

PAULO CESAR AFONSO JÚNIOR

**ASPECTOS FÍSICOS, FISIOLÓGICOS E DE QUALIDADE DO CAFÉ EM FUNÇÃO
DA SECAGEM E DO ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do Título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

Aos meus pais, Paulo Cesar e Marly

Aos meus irmãos, Hermano e Thaís

DEDICO.

A minha esposa Anamares

A meus filhos, Paulinho e Gabi

OFEREÇO.

AGRADECIMENTO

Ao professor Paulo Cesar Corrêa pela orientação, amizade e participação irrestrita na execução deste trabalho e, ainda, pelos valiosos ensinamentos e apoio constante.

As professoras conselheiras Tânia Toledo de Oliveira e Maria Goreti de Almeida Oliveira, pelas valiosas críticas e sugestões.

Aos professores Pedro Amorim Berbert, Daniel Marçal de Queiroz e José Helvecio Martins, pelas contribuições e sugestões.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, pela amizade e colaboração para a realização deste trabalho.

Aos colegas da Pós-graduação pelo companheirismo e amizade, pelas idéias e incentivo.

Aos estudantes de iniciação científica Janayna, Luigi, Henrique e Paula, que sempre se prontificaram a ajudar na realização das diversas análises envolvidas e àqueles, que por ventura não tenham sido citados, mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

PAULO CESAR AFONSO JÚNIOR, filho de Paulo Cesar Afonso e Marly França Afonso, nasceu em Araxá, Estado de Minas Gerais, em 19 de outubro de 1965.

Em 1983 iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em julho de 1988.

Em março de 1994, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, na área de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas, defendendo tese em setembro de 1996.

Em outubro de 1996, iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, na área de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas, submetendo-se à defesa de tese, requisito indispensável para obtenção do título de *Doctor Scientiae*, em agosto de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPITULO 1	
EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ	5
1.1. INTRODUÇÃO	5
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	6
1.3. MATERIAL E MÉTODOS	18
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
1.5. CONCLUSÕES	47
CAPITULO 2	
CURVAS DE SECAGEM EM CAMADA DELGADA DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ	49
2.1. INTRODUÇÃO	49
2.2. REVISÃO DE LITERATURA	51
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	67
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
2.5. CONCLUSÕES	84

CAPITULO 3	
PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ	85
3.1. INTRODUÇÃO	85
3.2. REVISÃO DE LITERATURA	86
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	92
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
3.5. CONCLUSÕES	102
CAPITULO 4	
PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ	104
4.1. INTRODUÇÃO	104
4.2. REVISÃO DE LITERATURA	105
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	112
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	118
4.5. CONCLUSÕES	130
CAPITULO 5	
EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE CAFÉ	131
5.1. INTRODUÇÃO	131
5.2. REVISÃO DE LITERATURA	133
5.3. MATERIAL E MÉTODOS	136
5.3.1. Colheita e preparo das amostras	137
5.3.2. Teor de umidade	137
5.3.3. Secagem do produto	137
5.3.4. Condições de armazenamento	138
5.3.5. Teste Padrão de germinação	138
5.3.6. Testes de Vigor	138
5.3.6.1. Teste de condutividade elétrica	138
5.3.6.2. Teste de envelhecimento acelerado	139
5.3.7. Análise estatística dos resultados	139
5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
5.4.1. Sementes de café descascado armazenadas em ambiente não controlado	142
5.4.2. Sementes de café descascado armazenadas em ambiente com temperatura controlada	148
5.4.3. Sementes de café despolpado armazenadas em ambiente não controlado	153

5.4.4. Sementes de café despulpado armazenadas em ambiente com temperatura controlada	157
5.4.5. Discussão geral	160
5.5. CONCLUSÕES	164
CAPITULO 6	
EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA COR DOS GRÃOS DE CAFÉ	
	166
6.1. INTRODUÇÃO	166
6.2. REVISÃO DE LITERATURA	167
6.3. MATERIAL E MÉTODOS	174
6.3.1. Colheita e preparo das amostras	174
6.3.2. Teor de umidade	174
6.3.3. Secagem do produto	174
6.3.4. Condições de armazenamento	175
6.3.5. Avaliação da cor do produto	175
6.3.6. Análise estatística dos resultados	175
6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	176
6.4.1. Café cereja armazenado em ambiente não controlado	176
6.4.2. Café cereja armazenado em ambiente com temperatura controlada	184
6.4.3. Café descascado armazenado em ambiente não controlado	188
6.4.4. Café descascado armazenado em ambiente com temperatura controlada	198
6.4.5. Café despulpado armazenado em ambiente não controlado	205
6.4.6. Café despulpado armazenado em ambiente com temperatura controlada	212
6.4.7. Discussão geral	217
6.5. CONCLUSÕES	220
CAPITULO 7	
EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA BEBIDA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ	
	222
7.1. INTRODUÇÃO	222
7.2. REVISÃO DE LITERATURA	223
7.3. MATERIAL E MÉTODOS	234
7.3.1. Colheita e preparo das amostras	234
7.3.2. Teor de umidade	235
7.3.3. Análise sensorial	235

7.3.4. Secagem do produto	235
7.3.5. Composição química	236
7.3.5.1. Acidez titulável	236
7.3.5.2. Compostos fenólicos totais	236
7.3.5.3. Gordura	237
7.3.5.4. Açúcares redutores e não redutores	237
7.3.5.5. Atividade enzimática da Polifenoloxidase	237
7.3.6. Condições de armazenamento	238
7.3.7. Análise estatística dos resultados	238
7.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	238
7.4.1. Teor de umidade	238
7.4.2. Análise sensorial	241
7.4.3. Acidez titulável	246
7.4.4. Compostos fenólicos totais	260
7.4.5. Gordura	274
7.4.6. Açúcares redutores	288
7.4.7. Açúcares não redutores	302
7.4.8. Atividade enzimática da Polifenoloxidase	315
7.4.9. Discussão geral	323
7.5. CONCLUSÕES	325
CONCLUSÕES GERAIS	328
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	332
APÊNDICE A	358
APÊNDICE B	373

RESUMO

AFONSO JÚNIOR, Paulo Cesar, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2001.

Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento. Orientador: Paulo Cesar Corrêa. Conselheiros: Tânia Toledo de Oliveira e Maria Goreti de Almeida Oliveira.

A melhoria da qualidade do café pode ser obtida aumentando-se a eficiência do uso adequado de técnicas de secagem, armazenamento e preparo dos frutos e grãos. Assim, desenvolveu-se este trabalho com a finalidade de equacionar e analisar alguns aspectos da secagem dos frutos e grãos de café que permitam prever as alterações da qualidade do produto preparado de diferentes formas (cereja, descascado e despulpado) e os reflexos desse processo durante o período de armazenagem do produto, em diferentes condições de armazenamento. Para se alcançar esses objetivos foram determinadas algumas propriedades térmicas e físicas necessárias ao conhecimento do processo de secagem (isotermas de adsorção e dessorção, curvas de secagem, massas específicas aparente e real, volume, porosidade, calor específico, condutividade e difusividade térmica e calor latente de vaporização). Realizou-se também o estudo da perda de qualidade fisiológica das sementes de café quando submetidas à secagem com temperatura variando entre 30 e 60 °C, para duas condições de umidade relativa do ar de secagem (20 e 40 %), além do estudo da armazenabilidade dessas sementes durante um período de seis meses sob condições de ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15 °C. Outro objetivo visado foi o estudo da alteração da cor, da qualidade da

bebida e composição química dos frutos e grãos de café quando submetidos à secagem com temperatura variando entre 30 e 60 °C, para diferentes níveis de umidade relativa do ar de secagem (30, 40, 50 e 60 %), e durante o armazenamento durante um período de 12 meses sob condições de ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15 °C. De acordo com os resultados obtidos pôde-se concluir que: a) a equação exponencial, proposta neste trabalho, pode ser utilizada para prever os valores de umidade de equilíbrio higroscópico do café, independentemente da forma de preparo do produto e da maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (dessorção ou adsorção); b) Para as faixas de temperatura e umidade relativa estudadas, a histerese dos cafés cereja, descascado e despulpado, tende a crescer com a redução da temperatura e elevação da umidade relativa do ar; c) a equação proposta por Page foi a que melhor representou os dados experimentais, independentemente da forma de preparo do produto, quando comparada com as equações de Thompson, Exponencial e de Difusão, nesta última utilizando-se os oito primeiros termos da série; d) a taxa de secagem foi influenciada pela temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independentemente da forma de preparo do produto; e) a forma de preparo cereja apresenta menor taxa de secagem, não sendo observadas diferenças significativas nas taxas de secagem dos cafés descascado e despulpado; f) o volume e as massas específicas real e aparente do café, das diferentes formas de preparo analisadas, aumentam com a elevação do teor de umidade do produto; enquanto a porosidade cresce com o aumento da umidade dos frutos e grãos de café, até um valor máximo, passando em seguida a decrescer; g) o volume dos frutos e grãos de café dos diferentes tipos de preparo, diminui com a perda de umidade dos mesmos, sendo a contração volumétrica do café cereja da ordem de 39% de seu volume inicial, para uma redução de umidade de 2,27 b.s. para 0,11 b.s. Para o café descascado a contração do volume de seus grãos, para uma diminuição do teor de umidade de 0,60 b.s. para 0,11 b.s., foi de aproximadamente 12% de seu volume inicial, não havendo grandes diferenças entre os valores obtidos para os grãos de café descascado e despulpado, que apresentaram uma redução de volume de 13% para uma diminuição do teor de umidade de 0,62 para 0,11 b.s.; h) para a faixa de temperatura de 25 a 65 °C, o calor latente de vaporização da água dos frutos de café cereja variou de 2403,6224 a 2858,5450 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade na faixa de 0,12 a 2,10 base seca. Já para os grãos de café descascado e despulpado essa variação foi de 2450,9820 a 2783,5840 kJ.kg⁻¹ e 2487,3220 a 2808,0010 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade variando de 0,12 a 0,50 base seca; i) o calor específico dos frutos de café cereja variou de 1,2136 a 2,5251 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0843 a 0,1415 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,0555x10⁻⁷ a 1,5730x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,68 base seca; j) o calor específico dos grãos de café descascado variou de 1,2254 a

2,4653 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0934 a 0,1735 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3519x10⁻⁷ a 1,6964x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,60 base seca; k) o calor específico dos grãos de café despulpado variou de 1,1290 a 2,3848 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,1033 a 0,1762 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3373x10⁻⁷ a 2,0810x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,62 base seca; l) a germinação e o vigor das sementes de café diminuem com a redução da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar de secagem, e ainda, com o período de armazenamento; m) a germinação e o vigor das sementes de café descascado e despulpado aumentam com a redução da temperatura de armazenagem para 15°C, porém o ambiente com temperatura controlada não foi capaz de inibir a perda de qualidade das sementes durante o armazenamento; n) os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor dos grãos beneficiados de café aumentou com a elevação do tempo de armazenamento do produto, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, sendo menos acentuada a contribuição da umidade relativa do ar de secagem na variação da coloração do produto durante o armazenamento, independentemente da forma de preparo e condição de armazenagem; o) os frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentaram resultados melhores de coloração, quando comparados com os obtidos para o produto armazenado em ambiente não controlado, independentemente da forma de preparo estudada; p) a qualidade da bebida dos grãos de café das formas de preparo descascado e despulpado não foi alterada durante o armazenamento pelas diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independentemente da condição de armazenagem; q) os frutos de café cereja apresentaram redução na qualidade da bebida durante o período de armazenamento, sendo mais acentuado esse declínio para o produto mantido em ambiente não controlado, independentemente da combinação de temperatura e umidade relativa do ar de secagem estudada; r) os melhores resultados de acidez titulável dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, sendo que a acidez do produto aumenta com o prolongamento do período de armazenamento; s) os grãos descascados e despulpados apresentaram menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez dos grãos de café, enquanto os frutos cereja mostraram redução dos índices de acidez titulável com a elevação da temperatura do ar de secagem; t) a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de fenólicos totais dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentam com a elevação do tempo de armazenagem; u) os teores de compostos fenólicos aumentam

com a elevação da temperatura do ar de secagem, tendo pouca influência a variação da umidade relativa do ar secante na composição de fenólicos dos frutos e grãos de café; v) a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de gordura dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentaram nos primeiros meses de armazenagem com a elevação do tempo de armazenagem, para, a partir do oitavo mês de armazenamento, apresentarem uma redução dos índices de gordura dos produtos das diferentes formas de preparo analisadas; w) os resultados obtidos indicaram menor teor de gordura para os frutos e grãos de café submetidos à secagem com temperaturas menos elevadas e maiores valores de umidade relativa do ar de secagem; x) os frutos e grãos de café apresentaram redução na composição de açúcares redutores com o aumento do período de armazenamento e da temperatura de secagem e, ainda, com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, independentemente da condição de armazenagem; y) os melhores resultados para os teores de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado durante menor período de tempo, sendo que as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem pouco influenciaram na composição desses compostos, independentemente da condição de armazenagem; z) a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre a atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café, sendo que a atividade dessa enzima diminuiu com o aumento do tempo de armazenagem, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem.

ABSTRACT

AFONSO JÚNIOR, Paulo Cesar, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2001. **The Physical and physiological aspects on coffee quality in function of drying and storage.** Adviser: Paulo Cesar Corrêa. Committee members: Tânia Toledo de Oliveira and Maria Goreti de Almeida Oliveira.

The improvements of the coffee quality can be obtained by increasing the efficiency of an appropriate use of drying techniques, storage and fruits and grain processing. This work was done with the purpose of analyzing some coffee fruits and coffee beans drying that allow to foreseeing the quality changes from the cherry, unshelled and parchment coffee. Also to determine the storage period effects under different conditions. To achieve those objectives, some physical and thermal properties such as, isotherms of adsorption and desorption, drying curves, real and apparent density, volume, porosity, specific heat, thermal conductivity and diffusivity and latent heat of vaporization should be known to understand the drying process. The physiological quality loss of the coffee seeds was studied by submitting them to different drying air temperatures, varying from 30°C to 60°C, for two levels of drying air Relative Humidity (20% and 40%). Also coffee seeds were stored, one lot under natural environment and another under controlled ambient temperature of 15°C. Another objective was to study the coffee bean color changes affecting the drinking quality, the changes occurring on the chemical composition of the coffee fruits and beans under different drying air temperature (30 to 60°C) and for drying air relative humidity of 30%, 40%, 50% and 60%, after 12 month

storage under controlled temperature of 15°C and non controlled. The conclusions of the this work were: a) the exponential equation proposed can be used to predict the coffee equilibrium moisture content values, independently how the product was processed and either the method of the equilibrium moisture content was determined (desorption or adsorption); b) for the temperature and relative humidity range in the drying process the hysteresis phenomena of the coffee cherry, unshelled and parchment coffee tends to increase with the reduction of the drying air temperature and for increasing its relative humidity; c) the equation proposed by Page best represented the experimental data, independently how the coffee was processed when compared with exponential and diffusion's Thompson's equation, in which the last one only the first eight terms have being used in the series; d) the drying rate was influenced by drying air temperature and relative humidity, independently of the process method; e) it was observed that there was no significant difference on the drying rate of different coffee fruit processing compared to the unshelled and parchment coffee; f) the coffee bean volume, the real and apparent density of bulk product under different coffee processes were analyzed and it was observed that they increase as the moisture content increases, but the porosity increases as the moisture content increases up a maximum value then starts to decrease; g) the volume of the coffee fruits and also for coffee beans under different process increases as the moisture content decreases were the volumetric shrinkage reaches up to 39% of its initial volume in the moisture content changing from 2.27 d.b., coming down to 0.11 d.b. for unshelled coffee beans, when the moisture content changed from 0.60 d.b. to 0.11 d.b., the shrinkage was approximately 12% of the initial volume, and for both, shelled coffee bean and parchment coffee bean, the shrinkage occurred was 13% of the initial volume, with no difference, when the moisture content changed from 0.62 d.b. to 0.11 d.b.; h) for the temperature range from 25° to 65°C, the latent heat of vaporization of the coffee fruit water, for moisture content range from 0.12 to 2.10 d.b., varied from 2,403.6224 to 2,858.5450 kJ.kg⁻¹. For unshelled coffee beans, with moisture content varying from 0.12 to 0.50 d.b., the latent heat of vaporization varied from 2,450.9820 to 2,783.5840 kJ.kg⁻¹, and for parchment coffee, at same range of moisture content, the latent heat of vaporization varied from 2,487.3220 to 2,808.0010 kJ.kg⁻¹ ; I) the specific heat of the coffee fruits varied from 1.2136 to 2.5251 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, the thermal conductivity varied from 0.0843 to 0.1415 W.m⁻¹.°C⁻¹ and the thermal diffusivity varied from 1.0555x10⁻⁷ to 1.5730x10⁻⁷ m².s⁻¹, for moisture content varying form 0.11 to 0.68 d.b.; j) the specific heat of the unshelled coffee beans varied from 1.2254 to 2.4653 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, the thermal conductivity from 0.0934 to 0.1735 W.m⁻¹.°C⁻¹ and thermal diffusivity from 1.3519x10⁻⁷ to 1.6964x10⁻⁷ m².s⁻¹, for moisture contents varying from 0.11 to 0.62 d.b.; l) The coffee seed germination and vigor decreased as the drying air

relative humidity decreased, as the drying air temperature increased and as the storage period increased; m) the unshelled and parchment coffee germination and vigor increased when the storage temperature lowered to 15°C and under the controlled temperature atmosphere was not capable to inhibit the quality loss during the storage; n) for coffee bean color evaluation, the values of the coordinates L and the b of the Hunter's system increased as the storage period increased and was observed that the drying air temperature and relative humidity had little contribution on changing the coffee bean color independently of processing method and storage period.; o) the coffee fruits and beans stored under controlled temperature atmosphere of 15°C presented better results on color compared with no temperature controlled storage system, independently of processing method used; p) the coffee beverage quality originated from either unshelled or parchment coffee did not alter even drying with different air temperature and relative humidity, independently of the storage conditions studied.; q) the storage of coffee fruit presented beverage quality reduction during the storage period and more strongly for the product maintained in no temperature controlled storage system, independently of the drying air temperature and relative humidity combinations; r) the best titled acidity results of the coffee fruits and coffee beans were obtained when stored in controlled temperature atmosphere of 15°C, and the acidity of the product increased as longer was the storage period; s) the unshelled and parchment coffee grains presented less influence on the variation of drying air temperature and relative humidity on the acidity of coffee beans, while the coffee fruits cherry showed reduction of the titled acidity indexes with increase of the drying air temperature; t) the storage in the controlled temperature atmosphere of 15°C did not present advantages in the reduction of the drying process effects on the total phenolic compound level in the analyzed product, and the level of those composition increased as longer was the storage period; u) the phenolic composition level increased as the drying temperature increased, with little influence in the variation of de drying air relative humidity, on the phenolics composition of the coffee fruits and beans; v) the storage with controlled temperature atmosphere of 15°C did not present advantages in the reduction of the drying process effects on the analyzed product fat level and the level of those composition increased in the first month storage and they presented a fat index reduction in different process methods; w) the results obtained indicated lower fat level for the coffee fruits and beans submitted to the drying process with drying air temperature, moderate high, and higher relative humidity; x) the coffee fruits and beans presented decrease on the reducing sugar composition with storage period increase, with drying temperature increase, with drying air relative humidity decrease, independently of the storage conditions; y) the best results of non reducing sugar level in the coffee fruits and beans were obtained for those stored under short

period of time and the different drying air temperature and relative humidity combinations had little influence on their composition level, independently of the storage conditions; z) Coffee storage under controlled temperature atmosphere at 15°C presented advantages in terms of reduction of drying process effects on the enzymatic activity of the coffee fruits and coffee beans polyphenoloxidase. The activity of that enzyme decreased as the storage period increased and on the same way, when the drying air temperature and relative humidity increased.

INTRODUÇÃO GERAL

O cenário da cafeicultura mundial mostra uma tendência de crescimento no volume de produção, decorrente da introdução de novas tecnologias nos países tradicionalmente produtores e da expansão da cultura em outros países. Paralelamente, o consumo revela uma estabilidade de cerca de 100 milhões de sacas anuais (LEITE e SILVA, 2000). Esses fatos evidenciam o nível de competitividade que os produtores terão que enfrentar para a manutenção dos consumidores atuais e conquista de novos mercados.

O Brasil continua sendo o maior produtor mundial de café, porém vem perdendo espaço no mercado externo. A sua participação média nos últimos cinco anos foi de 25,8 % na produção, e 22,2 % nas exportações mundiais. Mesmo assim, o café é o segundo produto na pauta das exportações agrícolas brasileiras, gerando, em média, US\$ 2,7 bilhões por ano, sendo também uma excelente fonte de receita tributária para cerca de 1700 municípios produtores. Minas Gerais é o maior produtor de café do país, com cerca de 50 % da produção nacional. O parque cafeeiro mineiro abrange mais de 80 mil propriedades e aproximadamente 60 % dos municípios do Estado.

A diminuição da participação do Brasil no mercado internacional de café arábica e conillon, e do café solúvel, segundo alguns estudos, tem como uma das principais causas a maneira de comercialização tradicionalmente praticada no país, de inserção no mercado internacional por meio de “commodity”, o que constitui um fator limitante para a melhoria de nossa competitividade, ou seja, o setor exportador brasileiro atua com o rótulo de país que vende apenas quantidade, por meio de uma rede comercial de grandes volumes. No entanto, no desafio da competição globalizada, a nova estratégia de competitividade indica que a

qualidade e a individualização do atendimento são práticas fundamentais para se alcançar o sucesso no agronegócio café.

A consideração da qualidade no mercado interno só ganhou força no início da década de 1990, depois da extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC) que detinha o monopólio da comercialização externa e interna do produto. No novo ambiente comercial, as estratégias passaram a ser definidas com base no conhecimento e atendimento das necessidades dos consumidores. Nos principais países importadores do café brasileiro (Estados Unidos, países da Europa e Japão), existem parcelas de consumidores exigentes de produto com alto padrão de qualidade. Esse mercado segmentado, conhecido como de cafés especiais, tem crescido muito nos últimos anos.

No entanto, o Brasil pouco participa do mercado mundial de cafés especiais. Dos 3,4 milhões de sacas de café especial importados pelos Estados Unidos, em 1998, apenas 5 % procederam do Brasil, comparado com 32 % da Colômbia, principal fornecedor. No Brasil, esse mercado representa 1,5 % do total de 12 milhões de sacas de café consumidos por ano, apresentando uma atraente oportunidade de investimento (AGRIANUAL, 2001).

Portanto, tudo indica que estratégias como a retenção estão fadadas ao fracasso, devido ao fato de não alterarem o problema fundamental de excesso de oferta no mercado mundial, uma vez que o mercado cafeeiro tende a crescer mais do que a demanda, devido ao aumento da produção de países como Vietnã, Índia e México, dentre outros. Nesse contexto, o mercado de cafés diferenciados de alta qualidade surge como alternativa para o produtor fazer frente ao problema, uma vez que estes produtos são capazes de agregar valor e propiciar maior remuneração a todos os elos da cadeia produtiva.

A melhoria da qualidade do café pode ser obtida aumentando-se a eficiência do uso dos insumos, da mão-de-obra, dos tratamentos culturais, dos sistemas de transporte e separação, bem como escolhendo-se adequadamente as técnicas de secagem, armazenamento e preparo dos frutos e grãos.

Devido ao seu elevado teor de umidade no momento da colheita, o café necessita ser seco para que possa preservar sua qualidade ao longo do armazenamento. Nesta etapa o teor de umidade é reduzido de aproximadamente 60 % base úmida para 11-13 % b.u., sendo os processos de secagem mais utilizados a secagem em terreiros ou em secadores mecânicos. A secagem mecânica, em geral, pode ser realizada com temperaturas baixas, altas ou de forma combinada.

A secagem executada com baixas temperaturas utiliza as condições ambientais do ar ou o ar levemente aquecido. Neste processo de secagem, o tempo que o produto leva para perder umidade pode possibilitar o desenvolvimento de microrganismos ou acelerar as

atividades metabólicas dos frutos e grãos e, conseqüentemente, reduzir a qualidade final do café. Já a secagem a altas temperaturas, que para o caso do café entende-se na literatura especializada como acima de 45 °C, pode contribuir para redução da qualidade do produto, pela simples ação do calor. Desta forma, tanto a secagem a baixas temperaturas quanto à secagem a altas temperaturas podem concorrer para o fracasso dessa operação como processo de preservação da qualidade do produto. Entretanto, alguns autores mencionam que outros parâmetros além da temperatura do ar de secagem estão envolvidos na redução da qualidade de produtos agrícolas, entre os quais está a umidade relativa do ar de secagem.

De acordo com diversos pesquisadores pode-se não perceber momentaneamente os danos causados pela ação da secagem realizada incorretamente, mas, quando o produto é armazenado por um determinado período de tempo, este se apresenta acelerando o declínio do potencial de qualidade do material. Portanto, torna-se necessário diferenciar claramente a perda de qualidade do café decorrente da armazenagem inadequada e aquela devido à secagem inadequada. Cabe ressaltar que parte dos danos causados aos produtos agrícolas devido à condução incorreta da operação de secagem, podem ser inibidos na armazenagem pelo uso de baixas temperaturas em condições controladas.

Assim, desenvolveu-se o presente trabalho com a finalidade de equacionar e analisar alguns aspectos da secagem dos frutos e grãos de café que permitam prever as alterações da qualidade do produto preparado de diferentes formas (cereja, descascado e despolpado) e os reflexos desse processo durante o período de armazenagem do produto, em diferentes condições de armazenamento. Para se alcançar esses objetivos foram realizados os seguintes trabalhos:

- determinação das propriedades térmicas e físicas necessárias para o conhecimento do processo de secagem (isotermas de adsorção e dessorção, curvas de secagem, massas específicas aparente e real, volume, porosidade, calor específico, condutividade e difusividade térmica e calor latente de vaporização);
- estudo da perda de qualidade fisiológica das sementes de café quando submetidas à secagem com temperatura variando entre 30 e 60 °C, para duas condições de umidade relativa do ar de secagem (20 e 40 %), além de estudar a armazenabilidade dessas sementes por um período de seis meses sob condições de ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15 °C;
- estudo da alteração da cor, da qualidade da bebida e composição química dos frutos e grãos de café quando submetidas à secagem com temperatura variando entre 30 e 60 °C, para

diferentes níveis de umidade relativa do ar de secagem (30, 40, 50 e 60 %), e durante o armazenamento por um período de 12 meses sob condições de ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15 °C.

CAPÍTULO 1

EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ

1.1. INTRODUÇÃO

Para correta realização das operações de secagem e armazenagem torna-se necessário o conhecimento das relações existentes entre a temperatura e a umidade relativa do ar e as condições desejáveis de conservação do produto. É muito importante para garantir a qualidade do produto final, que o café seja armazenado em locais secos e, principalmente, com baixos teores de umidade. Do contrário, o desenvolvimento de microrganismos podem causar fermentações indesejáveis e contaminações por toxinas, que depreciam a qualidade do produto e dificultam sua comercialização.

Dos microrganismos que colonizam os produtos agrícolas, os fungos são os mais tolerantes a baixas disponibilidades de água e são, conseqüentemente, importantes causas de deterioração (SAUER, 1992). A disponibilidade de água em materiais higroscópicos, tais como frutos e grãos, é melhor indicada pela atividade de água ou pela umidade de equilíbrio com a umidade relativa do ar ambiente. A atividade de água no grão e a umidade relativa do ar quando atingido o equilíbrio são numericamente iguais (HALL, 1980; BROOKER et al., 1992). CHRISTENSEN e KAUFMANN (1974) observaram a influência da atividade de água, para diversos produtos de origem vegetal, no comportamento dos principais fungos sob condições ótimas de temperatura (26 a 30°C) e indicaram que, em geral, atividades de água superiores a 0,80 são altamente favoráveis a sobrevivência e desenvolvimento desses

microrganismos. Já as bactérias precisam de atividades de água maiores que os fungos e leveduras, necessitando, em sua maioria, de valores superiores a 0,90 (JAY, 1994).

Como todo material higroscópico, o grão de café tem a propriedade de ceder ou absorver água do ambiente, tendendo, constantemente, a manter uma relação de equilíbrio entre o seu teor de umidade e o ar ambiente. O teor de umidade de equilíbrio, também denominado umidade de equilíbrio higroscópico, é o teor de umidade na qual a pressão de vapor d'água no produto é igual a do ar que o envolve (SOKHANSANJ e YANG, 1996).

De acordo com HALL (1980) o estabelecimento de curvas de equilíbrio higroscópico é importante para definir limites de desidratação do produto, estimar as mudanças de umidade sob determinada condição de temperatura e umidade relativa do ambiente e para definir os teores de umidade propícios ao início de atividade de agentes que irão provocar a deterioração do produto. No caso do café torna-se importante ressaltar que as condições de secagem e o armazenamento adequado são essenciais para manter a qualidade desses produtos, devido ao elevado teor de umidade e à presença de microrganismos no momento da colheita. O café deve ser seco imediatamente após a colheita e armazenado sob condições seguras, as quais são determinadas conhecendo-se os valores de teor de umidade, umidade relativa e temperatura de equilíbrio (CLARKE, 1989).

O teor de umidade de equilíbrio de um produto agrícola depende, além das condições ambientes, do caminho seguido para ser atingido o equilíbrio. Para uma mesma combinação de temperatura e umidade relativa pode existir duas isotermas, chamadas isotermas de adsorção e dessorção. Grãos que ganham umidade para alcançar o equilíbrio higroscópico acompanham as isotermas de adsorção, enquanto que o produto que perde água até atingir o equilíbrio segue as isotermas de dessorção.

Em função da necessidade de se estudar os processos de sorção em café, devido ao interesse tecnológico no processamento e armazenamento do produto, e diante da escassez de informações na literatura, desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de determinar as curvas de umidade de equilíbrio de adsorção e dessorção, e selecionar os modelos matemáticos que mais se ajustem ao comportamento das diferentes formas de preparo do café e para grãos de café beneficiado.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ROA e ROSSI (1977) definem a diferença entre o teor de umidade inicial do produto a ser seco e a umidade de equilíbrio higroscópico, quando submetido a condições controladas

de temperatura e umidade relativa do ar, como potencial de secagem do produto, ou seja, o material só poderá ser seco até o teor de umidade de equilíbrio para as condições pré-estabelecidas de temperatura e umidade relativa.

A composição do produto influencia diretamente no processo de sorção de umidade. Segundo BROOKER et al. (1992), grãos com elevado teor de óleo adsorvem menor quantidade de água do ambiente do que os grãos com alto teor de amido e, além disso, a variedade, maturidade, teor de umidade e as condições físicas e sanitárias, além da maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (adsorção ou dessorção), também são determinantes para estabelecimento da umidade de equilíbrio de produtos higroscópicos (CHEN, 2000; FAN et al., 2000).

CAL-VIDAL (1982) reporta que a absorção de água em produtos agrícolas tem natureza diversa. Diferentes porções de água podem ser mantidas nos espaços intergranulares e no interior da massa porosa do material. O grau de associação das moléculas de água com a substância absorvente irá depender da própria natureza química dos diversos compostos orgânicos do grão e da existência de forças intermoleculares do tipo de van der Waals, responsáveis pela adsorção física e, ainda, das possíveis ligações químicas e atrações entre moléculas de água e grupamentos eletro-negativos devido à formação de pontes de hidrogênio.

Sabe-se que para remover a umidade associada a um material higroscópico, a energia necessária é maior do que a utilizada para vaporizar igual quantidade de água livre, nas mesmas condições de pressão e temperatura. Esse adicional de energia, em virtude das forças de ligação entre a água e a superfície da substância adsorvente, é denominado calor de dessorção nos processos de secagem. Para os casos de adição de umidade, essa energia é denominada calor de adsorção (CAL-VIDAL, 1982; ROMAN et al., 1982; WANG e BRENNAN, 1991; BERISTAIN et al., 1994).

GOIS e CAL-VIDAL (1988/1989), estudaram a termodinâmica de sorção de umidade em mamão liofilizado e observaram que a energia de ligação da água nesse tipo de produto pode ser determinada a partir do conhecimento das isotermas de adsorção e dessorção, estabelecidas para diferentes temperaturas. Segundo os autores, o calor de adsorção ou dessorção pode ser determinado por meio das curvas que relacionam a temperatura com a atividade de água, para teores constantes de umidade de equilíbrio, pela seguinte expressão:

$$\ln(A_w) = \frac{-\Delta H_a}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{T_{abs}} \right) \quad (1.1)$$

em que

A_w = atividade de água, adimensional

ΔH_a = energia de adsorção ou dessorção, $J.kg.mol^{-1}$

R_0 = constante universal dos gases, $287 J.kg.mol^{-1}.K^{-1}$.

A variação da energia livre pode ser estimada para diversos teores de umidade de equilíbrio por meio das isotermas de sorção, para diferentes temperaturas, pela relação:

$$- \Delta G = R_0.T_{abs}.\ln(A_w) \quad (1.2)$$

em que

ΔG = variação da energia livre, $J.kg.mol^{-1}$.

A relação entre o teor de umidade de um dado produto e a umidade relativa de equilíbrio em uma determinada temperatura pode ser expressa por equações matemáticas. As curvas geradas por essas equações são conhecidas como isotermas ou curvas de equilíbrio higroscópico. HUNT e PIXTON (1974) relatam que para muitos produtos, inclusive grãos e cereais, o teor de umidade de equilíbrio a uma determinada temperatura corresponde a dois valores de umidade relativa, dependendo se o produto está adsorvendo ou dessorvendo umidade. De acordo com SINHA e MUIR (1973), isotermas de adsorção apresentam valores de umidade de equilíbrio inferiores aos das isotermas de dessorção. A defasagem entre essas duas curvas de isotermas é conhecida como histerese.

Diversos pesquisadores têm demonstrado o efeito da histerese na adsorção e dessorção de umidade em diferentes produtos (YOUNG e NELSON, 1967; HENDERSON, 1970; WHITE et al., 1972; FRIESEN, 1974; NGODDY e BAKKER-ARKEMA, 1975; ROMAN, et al., 1982; CAVALCANTI MATA et al., 1985; CHEN, 2000). CAVALCANTI MATA (1997), estudando o fenômeno de higroscopicidade em sementes de feijão, verificou que a histerese tende a decrescer com o aumento da temperatura e, considerando-se a umidade relativa do ar da atmosfera circundante, que o valor da histerese cresce quando a umidade relativa aumenta de 10 até 60%, sendo esse valor decrescente a partir deste ponto para umidades relativas mais elevadas.

Várias teorias têm sido propostas para explicar a histerese em produtos biológicos, no entanto o fenômeno continua à espera de teorias que descrevam de fato este efeito. Kraemer e Taylor, citados por BROOKER et al. (1992), propuseram a seguinte teoria para explicar a

histerese em produtos agrícolas: os grãos são materiais porosos formados por capilares estreitos de pequenos diâmetros e tubos de diâmetros maiores, e durante os processo de dessorção os poros de pequenos diâmetros controlam o esvaziamento dos capilares, resultando na redução da umidade relativa do espaço poroso do grão. Quando o grão ganha umidade no processo de adsorção, os capilares não são preenchidos completamente, fazendo com que a umidade relativa anterior não seja alcançada. A teoria entretanto não explica porque não ocorre o preenchimento dos tubos de diâmetros maiores. Já Seehof e colaboradores, citados por CHUNG e PFOST (1967), explicam que uma molécula de água pode estar ligada a dois grupos polares; na dessorção o adsorvente perde água fazendo com que os grupos polares se aproximem, tornando pequena a distância entre si, o que dificulta a penetração da molécula de água no processo de adsorção, diminuindo assim, o teor de umidade do produto.

CHUNG e PFOST (1967) observaram, para o trigo, que o efeito da histerese tende a desaparecer depois de sucessivos ciclos de adsorção e dessorção, e explicam este fenômeno pelos conceitos de quebra molecular e formação de trincas e rachaduras no produto, causadas pela alternância dos movimentos de expansão e encolhimento devido aos ciclos de adsorção e dessorção. Depois desses ciclos de sorção as estruturas química e física do produto torna-se-iam mais estáveis, o que implicaria na redução da histerese exibida inicialmente pelos grãos. Os pesquisadores relatam, ainda, que o calor de dessorção é maior que o de adsorção e sugerem que isto poderia ser devido ao fato de os sítios polares do adsorvente serem mais eficientes na dessorção que na adsorção. Justificaram a hipótese com o conceito de que com a contração molecular ocorre redução na capacidade de ligação da água aos constituintes polares na superfície do grão.

Dois métodos são comumente empregados para determinar experimentalmente as curvas de umidade de equilíbrio, que são o método dinâmico e o método estático. No método dinâmico o grão ou o ar é movimentado até que seja atingido o equilíbrio. No método estático o equilíbrio higroscópico entre o produto e o ambiente é atingido sem movimentação do ar (WANG e BRENNAN, 1991; JAYAS e MAZZA, 1993; CHEN, 2000). SILVA et al. (1995) observou que com o método dinâmico pode-se atingir o equilíbrio em um período de tempo menor do que exigido para o método estático, sob mesmas condições. GUSTAFSON e HALL (1974) estudaram o efeito da agitação do ar na câmara empregada no método estático, utilizando soluções saturada de sais, e concluíram que o período de tempo necessário para alcançar o teor de umidade de equilíbrio de grãos de milho foi reduzido com a movimentação da massa de ar. CHITTENDEN (1961) afirma que a passagem de ar através da massa de grãos diminui a resistência externa à transferência de umidade; no entanto, o tempo para que o

equilíbrio seja atingido depende da resistência interna à difusão de umidade no interior do produto.

Inúmeros autores têm estudado o comportamento higroscópico de vários produtos agrícolas utilizando métodos diferenciados para expressar o teor de umidade de equilíbrio em função da temperatura e umidade relativa do ar (isotermas de sorção). Entretanto, para o estabelecimento de isotermas que representem essa relação de equilíbrio são utilizados modelos matemáticos empíricos, uma vez que nenhum modelo teórico desenvolvido tem sido capaz de prever com precisão o teor de umidade de equilíbrio para uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa do ar. As equações empíricas mais empregadas para prever o teor de umidade de equilíbrio de produtos de origem vegetal são as seguintes: BET, GAB, Henderson, Henderson-Modificada, Chung-Pfost, Oswin, Smith, Halsey e Aguerre, por apresentarem um bom ajustamento a dados experimentais (AGUERRE et al., 1989; JAYAS e MAZZA, 1991; BROOKER et al., 1992; SUN e WOODS, 1994; MOREY et al., 1995; TALIB et al., 1995; CHEN e JAYAS, 1998; CORRÊA et al., 1998; SOYSAL e ÖZTEKIN, 1999).

- Modelo de BET

BRUNAUER et al. (1938) propuseram um modelo que descreve a adsorção de umidade em multicamadas moleculares, considerando que a taxa de condensação é igual a taxa de evaporação em cada camada e que todas as camadas a partir da primeira são condensadas com um calor de condensação normal. A equação proposta é a seguinte:

$$\frac{P_v}{V \cdot (P_{vs} - P_v)} = \frac{1}{C \cdot V_m} + \frac{(C-1)}{C \cdot V_m} \cdot \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (1.3)$$

em que

P_v = pressão de vapor de água no produto, Pa

P_{vs} = pressão de vapor saturado de água na temperatura de equilíbrio do sistema, Pa

V = volume de água absorvido isotermicamente pelo produto a uma pressão de vapor P_v , m³

V_m = volume de água absorvido, correspondente a uma camada de moléculas, m³

C = parâmetro que depende da temperatura e da natureza do produto.

O modelo proposto por BET pode ser também escrito na forma:

$$\frac{1}{U_e \cdot (1 - UR)} = \frac{1}{C \cdot V_m} + \frac{(C - 1)}{C \cdot V_m} \quad (1.4)$$

em que

U_e = teor de umidade de equilíbrio, decimal base seca

UR = umidade relativa do ar, decimal.

PIXTON e HOWE (1983) observaram que a equação de BET apresenta resultados satisfatórios para produtos com teores de umidade inferiores a 20% base úmida. PEREIRA e QUEIROZ (1987) afirmam que o modelo de BET se ajusta adequadamente para faixa de umidade relativa inferior a 50%. Para umidades relativas mais elevadas o modelo não permite uma avaliação mais precisa do teor de umidade de equilíbrio de produtos agrícolas, em razão das simplificações impostas em seu desenvolvimento.

- Modelo de GAB

O modelo de GAB proposto por ANDERSON (1946), como uma modificação do modelo de BET, possui três parâmetros que relacionam as energias de interação entre a água e o produto e entre as monocamadas de água. A equação proposta é a seguinte:

$$U_e = \frac{U_m \cdot G \cdot K \cdot UR}{(1 - K \cdot UR) \cdot (1 - K \cdot UR + G \cdot K \cdot UR)} \quad (1.5)$$

em que

U_m = quantidade de água na monocamada, kg

G = constante de Guggenheim, relacionada à energia de interação entre a água e o produto

K = constante relacionada a energia de interação entre as múltiplas camadas de água.

A equação de GAB tem apresentado resultados satisfatórios na predição da umidade de equilíbrio de grãos das principais culturas agrícolas; entretanto, o modelo não leva em consideração o efeito da temperatura. Alguns pesquisadores, na tentativa de obterem melhores

resultados modificaram a equação de GAB, incorporando esse parâmetro ao novo modelo (LOMAURO et al., 1985; JAYAS e MAZZA, 1993):

$$U_e = \frac{a.(b/T).c.UR}{(1 - c.UR).(1 - c.UR + (b/T).c.UR)} \quad (1.6)$$

em que

T = temperatura, °C

a, b, c = constantes que dependem do produto.

- Modelo de Henderson

Dos vários modelos propostos para prever a umidade de equilíbrio em produtos de origem agrícola, o mais empregado para representar a relação de higroscopicidade entre o produto e meio que o envolve foi o estabelecido por HENDERSON (1952). Utilizando a equação de adsorção de Gibbs, derivou a seguinte equação para explicar as curvas de umidade de equilíbrio de produtos biológicos, incluindo grãos:

$$1 - UR = \exp(-a'.U_e^b) \quad (1.7)$$

em que

a' = parâmetro que dependem do produto.

Nesta equação o efeito da temperatura foi introduzido a partir da equação termodinâmica de Gibbs para adsorção. Assim, o parâmetro a' foi estabelecido como função da temperatura, passando a equação para sua forma final:

$$1 - UR = \exp(-a.T_{abs}.U_e^b) \quad (1.8)$$

em que

T_{abs} = temperatura absoluta, K

HALL e RODRIGUEZ-ARIAS (1958) e BACH (1979) relatam que o modelo de Henderson descreve satisfatoriamente as isotermas de umidade de equilíbrio para umidade relativa inferior a 60%; entretanto, SOYSAL e ÖZTEKIN (1999) observaram que esse modelo não representou com sucesso os resultados de umidade de equilíbrio de diversas plantas aromáticas e medicinais.

- Modelo de Henderson-Modificado

O modelo proposto por HENDERSON (1952) tem sido modificado por alguns autores. THOMPSON e SHEDD (1954) ajustaram dados experimentais de umidade de equilíbrio de milho e propuseram o modelo matemático:

$$1 - UR = \exp[-a.(T + b).Ue^c] \quad (1.9)$$

Diversos pesquisadores afirmam que a equação de Henderson modificada por Thompson e Shedd, permitiu estimativas adequadas de valores de umidade de equilíbrio de vários produtos para uma larga faixa de temperatura e umidade relativa do ar (CHRIST, 1996; PENA et al., 1997; CORRÊA e MOURE, 2000).

DAY e NELSON (1965) estudaram o comportamento higroscópico de grãos de trigo e modificaram, também, o modelo de Henderson, propondo uma nova equação. Entretanto, SILVA e PINHEIRO FILHO (1980), trabalhando com amêndoas cacau, verificaram que a equação proposta pelos autores não apresentou um bom ajuste aos dados experimentais obtidos.

CHEN e CLAYTON (1971) modificaram a equação de Henderson expressando a umidade de equilíbrio em função da temperatura, umidade relativa do ar e quatro constantes dependentes da natureza do produto. Segundo IGLESIAS e CHIRIFE (1976), esta equação quando aplicada a grãos e cereais têm apresentado um melhor ajuste que o modelo matemático proposto por DAY e NELSON (1965).

- Modelo de Chung-Pfost

CHUNG e PFOST (1967) desenvolveram uma equação para prever o teor de umidade de equilíbrio baseada na teoria do potencial (energia livre), posteriormente modificada por PFOST et al. (1976). A equação modificada é da forma:

$$U_e = a - b \cdot \ln[-(T + c) \cdot \ln(UR)] \quad (1.10)$$

Segundo BROOKER et al. (1992) esta equação permite estimar com relativa precisão os valores de umidade de equilíbrio de grãos e cereais na faixa de 20 a 90% de umidade relativa. PIXTON e HOWE (1983) examinaram diferentes tipos de equações de umidade de equilíbrio e verificaram que o modelo modificado de Chung-Pfost se ajustou adequadamente para representar isotermas de cereais.

- Modelo de Oswin

OSWIN (1946) propôs um modelo matemático para estimar o teor de umidade de equilíbrio de produtos agrícolas. Posteriormente, CHEN e MOREY (1989) levando em consideração a dependência do fenômeno de higroscopicidade com a temperatura, propuseram a seguinte transformação para o modelo:

$$U_e = \frac{(a + b \cdot T)}{\left(\frac{1 - UR}{UR}\right)^{1/c}} \quad (1.11)$$

O modelo Oswin, modificado com o efeito da temperatura, apresentou resultados satisfatórios na predição de isotermas de adsorção de umidade de diversos produtos agrícolas (SUN e WOODS, 1994; PENA et al., 1997; CHEN, 2000).

- Modelo de Harkins-Jura

HARKINS e JURA (1944), baseados na teoria potencial, desenvolveram a seguinte equação:

$$U_e = \left[\frac{a}{b - \ln(UR)} \right]^{1/2} \quad (1.12)$$

SILVA (1978) ajustou esse modelo a dados experimentais de equilíbrio higroscópico de amêndoas de cacau obtidos para uma ampla faixa de umidade relativa e temperaturas

inferiores a 35 °C, e verificou que embora a equação de Harkins-Jura apresentasse um bom ajuste, esta se mostrou menos adequada quando comparada com o modelo de Henderson.

- Modelo de Smith

SMITH (1947) estudou o comportamento de sorção de umidade em polímeros de alto peso molecular e desenvolveu a seguinte equação:

$$U_e = a - b \cdot \ln(1 - UR) \quad (1.13)$$

De acordo com BECKER e SALLANS (1956), a equação de Smith ajusta-se bem a dados experimentais de umidade de grãos e cereais para condições de umidade relativa de 50 a 90%, ou seja, para valores elevados de umidade relativa onde a porção de umidade na camada limite (superfície) é considerada completa. Nellist, citado por BALA e WOODS (1992), modificou a equação de Smith para melhor explicar seus dados de umidade de equilíbrio de sementes de centeio, obtendo a seguinte forma final para o modelo:

$$U_e = a - b \cdot \ln(T) - c \cdot \ln(1 - UR) \quad (1.14)$$

- Modelo de Halsey

HALSEY (1948), analisando o processo de adsorção de umidade em superfícies não uniformes, desenvolveu a seguinte equação para explicar o fenômeno:

$$U_e = \left[-a / \ln(UR) \right]^{1/b} \quad (1.15)$$

IGLESIAS e CHIRIFE (1976) mostraram que é possível prever o teor de umidade de equilíbrio de produtos biológicos levando em conta a dependência dessa propriedade com a temperatura e apresentaram a seguinte modificação para o modelo:

$$U_e = \left[\frac{-\exp(a + b \cdot T)}{\ln(UR)} \right]^{1/c} \quad (1.16)$$

BARROZO et al. (1998) estudaram experimentalmente a higroscopicidade de grãos de ervilha e constataram que a equação de Halsey modificada foi a que melhor representou os dados de equilíbrio para o produto.

- Modelo de Aguerre

AGUERRE et al. (1989) modelando a dependência das curvas de sorção de umidade de diversos grãos e produtos alimentícios com a temperatura, formularam uma equação semiteórica para simular o efeito desse parâmetro sobre o comportamento higroscópico dos produtos investigados. Os autores apresentaram a equação:

$$U_e = \ln \left\{ \left[\psi_T \cdot \ln(UR) / a \right] \right\} / \ln(b) \quad (1.17)$$

onde

$$\psi_T = \left[\frac{1}{T_\beta} - \frac{1}{T_{abs}} \right] - 1 \quad (18)$$

em que

T_β = constante relacionada com o efeito de compensação entalpia-entropia, 380,5 K.

Os modelos matemáticos apresentados são considerados teóricos ou semiteóricos, entretanto, diversos pesquisadores insatisfeitos com os resultados apresentados por esses modelos, têm apresentado equações completamente empíricas, na tentativa de melhor representarem seus dados experimentais, em que o teor de umidade de equilíbrio depende da temperatura e da umidade relativa do ar circundante.

- Modelo de Roa

Roa, citado por ROSSI e ROA (1980), desenvolveu empiricamente um modelo matemático para descrever as curvas de umidade de equilíbrio de vários produtos biológicos. A equação tem a forma:

$$U_e = (p_1 \cdot UR + p_2 \cdot UR^2 + p_3 \cdot UR^3) \cdot \exp[(q_0 + q_1 \cdot UR + q_2 \cdot UR^2 + q_3 \cdot UR^3 + q_4 \cdot UR^4) \cdot (T + q_5)] \quad (1.19)$$

em que

$p_1, \dots, p_3, q_0, \dots, q_5$ = constantes que dependem do produto.

SINÍCIO e ROA (1979) ajustaram essa equação para 15 produtos agrícolas, incluindo café cereja da variedade Mundo Novo, e concluíram que o modelo matemático proposto atende aos requisitos ideais para uma equação de equilíbrio higroscópico: precisão, generalidade, aplicabilidade em todas as faixas de variáveis e facilidade de uso; entretanto, não satisfaz o requisito da simplicidade. O modelo de Roa também foi ajustado com sucesso por TREJOS et al. (1989) para representar o fenômeno de higroscopicidade de grãos de café com pergaminho e beneficiado da variedade Caturra.

