatura	3
Umidade Relativa	3
Temp * Umid. Rel.	9
Resíduo	16
<b>Total</b>	<b>31</b>

Ao final do experimento procedeu-se a uma análise de variância conjunta, com a inclusão do tempo como um terceiro fator. Os critérios estabelecidos para efetivação desta análise foram os descritos por Steel e Torrie (1981).

O objetivo da análise conjunta foi o de acompanhar o comportamento dos fatores (umidade relativa e temperatura) sobre a variável de análise (índice de coloração) no decorrer do período de armazenamento.

O esquema da análise de variância utilizado foi o seguinte:

Causas de variação	Grau de liberdade
Temperatura(T)	3
Umidade Relativa(UR)	3
T*UR	9
Tempo(t)	25
t*T	75
t*UR	75
T*UR*t	225
Resíduo	416
<b>Total</b>	<b>831</b>

### **3.2.8 - Desenvolvimento do modelo matemático**

Foi ajustado um modelo matemático empírico do tipo funcional para estimativa dos índices de coloração em função do tempo e para diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento.

As diversas etapas constantes do processo de desenvolvimento do modelo são mostradas na figura 4.

Para o ajuste dos coeficientes do modelo matemático foi utilizado o procedimento GLM (General Linear Models) do SAS (Statistical Analysis System).

Os objetivos estipulados para o desenvolvimento do modelo matemático foram os seguintes:

- i* - A equação final deve explicar mais de 80% das variações ( $R^2 > 0.8$ )
- ii* - O modelo deverá apresentar uma variável preditora que será o índice de coloração (IC).
- iii* - Todos os coeficientes estimadores do modelo final devem ser estatisticamente significativos ao nível de 5% de probabilidade.
- iv* - Não deve haver padrão diferenciado para os resíduos.

Os intervalos de temperatura e umidade relativa foram escolhidos com base em critérios práticos, de forma que os mesmos pudessem abranger as temperaturas e umidades relativas médias nas quais o produto é comumente armazenado.

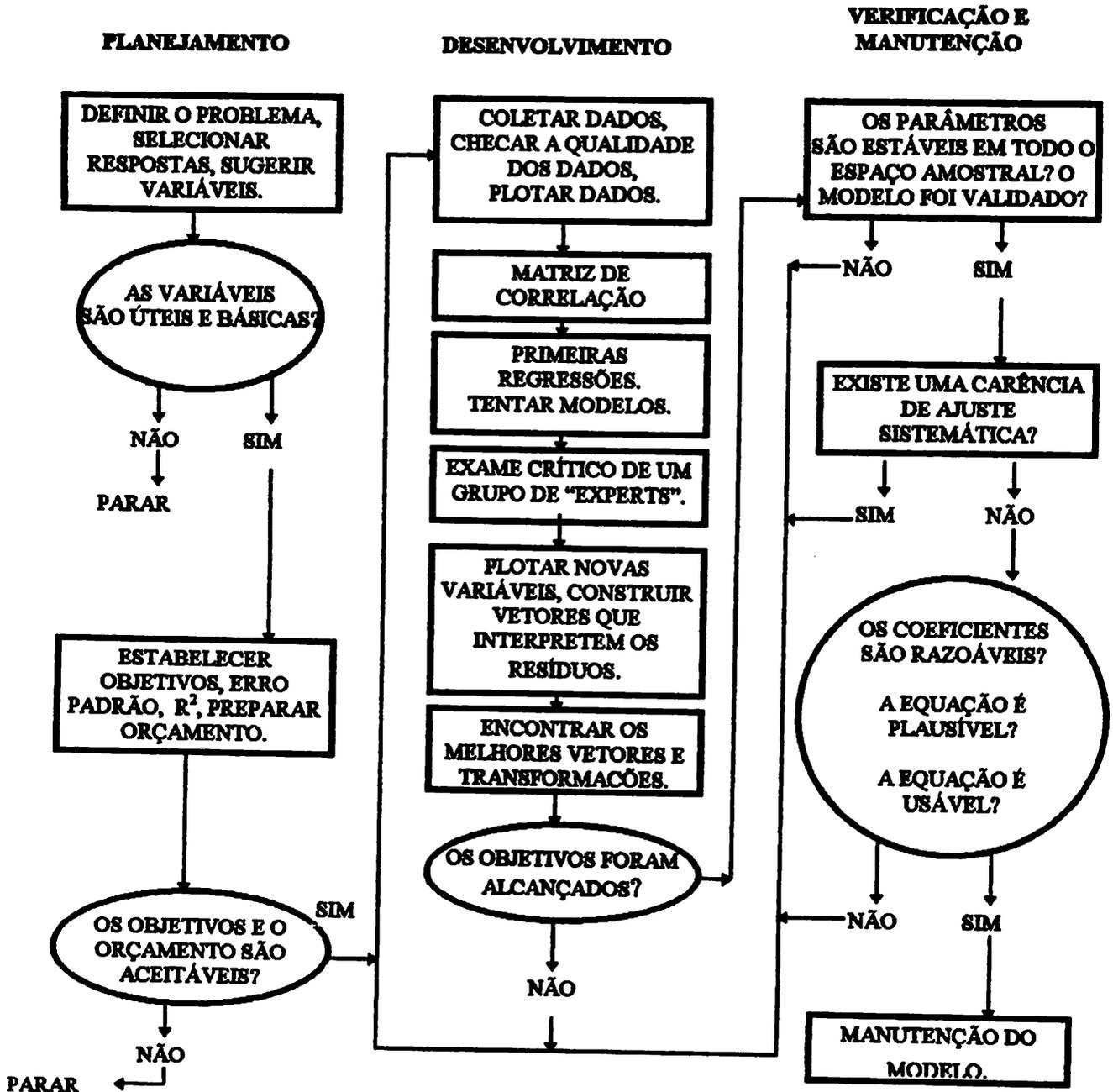


FIGURA 4 - Fluxograma Demonstrativo das Fases do Processo de Desenvolvimento do Modelo Matemático.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - Elaboração da "Escala Inicial" de Cores**

Inicialmente foram analisados os dados experimentais relativos a elaboração da escala inicial de cores para amostras de grãos de café separados visualmente quanto a cor em nove diferentes categorias. A aplicação do Teste de Tukey para as médias dos índices de coloração (Quadro 9) referentes àquelas amostras comprovou estatisticamente as diferenças determinadas com a utilização do elemento humano como fator de julgamento da cor. A análise dos dados revelou uma amplitude de variação de 0,882 a 0,155 (D.O. a 425 nm) referentes, respectivamente, a amostra que continha grãos de coloração verde-cana e a amostra formada por grãos de coloração branco-opaco. O valor numérico do limite superior da escala confere com os dados apresentados por Leite e Carvalho (1994). Estes autores utilizaram em seu trabalho, amostras de café oriundas da UFLA/Lavras, colhidos sob a forma de derriça no pano e secas ao sol; procedimento similar ao adotado no presente. Carvalho et al. (1994) também obtiveram resultados similares ao estudarem amostras de cafés preparados por via seca, provenientes de diversas cooperativas e empresas cafeeiras do Estado de Minas Gerais.

**Quadro 9 - Teste de Tukey Aplicado às Médias dos Índices de Coloração de Grãos de Café**

**Beneficiado Provenientes de Diferentes Estabelecimentos Comerciais da Região de Varginha, Sul de Minas Gerais.**

<b>Categoria</b>	<b>Média</b>
A	0.8820 a
B	0.8150 b
C	0.7460 c
D	0.6303 d
E	0.5353 e
F	0.3820 f
G	0.2913 g
H	0.2210 h
I	0.1550 i

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probab. pelo Teste de Tukey  
 Erro padrão da média = 0.0097  
 DMS(Tukey) = 0.0481

A Figura 5 mostra um registro visual das amostras passíveis de separação visual e cujos índices de coloração correspondem às médias apresentadas no Quadro 11.

**4.2 - Acompanhamento das Variações no Teor Umidade dos Grãos de Café durante a Fase de Armazenamento Experimental.**

O teor de umidade inicial dos grãos, determinado pela perda de peso em estufa regulada a 105°C, indicou um percentual de 9,94 % (base seca). As variações nos teores de umidade ao longo do período de armazenamento estão demonstradas nas Figuras 6 e 7.

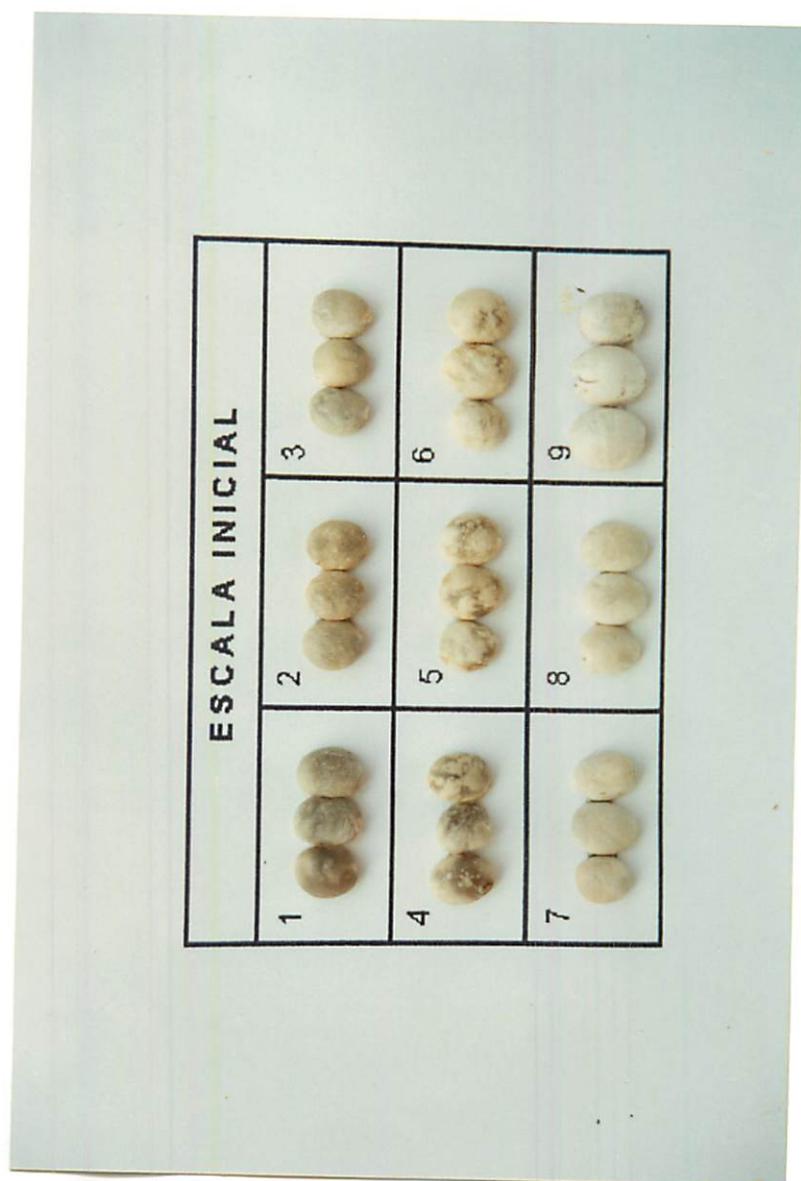
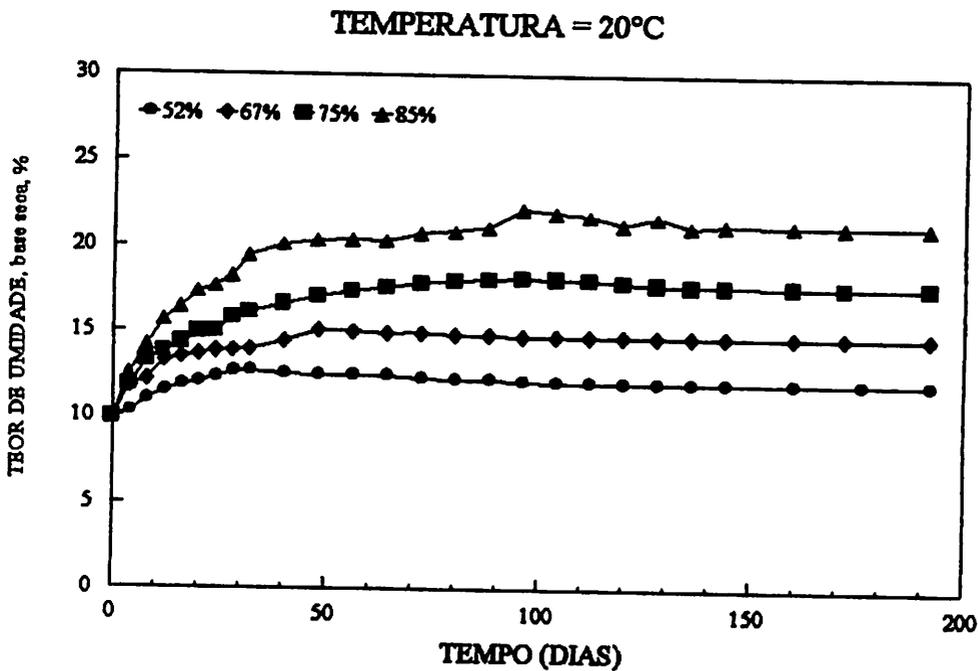
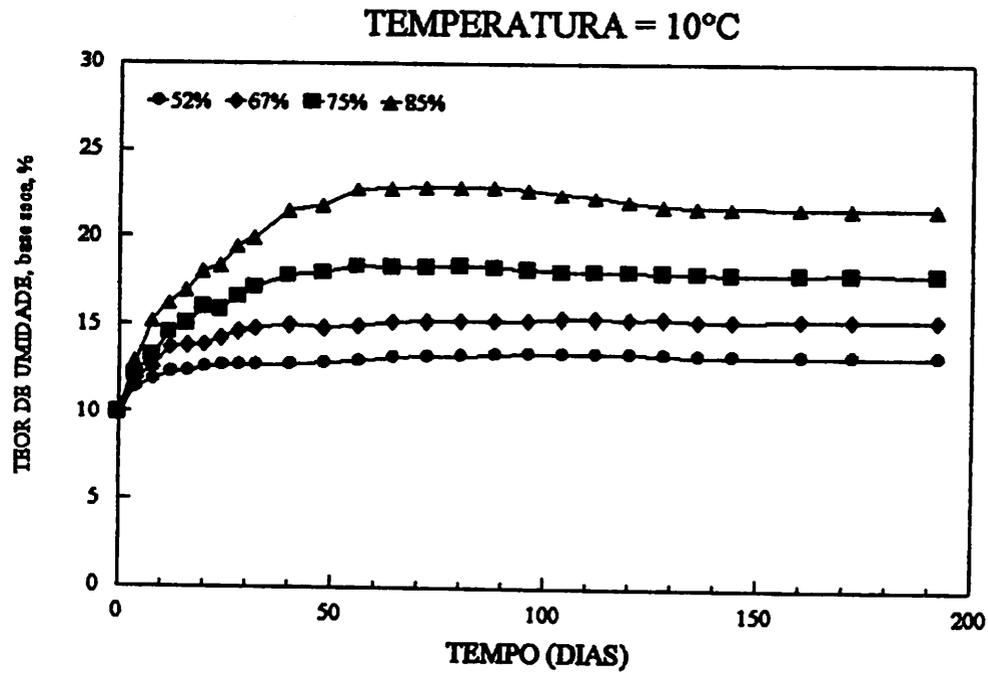
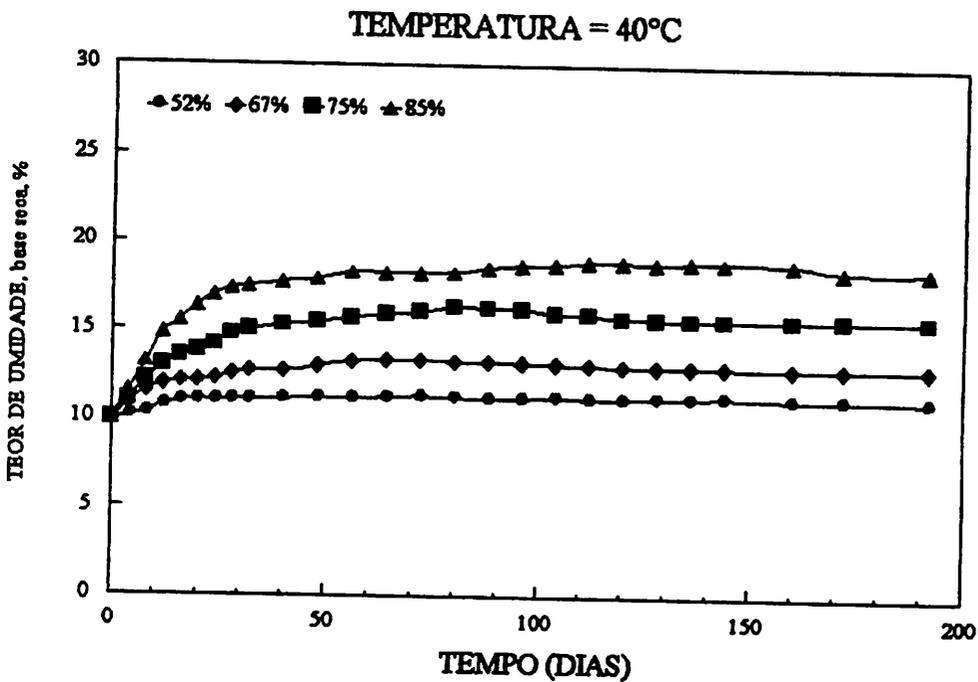
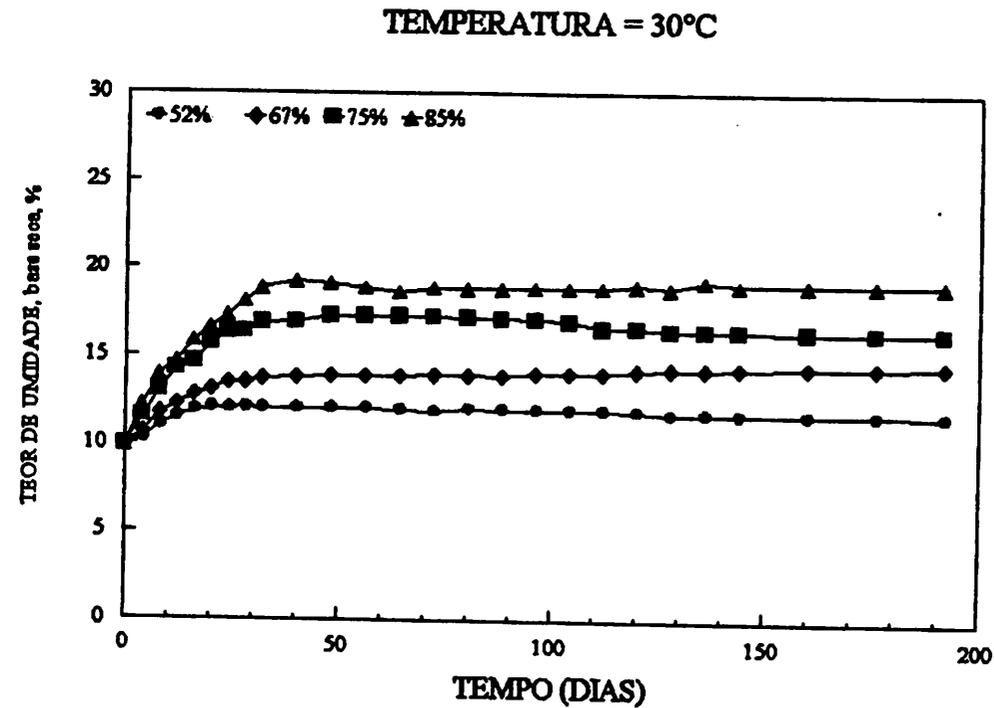


FIGURA 5 - Aspecto Visual de Nove Amostras de Café Beneficiado Separadas Quanto a Cor.



**FIGURA 6 - Variação nos Teores de Umidade de Grãos de Café Armazenados em Temperaturas de 10 e 20°C para Diferentes Umidades Relativas, UFLA, Lavras - MG, 1995.**



**FIGURA 7 - Variação nos Teores de Umidade de Grãos de Café Armazenados em Temperaturas de 30 e 40°C para Diferentes Umidades Relativas, UFLA, Lavras -MG, 1995.**

Observou-se, para todos os tratamentos, que os grãos retiraram água do ar contido nas latas, caracterizando um processo de adsorção.

Os dados referentes aos teores de umidade de equilíbrio que foram atingidos pelos grãos de café verde, ao término da fase de armazenamento, estão dispostos no Quadro 10. Para efeito de comparação este quadro apresenta também os teores de umidade de equilíbrio obtidos com a utilização da equação de Roa, citado por Rossi e Roa (1980). Os parâmetros utilizados para o cálculo dos teores de umidade de equilíbrio na equação de Roa foram aqueles obtidos com base nos dados experimentais de Rodrigues, Frank e Yamamoto (1969) para café verde *Coffea arabica*, var. Caturra. A utilização desta equação para efeito de comparação é justificada pela sua precisão

QUADRO 10- Comparação entre os Teores de Umidade de Equilíbrio Obtidos neste Trabalho e os Obtidos com a Utilização da Equação de Roa, UFLA, Lavras - MG, 1995.

Umidade Relativa(%)	Temperatura (°C)	Teor de Umidade (% bs)		Desvio
		Experimentais	Eq. de Roa	
52	10	13.27	12.61	0.66
	20	12.01	11.53	0.48
	30	11.65	10.57	1.08
	40	11.15	10.01	1.14
67	10	15.33	15.19	0.14
	20	14.74	14.70	0.04
	30	14.49	13.80	0.69
	40	12.93	13.02	-0.09
75	10	17.91	17.24	0.67
	20	17.70	16.38	1.32
	30	16.40	16.03	0.37
	40	15.68	15.22	0.46
85	10	21.65	21.25	0.40
	20	21.24	20.55	0.69
	30	19.07	19.01	0.06
	40	18.51	18.70	-0.19

e aplicabilidade em todas as faixas de variáveis, apresentando os menores erros; atributos comprovados por Sinício e Roa (1979).