- Modelo de Copace

Uma outra equação empírica de equilíbrio higroscópico foi apresentada por CORRÊA et al. (1995):

$$U_e = \exp[a - (b \cdot T) + (c \cdot UR)] \quad (1.20)$$

- Modelo de Sigma-Copace

O modelo de Sigma-Copace proposto por CORRÊA et al. (1995), originou da modificação da equação de Copace para equilíbrio higroscópico. A equação é da forma:

$$U_e = \exp\{ a - (b \cdot T) + [c \cdot \exp(UR)] \} \quad (1.21)$$

Os modelos de Copace e Sigma-Copace têm apresentado ajustamento satisfatório e menores erros médios relativos e estimados, quando comparados com modelos semiteóricos, descrevendo convenientemente o comportamento higroscópico de diversos produtos agrícolas (CORRÊA et al., 1998; CORRÊA e MOURE, 2000).

Na literatura especializada diversas outras equações semi-empíricas e empíricas de equilíbrio higroscópico são encontradas, porém, não tão utilizadas quanto as aqui

apresentadas. BROOKER et al. (1992) citam as equações desenvolvidas por Kelvin e Langmuir. SILVA et al. (1995) apresentam duas equações para prever os valores de umidade de equilíbrio para o milho e a soja. CORRÊA e MOURE (2000) citam o modelo desenvolvido por Sabbah. AGRAWAL e CLARY (1971) modificaram o modelo de Henderson sugerindo uma nova equação para estimar o equilíbrio higroscópico de arroz e amendoim. PENA et al. (1997) relatam, ainda, a existência das equações de Bradley e Mizrahi. PEREIRA e QUEIROZ (1987) citam a equação de Rounsley, que permite estimar a contribuição de água adsorvida em relação ao total de água do produto.

IGLESIAS e CHIRIFE (1982) obtiveram, pelo processo de dessorção, uma equação para prever o teor de umidade de equilíbrio higroscópico de grãos beneficiados de café arábica à temperatura de 25 e 35 °C, para faixa de umidade relativa de 45 a 90%, a partir do modelo proposto por Khun, que tem a seguinte forma:

$$U_e = a - \frac{b}{\ln(UR)} \quad (1.22)$$

em que as constantes a e b assumem, respectivamente, os valores 5,676 e 2,621, para temperatura de 25°C e 5,455 e 2,638, para 35°C.

ARTEAGA (1986), estudando as isotermas de equilíbrio para frutos de café, obteve a seguinte equação, que pode ser considerada uma modificação da equação de Henderson:

$$U_e = 1,1282 \left[\frac{-\ln(1-UR)}{T+40,2520} \right]^{0,5405} \quad (1.23)$$

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, colhidos manualmente no estádio cereja, com teor inicial de umidade de aproximadamente 50% b.u., sendo uma parcela dos frutos colhidos e despulpada manualmente, da qual uma subparcela teve sua mucilagem retirada por imersão em água, segundo metodologia proposta

por DIAS e BARROS (1993), e em seguida, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria a uma temperatura em torno de 5°C, a fim de manter as características do produto até a instalação do experimento.

Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

As amostras, antes das operações de determinação de equilíbrio higroscópico, foram retiradas da câmara fria e deixadas expostas à temperatura ambiente durante aproximadamente 12 h, visando atingir o equilíbrio térmico.

Para se obter dados para construção das curvas de dessecção, três amostras de 200g de café, para cada tipo de preparo e combinação de temperatura e umidade relativa, foram colocadas para entrar em equilíbrio com o fluxo de ar em condições previamente estabelecidas. Pesagens diárias foram realizadas regularmente, até que a variação da massa da amostra fosse inferior ou igual a 0,01g, sendo em seguida determinado seu teor de umidade, obtendo-se, assim, a umidade de equilíbrio higroscópico do produto para as condições de cada tratamento. Os processos de obtenção de dados e determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico para amostras de café beneficiado e para as curvas de adsorção dos cafés cereja, descascado e despulpado, seguiram os mesmos passos já descritos para obtenção de dados para as curvas de dessecção, diferindo apenas no fato que para os tratamentos de adsorção foram utilizados frutos e grãos com aproximadamente 6% base úmida, obtidos por secagem a baixa temperatura. Durante o processo de secagem parte do produto foi retirado e beneficiado manualmente com teor de umidade de aproximadamente 12% b.u., sendo posteriormente utilizado para realização dos testes de higroscopicidade.

Os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa, 105°C ± 1 °C, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001).

Os tratamentos de sorção de umidade, para cada tipo de preparo do café (cereja, despulpado, descascado e beneficiado), foram dispostos em um esquema fatorial 4 x 4, com quatro níveis de temperatura (25, 35, 45 e 55°C) e quatro níveis de umidade relativa (20, 40, 60 e 75%), no delineamento inteiramente casualizado.

Todos os tratamentos foram realizados utilizando-se uma unidade condicionadora de ar do tipo "Aminco-Aire", dotada de dispositivos para o controle da temperatura e umidade relativa do ar fornecido, composta por seis bandejas removíveis com fundo telado, para permitir a passagem do ar por entre a massa de produto (Figura 1.1).

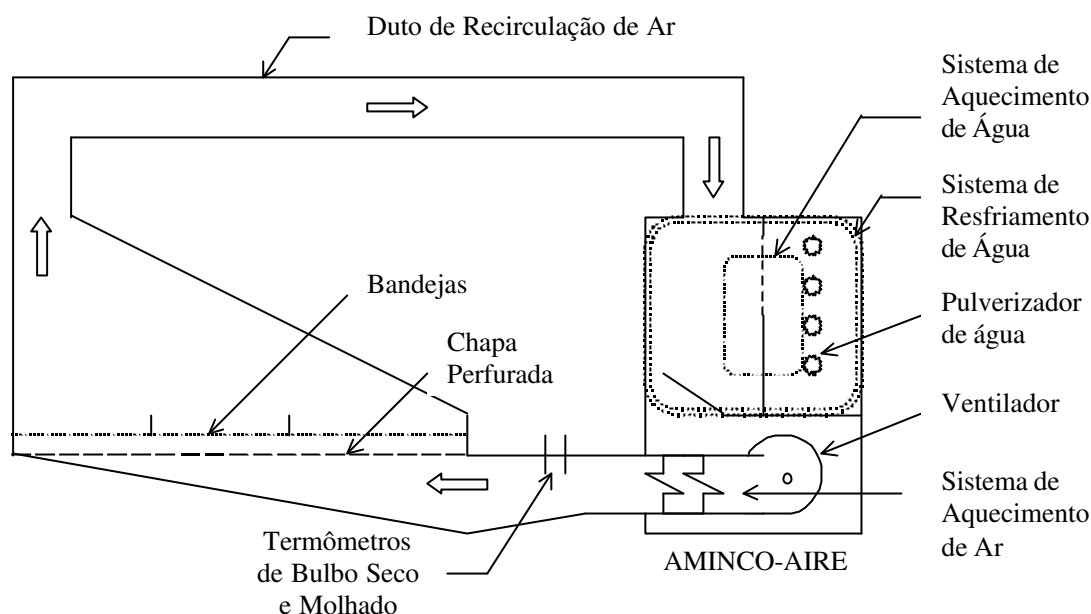


FIGURA 1.1- Desenho esquemático do equipamento experimental.

O fluxo de ar foi determinado a partir da velocidade do ar fornecido pelo equipamento com o auxílio de um anemômetro de lâminas rotativas e mantido constante para todos os tratamentos em, aproximadamente, $13 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

A temperatura e a umidade relativa da massa de ar foram determinadas e monitoradas utilizando-se um psicrômetro, instalado no interior da câmara próximo às bandejas contendo as amostras do produto. A umidade relativa do ar foi calculada por meio de um programa computacional (GRAPSI) desenvolvido a partir de equações psicrométricas.

Aos dados experimentais de higroscopicidade do café obtidos para cada uma das diferentes formas de preparo e dos grãos beneficiados do produto, foram ajustados modelos matemáticos, com aplicação reconhecida na predição da umidade de equilíbrio higroscópico de vários produtos agrícolas. Os modelos ajustados foram: GAB (eq. 1.6), Henderson-Thompson (eq. 1.9), Chung-Pfost (eq. 1.10), Oswin-Chen (eq. 1.11), Smith-Nellist (eq. 1.14), Halsey-Iglesias (eq. 1.16), Copace (eq. 1.20), Sigma-Copace (eq. 1.21) e a equação de Harkins-Jura modificada por este autor para levar em consideração o efeito da temperatura no fenômeno de higroscopicidade do café, que tem a seguinte forma:

$$U_e = \left[\frac{\exp(a + b \cdot T)}{c - \ln(UR)} \right]^{1/2} \quad (1.24)$$

Com a finalidade de melhor representar o fenômeno de higroscopicidade do café, uma série de análises foram desenvolvidas para determinar um modelo matemático mais adequado para prever a propriedade avaliada. Destas análises resultou a equação, que para fins de identificação, recebeu o nome de Exponencial:

$$Ue = (a + b \cdot T + c \cdot UR^d)^{-e} \quad (1.25)$$

em que

a, b, c, d, e = constantes que dependem do produto.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de umidade de equilíbrio higroscópico, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 5.0. Estimou-se os valores dos parâmetros dos modelos, em função das variáveis independentes temperatura e umidade relativa do ar.

O erro médio relativo (P) e o erro médio estimado (SE), para cada modelo, foram calculados conforme descrito a seguir:

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (1.26)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (1.27)$$

em que

n = número de observações

Y = valor observado experimentalmente

\hat{Y} = valor calculado pelo modelo

GLR = graus de liberdade do modelo.

O grau de ajuste do modelo aos dados experimentais baseou-se na magnitude do coeficiente de determinação ajustado, na magnitude do erro médio relativo e do erro médio estimado e na verificação do comportamento da distribuição dos resíduos do modelo estatístico e dos gráficos de correspondência entre os valores estimados e observados.

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios de equilíbrio higroscópico dos frutos e grãos de café obtidos por dessorção e adsorção, para as temperaturas de 25 a 55°C e umidades relativas de 0,20 a 0,75, são apresentados no Quadro 1.1.

Nos Quadros 1.2, 1.3 e 1.4 estão apresentados os resumos dos modelos matemáticos avaliados, com os parâmetros ajustados por meio de regressão não linear aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico do café, obtidos por dessorção e adsorção, para cada forma de preparo estudada do produto e para grãos de café beneficiado, com os respectivos coeficientes de determinação ajustado (R^2) e erros médios relativo (P) e estimado (SE).

Observa-se nos Quadros 1.2 e 1.3 que as equações com base nos modelos de Chung-Pfost, Smith e Oswin, embora amplamente empregadas para descrição do fenômeno de higroscopicidade de diversos grãos e cereais, foram as que apresentaram os piores ajustes aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico do café, uma vez que apresentaram coeficientes de determinação ajustados inferiores e erros médios relativo e estimado superiores às demais equações ajustadas, o que os tornam inadequados para representarem o fenômeno de sorção dos frutos e grãos de café, independentemente da forma de preparo do produto e da maneira pela qual o equilíbrio foi obtido, dessorção ou adsorção. Verifica-se ainda nesses quadros, que os melhores resultados foram obtidos para as equações de GAB, Henderson-Thompson, Halsey, Sigma-Copace, Harkins-Jura modificada por este autor e Exponencial. Para os grãos de café beneficiado, verifica-se no Quadro 1.4, que de modo geral todos os modelos matemáticos apresentaram ajustes satisfatórios aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico, entretanto, os piores resultados foram observados para as equações de GAB, Henderson-Thompson e Chung-Pfost.

Nas Figuras 1.2 a 1.43 estão apresentados os gráficos de correspondência e a distribuição de frequências residuais para os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico dos diversos produtos analisados.

Os gráficos de correspondência indicam o grau de associação dos valores estimados pelas equações aos dados experimentais de higroscopicidade, enquanto a análise da distribuição de frequências residuais auxilia na verificação da normalidade da distribuição dos dados. A análise dos resultados apresentada nas Figuras 1.2 a 1.37 indica que, embora as equações de GAB, Henderson-Thompson, Halsey, Sigma-Copace e Harkins-Jura modificada apresentem comportamento semelhante para a correspondência entre os valores experimentais

QUADRO 1.1- Valores médios dos teores de umidade de equilíbrio higroscópico (decimal, base seca) do café, pelo processo de dessorção e adsorção, para diferentes formas de preparo do produto, em função da temperatura e da umidade relativa do ar

Valores Médios Experimentais de Equilíbrio Higroscópico do café (decimal, base seca)*				
Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (decimal)			
	0,20	0,40	0,60	0,75
Café Cereja (dessorção)				
25	0,1098 (0,8963)	0,1168 (2,1572)	0,1212 (1,2662)	0,6973 (0,9834)
35	0,0842 (3,0668)	0,0977 (6,0343)	0,1072 (5,0639)	0,5067 (9,6803)
45	0,0754 (1,2026)	0,0968 (1,3115)	0,1025 (2,6058)	0,2573 (12,3780)
55	0,0562 (0,5578)	0,0737 (2,9407)	0,1058 (2,8835)	0,1979 (4,6569)
Café Cereja (adsorção)				
25	0,0888 (1,5475)	0,1139 (3,8779)	0,1176 (7,9956)	0,6028 (3,0790)
35	0,0764 (3,9450)	0,0970 (5,7492)	0,1096 (0,7506)	0,4222 (4,4441)
45	0,0632 (5,9994)	0,0893 (8,6445)	0,1038 (3,1225)	0,2368 (0,2221)
55	0,0558 (3,7253)	0,0669 (3,3832)	0,0953 (2,2338)	0,1962 (3,7738)
Café Descascado (dessorção)				
25	0,0904 (0,5981)	0,1056 (0,4488)	0,1159 (0,4042)	0,6555 (15,8260)
35	0,0676 (1,4243)	0,0997 (1,0024)	0,1054 (10,4080)	0,4667 (14,1230)
45	0,0536 (1,3972)	0,0859 (2,7416)	0,0983 (0,6083)	0,1960 (2,7055)
55	0,0476 (8,0021)	0,0567 (5,5175)	0,0848 (0,1000)	0,1633 (7,0219)
Café Descascado (adsorção)				
25	0,0736 (0,8342)	0,0947 (0,5594)	0,1076 (5,4537)	0,5893 (2,9761)
35	0,0570 (1,4620)	0,0898 (0,5037)	0,0938 (1,7616)	0,2568 (3,7745)
45	0,0509 (1,7198)	0,0852 (1,1343)	0,0912 (0,4509)	0,1756 (9,0058)
55	0,0408 (0,4511)	0,0552 (4,3085)	0,0843 (0,7234)	0,1633 (7,5484)
Café Despolpado (dessorção)				
25	0,0896 (0,6609)	0,1002 (1,9722)	0,1178 (2,9989)	0,6035 (10,6830)
35	0,0648 (1,2749)	0,0925 (1,2645)	0,1172 (0,5442)	0,4148 (12,4800)
45	0,0541 (1,5098)	0,0812 (0,7234)	0,1165 (0,8488)	0,1759 (2,8809)
55	0,0418 (0,2507)	0,0662 (11,3820)	0,0979 (0,8544)	0,1568 (2,3242)
Café Despolpado (adsorção)				
25	0,0752 (1,4649)	0,0934 (0,4276)	0,1168 (0,7094)	0,4450 (7,2701)
35	0,0619 (6,5481)	0,0915 (3,8822)	0,1119 (2,3505)	0,2729 (0,9370)
45	0,0508 (0,7959)	0,0804 (1,9009)	0,1146 (1,2438)	0,1626 (2,3162)
55	0,0395 (1,4862)	0,0545 (0,6799)	0,0958 (0,5132)	0,1405 (1,3672)
Café Beneficiado				
25	0,0830 (0,1244)	0,1056 (0,8441)	0,1232 (1,4000)	0,2256 (19,7920)
35	0,0631 (2,2520)	0,0966 (0,0287)	0,1174 (2,8361)	0,2080 (5,1030)
45	0,0506 (0,9089)	0,0721 (0,4429)	0,0954 (2,3220)	0,1623 (16,1390)
55	0,0416 (2,3561)	0,0667 (5,4066)	0,0876 (2,1568)	0,1356 (3,9176)

* Os valores entre parênteses representam os desvios padrões ($\times 10^{-3}$) para cada tratamento, respectivamente.

QUADRO 1.2- Parâmetros das equações ajustadas para estimar o teor de umidade de equilíbrio higroscópico (Ue, base seca) de café, pelo processo de dessecção, para diferentes formas de preparo do produto, em função da temperatura (T, °C) e da umidade relativa (UR, decimal)

Modelo Matemático	Parâmetros Calculados					
	a	b	c	R ²	P	SE
Cereja						
GAB	4361,4623	3,1212x10 ⁻⁴	0,9951	0,8613	0,5008	0,3128
Henderson-Thompson	0,0261	35,5241	0,3508	0,8621	0,5520	0,3118
Chung-Pfost	0,7284	0,1764	-4,4274	0,5572	0,6546	0,5588
Oswin-Chen	1,0353x10 ⁻⁵	-1,6244x10 ⁻⁷	0,0948	0,7421	0,7835	0,4265
Smith-Nellist	0,7017	0,2012	0,2735	0,6077	0,6374	0,5260
Halsey-Iglesias	-0,8061	-0,0212	0,6086	0,8886	0,4435	0,2803
Sigma-Copace	-7,0020	0,0397	3,5923	0,8911	0,4766	0,2771
Harkins-Jura modificada	-2,7481	-0,0793	-0,2693	0,9552	0,2888	0,1778
Exponencial	a= 2,0222 b= 0,0288	c= -18,7397 d= 8,6181	e= 2,1385	0,9810	0,1098	0,0820
Descascado						
GAB	4659,2240	2,7637x10 ⁻⁴	0,9890	0,8486	0,4988	0,3072
Henderson-Thompson	0,0305	27,8611	0,3506	0,8733	0,5601	0,2811
Chung-Pfost	0,6489	0,1623	-7,3603	0,8733	0,6957	0,5241
Oswin-Chen	9,9391x10 ⁻⁶	1,6241x10 ⁻⁷	0,0948	0,7535	0,8022	0,3920
Smith-Nellist	0,7169	0,2059	0,2501	0,6035	0,6795	0,4971
Halsey-Iglesias	-0,7578	-0,0301	0,6048	0,8970	0,4412	0,2534
Sigma-Copace	-7,0391	0,0451	3,6483	0,9000	0,4805	0,2496
Harkins-Jura modificada	-2,6270	-0,0901	-0,2700	0,9534	0,2906	0,1704
Exponencial	a= 1,8062 b= 0,0273	c= -9,8728 d= 7,0075	e= 2,4999	0,9707	0,1558	0,0956
Despolpado						
GAB	5584,6494	2,7120x10 ⁻⁴	0,9497	0,8432	0,4821	0,2806
Henderson-Thompson	0,0370	21,1594	0,3967	0,8648	0,5412	0,2646
Chung-Pfost	0,5901	0,1466	-7,7993	0,5699	0,5999	0,4579
Oswin-Chen	9,0104x10 ⁻⁶	-1,4677x10 ⁻⁷	0,0948	0,7026	0,8057	0,4028
Smith-Nellist	0,6593	0,1875	0,2259	0,6119	0,5818	0,4351
Halsey-Iglesias	-0,8057	-0,0315	0,6463	0,8945	0,4213	0,2326
Sigma-Copace	-6,4460	0,0445	3,3140	0,8959	0,5211	0,3881
Harkins-Jura modificada	-2,6562	-0,0893	-0,2665	0,9499	0,2923	0,1693
Exponencial	a= 2,9636 b= 0,0530	c= -10,7837 d= 4,5136	e= 1,6503	0,9685	0,1509	0,0886

QUADRO 1.3- Parâmetros das equações ajustadas para estimar o teor de umidade de equilíbrio higroscópico (Ue, base seca) de café, pelo processo de adsorção, para diferentes formas de preparo do produto, em função da temperatura (T, °C) e da umidade relativa (UR, decimal)

Modelo Matemático	Parâmetros Calculados					
	a	b	c	R ²	P	SE
Cereja						
GAB	4174,0373	3,8272x10 ⁻⁴	0,9492	0,8737	0,4531	0,2523
Henderson-Thompson	0,0323	28,9692	0,4199	0,8614	0,5022	0,2643
Chung-Pfost	0,6554	0,1557	-2,5814	0,5934	0,5625	0,4526
Oswin-Chen	8,6131x10 ⁻⁶	1,3061x10 ⁻⁷	0,0948	0,6804	0,7828	0,4013
Smith-Nellist	0,5853	0,1671	0,2405	0,6437	0,5427	0,4237
Halsey-Iglesias	-0,9362	-0,0271	0,6704	0,8957	0,3872	0,2292
Sigma-Copace	-6,3509	0,0363	3,1633	0,8966	0,4161	0,2283
Harkins-Jura modificada	-3,0119	-0,0729	-0,2647	0,9604	0,2458	0,1413
Exponencial	a= 3,0718 b= 0,0448	c= -16,6827 d= 6,1633	e= 1,6119	0,9874	0,1019	0,0563
Descascado						
GAB	6474,0187	2,3751x10 ⁻⁴	0,9266	0,8095	0,4718	0,2772
Henderson-Thompson	0,5091	10,3116	0,4262	0,8501	0,5463	0,2459
Chung-Pfost	0,5046	0,1260	-9,5431	0,5447	0,5693	0,4286
Oswin-Chen	7,8076x10 ⁻⁶	1,2633x10 ⁻⁷	0,0948	0,6156	0,8311	0,3938
Smith-Nellist	0,5817	0,1642	0,1964	0,5794	0,5489	0,4119
Halsey-Iglesias	-0,7564	-0,0363	0,6621	0,8630	0,4488	0,2351
Sigma-Copace	-6,2308	0,0497	3,2303	0,8644	0,4811	0,2339
Harkins-Jura modificada	-2,5326	-0,0998	-0,2656	0,9178	0,3253	0,1820
Exponencial	a= 93,9306 b= 0,7966	c= -201,9188 d= 2,0687	e= 0,5798	0,9925	0,1240	0,0390
Despolpado						
GAB	7387,2987	3,4237x10 ⁻⁴	0,8011	0,8390	0,3868	0,1894
Henderson-Thompson	0,0742	8,1371	0,6242	0,8353	0,3952	0,1904
Chung-Pfost	0,4485	0,1064	-6,5528	0,6246	0,3849	0,2863
Oswin-Chen	6,1796x10 ⁻⁶	-9,5157x10 ⁻⁸	0,0948	0,4680	0,7956	0,3760
Smith-Nellist	0,4700	0,1293	0,1631	0,6647	0,3696	0,2706
Halsey-Iglesias	-1,1654	-0,0334	0,8332	0,8815	0,3134	0,1616
Sigma-Copace	-5,1670	0,0364	2,4365	0,8806	0,3220	0,1621
Harkins-Jura modificada	-3,1682	-0,0742	-0,2499	0,9390	0,2332	0,1258
Exponencial	a= 18,2513 b= 0,2413	c= -39,1822 d= 2,0542	e= 0,8486	0,9846	0,1220	0,0424

QUADRO 1.4- Parâmetros das equações ajustadas para estimar o teor de umidade de equilíbrio higroscópico (U_e , base seca) de café para grãos beneficiados do produto, em função da temperatura (T , °C) e da umidade relativa (UR , decimal)

Modelo	Parâmetros Calculados					
	a	B	c	R^2	P	SE
GAB	0,2042	74,7381	0,4904	0,8566	0,1707	0,0951
Henderson-Thompson	0,3678	8,4402	1,4178	0,8889	0,1316	0,0841
Chung-Pfost	0,3321	0,0682	0,6339	0,8715	0,1442	0,0904
Oswin-Chen	0,1510	$-1,2720 \times 10^{-2}$	1,9669	0,9180	0,1160	0,0722
Smith-Nellist	0,2790	0,0601	0,1020	0,9042	0,3339	0,1623
Halsey-Iglesias	-2,8540	-0,0270	1,5249	0,9431	0,0751	0,0602
Sigma-Copace	-3,8382	0,0162	1,2931	0,9412	0,0851	0,0611
Harkins-Jura modificada	-4,0779	-0,0326	-0,1434	0,9623	0,0681	0,0490
Exponencial	a=-9523,1322 b= 0,7780	c=-9480,9715 d= -0,0138	e= 0,5385	0,9243	0,1312	0,0491

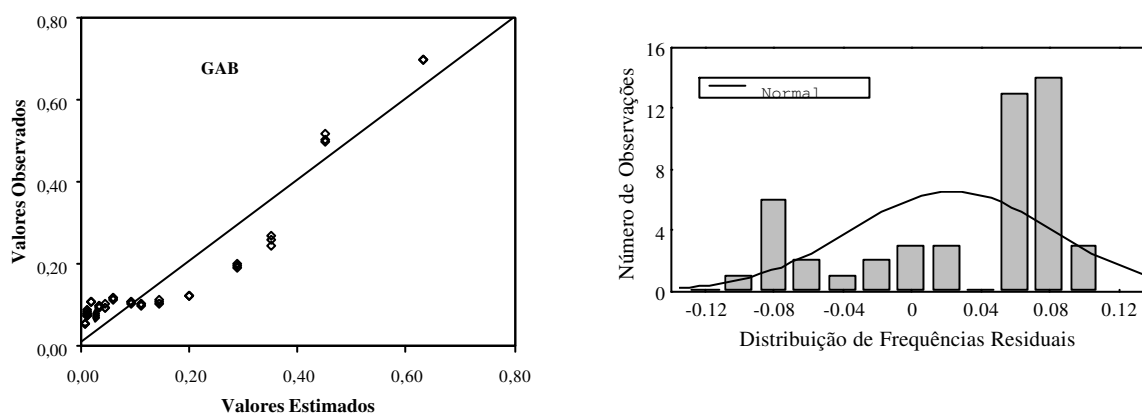


FIGURA 1.2- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de GAB.

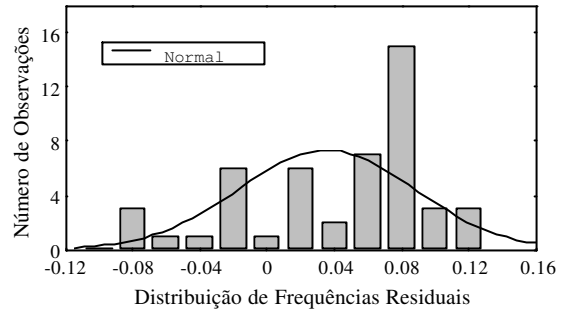
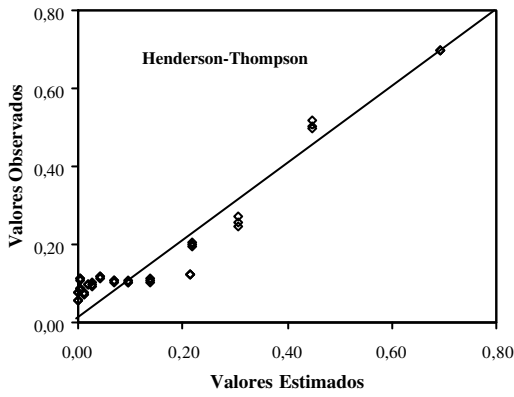


FIGURA 1.3- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

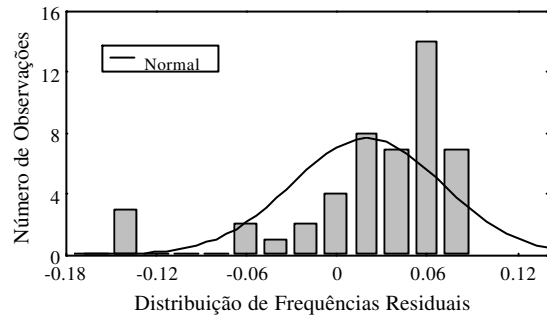
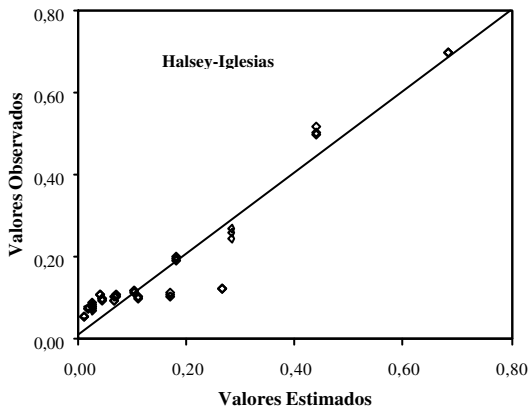


FIGURA 1.4- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

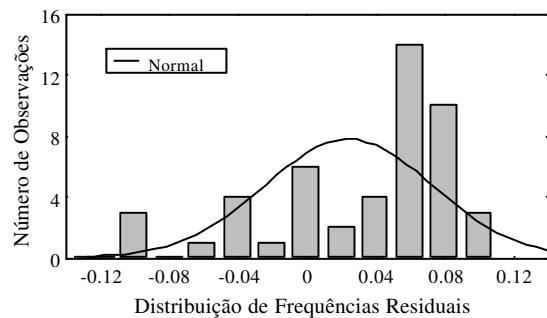
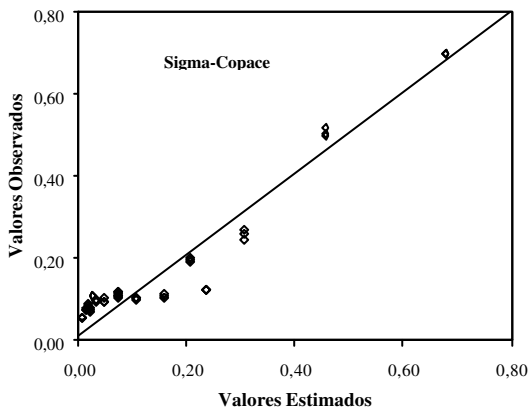


FIGURA 1.5- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

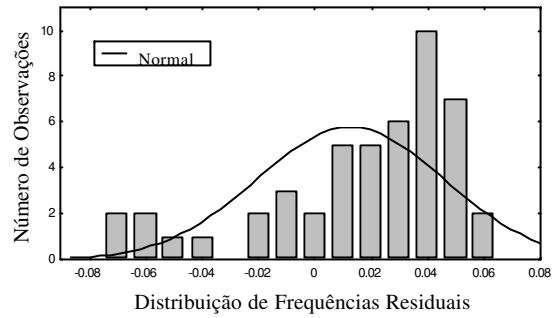
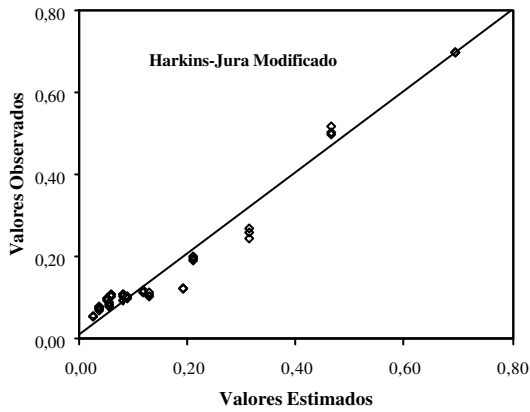


FIGURA 1.6- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja, pelo processo de dessorção, e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

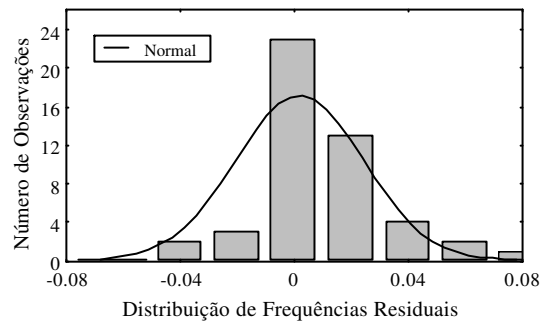
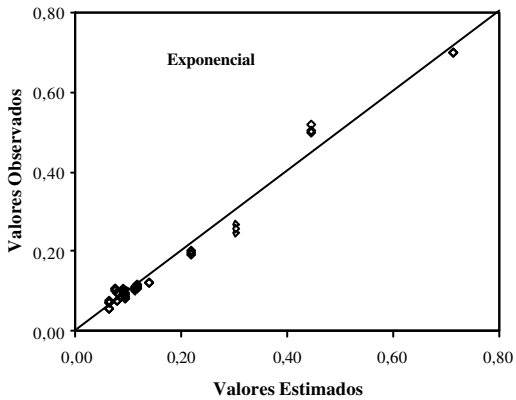


FIGURA 1.7- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (dessorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo Exponencial.

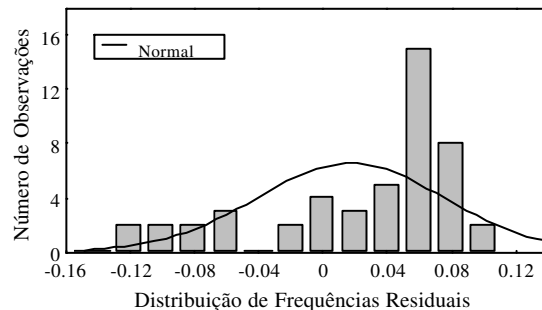
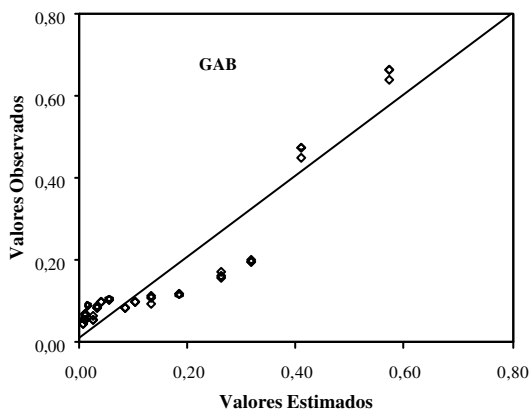


FIGURA 1.8- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de GAB.

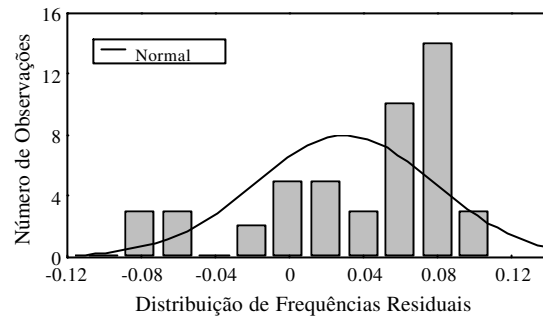
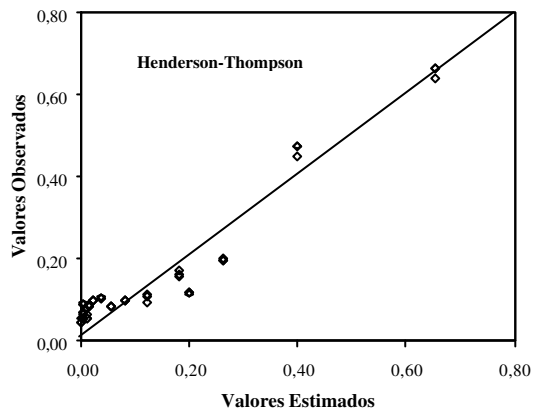


FIGURA 1.9- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

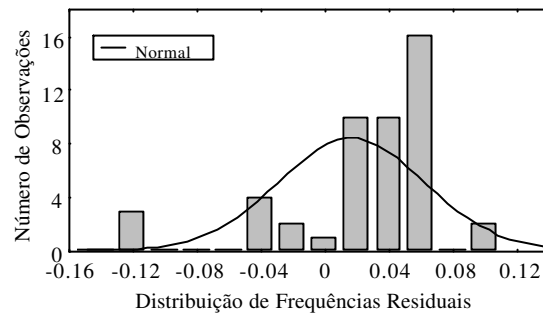
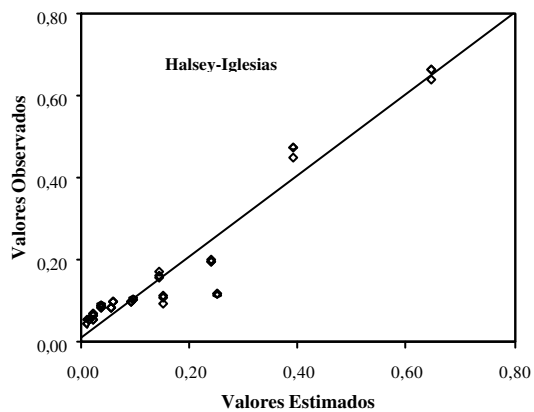


FIGURA 1.10- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

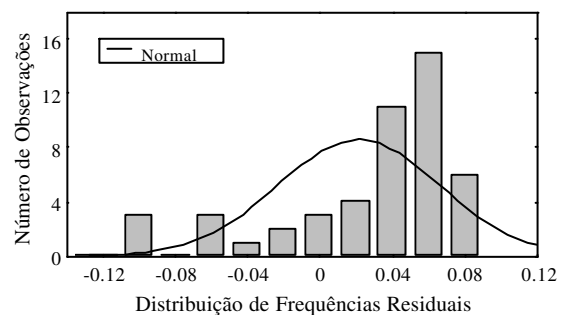
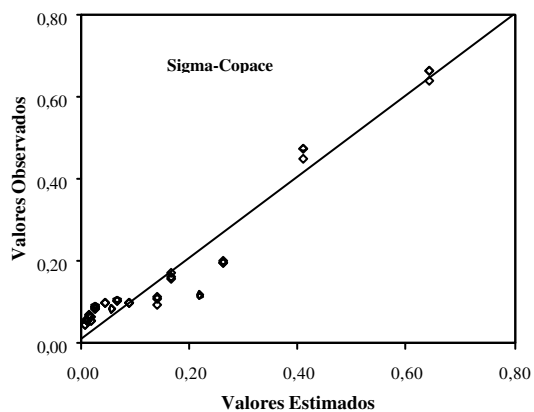


FIGURA 1.11- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

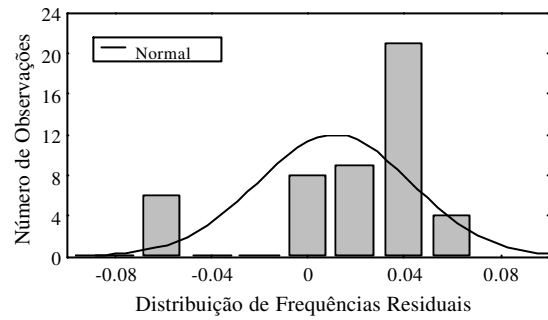
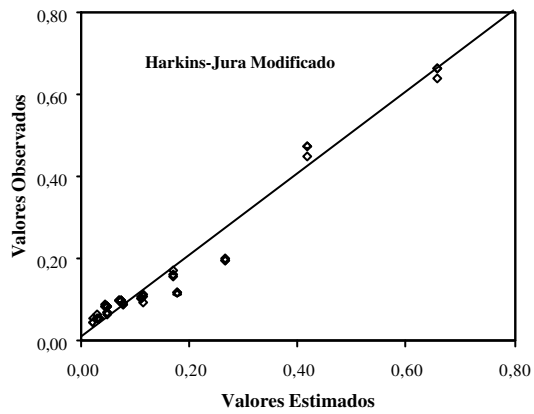


FIGURA 1.12- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

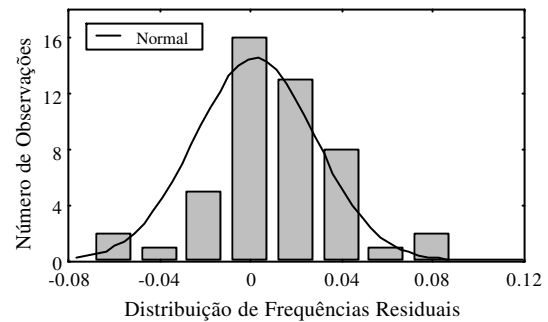
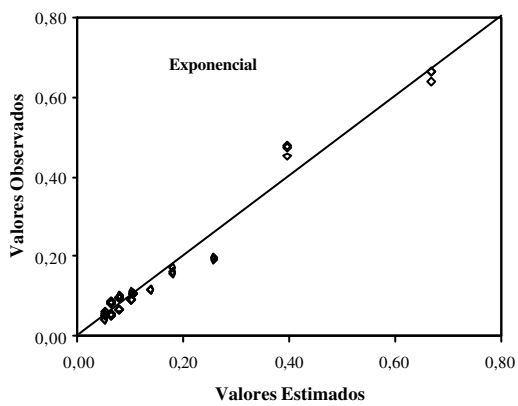


FIGURA 1.13- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

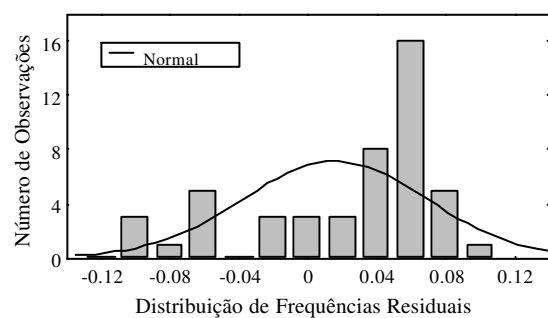
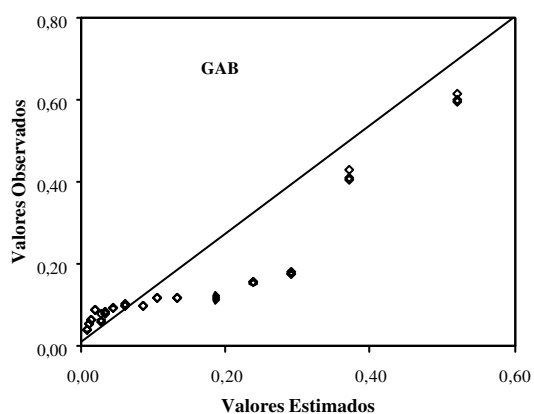


FIGURA 1.14- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de GAB.

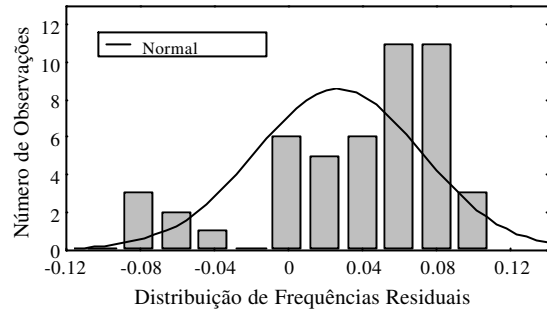
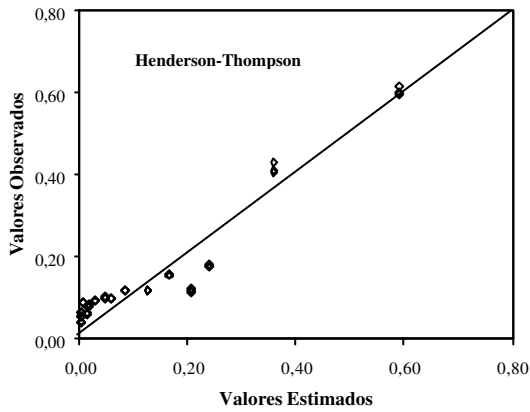


FIGURA 1.15- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despolpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

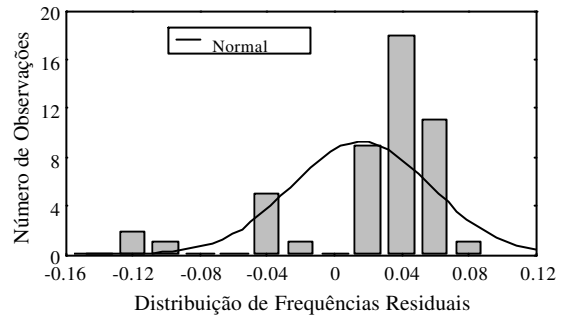
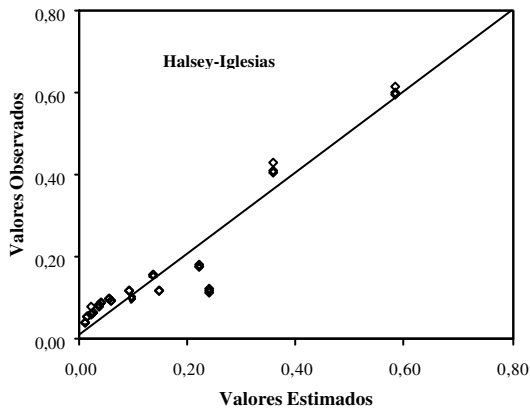


FIGURA 1.16- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despolpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

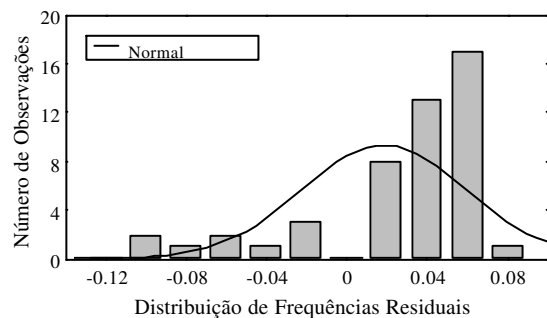
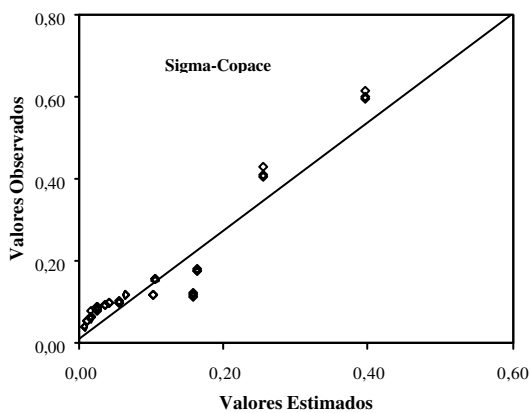


FIGURA 1.17- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despolpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

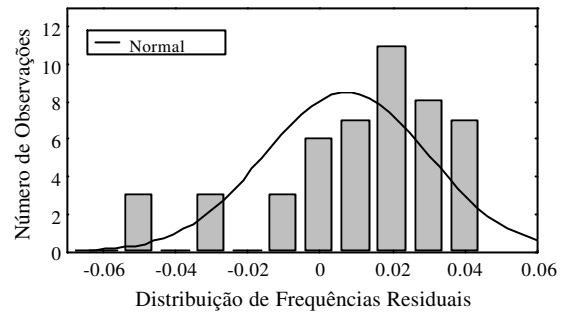
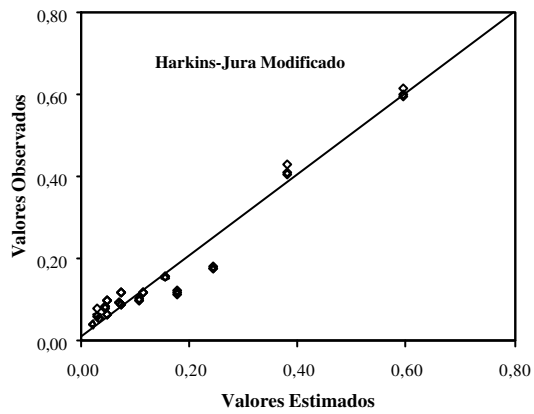


FIGURA 1.18- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

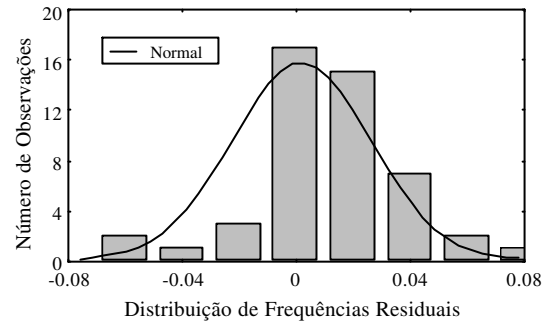
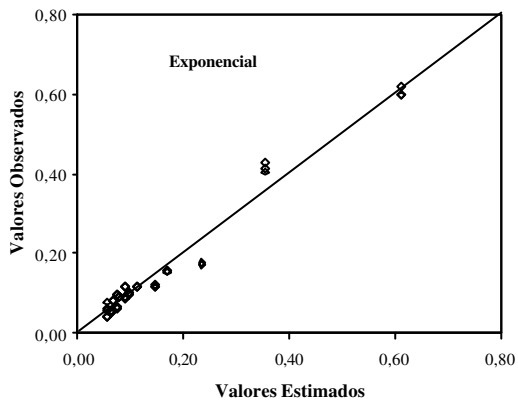


FIGURA 1.19- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (dessorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

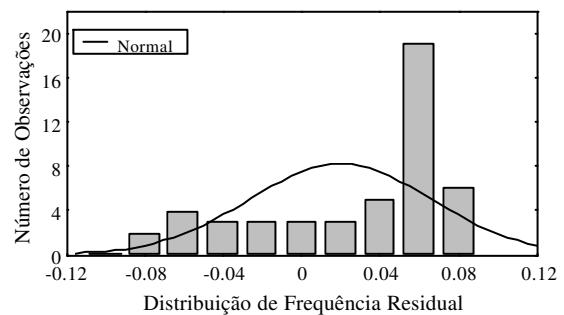
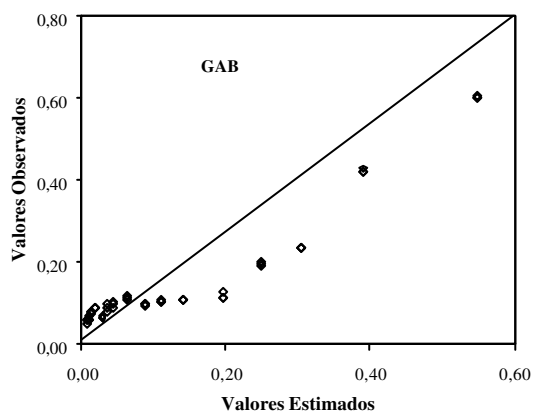


FIGURA 1.20- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de GAB.