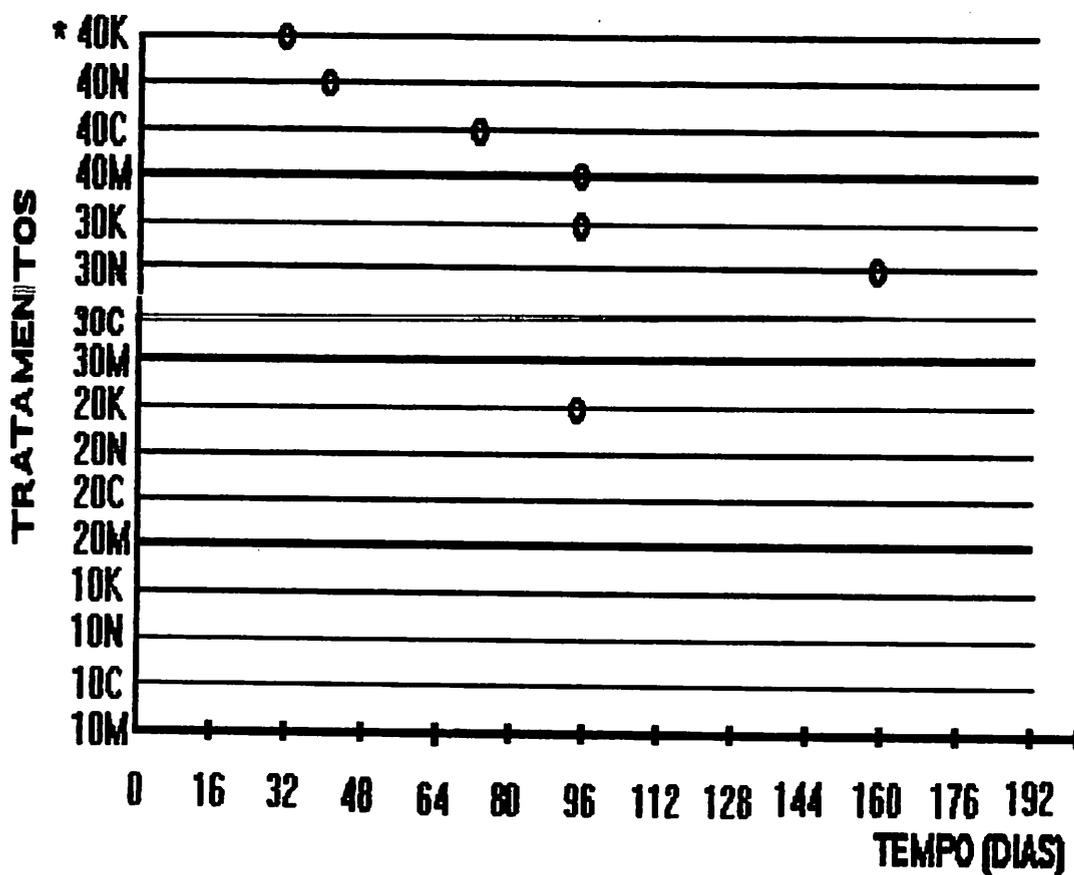
Para a temperatura de armazenamento de 10°C, os teores de umidade de equilíbrio estão em concordância com os previstos pela equação de Roa. Pode-se observar, com base no Quadro 12, que os desvios para a temperatura em questão em todas as faixas de umidade relativa estudadas não ultrapassaram o limite de erro máximo de 0.7% proposto por Sinício e Roa (1979).

Ao se analisar os desvios nos teores de umidade de equilíbrio para a temperatura de 20°C nota-se que, para as umidades relativas de 52 , 67 e 85%, os valores obtidos experimentalmente concordam com os preditos pela equação de Roa, muito embora para 85% de umidade relativa o valor do desvio (0,65) se aproximasse bastante do limite de erro máximo, o que poderia ser justificado pela ocorrência de ataque fúngico pronunciado neste tratamento (Figura 8). Para a umidade relativa de 75% entretanto, o valor do desvio superou o valor máximo do erro (0,7). Neste caso específico a extrapolação do limite não deve ser creditada ao ataque fúngico, uma vez que o mesmo não ocorreu neste tratamento, mas a fatores como a história dos grãos, histerese ou ao fato de não terem sido feitas repetições para avaliação do teor de umidade (talvez o desvio pudesse estar contido dentro de um erro experimental).

Na temperatura de armazenamento de 30°C, embora as amostras tivessem sido atacadas por fungos nas umidades relativas de 67, 75 e 85%, os desvios nos teores de umidade não ultrapassaram o limite de erro máximo, fato observado apenas na umidade relativa de 52%. Aqui também são válidas as considerações feitas para a umidade relativa de 75%.

O desenvolvimento de fungos nas umidades relativas de 67 ,75 e 85%, para a temperatura de armazenamento de 40°C foi bastante pronunciado na fase inicial e média do período de armazenamento experimental, diminuindo sensivelmente na fase final deste mesmo

período. Este fato talvez possa explicar a observação de menores valores para os respectivos desvios. Já na umidade relativa de 52% a acentuada proliferação de fungos se deu nas fases intermediária e final do armazenamento, justificando assim, o maior desvio para o teor de umidade de equilíbrio.



⊖ Ataque fúngico pronunciado

\* Os números no eixo vertical referem-se às temperaturas  
As letras no eixo vertical referem-se às umidades relativas, a saber:  
M=52%, C=67%, N=75% e K=85%.

FIGURA 8 - Épocas nas quais Foi observado Desenvolvimento Pronunciado de Fungos para os Diversos Tratamentos.

### 4.3 - Efeito dos Fatores Condicionantes do Armazenamento sobre a Coloração dos Grãos de Café Beneficiado

Analisando a variabilidade dos efeitos somados da temperatura, da umidade relativa (UR) e da interação entre UR e Temperatura, no que diz respeito a perda de cor dos grãos, observou-se que as variações crescem de forma bastante acentuada no período inicial de armazenamento (Figura 9). Este fato é indicativo de uma ação diferenciada do conjunto de fatores para as diversas combinações de temperatura e umidade relativa.

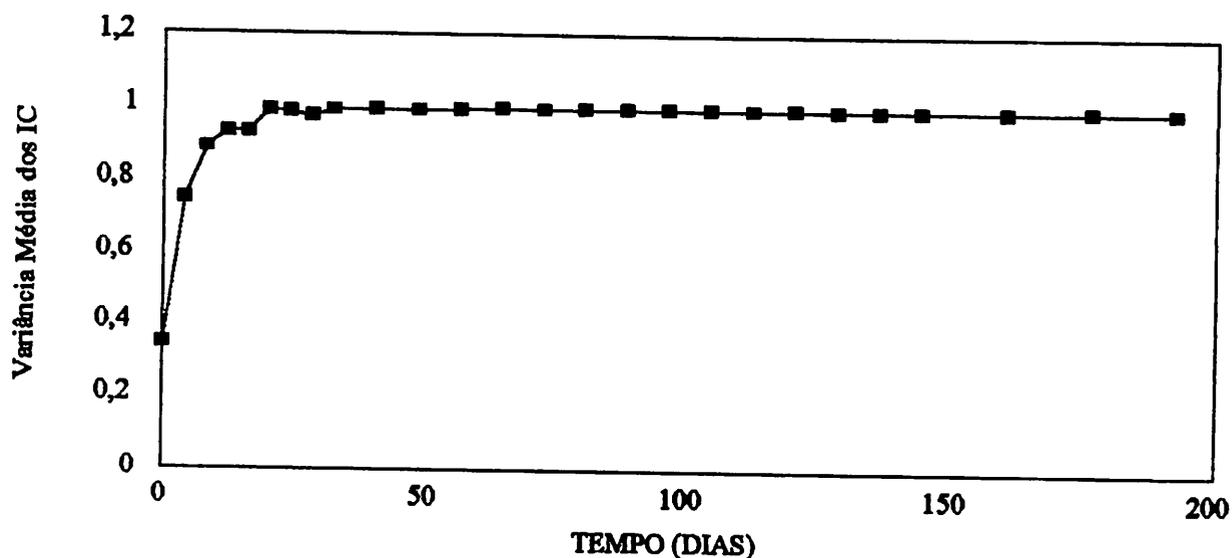


FIGURA 9 - Variações em Função do Tempo nos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa.

A diminuição das diferenças entre os valores numéricos consecutivos das variâncias médias por volta do 12º dia, sugere um início de estabilização das taxas de variação dos IC com o tempo para alguns tratamentos, embora estes mesmos valores permanecessem altos, demonstrando a continuidade do efeito diferenciado de acordo com o tratamento.

As diferenças relativas entre valores consecutivos das variâncias médias continuou bastante pequena até o final do período de armazenamento, ao mesmo tempo que os valores numéricos das mesmas permaneceram praticamente constantes. Estes fatos sugerem que os efeitos do conjunto de fatores sobre os IC predominaram em alguns tratamentos e também que a diferença entre estes mesmos efeitos não foi pronunciada, exceto no período inicial.

#### 4.3.1 - Temperatura

O efeito da temperatura sobre os índices de coloração de grãos de café beneficiados e armazenados, foi evidente com o passar do tempo. A interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento significativa ( $P \leq 0.01$ ) confirmou ser este efeito função do tempo, como mostra o Quadro 11.

A mudança na cor dos grãos de café beneficiado, devida ao efeito da temperatura, pode ser observada já a partir do quarto dia de armazenamento (1ª amostragem), fato que continuou sendo notado em todas as amostragens posteriores até o final do período de armazenamento, como mostra o Quadro 12.

Para analisar o comportamento da temperatura no que diz respeito as variações dos IC ao longo das diversas amostragem do período de armazenamento, as variâncias médias obtidas em cada um dos referidos períodos foram plotadas contra o tempo. Os resultados estão demonstrados na Figura 10.

QUADRO 11 - Análise de Variância dos Dados de Índice de Coloração de Grãos de Café

Beneficiados e Armazenados, em Diferentes Períodos de Estocagem, e

Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa.

Causas de Variação	GL.	Q.M.
Umidade Relativa	3	1.9484**
Temperatura	3	3.8252**
Tempo	25	0.5815**
UR * Temperatura	9	0.1562**
UR * Tempo	75	0.0128**
Temperatura * Tempo	75	0.0404**
UR * Tempo * Temperatur.	225	0.0108**
Resíduo	416	0.00076

C.V = 5.300875

R<sup>2</sup>=0.992052

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, (P<0.01)

Ao observar a Figura 10 nota-se que o efeito do fator temperatura sobre os índices de

coloração teve um incremento bastante evidente na fase inicial de armazenamento, atingindo um

máximo no final deste período e diminuindo a partir daí. As variações acentuadas no início do

período fazem crer que este seja o período crítico no qual o fator temperatura (a níveis elevados)

provoca quedas mais acentuadas nos IC.

Procedido o desdobramento da interação temperatura \* umidade relativa para o estudo

do comportamento do fator temperatura em cada um dos níveis do fator umidade relativa,

observou-se que, para o nível 52% do fator UR, os índices de coloração dos grãos de café

armazenados a 10°C, mantiveram-se praticamente constantes durante todo o período experimental

(Fig. 11). Na fase final do armazenamento foi observado um pequeno decréscimo no valor dos IC

## QUADRO 12 - Análise de Variança dos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados e

Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura para as Várias

Amostragens.

Causa de Variação	GL	Q.M
TPT d. Tempo 0	3	0.0001NS
TPT d. Tempo 4	3	0.0072**
TPT d. Tempo 8	3	0.0167**
TPT d. Tempo 12	3	0.0979**
TPT d. Tempo 16	3	0.1547**
TPT d. Tempo 20	3	0.2340**
TPT d. Tempo 24	3	0.2863**
TPT d. Tempo 28	3	0.2718**
TPT d. Tempo 32	3	0.3390**
TPT d. Tempo 40	3	0.3396**
TPT d. Tempo 48	3	0.3369**
TPT d. Tempo 56	3	0.2925**
TPT d. Tempo 64	3	0.2881**
TPT d. Tempo 72	3	0.2662**
TPT d. Tempo 88	3	0.2255**
TPT d. Tempo 96	3	0.1976**
TPT d. Tempo 104	3	0.1687**
TPT d. Tempo 112	3	0.1643**
TPT d. Tempo 120	3	0.1372**
TPT d. Tempo 128	3	0.1160**
TPT d. Tempo 136	3	0.1043**
TPT d. Tempo 144	3	0.1213**
TPT d. Tempo 160	3	0.1451**
TPT d. Tempo 176	3	0.1403**
TPT d. Tempo 192	3	0.1450**

 $\bar{Y}$  / TPT = Temperatura

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade.

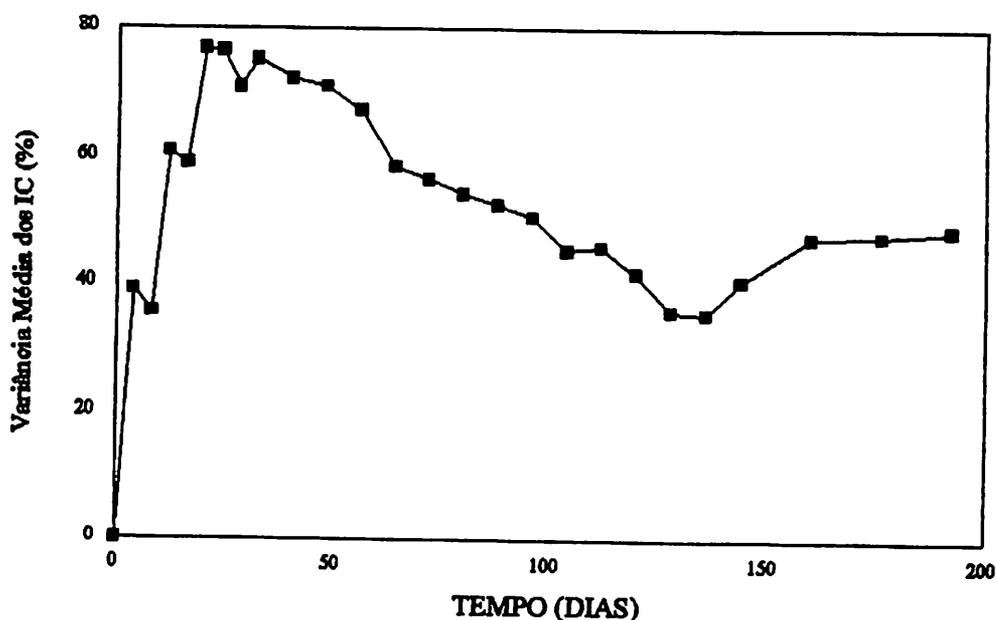


FIGURA 10 - Variabilidade, ao Longo do Tempo, dos Efeitos da Temperatura sobre os Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiado.

A análise visual dos grãos de café demonstrou resultados correspondentes, ou seja uma ligeira depreciação na cor verde-cana apresentada pelos grãos no início do experimento (Fig. 22). Essa depreciação entretanto não foi suficiente para fazer com que os IC atingissem o valor numérico correspondente a categoria imediatamente (B) inferior da "escala inicial.

Comportamento semelhante ao descrito anteriormente, pode ser observado para os IC na temperatura de 20°C até aproximadamente 2/3 do período de armazenamento (Fig. 11). A partir daí notou-se uma queda mais acentuada. A análise visual permitiu observar que os grãos passaram de esverdeado-escuros na transição a brancos com manchas verdes no final do período (Fig. 22).

Para a temperatura de armazenamento de 30°C foi observada uma queda gradativa e uniforme dos IC no decorrer dos 192 dias de armazenamento (Fig. 11). Visualmente observou-se

que os grãos passaram de verde-cana no início do experimento a brancos com manchas verdes no final do mesmo (Fig. 22).

Na temperatura de 40°C também foi observada diminuição dos IC ao longo do tempo, devendo-se ressaltar que a mesma aconteceu de forma bem mais acentuada que nas demais temperaturas, chegando os grãos atingir um IC correspondente ao da categoria "I" da escala inicial de cores um pouco antes da metade do período de armazenamento, permanecendo neste patamar por um pequeno período. A partir daí houve um ligeiro aumento nos valores dos IC (Fig. 11), justificado pela intensificação do ataque fúngico, fato que, segundo Wosiack (1971), conduz a produção de enzimas hidrolíticas que promovem o escurecimento dos tecidos.

A Figura 11 resume o comportamento dos IC como uma função do tempo e da temperatura do ambiente de armazenamento para a umidade relativa de 52%.

Para o nível 67% do fator UR, os índices de coloração dos grãos de café apresentaram um ligeiro declínio a partir da metade do período de armazenamento na temperatura de 10°C (Fig. 12). A cor dos grãos passou de verde-cana a esverdeado-escuro (Fig. 22).

Na temperatura de 20°C o IC do grãos apresentou um declínio uniforme e não muito acentuado durante todo o período (Fig. 12). A cor apresentada pelos grãos ao final do experimento foi semelhante a que correspondia ao IC da categoria "F" da escala inicial (Fig. 22).

A 30°C os IC apresentaram uma queda ligeiramente maior do que aquela apresentada na temperatura de 20°C, chegando, entretanto, ao final do período com um IC praticamente igual ao observado a 20°C (Fig. 12).

O comportamento dos IC na temperatura de 40°C foi muito semelhante aquele apresentado na UR de 52% (Fig. 12), chegando inclusive, a atingir IC correspondente ao categoria I da escala inicial um pouco depois de completado o 1º terço do período de armazenamento.

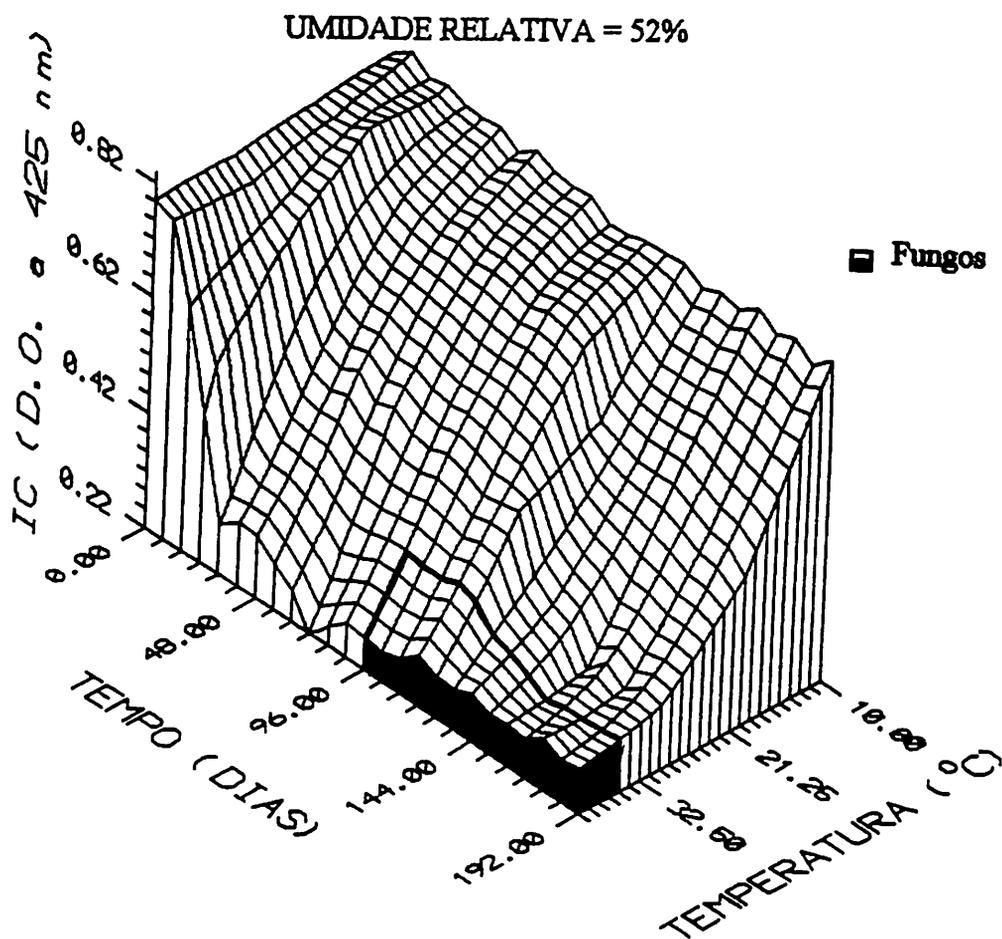


FIGURA 11 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Ambiente com Umidade Relativa de 52% e Diferentes Temperaturas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras -MG, 1995.

A Figura 12 mostra as variações com o tempo dos índices de coloração de grãos armazenados em atmosfera com umidade relativa de 67% e variadas condições de temperatura.

Na atmosfera de armazenamento com 75% de umidade relativa o comportamento dos IC para as temperaturas de 20, 30 e 40°C foi correspondente àqueles apresentados no nível 67% de UR (Fig 13). Na temperatura de armazenamento de 10°C houve, já no início do período, um decréscimo no valor dos IC, bem mais acentuado do que os apresentados até então. A cor

dos grãos chegou, para a referida temperatura, à categoria "E" da escala inicial (Fig. 22), com IC correspondente de 0,549. O resumo do comportamento do IC como função do tempo e da temperatura de armazenamento para o nível 75% do fator UR, é mostrado na Figura 13.

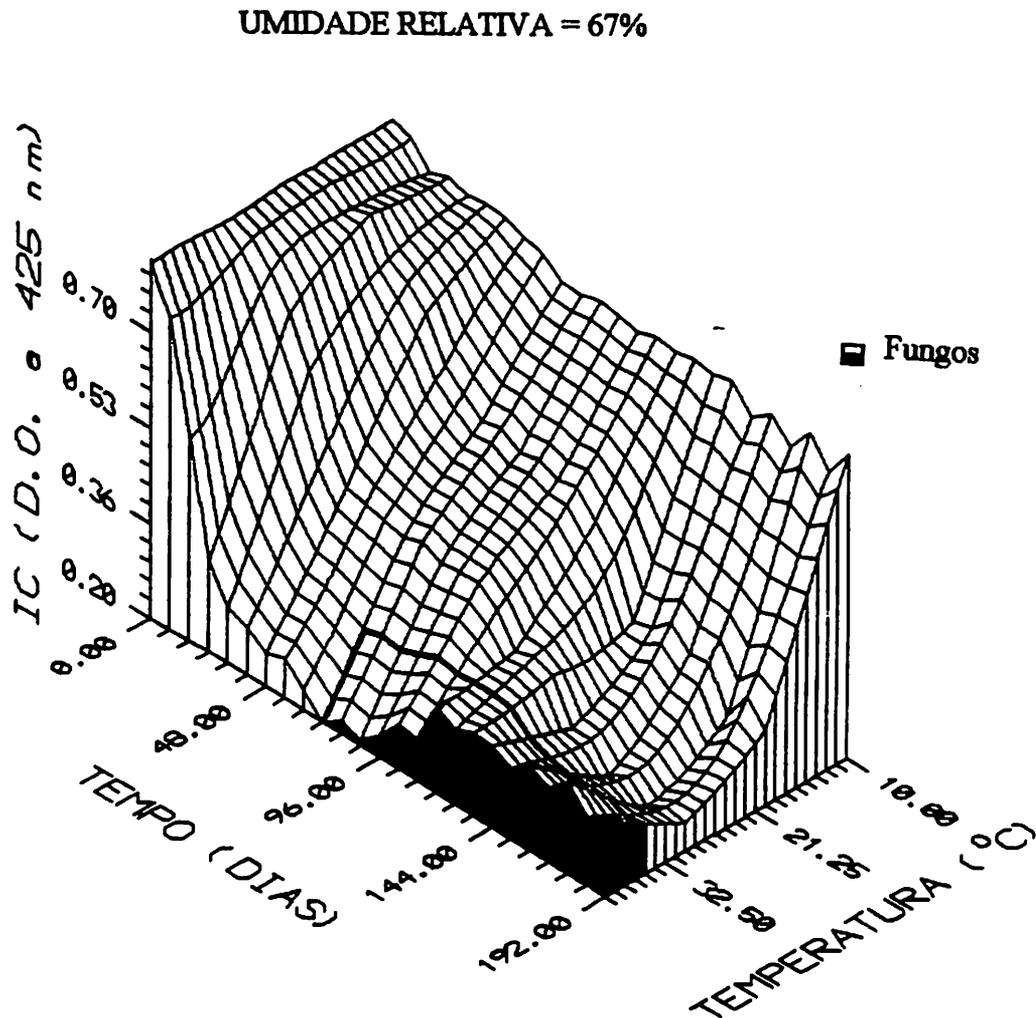


FIGURA 13- Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Ambiente com Umidade Relativa de 67% e Diferentes Temperaturas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

No ambiente de armazenameto com 85% de umidade relativa, houve diminuição acentuada dos IC para todas as temperaturas da faixa estuda. Essa diminuição ocorreu de forma bem mais rápida do que as observadas nas demais UR já analisadas (Fig. 14). As temperaturas de 20 e 30°C demonstraram variações bastante semelhantes. Até mesmo para a temperatura de 10°C o IC dos grãos atingiu valor correspondente à categoria "I" da escala inicial, o que não havia sido notado nas demais UR.