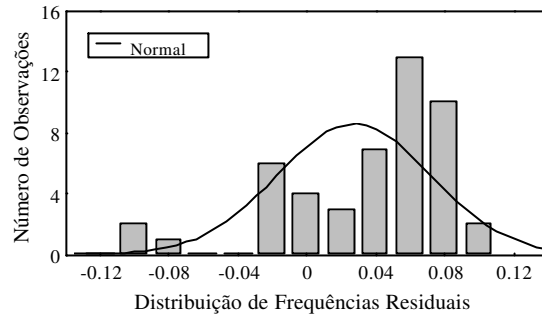
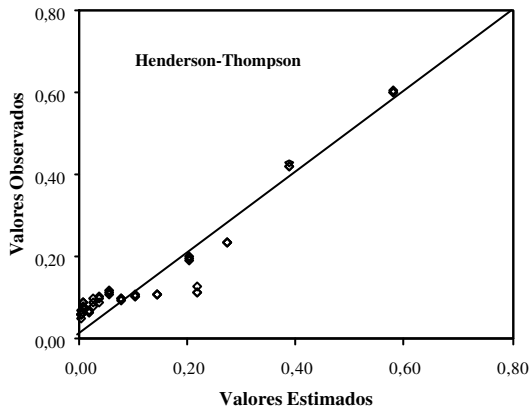


FIGURA 1.21- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

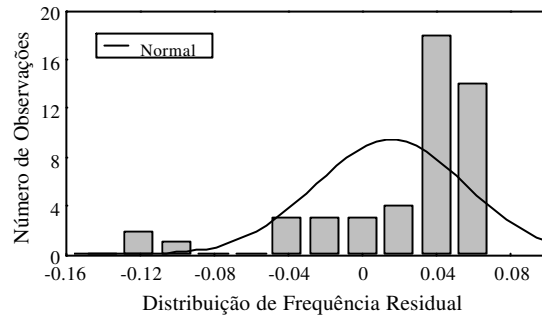
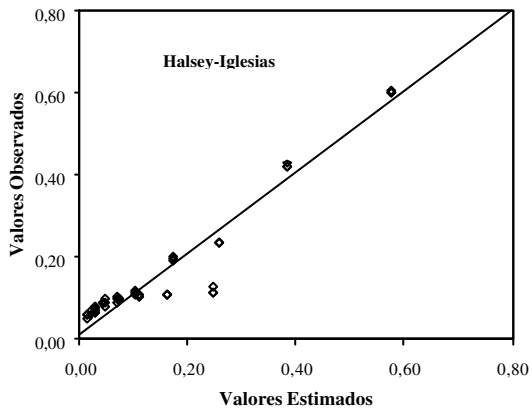


FIGURA 1.22- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

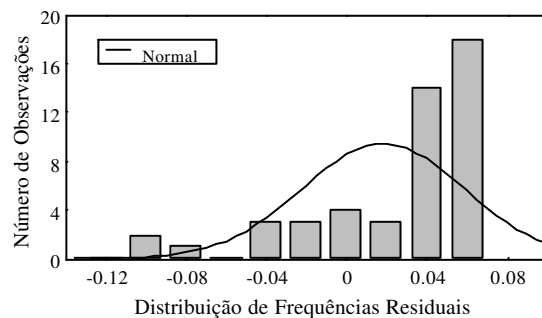
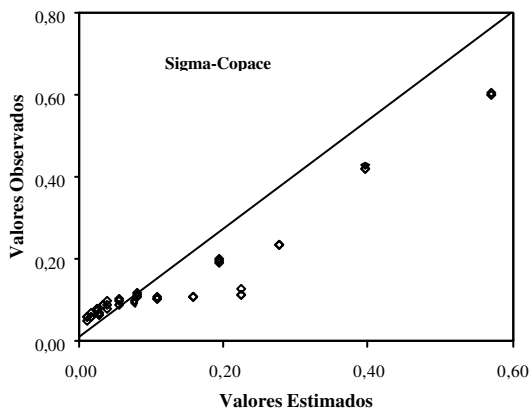


FIGURA 1.23- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

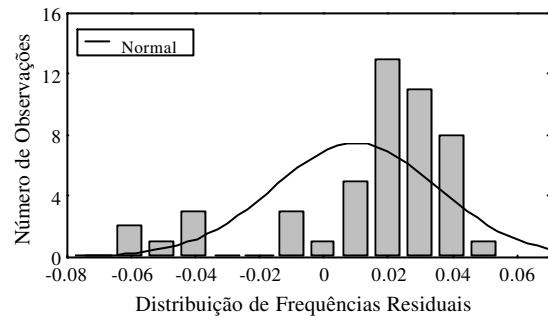
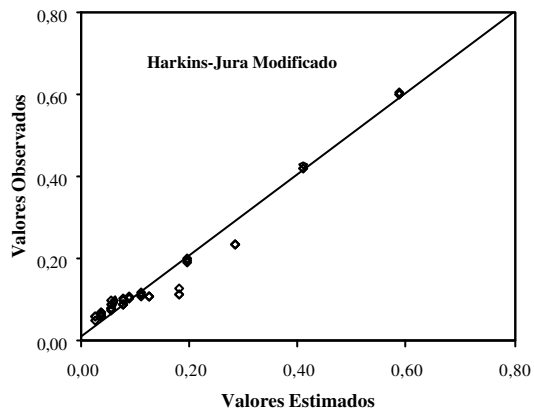


FIGURA 1.24- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Harkins-Jura modificado.

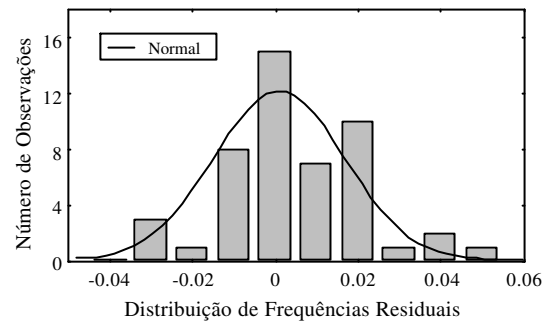
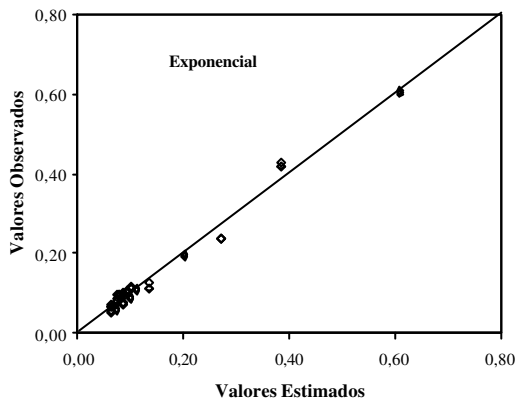


FIGURA 1.25- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos frutos de café cereja (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

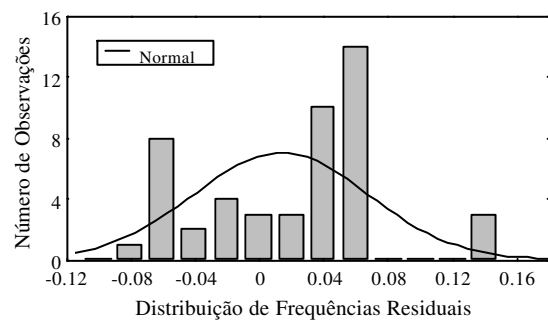
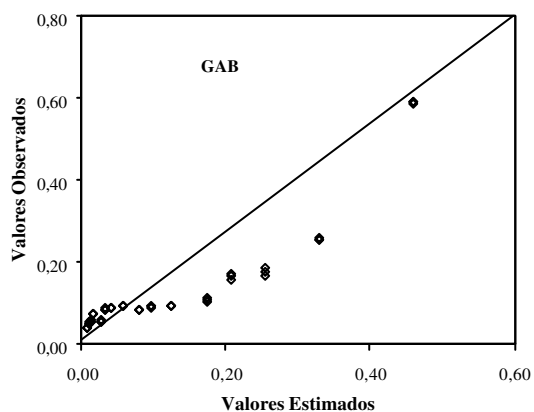


FIGURA 1.26- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de GAB.

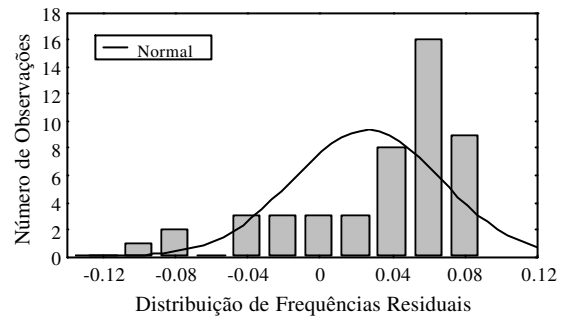
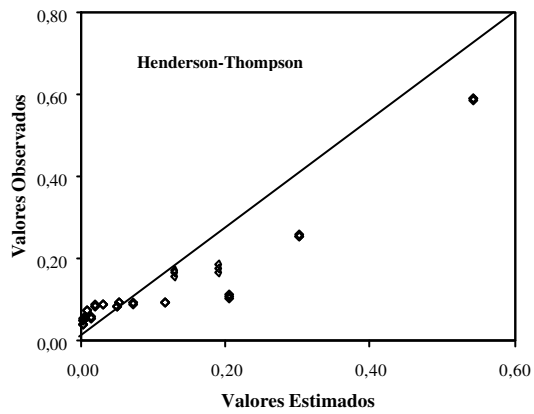


FIGURA 1.27- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

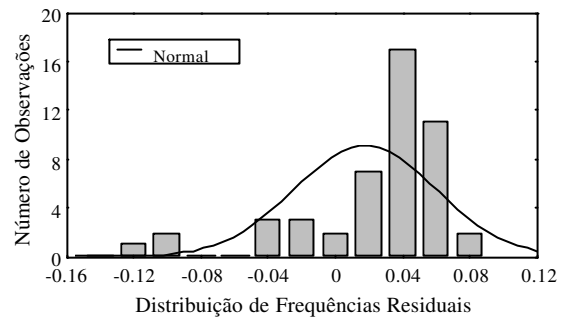
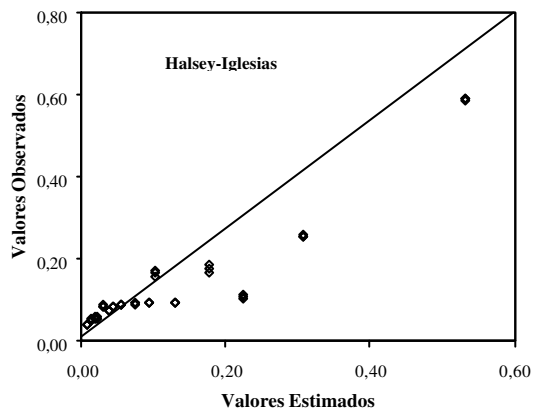


FIGURA 1.28- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

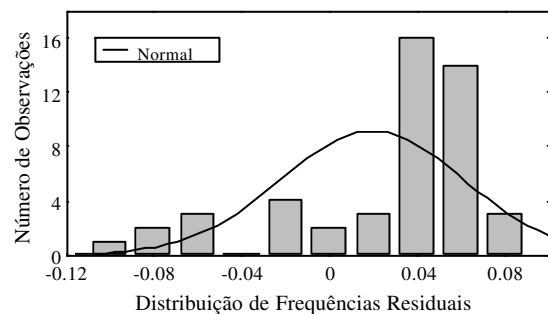
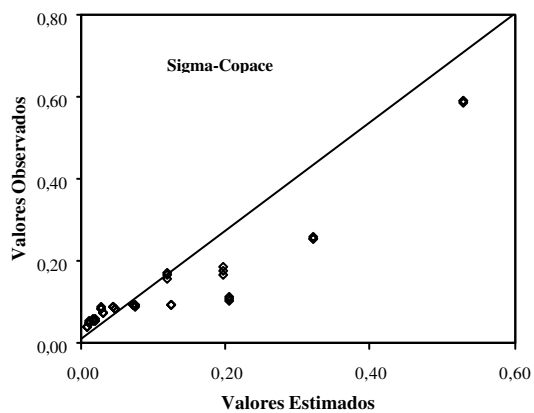


FIGURA 1.29- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

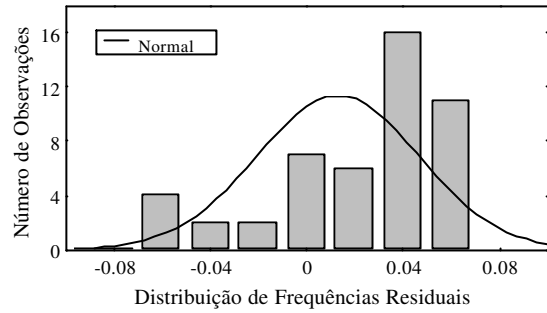
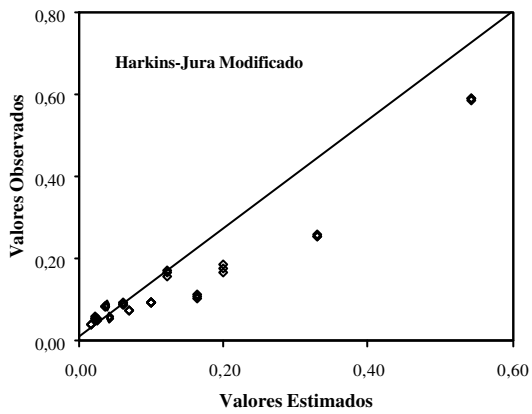


FIGURA 1.30- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

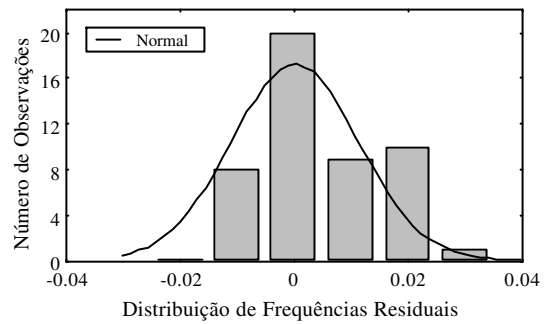
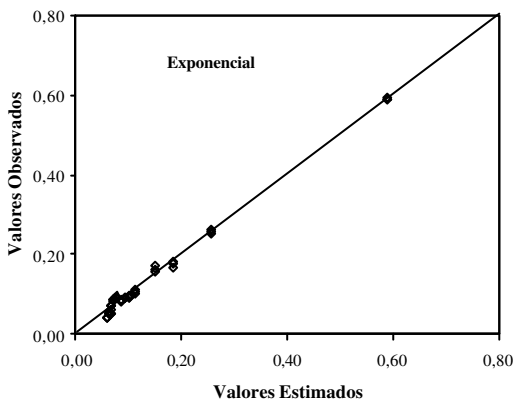


FIGURA 1.31- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café descascado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

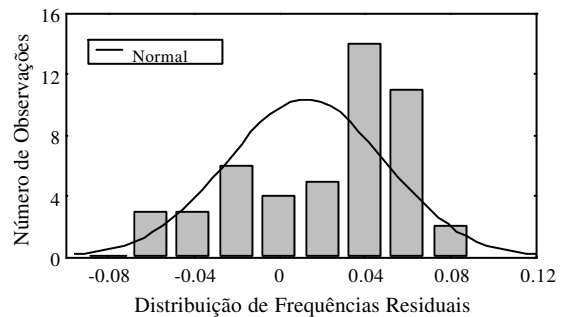
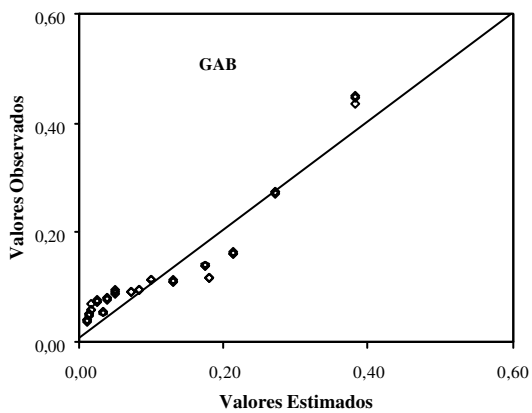


FIGURA 1.32- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de GAB.

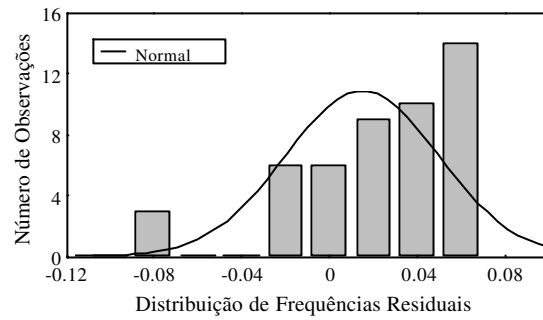
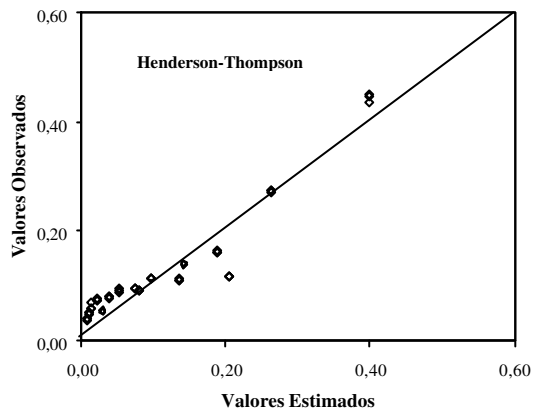


FIGURA 1.33- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Henderson-Thompson.

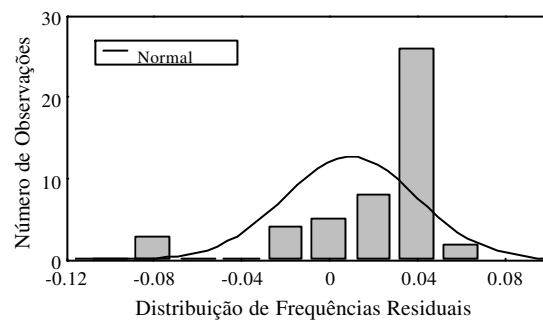
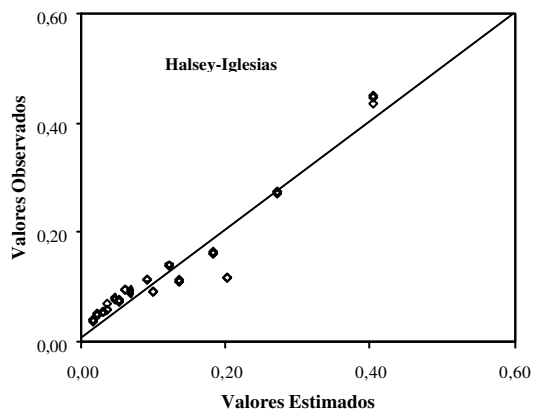


FIGURA 1.34- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

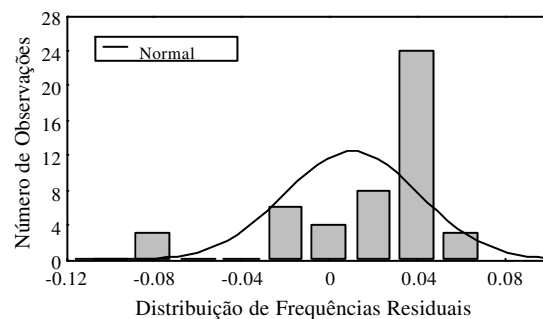
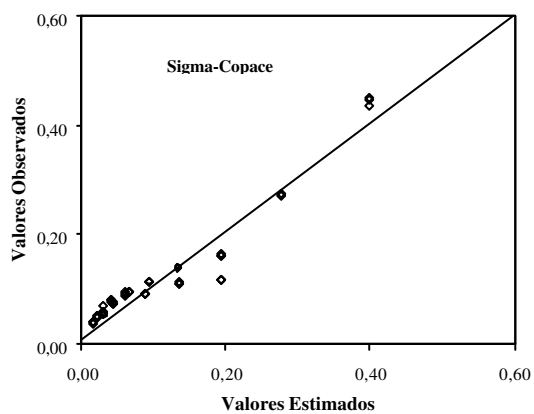


FIGURA 1.35- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

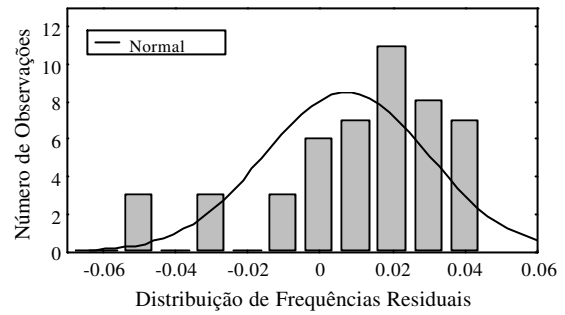
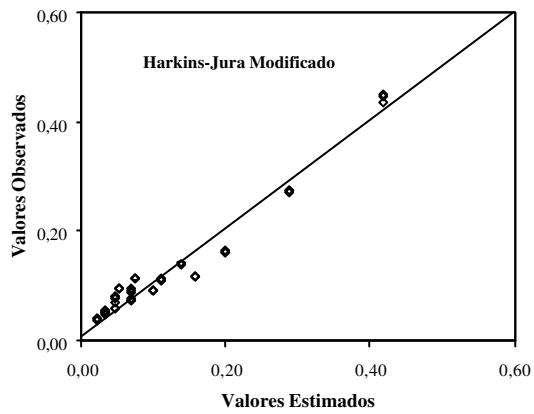


FIGURA 1.36- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

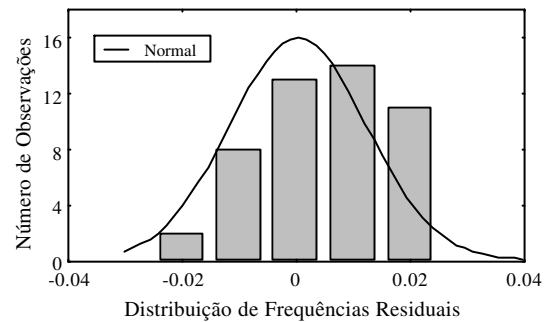
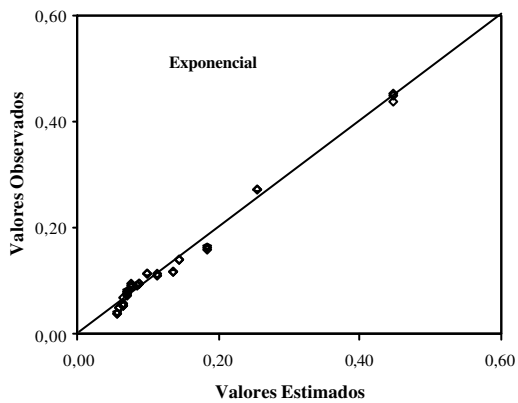


FIGURA 1.37- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café despulpado (adsorção) e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

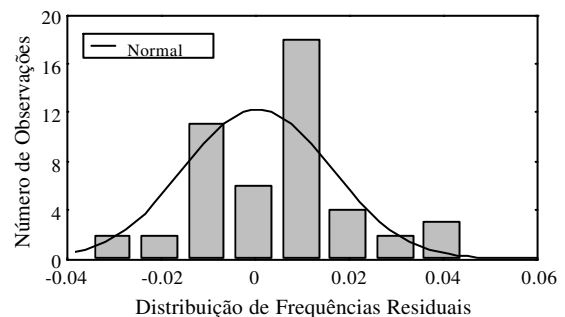
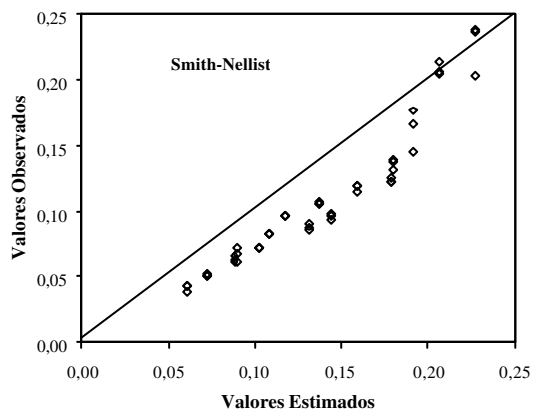


FIGURA 1.38- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das frequências residuais para o modelo de Smith-Nellist.

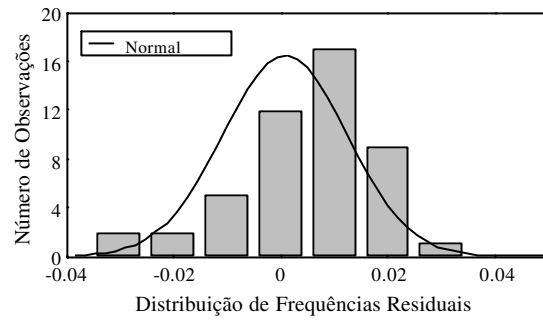
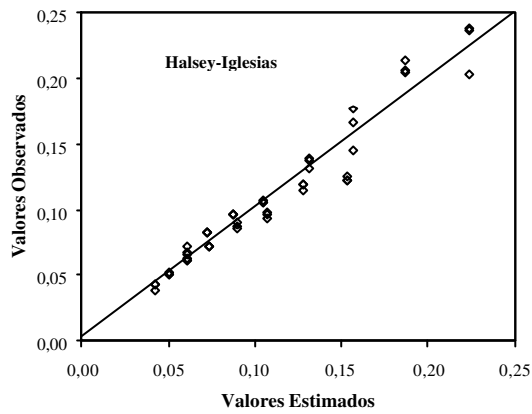


FIGURA 1.39- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Halsey-Iglesias.

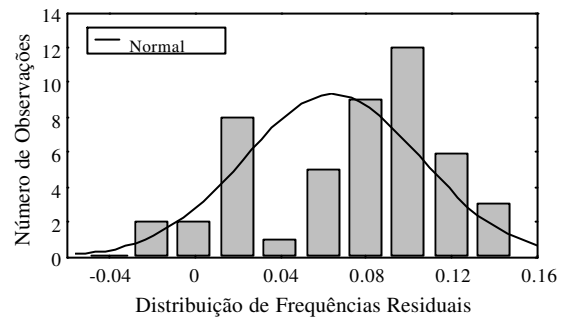
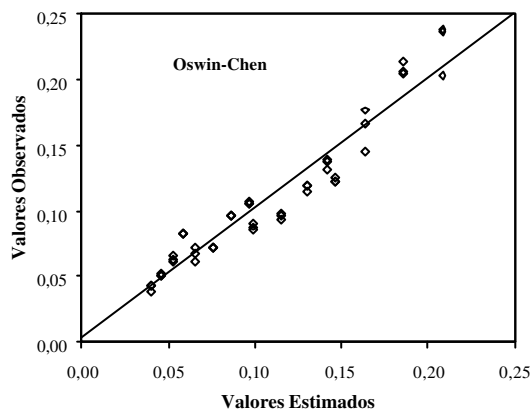


FIGURA 1.40- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Oswin-Chen.

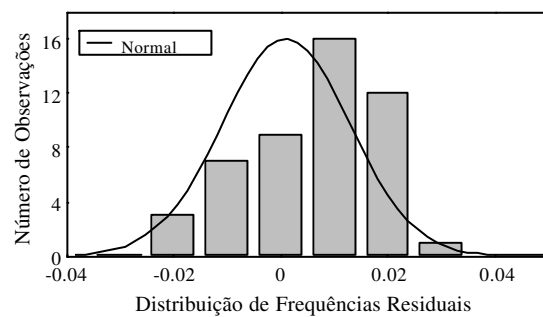
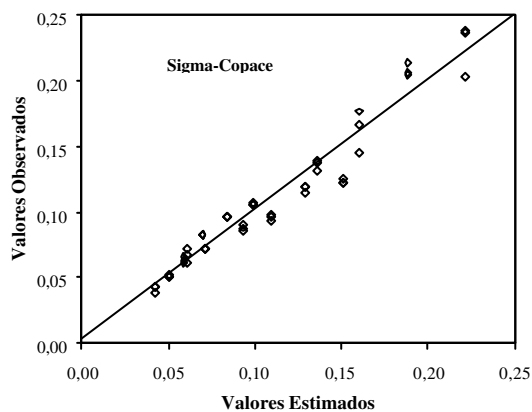


FIGURA 1.41- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das freqüências residuais para o modelo de Sigma-Copace.

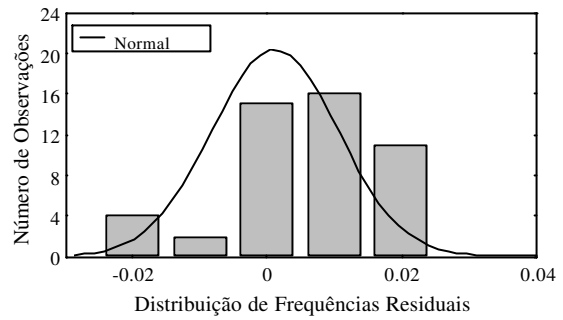
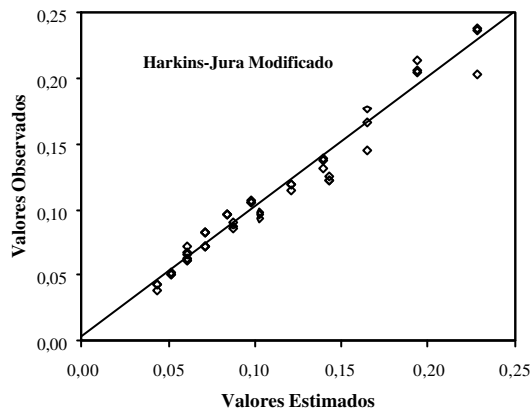


FIGURA 1.42- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das frequências residuais para o modelo de Harkins-Jura modificado.

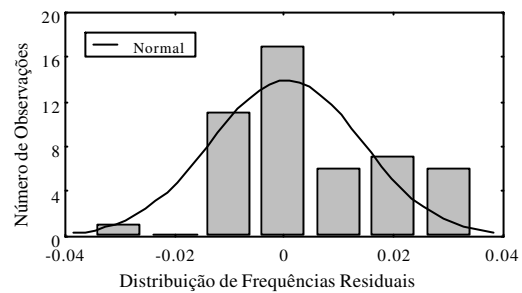
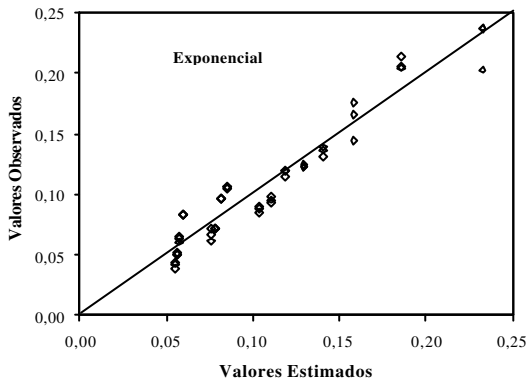


FIGURA 1.43- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados de equilíbrio higroscópico dos grãos de café beneficiado e distribuição das frequências residuais para o modelo Exponencial.

e estimados de umidade de equilíbrio, a equação Exponencial foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico do café, apresentando menor dispersão dos valores calculados, quando comparada com os demais modelos matemáticos estudados, principalmente para os teores de umidade de equilíbrio mais baixos, além de ser o único modelo a apresentar uma distribuição aproximadamente normal para os valores residuais, independentemente da forma de preparo do produto e da maneira como alcançado o equilíbrio (dessorção ou adsorção). Para todos os casos o modelo Exponencial apresentou elevado coeficiente de determinação ajustado, sempre superior a 95%, e menores valores dos erros

médios relativo e estimado (Quadros 1.2 e 1.3). Portanto, devido à facilidade de manuseio e aplicação da equação Exponencial, as curvas de sorção dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado podem ser expressas por esta equação.

Para os grãos de café beneficiado, nota-se, pelas Figuras 1.38 a 1.43, que todos os modelos analisados apresentaram ajuste adequado entre os valores experimentais e estimados de umidade de equilíbrio, bem como distribuição aproximadamente normal dos valores residuais; entretanto, os menores desvios e os melhores ajustes ocorreram para a equação com base no modelo de Harkins-Jura modificada, destacando-se esta das demais equações estudadas na predição do teor de umidade de equilíbrio de grãos de café beneficiado.

Os dados experimentais de umidade de equilíbrio higroscópico do café e os estimados pela equação Exponencial estão apresentados nas Figuras 1.44 a 1.49, para cada forma de preparo do produto e maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (dessorção ou adsorção). Na Figura 1.50 está representado os teores de umidade de equilíbrio higroscópico de grãos de café beneficiado, obtidos experimentalmente e os estimados pelas equações de Harkins-Jura modificada.

Embora os modelos selecionados representem de modo adequado o comportamento dos valores experimentais de teor de umidade de equilíbrio higroscópico das diferentes formas de preparo do café, para as faixas de temperatura e umidade relativa do ar estudadas, os elevados valores experimentais obtidos para as condições de equilíbrio com 0,75 de umidade relativa, independentemente da forma de preparo do produto, caracterizam-se como atípicos, considerando os valores médios encontrados na literatura especializada para produtos como soja, milho e cacau, dentre outros, e ainda, para frutos e grãos de café de outras variedades (ROSSI e ROA, 1980; TREJOS et al., 1989). Este fato pode indicar possíveis problemas de superestimação dos valores de umidade de equilíbrio higroscópico do café estimados pelos modelos ajustados. Tal questionamento enfatiza a necessidade de estudar, com mais detalhes, a determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico, por ser problemático em termos de medição experimental, principalmente com produtos como o café e para umidades relativas mais elevadas.

Pelas Figuras 1.44 a 1.50, observa-se, seja pelo processo de dessorção ou adsorção, que as isotermas dos frutos e grãos de café apresentam acentuado aumento do teor de umidade de equilíbrio, que normalmente se verifica em produtos conservados em umidades relativas elevadas; entretanto, no caso específico do café, a presença da casca e do pergaminho que envolvem os grãos parece contribuir para uma elevação ainda maior da umidade de equilíbrio

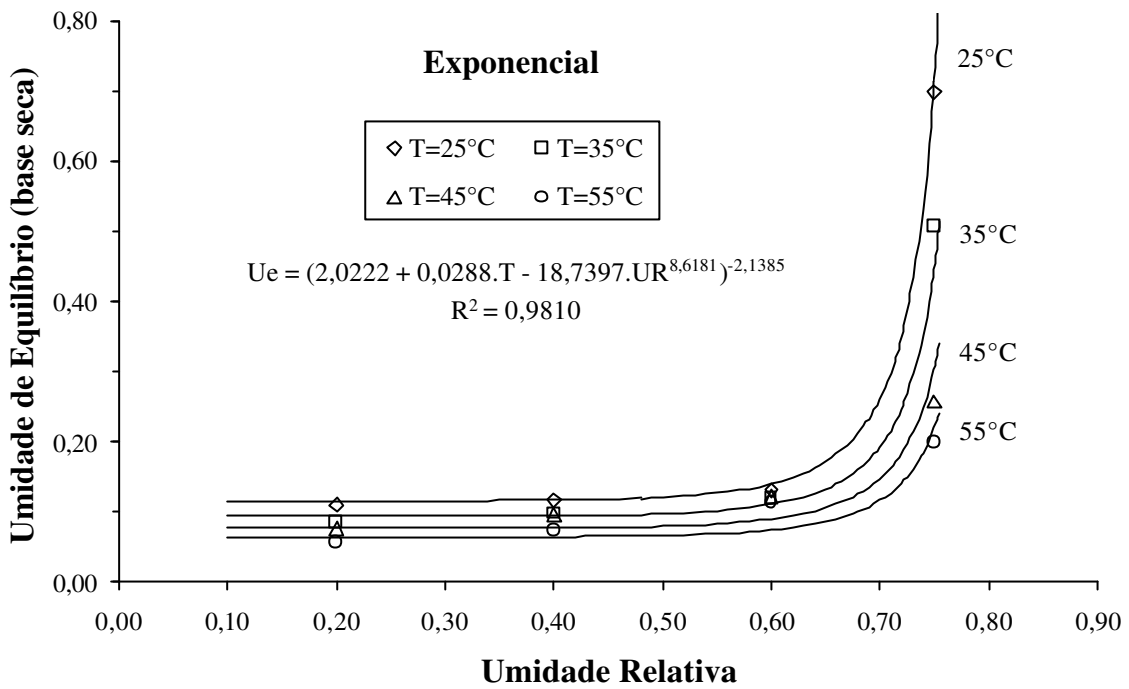


FIGURA 1.44- Curvas de higroscopicidade dos frutos de café cereja obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (dessorção).

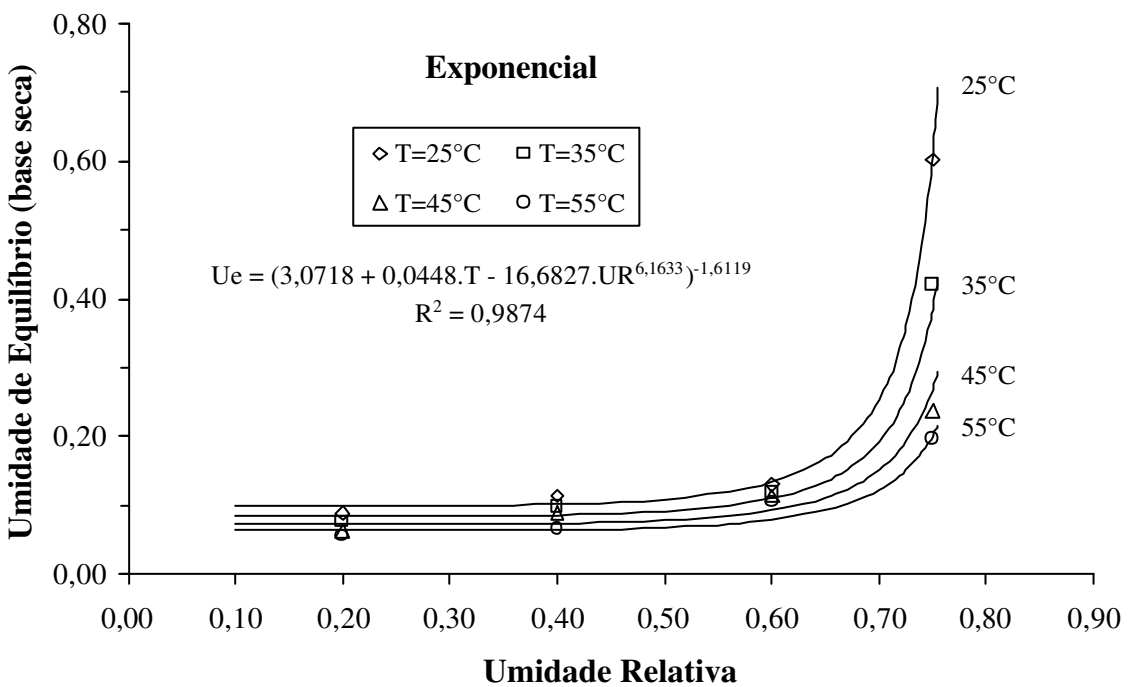


FIGURA 1.45- Curvas de higroscopicidade dos frutos de café cereja obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (adsorção).

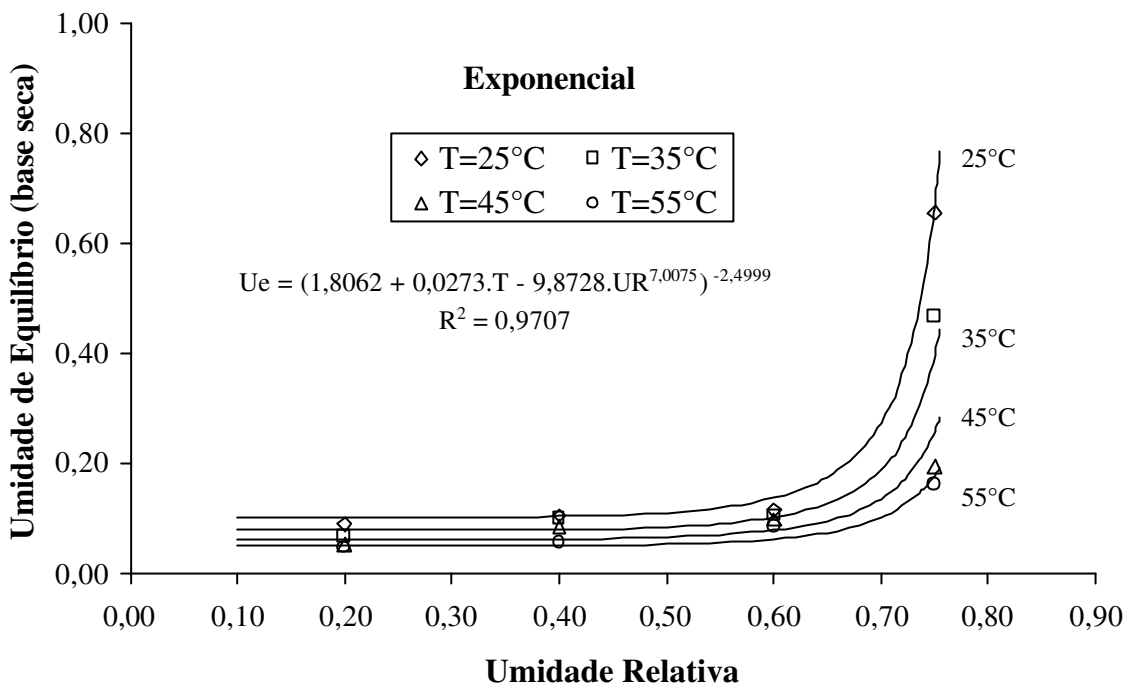


FIGURA 1.46- Curvas de higroscopicidade dos grãos de café descascado obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (dessorção).

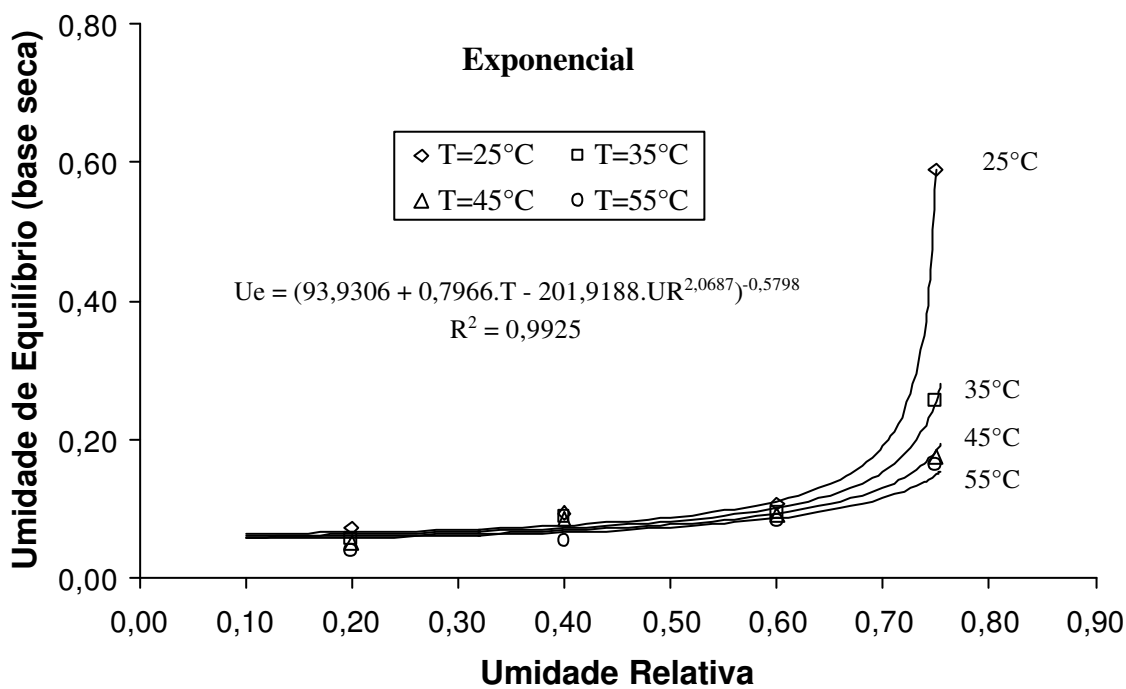


FIGURA 1.47- Curvas de higroscopicidade dos grãos de café descascado obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (adsorção).

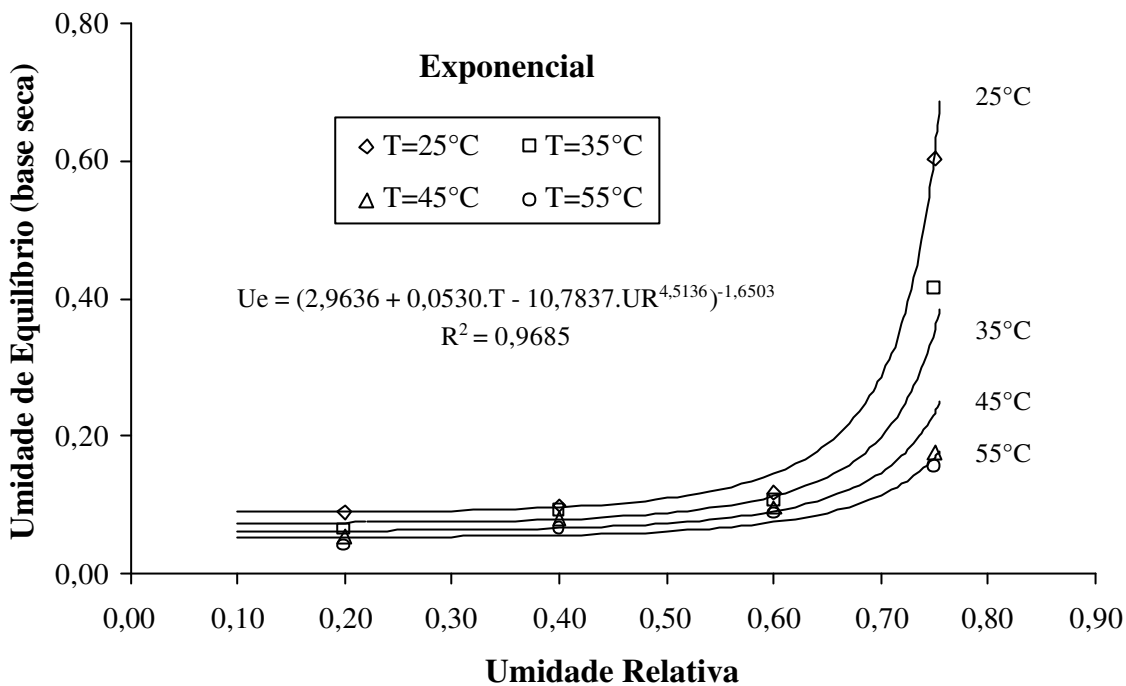


FIGURA 1.48- Curvas de higroscopicidade dos grãos de café despulpado obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (dessorção).

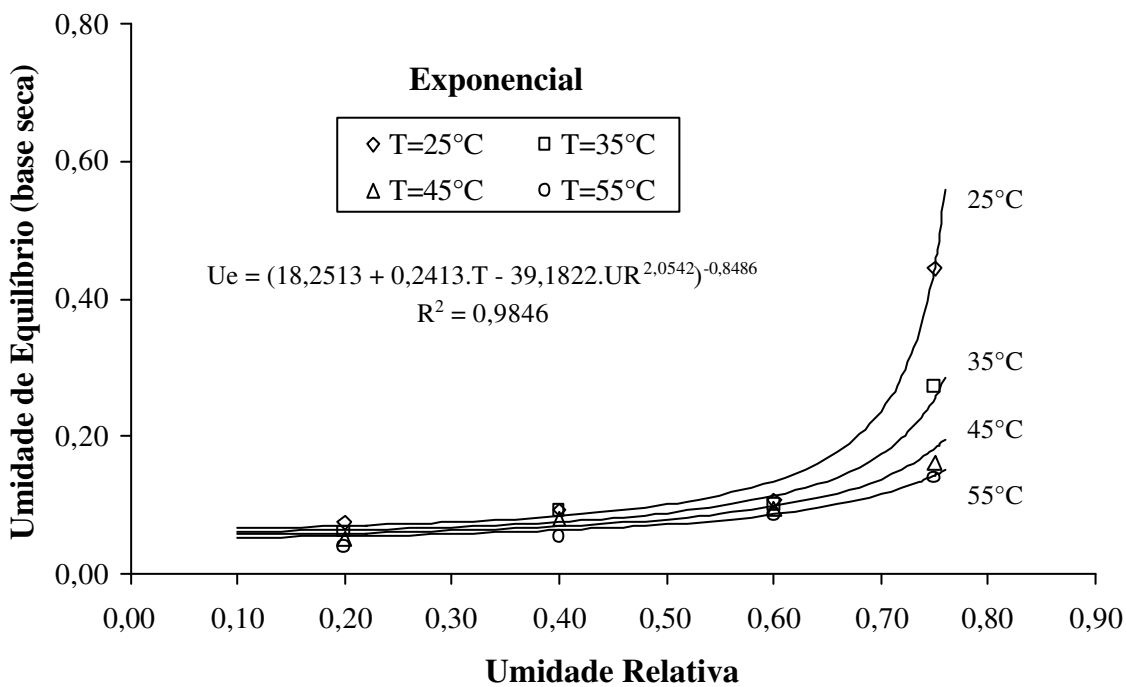


FIGURA 1.49- Curvas de higroscopicidade dos grãos de café despulpado obtidas pelo ajuste do modelo matemático Exponencial aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio (adsorção).

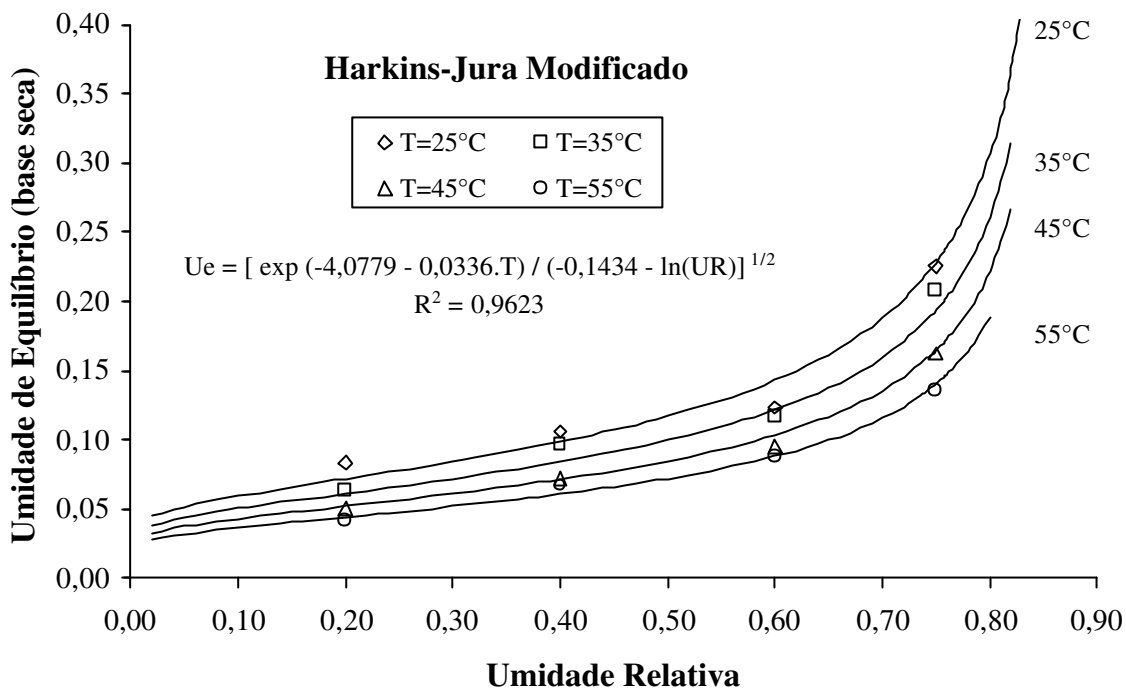


FIGURA 1.50- Curvas de higroscopicidade dos grãos de café beneficiado obtidas pelo ajuste do modelo matemático de Harkins-Jura modificado aos dados experimentais de teor de umidade equilíbrio.

desse material, diferenciando-o dos demais produtos agrícolas e com relação à sua forma de preparo. Quando comparados os valores de umidade de equilíbrio obtidos do produto na forma cereja, descascado, despulpado e beneficiado, nota-se que o aumento do teor de umidade foi tanto mais pronunciado quanto maior a proteção dos grãos, sugerindo a existência de comportamentos higroscópicos distintos entre os constituintes do produto (casca, pergaminho e grão). Outra explicação possível para o pronunciado acréscimo de umidade dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para umidade relativa mais elevada (0,75), quando comparados com o produto beneficiado (Figuras 1.50), pode ser atribuída ao desenvolvimento de fungos, ou seja, devido à água retida pelos micélios desses microrganismos.

As diferenças entre os valores experimentais de umidade de equilíbrio, pelos processos de dessorção e adsorção, caracteriza a existência do fenômeno de histerese nos frutos e grãos de café, mostrado nas Figuras 1.51 a 1.53. Nessas figuras observa-se, de modo geral, para todas as formas de preparo do produto uma tendência de redução da histerese com o aumento

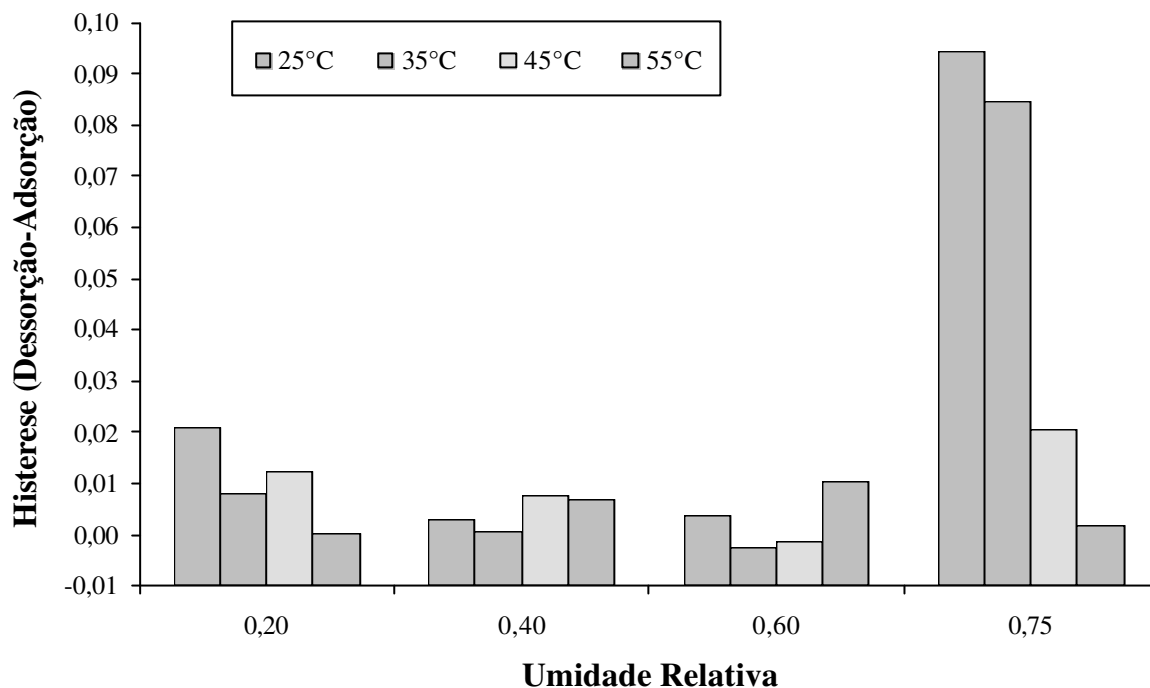


FIGURA 1.51- Diferenças calculadas, para frutos de café cereja, entre os teores de umidade de equilíbrio obtidos pelos processos de dessorção e adsorção (histerese, H).

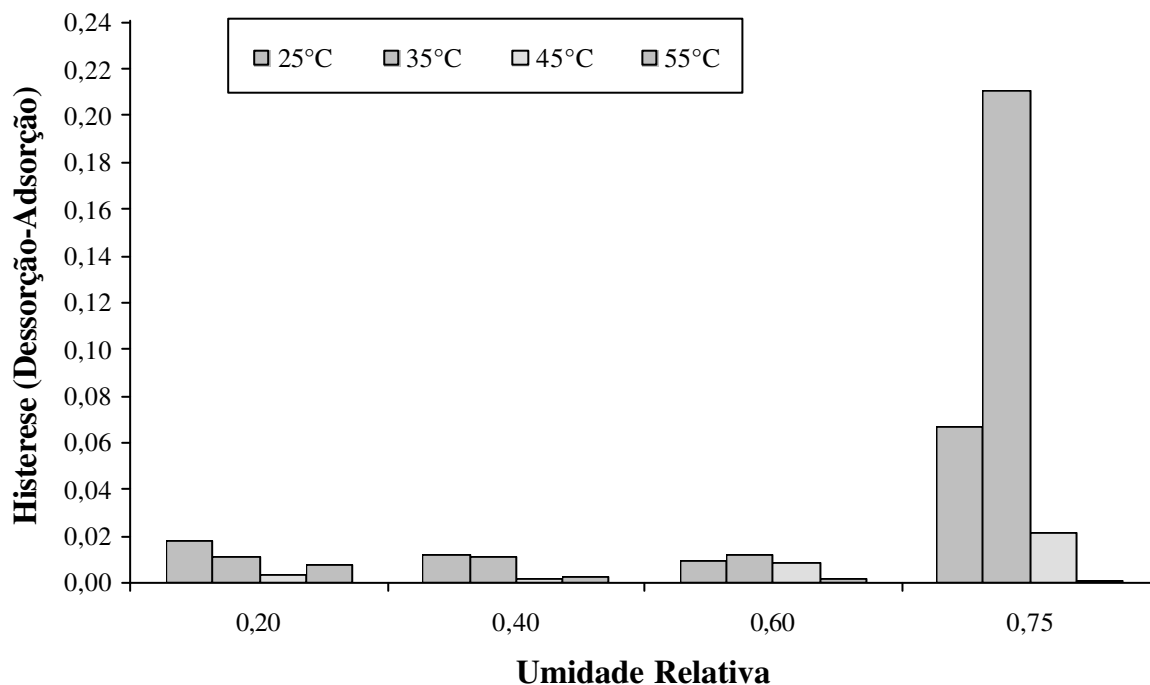


FIGURA 1.52- Diferenças calculadas, para grãos de café descascado, entre os teores de umidade de equilíbrio obtidos pelos processos de dessorção e adsorção (histerese, H).

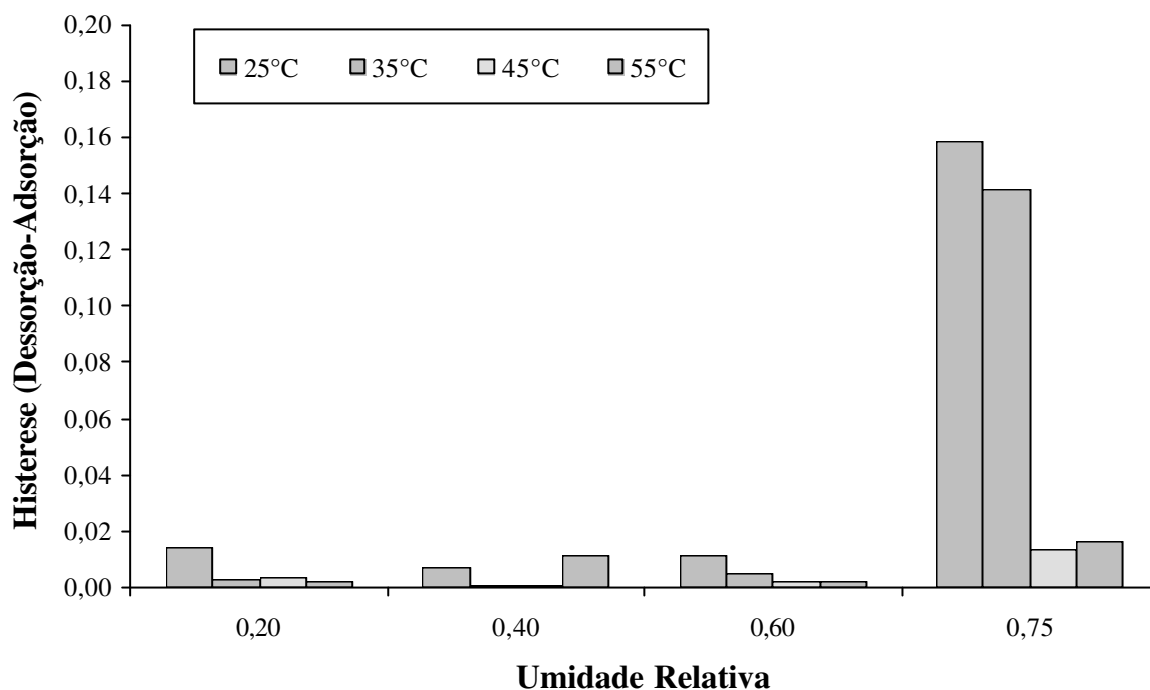


FIGURA 1.53- Diferenças calculadas, para grãos de café despulpado, entre os teores de umidade de equilíbrio obtidos pelos processos de dessorção e adsorção (histerese, H).

da temperatura, e considerando-se a umidade relativa do ar, um crescimento com a elevação dos valores de umidade relativa do ar. Verifica-se, ainda, que as maiores diferenças foram encontradas à temperatura de 55°C e umidade relativa do ar de 75%. Diferindo do comportamento observado por outros pesquisadores que estudaram o fenômeno de histerese em diferentes produtos agrícolas, os quais verificaram que o valor da histerese cresce quando a umidade relativa aumenta até um determinado valor, apresentando um comportamento decrescente dos valores de histerese a partir deste ponto para umidades relativas mais elevadas.

1.5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo do equilíbrio higroscópico do café, pôde-se concluir que:

- por apresentar uma maior precisão, quando comparada com as demais equações estudadas, a equação Exponencial pode ser utilizada para prever os valores de umidade de equilíbrio

higroscópico do café, independentemente da forma de preparo do produto e da maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (dessorção ou adsorção);

- dentre as equações analisadas para estimar as curvas de sorção dos grãos de café beneficiado, a que apresentou o melhor ajuste foi a equação de Harkins-Jura modificada por este autor;

- para as faixas de temperatura e umidade relativa estudadas, a histerese dos cafés cereja, descascado e despulpado, tende a crescer com a redução da temperatura e elevação da umidade relativa do ar.

CAPÍTULO 2

CURVAS DE SECAGEM EM CAMADA DELGADA DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ

2.1. INTRODUÇÃO

Os frutos do cafeeiro são ditos perecíveis por apresentarem atividade metabólica elevada, notadamente depois da colheita, conduzindo aos processos de deterioração. A colheita dos frutos deve ser feita no ponto certo de maturação, pois influirá na qualidade do produto final (HERRERA et al., 1993). Devido às diversas transformações das características físicas e químicas que ocorrem depois da colheita, é necessário que o processamento do fruto de café seja realizado o mais rápido possível e de forma satisfatória, visando impedir, ou reduzir ao mínimo, as possíveis perdas pós-colheita.

A manutenção da qualidade no processamento do café por meio de um preparo cuidadoso e da aplicação de tecnologias adequadas, deve seguir técnicas que levem em consideração que o café colhido é um produto heterogêneo e que apresenta um alto teor de umidade, geralmente acima de 50%. Os prejuízos originados devido à umidade excessiva e rica composição em açúcares da polpa do fruto de café, podem ser intensificados, se não forem empregadas técnicas eficientes no processamento pós-colheita dos frutos de café (QUINTERO, 1999).

O café pode ser preparado de várias formas para as operações de processamento que iniciam depois da colheita e vão até o armazenamento, em função do volume de produção e da capacidade econômica do produtor. O preparo pode ser realizado basicamente por dois processos: "via seca" ou forma integral e "via úmida" ou sem casca. Na forma de preparo por

via seca o fruto é processado em sua forma natural (com casca ou cereja) e as fases do processamento poderão prescindir do emprego de água. No preparo por via úmida, é indispensável a utilização de água e o produto é processado sem sua casca. O preparo por via úmida é também denominado de despulpamento, por separar a casca e retirar a mucilagem açucarada que envolve os grãos dos frutos de café, foco de ataque de microrganismos, possíveis responsáveis pela redução de qualidade do produto (BOREL e JACQUET, 1994). Recentemente, a forma de preparo por via úmida vem sofrendo alterações com o objetivo de simplificar o processo. A principal modificação é a realização do descascamento do fruto de café sem a fase de remoção da mucilagem, sendo os grãos submetidos à etapa de secagem ainda com parte dessa mucilagem.

A secagem representa uma das etapas mais importantes no processamento pós-colheita do café, independentemente da forma de preparo. A secagem natural em terreiros, ainda hoje muito utilizada, é responsável pela secagem de mais de 80% das propriedades produtoras de café do Estado de Minas Gerais (FAEMG, 1996), principal produtor brasileiro, entretanto, é muito trabalhosa, lenta e dependente de condições climáticas favoráveis. Com o aumento do volume de produção, a secagem em terreiros passa a se tornar um problema para a cadeia produtiva do café, havendo necessidade de recorrer-se à secagem artificial, em razão da possibilidade de antecipação da safra, colheita de frutos com menores perdas qualitativas e quantitativas e disponibilização de áreas para aproveitamento com outras finalidades (SILVA e LACERDA FILHO, 1984). Além de não interromper a colheita, uma vez que o fluxo de secagem normalmente a acompanha, quando planejada de maneira adequada.

A conservação pela secagem baseia-se no fato de que tanto os microrganismos como as enzimas e todo mecanismo metabólico necessitam de água para suas atividades. Com a redução da quantidade de água disponível, até níveis seguros para armazenagem, conseqüentemente serão reduzidos a atividade de água e a velocidade das reações químicas no produto, bem como o desenvolvimento de microrganismos (CHRISTENSEN e KAUFMANN, 1974).

A secagem pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção do excesso de umidade contida no grão por meio de evaporação, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido, de modo a permitir a manutenção de sua qualidade durante o armazenamento. São vários os fatores que influenciam a secagem do café: método de secagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, velocidade do ar e tempo de secagem. A falta do controle destes fatores pode comprometer a qualidade do produto final (CARVALHO, 1994).

O estudo de sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial, podem ser feitos por simulação matemática. Para a simulação, cujo princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que represente satisfatoriamente a perda de umidade do produto durante o período de secagem (BERBERT et al., 1995). No entanto, as curvas de secagem em camada delgada do café variam com a espécie, variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita, dentre outros e, portanto, devem ser investigadas com o objetivo de gerar informações que possam descrever o comportamento do produto nas suas diversas formas de processamento e regiões produtoras. Na literatura são relatados vários modelos matemáticos para descrever a secagem em camada delgada, que foram propostos por diferentes autores para diversos produtos. Entretanto, para o café, poucas informações encontram-se disponíveis para suas diversas formas de processamento.

diante ao exposto, desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de determinar, experimentalmente, as curvas de secagem para o café preparado de diferentes formas (cereja, despulpado e descascado) e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem.

2.2. REVISÃO DE LITERATURA

Durante a secagem, a perda de umidade ocorre devido à movimentação da água que resulta de uma diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do produto e o ar que o envolve. Para que um produto seja submetido ao fenômeno de secagem, é necessário que a pressão parcial de vapor d'água em sua superfície seja maior do que a pressão parcial do vapor d'água no ar de secagem (CARVALHO, 1994).

O fenômeno de migração de umidade no interior de grãos ainda não é bem conhecido. Numerosos mecanismos térmicos e físicos têm sido propostos para descrever o transporte de umidade em produtos capilares porosos higroscópicos (HALL, 1980; BROOKER et al., 1992). Estudando a movimentação de umidade no interior de grãos submetidos ao processo de secagem, alguns pesquisadores afirmam que, possivelmente, o transporte de umidade ocorre por difusão de líquido ou difusão de vapor ou, ainda, pela combinação destes mecanismos, predominando um ou outro durante a secagem (ALVARENGA et al., 1980; STEFFE e SINGH, 1980; DALPASQUALE et al., 1984/85). Entretanto, as teorias mais modernas

preconizam que, em determinada fase da secagem, o movimento de umidade seja, basicamente, determinado pela difusão de líquido (FORTES e OKOS, 1981).

Em determinadas situações, o processo de secagem de um produto, sob condições constantes de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, pode ser dividido em um período de velocidade constante e outro de velocidade decrescente. Durante o período de velocidade constante a temperatura do produto se mantém igual à do ar de secagem saturado e as transferências de calor e massa se compensam, ou seja, o ar recupera, sob a forma de vapor, o que perdeu sob a forma de calor. O mecanismo interno de fluxo de água não afeta a velocidade de secagem porque a taxa interna de deslocamento de água para a superfície do produto é igual ou maior do que a máxima taxa de remoção de vapor d'água pelo ar, sendo evaporada apenas a água livre (LASSERAN, 1978; FOUST et al., 1982). No período de velocidade decrescente de secagem, a taxa interna de transporte de água é menor do que a taxa de evaporação; desta forma a transferência de calor do ar para o produto não é compensada pela transferência do vapor de água e, conseqüentemente, a temperatura do grão aumenta, tendendo a atingir a temperatura do ar de secagem (BROOKER et al., 1992).

Segundo SABBAH (1968) o período de secagem de produtos agrícolas à taxa constante é considerado aquele em que a umidade do grão é suficiente para manter a água na superfície do produto, de maneira similar a uma área de água livre, constantemente exposta às mesmas condições do ambiente. HALL (1980) afirma que a previsão da taxa de secagem de um produto biológico durante o período de secagem à taxa constante é menos complexa do que durante à taxa decrescente, uma vez que nesse último período deve ser levado em consideração o mecanismo de transferência no interior do produto (difusão de calor e massa), além das relações de transferências externas. Observa-se, ainda, que os grãos e sementes, em geral, apresentam o período de secagem à taxa constante muito curto, ou inexistente, porque, nas condições operacionais de secagem, as resistências às transferências de água encontram-se essencialmente no seu interior, tornando a taxa de evaporação superficial acentuadamente superior à taxa de reposição de água do interior para a superfície do produto (KREYGER, 1973). Uma vez que esses produtos geralmente são submetidos a secagem mecânica com teores de umidade abaixo ou próximos do teor de umidade crítico (teor de umidade no qual a taxa de secagem de um produto muda de uma taxa constante para uma taxa decrescente), ao contrário do café que inicia o processo de secagem com elevado teor de umidade.

Razões pelas quais, as teorias e modelos matemáticos foram desenvolvidos para melhor predizer o comportamento da secagem de grãos e cereais no período à taxa de secagem decrescente; portanto, embora vários modelos matemáticos de secagem tenham sido

propostos, nenhuma das equações de secagem em camada delgada irá satisfazer plenamente o período à taxa constante que se verifica na operação de secagem de alguns produtos agrícolas.

Na literatura vários métodos foram propostos para analisar a secagem de produtos higroscópicos: os teóricos, os semiempíricos e os empíricos.

- Métodos Teóricos

Os métodos teóricos normalmente consideram não somente as condições externas, mas também os mecanismos internos de transferência de energia e massa, e seus efeitos. A literatura cita os seguintes possíveis mecanismos de transporte de umidade em produtos capilares porosos, tais como os produtos de origem agrícola (BROOKER et al., 1992):

- movimentação de líquido devido ao gradiente de concentração (difusão líquida);
- movimentação de líquido devido a forças superficiais (difusão capilar);
- movimentação de líquido devido à difusão de umidade nas superfícies dos poros (difusão na superfície);
- movimentação de líquido e vapor devido à diferença de pressão total, causada por pressão externa, contração, alta temperatura e capilaridade (fluxo hidrodinâmico);
- movimentação de vapor devido ao gradiente de pressão parcial de vapor (difusão de vapor);
- movimento de vapor devido a diferenças de temperatura (difusão térmica).

Segundo ALVARENGA et al. (1980), diversas teorias foram propostas para explicar o fenômeno de secagem em produtos higroscópicos, dentre elas, são citadas as seguintes teorias: de difusão líquida, capilar, de vaporização-condensação, de Luikov, de Philip e De Vries, de Berger e Pei, de Fortes e Okos.

- Teoria de Difusão Líquida

No caso da secagem de produtos agrícolas, os modelos de secagem baseados na teoria da difusão líquida têm merecido a preferência dos pesquisadores (IGBEKA, 1982; NEVES, 1982; CONWAY et al., 1983; LOMAURO e BAKSHI, 1985; YUSHENG e POULSEN, 1988; LAMBERG, 1989; MULET et al., 1989; BERNA et al., 1990; SERENO e MEDEIROS, 1990; VAGENAS e MARINOS-KOURIS, 1991; QUEIROZ e NEBRA, 1997; OLIVEIRA et al., 1999).

Na Teoria de Difusão Líquida a Segunda lei de Fick tem sido utilizada por estabelecer a difusão de umidade em termos do gradiente de concentração (ALVARENGA et al., 1980; BROOKER et al., 1992).

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial U}{\partial x} \right) \quad (2.1)$$

em que

U = teor de umidade, decimal base seca

D = coeficiente de difusão de líquido, $m^2 \cdot s^{-1}$

t = tempo, s

x = distância em relação a um ponto de referência no corpo, m

Em geral, o coeficiente de difusão é considerado constante ou linearmente dependente da temperatura, e essa relação podendo ser expressa por meio do modelo de Arrhenius (FORTES e OKOS, 1980):

$$D = a_1 \exp \left(- \frac{a_2}{T_{abs}} \right) \quad (2.2)$$

em que

a_1 = constante, $m^2 \cdot s^{-1}$

a_2 = constante, K^{-1}

T_{abs} = temperatura absoluta, K

Entretanto, alguns estudos têm sido desenvolvidos levando em consideração, além da temperatura, o teor de umidade do produto na determinação do coeficiente de difusão de produtos biológicos (PEREIRA et al., 1984/1985; TOLABA e SUÁREZ, 1988; JAYAS et al., 1991; RAMOS et al., 1993/1994; CAVALCANTI MATA, 1997; NUH e BRINKWORTH, 1997). A relação funcional desses fatores com o coeficiente de difusão é normalmente tratado em bases empíricas, dada a complexidade da estrutura capilar dos sólidos, além da hipótese da ocorrência de modificações internas no produto durante a secagem.

Kiranoudis et al., citados por NUH e BRINKWORTH (1997), propuseram para determinação do coeficiente de difusão de umidade para produtos agrícolas a seguinte relação geral:

$$D = D_o \cdot \exp\left(-\frac{A}{U}\right) \exp\left(-\frac{B}{T}\right) \quad (2.3)$$

em que

D_o , A, B = constantes empíricas de secagem

A teoria de difusão líquida tem sido amplamente empregada na área de secagem de alimentos e grãos, embora existam algumas suposições a serem consideradas para aplicação dessa equação, tais como: a redução de volume deve ser desprezada, não existência do efeito de capilaridade, os corpos entram em equilíbrio térmico com ar instantaneamente e os efeitos da transferência de energia e massa de um corpo para outro são admitidos desprezíveis. Entretanto, devido a limitações de ordem prática, quando utilizada para produtos biológicos, estas suposições são normalmente consideradas satisfeitas.

De acordo com BROOKER et al. (1992), a variação de umidade com o tempo de secagem para materiais homogêneos com coeficiente de difusão constante é representado pela seguinte equação :

$$\frac{\partial U}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial r} \right] \quad (2.4)$$

em que

$c = 0$ para corpos planos, 1 para corpos cilíndricos e 2 para corpos esféricos

$r =$ distância radial ou espessura, m

Várias soluções da equação 2.4 para diferentes formas geométricas tem sido utilizadas para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas, onde são consideradas as seguintes condições de contorno:

$$U(r, 0) = U_i \quad (2.5)$$

$$U(R, t) = U_e \quad (2.6)$$

em que

R = distância radial até a superfície, m

U_i = teor de umidade inicial, decimal base seca

U_e = teor de umidade de equilíbrio, decimal base seca

Crank, citado por BROOKER et al. (1992), mostra as soluções analíticas para três formas geométricas:

- Placa plana infinita

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{4} \left(\frac{S}{V}\right)^2\right] \quad (2.7)$$

em que

RU = razão de umidade do produto, adimensional

S = área da superfície do produto, m²

V = volume do produto, m³

- Cilindro infinito

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\lambda_n^2} \exp\left[-\frac{\lambda_n^2 \cdot D \cdot t}{4} \left(\frac{2}{R}\right)^2\right] \quad (2.8)$$

em que

λ_n = raízes da equação de Bessel de ordem zero

- Esfera

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left[-\frac{n^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{9} \left(\frac{3}{R}\right)^2\right] \quad (2.9)$$

Observe-se que a solução analítica dessas equações apresenta-se na forma de uma série infinita e, portanto, o número finito de termos (n) no truncamento poderá determinar a precisão dos resultados. Entretanto, uma simplificação da equação de difusão em coordenadas esféricas tem sido usada para prever a secagem de grãos. Ao invés de um número infinito de termos, somente o primeiro termo é empregado para calcular a taxa de secagem (MOREY et al., 1978; SHARMA et al., 1982; TAGAWA et al., 1996). Com essa simplificação tem-se:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{6}{\pi^2} \exp(-K \cdot t) \quad (2.10)$$

em que

$$K = (D \cdot \pi^2 / R^2) = \text{constante de secagem, s}^{-1}$$

A solução da equação de difusão para um único termo é uma relação exponencial entre a razão de umidade e o tempo de secagem, como apresentado na equação 2.10. Bucklim, citado por NOOMHORM e VEMA (1986), considerando uma adaptação ao modelo sugeriu a seguinte modificação:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = a \cdot \exp(-b \cdot t) \quad (2.11)$$

em que

a, b = constante que dependem da natureza do produto.

AFONSO JÚNIOR e CORRÊA (1999) avaliaram os resultados de secagem de sementes de feijão ajustando o modelo de difusão para forma geométrica esférica, com aproximação de oito termos, e verificaram adequada a aproximação da série para fornecer estimativas satisfatórias da taxa de secagem do produto.

A utilização de diferenças finitas em métodos explícitos, implícitos e de volume de controle, quando aplicados à solução numérica dos modelos difusionais de secagem tem apresentado bons resultados e são freqüentemente utilizadas para o tratamento teórico do processo (STEEF e SING, 1980; PEREIRA et al., 1984/1985; KECHAOU e ROQUES, 1989; MULET et al., 1989; SERENO e MEDEIROS, 1990; FUSCO et al., 1991).

A aplicação de métodos numéricos tais como métodos de elementos finitos, embora com menor frequência na abordagem desse tipo de problema, tem tornado possível a determinação da distribuição do conteúdo de umidade ou da temperatura, ao longo do tempo, em produtos agrícolas submetidos à secagem. E, ainda, em grãos com superfícies irregulares ou com complicadas estruturas morfológicas (MISRA e YOUNG, 1980; SYARIEF et al., 1987; VAGENAS e MARINOS-KOURIS, 1991).

Segundo BOOOKER et al. (1992), as equações de difusão apresentadas não representam precisamente o processo de secagem de grãos e sementes, e justificam essa afirmação ressaltando que a condição de contorno da equação 2.6 é uma simplificação, uma vez que a umidade superficial do grão não atinge o teor de umidade de equilíbrio instantaneamente. Consideram que é mais adequado a resolução da equação de difusão adotando-se uma condição de contorno do tipo convectiva (HAMDY e BARRE, 1970). Outro inconveniente seria o fato de considerar-se o coeficiente de difusão constante e independente do teor de umidade e das modificações internas que ocorrem durante a evolução do processo de secagem do produto. Por fim, outra consideração a ser feita com relação à diferença dos resultados obtidos diz respeito ao fato de se admitir o produto a ser submetido à secagem ter uma forma (plana, cilíndrica ou esférica) diferente de sua exata geometria.

Outra fonte de discrepância entre os resultados encontrados pelos modelos de difusão e os experimentais, está na consideração que os efeitos da transferência de energia e massa de um corpo para outro são desprezíveis, dada à dificuldade de se quantificar esses múltiplos efeitos na massa de produto.

- Teoria Capilar

A diferença de pressão entre a água e o ar na interface água/ar presente no capilar é a base da teoria capilar. A curvatura na interface é produzida pela tensão superficial da água (ALVARENGA et al., 1980). A equação do fluxo capilar líquido é dada por:

$$\vec{J}_\ell = K_h \nabla \psi \quad (2.12)$$

em que

\vec{J}_ℓ = fluxo de líquido, $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

K_h = condutividade hidráulica, s^{-1}

∇ = operador nabla

Ψ = potencial hidráulico capilar, J.kg^{-1}

Para condições isotérmicas, considera-se que o potencial capilar seja proporcional ao gradiente de concentração de água. Segundo PHILIP e VRIES (1957) a equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$\vec{J}_\ell = K_h \rho_s \nabla U \quad (2.13)$$

em que

ρ_s = massa específica do sólido seco, kg.m^{-3}

A teoria capilar afirma que na secagem de sólidos granulares o fluxo de água é inteiramente comandado pelas forças capilares, sendo, portanto, independente da concentração de água no produto. MILLER e MILLER (1975) explicam esse fato dizendo que a força que induz o evento é um gradiente de tensão. Somente para materiais homogêneos e isotrópicos é que a tensão capilar é proporcional ao teor de umidade, valendo assim a equação 2.13. O transporte capilar, como único mecanismo de movimento de umidade, não tem sido utilizado em materiais biológicos.

- Teoria de Vaporização-Condensação

A teoria de vaporização-condensação considera que a água, em um meio poroso, migra inteiramente na fase gasosa. HENRY (1939) considera a difusão simultânea de calor e massa e pressupõe que os poros formem uma rede contínua de espaços no interior do sólido. Considera, ainda, por conveniência matemática, que o total de vapor no sólido varia linearmente de acordo com a concentração de água e a temperatura. O coeficiente de difusão é considerado constante.

Foram propostas as seguintes equações:

$$\gamma \frac{\partial U}{\partial t} = K_v^1 \cdot \nabla^2 \cdot U_v = \frac{\partial U_v}{\partial t} \quad (2.14)$$

$$\varepsilon \frac{\partial U}{\partial t} = K'' \cdot \nabla^2 \cdot T \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.15)$$

onde

$$\gamma = \frac{1-a}{a} \cdot \rho_s \quad (2.16)$$

$$K_v^1 = \varepsilon \cdot K_v \quad (2.17)$$

$$\varepsilon = \frac{L_v}{\rho_s \cdot C_s} \quad (2.18)$$

$$K'' = \frac{K \cdot T}{a \cdot \rho_s \cdot C_s} \quad (2.19)$$

em que

a = volume de ar / volume de sólido, adimensional

K_v = condutividade de vapor, $m^2 \cdot s^{-1}$

U_v = umidade na forma de vapor, decimal base seca

L_v = calor latente de vaporização do vapor d'água, $J \cdot kg^{-1}$

C_s = calor específico do sólido, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

O movimento de água na fase de vapor foi verificado experimentalmente por GURR et al. (1952) e KUZMAK e SEREDA (1957), em material poroso insaturado, tal como solo em que não havia fluxo de água na fase líquida, fluxo causado pelo gradiente de temperatura; entretanto, os autores observaram que quando há gradiente de pressão ocorre fluxo de água na fase líquida.

- *Teoria de Luikov*

Segundo BROOKER et al. (1992), a teoria de Luikov baseia-se na termodinâmica dos processos irreversíveis e leva em consideração os mecanismos de difusão, efusão, convecção

de vapor e difusão e convecção de água no interior do meio poroso. Luikov e seus colaboradores propuseram os seguintes modelos matemáticos para descrever a secagem de produtos capilares porosos:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{11} \cdot U + \nabla^2 \cdot K_{12} \cdot \theta + \nabla^2 \cdot K_{13} \cdot P \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{21} \cdot U + \nabla^2 \cdot K_{22} \cdot \theta + \nabla^2 \cdot K_{23} \cdot P \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{31} \cdot U + \nabla^2 \cdot K_{32} \cdot \theta + \nabla^2 \cdot K_{33} \cdot P \quad (2.22)$$

em que

θ = temperatura do produto, K

P = pressão total, N.m⁻²

∇^2 = operador de Laplace

K_{ij} = coeficientes fenomenológicos ($i = j$) ou coeficientes combinados ($i \neq j$)

A secagem artificial de grãos ocorre sob circunstâncias que permitem a simplificação das equações de Luikov, uma vez que o gradiente de pressão total só é significativo na secagem de produtos com temperaturas bem acima das normalmente empregadas na secagem de grãos. Portanto, as equações podem ser escritas da seguinte forma:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{11} \cdot U + \nabla^2 \cdot K_{12} \cdot \theta \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{21} \cdot U + \nabla^2 \cdot K_{22} \cdot \theta \quad (2.24)$$

Husain e colaboradores, citados por BROOKER et al. (1992), aplicaram as equações acima para diversos produtos e concluíram que o efeito combinado de temperatura e umidade na análise do processo de secagem de produtos agrícolas só é utilizado para um limitado número de grãos e sementes. Assim as equações tornam-se:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{11} \cdot U \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{22} \cdot \theta \quad (2.26)$$

Como, na prática, os gradientes de temperatura não têm sido considerados para a maioria dos casos de secagem de grãos, tem-se:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla^2 \cdot K_{11} \cdot U \quad (2.27)$$

Como geralmente acredita-se que o fluxo interno de umidade nos grãos ocorre por difusão (líquido e/ou vapor), logo o coeficiente K_{11} passa a se chamar coeficiente de difusão (D) e, portanto, o modelo de difusão líquida pode ser visto como uma simplificação da teoria de Luikov, para secagem de produtos agrícolas.

- Teoria de Philip e De Vries e de Berger e Pei

Segundo ALVARENGA et al. (1980), em linhas gerais, as teorias de Philip e De Vries e de Berger e Pei consideram que a movimentação de água em meios porosos ocorre basicamente por meio dos mecanismos de difusão e capilaridade.

- Teoria de Fortes e Okos

De acordo com FORTES e OKOS (1981), a diferença fundamental entre esta teoria e as demais anteriormente citadas é que os autores demonstraram que a força motriz que rege o movimento isotérmico, tanto do líquido como do vapor, é o gradiente devido ao teor de umidade de equilíbrio e não ao teor de umidade simplesmente. Assim, o teor de umidade de equilíbrio é apresentado como uma escolha mais natural para o potencial de transporte de massa criado por Luikov.

- Métodos Semiempíricos e Empíricos

Os métodos semiempíricos e empíricos de análise de secagem consistem em formar grupos físicos adimensionais, que geralmente se baseiam nas condições externas do produto, tais como temperatura e umidade relativa do ar de secagem; entretanto, não fornecem indicações sobre os fenômenos de transporte de energia e umidade no interior dos grãos, ou seja, as equações semiempíricas oferecem uma relação entre a teoria e a aplicação sem, no entanto, refletirem toda a complexidade do fenômeno. Baseiam-se, geralmente, na lei de resfriamento de Newton aplicada à transferência de massa, presumindo-se que, durante a secagem, as condições sejam isotérmicas e que a transferência de umidade se restrinja à superfície do produto (SYARIEF et al., 1984; TEMPLE e VAN BOXTEL, 1999).

Lewis, citado por JAYAS et al. (1991), sugeriu que durante o processo de secagem de materiais higroscópicos porosos no período de taxa de secagem decrescente, a mudança da umidade é proporcional a diferença instantânea entre o teor de umidade do material e o teor de umidade do material quando em condições de equilíbrio com ar de secagem, ou seja:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -k(U - U_e) \quad (2.28)$$

em que

$$k = \text{constante de secagem, s}^{-1}$$

Considerando k como sendo uma constante e integrando a equação 2.28 para incrementos de tempo de 0 a t , e para teores de umidade decrescentes (U) a partir do teor de umidade inicial (U_i), teremos que:

$$\frac{U - U_e}{U_i - U_e} = RU = \exp(-k \cdot t) \quad (2.29)$$

Page, citado por SHARMA et al. (1982), com base na equação 2.29, conhecida como modelo exponencial, propôs um modelo empírico para descrever a secagem de grãos em camada delgada, na seguinte forma:

$$\frac{U - U_e}{U_i - U_e} = RU = \exp(-k \cdot t^n) \quad (2.30)$$

em que

n = parâmetro de secagem, adimensional

Os parâmetros dos modelos de secagem em camada delgada são calculados em função das variáveis que influenciam a taxa de secagem. Em geral, a temperatura é uma variável sempre presente nos modelos que descrevem o processo de secagem (DUNG et al., 1980; BALA e WOODS, 1992). Outra variável normalmente associada aos parâmetros de secagem é a umidade relativa do ar de secagem (SATHLER, 1979; LI e MOREY, 1984; CHRIST, 1996).

Em geral, o parâmetro "k" representa o efeito das condições externas de secagem, enquanto "n" reflete a extensão da resistência interna do produto à secagem, para determinadas condições externas (MISRA e BROOKER, 1980; JAYAS, et al., 1988).

O modelo proposto por Page tem sido usado extensivamente para caracterizar a secagem em camada delgada de grãos e sementes (RAMOS et al., 1993/1994; SINICIO, R. et al., 1995; AFONSO JÚNIOR, 1996; CAVALCANTI MATA, 1997). PEREIRA et al., 1993/1994, analisaram a secagem de café cereja em camada delgada, variedade desconhecida, na faixa de temperatura de 40 a 80°C e umidade inicial de 44 a 28% b.u. e verificaram que a equação proposta por Page descreveu adequadamente a secagem de café em camada delgada, para a faixa de temperatura e umidade inicial utilizadas.

MUHIDONG et al. (1992) afirmam que o modelo proposto por Page descreve melhor o processo de secagem de produtos agrícolas do que o modelo exponencial. Já BRUCE (1985) apresenta uma nova equação para representar o processo, a partir da equação de Page diferenciando apenas com relação ao tempo de secagem:

$$\partial U = -n \cdot k \cdot t^{n-1} \cdot (U - U_e) \quad (2.31)$$

ARTEAGA (1986) modificando a equação de Page para melhor descrever a secagem em camada delgada de frutos de café cereja, para faixa de temperatura de 40 a 80 °C, propôs o seguinte modelo matemático:

$$RU = \exp \left[-a \cdot t^{b \cdot \exp(c/T_{abs})} \right] \quad (2.32)$$

THOMPSON et al. (1968) desenvolvendo um modelo de simulação para secagem de grãos em camada estacionária propuseram uma equação de secagem em camada delgada totalmente empírica para descrever o processo:

$$t = A \cdot \ln(RU) + B \cdot [\ln(RU)]^2 \quad \therefore \quad RU = \exp\left[\frac{-A - (A^2 + 4 \cdot B \cdot t)^{1/2}}{2 \cdot B}\right] \quad (2.33)$$

em que os parâmetros A e B são funções da temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Esse modelo tem sido muito utilizado para auxiliar nas simulações de secagem de milho.

ROA e MACEDO (1976) apresentaram a seguinte equação para explicar a secagem de grãos em camada delgada:

$$\frac{U - U_e}{U_i - U_e} = RU = \exp(-m(P_{vs} - P_{va})^n \cdot t^q) \quad (2.34)$$

em que m, n e q são coeficientes que dependem do produto. A pressão de vapor de saturação (P_{vs}) e a pressão de vapor d'água no ar de secagem (P_{va}) podem ser determinadas pelas seguintes equações:

$$P_{vs} = 6894,79 \cdot \exp[51,594 - (6834 / T_{abs}) - 5,169 \cdot \ln(T_{abs})] \quad (2.35)$$

$$P_{va} = UR \cdot P_{vs} \quad (2.36)$$

em que

P_{vs} = pressão de vapor d'água saturado, $N.m^{-2}$

P_{va} = pressão de vapor d'água no ar de secagem, $N.m^{-2}$

UR = umidade relativa do ar de secagem, decimal

VILELA (1977) aplicou a equação 2.33 a dados experimentais de café cereja, variedade Mundo Novo, e concluiu que a equação empírica ajustada reproduziu bem os dados experimentais de secagem em camada delgada, para as faixas de temperatura de 32 a 75°C e umidade relativa de 4 a 35%.

HUKILL (1989) baseado na máxima taxa com que um material granular higroscópico transfere umidade para o ar de secagem, propôs o seguinte modelo:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -C(P_g - P_{va}) \quad (2.37)$$

em que

C = constante, adimensional

P_g = pressão de vapor d'água no grão, $N.m^{-2}$

Esse modelo tem sido utilizado para estudos de secagem de grãos em silos verticais (DADOUCH, 1990).

VASCONCELOS (1992) incorporando as relações propostas por Hukill e Lewis, propôs o seguinte modelo empírico:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -[m \cdot q \cdot (U - U_e) \cdot (P_{vs} - P_{va})^n] \cdot t^q \quad (2.38)$$

em que m , n e q são constantes empíricas de secagem.

NUH e BRINKWORTH (1997) procurando reduzir os problemas devidos as dificuldades nas determinações empíricas dos parâmetros de secagem, desenvolveram o seguinte modelo de camada delgada baseado em considerações e princípios fundamentais:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \left[\frac{h_m \cdot A_c \cdot P_{ve} \cdot P_{va}}{M_c \cdot R_v \cdot T \cdot U_e \cdot \left(1 + \frac{h_m \cdot P_{ve} \cdot r}{5D \cdot \rho_c \cdot R_v \cdot T \cdot U_e} \right)} \right] \cdot \left(\frac{U}{P_{va}} - \frac{U_e}{P_{ve}} \right) \quad (2.39)$$

em que

h_m = coeficiente convectivo de transferência de massa, $m.s^{-1}$

A_c = área superficial total da camada, m

P_{ve} = pressão de vapor d'água no equilíbrio, $N.m^{-2}$

M_c = massa de produto seco na camada, kg

R_v = constante dos gases para o vapor d'água, $461,5 J.kg^{-1}.K^{-1}$

r = raio da esfera equivalente ao produto, m

Diversas equações empíricas de secagem são encontradas ainda na literatura; embora várias teorias e modelos matemáticos tenham sido propostos para prever o comportamento da secagem de grãos e cereais, na maioria das vezes, as relações semi-empíricas e empíricas têm-se mostrado como melhores opções para prever o processo de secagem, apesar de sua validade estar restrita às condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos (ROSSI e ROA, 1980; BROOKER et al., 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, colhidos manualmente no estádio cereja, com teor inicial de umidade de, aproximadamente, 50% b.u. Uma parcela dos frutos colhidos foi despulpada manualmente, da qual uma subparcela teve sua mucilagem retirada por imersão em água, segundo metodologia proposta por DIAS e BARROS (1993) e, em seguida, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria a uma temperatura em torno de 5 °C, a fim de manter as características do produto até a instalação do experimento.

Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, sendo em seguida o produto submetido a lavagem, com o intuito de se obter um material homogêneo, livre de impurezas e de melhor qualidade.

As amostras, antes das operações de secagem e determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico, foram retiradas da câmara fria e deixadas expostas à temperatura ambiente durante, aproximadamente, 12 h, visando atingir o equilíbrio térmico,

Os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa, 105°C ± 1 °C, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001).

Os tratamentos de secagem, para cada tipo de preparo do café (cereja, despulpado e descascado), foram dispostos em um esquema fatorial 4 x 4, com quatro níveis de temperatura (30, 40, 50 e 60°C) e quatro níveis de umidade relativa (30, 40, 50 e 60%), no delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições.

A secagem foi realizada utilizando-se o mesmo equipamento condicionador de ar descrito no capítulo anterior para determinação dos teores de umidade de equilíbrio higroscópico dos frutos e grãos de café. Como nos testes de higroscopicidade, o fluxo de ar foi determinado a partir da velocidade do ar fornecido pelo equipamento com o auxílio de um anemômetro de lâminas rotativas e mantido constante para todos os tratamentos em, aproximadamente, $13 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

A temperatura e a umidade relativa da massa de ar foram determinadas e monitoradas utilizando-se um psicrômetro, instalado no interior da câmara, próximo às bandejas contendo as amostras do produto. A umidade relativa do ar secante era calculada por meio de um programa computacional (GRAPSI) desenvolvido a partir de equações psicrométricas.

Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens periódicas, até atingir-se o teor de umidade final de 12% base úmida. Depois da secagem, para cada tratamento, o produto foi mantido em ambiente desumidificado até atingir a temperatura ambiente, quando foram acondicionadas em sacos de papel e divididas em quatro subamostras de mesma massa para análises posteriores.

Para a determinação das razões de umidade (RU), o teor de umidade de equilíbrio higroscópico foi calculado pela equação proposta por este autor, com seus parâmetros determinados pelo processo de dessorção, como descrito no capítulo 1, para as diferentes formas de preparo do café:

- Cereja

$$U_e = \left(2,0222 + 0,0288 \cdot T - 18,7397 \cdot UR^{8,6181} \right)^{-2,1385} \quad (2.40)$$

- Descascado

$$U_e = \left(1,8062 + 0,0273 \cdot T - 9,8728 \cdot UR^{7,0075} \right)^{-2,4999} \quad (2.41)$$

- Despoldado

$$U_e = \left(2,9636 + 0,0530 \cdot T - 10,7837 \cdot UR^{4,5136} \right)^{-1,6503} \quad (2.42)$$

em que

U_e = teor de umidade de equilíbrio, decimal base seca

UR = umidade relativa do ar de secagem, decimal

T = temperatura do ar de secagem, °C.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 5.0. Estimou-se os valores dos parâmetros dos modelos, em função das variáveis independentes temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Para relacionar os parâmetros dos modelos estudados com as variáveis temperatura e umidade relativa, optou-se pelo modelo estatístico apresentado a seguir :

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + \beta_3 UR_j + \beta_4 UR_j^2 + \beta_5 (T \cdot UR)_{ij} + E_{ij} \quad (2.43)$$

em que

Y_{ij} = valores observados dos parâmetros, para o modelo em estudo, na temperatura i e umidade relativa do ar j

β_0 = constante da regressão

β_z = coeficientes da regressão, $z = 1, 2, 3, 4$, e 5

T_i = temperatura do ar de secagem, para os níveis 30, 40, 50 e 60°C

U = umidade relativa do ar de secagem, para os níveis 30, 40, 50 e 60%

r_j

E = erro aleatório.

ij

O erro médio relativo (P) e o erro médio estimado (SE), para cada modelo, foram calculados conforme descrito a seguir:

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (2.44)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (2.45)$$

em que

n = número de observações

Y = valor observado experimentalmente

\hat{Y} = valor calculado pelo modelo

GLR = graus de liberdade do modelo.

O grau de ajuste do modelo aos dados experimentais, foi avaliado em função da magnitude do coeficiente de determinação ajustado, da magnitude do erro médio relativo e do erro médio estimado e da verificação de falta de ajuste do modelo estatístico pela análise dos resíduos e dos gráficos de correspondência entre os valores estimados e observados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Quadros 2.1, 2.2 e 2.3 estão apresentados os resumos dos modelos ajustados por meio de regressão não linear aos dados experimentais de secagem dos frutos e grãos de café em camada delgada, considerando-se as diferentes formas de preparo do produto (cereja, descascado e despulpado), a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem como variáveis independentes.

Para os resultados apresentados, verifica-se que a equação com base no modelo de Page foi a que melhor se ajustou aos dados observados de razão de umidade do café, independentemente da forma de preparo do produto, com elevados valores para os coeficientes de determinação ajustados para os parâmetros k e n , e menores erros médios relativo e estimado, quando comparado com os demais modelos matemáticos analisados, indicando ser essa equação mais adequada para representar a secagem dos frutos e grãos de café em camada delgada.