Em resumo, pode-se observar que, para todas as umidades relativas do ambiente de armazenamento, quanto maior a temperatura, mais rapidamente os grãos de café tiveram os valores dos IC de seus grãos diminuídos com o passar do tempo.

O comportamento geral dos IC nas temperaturas de 20 e 30°C foi muito semelhante dentro de uma dada umidade relativa, sugerindo que nesta faixa de temperatura há um comportamento não muito diferenciado dos IC motivado pela variação da temperatura.

Os extremos da faixa de temperatura estudada apresentaram variações também extremas nos IC do grãos de café. As maiores e mais rápidas quedas nos valores dos IC foram notadas na temperatura de 40°C em oposição às menores e mais lentas quedas observadas para a temperatura de armazenamento de 10°C. A Figura 15 mostra as variações com o tempo, dos IC para as diversas temperaturas na média das umidades relativas estudadas.

UMIDADE RELATIVA = 75%

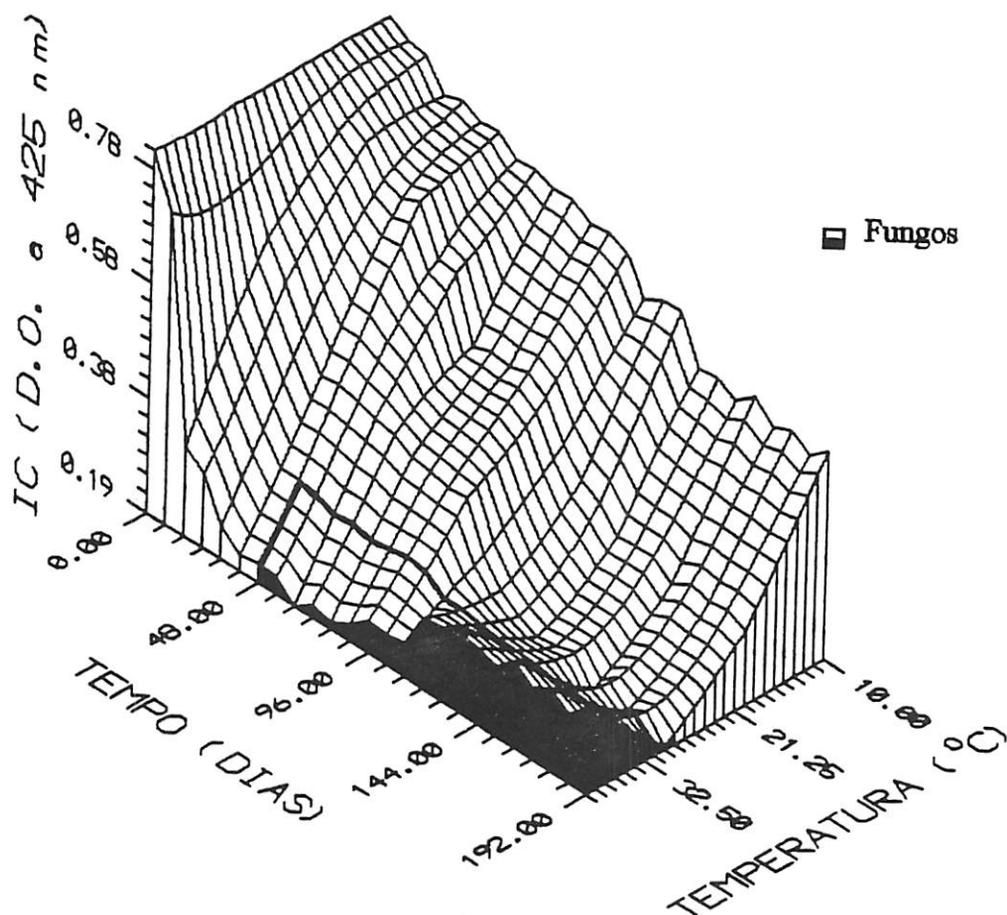


FIGURA 13 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Ambiente com Umidade Relativa de 75% e Diferentes Temperaturas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

UMIDADE RELATIVA = 85%

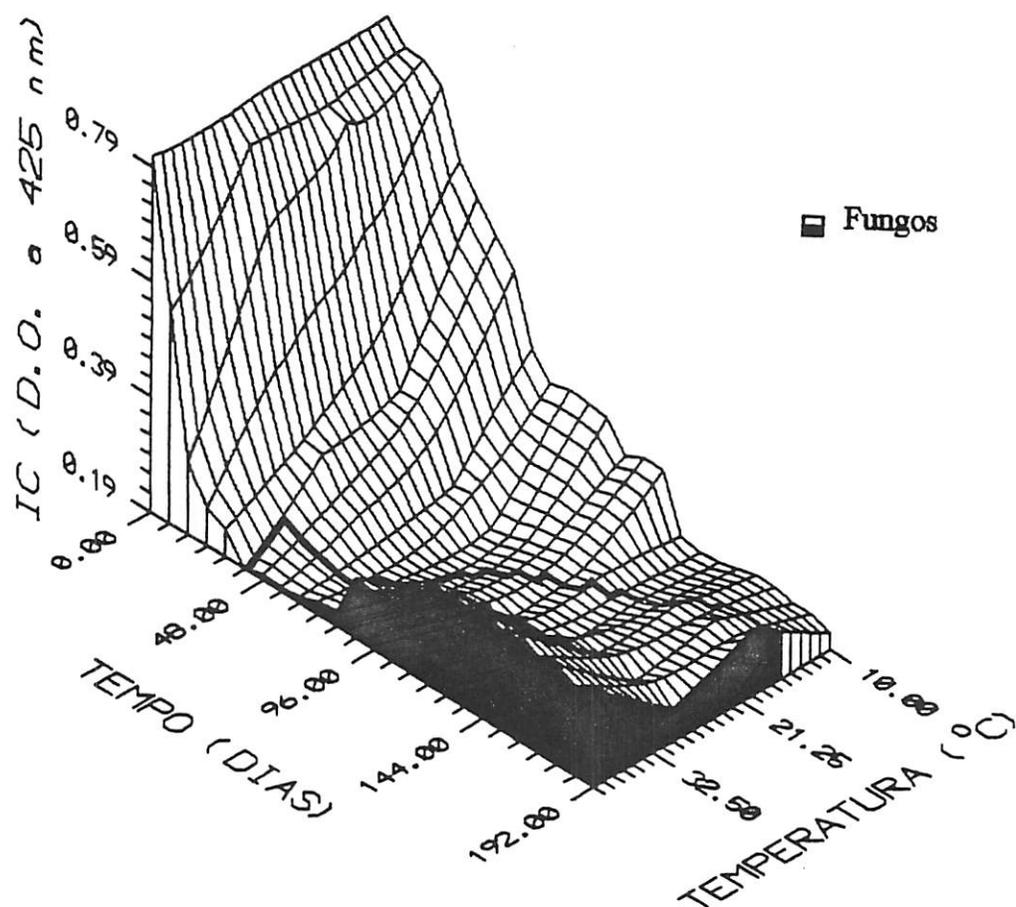


FIGURA 14 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenado em Ambiente com Umidade Relativa de 85% e Diferentes Temperaturas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

## MÉDIA DAS UMIDADES RELATIVAS

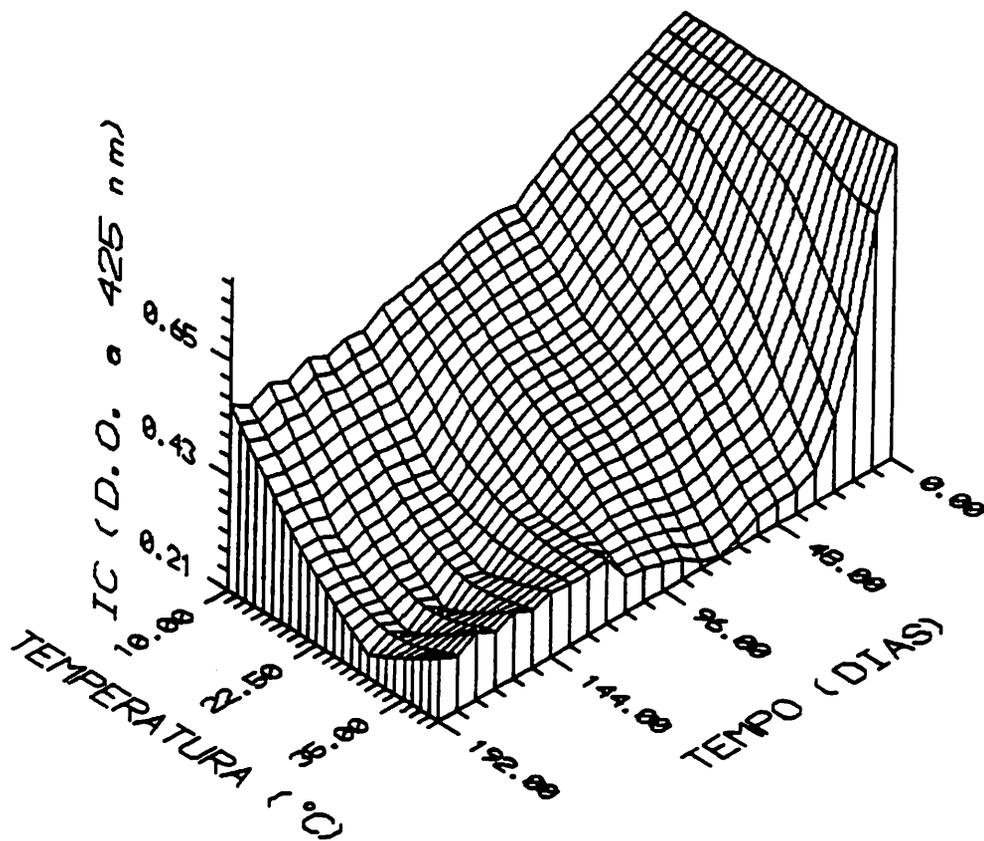


FIGURA 15 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Diferentes Temperaturas na Média das Umidades Relativas Estudadas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

### 4.3.2 - Umidade Relativa

A interação significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre umidade relativa e tempo de armazenamento mostra que o efeito da umidade relativa sobre os índices de coloração é uma função do tempo (Quadro 11).

Os efeitos da UR sobre as mudanças dos IC dos grãos de café beneficiados, puderam ser notadas a partir do oitavo dia de armazenamento (2<sup>a</sup> amostragem) e permaneceram atuantes até o final do experimento, como mostra o Quadro 13.

Plotando-se as variâncias médias obtidas em cada uma das diversas épocas de amostragem pode-se ter idéia das variações dos IC ao longo do tempo, no que diz respeito a ação da UR. O resultado está disposto na Figura 16.

Analisando a Figura 16 pode-se notar que as variações devidas ao fator UR foram numericamente bem inferiores àquelas devidas a temperatura e também que as mesmas tiveram aumento significativo nos oito primeiros dias, decrescendo em seguida até o vigésimo dia. A partir daí observou-se um comportamento crescente gradual até os 128 dias. Deste ponto em diante começaram a decrescer, também de forma gradual. Vê-se portanto que, em média, os níveis do fator UR "capazes" de causar variações nos IC, o fizeram de forma gradativa e relativamente uniforme se comparados com o fator temperatura.

Ao se realizar o desdobramento da interação entre temperatura e umidade relativa, desta vez para estudar o comportamento deste último fator em cada um dos níveis do fator temperatura, observou-se que, para o nível mais baixo da temperatura (10°C), os IC dos grãos armazenados em umidade relativa de 52% permaneceram praticamente constantes até o final do período experimental (Fig. 17).

## QUADRO 13 - Análise de Variância dos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados e

Armazenados em Diferentes Condições de Umidade Relativa para as Diferentes

Amostragens.

Causa de Variação	GL	Q.M
$\bar{I}/$		
UR d. Tempo 0	3	0.0004 NS
UR d. Tempo 4	3	0.0043 *
UR d. Tempo 8	3	0.0125 **
UR d. Tempo 12	3	0.0288 **
UR d. Tempo 16	3	0.0461 **
UR d. Tempo 20	3	0.0457 **
UR d. Tempo 24	3	0.0661 **
UR d. Tempo 28	3	0.0768 **
UR d. Tempo 32	3	0.0833 **
UR d. Tempo 40	3	0.1030 **
UR d. Tempo 48	3	0.1095 **
UR d. Tempo 56	3	0.1167 **
UR d. Tempo 64	3	0.1581 **
UR d. Tempo 72	3	0.1475 **
UR d. Tempo 80	3	0.1574 **
UR d. Tempo 88	3	0.1317 **
UR d. Tempo 96	3	0.1304 **
UR d. Tempo 104	3	0.1335 **
UR d. Tempo 112	3	0.1247 **
UR d. Tempo 120	3	0.1201 **
UR d. Tempo 128	3	0.1111 **
UR d. Tempo 136	3	0.0978 **
UR d. Tempo 144	3	0.0846 **
UR d. Tempo 160	3	0.0622 **
UR d. Tempo 176	3	0.0590 **
UR d. Tempo 192	3	0.0557 **

 $\bar{I}/UR =$  Umidade Relativa

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade.

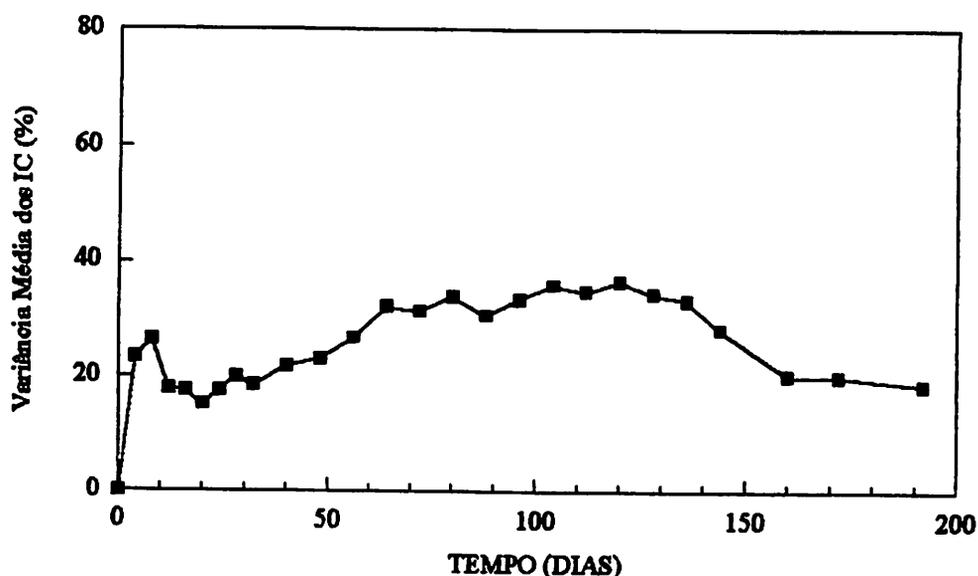


FIGURA 16 - Variabilidade, ao Longo do Tempo, dos Efeitos da Umidade Relativa sobre os Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados.

Ainda com base na Figura 17, observou-se que para a umidade relativa de 67% as variações foram bastante pequenas e os grãos de café chegaram ao fim do período com um IC correspondente ao da categoria “C” da escala inicial.

Os IC dos grãos de café armazenados em ambiente com 75% de UR manifestaram um decréscimo pouco pronunciado até a metade do período de armazenamento e a partir daí o declínio foi notadamente mais acentuado (Fig. 17). O IC observado ao final do período de armazenamento foi passível de enquadramento na categoria “E” da escala inicial (Fig. 17).

Com 85% de umidade relativa no ambiente de armazenamento os IC dos grãos atingiram um valor muito reduzido no final do período experimental, correspondendo a categoria “T” da escala inicial. As variações foram bem acentuadas já no início do período (Fig. 17).

O comportamento dos IC para as diferentes umidades relativas dentro do nível 10°C do fator temperatura é resumido na Figura 17.

TEMPERATURA = 10°C

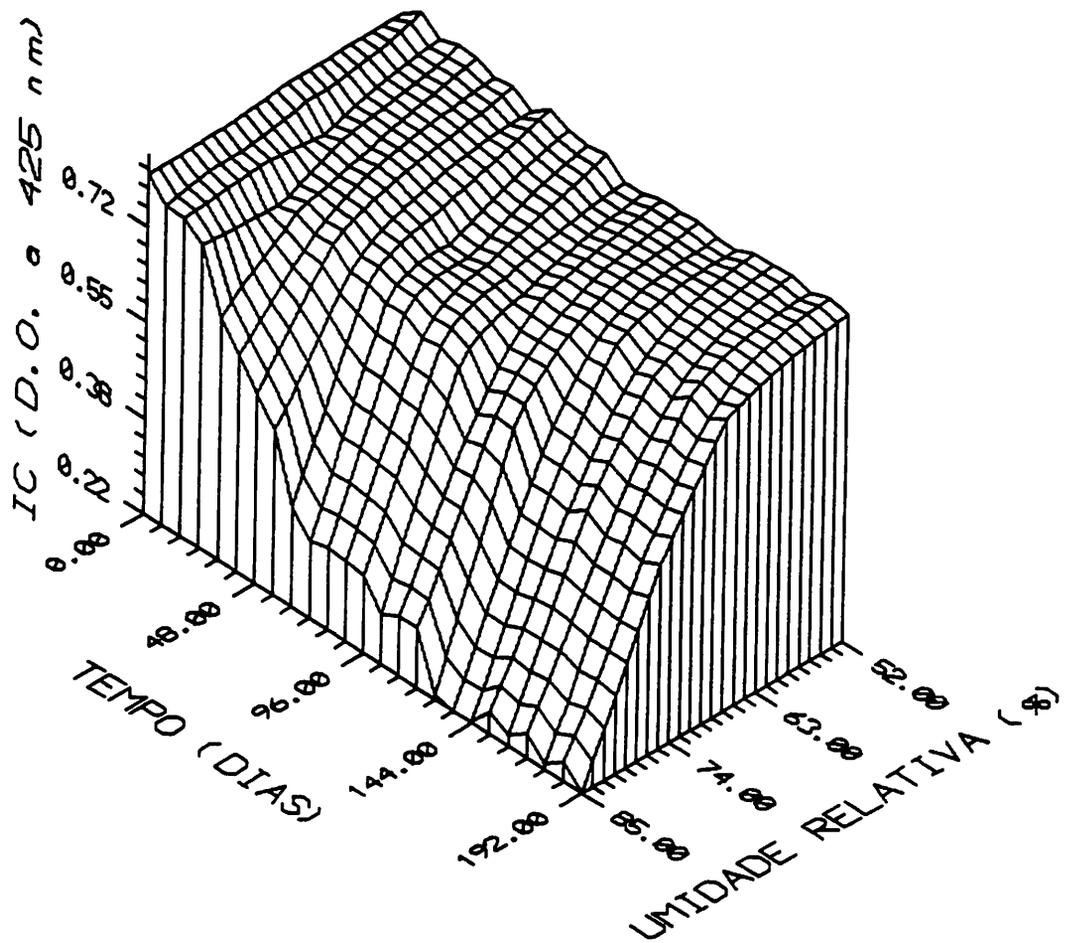


FIGURA 17 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Temperatura de 10°C e Diferentes Umidades Relativas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

Na temperatura de armazenamento de 20°C, as variações nos IC foi pequena até o fim do 2° terço do período de armazenamento, para a umidade relativa de 52%, tendo seu efeito acentuado a partir daí (Fig. 18). No final do período os grãos armazenados a essa temperatura apresentaram IC de 0,485, correspondente a categoria “F” da escala inicial.

Os IC dos grãos armazenados em umidades relativas de 67 e 75% apresentaram variações muito semelhantes ao longo do tempo, para a temperatura de armazenamento de 20°C (Fig.18). Para estas umidades relativas não houve mudanças bruscas no comportamento dos IC, apresentando os mesmos, ao final da fase de armazenamento, valores equivalentes aos da categoria “G” da escala inicial.

Variações bem mais acentuadas foram notadas, com o passar do tempo, nos IC dos grãos armazenados em UR de 85% que atingiram valor mínimo por volta da metade do período (Fig. 18). A análise visual dos grãos submetidos a este tratamento permitiu verificar que os mesmos ficaram completamente brancos por volta dos oitenta dias de armazenamento.

Os IC dos grãos armazenados em umidades relativas de 52, 62 e 75%, para a temperatura de 30°C, demonstraram comportamento muito parecidos, embora os valores numéricos observados fossem ligeiramente menores para as UR mais elevadas (Fig. 19).

As variações ao longo do tempo para os IC de grãos armazenados em UR de 85% e 30°C, foram análogas às observadas a 20°C, nesta mesma UR, atingindo IC equivalente ao da categoria “T” da escala inicial um pouco antes da metade do período de armazenamento, como havia sido observado a 20°C. O resumo do comportamento dos IC para a temperatura de 30°C está caracterizado na Figura 19.

As variações dos IC para a temperatura de armazenamento de 40°C foram, em geral muito evidentes na fase inicial do experimento, para todas as umidades relativas. Nas atmosferas

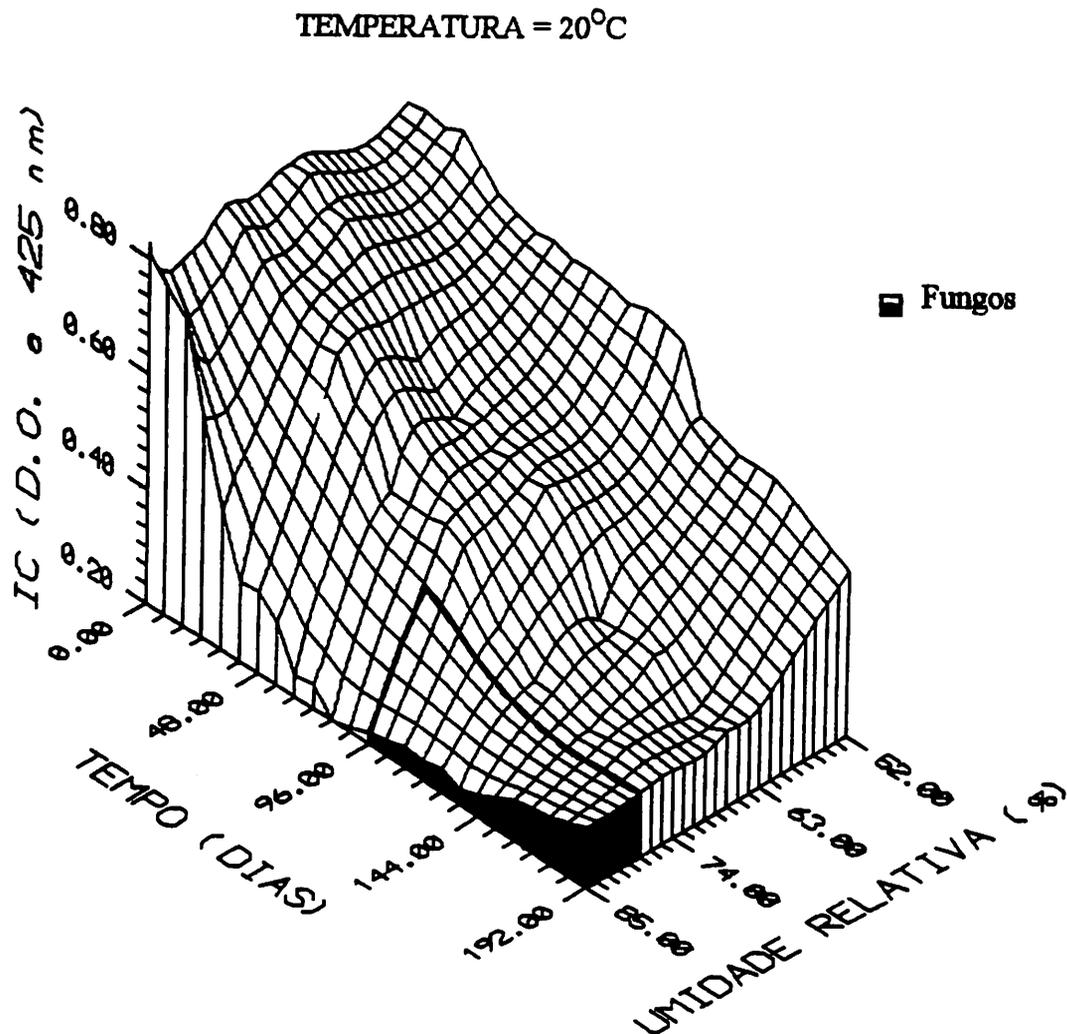


FIGURA 18 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Temperatura de 20°C e Diferentes Umidades Relativas, Durante o Período de Armazenamento, UFLA, Lavras - MG, 1995.

com 52% de UR os grãos apresentaram cor branco-opaco um pouco antes da metade do período de armazenamento. Também apresentaram cor branco-opaco os grãos armazenados em umidades relativas de 75 e 85%, por volta do mesmo período referido anteriormente (Fig. 22). A Figura 20 mostra o comportamento dos IC para a temperatura de 40°C.