QUADRO 2.1- Parâmetros das equações ajustadas para se calcular a razão de umidade (RU) de frutos de café cereja em camada delgada, em função da temperatura (T) e da umidade relativa do ar de secagem (UR), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P) e erro médio estimado (SE)

Parâmetro	Coeficientes do Modelo						R^2	P	SE
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5			
	Page							0,0501	0,1516
k	0,0296	$1,1958 \times 10^{-4}$	$6,0312 \times 10^{-5}$	0,8586	-0,8444	$-7,7110 \times 10^{-3}$	0,8908		
n	0,4653	$6,1165 \times 10^{-3}$	$1,5750 \times 10^{-5}$	-0,4809	0,5700	$1,1600 \times 10^{-3}$	0,9685		
	Difusão (8 Termos)							0,0740	0,4601
α	-0,0576	$7,4805 \times 10^{-4}$	$3,3375 \times 10^{-5}$	0,3101	-0,2575	$-3,6540 \times 10^{-3}$	0,9837		
	Thompson							0,0629	0,1568
A	-0,5944	-0,3455	$4,2692 \times 10^{-3}$	28,0426	-34,9937	-0,1116	0,7601		
B	43,3557	-1,3007	0,0109	-6,8151	20,2887	-0,1571	0,9922		
	Exponencial							0,2419	0,8320
k	-0,1196	$1,4180 \times 10^{-3}$	$6,9938 \times 10^{-5}$	0,6545	-0,5369	$-7,5170 \times 10^{-3}$	0,9881		

QUADRO 2.2- Parâmetros das equações ajustadas para se calcular a razão de umidade (RU) de grãos de café descascado em camada delgada, em função da temperatura (T) e da umidade relativa do ar de secagem (UR), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P) e erro médio estimado (SE)

Parâmetro	Coeficientes do Modelo						R^2	P	SE
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5			
Page							0,0573	0,1586	
k	$-5,2970 \times 10^{-3}$	$-6,5028 \times 10^{-4}$	$9,4688 \times 10^{-5}$	0,1638	$3,1250 \times 10^{-3}$	$-7,4830 \times 10^{-3}$	0,9849		
n	0,9269	$5,7648 \times 10^{-4}$	$2,2062 \times 10^{-5}$	0,3463	-0,2469	$-1,3130 \times 10^{-3}$	0,7270		
Difusão (8 Termos)							0,2771	1,0096	
α	$1,3395 \times 10^{-3}$	$-8,7585 \times 10^{-4}$	$5,7875 \times 10^{-5}$	0,0943	0,0225	$-4,2420 \times 10^{-3}$	0,9896		
Thompson							0,0608	0,1824	
A	-45,0099	1,7059	-0,0162	-86,2789	4,2325	1,2409	0,9255		
B	7,2762	-0,0313	$7,6044 \times 10^{-4}$	-45,8417	44,0381	0,0971	0,6036		
Exponencial							0,0647	0,2552	
k	-0,0201	$-1,0561 \times 10^{-3}$	$1,0925 \times 10^{-4}$	0,2613	-0,0913	$-7,8220 \times 10^{-3}$	0,9895		

QUADRO 2.3- Parâmetros das equações ajustadas para se calcular a razão de umidade (RU) de grãos de café despulpado em camada delgada, em função da temperatura (T) e da umidade relativa do ar de secagem (UR), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P) e erro médio estimado (SE)

Parâmetro	Coeficientes do Modelo						R^2	P	SE
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5			
Page							0,0574	0,1651	
k	-0,1191	$4,1996 \times 10^{-3}$	$3,3750 \times 10^{-5}$	0,3085	-0,1338	$-8,2280 \times 10^{-3}$	0,9804		
n	1,4656	-0,0210	$3,3375 \times 10^{-4}$	-0,4384	0,6663	$-2,2600 \times 10^{-3}$	0,9179		
Difusão (8 Termos)							0,3009	1,0685	
α	-0,0172	$-8,1550 \times 10^{-5}$	$5,3875 \times 10^{-5}$	0,1165	0,0288	$-5,1060 \times 10^{-3}$	0,9871		
Thompson							0,0775	0,2331	
A	-75,9518	2,3862	-0,0237	6,5447	-81,8056	0,9766	0,9757		
B	-8,6367	0,3297	$-3,3215 \times 10^{-3}$	-1,9659	0,9475	0,0129	0,6965		
Exponencial							0,0814	0,3326	
k	-0,0357	$-6,4913 \times 10^{-4}$	$1,1881 \times 10^{-4}$	0,3116	-0,0731	$-9,9450 \times 10^{-3}$	0,9888		

Nas Figuras 2.1 a 2.12 são apresentados, para as formas estudadas de preparo do produto, os gráficos de correspondência e distribuição das frequências residuais para os quatro modelos matemáticos de secagem dos frutos e grãos de café. Esses gráficos indicam o ajustamento das equações de secagem, ou seja, a dispersão dos dados experimentais em relação aos dados estimados, considerando-se todos os dados obtidos durante o experimento, além de fornecer informações sobre o comportamento dos dados em relação à distribuição normal esperada para o conjunto de valores obtidos.

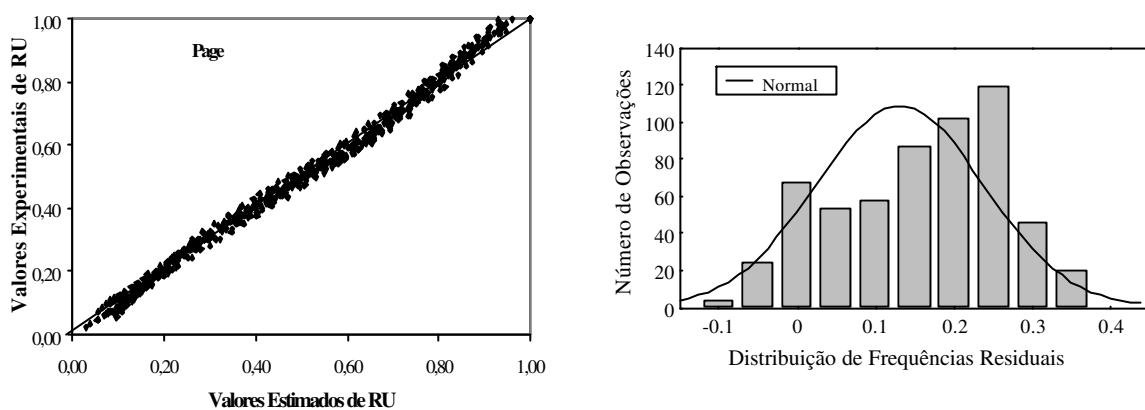


FIGURA 2.1- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de frutos de café cereja e distribuição dos resíduos para o modelo de Page.

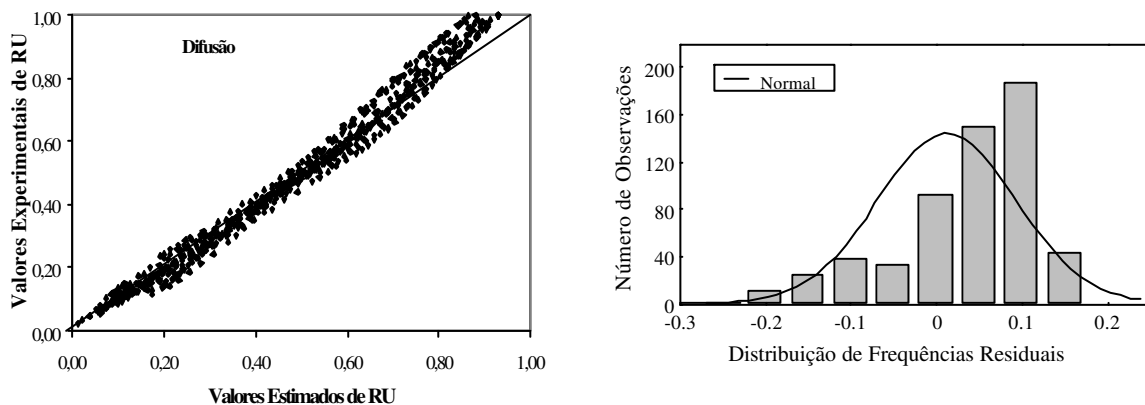


FIGURA 2.2- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de frutos de café cereja e distribuição dos resíduos para o modelo de Difusão (8 termos).

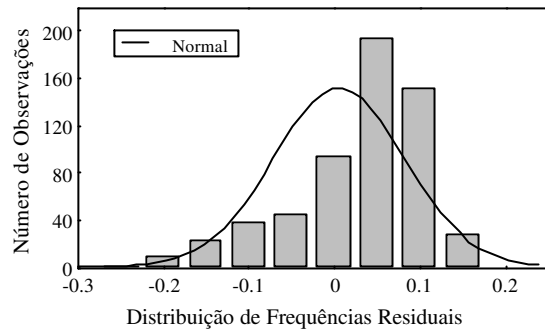
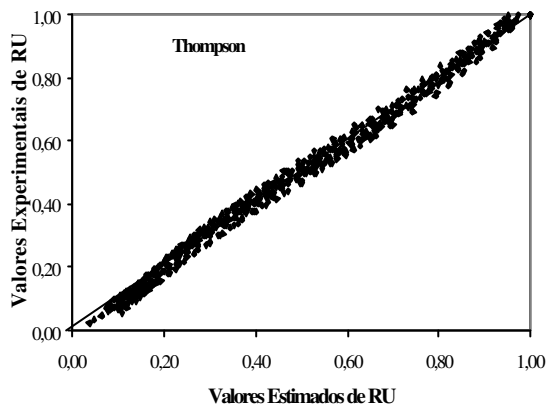


FIGURA 2.3- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de frutos de café cereja e distribuição dos resíduos para o modelo de Thompson.

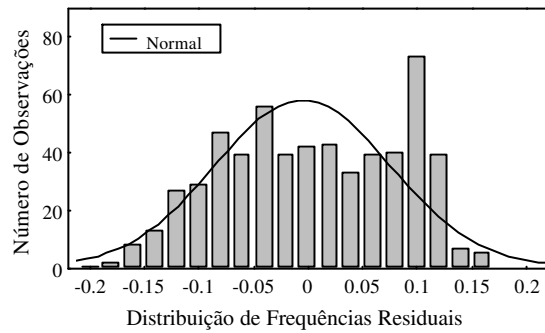
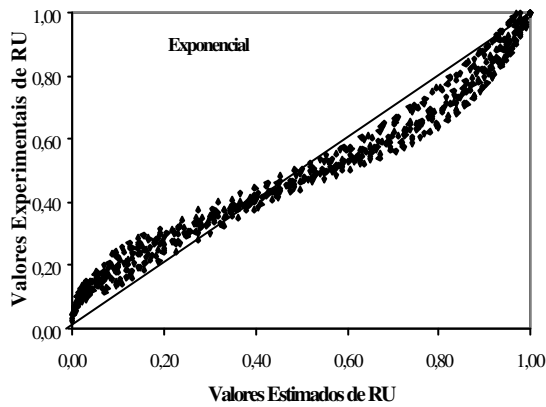


FIGURA 2.4- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de frutos de café cereja e distribuição dos resíduos para o modelo Exponencial.

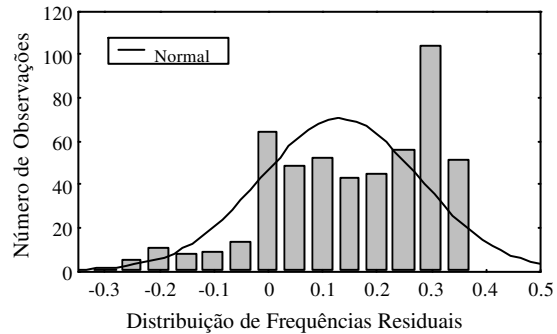
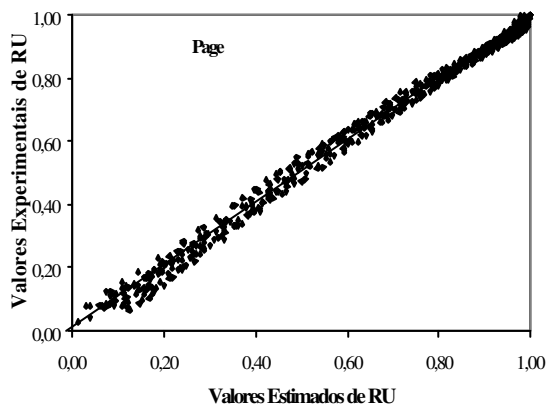


FIGURA 2.5- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café descascado e distribuição dos resíduos para o modelo de Page.

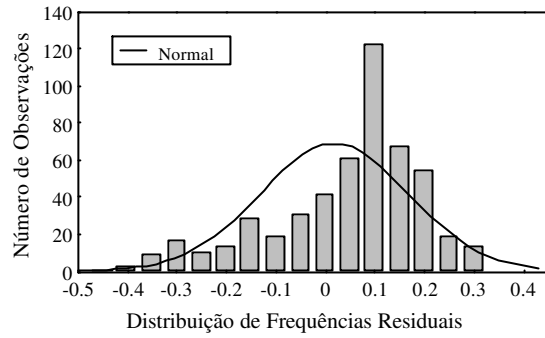
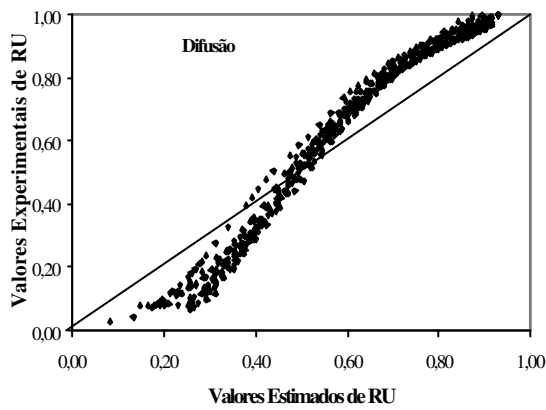


FIGURA 2.6- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café descascado e distribuição dos resíduos para o modelo de Difusão (8 termos).

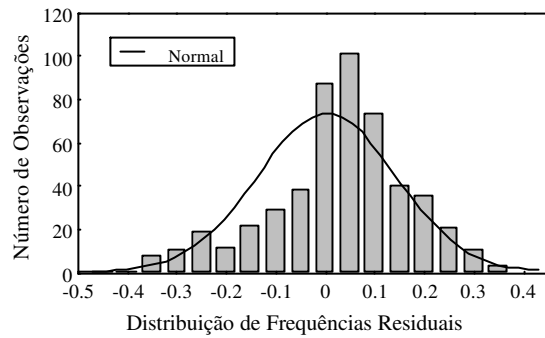
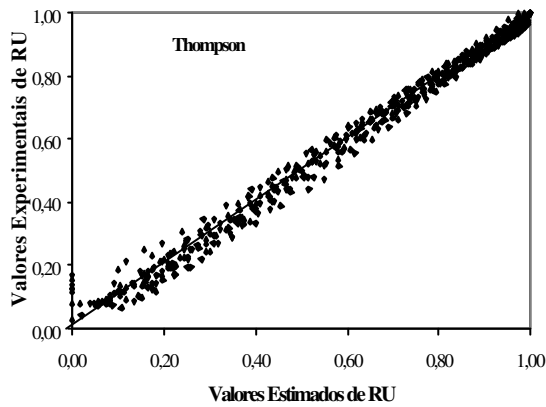


FIGURA 2.7- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café descascado e distribuição dos resíduos para o modelo de Thompson.

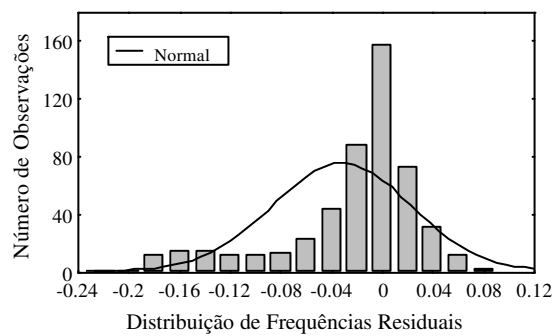
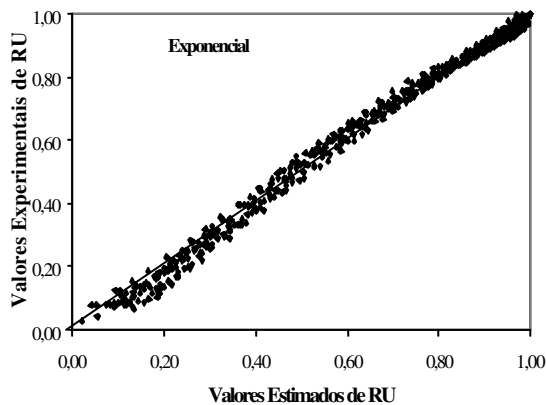


FIGURA 2.8- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café descascado e distribuição dos resíduos para o modelo Exponencial.

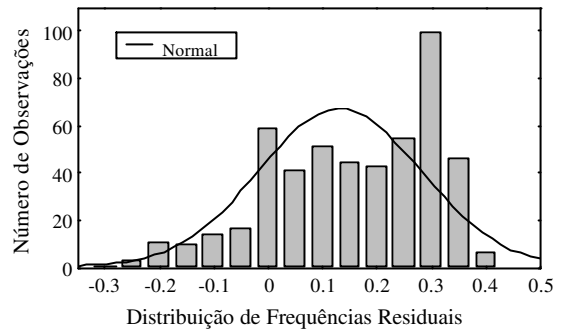
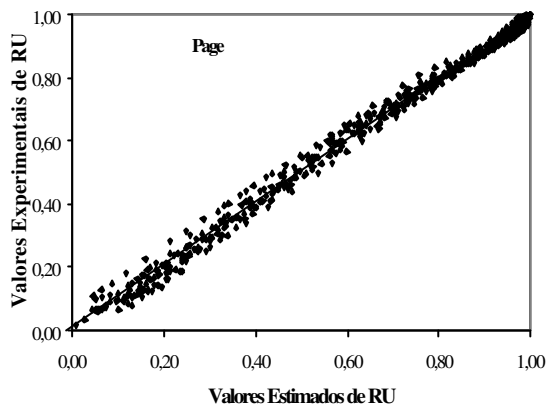


FIGURA 2.9- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café despulpado e distribuição dos resíduos para o modelo de Page.

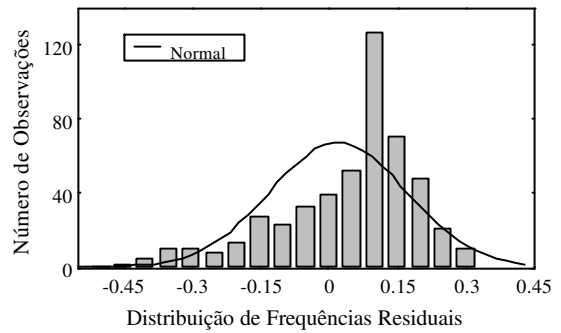
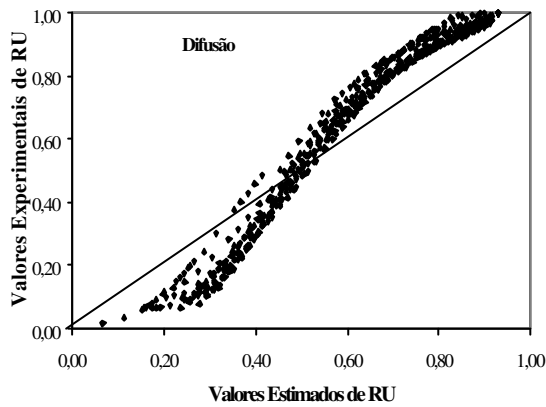


FIGURA 2.10- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café despulpado e distribuição dos resíduos para o modelo de Difusão (8 termos).

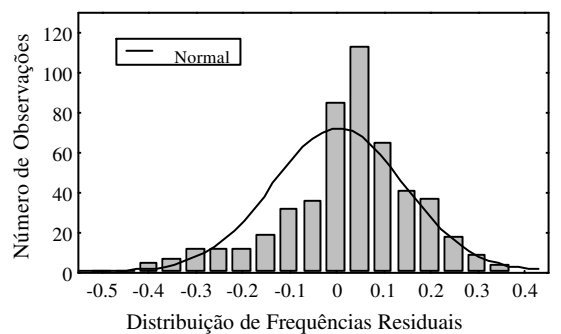
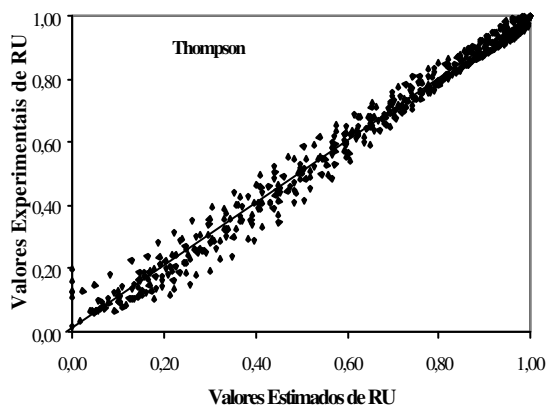


FIGURA 2.11- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café despulpado e distribuição dos resíduos para o modelo de Thompson.

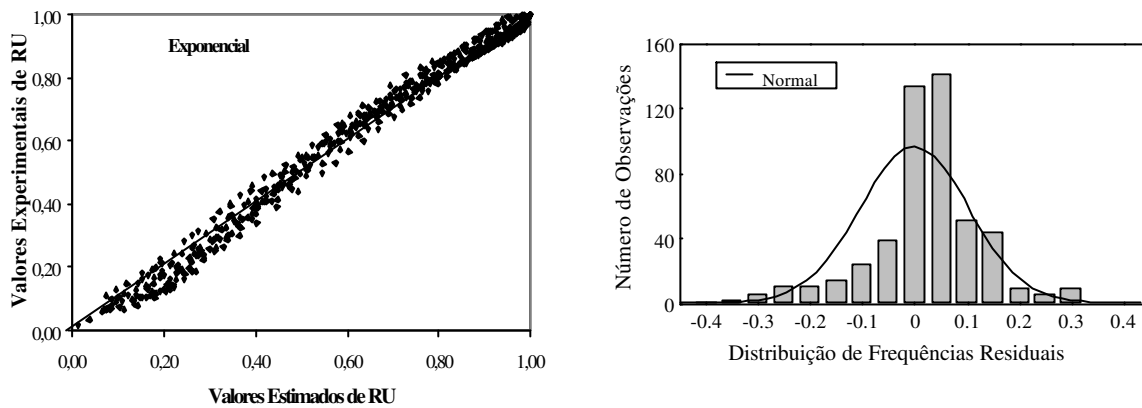


FIGURA 2.12- Gráficos de correspondência entre valores experimentais e calculados para secagem de grãos de café despulpado e distribuição dos resíduos para o modelo Exponencial.

Verifica-se para todas as formas de preparo do café analisadas, pela magnitude dos valores residuais nas figuras mostradas, que a equação baseada no modelo Exponencial, para os frutos de café cereja, e o modelo de Difusão, para os grãos de café descascado e despulpado, apresentaram tendência mais acentuada de dispersão dos valores calculados, tornando-as inadequadas para representar a secagem do café em camada delgada, embora apresentem um comportamento adequado para os resíduos. Observa-se, ainda, que os modelos de Difusão e Exponencial foram os que apresentaram os maiores valores para os erros médios relativo e estimado (Quadros 2.1, 2.2 e 2.3), conseqüentemente, os maiores desvios entre os valores experimentais e calculados para representação do processo de secagem de frutos e grãos de café em camada delgada, independentemente da forma de preparo estudada. Entretanto, a análise dos dados dos Quadros 2.1, 2.2 e 2.3 e das Figuras 2.1 a 2.12 informam que o modelo de secagem com base na equação de Thompson também se mostrou adequado para fornecer estimativas satisfatórias da taxa de secagem do café cereja, assim como para as formas de preparo descascado e despulpado. Nota-se pelos resultados apresentados um ajuste mais adequado desse modelo aos dados experimentais de secagem dos frutos e grãos de café, com reduzidos valores para os erros médios relativo e estimado, quando comparados com os valores dos demais modelos analisados. Observa-se, também, uma elevada correlação entre os valores experimentais e estimados e um comportamento satisfatório da distribuição dos resíduos gerados por essas equações, aproximando-se das distribuições normais esperadas. Entretanto, o modelo de Page mostrou-se mais apropriado para predição do fenômeno de

secagem dos frutos de café cereja e grãos de café descascado e despulpado, por apresentar os menores desvios e melhor ajuste.

Os resultados encontrados neste trabalho mostrando que a equação de Page foi a que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais de secagem, está de acordo com os resultados encontrados por diversos autores para diferentes produtos agrícolas (WHITE et al., 1981; SOARES, 1986; RAMOS et al., 1993/1994; AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 1999).

Nas Figuras 2.13 a 2.24 encontram-se os dados experimentais e calculados de razão de umidade empregando-se a equação de Page, para os cafés cereja, descascado e despulpado. Os dados e as curvas dos valores calculados estão representados graficamente em função do tempo e umidade relativa do ar de secagem, para cada forma de preparo e temperatura estudada.

Observando-se as figuras apresentadas pode-se constatar para todos os testes uma significativa influência da temperatura e umidade relativa do ar quando se comparam as curvas de secagem dos frutos e grãos de café, de tal forma que a taxa de secagem aumenta com a elevação da temperatura e redução da umidade relativa do ar de secagem, como relatado por alguns autores (CLASER, 1995; CHRIST, 1996). De modo geral, é possível notar, nas Figuras 2.17 a 2.24, que não existe uma diferença nítida entre as formas de preparo descascado e despulpado com relação à taxa de secagem dos grãos; entretanto, ambas as formas apresentam uma evidente variação da taxa de secagem quando comparadas com a forma de preparo cereja (Figuras 2.13 a 2.16). A menor taxa de secagem nos frutos de café cereja pode ser explicada pela presença da casca do produto, que dificulta as transferências de energia e massa entre o fruto e o ar de secagem, e ainda, devido à diferença entre os teores de umidade inicial desses produtos no início do processo de secagem, uma vez que os frutos de café cereja, ao contrário dos grãos descascados e despulpados, apresentam em sua composição mucilagem, que é um constituinte rico em água e carboidrato.

Embora várias teorias tenham sido propostas para prever o comportamento da secagem de grãos e sementes, na maioria das vezes, as relações semiempíricas e empíricas têm-se mostrado como melhores opções para prever o processo de secagem, apesar de sua validade estar restrita às condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos e os modelos dificilmente permitirem descrever a secagem em camada delgada em toda sua extensão (BROOKER et al., 1992).

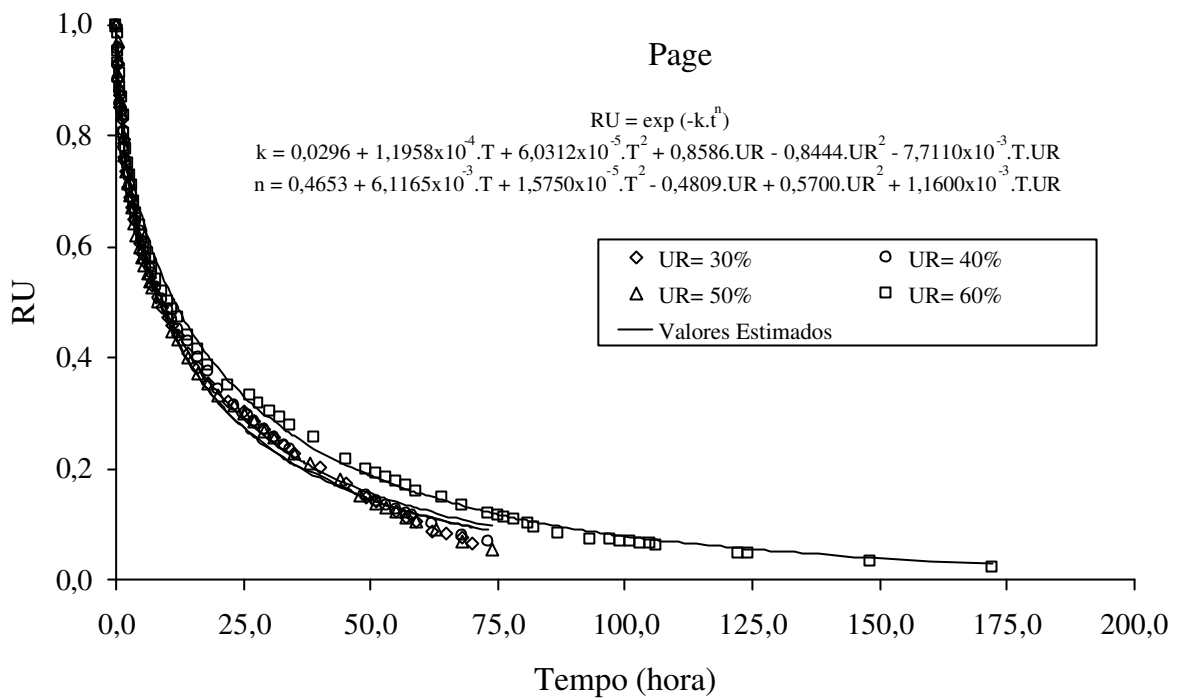


FIGURA 2.13- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de frutos de café cereja e calculados pela equação de Page, para temperatura de 30°C.

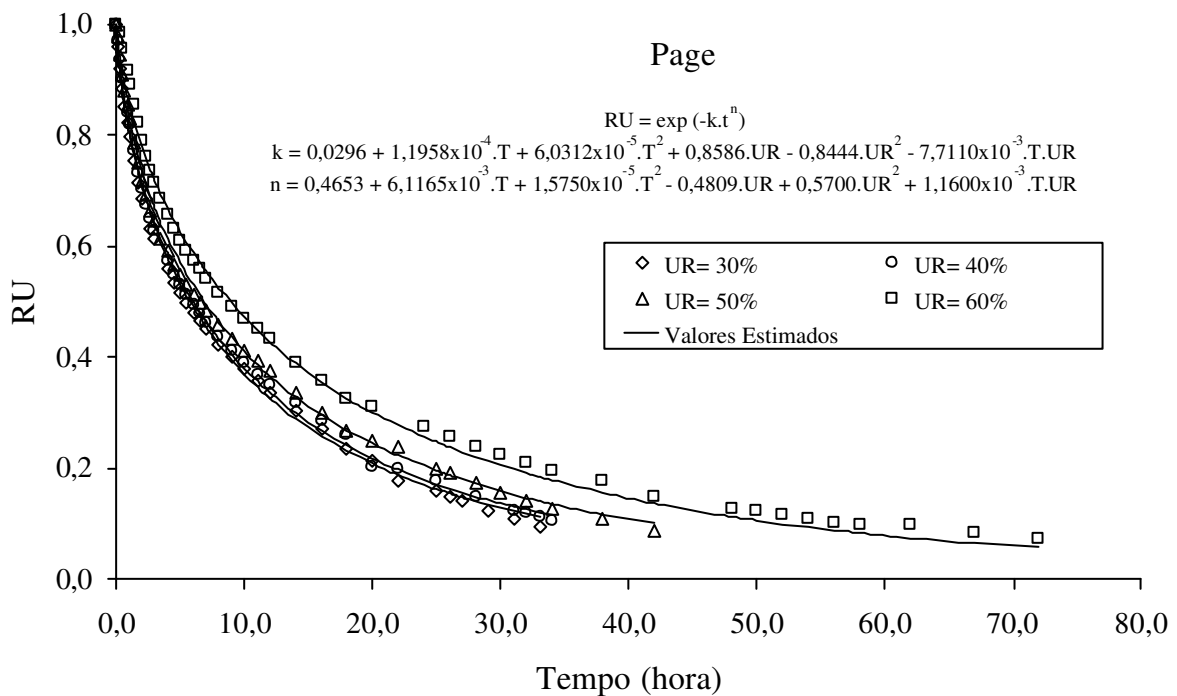


FIGURA 2.14- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de frutos de café cereja e calculados pela equação de Page, para temperatura de 40°C.

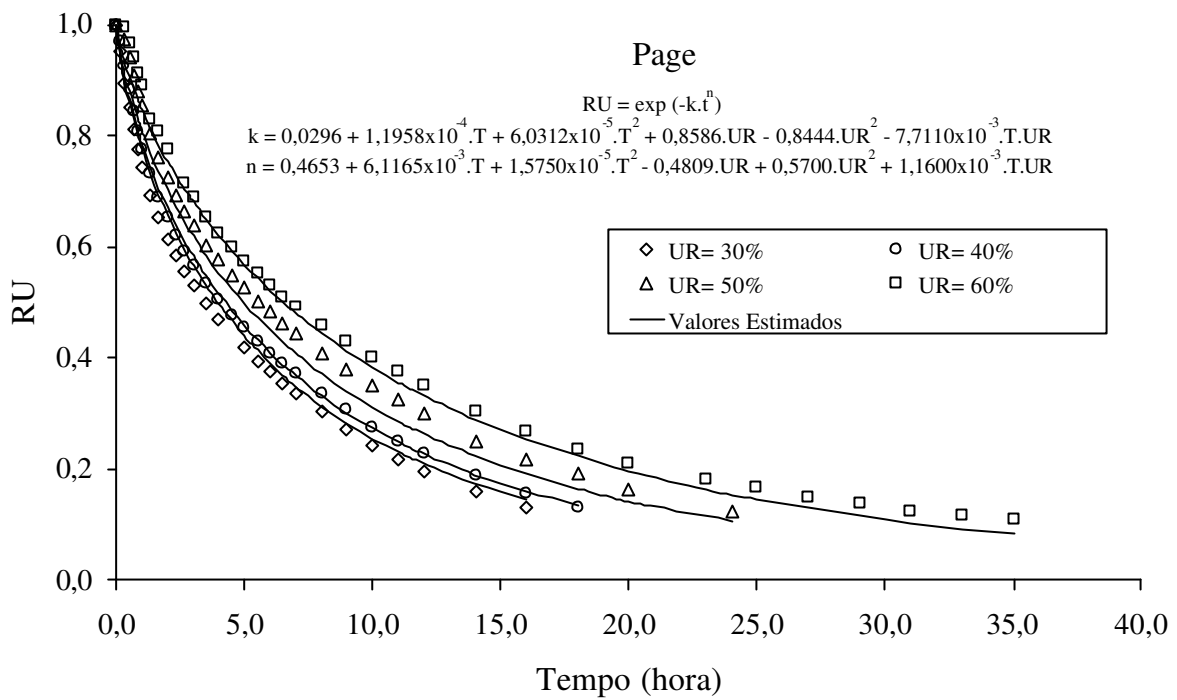


FIGURA 2.15- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de frutos de café cereja e calculados pela equação de Page, para temperatura de 50°C.

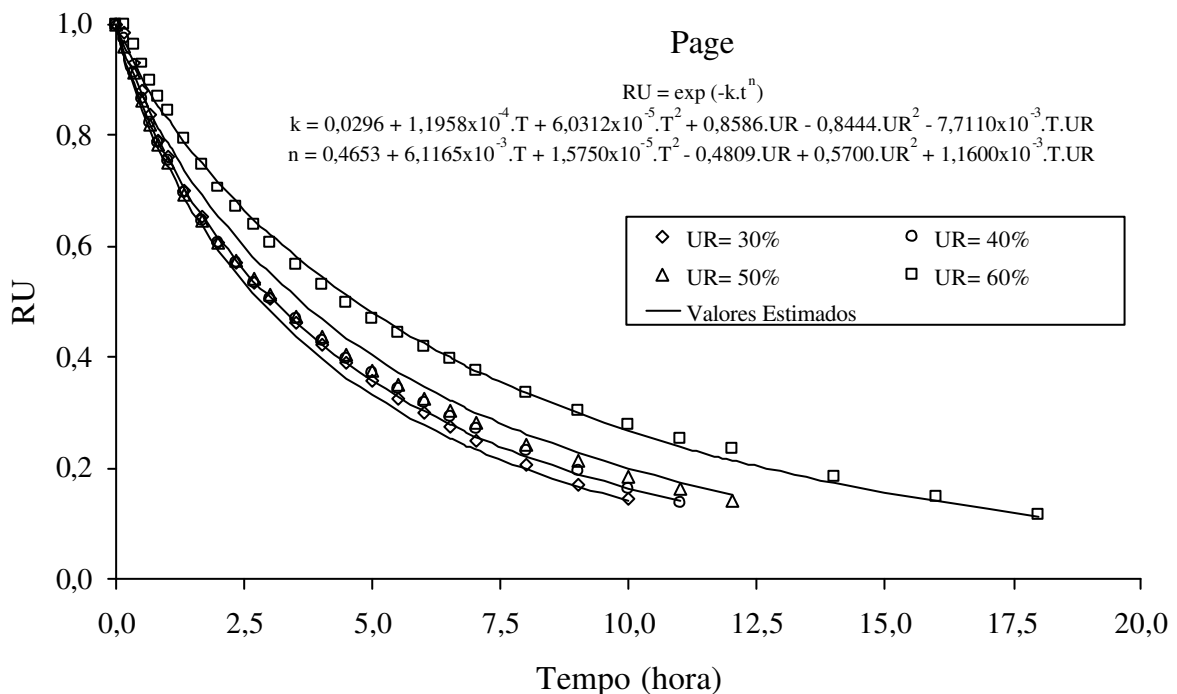


FIGURA 2.16- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de frutos de café cereja e calculados pela equação de Page, para temperatura de 60°C.

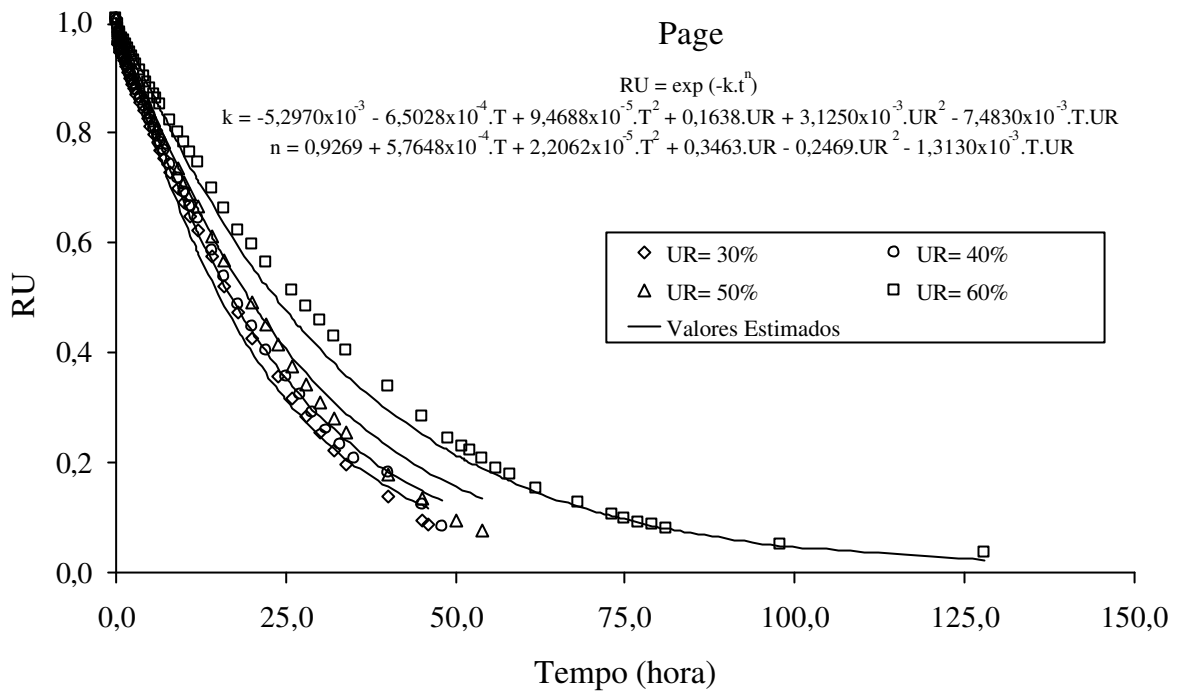


FIGURA 2.17- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café descascado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 30°C.

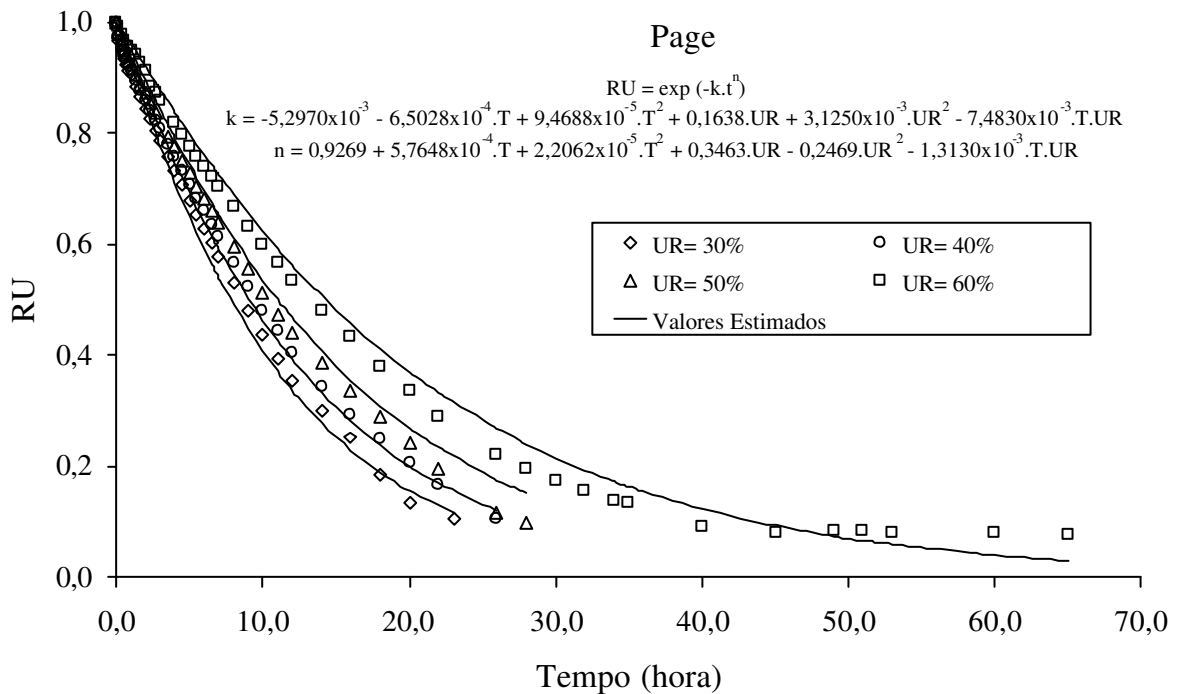


FIGURA 2.18- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café descascado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 40°C.

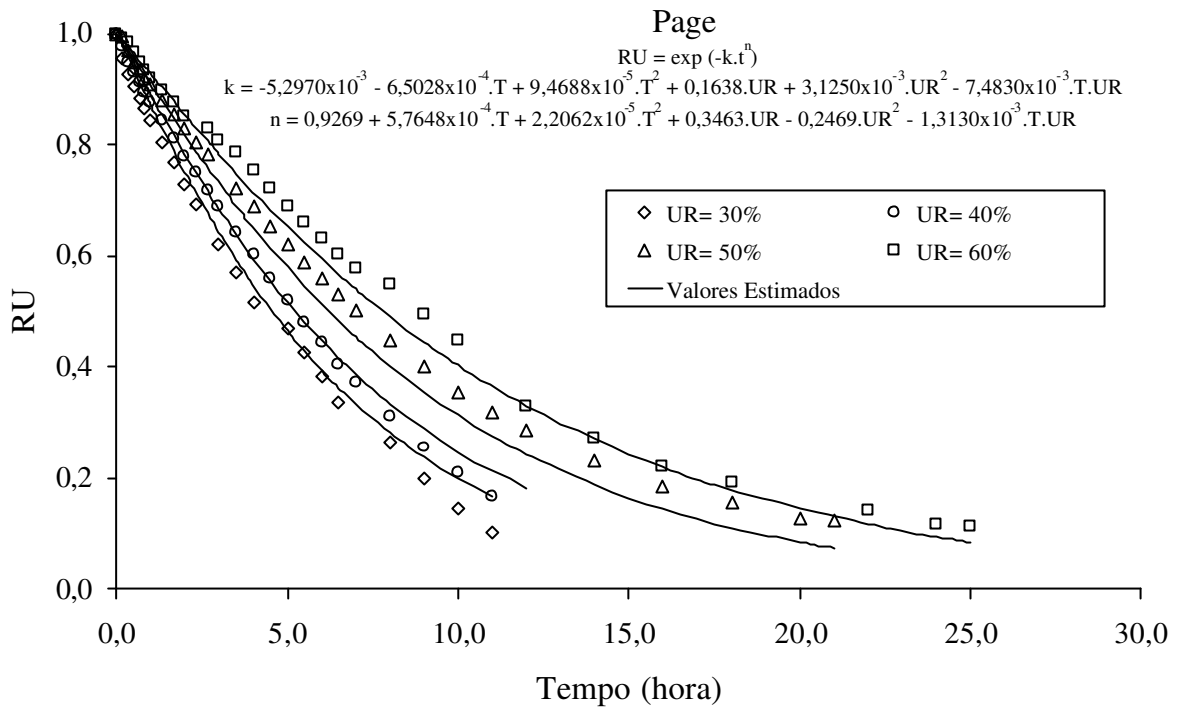


FIGURA 2.19- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café descascado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 50°C.

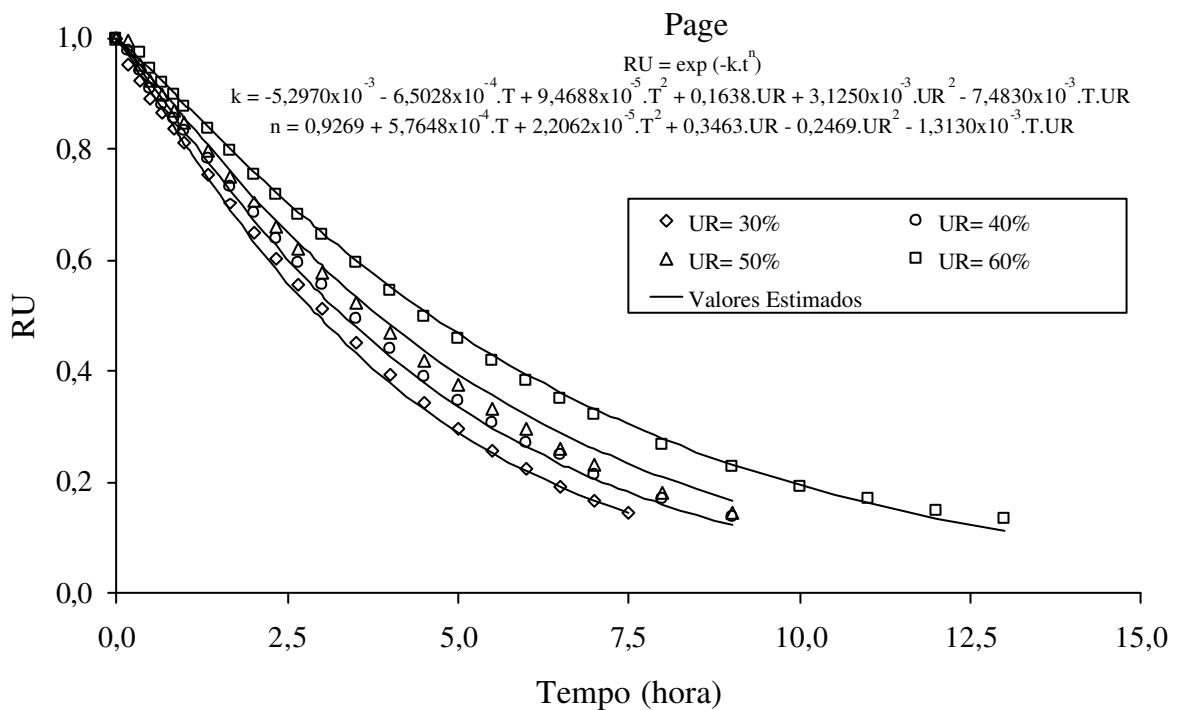


FIGURA 2.20- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café descascado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 60°C.

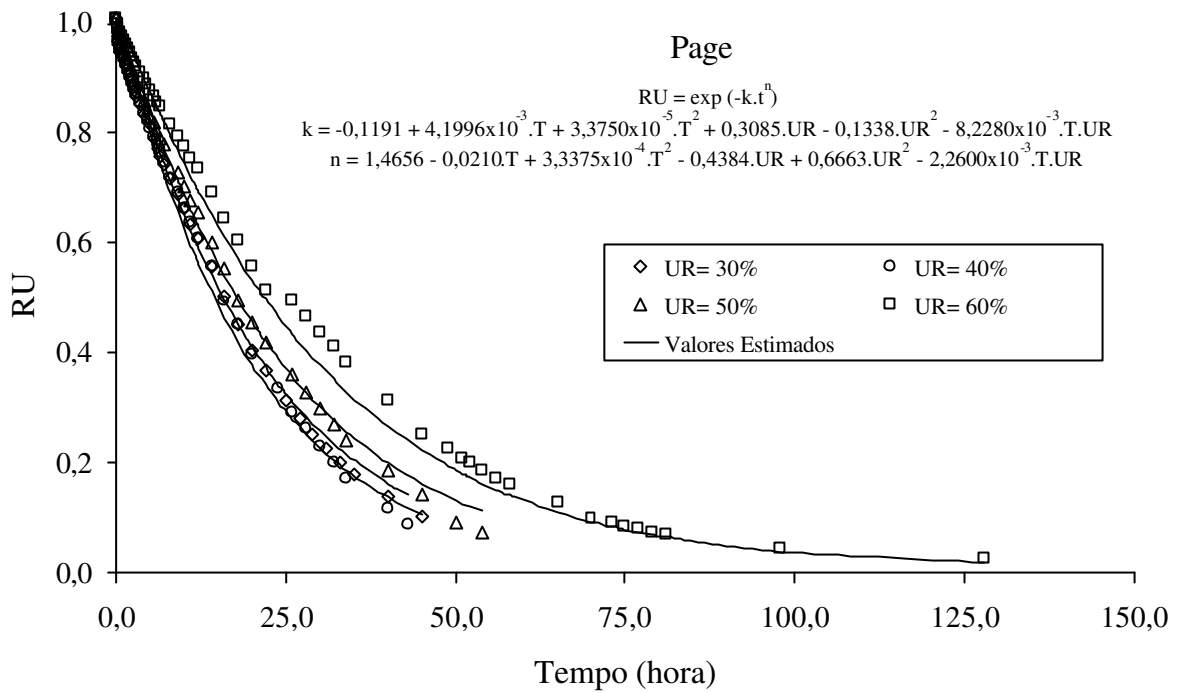


FIGURA 2.21- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café despulpado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 30°C.

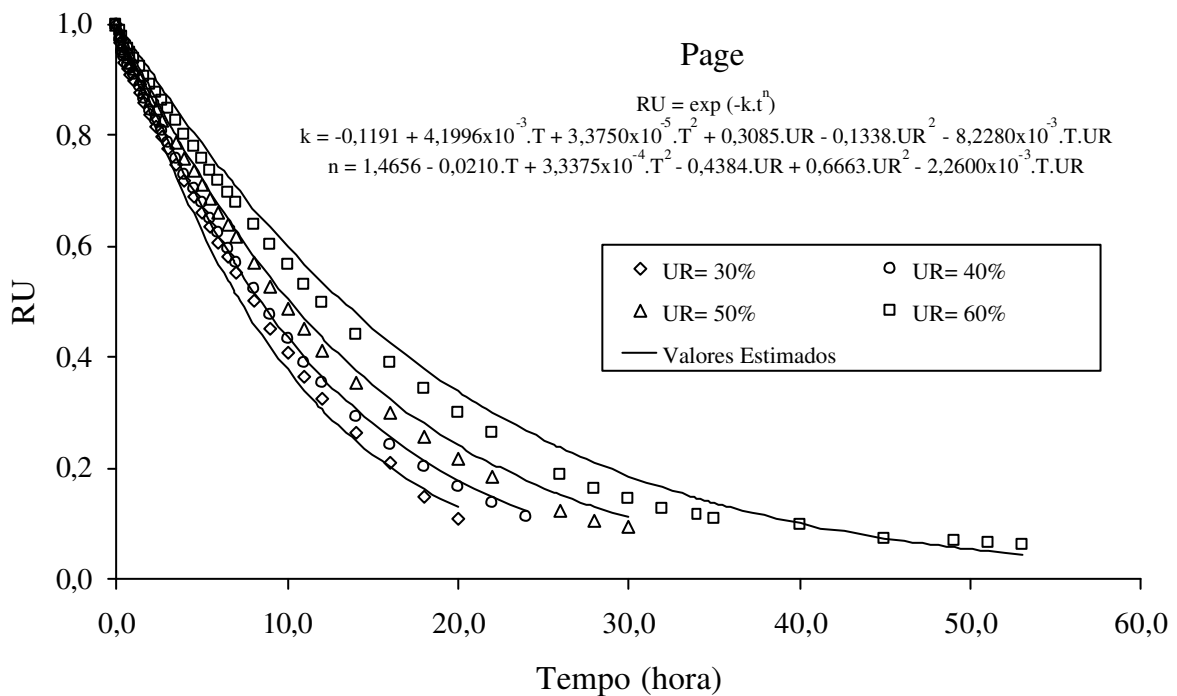


FIGURA 2.22- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café despulpado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 40°C.

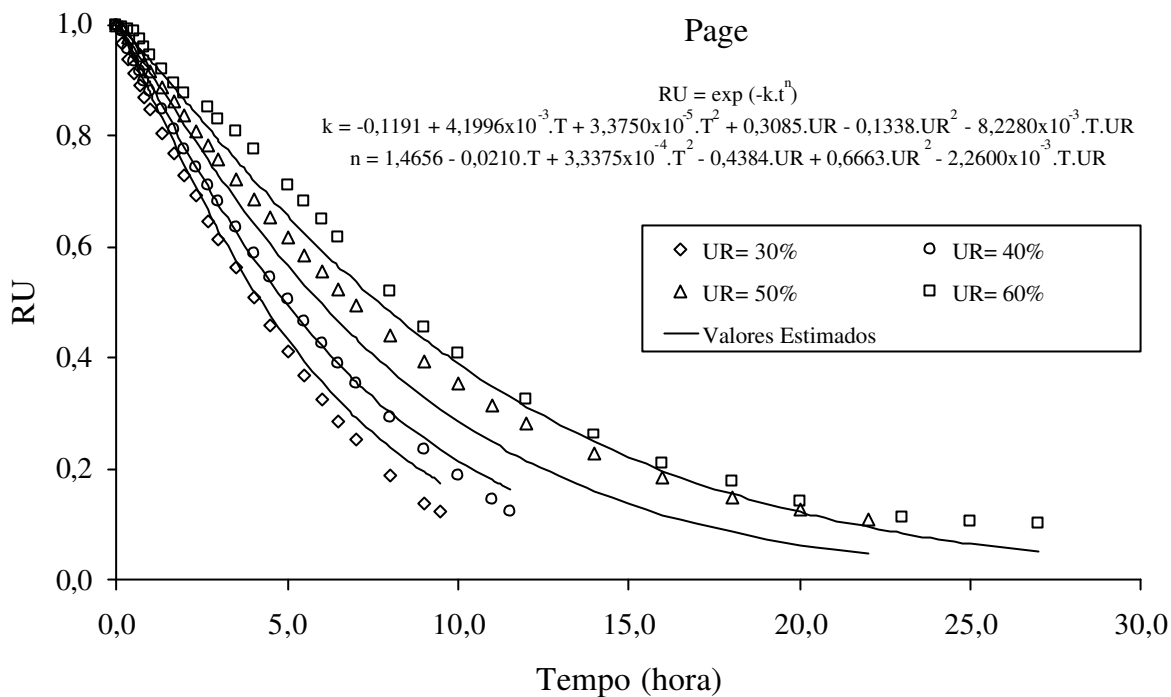


FIGURA 2.23- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café despulpado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 50°C.

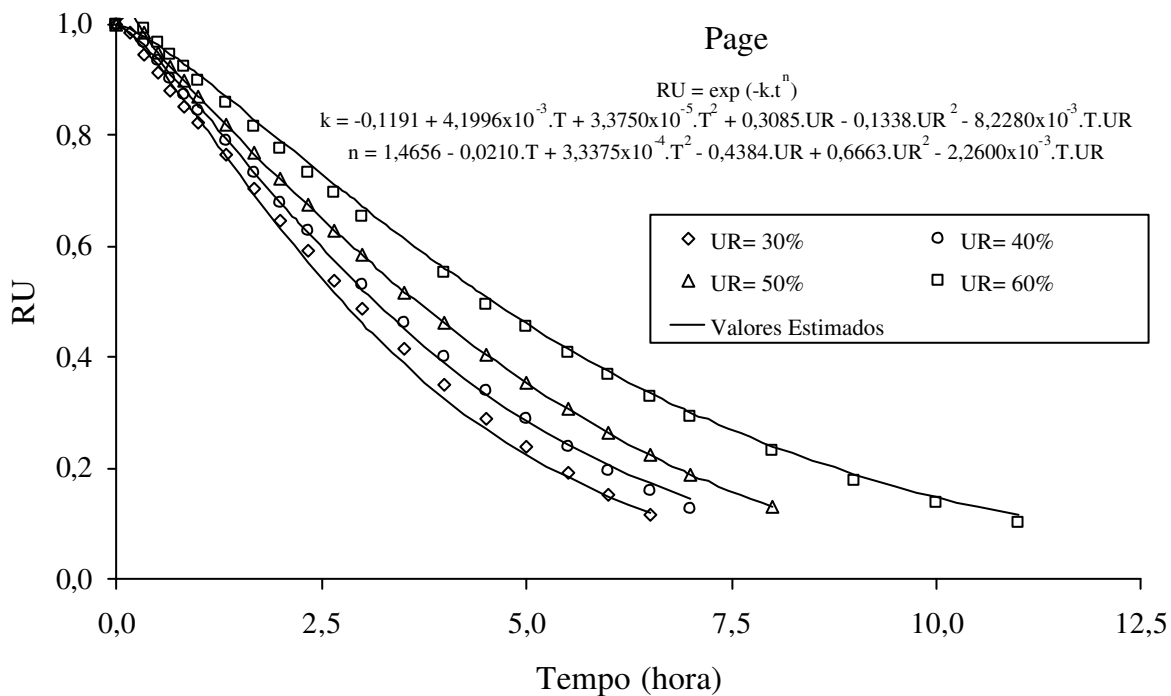


FIGURA 2.24- Valores experimentais de razão de umidade (RU) de grãos de café despulpado e calculados pela equação de Page, para temperatura de 60°C.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta etapa do trabalho permitiram concluir sobre a secagem de café em camada delgada que:

- A equação proposta por Page é a que melhor representa os dados experimentais, independentemente da forma de preparo do produto (cereja, descascado e despulpado), quando comparada com as equações de Thompson, Exponencial e de Difusão, nesta última, utilizando-se os oito primeiros termos da série.
- A taxa de secagem é influenciada pela temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independentemente da forma de preparo do produto.
- A forma de preparo cereja apresenta menor taxa de secagem, quando comparada com as formas de preparo descascado e despulpado, não sendo observadas diferenças significativas nas taxas de secagem dos cafés descascado e despulpado.

CAPÍTULO 3

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ

3.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades físicas de produtos agrícolas é de fundamental importância para uma correta conservação e para o dimensionamento e operação de equipamentos para as principais operações pós-colheita de produtos agrícolas. A fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e melhoria da qualidade do produto processado, a determinação e o conhecimento do comportamento das propriedades físicas dos frutos e grãos do café são os principais fatores a contribuir para o adequado desenvolvimento de processos e simulações, que visem aperfeiçoar o sistema produtivo dessa cultura.

Informações concernentes ao tamanho, volume, porosidade e massa específica, dentre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares. Juntamente com o teor de umidade, a massa específica, a porosidade e o volume são parâmetros utilizados para determinar as condições de secagem e armazenagem de produtos agrícolas e, conseqüentemente, possibilitar a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização.

Uma produção agrícola com elevada qualidade requer, dentre outras recomendações, que o produto seja colhido sadio e antecipadamente, visando minimizar as perdas ocasionadas no campo pelos ataques de insetos, doenças e microorganismos. Dessa maneira, devido ao teor de umidade elevado na ocasião da colheita, a secagem constitui uma das operações de primordial importância dentre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetal.

A secagem de produtos agrícolas com alto teor de umidade inicial, como os frutos do café, é acompanhada de uma significativa redução de volume, pelo qual o produto sofre alterações em suas dimensões e forma originais e que ocorre simultaneamente com a difusão de umidade, podendo afetar a taxa de remoção de umidade. A remoção de água diminui a tensão exercida pelo líquido nas paredes celulares do produto, provocando uma contração volumétrica do material (FORTES e OKOS, 1980). Alguns autores indicam ser a desconsideração do fenômeno de alteração volumétrica durante o processo de desidratação uma das principais fontes de erros no desenvolvimento de modelos matemáticos para simular o processo de secagem de materiais biológicos (BROOKER et al., 1992; LANG e SOKHANSANJ, 1993).

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da variação do teor de umidade do café cereja, despulpado e descascado nas seguintes propriedades físicas da massa de produto: volume, massa específica real e aparente e porosidade.

3.2. REVISÃO DE LITERATURA

Massa específica pode ser definida como a razão entre a massa e o volume ocupado por determinado produto. Este conceito aplicado à massa e volume de apenas um grão determina a propriedade física massa específica real ou unitária. Já a aplicação do conceito para uma determinada quantidade de produto estabelece a definição da característica massa específica aparente ou granular (PABIS et al., 1998), ou seja:

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (3.1)$$

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (3.2)$$

em que

- ρ = massa específica real ou unitária do produto, kg.m^{-3}
- ρ_{ap} = massa específica aparente ou granular do produto, kg.m^{-3}
- m_p = massa unitária do produto, kg
- m = massa de produto, kg
- V_p = volume unitário do produto, m^3
- V = volume ocupado pela massa de produto, m^3

Teoricamente, segundo LEWIS (1993), conhecendo-se a composição química de um alimento, a sua massa específica real pode ser estimada de acordo com a seguinte expressão:

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} = \frac{m_p}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} = \frac{m_p}{\left(\frac{m_1}{\rho_1}\right) + \left(\frac{m_2}{\rho_2}\right) + \dots + \left(\frac{m_n}{\rho_n}\right)} \quad (3.3)$$

em que

- $\rho_1 \dots \rho_n$ = massa específica real dos constituintes de 1 a n, kg.m^{-3}
- $m_1 \dots m_n$ = massa dos constituintes de 1 a n, kg
- $V_1 \dots V_n$ = volume dos constituintes de 1 a n, m^3

No entanto, o autor relata que esta metodologia, quando aplicada para maçã, apresenta resultados discrepantes e com tendência de superestimar os valores reais de massa específica unitária do produto. PELEG e BAGLEY (1983) compilaram algumas propriedades físicas de diversos produtos agrícolas e alimentícios, apresentando uma relação da massa específica dos principais componentes que constituem os produtos de origem vegetal.

A porosidade de uma massa granular é definida como a relação entre o volume ocupado pelo ar nos espaços intergranulares e o volume total desta massa. Esta propriedade é usualmente representada da seguinte forma:

$$\varepsilon = \frac{V - V_p}{V} \quad (3.4)$$

em que

ε = porosidade da massa de produto, decimal

A incorporação das equações 3.1 e 3.2 na expressão de porosidade resulta na seguinte equação:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho_{ap}}{\rho} \right) \quad (3.5)$$

De acordo com BROOKER et al. (1992), a porosidade de uma massa de grãos está associada à resistência que a camada de produto oferece ao movimento de ar, sendo amplamente utilizada no projeto de equipamentos de secagem e aeração.

A fração de espaços vazios de uma massa de grãos, ou porosidade, pode ser determinada pelos métodos direto e indireto. Segundo MOHSENIN (1986), pelo método direto a porosidade é obtida acrescentando-se um volume de líquido conhecido e necessário para complementação dos espaços vazios da massa granular. No método indireto, a porosidade pode ser determinada pelo uso de picnômetros, ou então, baseado em relações matemáticas (equação 3.5) que envolvem as massas específicas real ou aparente (RUFFATO et al., 1999; COUTO et al., 1999). O autor afirma, ainda, que o picnômetro para as determinações de porosidade, ao contrário do método de complementação do volume, deve ser preferido, pois minimiza a incorporação de erros decorrentes da tensão superficial do líquido utilizado.

Alterações de características físicas como tamanho, volume, massas específicas real e aparente e porosidade, em função do teor de umidade e outros fatores, durante e depois da secagem, tem sido adequadamente investigado por diversos autores para vários produtos. De modo geral, observa-se que essas propriedades físicas, para maioria dos produtos agrícolas, diminuem com aumento do teor de umidade, enquanto a porosidade da massa granular aumenta (CHUNG e CONVERSE, 1971; BENEDETTI, 1987; JAYAS et al., 1989; MCMINN e MAGEE, 1997; AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 2000).

NELSON (1980) trabalhando com diferentes variedades de milho, verificou que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados experimentais obtidos para as propriedades físicas massa específica real e aparente, em função do teor de umidade, é do tipo polinômio de quarto grau; enquanto RUFFATO et al. (1999), analisando a influência do processo de secagem de milho-pipoca sobre estas propriedades e a porosidade da massa de

produto, observaram ser mais adequado o ajuste de um polinômio de terceiro grau, concordando com resultados obtidos por MORAES NETO (1991) para feijão. No entanto, VILELA (1977) no desenvolvimento de estudos sobre secagem de frutos de café, variedade Mundo Novo, em silo-piloto, verificou ser a função linear a que melhor representou o comportamento da massa específica aparente.

COUTO et al. (1999) investigaram o efeito do teor de umidade sobre algumas características físicas de frutos de café das variedades Catuaí e Catimor, e verificaram que a massa específica real e aparente do café, em sua forma integral, é menor que a observada para a maioria dos grãos agrícolas, e que o comportamento dessas propriedades físicas, em função do teor de umidade, também difere daquele apresentado por diversos produtos. Para acréscimo no teor de umidade, enquanto ambas massas específicas da maioria dos produtos agrícolas decrescem, as do café aumentam. Quanto aos valores de porosidade, encontraram-se na mesma faixa de valores observada para a maioria dos grãos. Entretanto, o comportamento da porosidade, em função do teor de umidade, foi similar ao de outros grãos, ou seja, cresce com a umidade dos grãos, até um valor máximo e, a seguir, decresce.

Mudanças volumétricas dos produtos, devido a sua desidratação, são relatadas como as principais causas das alterações das principais propriedades físicas de produtos agrícolas (BALA e WOODS, 1984; SHEPHERD e BHARDWAJ, 1986; RATTI, 1994; SOKHANSANJ e LANG, 1996).

Segundo WEBER (1995), uma massa de grãos de trigo com umidade inicial de 20% base úmida, submetida à secagem até atingir-se o teor de umidade de 12% b.u., terá seu volume reduzido em 14,5% de seu volume original. Para as mesmas condições uma massa de grãos de arroz em casca sofrerá uma redução de aproximadamente 12,3% de seu volume inicial. Já VILELA (1977) verificou uma redução de 34% do volume inicial de frutos de café, quando submetidos à secagem em silo-piloto para redução do teor de umidade de 67 para 19% b.u., o que afetou significativamente a massa específica aparente do produto.

As bases teóricas para o conhecimento do processo de contração volumétrica envolve complexas leis mecânicas e de deformação de materiais (TOWNER, 1987). No entanto, muitos pesquisadores têm utilizado aproximações e modelos empíricos na tentativa de melhor representar esse complicado fenômeno em produtos de natureza biológica (LANG et al., 1994; KROKIDA e MAROULIS, 1997).

Segundo WANG e BRENNAN (1995), a contração volumétrica pode ser descrita por meio de um balanço de massa considerando o produto composto de matéria seca, água e ar.

Desprezando-se o volume do ar presente no interior de apenas um grão, por ser muito inferior aos volumes da matéria seca e da água do produto, a contração volumétrica de um grão ou da massa de produto podem ser expressas, de acordo com AFONSO JÚNIOR et al. (2000), pelas relações:

$$\psi_p = \frac{V_p}{V_{p0}} = \left(\frac{\rho_{ag} - \rho_0 \cdot U_0}{\rho_{ag} - \rho \cdot U} \right) \quad (3.6)$$

$$\psi = \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_{ap0} \cdot U_0}{\rho_{ag}} - \epsilon_0 \right) / \left(1 - \frac{\rho_{ap} \cdot U}{\rho_{ag}} - \epsilon \right) \quad (3.7)$$

em que

ψ_p = índice de contração volumétrica do produto, decimal

ψ = índice de contração volumétrica da massa de produto, decimal

V_{p0} = volume inicial do produto, m³

V_0 = volume inicial da massa de produto, m³

ρ_0 = massa específica real inicial do produto, kg.m⁻³

ρ_{ag} = massa específica da água no produto, 1.000 kg.m⁻³

U = teor de umidade do produto, decimal (base úmida)

U_0 = teor de umidade inicial do produto, decimal (base úmida)

ϵ_0 = porosidade inicial da massa de produto, decimal

Salienta-se que para ambas equações apresentadas (equações 3.6 e 3.7), corre-se o risco de incidência em erro, quando aplicadas para produtos cuja contração volumétrica não ocorra homoganeamente para todo material biológico. Tal problema é mais acentuado quando se trabalha com produtos que apresentam espaços vazios entre a casca e o grão propriamente dito, como o arroz em casca, o amendoim e o café.

RATTI (1994) e ZOGZAS et al. (1994) observaram que o encolhimento de produtos vegetais durante a secagem não é função exclusiva do teor de umidade, mas também, dependente das condições do processo de secagem e da geometria do produto, uma vez que materiais biológicos porosos quando desidratados contraem-se diferentemente nas direções

longitudinal, tangencial e radial (FORTES e OKOS, 1980; CAVALCANTI MATA et al., 1986).

Diversos pesquisadores têm estudado a contração de volume de grãos em função do seu teor de umidade, observando que os dados experimentais, em muitos casos, podem ser ajustados por um modelo linear (LOZANO et al., 1983; LANG et al., 1994; WANG e BRENNAN, 1995). Entretanto, BALA e WOODS (1984) apresentaram um modelo exponencial para descrever a redução de volume de grãos de cevada submetidos à secagem. Já CAVALCANTI MATA et al. (1986), estudaram a variação do comprimento, largura e espessura, além do volume de grãos de algaroba, feijão, cacau, mamona e milho, para teores de umidade variando entre 4 e 17% b.u. e determinaram o volume do produto por meio de uma equação de regressão múltipla, baseada nas determinações das dimensões ortogonais dos grãos.

Os frutos e grãos, de modo geral, não apresentam um formato geométrico definido, tornando necessário para solução de problemas relacionados a sua geometria assumir para o produto uma forma conhecida, o que acarreta em aproximações e possíveis erros. Alguns autores, entre os quais ALMEIDA (1979) e SOARES (1986), têm preferido, para estudar os processos de transferência de calor e massa durante a secagem, o emprego do conceito de transformar o produto estudado em uma esfera de volume equivalente a este, e desta forma, realizar análises como se o produto apresentasse essa geometria. Entretanto, de acordo com AGRAWAL et al. (1972), para a maioria dos frutos e grãos muitas dessas soluções são obtidas assumindo-se para o produto as formas geométricas de um esferóide ou elipsóide composto por três dimensões ortogonais características, que são os eixos maior, médio e menor. Outra solução, para alguns produtos agrícolas, consiste em aproximar, por simetria, a forma do corpo biológico a metade das formas geométricas do esferóide ou elipsóide (MOUSTAFA, 1969).

BRAGA FILHO (1986) determinou o volume médio das sementes de girassol de duas forma distintas, pelo método da complementação do volume, utilizando n-Hexano como líquido a acrescentar e empregando o método da aproximação ao volume de um elipsóide, por meio das determinações das medidas dos eixos ortogonais maior, médio e menor. O autor em seu trabalho chama atenção para alguns fatores que dificultam a utilização do método da complementação na determinação do volume e da porosidade de grãos e cereais, entre eles, a forma irregular, o reduzido volume dos grãos e a absorção do líquido complementar contribuem para redução da precisão do método.

MOHSENIN (1986) sugere, ainda, que o volume de alguns produtos agrícolas pode ser calculado assumindo-se a geometria de um esferóide oblato (Figura 3.1) aplicando-se a

seguinte equação:

$$V_p = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot c}{6} \quad (3.8)$$

Em que os valores de a, b e c correspondem aos eixos maior, médio e menor, respectivamente.

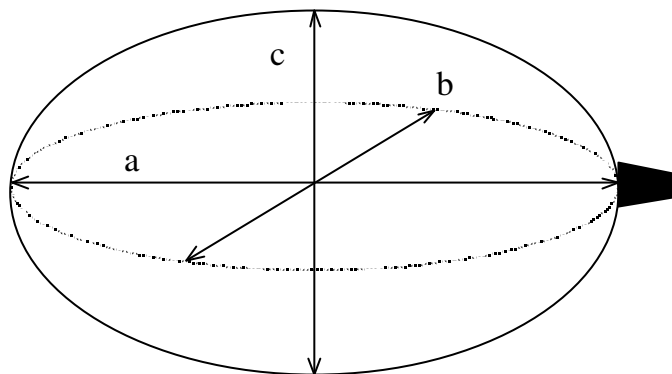


FIGURA 3.1- Desenho esquemático de um esferóide oblato e suas dimensões características.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao CENTREINAR, localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, procedentes do município de Viçosa, MG. Os frutos foram colhidos manualmente. Foram selecionados somente os maduros no estágio cereja, sendo retirado manualmente a polpa desses frutos (descascado), e uma parcela destes tendo sua mucilagem retirada por imersão em água (despolpado), segundo metodologia citada por DIAS e BARROS (1993). Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

Posteriormente os diferentes lotes de café foram secos em estufa com ventilação forçada com temperatura do ar de aproximadamente 35 ± 3 °C, até diferentes níveis de teores

de umidade. O acompanhamento da redução do teor de umidade com o decorrer do tempo de secagem foi realizada pelo método gravimétrico (perda de peso), conhecendo-se o teor de umidade inicial do produto. Para este monitoramento foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,01g. Os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa, $105 \pm 1^{\circ}\text{C}$, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001). Ao término de cada tratamento de secagem as amostras eram homogeneizadas e encaminhadas para determinação de suas propriedades físicas.

A massa específica aparente foi determinada utilizando-se uma balança de peso hectolítrico da marca Dallemole, com capacidade de um litro, em cinco repetições para cada tratamento e tipo de preparo.

A porosidade das massas granulares dos lotes de café descascado e despulpado foram determinadas para todos os tratamentos, pela média de cinco repetições, utilizando um picnômetro de comparação a ar (Figura 3.2) construído no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, segundo o processo descrito por Day, citado por MOSHENIN (1986). Com o intuito de evitar a incorrência em erros na utilização do picnômetro para determinação da porosidade dos frutos de café, devido à entrada de ar para ocupação dos espaços vazios criados durante o processo de secagem no interior dos frutos, devido a contração heterogênea dos diversos constituintes do produto, a porosidade do café cereja foi determinada empregando-se a equação 3.5, utilizando os valores de massa específica real e aparente do produto. A massa específica real do fruto de café cereja foi determinada medindo-se a massa unitária e calculando-se a razão entre esta e o volume de cada fruto (equação 3.1), com 50 repetições para cada tratamento. Para os grãos de café descascado e despulpado a massa específica real foi determinada em função da porosidade e da massa específica aparente do produto de acordo com a equação 3.5.

Para cada forma de preparo analisada, no respectivo teor de umidade, foram retirados aleatoriamente 50 grãos, obtidos depois da homogeneização dos lotes. Com auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, foram realizadas medidas dos eixos ortogonais maior (a), médio (b) e menor (c), como ilustrado na Figura 3.1. A determinação do volume para cada teor de umidade do produto baseou-se no uso da equação 3.8, para frutos de café cereja, e na aproximação de metade de um esferóide oblato para geometria dos grãos de café descascado e despulpado. Os valores de contração volumétrica dos frutos e grãos de café, para os teores de umidade estudados, foram obtidos calculando-se a razão entre volume atual do produto e seu volume inicial.

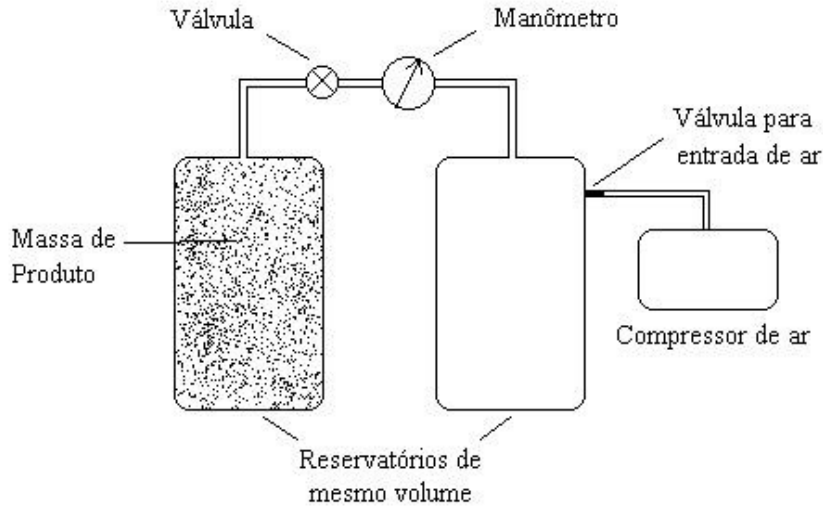


FIGURA 3.2- Desenho esquemático do picnômetro.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e seleção do modelo matemático adequado para expressar a relação entre as variáveis estudadas. Para relacionar as características físicas dos frutos e grãos de café à variável estudada optou-se pelo modelo estatístico:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 U + \beta_2 U^2 + e \quad (3.9)$$

em que

Y = representa os valores das propriedades físicas estudadas;

β_0 = constante da regressão;

$\beta_1 ; \beta_2$ = coeficientes da regressão;

U = variável teor de umidade do produto, decimal, base seca;

e = erro aleatório.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 5.0, estimou-se os valores dos parâmetros do modelo em função da variável independente teor de umidade do produto. O grau de ajuste dos modelos aos dados experimentais baseou-se na magnitude do coeficiente de determinação e do erro médio relativo, conforme descrito a seguir:

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum \left(\frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (3.10)$$

em que

P = erro médio relativo;

n = número de observações;

Y = valor observado experimentalmente;

\hat{Y} = valor estimado pelo modelo;

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 3.1 são apresentados os valores médios das propriedades físicas: massa específica real e aparente, e porosidade, determinadas para diferentes teores de umidade e formas de preparo dos frutos e grãos de café. Nesse quadro são mostrados, ainda, os valores calculados de volume dos frutos e grãos de café, utilizando-se a equação 3.8, a partir dos valores médios obtidos das dimensões ortogonais características do café. De modo geral, observa-se uma tendência de redução dos valores das características físicas estudadas com o decréscimo do teor de umidade. A desidratação do produto reduz os espaços intergranulares modificando as suas dimensões e, por conseguinte, o seu volume, alterando a massa específica real e aparente do material, uma vez que a diminuição do volume do produto, e conseqüentemente do volume da massa granular, faz com que os espaços anteriormente ocupados por água sejam agora completados pela matéria seca dos grãos. Verifica-se, ainda nesse quadro, que a redução volumétrica dos frutos e grãos de café tende a diminuir para teores de umidade menores, fato este diretamente refletido nos resultados de massa específica real e aparente, e de porosidade do café preparado de diferentes formas.

Os coeficientes das equações ajustadas, acompanhados dos respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro médio relativo (P), encontram-se no Quadro 3.2.

Na Figura 3.3 são apresentadas as médias dos valores experimentais e estimados de volume dos frutos e grãos de café, em função do teor de umidade do produto. Os valores médios da contração volumétrica durante o processo de secagem, em função do teor de umidade do café, são mostrados na Figura 3.4.

QUADRO 3.1- Valores médios dos resultados obtidos para as propriedades físicas estudadas dos frutos e grãos de café, para diferentes formas de preparo do produto, em função do teor de umidade

Teor de Umidade (base seca)	Propriedades Físicas							
	Volume		Massa Esp. Real		Massa Esp. Aparente		Porosidade	
	($\times 10^{-7} \text{ m}^3$)	DP ($\times 10^{-3}$)	(kg.m^{-3})	DP	(kg.m^{-3})	DP	(%)	DP
<i>Café Cereja</i>								
2,27	10,59	1,48	1278,62	85,75	595,66	4,11	53,20	3,23
1,60	8,16	1,01	1246,97	68,77	592,80	4,86	52,32	2,70
1,03	8,53	0,87	1161,38	71,79	589,94	6,27	49,01	3,20
0,68	7,24	1,05	1110,45	83,72	524,16	2,73	52,51	3,92
0,53	7,20	1,06	995,89	73,45	514,02	4,64	48,11	3,85
0,41	7,19	1,04	957,28	56,79	483,30	2,98	49,32	3,28
0,34	6,59	1,17	903,54	57,35	467,28	3,54	48,07	3,51
0,26	6,43	0,83	852,88	71,38	466,60	1,76	44,89	4,89
0,21	6,46	0,88	848,99	55,02	459,28	1,25	45,68	3,56
0,18	6,42	0,92	836,17	51,28	458,40	2,98	44,96	3,59
0,15	6,38	0,92	823,64	82,55	454,34	2,17	44,31	5,44
0,11	6,43	0,81	793,79	68,64	450,04	0,88	42,87	5,18
<i>Café Descascado</i>								
0,60	3,38	0,37	1064,99	11,55	518,58	1,68	51,30	0,37
0,41	3,27	0,49	973,17	6,51	474,68	2,08	51,22	0,28
0,34	3,01	0,51	929,72	14,29	460,04	2,17	50,51	0,70
0,25	3,05	0,47	905,07	6,01	449,22	1,32	50,36	0,31
0,21	2,99	0,37	899,37	11,14	450,90	0,49	49,86	0,65
0,18	2,96	0,38	865,17	14,97	450,88	1,16	47,87	1,03
0,14	2,98	0,52	852,74	6,98	449,50	2,11	47,29	0,31
0,11	2,97	0,33	802,78	20,56	448,62	1,12	44,09	1,50
<i>Café Despolpado</i>								
0,62	3,49	0,51	1136,25	10,93	550,92	2,08	51,51	0,32
0,45	3,52	0,52	1003,40	11,99	490,48	3,48	51,12	0,35
0,33	3,25	0,55	940,71	5,69	461,38	0,25	50,95	0,31
0,24	3,18	0,40	896,52	6,73	443,32	1,41	50,55	0,26
0,21	3,16	0,44	891,61	7,19	443,18	1,78	50,29	0,39
0,18	3,14	0,45	853,49	9,90	443,14	2,07	48,07	0,74
0,14	3,15	0,44	851,55	28,82	442,96	1,66	47,93	1,89
0,11	3,04	0,40	818,30	9,39	440,40	0,91	46,17	0,60

DP representa o desvio padrão.

QUADRO 3.2- Coeficientes das equações ajustadas para se calcular algumas propriedades físicas dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, em função do teor de umidade do produto (U), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro médio relativo (P)

Característica Física	Coeficientes de Regressão			R^2	P
	β_0	β_1	β_2		
<i>Café Cereja</i>					
Volume	$6,2146 \times 10^{-7}$	$1,5278 \times 10^{-7}$ (n.s.)	$1,2417 \times 10^{-8}$ (n.s.)	0,9200	0,0310
Contração Volumétrica (V/V_0)	0,5868	0,1443 (n.s.)	0,0117 (n.s.)	0,9200	0,0310
Massa Específica Real	736,3846	577,9984 *	-151,5840 *	0,9865	0,0132
Massa Específica Aparente	420,8490	198,8201 *	-53,8475 *	0,9718	0,0139
Porosidade	43,2324	11,4307 *	-3,2317 *	0,8008	0,0244
<i>Café Descascado</i>					
Volume	$2,9121 \times 10^{-7}$	$2,4289 \times 10^{-8}$ (n.s.)	$9,5428 \times 10^{-8}$ (n.s.)	0,8824	0,0120
Contração Volumétrica (V/V_0)	0,8616	0,0719 (n.s.)	0,2823 (n.s.)	0,8824	0,0120
Massa Específica Real	758,1180	615,3990 **	-181,4159 (n.s.)	0,9717	0,0118
Massa Específica Aparente	456,5534	-103,6545 *	348,6701 *	0,9939	0,0032
Porosidade	40,5356	50,5694 *	-55,4074 **	0,8782	0,0148
<i>Café Despulpado</i>					
Volume	$2,8675 \times 10^{-7}$	$1,7362 \times 10^{-7}$ (n.s.)	$-1,1083 \times 10^{-7}$ (n.s.)	0,9044	0,0118
Contração Volumétrica (V/V_0)	0,8216	0,4975 (n.s.)	-0,3176 (n.s.)	0,9044	0,0118
Massa Específica Real	779,7349	418,7051 **	240,4430 (n.s.)	0,9922	0,0084
Massa Específica Aparente	445,4469	-92,9559 **	425,5809 *	0,9973	0,0217
Porosidade	43,2429	37,0796 *	-39,1588 **	0,8727	0,0116

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste T.

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste T.

n.s. Não significativo.

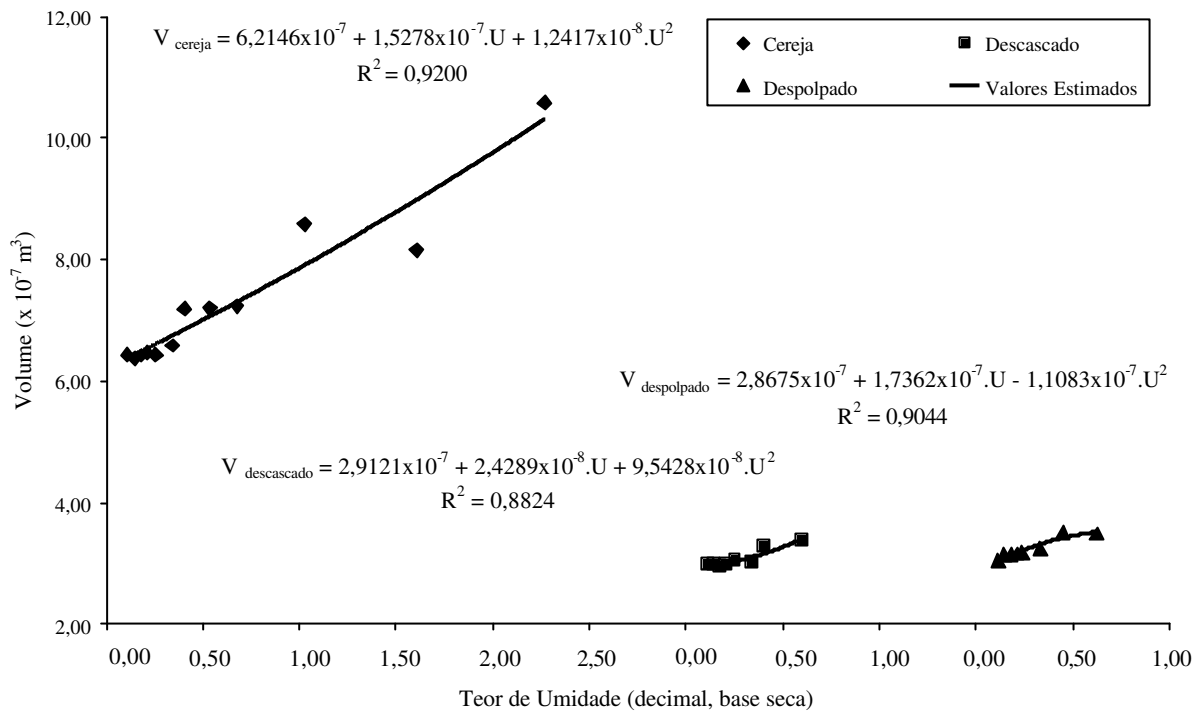


FIGURA 3.3- Valores experimentais e estimados de volume (V) de frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado, em função do teor de umidade do produto (U).

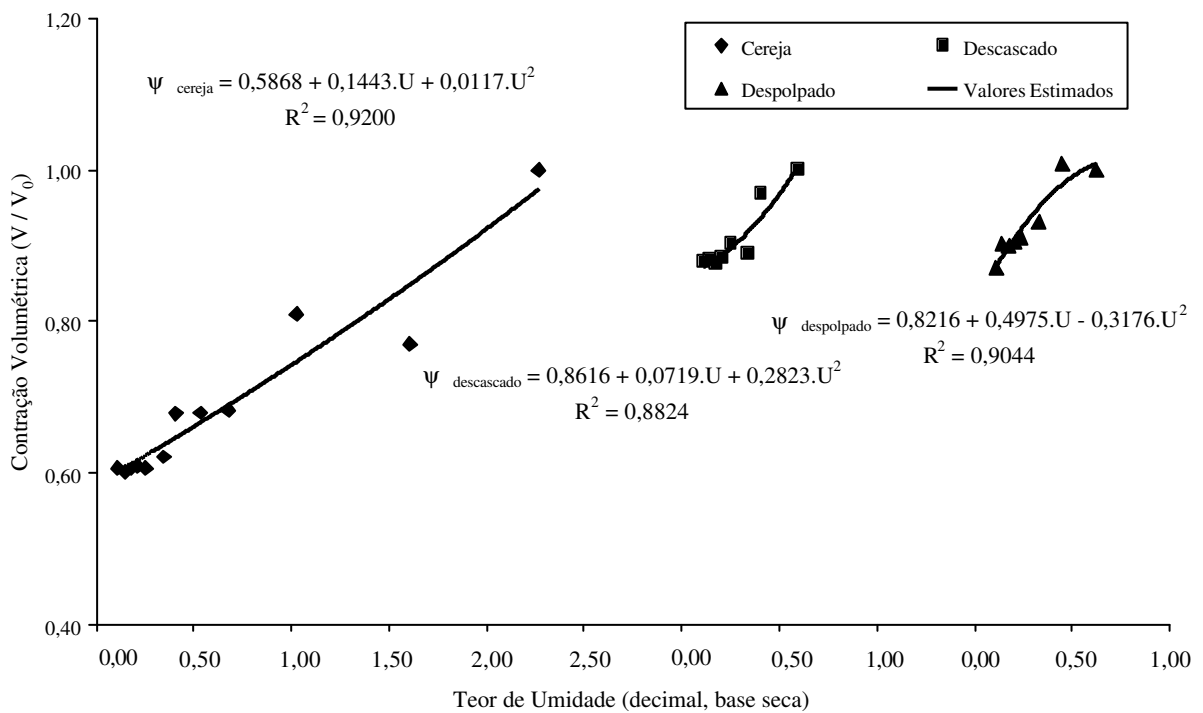


FIGURA 3.4- Valores experimentais e estimados de contração volumétrica (Ψ) de frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado, em função do teor de umidade do produto (U).

Observa-se na Figura 3.3 a existência de uma correlação positiva entre os valores de volume dos frutos e grãos e o teor de umidade, ou seja, a redução dos valores de umidade durante o processo de secagem do café está associado a diminuição do volume do produto, independentemente da forma de preparo analisada, como verificado por diversos autores para vários produtos agrícolas (LANG et al., 1994; AFONSO JÚNIOR et al., 2000). Verifica-se, na Figura 3.4, que a redução do teor de umidade dos frutos de café cereja de 2,27 b.s. para 0,11 b.s. promoveu uma diminuição de, aproximadamente, 39% do volume do produto, quando comparado com seu volume inicial, concordando com os resultados encontrados por VILELA (1977) para frutos de café da variedade Mundo Novo. Para o café descascado a redução do teor de umidade dos grãos de 0,60 b.s. para 0,11 b.s. foi responsável pela diminuição de, aproximadamente, 12% do volume, em relação ao seu volume inicial, enquanto que para os grãos de café despulpado, uma redução do teor de umidade de 0,62 b.s. para 0,11 b.s., provocou uma diminuição média de, aproximadamente, 13% do volume do grão, caracterizando não haver grandes diferenças dos valores de volume dessas duas formas de preparo do café.

As curvas das equações ajustadas e os valores médios das massas específicas real e aparente dos frutos e grãos de café das diversas formas de preparo analisadas, em função do teor de umidade do produto, podem ser visualizadas nas Figura 3.5 e 3.6, respectivamente.

Verifica-se, nas Figuras 3.5 e 3.6, um comportamento diferente das massas específicas real e aparente para os frutos de café cereja, quando comparados com os grãos de café preparados na forma descascado e despulpado, indicando ter havido alterações relevantes no produto, devido à etapa de retirada da casca e mucilagem (parcial ou integral) dos frutos de café. Entretanto, para as formas de preparo descascado e despulpado, observa-se um comportamento semelhante, não apresentando grandes diferenças entre os valores obtidos de massa específica. Porém, se as equações ajustadas forem utilizadas em um intervalo de teor de umidade comum a todas as formas de preparo, as massas específicas real e aparente, em geral, apresentam o mesmo comportamento de redução de seus valores durante a operação de secagem.

Observa-se, ainda nas Figuras 3.5 e 3.6, a influência da presença da casca e mucilagem do produto para a forma de preparo cereja, na superioridade dos resultados de massa específica real e aparente, quando analisados em relação aos valores obtidos para os cafés descascado e despulpado, compostos apenas de grão e pergaminho, e parte da mucilagem para

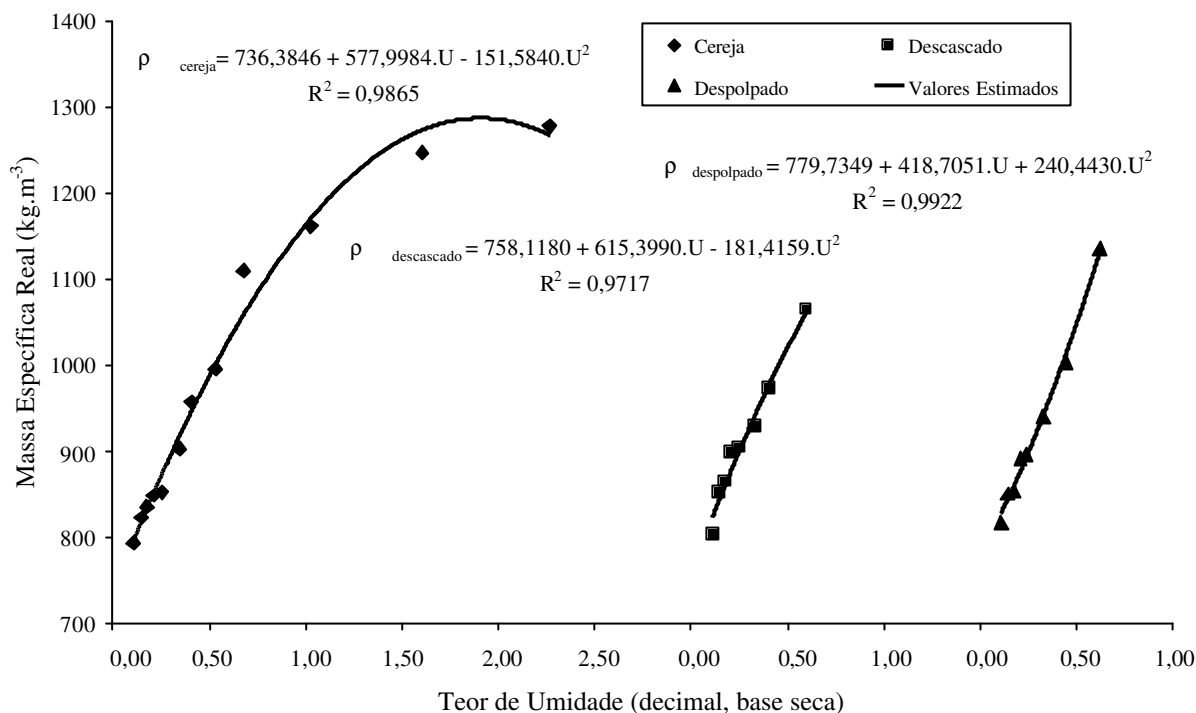


FIGURA 3.5- Valores experimentais e estimados de massa específica real (ρ) de frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, em função do teor de umidade do produto (U).

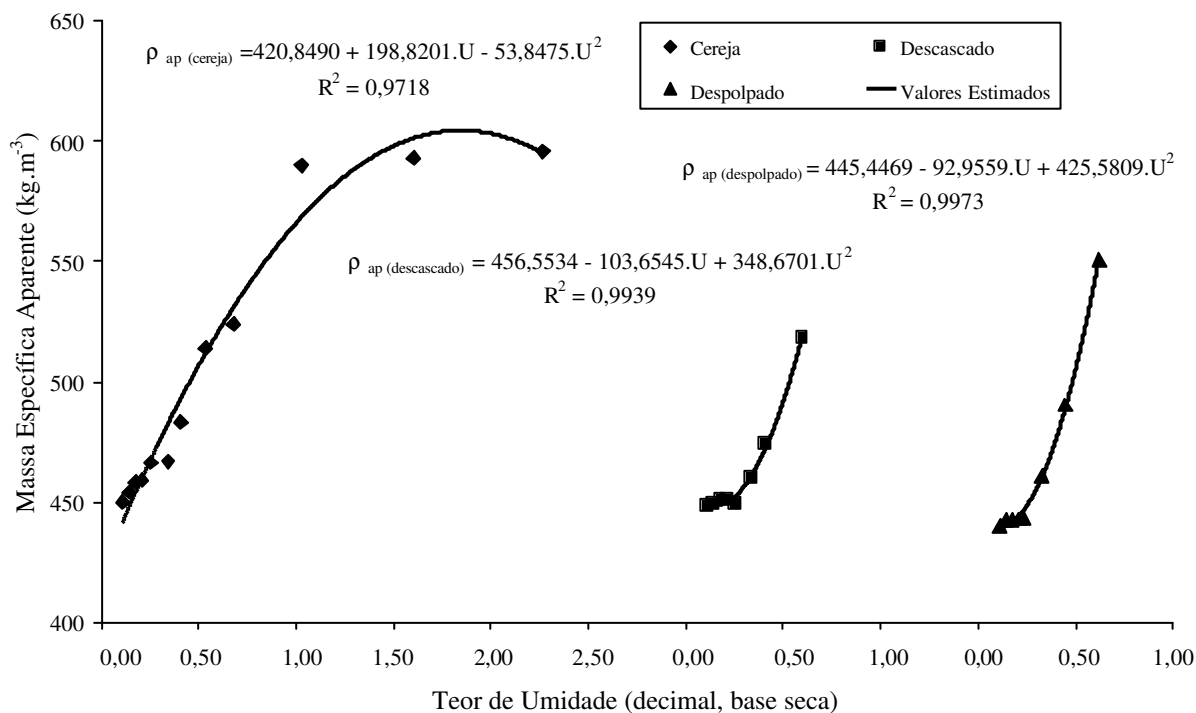


FIGURA 3.6- Valores experimentais e estimados de massa específica aparente (ρ_{ap}) de frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, em função do teor de umidade do produto (U).

o caso do café descascado, principalmente para teores de umidade baixos. Nota-se também nestas figuras que os valores de massa específica real e aparente tendem a uma variação menor para baixos teores de umidade; o que se explica pelo fato da casca e do pergaminho desses cafés se contraírem de modo diferenciado do grão, sendo que o grão sofre mudanças volumétricas mais acentuadas que a casca e, ou, o pergaminho que o envolve, de tal forma que os valores de massa específica, tanto a real quanto a aparente, sofrem uma variação reduzida em função da pequena mudança do volume do conjunto casca-pergaminho-grão. Isto faz com que o comportamento dessas propriedades físicas apresentem-se de maneira diferente que a apresentada pela maioria dos grãos agrícolas, cujos valores tendem a aumentar com o decréscimo do teor de umidade do produto (MOSHENIN, 1986; BROOKER et al., 1984).

Na Figura 3.7 podem se observadas as curvas das equações ajustadas para porosidade, em função do teor de umidade das amostras de café cereja, descascado e despulpado e, também, os valores médios obtidos experimentalmente.

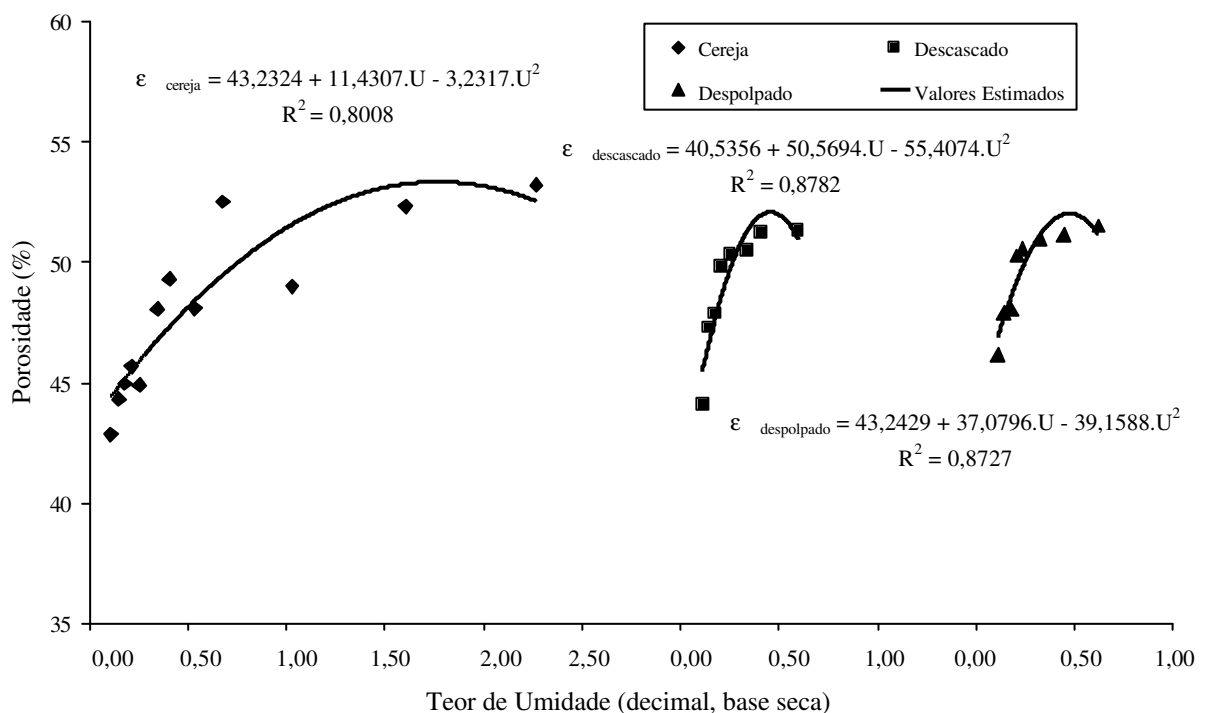


FIGURA 3.7- Valores experimentais e estimados de porosidade (ϵ) de frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, em função do teor de umidade do produto (U).