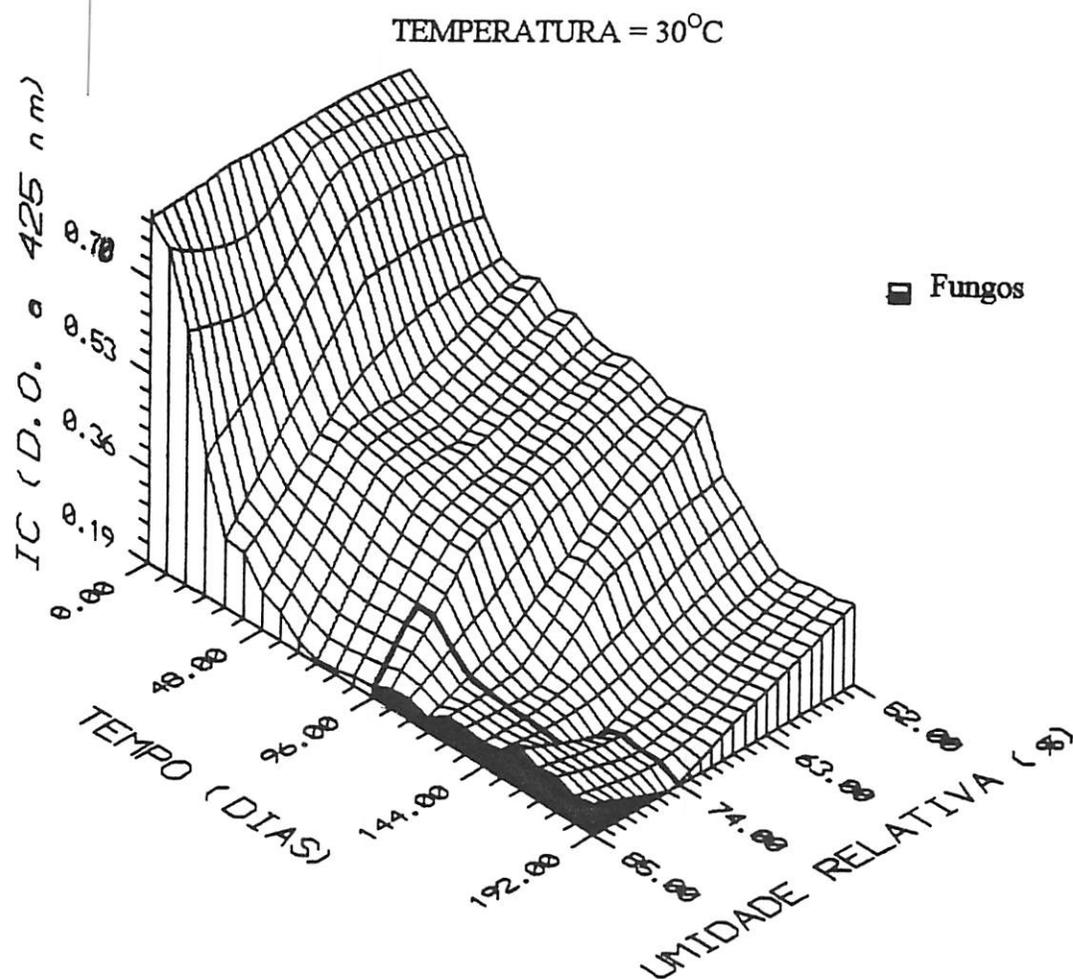


FIGURA 19 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Temperatura de 30°C e Diferentes Umidades Relativas, no Decorrer do Período de Armazenamento, UFLA, Lavras -MG, 1995.

Considerando-se as Figuras de 17 a 20, pode-se dizer que, em resumo, para todas as temperaturas de armazenamento estudadas, quanto maior a umidade relativa do ambiente de armazenamento, mais rapidamente os grãos de café tiveram os valores dos IC de seus grãos diminuídos com o passar do tempo. Observou-se também que os efeitos da umidade relativa, no que diz respeito a perda de cor dos grãos, foram bem menos evidentes que os observados para o



TEMPERATURA = 40°C

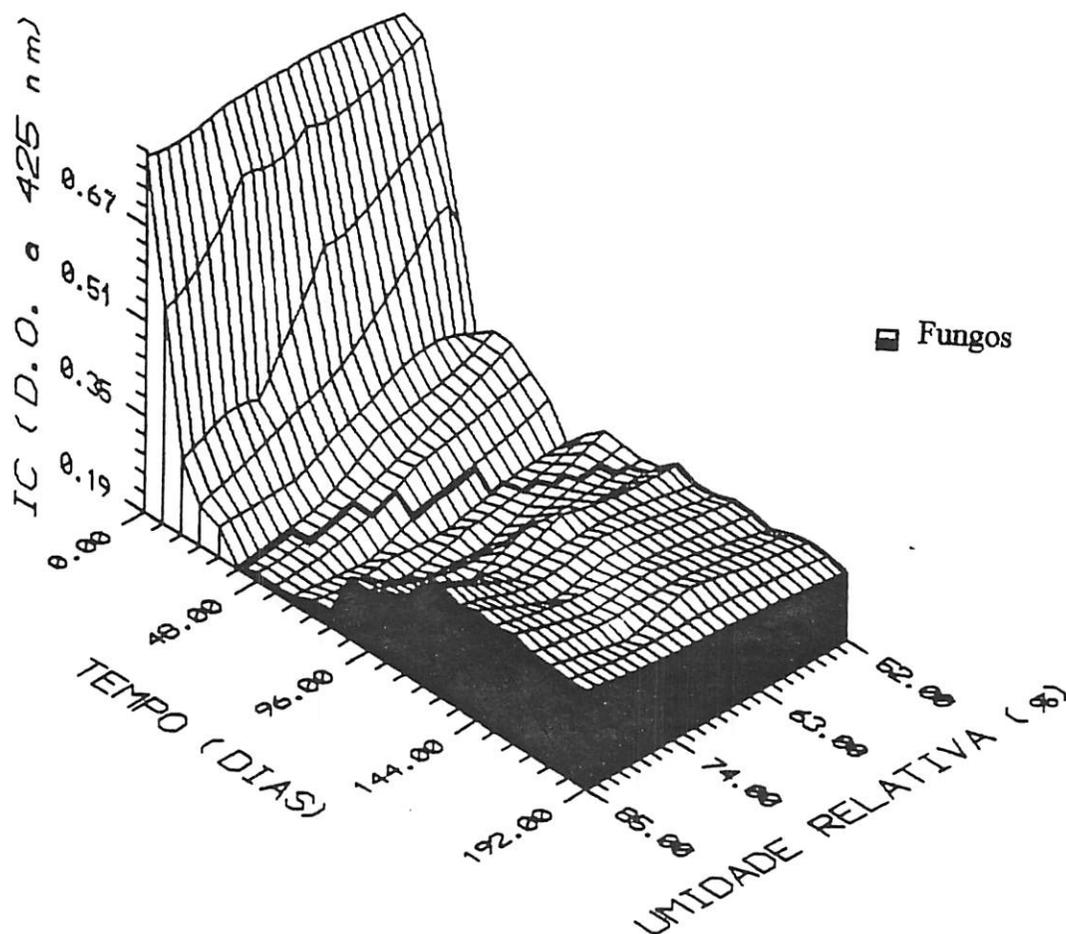


FIGURA 20 - Comportamento do IC de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Temperatura de 40°C e Diferentes Umidades Relativas, no Decorrer do Período de Armazenamento.

fator temperatura, muito embora ambos tivessem sido notados na parte inicial do período de armazenamento, e permanecessem efetivos até o final do experimento.

Somente os grãos armazenados em atmosfera com 52% de umidade relativa e 10°C mantiveram seus índices de cor inalterados até o final do experimento.

Os IC dos grãos armazenados em ambiente com 67 e 75% de UR demonstraram comportamento muito semelhante ao longo do tempo, exceto para a temperatura de 10°C onde, a partir de pouco mais da metade do período de armazenamento, as variações se acentuaram. A diminuição dos IC dos grãos armazenados nestas UR foi maior a medida que aumentava a temperatura de armazenamento e a coloração dos grãos atingiu valor equivalente ao da categoria “I” da escala inicial, somente para as temperaturas de 30 e 40°C; ocorrendo o fato nas fases final e inicial do período, respectivamente.

Para a umidade relativa de 85% os grãos armazenados em todas as temperaturas manifestaram perda de cor suficiente para fazer com que os índices de coloração atingissem valores equivalentes aos da categoria “I”. Os intervalos de tempo para que tal fato ocorresse foram menores para níveis mais elevados de temperatura.

A Figura 21 mostra o comportamento médio dos IC de grãos de café armazenados em diferentes umidades relativas.

Em termos de tendência pode-se dizer que os resultados relativos às temperaturas de 20, 30 e 40°C concordam com os apresentados por Multon et al. (1974) que constataram ligeiro aumento na reflectância (Y) para os grãos de café armazenados a 75% de umidade relativa. A reflectância (Y) variou, segundo os autores, de 20 a 23, valores para os quais os grãos apresentaram-se bastante brancos.

Para os grãos armazenados em ambiente com 75% de umidade relativa, os resultados obtidos no presente trabalho concordam, também em termos de tendência, com apresentados por Multon et al. (1974) que constataram um crescimento bastante rápido da reflectância (Y), tanto maior quanto maior a temperatura, correspondendo a um empalidecimento dos grãos.

## MÉDIA DAS TEMPERATURAS

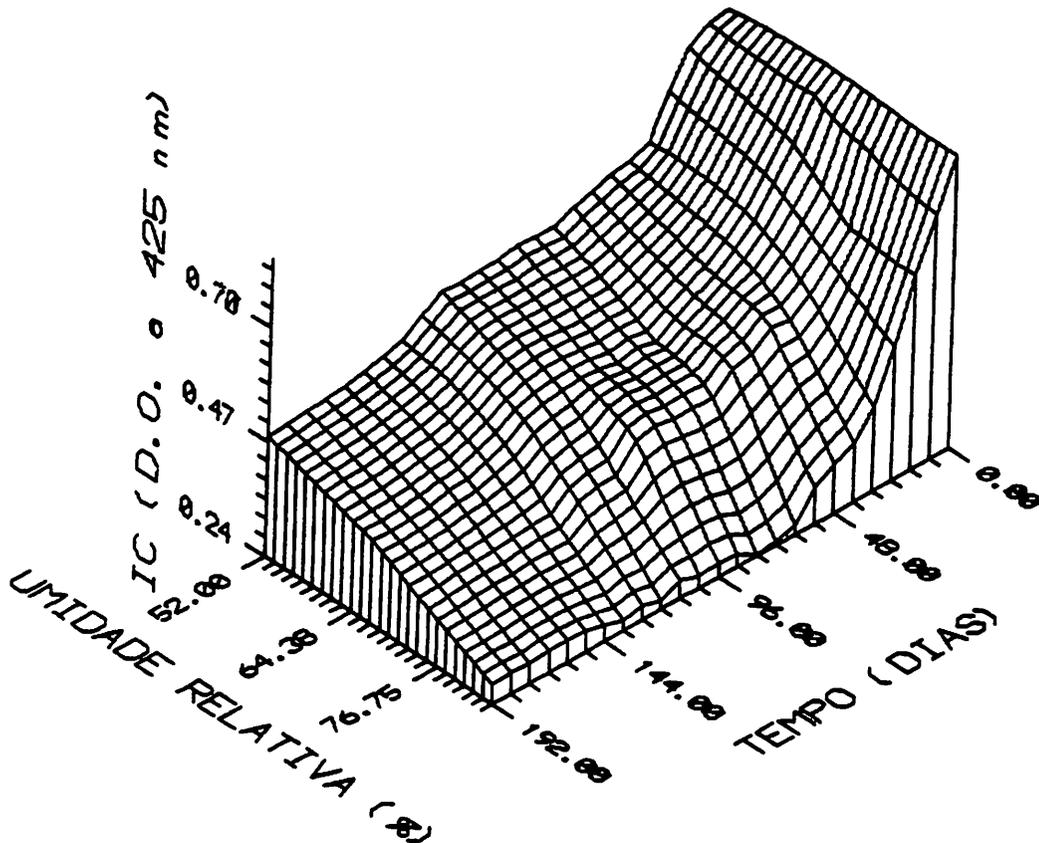


FIGURA 21 - Comportamento dos Índices de Coloração (IC) de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados Diferentes Umidades Relativas para a Média das Temperaturas Estudadas, no Decorrer do Período de Armazenamento, UFLA, Lavras MG, 1995.

Para a umidade relativa de 85% existe correspondência com os resultados de Multon et al. (1974), somente no que diz respeito a existência de variações bruscas na cor dos grãos.

Se comparados os resultados aqui obtidos com aqueles apresentados por Santos et al. (1971) observa-se (em termos de tendência) discordância para os grãos armazenados a 20°C e umidade relativa de 52%, onde os referidos autores constataram invariabilidade da reflectância (Y) durante todo o período de estocagem de 200 dias. Já neste trabalho foi observada perda de cor, ainda que não muito intensa, para os grãos armazenados nestas condições.

Os resultados de Santos et al. (1971) discordam (em termos de tendência) daqueles obtidos aqui, também para os grãos armazenados em umidade relativa ao redor de 60% e temperatura ao redor de 20°C. O referido autor menciona a observação de perda de cor somente a partir de 150 dias de armazenagem enquanto que aqui se constatou uma perda de cor uniforme durante todo o período experimental. Houve concordância com os dados de Santos et al. (1971), também no que se refere a tendência de perda de cor ao longo do tempo, para os grãos armazenados em umidades relativas de ao redor de 75 e 85% e temperaturas em torno de 25°C. O referido autor cita um aumento bastante acentuado da reflectância (Y) na fase inicial do período experimental. Tal fato também pode ser notado no trabalho presente. O autor encontrou entretanto, valores de reflectância (Y) maiores para a umidade relativa de 73% se comparada a de 85%, refletindo uma perda de cor mais intensa para a UR de 73%. O fato não confere com os dados aqui apresentados, que demonstram descoloração mais acentuadas para a umidade relativa de 85%.

A Figura 22 mostra um registro visual do aspecto dos grãos mais representativos das amostras cujos índices de coloração foram determinados em cada uma das diversas fases no decorrer do período de armazenamento para todas as condições de temperatura e umidade relativa.

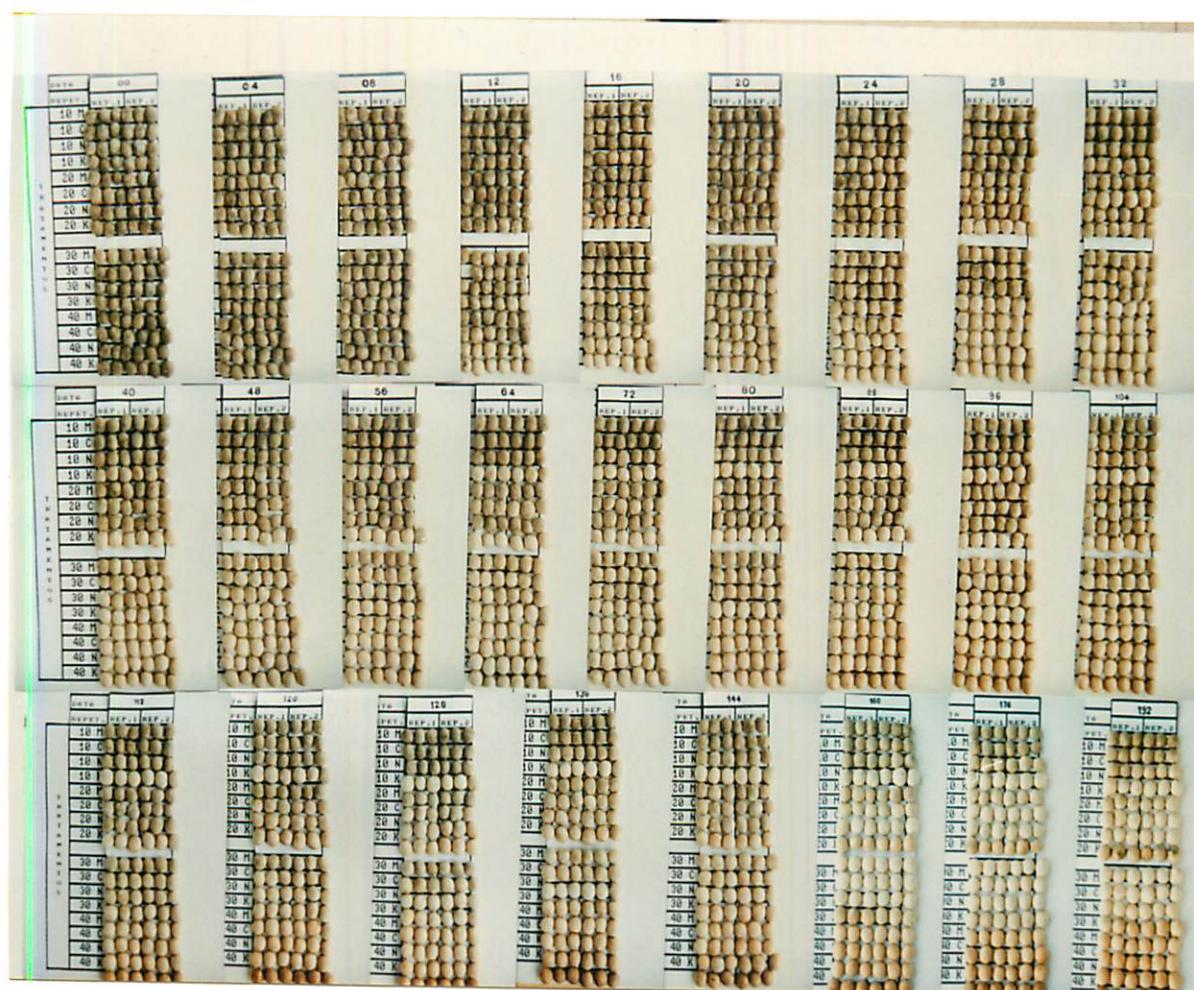


FIGURA 22 - Aspecto Visual dos Grãos mais Representativos de cada Amostra cujos Índices de Coloração Foram Determinados em cada Etapa de Análise e para cada Tratamento.

Obs.: as letras M, C, N e K no eixo vertical das fotografias (tratamentos), referem-se as umidades relativas de 52, 67, 75 e 85% respectivamente. Os números neste mesmo eixo referem-se as temperaturas do ambiente de armazenamento em °C. O números no retângulo superior (data), referem-se as épocas de amostragem.

#### 4.3.3. - Interação Temperatura \* Umidade Relativa

A interação significativa entre umidade relativa, temperatura e tempo ( $P \leq 0.01$ ), confirma que o efeito da mesma sobre a coloração dos grãos de café beneficiados é uma função do tempo (Quadro 11).

Observando a Figura 23, na qual são plotadas as variações médias nos IC contra o tempo, devidas a ação interativa entre temperatura e umidade relativa, nota-se que a mesma manifestou um pico localizado no início do período cuja influência pode ser observada até os 24 dias. A partir dos 24 dias de armazenamento o comportamento das variações foi uniforme e crescente até o final do período.

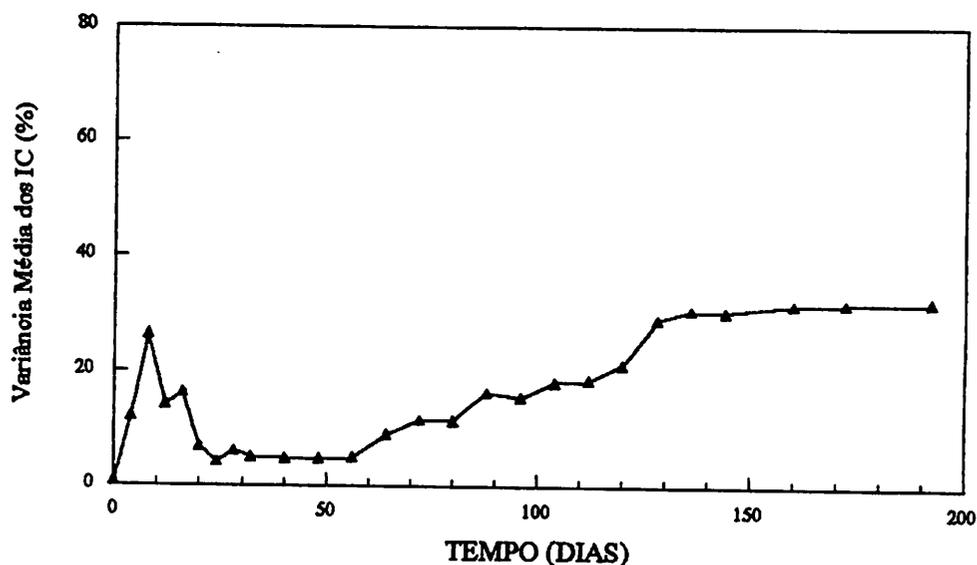


FIGURA 23 - Variações Médias em Função do Tempo, nos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa, Devidas a Interação entre estes Dois Fatores, UFLA, Lavras MG, 1995.

QUADRO 14 - Análise de Variância dos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados e Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa, para Análise do comportamento da Interação UR \* TPT nas Diferentes Amostras.

Causa de Variação	GL	S.Q.
$\bar{Y}$		
UR*TPT d. Tempo 0	9	0.0009NS
UR*TPT d. Tempo 4	9	0.0067NS
UR*TPT d. Tempo 8	9	0.0373**
UR*TPT d. Tempo 12	9	0.0684**
UR*TPT d. Tempo 16	9	0.1283**
UR*TPT d. Tempo 20	9	0.0637**
UR*TPT d. Tempo 24	9	0.0475**
UR*TPT d. Tempo 28	9	0.0700**
UR*TPT d. Tempo 32	9	0.0695**
UR*TPT d. Tempo 40	9	0.0685**
UR*TPT d. Tempo 48	9	0.0687**
UR*TPT d. Tempo 56	9	0.0663**
UR*TPT d. Tempo 64	9	0.1329**
UR*TPT d. Tempo 72	9	0.1629**
UR*TPT d. Tempo 80	9	0.1596**
UR*TPT d. Tempo 88	9	0.2129**
UR*TPT d. Tempo 96	9	0.1835**
UR*TPT d. Tempo 104	9	0.2041**
UR*TPT d. Tempo 112	9	0.2013**
UR*TPT d. Tempo 120	9	0.2109**
UR*TPT d. Tempo 128	9	0.2831**
UR*TPT d. Tempo 136	9	0.2726**
UR*TPT d. Tempo 144	9	0.2742**
UR*TPT d. Tempo 160	9	0.2924**
UR*TPT d. Tempo 176	9	0.2829**
UR*TPT d. Tempo 192	9	0.2900**

$\bar{Y}$ /UR = Umidade Relativa, TPT = Temperatura  
 \*\* Significativo, a 1% de probabilidade.