Verifica-se, na Figura 3.7, que a porosidade da massa de frutos e grãos de café tende a crescer com a elevação do teor de umidade até um determinado valor, passando em seguida a decrescer, independentemente da forma de preparo do produto. Segundo MACMINN e MAGEE (1987), uma explicação para tal fato se deve às modificações estruturais associadas às alterações celulares do produto, devido a retirada de água durante o processo de secagem. Observa-se, ainda, que para a forma de preparo cereja os valores de porosidade da massa de produto foram inferiores àqueles das formas de preparo descascado e despolpado, indicando uma possível influência da casca, alterando a forma do produto e, conseqüentemente, na acomodação dos frutos, interferindo no volume de ar presente na massa granular. Nota-se também que o comportamento da propriedade física porosidade da massa de frutos e grãos de café, em função do teor de umidade, apesar da tendência das massas específicas real e aparente do produto diferirem daquelas observadas para outros tipos de grãos, apresenta a mesma tendência da maioria dos produtos agrícolas já estudados e descritos em literatura especializada. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por COUTO et al. (1999) ao estudarem o efeito do teor de umidade sobre algumas características físicas, incluindo porosidade, de frutos de café de diferentes variedades e estádios de maturação.

3.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo do efeito do teor de umidade sobre as propriedades físicas dos frutos e grãos de café, pôde-se concluir que:

- a variação das propriedades físicas, massa específica real e aparente dos frutos e grãos de café, em função do teor de umidade, apresenta tendência diferente daquela observada para a maioria dos grãos agrícolas. Já a porosidade da massa granular do café e do volume do produto apresentam comportamento semelhante ao apresentado por diversos grãos, durante o processo de redução de umidade;
- o volume e as massas específicas real e aparente do café, das diferentes formas de preparo analisadas, aumentam com a elevação do teor de umidade do produto; enquanto a porosidade cresce com o aumento do teor de umidade dos frutos e grãos de café, até um valor máximo, passando em seguir a decrescer;
- o volume dos frutos e grãos de café dos diferentes tipos de preparo, diminui com a perda de umidade dos mesmos, sendo a contração volumétrica do café cereja da ordem de 39% de seu

volume inicial, para uma redução de umidade de 2,27 b.s. para 0,11 b.s. Para o café descascado a contração do volume de seus grãos, para uma diminuição do teor de umidade de 0,60 b.s. para 0,11 b.s., foi de aproximadamente 12% de seu volume inicial, não havendo grandes diferenças entre os valores obtidos para os grãos de café descascado e despulpado, que apresentaram uma redução de volume de 13% para uma diminuição do teor de umidade de 0,62 para 0,11 b.s.;

- a equação polinomial de 2º grau, com seus coeficientes determinados em função do teor de umidade dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, ajustou-se adequadamente aos dados experimentais das propriedades físicas estudadas.

CAPÍTULO 4

PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ

4.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades térmicas dos produtos de origem vegetal é de fundamental importância para o correto dimensionamento de equipamentos necessários ao processamento pós-colheita desses produtos e para a simulação dos diversos processos e fenômenos a que o material é submetido (SOARES, 1988; FANG et al., 1997).

De acordo com MOHSENIN (1980) e ROSSI e ROA (1980), para prever as mudanças térmicas internas de um produto sujeito às etapas de resfriamento, secagem e armazenagem, torna-se necessário a determinação de suas principais propriedades térmicas: calor latente de vaporização da água do produto, calor específico, condutividade e difusividade térmica. Segundo ROSSI et al. (1982) a determinação das propriedades térmicas de uma massa granular porosa deve ser feita observando-se a existência de uma massa de ar presente na massa total do produto, ou seja, deve ser considerada a determinação aparente destas propriedades.

Tem sido demonstrado que diversos fatores, principalmente os que atuam depois da colheita do café, atuam como causadores de modificações indesejáveis e prejudiciais à qualidade do produto. No entanto, algumas técnicas utilizadas depois da colheita, como o descascamento, assim como a retirada da mucilagem dos frutos maduros, têm-se mostrado eficiente na melhoria da qualidade do produto (DIAS e BARROS, 1993).

O café, depois de colhido, pode ser pré-processado de duas formas distintas, por via seca ou via úmida. Na forma de preparo por via seca o fruto é processado na sua forma integral (com casca ou cereja), enquanto na forma de preparo por via úmida, obtém-se o café despulpado e sem mucilagem. Entretanto, o preparo por via úmida tem ultimamente sofrido modificações com o objetivo de simplificação do processo. Uma destas alterações é a utilização do descascamento ou despulpa sem a fase de fermentação ou retirada da mucilagem, ou seja, depois da etapa de retirada da casca o produto é submetido diretamente à secagem.

A otimização dos diferentes processos empregados no controle e conservação da qualidade do café depois da colheita requer o estudo da transferência de calor e de massa, juntamente com a descrição de fenômenos a elas associados. Modificações físicas em produtos agrícolas submetidos aos processos de secagem, aeração e armazenagem, decorrente de mudanças da concentração de água no interior do produto, podem ser calculadas com base em equações matemáticas que levem em consideração as relações existentes entre essas propriedades e seu teor de umidade. Porém, para as formas de preparo pós-colheita do fruto do cafeeiro, com exceção da forma integral, existem na literatura especializada poucas referências a respeito do comportamento dessas propriedades no material processado.

Em vista do exposto e devido ao fato da escassez de informações na literatura para as diferentes formas de preparo do café (cereja, descascado e despulpado), desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de determinar as propriedades térmicas: calor latente de vaporização da água do produto, calor específico, condutividade e difusividade térmica, em função do teor de umidade do produto.

4.2. REVISÃO DE LITERATURA

Uma propriedade importante dos produtos agrícolas a ser estudada quando se pretende conservá-lo empregando-se o método da desidratação parcial é a entalpia de vaporização ou calor latente de vaporização da água do produto, que representa a quantidade de energia necessária para evaporar uma unidade de massa de água contida no produto sob determinadas condições de secagem (PEREIRA e QUEIROZ, 1987).

Segundo CARVALHO (1994) a energia necessária para romper as ligações físico-químicas da água associada a estrutura dos produtos agrícolas, para mudança de fase líquido-vapor, é significativamente maior que a energia requerida para volatilizar a mesma quantidade

de água livre nas mesmas condições. Clausius-Clapeyron desenvolveram estudos com base em teorias termodinâmicas com o objetivo de definir uma equação que representasse a pressão de vapor de um sistema líquido-vapor em equilíbrio, ou seja, que quantificasse os valores de calor latente de vaporização considerando sua temperatura e seu teor de umidade (VAN WYLEN e SONNTAG, 1976; HALL, 1980). A equação desenvolvida tem a seguinte forma:

$$\frac{\partial P_v}{\partial T_{abs}} = \frac{h}{(V_v - V_l) \cdot T_{abs}} \quad (4.1)$$

em que

P_v	=	pressão de vapor da água, para determinada temperatura e a uma determinada condição de umidade de equilíbrio (U_e), Pa
T_{abs}	=	temperatura absoluta, K
h	=	calor latente molar de vaporização da água, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
V_v	=	volume específico do vapor de água saturado, $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
V_l	=	volume específico da água no estado líquido, $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

Como em grãos, o volume de água no estado líquido (V_l) é muito inferior ao volume de água na forma de vapor (V_v) e considerando que o vapor d'água comporta-se como um gás perfeito (TAGAWA et al., 1993), tem-se que :

$$\frac{\partial P_v}{\partial T_{abs}} = \frac{h \cdot P_v}{R \cdot (T_{abs})^2} \quad (4.2)$$

em que

R	=	constante universal dos gases, $287 \text{ J} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
-----	---	--

OTHMER (1940) considerando a entalpia de vaporização da água dos produtos agrícolas constante para um determinado intervalo de temperatura, propôs a seguinte equação para quantificar a pressão parcial do vapor da água contido em materiais capilares porosos:

$$\ln(P_v) = -\frac{h_{lv}}{R} \cdot \frac{1}{T_{abs}} + C \quad (4.3)$$

em que

h_{lv} = calor latente de vaporização da água do produto, à temperatura de equilíbrio, kJ.kg^{-1}

C = constante de integração

Aplicando-se a equação Clausius-Clapeyron para água livre, considerando-se o valor da pressão de vapor como a pressão de vapor de saturação da água livre, e combinando esta com a equações para um sistema poroso, obtém-se:

$$\ln(P_v) = \left(\frac{h_{lv}}{h'_{lv}} \right) \cdot \ln(P_{vs}) + C \quad (4.4)$$

em que

h'_{lv} = calor latente de vaporização da água livre, a temperatura de equilíbrio, kJ.kg^{-1}

P_{vs} = pressão de vapor de saturação da água livre, a temperatura de equilíbrio, Pa

De acordo com BROOKER et al. (1992) as curvas de umidade de equilíbrio higroscópico das produtos biológicos fornecem as informações necessárias para o cálculo do calor latente de vaporização, uma vez que para dado teor de umidade de equilíbrio, a determinada temperatura, tem-se uma umidade relativa de equilíbrio correspondente. Por definição, umidade relativa representa a razão entre a pressão de vapor da água existente e a pressão de vapor de saturação da água:

$$UR = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad \therefore \quad P_v = UR \cdot P_{vs} \quad (4.5)$$

em que

UR = umidade relativa do ar, decimal

A pressão de vapor de saturação e entalpia de vaporização da água livre podem ser

obtidos em tabelas apropriadas ou calculadas empregando-se equações termodinâmicas, para as temperaturas correspondentes (BERISTAIN et al., 1994; CORRÊA e MOURE, 2000).

Uma equação para representar a entalpia de vaporização da água de grãos de trigo em função de seu conteúdo de umidade foi apresentada por GALLAHER (1951), na forma:

$$\frac{h_{IV}}{h'_{IV}} = 1 + a \cdot \exp(-b \cdot U) \quad (4.6)$$

em que

U = teor de umidade do produto, decimal base seca

a, b = parâmetros que dependem da natureza do produto

VILLA et al. (1978) utilizando os parâmetros da equação de umidade de equilíbrio higroscópico estabelecidos por VILELA (1977) para café cereja, variedade Mundo Novo, obtiveram uma equação de calor latente de vaporização ajustando o modelo de Gallaher. Este mesmo modelo matemático foi ajustado com sucesso por TREJOS et al. (1989) para calcular o calor latente de vaporização da água de grãos de café beneficiado e com pergaminho da variedade Caturra. ROSSI e ROA (1980) compararam, para as mesmas condições de umidade e temperatura, os valores de entalpia de vaporização da água dos frutos de café com os valores obtidos para soja e milho, e verificaram que a energia necessária para evaporar a água do café cereja é cerca de 80% maior que a utilizada para os outros dois tipos de grãos. Os autores argumentam que a baixa difusividade da água no interior do fruto do café pode ser a responsável pelo aumento substancial da energia requerida.

Segundo Rodrigues-Arias, citado por BROOKER et al. (1992), e STROHMAN e YOEGER (1967) estudando o equilíbrio higroscópico de grãos de milho e CALVALCANTI MATA (1997) analisando sementes de feijão, o modelo apresentado por Gallaher permite uma estimativa adequada do calor latente de vaporização da água de grãos agrícolas; entretanto, CORRÊA et al. (1998) investigando o processo de dessorção de sementes de milho-pipoca, para melhorar as estimativas de entalpia de vaporização de produtos biológicos, propôs a inclusão de um novo parâmetro na equação de Gallher, de acordo com a seguinte expressão:

$$\frac{h_{IV}}{h'_{IV}} = 1 + a \cdot \exp(-b \cdot U^c) \quad (4.7)$$

em que

c = parâmetro que depende da natureza do produto

Wang, citado por NOOMHOM e VERMA (1986), desenvolveu o seguinte modelo matemático para prever o calor latente de vaporização da água de grãos de arroz:

$$\frac{h_{lv}}{h'_{lv}} = (a + b \cdot T) \cdot U^c \quad (4.8)$$

MURATA et al. (1988) avaliaram o comportamento do calor de vaporização da água de diversos produtos agrícolas e sugeriram uma outra equação para representar a relação entre o teor de umidade do produto e a entalpia de vaporização, posteriormente aplicada por TAGAWA et al. (1993) para o trigo, confirmando ser essa equação apropriada para prever valores de h_{lv} , a equação apresentada tem a forma:

$$\frac{h_{lv}}{h'_{lv}} = 1 + \exp\left[-a \cdot T^b \cdot \exp(-c \cdot T^d \cdot U^e)\right] \quad (4.9)$$

em que

T = temperatura, °C

d, e = parâmetros que dependem da natureza do produto

Segundo INCROPERA e DEWITT (1992) a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo de 1 °C é denominada de capacidade calorífica do corpo, que é proporcional à sua massa. Por sua vez, a capacidade calorífica de um corpo por unidade de massa é conhecida como calor específico. Diversos pesquisadores estudaram o comportamento dessa propriedade térmica com a variação do teor de umidade de vários materiais biológicos e observaram existir uma relação em que o aumento do teor de umidade provoca elevação dos valores de calor específico (SHARMA e THOMPSON, 1973; MOURA et al., 1998).

CORRÊA et al. (2000) determinaram os valores de calor específico para frutos de café cereja de diferentes variedades (Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Mundo Novo, Catimor e Conilon) e ajustaram equações de regressão aos valores experimentais, em função do conteúdo de umidade de produto, e verificaram que o calor específico do café apresentou um comportamento linear de dependência com o teor de umidade, não podendo essa relação ser representada por uma única equação comum para todas as variedades analisadas. O modelo linear de regressão tem sido o que melhor representa o comportamento do calor específico em

função do teor de umidade, como observado por diversos autores para vários produtos agrícolas (DUNCAN et al., 1968; WRIGHT e PORTERFIELD, 1970; MUIR e VIRAVANICHA, 1972; ALMEIDA, 1979; ROSSI et al., 1982).

Vários são os métodos para determinação do calor específico de materiais biológicos: processo das misturas, calorímetro de varredura diferencial, bomba calorimétrica e calorimetria do gelo (WARATTEN et al., 1969; CHAKRABARTI e JOHNSON, 1972). Esses métodos baseiam-se no equilíbrio térmico estabelecido entre o material em estudo e um segundo corpo de calor específico conhecido, geralmente, água ($4,186 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$) ou tolueno ($1,630 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$). Outra forma empregada para determinação do calor específico, de acordo com DROUZAS e SARAVACOS (1988), consiste na solução da razão entre a condutividade térmica e a difusividade térmica e massa específica do produto, usando-se a expressão:

$$C_p = \frac{k}{\rho_{ap} \cdot \alpha} \quad (4.10)$$

em que

C_p = calor específico do produto, $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

k = condutividade térmica do produto, $\text{W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

ρ_{ap} = massa específica do produto, kg.m^{-3}

α = difusividade térmica do produto, $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$

ROSSI e ROA (1976), a partir dos dados experimentais de densidade aparente, condutividade e difusividade térmica, determinaram, utilizando a equação 4.10, o calor específico do café, variedade Mundo Novo, e obtiveram os valores de $2,44 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ para frutos com teor de umidade de 11,8% base úmida e $3,56 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ para o produto "in natura" (21,1% verdes, 29,4% cerejas, 41,7% passas e 7,8% grãos soltos) com umidade de 59,1%b.u.

Segundo ALMEIDA (1979) e SASSERON (1984), dada a dificuldade de determinação utilizando-se outros métodos, o método rotineiramente utilizado para determinação do calor específico de produtos agrícolas, tais como grãos e cereais, é o das misturas proposto por MOHSENIN (1980), que baseia-se em estabelecer o equilíbrio térmico de massas conhecidas de água e produto, com diferentes temperaturas, em calorímetro com capacidade calorífica conhecida.

Muitos dos problemas relacionados a secagem e ao armazenamento de produtos agrícolas podem ser analisados pela utilização de princípios de transferência de calor. Para isto é necessário o conhecimento, além da entalpia de vaporização e do calor específico do produto, das propriedades: condutividade e difusividade térmica.

De acordo com INCROPERA e DEWITT (1992), condutividade térmica define a quantidade de calor que é transmitida por unidade de tempo entre duas superfícies, através de uma unidade de área, devido a um gradiente de temperatura, podendo ser descrita pela expressão:

$$q = -k \cdot \nabla T \quad (4.11)$$

em que

$$q = \text{fluxo de calor, } W.m^{-2}$$

$$\nabla T = \text{gradiente de temperatura, } ^\circ C.m^{-1}$$

O sinal negativo da equação indica que o calor é transferido em sentido contrário ao gradiente de temperatura. A transferência de calor é um processo pelo qual a energia térmica flui de uma região de alta temperatura para outra de mais baixa temperatura dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou, entre meios diferentes em contato físico (INCROPERA e DEWITT, 1992).

A condução de energia térmica em produtos agrícolas ocorre normalmente durante os processos de aquecimento ou resfriamento; no entanto, isto envolve o acúmulo ou dissipação de calor, que resultam em variações na distribuição de temperatura do material com o tempo. A taxa com a qual o calor é difundido para dentro ou fora do material é dependente da difusividade térmica do produto (PABIS et al., 1988). Estudos realizados por KAZARIAN e HALL (1965) confirmam que a magnitude da difusividade térmica influencia a cinética de secagem de grãos agrícolas.

A transferência de calor através de frutos e grãos é um processo complexo. Devido à heterogeneidade desses materiais, visto que variam na estrutura celular, composição química e conteúdos de água e ar, é esperada uma variação na condutividade e difusividade térmica destes produtos; entretanto, diversos pesquisadores afirmam que os valores dessas propriedades podem variar ainda com a estrutura física, densidade e temperatura do material (STOLF, 1972; PARK et al., 1997).

CHANG (1986) estudou, para diversos teores de umidade, o efeito da densidade aparente sobre a condutividade térmica de diferentes tipos de grãos (milho, sorgo e trigo) e verificou uma relação diretamente proporcional entre as propriedades estudadas, podendo ser satisfatoriamente representada por uma função linear. Comportamento semelhante tem sido observado com relação ao efeito da temperatura e do teor de umidade sobre a condutividade e difusividade térmica, que tem sido objeto de estudo de vários autores trabalhando com diversos produtos vegetais, embora alguns pesquisadores tenham expressado essa relação por polinômios de segunda ordem (WRATTEN et al., 1969; CHANDRA e MUIR, 1971; SREENARAYANAN e CHATTOPADHYAY, 1986; DUTTA et al., 1988; ZURITZ et al., 1989; ALAGUSUNDARAM et al., 1991; FANG et al., 1997). No entanto, para produtos de origem vegetal, segundo MOHSENIN (1980), a dependência da condutividade e difusividade térmica com a estrutura celular, densidade e umidade é superior do que a da temperatura.

De acordo com PARK et al. (1999) há muitos métodos para avaliar as propriedades térmicas de grãos e sementes, porém o método usualmente adotado é o método de estado transiente, devido a grande vantagem de requerer menor tempo de teste e apresentar maior precisão dos resultados. Contrapõe-se à determinação em regime transiente a determinação em regime estacionário. Segundo REIDY e RIPPEN (1971) os métodos de estado estacionário podem ser divididos em: método das placas paralelas, método do cilindro concêntrico e método da esfera concêntrica. Estes três métodos requerem uma solução das equações de transferência de calor em coordenadas retangulares (JIANG et al., 1986), cilíndricas (PARK, 1999) e esféricas, respectivamente. A equação Fourier, que governa a condução de calor no estado transiente, foi desenvolvida para três formas elementares: bloco infinito (KAZARIAN e HALL, 1965), cilindro infinito (CHANDRA e MUIR, 1971; POULSEN 1982) e esfera (WATTS e BILANSKI, 1973). REIDY e RIPPEN (1971) analisando os métodos de determinação das propriedades térmicas em estado transiente concluíram que o método mais adequado para grãos é o método do cilindro teoricamente infinito com fonte linear de aquecimento.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas do Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem - CENTREINAR, Viçosa, MG.

Foram utilizados frutos de café da espécie *Coffea arabica*, variedade Catuaí Vermelho, colhidos manualmente. Foram selecionados somente os frutos maduros no estágio cereja, sendo retirado também manualmente a polpa de uma parte desses frutos (descascado), e uma parcela destes tendo sua mucilagem retirada por imersão em água (despolpado), segundo metodologia citada por DIAS e BARROS (1993). Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

Posteriormente, os diferentes lotes de café foram secos em estufa com ventilação forçada com temperatura do ar de, aproximadamente, 35 ± 3 °C, até diferentes níveis de teores de umidade. O acompanhamento da redução do teor de umidade com o decorrer do tempo de secagem foi realizado pelo método gravimétrico (perda de peso), conhecendo-se o teor de umidade inicial do produto. Para este monitoramento foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,01g. Os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa, 105 ± 1 °C, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001). Ao término de cada tratamento de secagem as amostras eram homogeneizadas e encaminhadas para determinação de suas propriedades térmicas.

O calor latente de vaporização da água foi determinado pelo método de OTHMER (1940) para diferentes valores de temperatura e teor de umidade do produto. Os valores de P_v foram obtidos por meio da equação 4.5 calculando-se a umidade relativa (UR) a partir das equações de equilíbrio higroscópico, com suas constantes determinadas anteriormente no capítulo sobre equilíbrio higroscópico para diferentes formas de preparo do café:

- Cereja

$$U_e = \left(2,0222 + 0,0288 \cdot T - 18,7397 \cdot UR^{8,6181} \right)^{-2,1385} \quad (4.12)$$

- Descascado

$$U_e = \left(1,8062 + 0,0273 \cdot T - 9,8728 \cdot UR^{7,0075} \right)^{-2,4999} \quad (4.13)$$

- Despolpado

$$U_e = \left(2,9636 + 0,0530 \cdot T - 10,7837 \cdot UR^{4,5136} \right)^{-1,6503} \quad (4.14)$$

em que

U_e = teor de umidade de equilíbrio, decimal base seca

A pressão de vapor de saturação e a entalpia de vaporização da água livre, à temperatura de equilíbrio, foi calculada empregando-se as equações termodinâmicas (TREJOS et al., 1989; CORRÊA, 1998):

$$P_{vs} = 0,61078 \times 10^{[(7,5 \cdot T)/(237,3+T)]} \quad (4.15)$$

$$h'_{lv} = 2.502,49 - 2,43 \cdot T \quad (4.16)$$

Em seguida, substituindo para diversas combinações de temperatura e teor de umidade de equilíbrio, os correspondentes valores de Pv e Pvs na equação 4.4, foram obtidos os valores de h_{lv}/h'_{lv} por meio de regressão linear, que representam os coeficientes angulares ou inclinações das retas traçadas em gráficos bilogármticos de Pv em função de Pvs. Uma vez calculada a entalpia de vaporização da água livre pela equação 4.16, determinou-se o valor do calor latente de vaporização da água do produto. Obtidos os valores de h_{lv} , para cada forma de preparo do café e para os diversos pares de temperatura e teor de umidade de equilíbrio pré-estabelecidos, foram realizadas análises de regressão não linear, utilizando-se o programa computacional ESTATISCA 5.0, e ajustada a equação obtida pela associação das equações 4.7 e 4.16:

$$h_{lv} = (2.502,49 - 2,43 \cdot T) \cdot [1 + a \cdot \exp(-b \cdot U^c)] \quad (4.17)$$

O calor específico do café para os diferentes teores de umidade e forma de preparo foi determinado pelo método das misturas, com três repetições para cada tratamento, de acordo com técnica descrita por SASSERON (1986). Neste método, o produto com massa e temperatura conhecidas foi colocado em um calorímetro (Figura 4.1) de capacidade térmica conhecida, contendo água a uma temperatura e massa também conhecidas. Atingido o equilíbrio térmico da mistura o calor específico do produto foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$C_p \cdot M_p \cdot (T_e - T_p) = C_a \cdot M_a \cdot (T_a - T_e) + C \cdot (T_a - T_e) \quad (4.18)$$

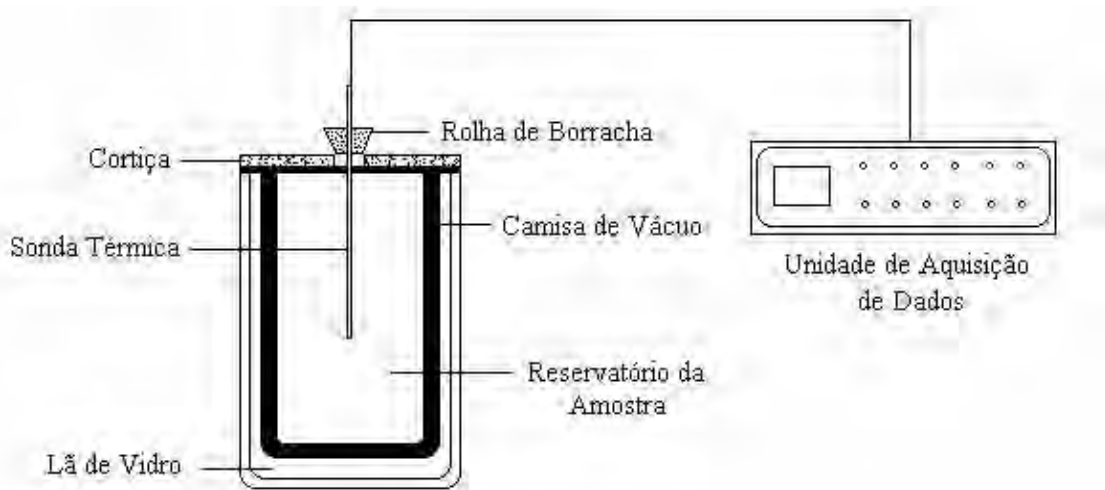


FIGURA 4.1 - Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação do calor específico.

em que

C_p	=	calor específico do produto, $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
C_a	=	calor específico da água, $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
C	=	capacidade calorífica do calorímetro, kJ.°C^{-1}
M_p	=	massa de produto, kg
M_a	=	massa de água, kg
T_p	=	temperatura do produto, °C
T_a	=	temperatura da água, °C
T_e	=	temperatura de equilíbrio, °C

Para determinação da condutividade térmica e análise do fluxo de calor transiente através da massa granular de café, empregou-se o método do cilindro teoricamente infinito (Figura 4.2), segundo metodologia descrita por CHANDRA e MUIR (1971) e ROSSI e ROA (1980). A equação seguinte foi utilizada para descrever o fluxo de calor em uma fonte linear:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \quad (4.19)$$

em que

t	=	tempo, s
r	=	distância radial da fonte de calor, m

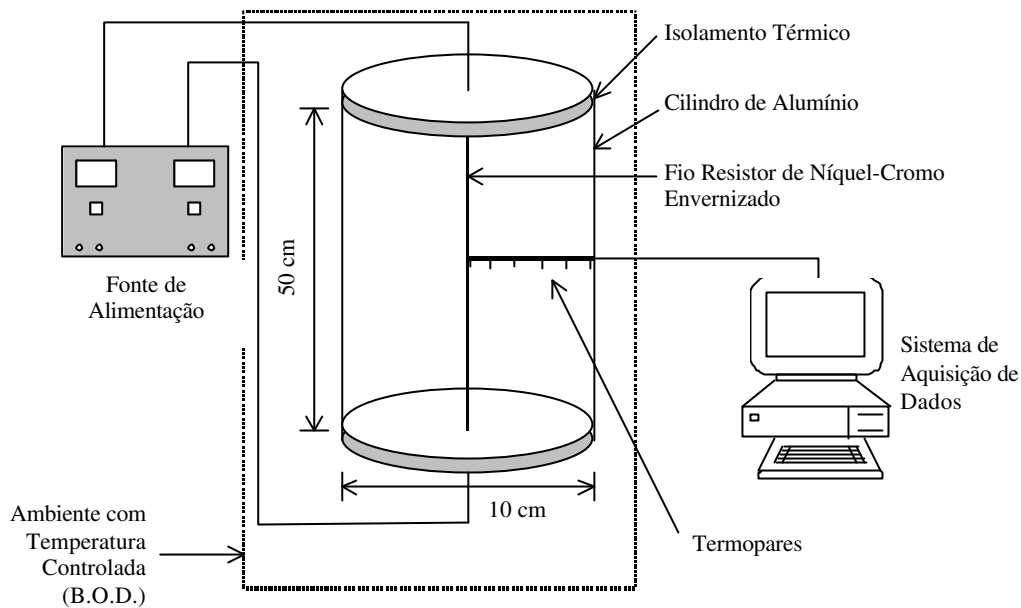


FIGURA 4.2 - Desenho esquemático do dispositivo experimental para determinação da condutividade térmica.

Este método consiste na utilização de um cilindro de alumínio com diâmetro e comprimento pré-determinado, tendo no centro um fio condutor de níquel-cromo, protegido por uma camada de verniz, pelo qual fez-se circular uma corrente elétrica de baixa intensidade a baixa tensão (aproximadamente 1A e 2,5V). De acordo com INCROPERA e DEWITT (1992), o cilindro teoricamente infinito é uma idealização que possibilita adotar a hipótese da condução unidimensional na direção radial, sendo considerado uma aproximação razoável se a razão entre o comprimento e o raio do cilindro for igual ou inferior a 10.

A temperatura foi monitorada por meio de termopares colocados a meia altura do cilindro e distanciados de um centímetro entre eles. A condutividade térmica da massa de café foi obtida em regime transiente, por coordenadas cilíndricas, pela equação:

$$k = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot (T_2 - T_1)} \cdot \ln \left(\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \right) \quad (4.20)$$

em que

- Q = calor fornecida ao fio, W
T = temperatura no tempo t, °C
(t) = fator de correção, s
t₀ = fator de correção, s

Segundo CHANDRA e MUIR (1971) e CHANG (1986), o fator de correção t_0 tem a função de compensar a perda de parte do calor fornecido ao sistema utilizado para aquecer o resistor elétrico no início do processo de transferência de energia para a massa de produto, sendo calculado como uma função do logaritmo dos valores de tempo e das diferenças entre as temperaturas observadas ao longo do tempo e a temperatura inicial do sistema.

Depois de determinados os valores de calor específico e a condutividade térmica da massa granular de café, a difusividade térmica da massa de produto, para as diferentes formas de preparo, foi determinada utilizando-se a equação 4.10, para a faixa de umidade estudada. A massa específica aparente foi calculada utilizando-se as equações obtidas anteriormente no capítulo de propriedades físicas do café:

- Cereja

$$\rho_{ap} = 420,8490 + 198,8201 \cdot U - 53,8475 \cdot U^2 \quad (4.21)$$

- Descascado

$$\rho_{ap} = 456,5534 - 103,6545 \cdot U + 348,6701 \cdot U^2 \quad (4.22)$$

- Despoldado

$$\rho_{ap} = 445,4469 - 92,9559 \cdot U + 425,5809 \cdot U^2 \quad (4.23)$$

em que

$$\rho_{ap} = \text{massa específica aparente do produto, kg.m}^{-3}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e seleção do modelo matemático adequado para expressar a relação entre as variáveis estudadas. Para relacionar as propriedades térmicas calor específico, condutividade e difusividade térmica dos frutos e grãos de café à variável estudada optou-se pelo modelo estatístico do tipo polinômio de segundo grau:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 U + \beta_2 U^2 + e \quad (4.24)$$

em que

Y = representa os valores das propriedades térmicas estudadas

β_0 = constante da regressão

$\beta_1 ; \beta_2$ = coeficientes da regressão

U = variável teor de umidade do produto, decimal base seca

e = erro aleatório

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 5.0, e estimou-se os valores dos parâmetros do modelo em função da variável independente teor de umidade do produto. O grau de ajuste dos modelos aos dados experimentais baseou-se na magnitude do coeficiente de determinação e do erro médio relativo, conforme descrito a seguir:

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum \left(\frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (4.25)$$

em que

P = erro médio relativo

n = número de observações

Y = valor observado experimentalmente

\hat{Y} = valor estimado pelo modelo

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4.1 estão apresentadas as umidades relativas de equilíbrio obtidas por meio das equações que melhor representaram o equilíbrio higroscópico dos frutos e grãos de café, obtidas anteriormente, e determinadas para os teores de umidade do café cereja de 0,12 a 2,10 base seca, e para as formas de preparo descascado e despulpado de 0,12 a 0,50 b.s., para a faixa de temperatura de 25 a 65°C.

Com os valores de umidade relativa de equilíbrio, determinou-se a pressão de vapor da umidade dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo, a partir da combinação das equações 4.5 e 4.15. A seguir foram determinados o logaritmo neperiano dos dados de pressão de vapor da água do produto (Pv) e de pressão de vapor de saturação (Pvs) para determinação do coeficiente angular, obtido por regressão linear como mostrado nas Figuras 4.3 a 4.5.

QUADRO 4.1- Umidades relativas de equilíbrio dos frutos e grãos de café, em função dos teores de umidade de equilíbrio e temperaturas pré-estabelecidas, para as diferentes formas de preparo do produto

Umidade Relativa de Equilíbrio (decimal)					
Ue	Temperatura (°C)				
(base seca)	25	35	45	55	65
<i>Café Cereja</i>					
0,12	0,4992	0,6269	0,6737	0,7041	0,7269
0,30	0,7106	0,7320	0,7495	0,7644	0,7773
0,60	0,7444	0,7600	0,7735	0,7854	0,7960
0,90	0,7565	0,7704	0,7827	0,7936	0,8035
1,20	0,7631	0,7762	0,7878	0,7983	0,8077
1,50	0,7675	0,7800	0,7912	0,8013	0,8106
1,80	0,7706	0,7828	0,7937	0,8036	0,8126
2,10	0,7729	0,7849	0,7956	0,8053	0,8142
<i>Café Descascado</i>					
0,12	0,5520	0,6386	0,6854	0,7184	0,7442
0,20	0,6681	0,7057	0,7340	0,7570	0,7765
0,25	0,6919	0,7234	0,7482	0,7690	0,7868
0,30	0,7071	0,7351	0,7580	0,7773	0,7941
0,35	0,7178	0,7437	0,7651	0,7835	0,7995
0,40	0,7259	0,7503	0,7707	0,7883	0,8039
0,45	0,7323	0,7556	0,7752	0,7923	0,8074
0,50	0,7375	0,7599	0,7790	0,7956	0,8103
<i>Café Despolpado</i>					
0,12	0,5412	0,6153	0,6671	0,7077	0,7414
0,20	0,6586	0,7008	0,7356	0,7654	0,7917
0,25	0,6863	0,7235	0,7550	0,7824	0,8068
0,30	0,7042	0,7385	0,7679	0,7939	0,8172
0,35	0,7168	0,7492	0,7773	0,8023	0,8248
0,40	0,7263	0,7574	0,7845	0,8087	0,8306
0,45	0,7338	0,7638	0,7902	0,8139	0,8353
0,50	0,7398	0,7691	0,7949	0,8181	0,8391

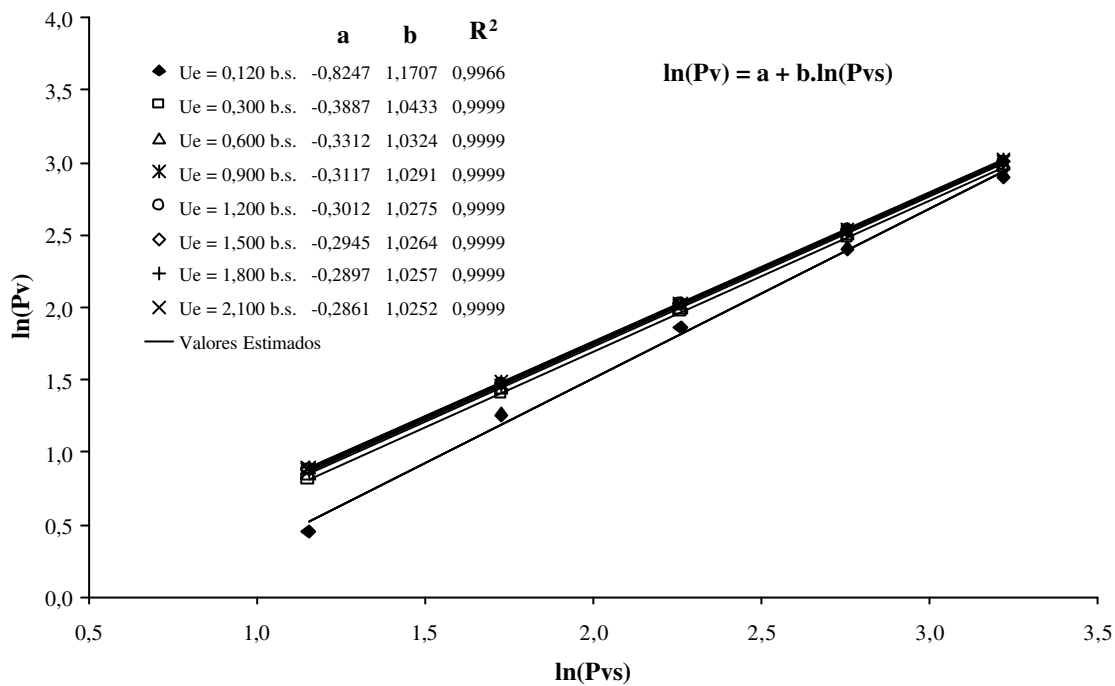


FIGURA 4.3- Curvas de regressão linear para determinação do coeficiente angular (b) das retas traçadas em gráfico do logaritmo de Pv em função do logaritmo de Pvs, para frutos de café cereja.

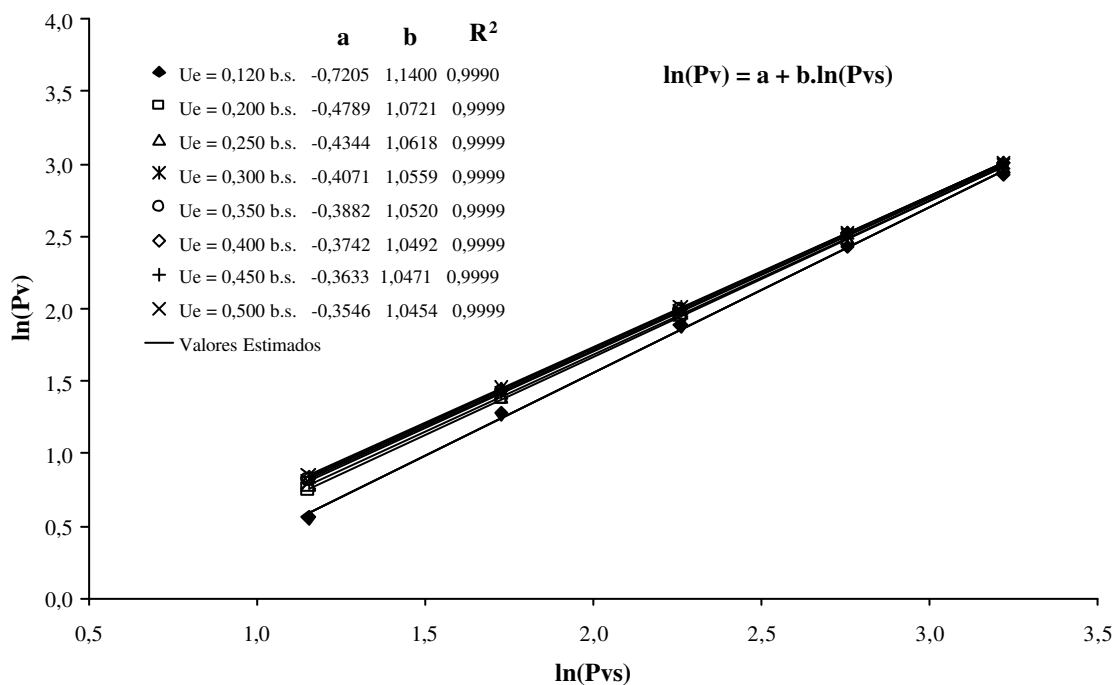


FIGURA 4.4- Curvas de regressão linear para determinação do coeficiente angular (b) das retas traçadas em gráfico do logaritmo de Pv em função do logaritmo de Pvs, para frutos de café descascado.

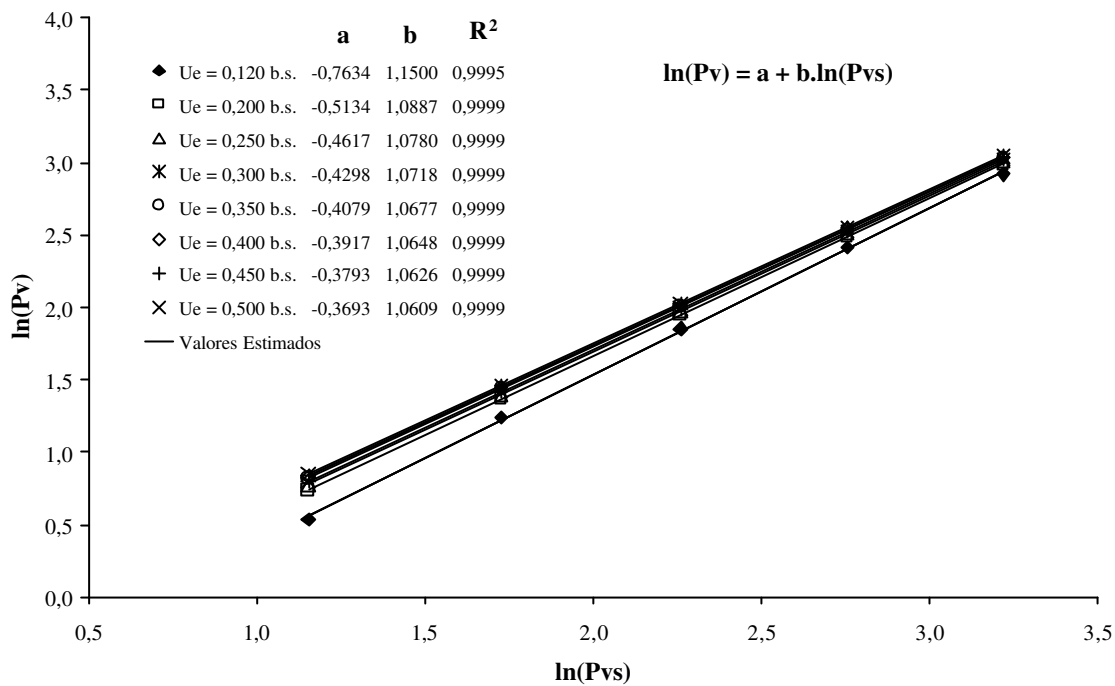


FIGURA 4.5- Curvas de regressão linear para determinação do coeficiente angular (b) das retas traçadas em gráfico do logaritmo de Pv em função do logaritmo de Pvs, para frutos de café despulpado.

Os valores calculados de calor latente de vaporização da água, com suas respectivas relações (h_{IV}/h'_{IV}), para as três formas de preparo do café, como função das variáveis teor de umidade e temperatura, são apresentados no Quadro 4.2.

No Quadro 4.2 é possível notar que a energia necessária para evaporar a água dos frutos e grãos de café aumenta com a diminuição do teor de umidade e da temperatura, independentemente da forma de preparo do produto. Verifica-se, de modo geral, que para teores de umidade mais elevados o valor do calor latente de vaporização é inferior ao observado para os frutos e grãos com baixos teores de umidade, tendendo esse valor a aproximar-se da energia empregada para evaporação da água livre. Esse fenômeno tem sido observado por outros autores, que afirmam que para se retirar água de grãos com baixo teor de umidade requer-se uma quantidade de energia, em média, superior àquela necessária para produtos mais úmidos (BROOKER et al., 1992; TAGAWA et al., 1993).

Quando comparados às mesmas condições de umidade e temperatura, os valores de calor latente de vaporização da água dos frutos e grãos de café (Quadro 4.2), observa-se que os dados obtidos para o café cereja são sempre maiores que os encontrados para as outras

QUADRO 4.2- Calor latente de vaporização da água dos frutos e grãos de café em função dos teores de umidade de equilíbrio e temperaturas pré-estabelecidas, para as diferentes formas de preparo do produto

Calor Latente de Vaporização (kJ.kg ⁻¹)						
Ue (base seca)	Temperatura (°C)					Coef. Angular (h _{IV} / h' _{IV})
	25	35	45	55	65	
Café Cereja						
0,12	2858,5450	2830,0970	2801,6490	2773,2010	2744,7530	1,1707
0,30	2547,4673	2522,1152	2496,7630	2471,4108	2446,0586	1,0433
0,60	2520,8524	2495,7651	2470,6777	2445,5904	2420,5031	1,0324
0,90	2512,7946	2487,7875	2462,7804	2437,7732	2412,7661	1,0291
1,20	2508,8879	2483,9196	2458,9514	2433,9831	2409,0149	1,0275
1,50	2506,2019	2481,2604	2456,3189	2431,3774	2406,4359	1,0264
1,80	2504,4927	2479,5682	2454,6437	2429,7192	2404,7947	1,0257
2,10	2503,2718	2478,3595	2453,4471	2428,5348	2403,6224	1,0252
Café Descascado						
0,12	2783,5840	2755,8820	2728,1800	2700,4780	2672,7660	1,1400
0,20	2617,7890	2591,7370	2565,6850	2539,6330	2513,5810	1,0721
0,25	2592,6400	2566,8380	2541,0360	2515,2340	2489,4330	1,0618
0,30	2578,2330	2552,5750	2526,9170	2501,2580	2475,6000	1,0559
0,35	2568,7100	2543,1470	2517,5830	2492,0200	2466,4560	1,0520
0,40	2561,8740	2536,3780	2510,8820	2485,3870	2459,8910	1,0492
0,45	2556,7460	2531,3010	2505,8570	2480,4120	2454,9680	1,0471
0,50	2552,5950	2527,1920	2501,7890	2476,3850	2450,9820	1,0454
Café Despoldado						
0,12	2808,0010	2780,0560	2752,1110	2724,1660	2696,2210	1,1500
0,20	2658,3220	2631,8670	2605,4120	2578,9560	2552,5010	1,0887
0,25	2632,1960	2606,0000	2579,8050	2553,6100	2527,4140	1,0780
0,30	2617,0570	2591,0120	2564,9670	2538,9230	2512,8780	1,0718
0,35	2607,0460	2581,1010	2555,1560	2529,2100	2503,2650	1,0677
0,40	2599,9650	2574,0900	2548,2150	2522,3410	2496,4660	1,0648
0,45	2594,5930	2568,7720	2542,9510	2517,1290	2491,3080	1,0626
0,50	2590,4420	2564,6620	2538,8820	2513,1020	2487,3220	1,0609
h' _{IV} (kJ.kg ⁻¹)	2441,74	2417,44	2393,14	2368,84	2344,54	-

duas formas de preparo do produto. O maior volume do produto e a baixa difusividade da água no interior dos frutos de café cereja, devido à presença da casca e mucilagem, podem ser os fatores responsáveis pelo aumento substancial de energia requerida. Na comparação entre os valores de calor latente de vaporização da água dos grãos de café descascado e despulpado, nota-se que não existem grandes diferenças entre os dados obtidos.

Os parâmetros a, b, e c da equação 4.17 para o cálculo do calor latente de vaporização da água dos frutos e grãos de café foram obtidos por regressão não linear para as diferentes formas de preparo do produto, cujos valores encontrados apresentam-se no Quadro 4.3.

QUADRO 4.3- Coeficientes das equações ajustadas para se calcular o calor latente de vaporização da água dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, em função da temperatura (T) e do teor de umidade do produto (U), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro médio relativo (P)

Forma de Preparo	Coeficientes do Modelo			R^2	P
	a	b	c		
Café Cereja	$7,7866 \times 10^6$ (n.s.)	19,6621 *	0,0499 *	0,9617	0,0111
Café Descascado	$1,7665 \times 10^7$ (n.s.)	20,6416 *	0,0464 *	0,9763	0,0273
Café Despulpado	$1,8377 \times 10^7$ (n.s.)	20,1732 *	0,0363 *	0,9759	0,0299

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste T.
n.s. Não significativo.

Nas Figuras 4.6 a 4.8 são mostradas os dados observados e estimados do calor latente de vaporização da água dos frutos e grãos de café. A superfície de resposta dos dados estimados estão apresentadas graficamente a partir dos valores obtidos dos coeficientes a, b, e c da equação 4.17 apresentados no Quadro 4.3, em função da temperatura e do teor de umidade do produto, para as formas de preparo cereja, descascado e despulpado.