## 4.4 - Modelo Matemático

### 4.4.1 - Perda de Cor dos Grãos de Café Beneficiados

Para a descrição da perda de cor dos grãos de café beneficiados e armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade relativa foi utilizado um modelo matemático cuja forma é mostrada a seguir:

$$IC = b_0 + b_1 U + b_2 \text{EXP}(-t) + b_3 t + b_4 U T + b_5 U t + b_6 t T + b_7 U T t + b_8 U^2 + b_9 t^2 + e_i \dots \dots \dots (1)$$

onde:

IC = Índice de coloração das amostras de grãos de café beneficiado.

U = Umidade Relativa do ambiente de armazenamento (%)

T = Temperatura do ambiente de armazenamento (°C)

t = tempo de armazenamento (dias)

$e_i$  = erro experimental

$b_0, b_1, \dots, b_9$  = coeficientes do modelo

Os parâmetros  $b_0, b_1, \dots, b_9$  na Eq. (1) foram estimados a partir dos dados experimentais, utilizando o procedimento GLM (General Linear Models) do SAS \*.

A análise de variância, o coeficiente de determinação e o coeficiente de regressão linear múltipla são mostrados no Quadro 15.

\* Statistics Analysis System

QUADRO 15 - Análise de Variância, Coeficiente de Determinação e Coeficiente de Regressão Linear Múltipla.

Fonte de Variação	G.L.	SQ	QM	Pr > F
Modelo	9	11.97277367	1.330308109	0.0001
Resíduo	332	2.16522248	0.00652175	
Total	341			

$$R^2 = 0.846851 \quad R = 0.920245 \quad CV = 14.13799615$$

Os parâmetros, os valores estimados, os resíduos e o teste de T são mostrados no Quadro 16.

QUADRO 16 - Parâmetros, Valores Estimados, Resíduos e Teste de T para a Análise de Regressão Linear Múltipla dos Índices de Coloração de Grãos de Café Beneficiados.

Parâmetro (b)	b estimado $\hat{b}$	erro padrão das estimativas	Pr > T
$b_0$	-0.3285202387	0.17264483	0.0579
$b_1$	0.0396448541	0.00505935	0.0001
$b_2$	0.0634997386	0.02273097	0.0055
$b_3$	0.0053736597	0.00085398	0.0001
$b_4$	-0.0001128935	0.00000916	0.0001
$b_5$	-0.0001194636	0.00001151	0.0001
$b_6$	-0.0002299156	0.00003603	0.0001
$b_7$	0.0000021268	0.00000056	0.0002
$b_8$	-0.0002975069	0.00003660	0.0001
$b_9$	0.0000122780	0.00000174	0.0001

Com a utilização desta equação foram calculados os índices de coloração para as diversas condições de temperatura e umidade relativa. As Figuras de 24 a 30 trazem os resultados obtidos bem como os índices de coloração obtidos experimentalmente.

Isolando-se os termos em  $t$  na Eq. (1), obteve-se uma expressão capaz de fornecer o tempo de armazenamento necessário para que os grãos armazenados em determinada condição de temperatura e umidade relativa alcancem um dado IC. A expressão tem a seguinte forma:

$$b_2 \exp(-t) + b_3 t + b_5 Ut + b_6 tT + b_7 Ut + b_9 t^2 = IC - b_0 - b_1 U - b_4 UT - b_8 U^2 \dots\dots\dots(2)$$

As variáveis e as unidades são aquelas descritas na página 74.

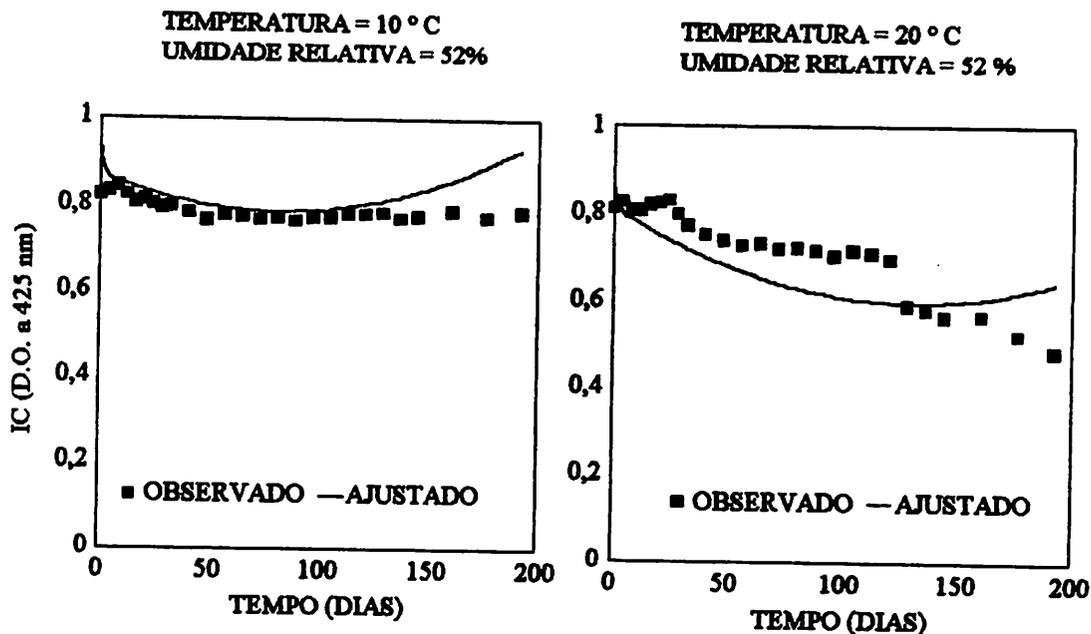


FIGURA 24 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 52% de Umidade Relativa e Temperaturas de 10 e 20° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

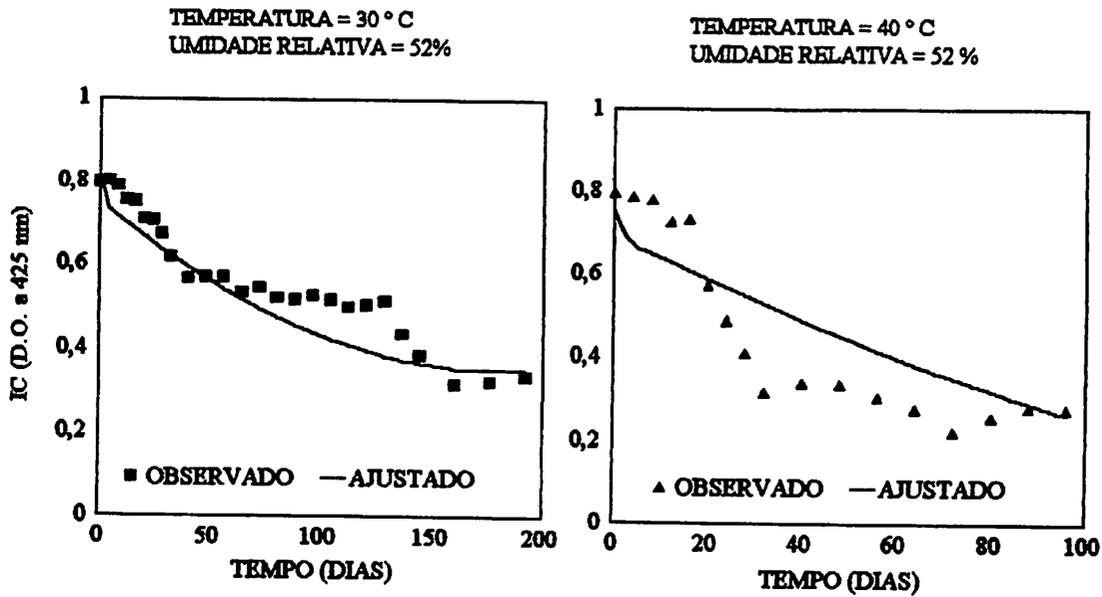


FIGURA 25 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 52% de Umidade Relativa e Temperaturas de 30 e 40° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

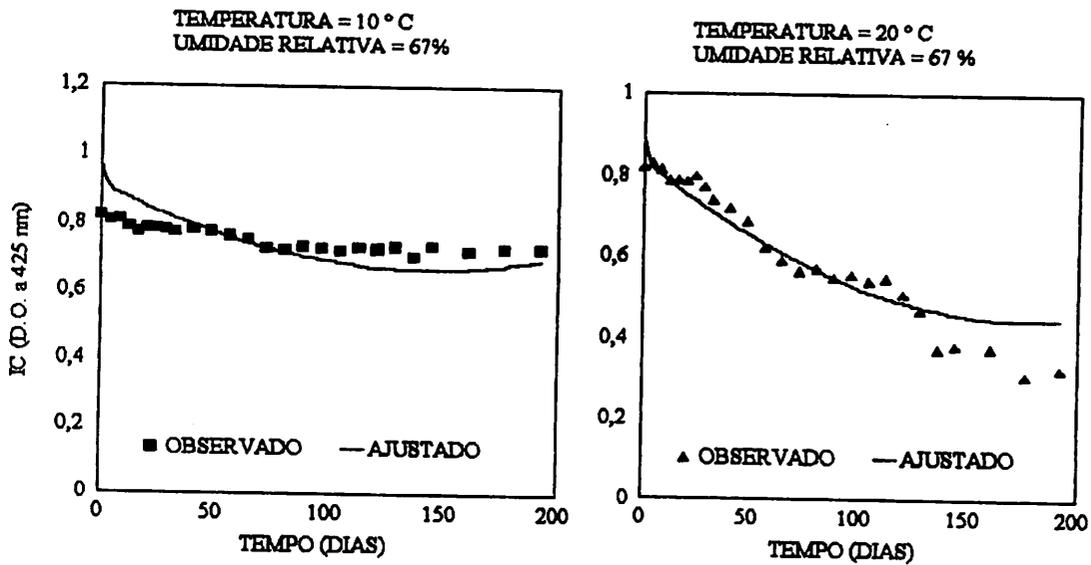


FIGURA 26 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 67% de Umidade Relativa e Temperaturas de 10 e 20° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

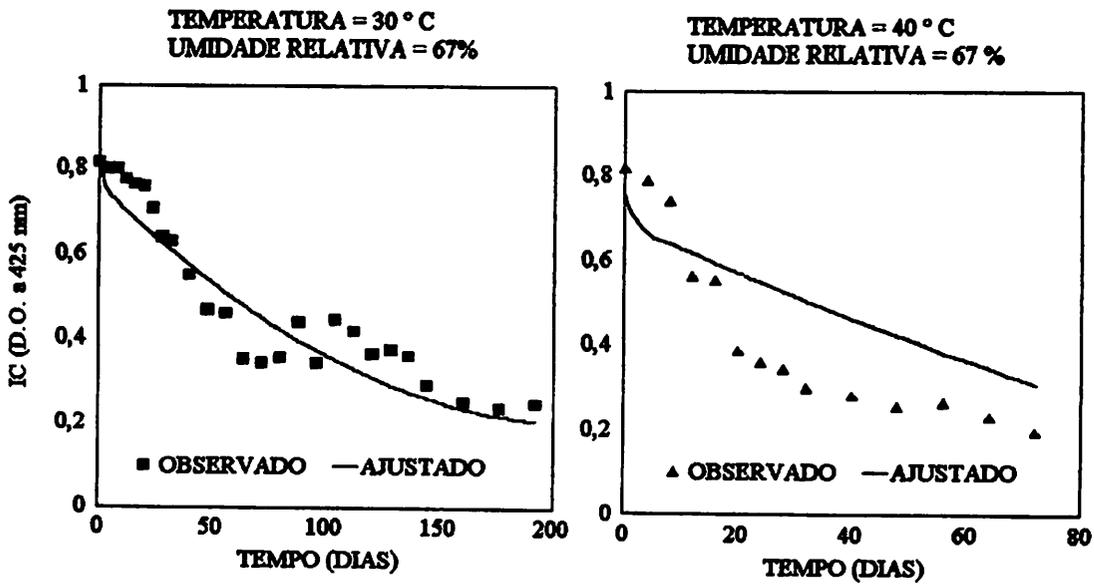


FIGURA 27 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 67% de Umidade Relativa e Temperaturas de 30 e 40° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

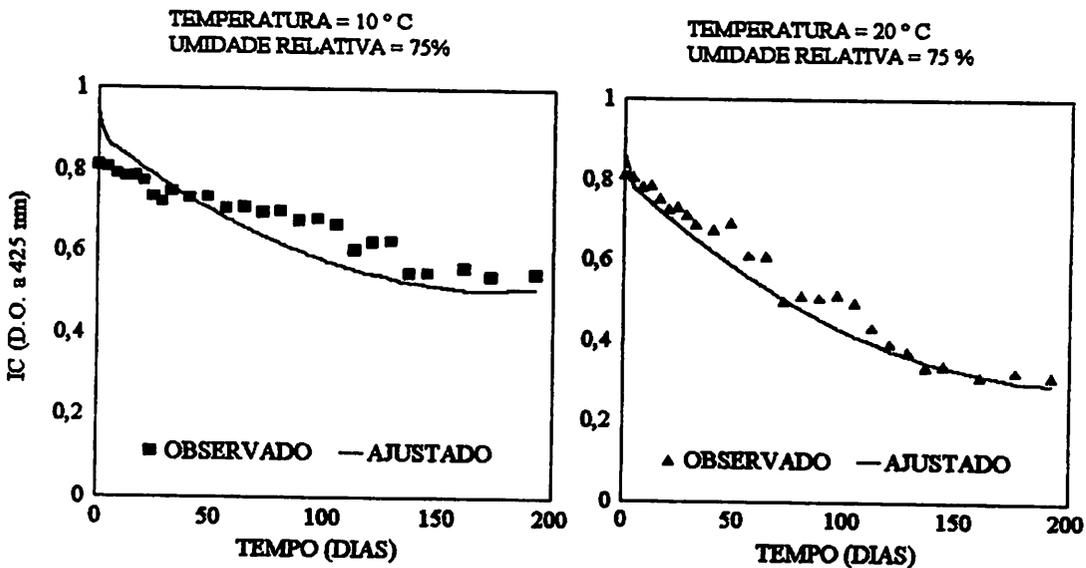


FIGURA 28 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 75% de Umidade Relativa e Temperaturas de 10 e 20° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

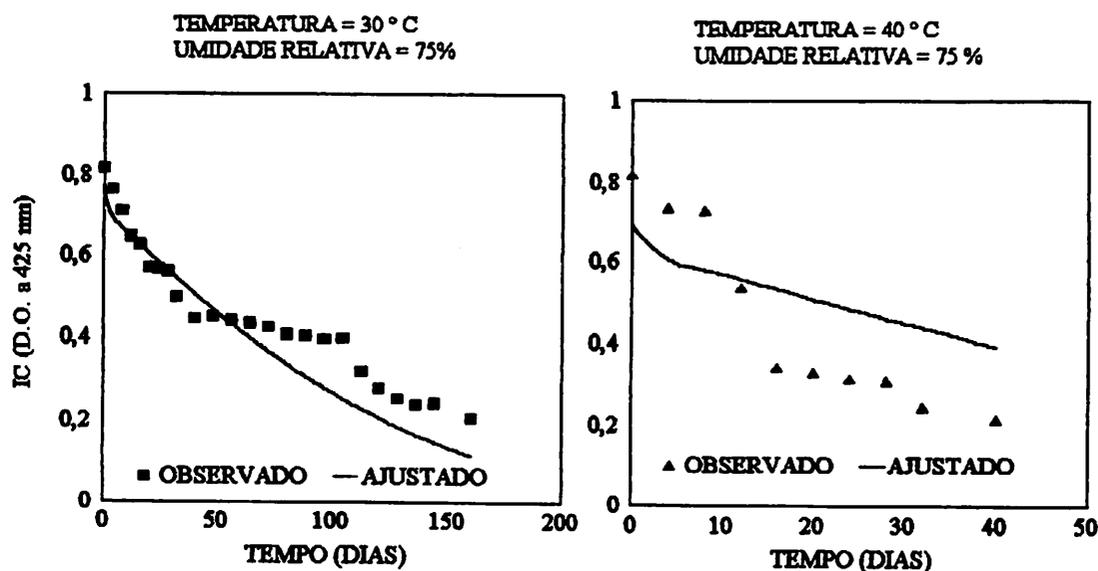


FIGURA 29 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 75% de Umidade Relativa e Temperaturas de 30 e 40 °C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

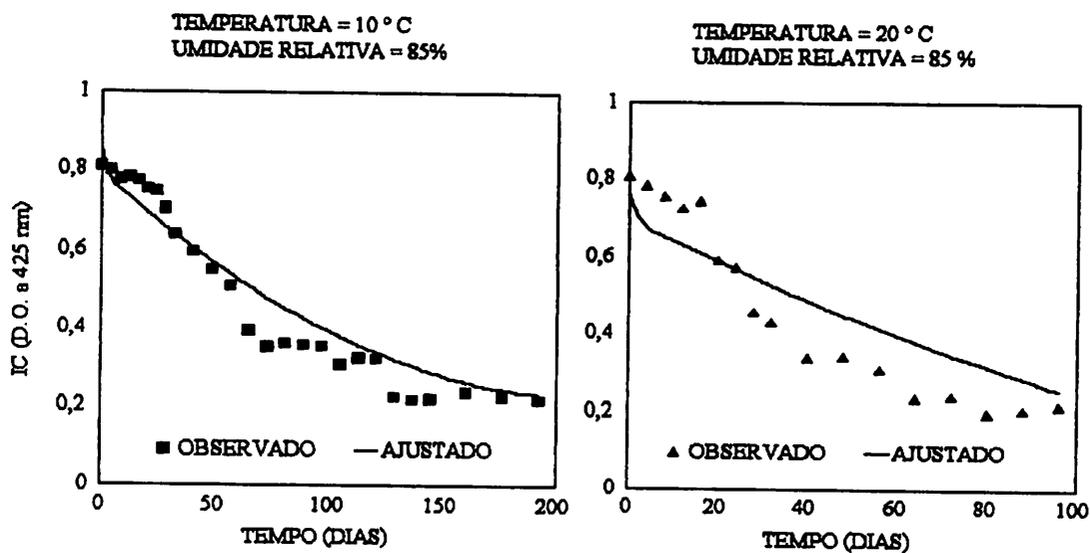


FIGURA 30 - Valores dos Índices de Coloração Obtidos Experimentalmente e Calculados Através do Modelo Ajustado para 85% de Umidade Relativa e Temperaturas de 10 e 20 °C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

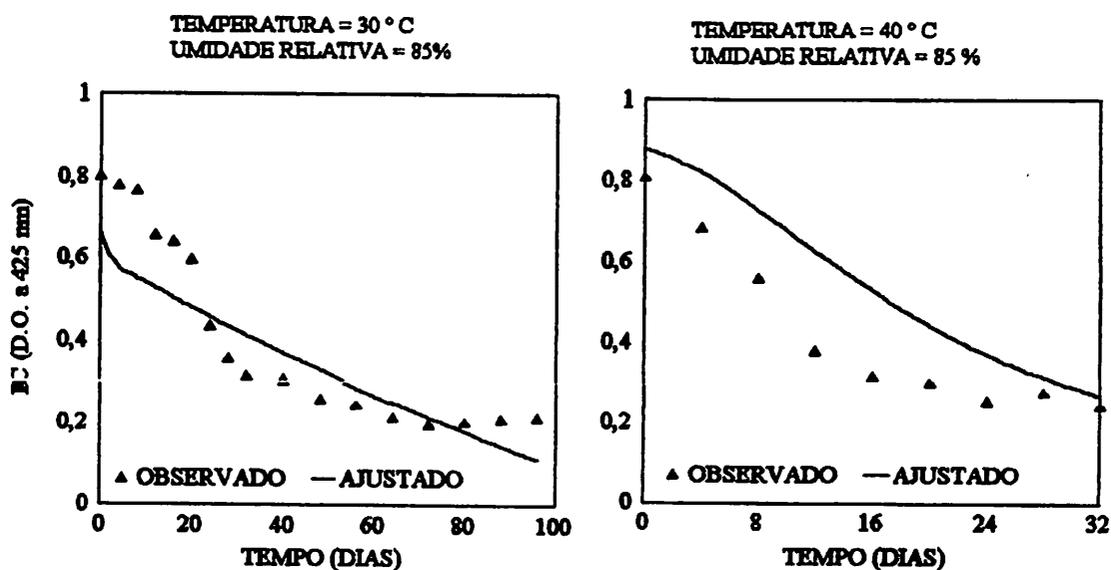
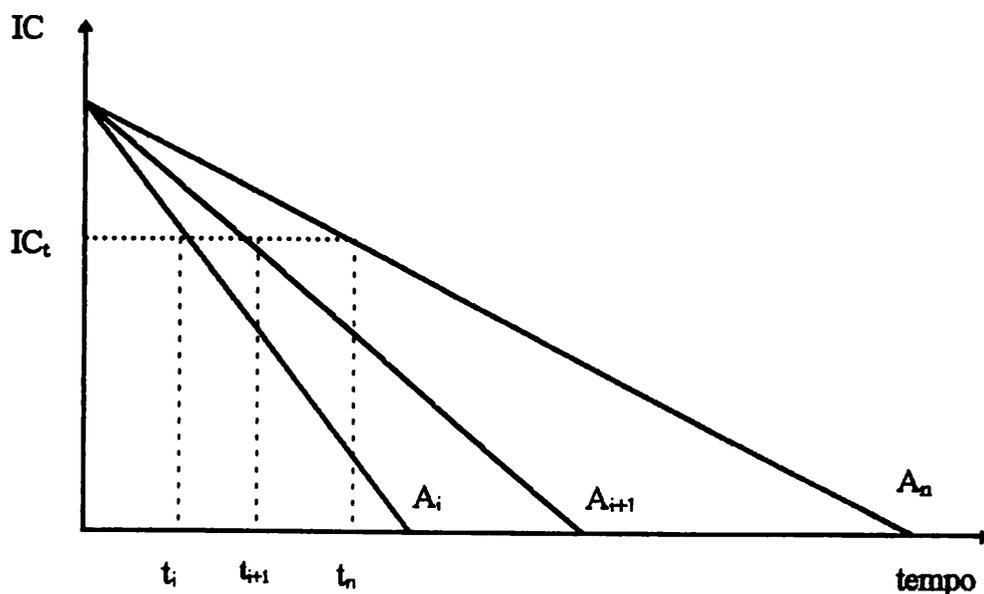


FIGURA 31 - Valores dos Índices de Coloração obtidos experimentalmente e calculados através do modelo ajustado para 85% de umidade relativa e temperaturas de 30 e 40° C, UFLA, Lavras - MG, 1995.

Como a Eq. (2) não tem solução analítica para o tempo  $t$ , foi desenvolvido um programa simples, implementado em linguagem FORTRAN, capaz de fornecer o valor de  $t$  para satisfazer as condições pré-estabelecidas de umidade relativa, temperatura e IC. Neste programa foi utilizado o método numérico iterativo para estimar a raiz da Eq. (2). O esquema básico para o desenvolvimento do programa é mostrado na Figura 32 e o fluxograma na Figura 33 (a listagem do programa completo é dada em anexo).

Devemos ressaltar que para o ajuste do modelo matemático foram utilizados os valores dos índices de coloração obtidos até a fase do armazenamento em que o ataque fúngico pronunciado não havia se manifestado. Justifica-se este procedimento pelo fato de que o ataque fúngico provoca mudanças no comportamento das variações nos índices de coloração modificando as condições experimentais previamente estabelecidas.



onde:

$IC_t$  = índice de coloração no tempo  $t$

$t_i$  = tempo de armazenamento ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$A_i$  = Ambiente de armazenamento com umidade relativa e temperatura definidas

FIGURA 32 - Esquema Geral para o Desenvolvimento do Programa para Cálculo dos Tempos de Armazenamento de Grãos de Café Beneficiado Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa.

O modelo selecionado demonstrou ajustes bastante bons para quase todas as combinações de temperatura e umidade relativa estudadas. Nas temperaturas de 10 e 20°C, para a umidade relativa de 52% o modelo não descreveu bem a tendência decrescente dos IC, observada a partir dos dados experimentais, na fase final do armazenamento.

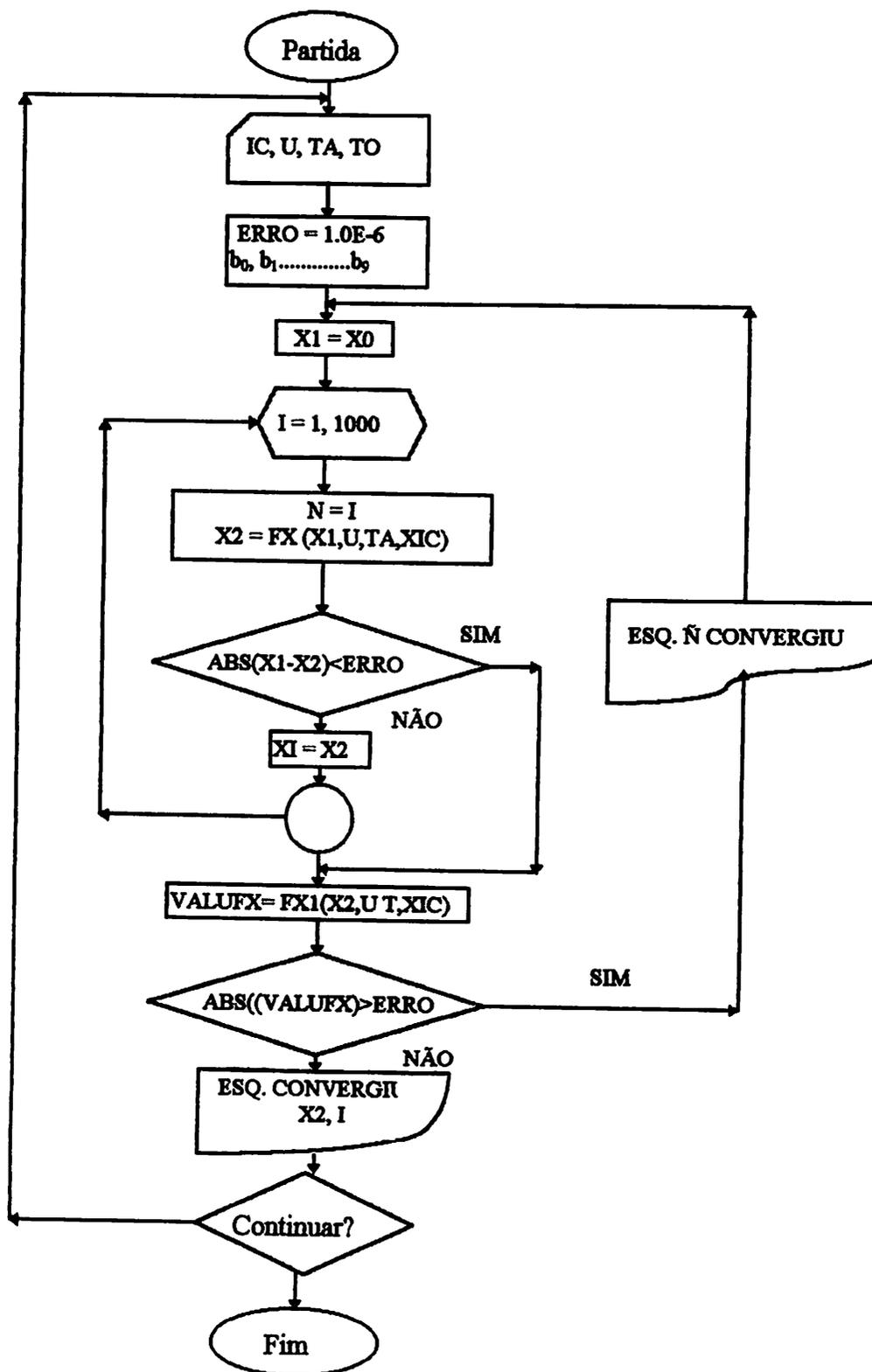


FIGURA 33 - Fluxograma do Programa Desenvolvido para Estimação do Tempo de Armazenamento de Grãos de Café.

Com base nos dados da escala inicial observou-se que os grãos armazenados começaram a apresentar manchas brancas características do início do branqueamento quando o índice de coloração atingiu um valor em torno de 0,600. Utilizando este valor como dado de entrada no programa foi possível obter as estimativas dos tempos de armazenamento para diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento. Os resultados estão demonstrados no Quadro 17. Deve ser observado que, para as condições de armazenamento de 10°C de temperatura nas umidades relativas de 52 e 67% os índices de cor não atingiram o valor de 0,600 dentro do período de tempo estudado, sendo assim a estimativa dos tempos de armazenamento para estas condições não deve ser feita a partir da Eq. (2), uma vez que os parâmetros constantes da mesma foram estimados a partir dos dados experimentais

A observação dos dados obtidos experimentalmente faz crer que a manifestação do branqueamento é tão mais rápida quanto mais elevadas forem a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento. Com base nesta afirmação foi promovida uma tentativa de calcular os índices de coloração para valores de temperatura e umidade relativa fora da faixa estipulada para a realização do armazenamento experimental. Os resultados mostraram que o modelo proposto não foi capaz de exprimir o comportamento esperado para os índices de coloração nestas condições.

QUADRO 17 - Valores dos Tempos Necessários para que Grãos de Café Armazenados em Diferentes Condições de Temperatura e Umidade Relativa Atinjam Índice de Cor Característico do Início do Processo de Branqueamento

Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Tempo de Armazenamento (dias)
52	10	— *
52	20	119
52	30	38
52	40	17
67	10	— *
67	20	67
67	30	34
67	40	15
75	10	89
75	20	45
75	30	21
75	40	05
85	10	40
85	20	17
85	30	— *
85	40	— *

\* Esquema não convergiu para qualquer valor da suposição inicial do tempo de armazenameno.

## **5 - Conclusões**

Nas condições de execução deste trabalho foram tiradas as seguintes conclusões:

- 1 - As perdas de cor dos grãos de café beneficiado aumentaram com o aumento da temperatura, da umidade relativa e do tempo de armazenamento.
- 2 - O modelo matemático utilizado serviu para prever a deterioração dos índices de coloração dos grãos com o tempo, com base nas condições do ambiente de armazenamento (temperatura e umidade relativa) e pôde ser utilizado nas faixas de umidade relativa de 52 até 85% e temperaturas de 10 a 40°C. Extrapolações fora destes limites podem levar a resultados completamente errados.
- 3 - Observou-se boa correlação entre os índices de coloração obtidos experimentalmente e aqueles obtidos através do modelo.

## **6 - Sugestões**

- . Promover estudo nos moldes do presente com a inclusão de tratamento antifúngico antes da partida do experimento.
- . Utilizar outros parâmetros de avaliação de cor para verificar a aplicabilidade do modelo aos referidos parâmetros.
- . Promover estudo para avaliar a influência da cor inicial dos grãos na taxa de deterioração da mesma com o tempo.
- . Estudar o comportamento da cor de grãos de café para diferentes variedades.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AMORIN, H.V. Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade. Piracicaba: ESALQ, 1978. 85p. (Tese de Livre Docência em Bioquímica).**
- AMORIN H V. Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde e a qualidade da bebida. Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Tese Doutorado em Bioquímica).**
- AMORIN, H.V.; CRUZ, A.R.M.; BASSO, L.C.; COSTA, J.D.; OLIVEIRA, A.J.; TEDXEIRA, A.A. Relação entre a coloração do grão e da película prateada do café e a presença de enzimas oxidativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4, Caxambu, 1976, Resumos... Rio de Janeiro, MIC-IBC-GERCA, 1976. p.133-5.**
- AMORIN, H.V.; CRUZ, A.R.; DIAS, R.M.; GUTIERREZ, L.E.; TEDXEIRA, A.A.; MELO, M.; OLIVEIRA, G.D. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5, Guarapari, Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p.15-8.**

- AMORIN, H.V.; CRUZ, V.F.; TEIXEIRA, A.A.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and quality of the beverage. V. Multiple linear regression analysis. Turrialba, San José, v.25, n.1, p.25-28, 1975.
- AMORIN, H.V. e JOSEPHSON, R.V. Water soluble protein and non volatile components of Brazilian green coffee beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.40, n.5, p.1179-1184, 1975.
- AMORIN, H.V.; SILVA, D.M. Relação da atividade da polifenoloxidase do grão de *Coffea arabica* L. com a qualidade da bebida. Piracicaba, USP/ESALQ, 1968. 16p. (Boletim Técnico-científico, n.31).
- AMORIN, H. V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyfenoloxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. *Nature*, London, n.219, p.381-382, 1968.
- AMORIN, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PEAQUISAS CAFEIIRAS, 3, Curitiba, 1975c. *Resumos...* Rio de Janeiro, MIC/TBC, 1975. p.21-23.
- AMORIN, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; BREVIGLIERI, O; CRUZ,V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and quality of the beverage. I. Carbohydrates. Turrialba, San José, v.24, p.214-216, 1974.
- AMORIN, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; CRUZ, V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and quality of the beverage. IV. Eletrophoresis of protein in agar-gel and its interaction with clorogenic acid. Turrialba, San José, v.25, p.18-24, 1975a.

- AMORIN, H.V.; TELXEIRA, A.A.; QUÉRCIO, M.A.; CRUZ, V.F. e MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and quality of the beverage. II. Phenolic compounds. Turrialba, San José, v.24, p.217-221, 1974a.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ - Coffe Business, Rio de Janeiro, 1995. n.º 1
- ARCILA-PULGARIN, J.; VALENCIA-ARISTIZABAL, G. Relación entre la actividad de la polifenoloxidase (PFO) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida del café. Cenicafe, Chinchiná, v.26, n.2, p.55-78, 1975.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. *Bragantia*, Campinas, v.21, n.28, p.476-84, 1962.
- BANZATTO, A.D.; KRONKA, N.S. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: FUNEP, 1989, 248p.
- BASSOLI, P.G. Avaliação da qualidade de bebida de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1992. (Tese MS)
- CALLE, V.H. Reacciones cualitativas en la determinación de aroma del café. *Cenicafé*, Caldas, v.14, n.3, p.187-194, 1963.
- CAMARAGO, R. de; TELLES JÚNIOR, A. de Q. *O cafeiro no Brasil: sua aclimatação e industrialização*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1953. n.1, 535p. (Série Estudos Brasileiros, 4).

- CARELLI, M.L.C.; LOPES, C.R.; MONACO, L.C. Chlorogenic acid content in species of *Coffea* and selections of *Coffea arabica*. Turrialba, San José, v.24, n.4, p.398-401, 1974.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE Jr., E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão de café beneficiado e a qualidade de bebida do café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.3, p.449-445, 1994.
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.11, n.26, p.79-92, 1985.
- CATANI, R.A. ; PELLEGRINO, D.; ALCARDE, J.C.; GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*. Piracicaba, v.24, p.219-63, 1967.
- CENTI-GROSSI, M.; TASSI-MICRO, C.; SIVANO V. Albumen fractionation of green coffee seed varieties by acrylamide gel electrophoresis. *Phytochemistry*, Elmsford, v.8, p.1749-1751, 1969.
- CHAGAS, S.J.R. *Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios das regiões produtoras de Minas Gerais*, Lavras: ESAL, 1994, 83p. (Tese de Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CHASSEVENT, F. XII Colloque Scientific International sur le Café, Rapport de synthèse-Agronomie. *Café Cacao Thé*, Paris, v.31, n.3, p.219-221, 1987.

- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, P. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**, Zaragoza, Editorial Acribia, 1992. v.2, 404p.
- CLARKE, R.J.; McCRAE, R. **Coffee Chemistry**. Essex. Elsevier Applied Science Publishers Crown House, 1985. 305p.
- CLARKE, R.J.; WALKER, L.J. Potassium and other mineral contents of green, roasted and instant coffers. **Journal of Food Science and Food Agriculture**, v.25, p.1309-1404, 1974.
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process of Biochemistry**, Ricksmansworth, p.20-23, 1975.
- CLYDESDALE, E.L. Tomato color as influenced by variety and environment. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. Michigan, n.51, p.349-346, 1969.
- CORTEZ, J.C; AZEVEDO, A.M.G. Aspectos bioquímicos e estruturais do branqueamento do grão de café. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, São Lourenço, 1981. **Resumos...**, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1981. p.201-202.
- COSTE, R. **El café**. Barcelona, Editorial Blume, 1969. 285p.
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D.L. Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p.13-28, jun. 1976.
- ESTEVEZ, A.B. Acidificação ao longo do tempo da gordura do grão de café cru. **Estudo Agrônomico**, Lisboa, v.1, n.4, p.297-317, 1960.

FAO PRODUCTION YEARBOOK - 1994. Roma, FAO, 1994. (Collection FAO - Statistics, 125).

FEIDMAN, J.R.; RYDER, W.S.; KUNG, J.T. Importance of non volatiles compounds to the flavor of coffee. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, v.17, p.733-739, 1969.

FERREIRA, V.L.P. *Princípios e aplicações da calorimetria em alimentos*. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. 86p. (Instruções técnicas n- 19).

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L.E.; TEIXEIRA, A.A. Composição e propriedades da fração lipídica de grãos de cafés de bebidas mole, dura, riada e rio. *Anais da ESALQ, ESALQ*, Piracicaba, v.31, p.459-507, 1974.

FORSYTH, W.G. Physiological aspects of curing plant products. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.15, p.443-450, 1964.

FRANCIS, F.J. Color quality evaluation of horticultural crops. *HortScience*, Alexandria, v.15, n.1, p.14-15, 1980.

GARRUTI, R.S. Fatores fundamentais na avaliação sensorial da bebida de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 8, Campos do Jordão, Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1980, p.406-12.

GARRUTI, R.S.; GOMES, A.G. Influência do estado de maturação sobre a qualidade da bebida do café na Região do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, v.20, n.44, p.989-99, 1961.

- GARRUTI, R.S. e TEIXEIRA, C.G. Determinações de sólidos solúveis e qualidade da bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. *Bragantia*, Campinas, v.21, n.7, p.77-82, 1962.
- GIBSON, A. Photochemical aspects of east african arabica coffees. I. The importance of integument pigmentation. II. Raw bean colours produce from Kahweol esters. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ (ASIC), Paris, 1971. *Resumés*. p.246-258.
- GNAGY, M.J. Chlorogenic acid in coffee substitutes. *Journal of Analytical Chemistry*, New York, v.44, p.272-275, 1961
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D.; RATNA, N.G.N. A quick biochemical test for assesement of quality. *Indian Coffee*, Bangalore ,v.40, p.29-33, 1976.
- GOPAL, N.H.; VASUDEVA, N. Studies on ascorbic acid in coffee plants. II Distribution in ripes fruits and its relationship with coffee quality. *Journal of Coffee Research*, v.40, p.25-28, 1974.
- GRANER, E.A.; GODOY, J.C. *Manual do Cafeicultor*. São Paulo, Edições Melhoramentos, 1967. 320p.
- GULLET, E.A. Color and Food. In: HUY, Y.H. *Encyclopedia of food Science and Technology*. New York, John Wiley & Sons, 1992. v.3, p452-460, 1992.

- GUYOT, B.; CLROS, E.; VINCENT, J.C. Caracterization et identification des composés da la fraction volatile d'un café vert arabica sain et d'un café arabica puant. *Café, Cacao, Thé*, Paris, v.26, n.4, p.279-288, 1982.
- HAHN, D.; VINCENT, J.C. Essais de mesures spectroréfectometriques sur cafés vert et torréfié et sur cacao. *Café Cacao Thé*. Paris, v.16, n.2, p.194-160, 1972.
- HARBORNE, J.B. Flavonoids:distribution and contribution to plant colour. In: GOODWIN, T.W., ed. *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*. London, Academic Press, 1965. p.247-278.
- JORDÃO, B.A.; GARRUTI, R.S.; ANGELLUCI, E.; TANGO, J.S.; TOSELO, Y. Armazenamento de café beneficiado a granel em silo com ventilação natural. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.3, p.253-281, 1969/70.
- LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica L.*)**. Lavras: ESAL, 1991, 131p. (Tese de Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- LEITE, I.P.; CARVALHO, V.D. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas , composição química do grão e qualidade do café. Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.29, n.2, p.299-308, 1994.
- LITTLE, A.C. Physical measurements as predictors of visual appearance, *Food Technology*, Chicago, v.30, n.10, p.75-82 , 1976.

- LITTLE, A.C.; MACKINEY, G. *The sample as a problem*. *Food Technology*, Chicago, v.23, n.25, p.25-28, 1969.
- LOCHART, E.E. *Chemistry of Coffee*. The Coffe Brewing Institute, 1957. 20p. (Publication 25).
- LOPES, R.P. *Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café (Coffea arabica L.) durante a armazenagem*. Viçosa: UFV, 1988. 131p. (Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola).
- LOPES, R.P.; HARA, T.; SILVA, J.S.; SOUZA, C.G. Avaliação da qualidade de grãos de café pela colorimetria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, Viçosa, 1995, Resumos... Viçosa, SBEA/UFV, 1995. p.45.
- MAJUNDER, S.K.; NATARAJAN, C.P.; BATHIA, D.S. Some aspects of the storage of coffee under warehouse conditions. *Indian Coffee*, Bangalore, v.26, n.6, p.169-70, 1962.
- MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMEZ, L. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". *Turrialba*, San José, v.13, n.3, p.183-9, 1963.
- MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde de grãos de café: Determinação de flavonóides e clorofilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, Resumos... MIC/IBC, 1984. p.178-81.
- McLOY, J.F. *Mechanical drying of arabica Coffee*. *Kenya Coffee*, Nairobi, v.44, n.516, p.13-26, 1979. (Reprinted from *Kenya Coffee*, Apr. 1959).

- MEIRELLES, A.M.A. **Ocorrência e controle da microflora associada aos frutos de café (*Coffea arabica L.*) provenientes de diferentes localidades do Estado de Minas Gerais.** Lavras, ESAL: 1990. 71p. (Tese de Mestrado em Fitotecnia).
- MELO, M.; AMORIN, H.V. **Chemistry of brazilian green coffee and the quality of the beverage. VI- U.V. and visible spectral analysis and chlorogenic acids content on TCA soluble buffer extracts.** Turrialba, San José, v.25, n.3, p.243-248, 1975.
- MELO, M.; FAZUOLI, L.C.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIN, H.V. **Alterações físicas, químicas e organolépticas em grãos de café armazenados.** *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.32, n.4, p.468-471, 1980.
- MENCHÚ, E. F. **La determinación de la calidad del café. Parte I. Características, color y aspecto.** *Agricultura de las Américas*, Kansas City, v.16, n.5, p.18-21, 1967.
- MENEZES, H.C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquímico com a maturação de café.** Campinas: Unicamp, 1990. 120p. (Tese em Doutorado Tecnologia de Alimentos.)
- MIYA, E.E.; GARRUTI, R.S.; CHAIB, M.A., ANGELUCCI, E.; FIGUEIREDO, I.; SHIROSE, I. **Defeitos do café e qualidade da bebida.** *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.5, p.417-32, 1973/74.
- MÔNACO, L.C. **Armazenamento do café.** *Boletim da Superintendência dos Serviços do Café*. São Paulo, v.36, n.417, p.15-16, 1961.

- MORAES, R.M.; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I.; MEDINA, J.C. Determinação de sólidos solúveis em café arábica e canephora. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.5, p.199-221, 1973/74.**
- MULTON, J.L.; POISSON, J.; CAHAGNIER, B.; HAHN, D.; BAREL, M.; SANTOS, A.C. Evolution de plusieurs caractéristiques d'un café arábica au cours d'un stockage expérimental effectué à cinq humidités relatives et quatre températures différentes. **Café Cacao Thé, Paris, v.18, n.2, p.121-32, avr./juin. 1974.**
- MUTISO, S. Yellow Cherry. **Kenya Coffee, Nairobi, v.36, n.428, p.281-282, 1971.**
- NJOROGE, S.M. Notes on the chemical basis of coffee quality. **Kenya Coffee, Nairobi, p.152-154, 1987.**
- NORTHMORE, J.M. Photochemical aspects of coffee quality research. **Kenya Coffee, Nairobi, v.31, n.368, p.339-41, 1966.**
- NORTHMORE, J.M. Raw bean colors and the quality of Kenya arabica coffee. **Turrialba, San José, v.31, n.368, p.339-41, 1968.**
- NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. **Turrialba, San José, v.15, n.3, p.184-93, 1965.**

- OLIVEIRA, J.C. **Relação da atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase dos grãos de café e a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1972, 80p. (Tese de Doutorado em Bioquímica).
- OLIVEIRA, J.C.; AMORIN, H.V.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A. **Atividade enzimática da polifenoloxidase de grão de quatro espécies de café durante o armazenamento.** *Científica*, Jaboticabal, v.4, n.2, p.114-119, 1976.
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** Piracicaba, ESALQ, 1992. 125p. (Tese de Mestrado em Agronomia).
- RAMIREZ, J. **Compuestos fenólicos en la pulpa de café.** *Cromatografía de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L.* Turrialba, San José, v.37, n.4, p.317-323, 1987.
- RIGITANO, A.; TOSELLO, A.; SOUZA, O.F.; GARRUTI, R.S.; JORGE, J.P.N. **Observações preliminares sobre armazenamento de café beneficiado a granel.** *Bragantia*. Campinas, Instituto Agronômico, v.23, n.4, p.39-43, jan. 1964.
- ROCKLAND, L.B. **Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5 and 40° C.** *Analytical Chemistry*. Washington, v.32, n.100, p.1375-6, 1960.
- RODRIGUEZ, D.B.; FRANK, H.A.; YAMAMOTO, H.Y. **Acetaldehyde as possible indicator of spoilage in green coffee.** *Journal of Science and Food Agriculture*, London, v. 20, p.15- 17, 1969.

- ROSSI, S.R.; ROA, G. **Secagem e Armazenamento de produtos Agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. São Paulo, ACIESP, 1980. 295p.
- ROTEMBERG, B.F.; IANCHAN, A. Caracterização química das variedades de café bebida. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 22ª, Salvador, 5-11 de julho, 1971, **Resumos...** p.396.
- ROTEMBERG, B.F.; IANCHAN, A. Método químico automático para diferenciação de café bebida. **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v.2, n.2, p.67-69, 1971a.
- SABBAGH, N.; YOKOMIZO, Y.; FARIA T.B. Influência da torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arabica, robusta e do híbrido Icatu. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, p.111-130, 1977.
- SANINT, O.B.; VALENCIA, A. Atividade enzimática en el grano de café en relación con la calidad de bebida. I. Duración de la fermentación. **Cenicafé**, Caldas, v.23, p.59-71, 1972.
- SANTOS, A.C; HAHN, D.; CAHAGNIER, B.; DRAPRON, R.; GUILBOT, A.; LEFEBVRE, J.; MULTON, J.L.; POISSON, J.; TRENTESAUX, E. Étude de l'évolution de plusieurs caractéristiques d'un café arabica au cours d'un stockage expérimental effectué a cinq humidités relatives différentes. **Café Cacao Thé**, Paris, v.15, n.4, p.329-39, oct./dec. 1971.
- SINCLETON, V.L. The total phenolic content of grape berries during the maturation of several varieties. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.17, p.126-134, 1966.
- SINÍCIO, R.; ROA, G. Curvas de umidade de equilíbrio para 115 produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, v.4, n.2, p.45-55, 1979.

- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: Mc Graw-Hill, 1981, 481p.
- STIRLING, H.G. Further experiments on factors affecting quality loss in stored arabica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.40, n.466, p.28-35, jan. 1975.
- SUBRAHMANYAN, V.; BATHIA, D.S.; NATARAJAN, C.P.; MAJUNDER, S.K. Storage of coffee beans. **Indian Coffee**, Bangalore, v.25, n.1, p.26-36, jan. 1961.
- TANGO, J.S. Utilização industrial do café e dos seus subprodutos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.48-73, 1971.
- TEIXEIRA, A.A.; FAZUOLI, L.C.; CARVALHO, A. Qualidade da bebida do café - Efeito do acondicionamento e do tempo de conservação. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.7, p.103-8, 1977.
- TRAVAGLINE, D.; TOSELLO, Y. Aplicação da equação de Henderson em estudos de umidade de equilíbrio em café em côco, despulpado e beneficiado. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.2, p.403-413, 1967/68.
- VOGEL, A.I. **Análise química quantitativa**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 1992. 712p.
- WILBAUX, R., HANN, D. Contribution a l'étude des phénomènes intervenant au cours de la conservation du café vert. **Café Cacao Thé**, Paris, v.10, n.4, p.324-67, oct./dec. 1966.
- WOSIAK, G. **Produção de enzimas hidrolíticas por fungos isolados do café**. Curitiba: UFPR, 1971, 33p. (Tese de Mestrado em Bioquímica).

**ANEXO I**

**PROGRAMA PARA CÁLCULO DOS TEMPOS DE ARMAZENAMENTO  
NECESSÁRIOS PARA QUE SE INICIE O FENÔMENO DE BRANQUEAMENTO  
DE GRÃOS DE CAFÉ ARMAZENADOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA.**

```

CHARACTER * 1 G
COMMON/BLOC/A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9
DOUBLE PRECISION X,U,T,XIC,X0,X1,X2,ERRO,VALUFX,FX,FX1
WRITE(*,*)'DAR VALORES DE INDICE DE COR,UR(%) E TEMPERATURA
* (GRAUS CELSIUS)'
READ(*,*)XIC,U,TA
WRITE(*,*)'DAR VALOR INICIAL PARA O TEMPO'
READ(*,*)X0
ERRO = 1.0D-006
C
A0 = -0.3285202387
A1 = 0.0396448541
A2 = 0.0634997386
A3 = 0.0053736597
A4 = -0.0001128935
A5 = -0.0001194636
A6 = -0.0002299156
A7 = 0.0000021168
A8 = -0.0002975069
A9 = 0.0000122780
C
X1=X0
DO 20 I=1,1000
N = I
X2=FX(X1,U,TA,XIC)
IF(DABS(X2-X1) LE. ERRO) GOTO 30
X1=X2
CONTINUE
30 VALUFX=FX1(X2,U,TA,XIC)
IF((DABS(VALUFX).GT.ERRO).AND.(I.EQ.1001)) THEN
WRITE(*,70) I
GOTO 15
ENDIF
WRITE(*,35)X2,N
PAUSE
WRITE(*,*)'CONTINUAR?'
READ(*,40)G
IF((G.EQ.'S').OR.(G.EQ.'S'))GOTO 10
STOP
C
FORMAT(2X,'I =',F12.7,' DEPOIS ',J3,' ITERACOES//')
FORMAT(A1)
FORMAT(2X,ESQUEMA NAO CONVERGIU APOS ',J3,' ITERACOES)
END
DOUBLE PRECISION FUNCTION FX1(X,U,TA,XIC)
DOUBLE PRECISION X,U,TA,XIC

```

```

COMMON/BLOC/A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9
DOUBLE PRECISION A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9
FX1 = -XIC+A0+A1*U+A2*DEXP(-X)+A3*X+A4*U*TA+
A5*U*X+A6*X*TA+A7*U*TA*X+A8*U**2+A9*X**2
RETURN
END

COMMON/BLOC/A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9
DOUBLE PRECISION A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9
DOUBLE PRECISION X,U,TA,XIC
FX = (XIC-A0-A1*U-A2*DEXP(-X)-A4*U*TA-A8*U*U)
/(A3+A5*U+A6*TA+A7*U*TA+A9*X)
RETURN
END

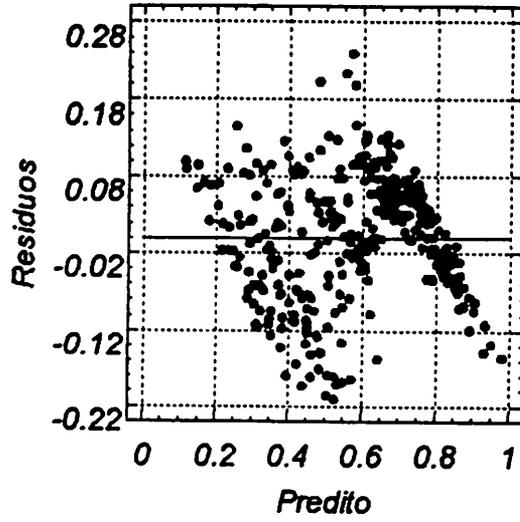
```

C

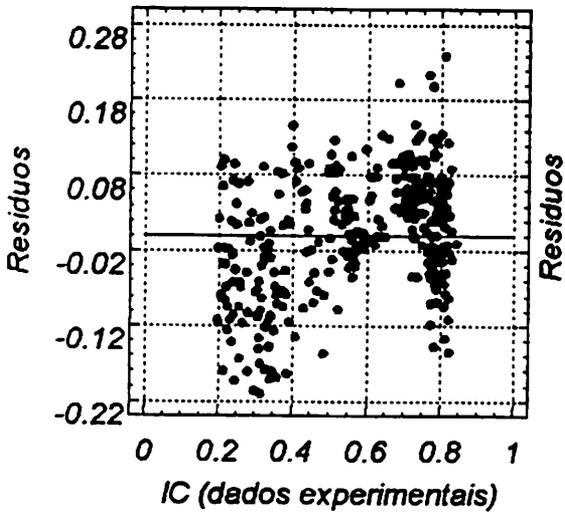
**ANEXO II**

**ANÁLISE DOS RESÍDUOS DO MODELO AJUSTADO AOS DADOS EXPERIMENTAIS  
DE ÍNDICE DE COLORAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ ARMAZENADOS EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA.**

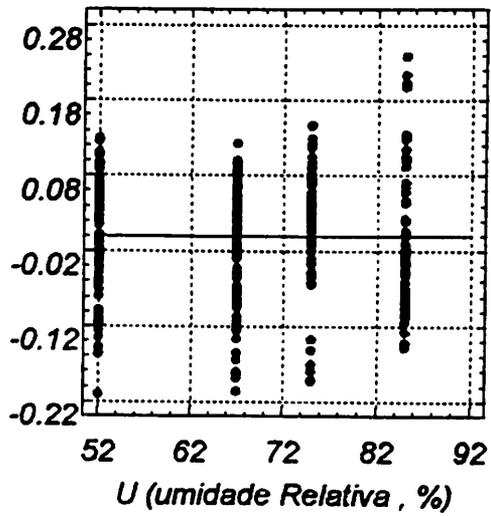
*Resíduos, Plot para IC*



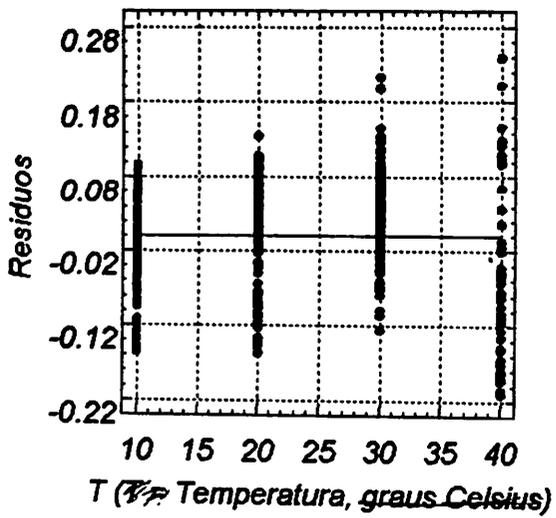
*Resíduos, Plot para IC*



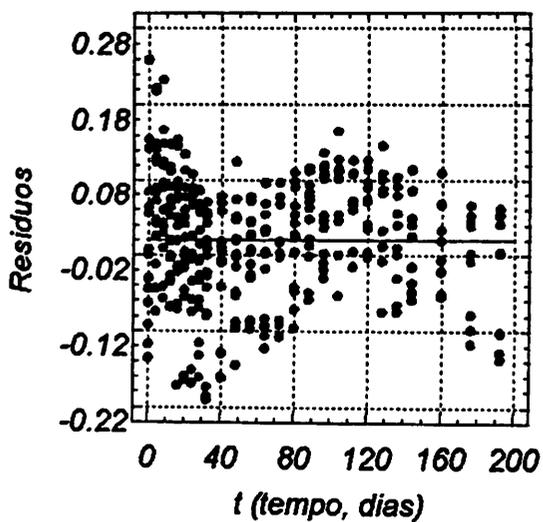
*Resíduos, Plot para IC*



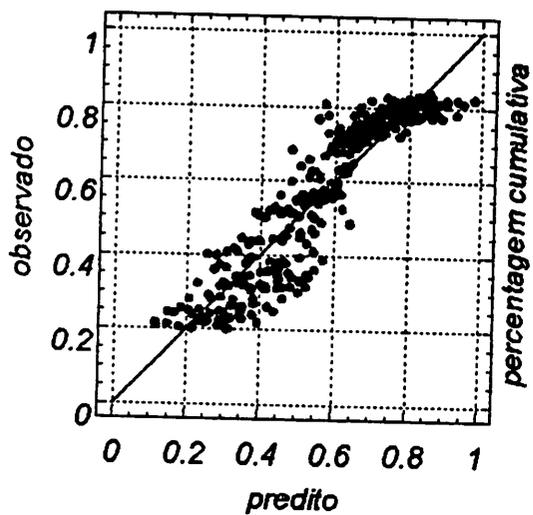
Resíduos, Plot para IC



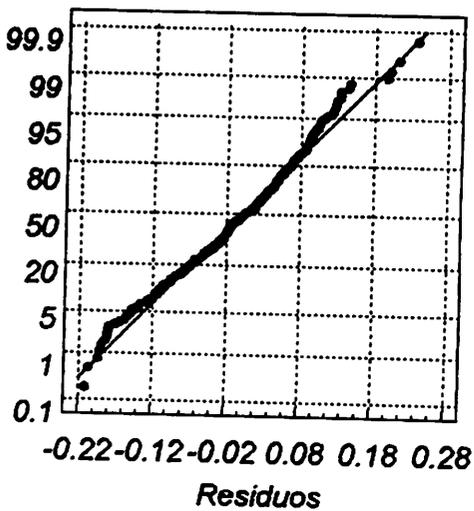
Resíduos, Plot para IC

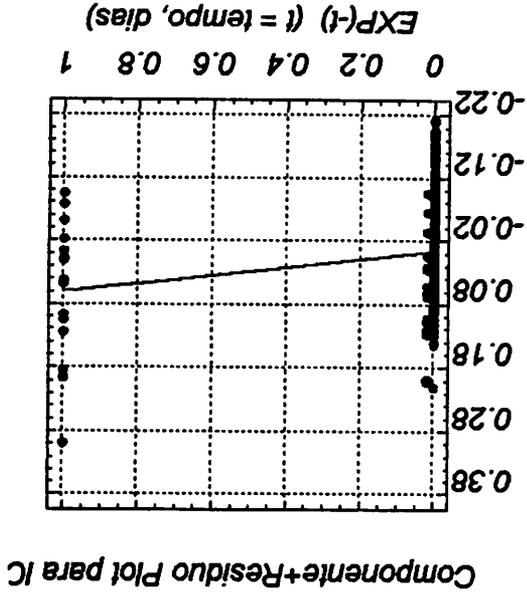
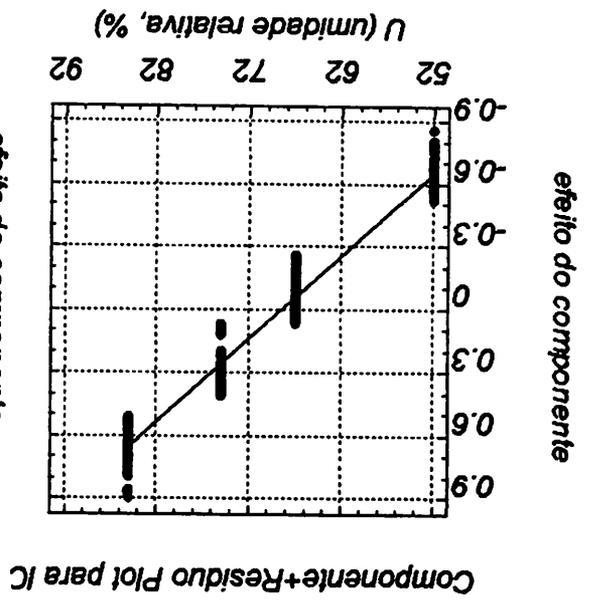
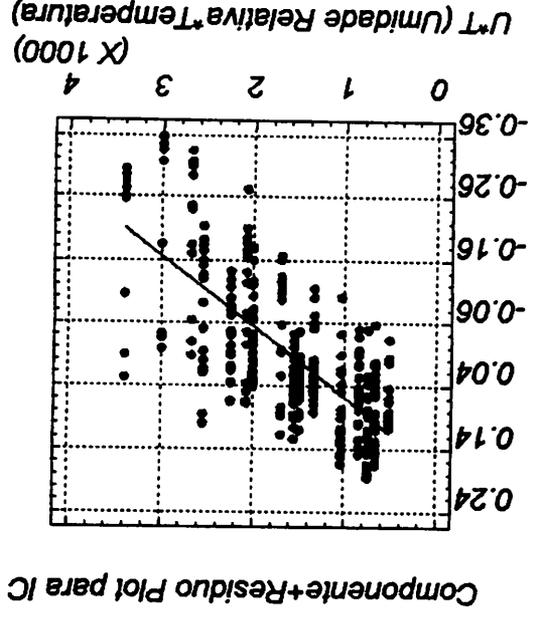
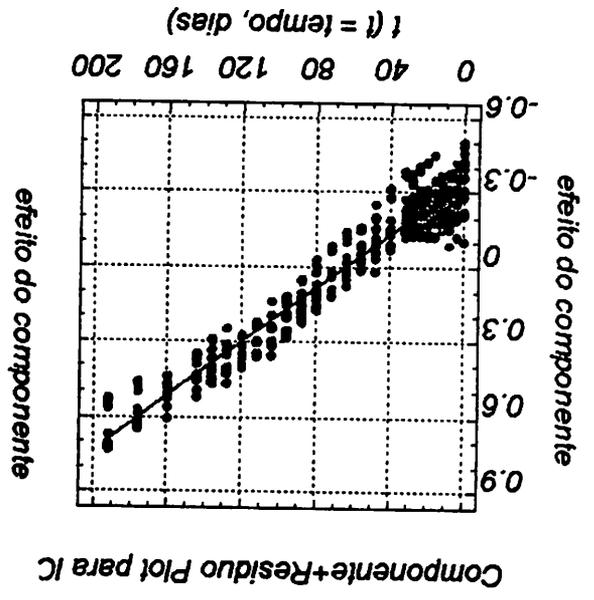


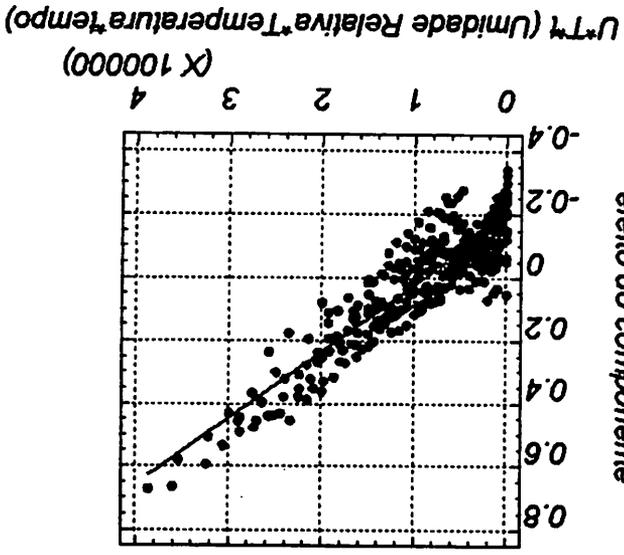
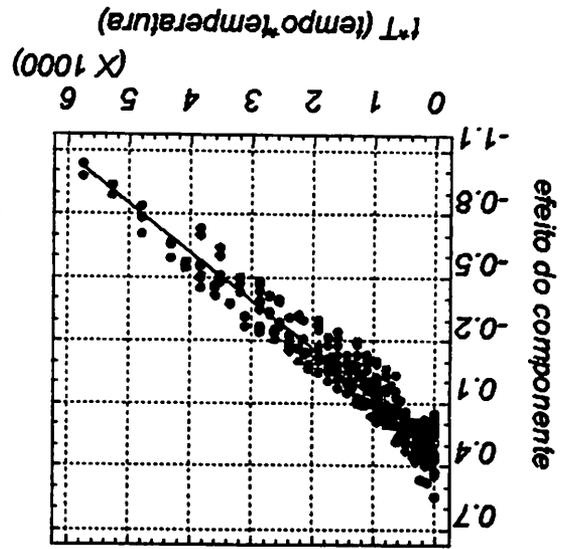
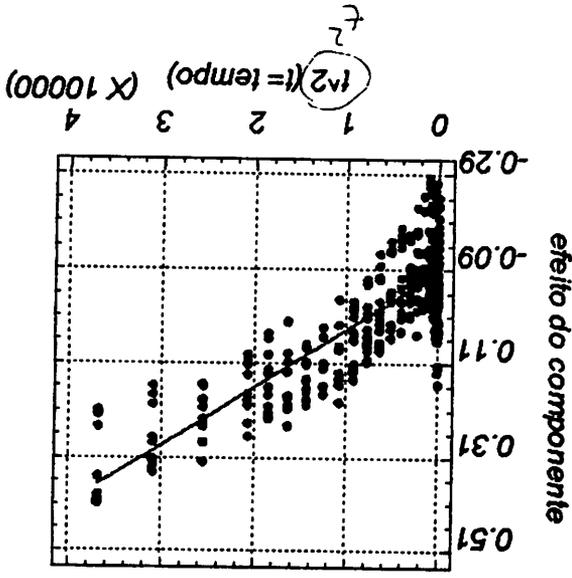
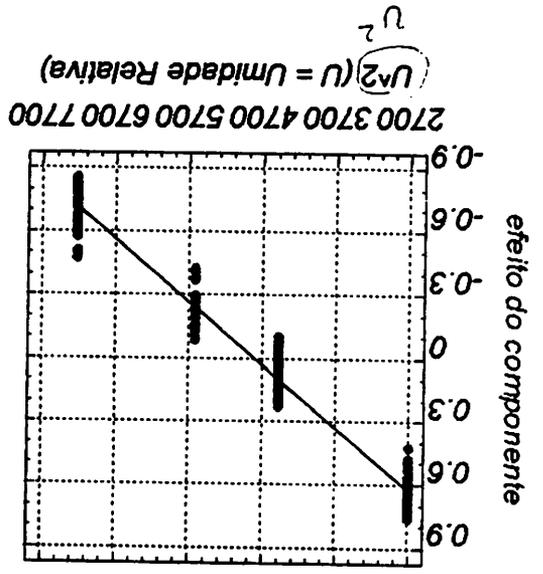
Plot para IC



Plot de probabilidade normal







Componente+Residuo Plot para IC

Componente+Residuo Plot para IC

Componente+Residuo Plot para IC

Componente+Residuo Plot para IC

A = Número de ordem

B = Umidade Relativa (%)

C = Temperatura (°C)

D = Tempo (dias)

E = Valores Observados

F = Valores Preditos

G = Resíduos

H = Resíduos Padronizados

I = Limite inferior do intervalo de confiança para a média (95%)

J = limite superior do intervalo de confiança para a média (95%)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	52	10	0	0.821	0.933349	-0.112349	-1.46312	0.884954	0.981743
2	52	10	4	0.8305	0.863061	-0.032561	-0.41131	0.830714	0.895408
3	52	10	8	0.843	0.854361	-0.0113613	-0.14317	0.823665	0.885058
4	52	10	12	0.823	0.847175	-0.0241752	-0.30407	0.81814	0.87621
5	52	10	16	0.805	0.840403	-0.0354026	-0.4446	0.812836	0.867969
6	52	10	20	0.812	0.834023	-0.0220232	-0.27614	0.807722	0.860325
7	52	10	24	0.802	0.828037	-0.0260367	-0.32612	0.802794	0.853279
8	52	10	28	0.793	0.822443	-0.0294432	-0.36848	0.798053	0.846833
9	52	10	32	0.796	0.817243	-0.0212425	-0.26566	0.793501	0.840984
10	52	10	40	0.7815	0.80802	-0.0265198	-0.33145	0.784999	0.831041
11	52	10	48	0.765	0.800369	-0.0353688	-0.44208	0.777394	0.823343
12	52	10	56	0.7775	0.794289	-0.0167893	-0.2099	0.770836	0.817743
13	52	10	64	0.774	0.789781	-0.0157814	-0.19746	0.765477	0.814086
14	52	10	72	0.7655	0.786845	-0.021345	-0.26738	0.761449	0.812241
15	52	10	80	0.7695	0.78548	-0.0159803	-0.20043	0.758851	0.81211
16	52	10	88	0.7635	0.785687	-0.0221871	-0.2787	0.757746	0.813628
17	52	10	96	0.7695	0.787466	-0.0179655	-0.22602	0.758169	0.816762
18	52	10	104	0.771	0.790816	-0.0198155	-0.24973	0.760128	0.821503
19	52	10	112	0.78	0.795737	-0.0157371	-0.19869	0.763615	0.82786
20	52	10	120	0.779	0.80223	-0.0232303	-0.29392	0.768603	0.835858
21	52	10	128	0.782	0.810295	-0.028295	-0.35885	0.775055	0.845535
22	52	10	136	0.769	0.819931	-0.0509314	-0.64794	0.782927	0.856936
23	52	10	144	0.774	0.831139	-0.0571393	-0.72933	0.792167	0.870111
24	52	10	160	0.787	0.85827	-0.0712698	-0.91775	0.814548	0.901992
25	52	10	176	0.7725	0.891687	-0.119187	-1.5578	0.84181	0.941563
26	52	10	192	0.7825	0.93139	-0.14889	-1.98774	0.87366	0.98912
27	52	20	0	0.81	0.874644	-0.0646441	-0.83617	0.828495	0.920793
28	52	20	4	0.825	0.799563	0.0254372	0.31992	0.770599	0.828526
29	52	20	8	0.805	0.786069	0.0189306	0.23763	0.758712	0.813426
30	52	20	12	0.8055	0.77409	0.0314102	0.39363	0.748391	0.799788
31	52	20	16	0.8165	0.762524	0.0539764	0.67572	0.738314	0.786733
32	52	20	20	0.8215	0.751351	0.0701494	0.87751	0.728453	0.774248
33	52	20	24	0.828	0.740571	0.0874294	1.09325	0.718806	0.762335
34	52	20	28	0.7965	0.730183	0.0663166	0.82793	0.709373	0.750994
35	52	20	32	0.7695	0.720189	0.0493108	0.61494	0.700156	0.740222
36	52	20	40	0.75	0.701379	0.0486207	0.60582	0.682403	0.720355
37	52	20	48	0.737	0.684141	0.0528589	0.65846	0.665643	0.702639
38	52	20	56	0.726	0.668474	0.0575256	0.71666	0.650009	0.68694
39	52	20	64	0.73	0.654379	0.0756207	0.94282	0.635644	0.673115
40	52	20	72	0.718	0.641856	0.0761442	0.94969	0.622674	0.661038
41	52	20	80	0.721	0.630904	0.0900961	1.12478	0.61119	0.650617
42	52	20	88	0.7135	0.621524	0.0919764	1.14887	0.60125	0.641797
43	52	20	96	0.703	0.613715	0.0892852	1.11564	0.592877	0.634553
44	52	20	104	0.7145	0.607478	0.107022	1.33904	0.586064	0.628892
45	52	20	112	0.709	0.602812	0.106188	1.32927	0.580779	0.624845

46	52	20	120	0.6945	0.599718	0.094782	1.18661	0.57697	0.622466
47	52	20	128	0.59	0.598196	-0.00819558	-0.10247	0.574565	0.621826
48	52	20	136	0.579	0.598245	-0.0192447	-0.24091	0.573484	0.623005
49	52	20	144	0.564	0.599865	-0.0358655	-0.44975	0.573644	0.626087
50	52	20	160	0.5655	0.607822	-0.0423217	-0.53337	0.577393	0.63825
51	52	20	176	0.523	0.622064	-0.0990642	-1.26186	0.585394	0.658734
52	52	20	192	0.4845	0.642593	-0.158093	-2.05147	0.597495	0.687691
53	52	30	0	0.7965	0.815939	-0.0194394	-0.25101	0.77019	0.861689
54	52	30	4	0.7985	0.736065	0.0624354	0.78514	0.707876	0.764253
55	52	30	8	0.7875	0.717778	0.0697223	0.87542	0.691167	0.744389
56	52	30	12	0.755	0.701004	0.0539956	0.67649	0.676011	0.725997
57	52	30	16	0.752	0.684645	0.0673554	0.84301	0.661083	0.708206
58	52	30	20	0.7085	0.668678	0.0398219	0.49748	0.646351	0.691005
59	52	30	24	0.705	0.653104	0.0518956	0.6479	0.631808	0.674401
60	52	30	28	0.674	0.637924	0.0360763	0.44994	0.617452	0.658395
61	52	30	32	0.618	0.623136	-0.00513583	-0.064	0.603286	0.642986
62	52	30	40	0.5645	0.594739	-0.0302388	-0.37671	0.575552	0.613926
63	52	30	48	0.569	0.567913	0.00108661	0.01353	0.548714	0.587113
64	52	30	56	0.567	0.54266	0.0243405	0.30334	0.522928	0.562391
65	52	30	64	0.5325	0.518977	0.0135227	0.16863	0.498354	0.5396
66	52	30	72	0.544	0.496867	0.0471334	0.58861	0.475125	0.518608
67	52	30	80	0.5215	0.476328	0.0451725	0.56474	0.45333	0.499325
68	52	30	88	0.515	0.45736	0.05764	0.72175	0.433024	0.481696
69	52	30	96	0.5265	0.439964	0.086536	1.0862	0.414224	0.465704
70	52	30	104	0.516	0.42414	0.0918603	1.15513	0.396929	0.451351
71	52	30	112	0.4975	0.409887	0.0876131	1.1035	0.381113	0.438661
72	52	30	120	0.5035	0.397206	0.106294	1.34273	0.366741	0.427671
73	52	30	128	0.5115	0.386096	0.125404	1.58968	0.353767	0.418426
74	52	30	136	0.436	0.376558	0.0594419	0.75347	0.34214	0.410976
75	52	30	144	0.3875	0.368592	0.0189083	0.24034	0.331811	0.405372
76	52	30	160	0.3165	0.357374	-0.0408735	-0.52472	0.314856	0.399891
77	52	30	176	0.324	0.352442	-0.0284417	-0.37044	0.302589	0.402294
78	52	30	192	0.3355	0.353796	-0.0182962	-0.24366	0.294811	0.412782
79	52	40	0	0.793	0.757235	0.0357652	0.46331	0.709992	0.804478
80	52	40	4	0.7825	0.672566	0.109934	1.38855	0.642342	0.70279
81	52	40	8	0.7775	0.649486	0.128014	1.61552	0.620824	0.678148
82	52	40	12	0.725	0.627919	0.097081	1.22095	0.600795	0.655043
83	52	40	16	0.7315	0.606766	0.124734	1.56882	0.580939	0.632593
84	52	40	20	0.5705	0.586006	-0.0155055	-0.1941	0.561218	0.610793
85	52	40	24	0.486	0.565638	-0.0796383	-0.9976	0.541623	0.589654
86	52	40	28	0.409	0.545664	-0.136664	-1.71613	0.522151	0.569177
87	52	40	32	0.315	0.526083	-0.211082	-2.6665	0.502807	0.549358
88	52	40	40	0.338	0.488098	-0.150098	-1.88661	0.464558	0.511639
89	52	40	48	0.3355	0.451686	-0.116186	-1.4588	0.427045	0.476326
90	52	40	56	0.307	0.416845	-0.109845	-1.38119	0.39048	0.44321
91	52	40	64	0.28	0.383575	-0.103575	-1.30512	0.355052	0.412099
92	52	40	72	0.225	0.351877	-0.126877	-1.60563	0.320906	0.382849
93	52	40	80	0.259	0.321751	-0.0627511	-0.79459	0.288138	0.355365
94	52	40	88	0.285	0.293196	-0.00819642	-0.10411	0.256803	0.32959
95	52	40	96	0.2815	0.266213	0.0152867	0.19508	0.226929	0.305497
96	67	10	0	0.8235	0.980038	-0.156538	-2.03024	0.935139	1.02494
97	67	10	4	0.809	0.903852	-0.0948523	-1.19331	0.876344	0.931361
98	67	10	8	0.812	0.889255	-0.0772548	-0.96966	0.863211	0.915298
99	67	10	12	0.7875	0.876171	-0.0886711	-1.11171	0.851645	0.900697
100	67	10	16	0.7725	0.863501	-0.0910007	-1.13956	0.840305	0.886697
101	67	10	20	0.785	0.851224	-0.0662236	-0.82766	0.829164	0.873283
102	67	10	24	0.784	0.839339	-0.0553395	-0.69085	0.818221	0.860458
103	67	10	28	0.7805	0.827848	-0.0473482	-0.5906	0.807481	0.848215
104	67	10	32	0.7735	0.81675	-0.0432498	-0.53918	0.796951	0.836549

105	67	10	40	0.78	0.795732	-0.0157317	-0.19595	0.776574	0.814889
106	67	10	48	0.775	0.776285	-0.00128522	-0.01601	0.75723	0.79534
107	67	10	56	0.7625	0.75841	0.0040897	0.05094	0.739087	0.777733
108	67	10	64	0.7525	0.742107	0.010393	0.12951	0.722301	0.761913
109	67	10	72	0.7245	0.727375	-0.00287522	-0.03585	0.706998	0.747752
110	67	10	80	0.7215	0.714215	0.00728496	0.09087	0.693264	0.735166
111	67	10	88	0.73	0.702626	0.0273735	0.34165	0.681152	0.724101
112	67	10	96	0.7255	0.692609	0.0328906	0.4107	0.67068	0.714539
113	67	10	104	0.7175	0.684164	0.033336	0.41641	0.661843	0.706485
114	67	10	112	0.729	0.67729	0.0517098	0.64637	0.65461	0.699971
115	67	10	120	0.723	0.671988	0.0510121	0.63786	0.648926	0.69505
116	67	10	128	0.7305	0.668257	0.0622428	0.77888	0.644718	0.691797
117	67	10	136	0.701	0.666098	0.0349019	0.43675	0.641892	0.690304
118	67	10	144	0.732	0.665511	0.0664894	0.83347	0.640348	0.690673
119	67	10	160	0.716	0.66905	0.0469497	0.59026	0.640712	0.697388
120	67	10	176	0.7245	0.678876	0.0456236	0.5775	0.645206	0.712547
121	67	10	192	0.7265	0.694989	0.0315113	0.40365	0.653593	0.736384
122	67	20	0	0.821	0.904399	-0.083399	-1.07024	0.862825	0.945973
123	67	20	4	0.83	0.82469	0.00530981	0.06629	0.80272	0.84666
124	67	20	8	0.816	0.806569	0.00943078	0.11761	0.785844	0.827294
125	67	20	12	0.789	0.789962	-0.00096196	-0.01198	0.77058	0.809344
126	67	20	16	0.7915	0.773768	0.0177319	0.22071	0.755536	0.792001
127	67	20	20	0.788	0.757968	0.0300324	0.37362	0.740683	0.775252
128	67	20	24	0.801	0.74256	0.0584401	0.72709	0.726023	0.759097
129	67	20	28	0.7745	0.727545	0.0469548	0.58381	0.711564	0.743526
130	67	20	32	0.743	0.712923	0.0300767	0.37376	0.697321	0.728526
131	67	20	40	0.723	0.684858	0.0381417	0.47395	0.669558	0.700159
132	67	20	48	0.689	0.658365	0.0306352	0.38066	0.642927	0.673802
133	67	20	56	0.621	0.633443	-0.0124429	-0.15462	0.617628	0.649258
134	67	20	64	0.5915	0.610093	-0.0185926	-0.23111	0.593823	0.626362
135	67	20	72	0.565	0.588314	-0.0233139	-0.2899	0.571629	0.604999
136	67	20	80	0.5725	0.568107	0.00439325	0.05463	0.551116	0.585097
137	67	20	88	0.551	0.549471	0.0015288	0.01901	0.532319	0.566624
138	67	20	96	0.5575	0.532407	0.0250928	0.31212	0.515238	0.549576
139	67	20	104	0.542	0.516915	0.0250852	0.31201	0.499847	0.533983
140	67	20	112	0.549	0.502994	0.046006	0.57236	0.486084	0.519904
141	67	20	120	0.511	0.490645	0.0203552	0.25312	0.473855	0.507435
142	67	20	128	0.4705	0.479867	-0.00936716	-0.11648	0.463027	0.496707
143	67	20	136	0.3755	0.470661	-0.0951611	-1.18607	0.453441	0.487882
144	67	20	144	0.3835	0.463027	-0.0795266	-0.99119	0.44493	0.481123
145	67	20	160	0.378	0.452472	-0.0744724	-0.93081	0.430657	0.474287
146	67	20	176	0.3105	0.448205	-0.137705	-1.73831	0.419824	0.476585
147	67	20	192	0.327	0.450223	-0.123223	-1.57387	0.412656	0.48779
148	67	30	0	0.8155	0.82876	-0.0132604	-0.16989	0.787138	0.870382
149	67	30	4	0.7975	0.745528	0.0519719	0.64915	0.723707	0.767349
150	67	30	8	0.8	0.723884	0.0761164	0.95046	0.703235	0.744532
151	67	30	12	0.775	0.703753	0.0712471	0.88859	0.684375	0.723131
152	67	30	16	0.762	0.684036	0.0779644	0.9718	0.66574	0.702331
153	67	30	20	0.7575	0.664712	0.0927885	1.15653	0.647303	0.68212
154	67	30	24	0.7075	0.64578	0.0617196	0.76805	0.629065	0.662496
155	67	30	28	0.639	0.627242	0.0117579	0.14614	0.611033	0.643451
156	67	30	32	0.63	0.609097	0.0209032	0.25978	0.59322	0.624973
157	67	30	40	0.5475	0.573985	-0.0264848	-0.32912	0.558324	0.589646
158	67	30	48	0.467	0.540444	-0.0734443	-0.91381	0.524546	0.556342
159	67	30	56	0.4585	0.508475	-0.0499755	-0.62159	0.492063	0.524888
160	67	30	64	0.351	0.478078	-0.127078	-1.58635	0.461015	0.495141
161	67	30	72	0.342	0.449253	-0.107253	-1.33805	0.431497	0.467008
162	67	30	80	0.354	0.421998	-0.0679985	-0.84738	0.403558	0.440439
163	67	30	88	0.4385	0.396316	0.0421841	0.5256	0.377212	0.41542

164	67	30	96	0.342	0.372205	-0.030205	-0.37646	0.352439	0.391971
165	67	30	104	0.444	0.349666	0.0943343	1.17863	0.329197	0.370134
166	67	30	112	0.416	0.328698	0.0873021	1.09118	0.307421	0.349975
167	67	30	120	0.363	0.309302	0.0536983	0.67101	0.287029	0.331574
168	67	30	128	0.372	0.291477	0.0805229	1.00825	0.267935	0.315019
169	67	30	136	0.359	0.275224	0.0837759	1.05082	0.250053	0.300396
170	67	30	144	0.2895	0.260543	0.0289574	0.36348	0.233308	0.287777
171	67	30	160	0.2485	0.235894	0.0126055	0.15931	0.203028	0.268761
172	67	30	176	0.2355	0.217533	0.0179673	0.22982	0.176876	0.258189
173	67	30	192	0.247	0.205457	0.0415428	0.54212	0.154842	0.256072
174	67	40	0	0.817	0.753122	0.0638783	0.82442	0.70809	0.798153
175	67	40	4	0.788	0.666366	0.121634	1.53175	0.639217	0.693515
176	67	40	8	0.7405	0.641198	0.099302	1.2473	0.615337	0.667059
177	67	40	12	0.5615	0.617544	-0.0560438	-0.70185	0.593027	0.64206
178	67	40	16	0.552	0.594303	-0.042303	-0.529	0.570959	0.617646
179	67	40	20	0.3865	0.571455	-0.184955	-2.32862	0.549106	0.593805
180	67	40	24	0.3595	0.549001	-0.189501	-2.38507	0.527465	0.570536
181	67	40	28	0.3455	0.526939	-0.181439	-2.28072	0.506038	0.54784
182	67	40	32	0.2985	0.50527	-0.20677	-2.60424	0.484829	0.525712
183	67	40	40	0.281	0.463111	-0.182111	-2.2876	0.443098	0.483125
184	67	40	48	0.2575	0.422524	-0.165024	-2.07028	0.402365	0.442683
185	67	40	56	0.266	0.383508	-0.117508	-1.47023	0.362744	0.404272
186	67	40	64	0.2325	0.346064	-0.113564	-1.42174	0.324347	0.367781
187	67	40	72	0.1975	0.310191	-0.112691	-1.41231	0.287259	0.333123
188	75	10	0	0.8115	0.950197	-0.138697	-1.79789	0.904891	0.995504
189	75	10	4	0.8065	0.870866	-0.0643664	-0.80932	0.842838	0.898895
190	75	10	8	0.791	0.853123	-0.0621235	-0.77974	0.826616	0.879631
191	75	10	12	0.7845	0.836894	-0.0523943	-0.65636	0.811962	0.861826
192	75	10	16	0.786	0.821078	-0.0350785	-0.43868	0.797544	0.844613
193	75	10	20	0.7745	0.805656	-0.0311559	-0.38916	0.783333	0.827979
194	75	10	24	0.7355	0.790626	-0.0551263	-0.68829	0.769328	0.811925
195	75	10	28	0.722	0.77599	-0.0539896	-0.6736	0.75553	0.796449
196	75	10	32	0.7485	0.761746	-0.0132458	-0.16507	0.741944	0.781547
197	75	10	40	0.7315	0.734437	-0.00293679	-0.03657	0.715454	0.75342
198	75	10	48	0.735	0.708699	0.0263006	0.32752	0.689975	0.727424
199	75	10	56	0.708	0.684534	0.0234664	0.29225	0.66566	0.703408
200	75	10	64	0.71	0.661939	0.0480606	0.59898	0.642659	0.68122
201	75	10	72	0.6985	0.640917	0.0575833	0.71813	0.621098	0.660736
202	75	10	80	0.7	0.621466	0.0785343	0.98054	0.601064	0.641868
203	75	10	88	0.6775	0.603586	0.0739138	0.92314	0.582609	0.624564
204	75	10	96	0.683	0.587278	0.0957217	1.19711	0.565753	0.608804
205	75	10	104	0.6675	0.572542	0.0949581	1.18808	0.550487	0.594597
206	75	10	112	0.606	0.559377	0.0466228	0.58267	0.536779	0.581975
207	75	10	120	0.625	0.547784	0.0772159	0.96642	0.524574	0.570994
208	75	10	128	0.6265	0.537762	0.0887375	1.11193	0.513798	0.561727
209	75	10	136	0.5485	0.529312	0.0191875	0.24024	0.504367	0.554258
210	75	10	144	0.551	0.522434	0.0285659	0.35818	0.496192	0.548677
211	75	10	160	0.5615	0.513392	0.048108	0.60613	0.48328	0.543504
212	75	10	176	0.5435	0.510636	0.0328637	0.41733	0.474583	0.54669
213	75	10	192	0.549	0.514167	0.0348332	0.44856	0.46992	0.558414
214	75	20	0	0.815	0.865527	-0.0505271	-0.64742	0.824192	0.906862
215	75	20	4	0.8075	0.78335	0.0241498	0.30137	0.761997	0.804704
216	75	20	8	0.7845	0.762761	0.0217388	0.27097	0.742738	0.782784
217	75	20	12	0.787	0.743686	0.0433142	0.53948	0.725108	0.762263
218	75	20	16	0.754	0.725024	0.028976	0.36048	0.707707	0.742341
219	75	20	20	0.7275	0.706755	0.0207446	0.25787	0.690503	0.723008
220	75	20	24	0.7345	0.68888	0.0456204	0.56699	0.673493	0.704266
221	75	20	28	0.714	0.671397	0.0426032	0.52925	0.656679	0.686115
222	75	20	32	0.6905	0.654307	0.0361931	0.44944	0.640069	0.668545

223	75	20	40	0.6785	0.621306	0.0571943	0.71037	0.607527	0.635085
224	75	20	48	0.694	0.589876	0.104124	1.29558	0.576041	0.603711
225	75	20	56	0.612	0.560018	0.0519818	0.6457	0.545814	0.574222
226	75	20	64	0.6085	0.531732	0.0767682	0.95458	0.51702	0.546443
227	75	20	72	0.501	0.505017	-0.00401692	-0.0499	0.489781	0.520253
228	75	20	80	0.513	0.479874	0.0331263	0.4117	0.464167	0.49558
229	75	20	88	0.508	0.456302	0.051698	0.64291	0.440204	0.4724
230	75	20	96	0.517	0.434302	0.0826981	1.02964	0.417883	0.450721
231	75	20	104	0.496	0.413873	0.0821266	1.0227	0.39716	0.430586
232	75	20	112	0.435	0.395016	0.0399835	0.49742	0.377963	0.41207
233	75	20	120	0.3925	0.377731	0.0147688	0.18374	0.36019	0.395272
234	75	20	128	0.374	0.362017	0.0119826	0.14915	0.343723	0.380312
235	75	20	136	0.337	0.347875	-0.0108752	-0.13548	0.328441	0.367309
236	75	20	144	0.34	0.335305	0.00469536	0.05857	0.314239	0.35637
237	75	20	160	0.313	0.314878	-0.00187821	-0.02354	0.288818	0.340938
238	75	20	176	0.324	0.300738	0.0232619	0.29426	0.267268	0.334209
239	75	20	192	0.3135	0.292884	0.0206157	0.2649	0.249697	0.336072
240	75	30	0	0.817	0.780857	0.0361431	0.46318	0.739268	0.822446
241	75	30	4	0.765	0.695834	0.069166	0.86407	0.674368	0.7173
242	75	30	8	0.7125	0.672399	0.0401012	0.50004	0.652251	0.692547
243	75	30	12	0.648	0.650477	-0.00247743	-0.03085	0.631748	0.669207
244	75	30	16	0.6275	0.628969	-0.00146945	-0.01828	0.611464	0.646475
245	75	30	20	0.5705	0.607855	-0.0373547	-0.46452	0.591362	0.624348
246	75	30	24	0.568	0.587133	-0.0191329	-0.23775	0.571434	0.602832
247	75	30	28	0.5605	0.566804	-0.00630403	-0.0783	0.551677	0.581931
248	75	30	32	0.4985	0.546868	-0.048368	-0.60096	0.532097	0.561639
249	75	30	40	0.446	0.508175	-0.0621747	-0.77272	0.493522	0.522827
250	75	30	48	0.4515	0.471053	-0.0195529	-0.24289	0.455879	0.486227
251	75	30	56	0.4425	0.435503	0.00699726	0.08697	0.41937	0.451636
252	75	30	64	0.435	0.401524	0.0334758	0.4165	0.384166	0.418882
253	75	30	72	0.426	0.369117	0.0568829	0.70879	0.350381	0.387854
254	75	30	80	0.409	0.338282	0.0707183	0.88257	0.318073	0.358491
255	75	30	88	0.405	0.309018	0.0959821	1.20063	0.287262	0.330774
256	75	30	96	0.397	0.281326	0.115674	1.45056	0.257937	0.304714
257	75	30	104	0.3995	0.255205	0.144295	1.81582	0.230069	0.280341
258	75	30	112	0.3205	0.230656	0.0898442	1.12946	0.203617	0.257695
259	75	30	120	0.278	0.207678	0.0703217	0.88553	0.17853	0.236826
260	75	30	128	0.2535	0.186272	0.0672277	0.84899	0.15476	0.217785
261	75	30	136	0.2385	0.166438	0.072062	0.9135	0.132257	0.200619
262	75	30	144	0.242	0.148175	0.0938248	1.1958	0.110979	0.185371
263	75	30	160	0.206	0.116364	0.0896356	1.15661	0.0719583	0.160771
264	75	40	0	0.8185	0.696187	0.122313	1.58597	0.650188	0.742186
265	75	40	4	0.737	0.608318	0.128682	1.6233	0.580032	0.636603
266	75	40	8	0.7285	0.582036	0.146463	1.84664	0.555246	0.608827
267	75	40	12	0.536	0.557269	-0.021269	-0.26639	0.531999	0.582539
268	75	40	16	0.341	0.532915	-0.191915	-2.42146	0.508966	0.556864
269	75	40	20	0.329	0.508954	-0.179954	-2.26571	0.486108	0.5318
270	75	40	24	0.314	0.485386	-0.171386	-2.15455	0.463414	0.507358
271	75	40	28	0.3095	0.462211	-0.152711	-1.91594	0.440876	0.483547
272	75	40	32	0.2455	0.439429	-0.193929	-2.44053	0.418489	0.460369
273	75	40	40	0.2145	0.395044	-0.180544	-2.26919	0.37419	0.415897
274	85	10	0	0.8075	0.859345	-0.0518454	-0.67491	0.809953	0.908738
275	85	10	4	0.798	0.776083	0.0219172	0.27735	0.74234	0.809826
276	85	10	8	0.773	0.754408	0.0185919	0.23476	0.722234	0.786582
277	85	10	12	0.78	0.734247	0.045753	0.57677	0.703661	0.764833
278	85	10	16	0.772	0.714499	0.0575006	0.72381	0.68533	0.743669
279	85	10	20	0.7525	0.695145	0.0573549	0.72093	0.667214	0.723076
280	85	10	24	0.746	0.676184	0.0698163	0.87685	0.649313	0.703055
281	85	10	28	0.7025	0.657615	0.0448849	0.56281	0.631626	0.683604

341	85	40	28	0.2775	0.32775	-0.0502502	-0.63249	0.298503	0.356998
342	85	40	32	0.2405	0.303576	-0.0630765	-0.79451	0.274014	0.333139