Observa-se nas Figuras 4.6 a 4.8 que as equações apresentadas ajustam-se de modo adequado aos valores observados de calor latente de vaporização da água do café, para todas as formas de preparo analisadas.

$$h_{lv} = (2502,49 - 2,43.T).[1 + 7,7866 \times 10^6 \cdot \exp(-19,6621 \cdot U^{0,0499})]$$

■ Valores Estimados

○ Valores Observados

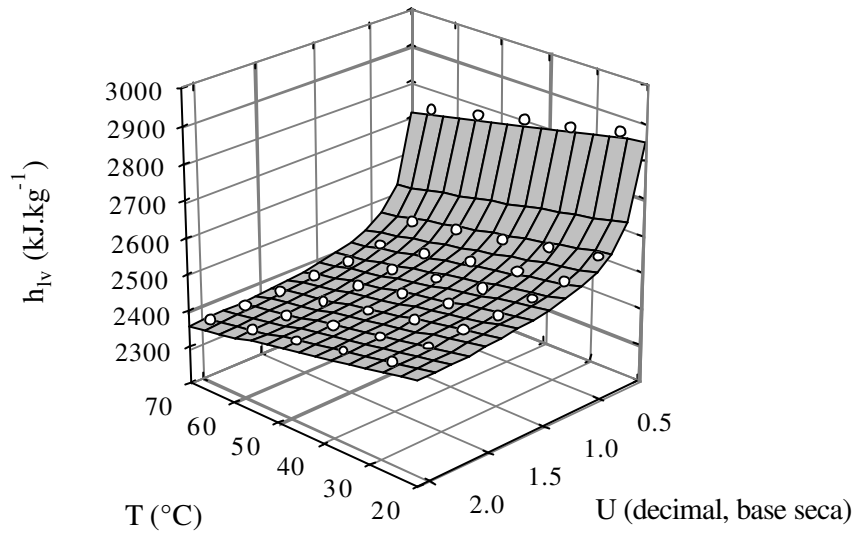


FIGURA 4.6- Superfície de resposta do calor latente de vaporização (h_{lv}) de frutos de café cereja em função da temperatura (T) e do teor de umidade (U) do produto.

$$h_{lv} = (2502,49 - 2,43.T).[1 + 1,7665 \times 10^7 \cdot \exp(-20,6416 \cdot U^{0,0464})]$$

■ Valores Estimados

○ Valores Observados

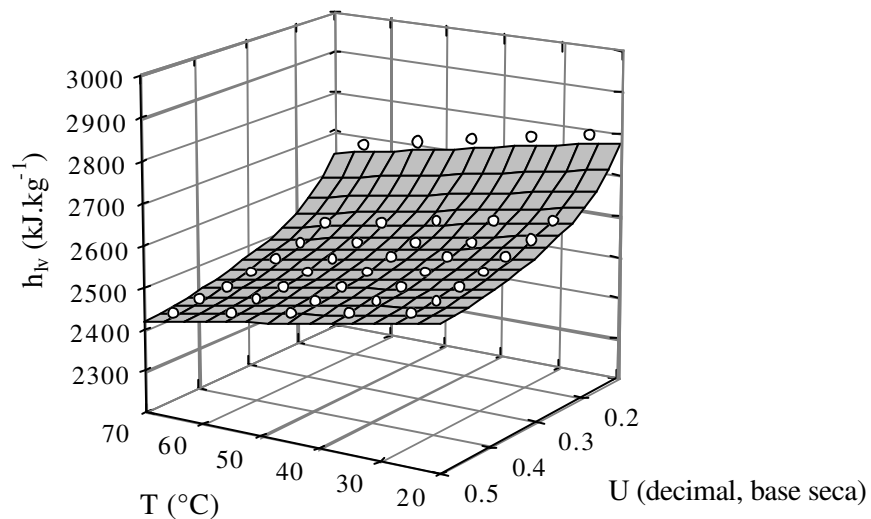


FIGURA 4.7- Superfície de resposta do calor latente de vaporização (h_{lv}) de grãos de café descascado em função da temperatura (T) e do teor de umidade (U) do produto.

$$h_{iv} = (2502,49 - 2,43.T).[1 + 1,8377 \times 10^7 \cdot \exp(-20,1732.U^{0,0363})]$$

■ Valores Estimados

○ Valores Observados

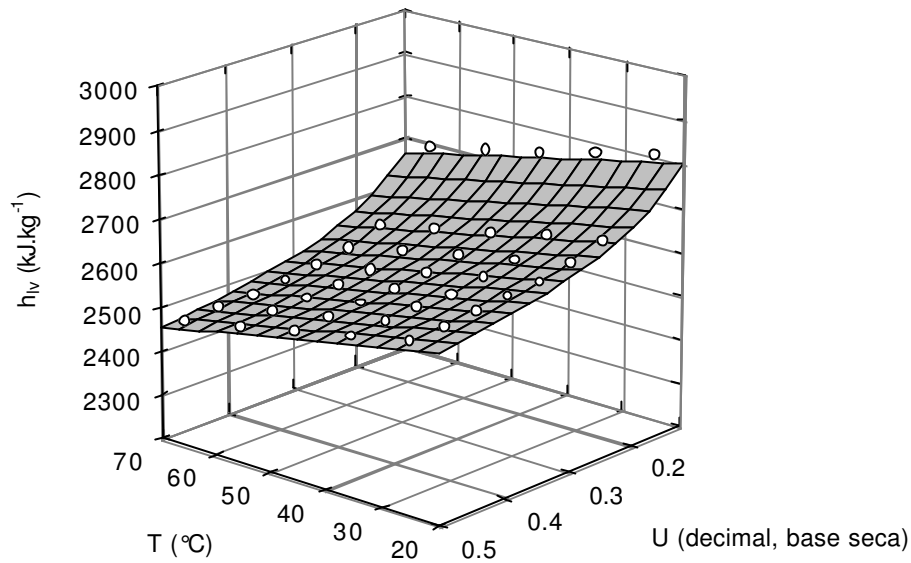


FIGURA 4.8- Superfície de resposta do calor latente de vaporização (h_{iv}) de grãos de café despulpado em função da temperatura (T) e do teor de umidade (U) do produto.

No Quadro 4.4 são apresentados os valores médios das propriedades térmicas: calor específico, condutividade e difusividade térmica, determinadas para diferentes teores de umidade e formas de preparo dos frutos e grãos de café. Nesse quadro são mostrados, ainda, os valores calculados de massa específica aparente dos frutos e grãos de café. De modo geral, observa-se uma tendência de redução dos valores das características térmicas calor específico e condutividade térmica com o decréscimo do teor de umidade do produto. Verifica-se, ainda nesse quadro, que a redução da massa específica aparente dos frutos e grãos de café tende a diminuir para teores de umidade menores, como já discutido em capítulo anterior, fato este diretamente relacionado aos resultados de calor específico e condutividade térmica do café dos diferentes tipos de preparo; enquanto que para a difusividade térmica esta relação apresenta-se de forma inversamente proporcional.

No Quadro 4.5 são apresentados os valores estimados dos parâmetros β_0 , β_1 e β_2 do modelo matemático selecionado para descrever as propriedades termofísicas estudadas em função do teor de umidade do produto.

QUADRO 4.4- Valores médios dos resultados obtidos para as propriedades térmicas: calor específico (C_p), condutividade (k) e difusividade (α) térmica dos frutos e grãos de café, para diferentes formas de preparo do produto, em função do teor de umidade, com os respectivos valores de massa específica aparente (ρ_{ap})

Teor de Umidade (base seca)	Propriedades Térmicas						
	C_p		k		α		ρ_{ap}
	($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$)	DP	($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$)	DP	($\times 10^{-7} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)	DP ($\times 10^{-7}$)	
<i>Café Cereja</i>							
0,68	2,5251	0,0792	0,1415	0,0063	1,0555	0,0140	530,8836
0,53	2,2697	0,0565	0,1301	0,0025	1,1208	0,0151	511,6216
0,41	1,9844	0,0178	0,1258	0,0012	1,2862	0,0100	492,7715
0,34	1,9350	0,0225	0,1176	0,0056	1,2586	0,0454	482,8872
0,26	1,8641	0,0140	0,1088	0,0021	1,2467	0,0174	467,9953
0,21	1,7091	0,1063	0,1055	0,0013	1,3434	0,0697	460,3499
0,18	1,5243	0,0530	0,1008	0,0030	1,4566	0,0316	454,2633
0,14	1,4295	0,0323	0,0945	0,0015	1,4747	0,0130	448,1608
0,11	1,2136	0,0730	0,0843	0,0028	1,5730	0,0512	442,2733
<i>Café Descascado</i>							
0,60	2,4653	0,1233	0,1735	0,0245	1,3519	0,1219	518,9408
0,41	2,2390	0,0364	0,1474	0,0067	1,3942	0,0406	471,9431
0,34	2,1568	0,0323	0,1306	0,0048	1,3123	0,0297	461,2199
0,25	2,0266	0,0271	0,1238	0,0026	1,3498	0,0107	452,6468
0,21	1,8585	0,0846	0,1148	0,0015	1,3729	0,0463	450,2493
0,18	1,6869	0,0855	0,1089	0,0041	1,4377	0,0271	449,1106
0,14	1,5015	0,0744	0,1034	0,0014	1,5368	0,0627	448,8608
0,11	1,2254	0,0600	0,0934	0,0060	1,6964	0,0804	449,3437
<i>Café Despolpado</i>							
0,62	2,3848	0,0428	0,1762	0,0261	1,3373	0,1796	551,8427
0,45	2,2503	0,0509	0,1415	0,0053	1,2876	0,0217	488,3572
0,33	2,0988	0,0281	0,1323	0,0009	1,3693	0,0102	460,3723
0,24	1,9468	0,0696	0,1244	0,0044	1,4298	0,0482	447,2125
0,21	1,8109	0,0129	0,1180	0,0027	1,4658	0,0250	444,5244
0,18	1,6514	0,0241	0,1107	0,0015	1,5152	0,0028	442,2695
0,14	1,4743	0,1043	0,1074	0,0007	1,6578	0,1042	440,8569
0,11	1,1290	0,0824	0,1033	0,0052	2,0810	0,0936	440,3724

DP representa o desvio padrão.

QUADRO 5.5- Parâmetros do modelo matemático para descrição da variação das propriedades térmicas dos frutos e grãos de café em função do teor de umidade, para diferentes formas de preparo

Tipo de Preparo	Parâmetros do Modelo			R ²	P
	β_0	β_1	β_2		
Calor Específico (kJ.kg ⁻¹ .°C ⁻¹)					
Café Cereja	0,9447	3,6197 *	-1,9920 ^(n.s.)	0,9631	0,0417
Café Descascado	0,6728	6,5677 *	-6,0695 *	0,9692	0,0378
Café Despolpado	0,5788	6,9717 *	-6,6640 *	0,9555	0,0424
Condutividade Térmica (W.m ⁻¹ .°C ⁻¹)					
Café Cereja	0,0697	0,1830 *	-0,1177 **	0,9807	0,0264
Café Descascado	0,0746	0,1986 *	-0,0559 ^(n.s.)	0,9916	0,0326
Café Despolpado	0,0935	0,0978 ^(n.s.)	0,0521 ^(n.s.)	0,9813	0,0307
Difusividade Térmica (m ² .s ⁻¹)					
Café Cereja	1,6231 x 10 ⁻⁷	-1,6580 x 10 ⁻⁷ **	1,0961 x 10 ⁻⁷ ^(n.s.)	0,9018	0,0346
Café Descascado	1,8716 x 10 ⁻⁷	-2,7358 x 10 ⁻⁷ **	3,2117 x 10 ⁻⁷ **	0,7559	0,0397
Café Despolpado	2,3821 x 10 ⁻⁷	-5,2591 x 10 ⁻⁷ **	5,8693 x 10 ⁻⁷ **	0,8021	0,0615

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste T.

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste T.

n.s. Não significativo.

As representações gráficas das equações ajustadas, para os parâmetros apresentados no Quadro 4.5, e os valores médios experimentais de calor específico, condutividade e difusividade térmica, em função dos teores de umidade do produto, podem ser visualizados nas Figuras 4.9 a 4.11, para cada tipo de preparo do café.

Pelas Figuras 4.9 a 4.11, observa-se que os valores de calor específico e condutividade térmica aumentam com a elevação do teor de umidade do café como verificado anteriormente para a massa específica aparente, ocorrendo o inverso para os valores de difusividade térmica do produto (Figura 4.11), uma vez que a elevação do teor de umidade acarreta redução de seus valores. Comportamento semelhante foi observado por diversos pesquisadores para o café em coco e outros produtos agrícolas (ROSSI et al., 1982; CHANG, 1986; CORREA et al., 2000). De modo geral, verifica-se ainda nestas figuras, a não existência de diferenças acentuadas entre os valores encontrados de calor específico, condutividade e difusividade

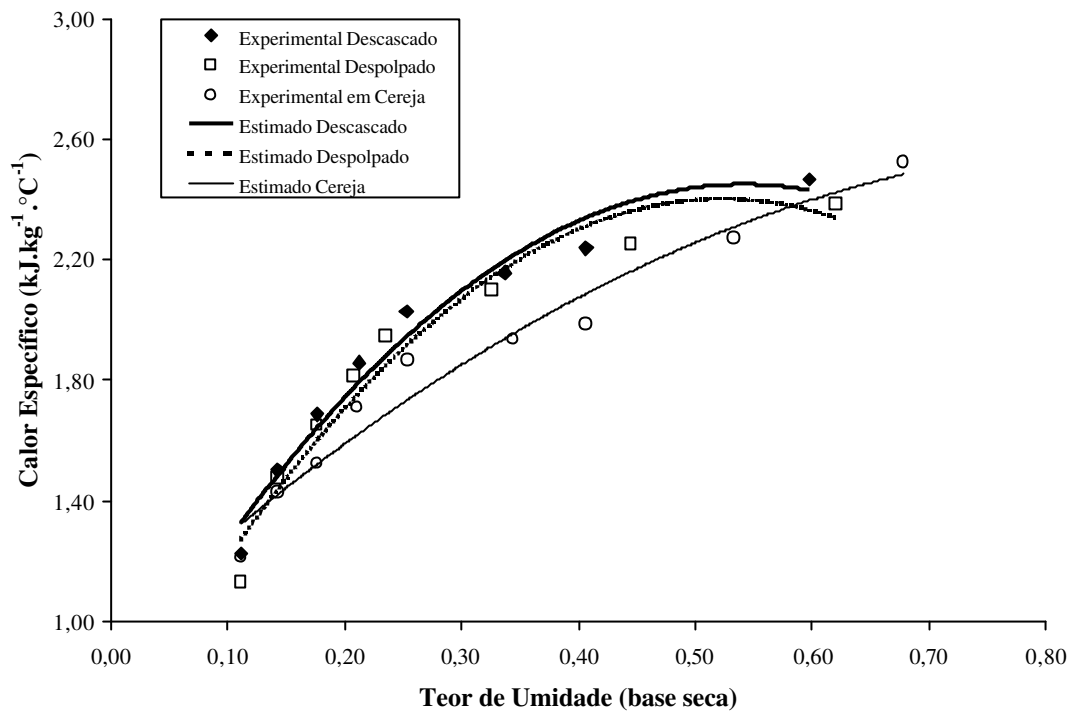


FIGURA 4.9 - Valores experimentais e estimados de calor específico do café em função do teor de umidade para os diferentes tipos de preparos estudados.

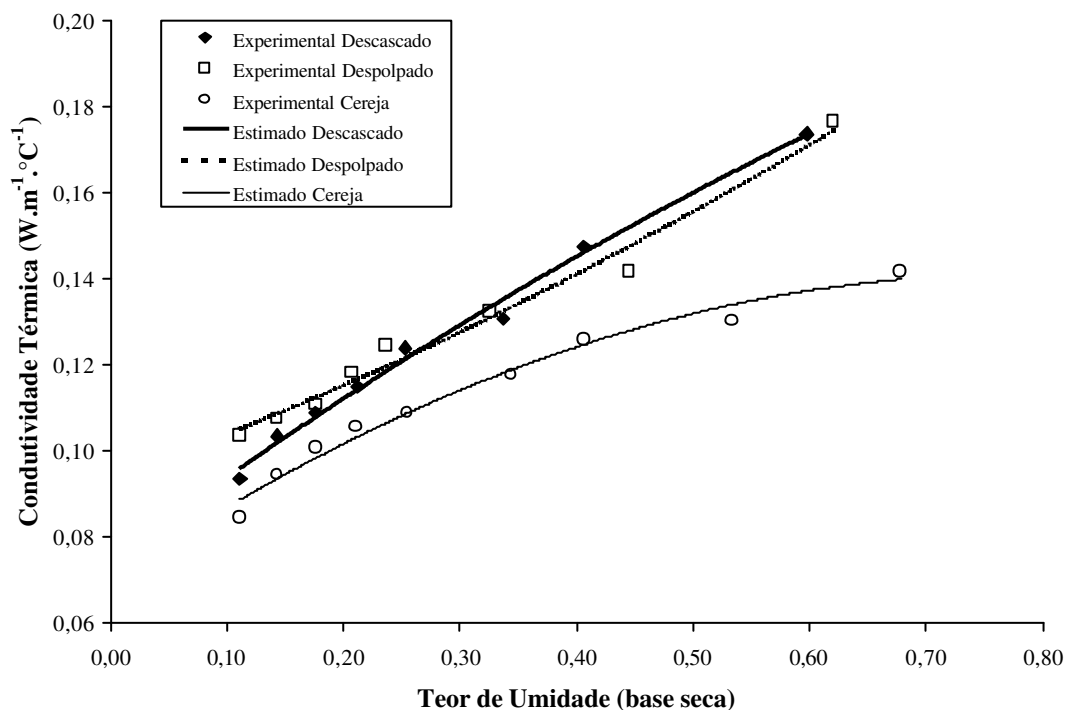


FIGURA 4.10 - Valores experimentais e estimados de condutividade térmica do café em função do teor de umidade para os diferentes tipos de preparos estudados.

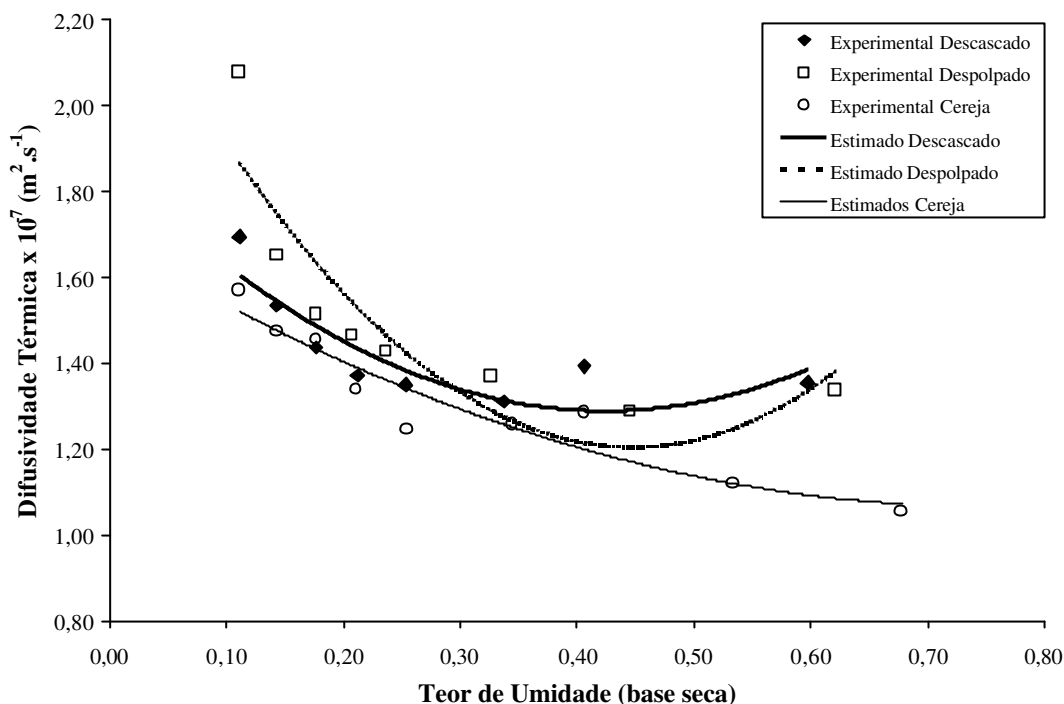


FIGURA 4.11 - Valores experimentais e estimados de difusividade térmica do café em função do teor de umidade para os diferentes tipos de preparos estudados.

térmica, para as formas de preparo descascado e despulpado dos grãos de café, ou seja, o processo de fermentação biológica para o caso do café descascado e a presença de parte da mucilagem no café descascado, pouco interferiram nas características térmicas dos produtos. Já para o café em coco nota-se a influência da casca e mucilagem nos valores dessas propriedades, que de modo geral apresentaram-se inferiores aos obtidos para as outras duas formas de preparo. Isto indica que a casca e a mucilagem do fruto do café interferem diretamente na capacidade do produto de armazenar energia térmica, na quantidade e no fluxo de calor que atravessa o material.

ROSSI E ROA (1980) realizaram a determinação das propriedades condutividade e difusividade térmica dos frutos de café, variedade desconhecida, com teores de umidade de 0,134 e 1,445 base úmida e obtiveram os valores de 0,1089 e 0,2301 $W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ para condutividade e $1,004 \times 10^{-7}$ e $1,107 \times 10^{-7} m^2.s^{-1}$ para difusividade térmica, respectivamente. Valores estes da mesma ordem de grandeza dos resultados encontrados neste trabalho para a forma de preparo em coco e faixa de umidade estudada.

4.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo do efeito do teor de umidade sobre as propriedades térmicas dos frutos e grãos de café, pôde-se concluir que:

- as propriedades térmicas do café, em função do teor de umidade do produto, comportam-se de forma similar à maioria dos produtos agrícolas já estudados, ou seja, os valores de calor específico e condutividade térmica aumentam com a elevação do teor de umidade; enquanto o calor latente de vaporização da água e a difusividade térmica diminuem com o aumento da umidade do produto, independentemente da forma de preparo;

- para a faixa de temperatura de 25 a 65 °C, o calor latente de vaporização da água dos frutos de café cereja variou na faixa de 2403,6224 a 2858,5450 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade na faixa de 0,12 e 2,10 base seca. Já para os grãos de café descascado e despulpado essa variação foi de 2450,9820 a 2783,5840 kJ.kg⁻¹ e 2487,3220 a 2808,0010 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade variando de 0,12 a 0,50 base seca;

- o calor específico dos frutos de café cereja variou de 1,2136 a 2,5251 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0843 a 0,1415 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,0555x10⁻⁷ a 1,5730x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,111 a 0,678 base seca;

- o calor específico dos grãos de café descascado variou de 1,2254 a 2,4653 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0934 a 0,1735 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3519x10⁻⁷ a 1,6964x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,111 a 0,597 base seca;

- o calor específico dos grãos de café despulpado variou de 1,1290 a 2,3848 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,1033 a 0,1762 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3373x10⁻⁷ a 2,0810x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,111 a 0,621 base seca.

CAPÍTULO 5

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE CAFÉ

5.1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o café brasileiro representa cerca de 27% do total da produção mundial do produto, tendo atingido US\$ 2,44 bilhões no ano de 1999 com a exportação de 23 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (AGRIANUAL, 2001), o que caracteriza a importância dessa cultura no cenário agrícola nacional e mundial.

A forma mais utilizada para propagação do cafeeiro é por meio de mudas oriundas de sementes. Essas mudas podem ser "de ano" e "de meio ano", com uma permanência aproximada de 12 e 6 meses no viveiro, respectivamente. As mudas de meio ano são mais utilizadas por permanecerem menos tempo em viveiro e, assim, ficarem menos sujeitas ao ataque de pragas e doenças, além de exigirem menos insumos e mão-de-obra, reduzindo o custo de produção no final do processo. Geralmente, as mudas de meio ano são plantadas a partir do mês de dezembro, devido a dificuldades de produção antecipada das mesmas. As sementes são colhidas no ano de formação das mudas, no estágio "cereja", o que só acontece a partir de abril/maio, justificando a disponibilidade de sementes no comércio somente a partir do mês de junho (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1981).

A produção de sementes para formação de mudas saudáveis requer cuidados distintos dos adotados na produção de grãos, por esse motivo recebe tratamento diferenciado desde a sua

semeadura até às etapas que sucedem a colheita do produto. A colheita, na maioria das vezes, é realizada manualmente com os frutos imediatamente processados com a remoção do epicarpo por meio de descascador mecânico ou despoldador. Na sequência vem a operação de retirada do mesocarpo (degomagem), que consiste na mucilagem aderida ao endocarpo, dando origem ao café denominado despoldado. Mais recentemente, este processo vem sofrendo algumas alterações, em que o café sem polpa, chamado café descascado ou com pergaminho, é seco com a mucilagem, eliminando a etapa de degomagem.

O período de viabilidade das sementes depois da colheita é de, aproximadamente, 6 meses em condições normais de armazenamento (THOMAZIELLO et al., 2000). Na expectativa de acelerar a formação da muda, já que o uso de sementes da safra anterior exige conservação especial, várias tentativas têm sido feitas visando encontrar condições que permitam prolongar a viabilidade das sementes de café durante o armazenamento. Alguns autores afirmam que, de modo geral, o armazenamento de sementes pode ser bem sucedido quando estas são acondicionadas em ambientes com baixas temperaturas.

A secagem de sementes é parte integrante do sistema pós-colheita devido ao fato de elas atingirem sua maturidade fisiológica com um teor de umidade em torno de 50 a 70% base úmida (BÁRTHOLO e GUIMARÃES, 1997) e, conseqüentemente, impróprias para a sua armazenagem e beneficiamento. As melhores condições para o armazenamento adequado das sementes são, de modo geral, aquelas em que a umidade do produto é conservada em níveis relativamente baixos. Apesar de a semente de café ser considerada, por diversos autores, como recalcitrante ou sensível à dessecação, estudos mais recentes têm revelado um comportamento mais próximo do ortodoxo, parecendo haver um mecanismo que confere resistência à dessecação, que permite a secagem em níveis de umidade mais baixos.

A secagem mecânica de sementes ainda é uma incógnita dentre os produtores de café, que preferem secar seus produtos em terreiros protegidos do sol. Este tipo de secagem não condiz com a eficiência a ser empregada na agricultura moderna pois, neste processo, muitos são os fatores externos que contribuem para uma perda significativa da qualidade das sementes. Portanto, para melhoria da eficiência do sistema produtivo de sementes de café, torna-se necessário a secagem realizada em secadores mecânicos, mas que deve ser realizada com cautela, pois o processo é influenciado pela variedade, histórico do produto, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, dentre outros. Parâmetros estes que interferem como um conjunto de fatores associados, e não isoladamente.

Com a finalidade de contribuir para o aperfeiçoamento dos processos de secagem e conservação de sementes de café, desenvolveu-se este trabalho como o objetivo de estudar a

armazenabilidade dos grãos de café despulpado e descascado, secos em diversas combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, avaliando-se a germinação e o vigor das sementes armazenadas durante um período de seis meses sob condições de ambiente não controlado e de temperatura controlada; e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais.

5.2. REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade fisiológica tem sido um dos aspectos relevantes pesquisados em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica, física e sanitária em função de condições ambientais, muitas vezes adversas, após a sua maturação, as quais estão associadas com redução do vigor (ASTOLFI et al., 1981; HERRERA et al., 1993).

A qualidade fisiológica das sementes é avaliada pelo teste padrão de germinação mas, segundo POPINIGIS (1985), a perda do poder germinativo é a última consequência do processo de deterioração da semente. Segundo as tendências atualmente defendidas por diversos especialistas no assunto, são considerados eficientes os testes que permitem separar lotes de sementes em diferentes categorias de vigor. MARCOS FILHO et al. (1987) relatam que os testes de vigor possibilitam diferenciar dois lotes de sementes que apresentam poder germinativo semelhante, contudo os autores mencionam que este fato não deve implicar em substituir o teste de germinação pelos de vigor, mas sim utilizá-los como informação complementar daquelas obtidas pelo teste de germinação.

Os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica vêm sendo empregados para avaliar o vigor de sementes de diversas espécies, por apresentarem alto grau de padronização e reprodutividade, tanto em termos de metodologia de execução como de interpretação dos resultados obtidos (TOMES et al., 1988; KRZYZANOWSKI et al., 1991; VIEIRA et al., 1994).

Dentre as várias etapas da produção de sementes de café, o processamento pós-colheita é uma operação de fundamental importância, principalmente devido a particularidades da espécie. O café colhido para semente (cereja) possui um alto teor de umidade, o que dificulta o processamento dessas sementes, daí a necessidade de secagem. A tecnologia de secagem empregada pelos produtores de sementes são a secagem natural em terreiro e secagem artificial em secadores mecânicos utilizando ar aquecido.

A secagem natural consiste em utilizar a energia solar como fonte de calor para promover a secagem do produto, ou seja, utiliza-se o potencial de secagem do ar ambiente (CARVALHO, 1994). O elevado índice de infestação decorrente da aplicação desse método de secagem em sementes de café, pode causar grandes danos ao produto durante seu armazenamento, tais como perda da qualidade, principalmente devido ao ataque de insetos e a ação de bactérias e fungos os quais causam fermentação, modificações organolépticas e redução do valor germinativo das sementes (VINCENT, 1989). O que faz com que esse tipo de secagem não seja recomendada quando se pretende um alto padrão de qualidade para sementes. Por outro lado, a secagem artificial com ar aquecido é uma prática que fornece aspectos positivos em virtude de não depender de fatores climáticos para sua operação necessitando, contudo, de estudos quanto aos processos mais eficientes, tendo em vista a qualidade dos produtos e as finalidades a que se destinam.

O emprego de ar aquecido auxilia a secagem, principalmente quando se deseja atingir teores de umidade muito baixos, porque favorece a difusão de umidade do interior para superfície da semente e provoca aumento da pressão de vapor, estimulando a evaporação do excesso de umidade (BROOKER, 1992). Entretanto, a temperatura do ar de secagem em determinados níveis afeta a fisiologia das sementes nas suas mais diversas formas, inclusive sua capacidade germinativa e no vigor do crescimento de plântulas (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

Vários trabalhos de pesquisa têm sido realizados buscando tecnologias capazes de aprimorar a conservação de sementes de café, os resultados obtidos têm indicado uma grande sensibilidade das sementes à desidratação, o que lhes tem acarretado, na maioria dos casos, rápida perda de viabilidade (BACCHI, 1956; CARELLI e MÔNACO, 1977; KING e ROBERTS, 1980; SILVA e DIAS, 1985). De acordo com ELLIS et al. (1990), a definição de um teor de umidade ideal de conservação, assim como a tecnologia de armazenagem adequada à manutenção dessa umidade, tem constituído fonte de divergências entre as pesquisas realizadas.

Alguns estudos têm evidenciado, de modo geral, que para a conservação das sementes de café, são necessários valores relativamente altos para o teor de umidade: 35% b.u. (VASCONCELOS et al., 1992), de 36 a 40% b.u. (SILVA e DIAS, 1985), 40% b.u. (COUTURON, 1980; BARBOZA e HERRERA, 1990). Contudo, apesar de destacar a superioridade do teor de umidade próximo de 40% na manutenção da viabilidade e vigor das sementes de café, MIRANDA et al. (1993), concordando com MIGLIORANZA (1982) e

ELLIS et al. (1991), consideraram que teores de umidade próximos a 10 % b.u. são aceitáveis para a manutenção da viabilidade dessas sementes.

FILANI (1972) relata que outro aspecto a ser considerado na conservação de sementes de café é a ação de microrganismos na perda de viabilidade. O armazenamento de sementes com elevados teores de umidade, segundo MIRANDA e VALIAS (1984), pode ser viável por um período maior de tempo desde que haja o controle de fungos. Outros autores, procurando oferecer métodos capazes de manter as sementes com teores de umidade superiores aos de equilíbrio com o meio ambiente não controlado, sugeriram a utilização de embalagem porosa cercada por carvão vegetal moído e umedecido (VARGAS, 1955), embalagem hermética contendo sementes e carvão vegetal moído e umedecido (BOUHARMONT, 1971), apenas embalagem hermética (BACCHI, 1958) e embalagem de polietileno lacrado (DIAS e BARROS, 1993).

ROSSI e ROA (1980) afirmam que entre os diversos métodos de preservação da qualidade de produtos agrícolas, a secagem apresenta a vantagem de ser uma operação simples e de baixo custo; entretanto, sabe-se que esse processo, se mal conduzido, pode trazer sérios problemas ao produto.

BENDAÑA (1962) e ARCILA-PULGARIN (1976) em seus estudos sobre secagem artificial de sementes de café, constataram que temperaturas do ar de secagem de até 45°C não foram prejudiciais à germinação das sementes com teor de umidade de 12-13% b.u. concordando com os resultados obtidos por OCTAVIANI et al. (2001), para sementes de sete variedades de café, secas até o teor de umidade de 15% b.u. No entanto, nesses trabalhos foram avaliados apenas os efeitos causados logo depois da secagem, sem se considerar os possíveis prejuízos ocorridos depois de determinado período de armazenagem.

Outros parâmetros, além da temperatura do ar de secagem, estão associados à redução da qualidade das sementes. Segundo CARVALHO (1994), estes parâmetros seriam a variedade, tempo e taxa de secagem, umidade relativa do ar de secagem e o modo pelo qual as sementes ficam expostas ao ar aquecido. TOLEDO e MARCOS FILHO (1977) afirmam que pode-se não perceber momentaneamente os prejuízos causados pela ação desses parâmetros durante o período de secagem mas, quando o produto é armazenado por um determinado período de tempo, estes se revelam acelerando o decréscimo da qualidade do produto. Resultados obtidos por ARAUJO (1988) indicaram um provável efeito latente da utilização da temperatura do ar de secagem próximo de 40°C sobre a qualidade fisiológica de sementes de café, suspeitas estas confirmadas posteriormente por BARBOZA e HERRERA (1990). ARAUJO et al. (1989) estudando a influência da temperatura de secagem na viabilidade de

sementes de café, verificou que a temperatura de 50°C foi prejudicial à germinação das sementes, enquanto o efeito deletério das temperaturas de 30 e 40°C só ocorreu após o armazenamento por seis meses e, ainda, que a secagem das sementes às temperaturas de 60 e 70°C causou a morte imediata das sementes.

COUTURON (1980) afirma que parte dos danos que seriam causados às sementes devido a secagem poderiam ser reduzidos ou inibidos na armazenagem conservando-se o produto em ambientes sob temperaturas reduzidas. VOSSSEN (1979) conseguiu manter uma alta capacidade germinativa em sementes de café, com baixo teor de umidade (10-11% b.u.), armazenando-as durante 24 meses em sacos de polietileno hermeticamente fechados a temperatura de 15°C. Já AGUILERA e GOLDBACH (1980) obtiveram altos valores de germinação ao término de seis meses de armazenagem de sementes de café mantidas a 10°C. Resposta semelhante foi encontrada por HONG e ELLIS (1992), que estudaram o armazenamento de sementes de café de nove cultivares pelo período de três anos, com teores de umidade entre 4 e 17% b.u. e mantidas sob condições de temperatura controlada de -20 a 20°C, verificou-se que os melhores resultados de viabilidade foram obtidos para as sementes armazenadas com teores de umidade de 10-11% b.u. estocadas a 10°C.

Diversas equações têm sido desenvolvidas para prever o potencial de qualidade de produtos agrícolas durante o armazenamento (NELLIST, 1981; BROOKER et al., 1992; SOKHANSANJ, 1997; AFONSO JÚNIOR et al., 2000). Segundo DELOUCHE (1981), são importantes os estudos da perda de viabilidade das sementes sob condições ambientais controladas, pois além de possibilitar prever a diminuição da germinação e vigor das sementes ao longo do tempo de armazenagem, permite também estimar essas perdas durante a armazenagem em condições climáticas ambientais.

5.3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Pré-Processamento de Produtos Vegetais do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Qualidade e Propriedades Físicas de Produtos Agrícolas do CENTREINAR, pertencentes à Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

5.3.1- *Colheita e preparo das amostras*

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, procedentes do município de Viçosa, MG. Os frutos foram colhidos manualmente, e selecionados somente os maduros no estágio cereja, sendo retirado manualmente a polpa desses frutos (descascado); e uma parcela destes teve sua mucilagem retirada por imersão em água (despolpado), segundo metodologia citada por DIAS e BARROS (1993). Em seguida, os dois lotes de produtos (descascado e despolpado) foram acondicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a uma temperatura em torno de 5°C, a fim de manter as características do produto até à instalação do experimento.

Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

As amostras, antes das operações de secagem, foram retiradas da câmara fria e deixadas expostas à temperatura ambiente durante, aproximadamente, 12 h, visando atingir o equilíbrio térmico.

5.3.2- *Teor de umidade*

Para todos os tratamentos de secagem, formas de preparo, períodos e condições de armazenagem os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa a 105°C ± 1°C, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001).

5.3.3- *Secagem do produto*

Os tratamentos de secagem, para cada tipo de processamento do café (despolpado e descascado), foram dispostos em um esquema fatorial 4 x 2, com quatro níveis de temperatura (30, 40, 50 e 60 °C) e dois níveis de umidade relativa (20 e 40 %), com três repetições. As diversas etapas de secagem foram realizadas utilizando-se o equipamento e metodologia descritos no Capítulo 1.

Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens periódicas, até atingir-se o teor de umidade final de 12% b.u. Depois da secagem, para cada tratamento, o produto foi mantido em dessecador até atingir a temperatura ambiente, quando foi acondicionado em sacos de papel.

5.3.4- *Condições de armazenamento*

As amostras provenientes de todos os tratamentos de secagem foram armazenadas em condições ambientes, registrando, em termohigrógrafo, os dados de temperatura e umidade relativa durante o período de conservação, e em condições controladas de temperatura, utilizando-se para esta finalidade três câmaras incubadoras do tipo B.O.D., mantidas a 15°C e, aproximadamente, 75% de umidade relativa.

Durante o período de armazenagem foram realizadas avaliações quanto à germinação, vigor e teor de umidade dos grãos de café, para cada condição de armazenagem e a cada dois meses, para cada repetição dos tratamentos de secagem e tipo de processamento.

5.3.5- *Teste Padrão de germinação*

A avaliação da germinação das sementes de café foi realizada com quatro repetições de 50 sementes sem pergaminho, utilizando como substrato rolo de papel toalha, à temperatura de 30°C. As avaliações e contagens foram realizadas aos 15 e 30 dias depois da semeadura, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Antes de cada teste, o substrato e as sementes foram tratadas com fungicida (Captan), na proporção recomendada pelo fabricante.

5.3.6- *Testes de Vigor*

5.3.6.1- *Teste de Condutividade Elétrica*

O teste de condutividade elétrica foi realizado de acordo com o sistema de copo ou massa, conforme metodologia recomendada por KRZYZANOWSKI et al. (1991) e VIEIRA (1994).

Para realização do teste, utilizou-se um medidor de condutividade elétrica marca Digimed (modelo DM3), dotado de ajuste para compensação da temperatura e eletrodo com constante de célula de 1cm^{-1} . Antes de iniciar as medições, o aparelho foi calibrado com uma solução padrão de KCl de condutividade elétrica conhecida, à temperatura de 25°C. Foram utilizados quatro repetições de 50 sementes para cada teste realizado.

Antes da realização dos testes as sementes foram pesadas em balança com precisão de 0,01g e colocadas em copos de plástico (200 ml), adicionando-se 75 ml de água deionizada

em cada recipiente. Em seguida os copos foram colocados em um germinador, previamente regulado a 25°C, onde permaneceram durante 24 h. Decorrido esse período, os recipientes foram retirados e imediatamente foram efetuadas as medições, depois de agitar suavemente as sementes.

Antes e depois de cada determinação, o eletrodo foi repetidamente lavado com água deionizada e logo em seguida seco com papel-toalha. Para cada repetição dos testes, a condutividade elétrica foi obtida dividindo-se o valor da condutividade, fornecido pelo aparelho, pela massa das 50 sementes, sendo o valor resultante expresso em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

5.3.6.2- Teste de envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com a utilização de caixas de plástico (gerbox) com compartimento individual; uma camada simples de sementes de café sem pergaminho de cada tratamento foi colocada sobre a tela metálica interna da caixa, cobrindo toda sua superfície. As caixas, tampadas e contendo 40 ml de água destilada foram mantidas em câmara B.O.D. à temperatura de 42°C durante 72 h, conforme metodologia recomendada por VASCONCELOS et al. (1992) e MARCOS FILHO (1994); em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram retiradas para realização do teste padrão de germinação conforme descrição anterior.

5.3.7- Análise estatística dos resultados

As análises estatísticas dos resultados dos testes de germinação e vigor foram feitas em delineamento inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial 4 x 4 x 2, com quatro níveis de períodos de armazenamento (0, 60, 120, 180 dias), quatro níveis de temperatura do ar de secagem (30, 40, 50 e 60 °C) e dois níveis de umidade relativa do ar de secagem (20 e 40 %), com três repetições para cada condição de armazenamento (ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C) e forma de preparo estudada (descascado e despulpado).

Os dados foram interpretados estatisticamente, utilizando-se os programas estatísticos SANEST, por análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados dos testes de germinação e envelhecimento acelerado das sementes de café foram transformados em $\arcsen\sqrt{P/100}$, em que P representa a percentagem de germinação obtida pelos testes padrão de germinação (TPG) ou envelhecimento acelerado (TEA).

5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se, na Figura 5.1, os valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente não controlado de armazenagem das sementes de café. Observa-se, nessa figura, que a temperatura e a umidade relativa do ar no ambiente durante o período de armazenagem variou entre os valores aproximados de 15 a 30 °C e 67 a 100 %, respectivamente, apresentando temperatura média de 22,2 °C e umidade relativa do ar média de 87,9 %.

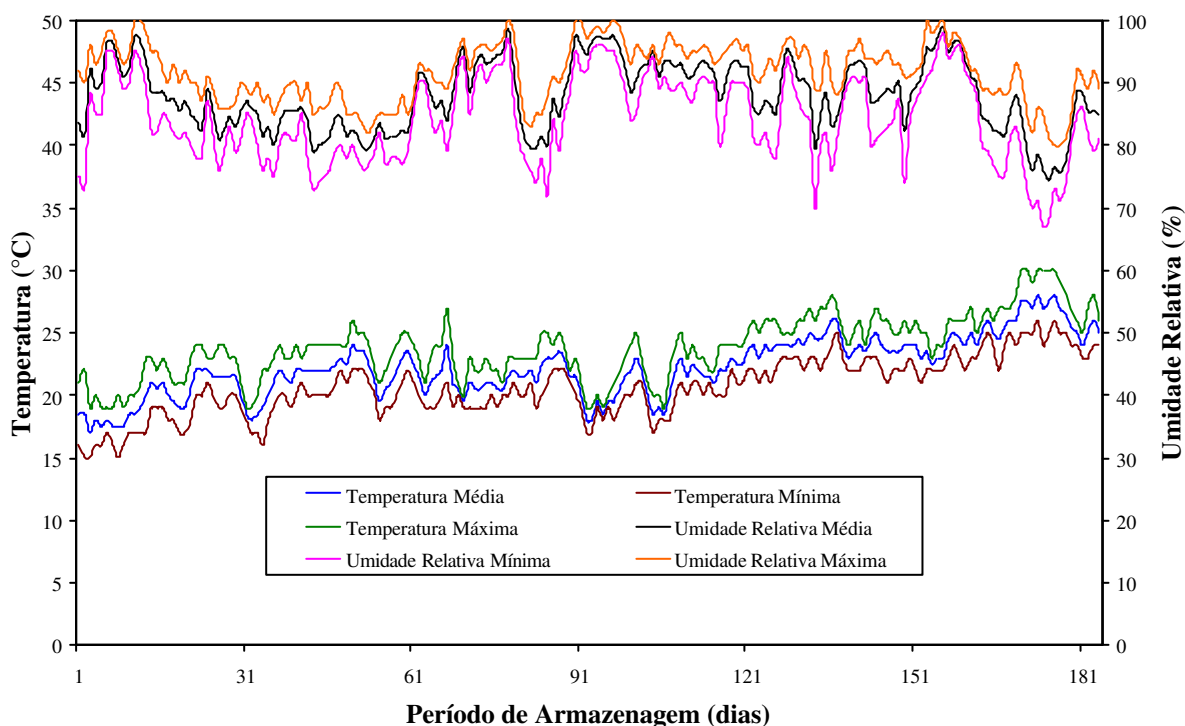


FIGURA 5.1- Médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, durante o armazenamento das sementes de café em ambiente não controlado.

No Quadro 5.1 são apresentados os resultados das determinações dos teores de umidade das sementes de café descascado e despulpado durante o armazenamento, com o objetivo de se verificar os possíveis efeitos dos tratamentos de secagem na umidade das sementes armazenadas.

QUADRO 5.1- Valores médios de teor de umidade (% base úmida) das sementes de café descascado e despulpado armazenadas por 6 meses, em função do tratamento de secagem e da condição de armazenagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (dias)			
		0	60	120	180
<i>Café Descascado Armazenado em Ambiente Não Controlado</i>					
30	20	12,00	12,36	11,80	11,45
	40	12,00	12,18	11,46	11,33
40	20	12,00	11,96	11,32	11,25
	40	12,00	12,28	11,76	11,90
50	20	12,00	12,01	11,29	11,34
	40	12,00	12,17	11,17	11,13
60	20	12,00	11,38	11,59	11,47
	40	12,00	11,42	11,60	11,19
<i>Café Descascado Armazenado em Ambiente Com Temperatura Controlada de 15 °C</i>					
30	20	12,00	11,52	11,44	12,02
	40	12,00	11,23	11,52	12,61
40	20	12,00	10,99	11,51	12,63
	40	12,00	11,50	11,19	11,91
50	20	12,00	11,67	11,26	11,55
	40	12,00	11,08	11,45	12,36
60	20	12,00	11,52	11,77	11,67
	40	12,00	11,75	10,26	11,31
<i>Café Despulpado Armazenado em Ambiente Não Controlado</i>					
30	20	12,00	11,85	11,76	11,70
	40	12,00	12,47	11,12	11,64
40	20	12,00	12,05	11,12	11,18
	40	12,00	11,98	11,96	11,09
50	20	12,00	11,79	11,08	11,40
	40	12,00	12,39	11,44	11,61
60	20	12,00	11,74	11,44	11,73
	40	12,00	11,51	11,28	11,51
<i>Café Despulpado Armazenado em Ambiente Com Temperatura Controlada de 15 °C</i>					
30	20	12,00	11,51	11,46	12,45
	40	12,00	11,26	11,70	12,41
40	20	12,00	11,34	11,51	11,88
	40	12,00	11,65	11,30	11,94
50	20	12,00	11,60	11,77	11,89
	40	12,00	11,69	11,53	12,08
60	20	12,00	10,92	11,71	11,43
	40	12,00	10,73	11,33	11,22

Observa-se, de modo geral, que as sementes apresentaram uma pequena variação nos valores de umidade ao longo do período de armazenagem, em relação ao teor de umidade do produto no início da estocagem, uma vez que as sementes foram acondicionadas em embalagens permeáveis (sacos de papel). No entanto, para todos os tratamentos verifica-se que o teor de umidade das sementes tende a entrar em equilíbrio com as condições ambientais e que as oscilações observadas são próprias da natureza biológica do material, sem maiores conseqüências que possam interferir na interpretação dos resultados dos testes de qualidade fisiológica realizados.

Para conhecer as características iniciais das sementes de café descascado e despulpado, foram retiradas amostras antes do início dos testes de secagem, sendo avaliadas a viabilidade pelo teste padrão de germinação (TPG) e o potencial de vigor dessas sementes pelos testes de envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE). Os resultados desses testes são apresentados no Quadro 5.2, onde constata-se o elevado potencial de qualidade fisiológica das sementes das duas formas de preparo estudadas.

QUADRO 5.2- Resultados médios de germinação e vigor das sementes de café, antes dos testes de secagem, avaliados pelo TPG, TEA e TCE, para as formas de preparo descascado e despulpado

Forma de Preparo	TPG (%)	Vigor	
		TEA (%)	TCE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
Descascado	97,00	97,00	14,60
Despulpado	95,50	97,50	8,66

5.4.1- Sementes de café descascado armazenadas em ambiente não controlado

No Quadro 5.3 encontra-se o resumo da análise de variância dos resultados obtidos pelos testes de qualidade fisiológica das sementes de café descascado submetidas às diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas durante um período de 6 meses em condição de ambiente não controlado. Observa-se, no quadro apresentado, que para os testes padrão de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA) existem diferenças significativas para os fatores analisados: período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar, bem como a interação entre os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Já para o teste de condutividade elétrica (TCE)

QUADRO 5.3- Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) de sementes de café descascado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 6 meses em condição ambiente

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		TPG ‡	TEA ‡	TCE
Período de Armazenagem (A)	3	8033,5447 **	5835,1957 **	55294,9746 **
Temperatura (B)	3	7695,8612 **	2541,6128 **	88351,5989 **
Umidade Relativa (C)	1	80,6087 **	31,6199 **	16882,3329 **
A x B	9	454,9741 **	796,6069 **	956,8405 **
A x C	3	4,2092 ^{n.s.}	5,5311 ^{n.s.}	782,0250 *
B x C	3	0,1201 ^{n.s.}	5,5781 ^{n.s.}	1104,1462 **
A x B x C	9	4,0327 ^{n.s.}	9,4070 **	428,7568 ^{n.s.}
Resíduo	64	2,6573	2,7342	229,4039
Total	95			
C.V. (%)		5,6740	12,0740	10,6440

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo.

houve efeito significativo para os fatores estudados: período de armazenagem, temperatura, umidade relativa do ar e para as interações entre as causas de variações período de armazenagem e temperatura, período de armazenagem e umidade relativa do ar, e ainda, para temperatura e umidade relativa do ar de secagem. A interação entre os três fatores analisados foi significativa apenas para o teste de envelhecimento acelerado.

Os valores médios de germinação e vigor, pelos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, das sementes de café descascado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, encontram-se no Quadro 5.4, no qual se constata que tanto o valor médio da germinação quanto o do vigor das sementes de café descascado, de modo geral, tendem a decrescer significativamente ao longo do tempo de armazenagem, o que está de acordo com o trabalho de ARAUJO et al. (1989) e DIAS e BARROS (1993) ao estudarem o armazenamento de sementes de café, quando concluíram que a germinação decresce com o tempo de armazenagem.

Para o fator temperatura do ar de secagem (Quadro 5.4), o poder germinativo e o vigor das sementes de café descascado mostram que a elevação da temperatura proporciona uma redução da qualidade fisiológica das sementes, fato este também comprovado por BARBOZA

QUADRO 5.4- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Germinação TPG ‡	Vigor	
		TEA ‡	TCE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
Período (dias)			
0	50,29 a	33,13 a	100,77 a
60	36,47 b	19,42 b	102,65 a
120	19,08 c	2,23 c	170,24 b
180	9,07 d	0,00 d	195,54 c
Temperatura (°C)			
30	44,22 a	23,20 a	103,71 a
40	40,46 b	19,73 b	108,84 a
50	25,47 c	11,85 c	124,29 b
60	4,77 d	0,00 d	232,36 c
Umidade Relativa (%)			
20	27,81 a	13,12 a	155,56 a
40	29,64 b	14,27 b	129,04 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

e HERRERA (1990) quando realizaram experimentos de secagem de sementes de café com ar à temperatura ambiente e aquecido a 40°C.

Quanto ao fator umidade relativa do ar de secagem, os valores apresentados no Quadro 5.4 revelam que tanto o valor médio da germinação quanto o do vigor das sementes de café descascado, entre as duas condições de umidade relativa do ar de secagem, a que melhor preservou o poder germinativo e o vigor das sementes foi a de 40%, tendo em vista que nenhuma das duas condições analisadas foram capazes de reduzir o efeito deletério dos tratamentos de secagem sobre a viabilidade das sementes depois da secagem e durante o armazenamento.

No Quadro 5.5 encontram-se os valores médios dos testes TPG, TEA e TCE das sementes de café descascado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; verifica-se, neste quadro, que as sementes de café descascado conservam melhor o seu poder germinativo e o vigor logo depois da secagem (0 dias), em que as temperaturas de 30 e 40°C não diferiram significativamente, o que sugere o limite de 40°C para a temperatura do ar de secagem de sementes de café descascado para produção de mudas logo depois da secagem. Entretanto, a partir de 2 meses de armazenagem, o efeito prejudicial das

QUADRO 5.5- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
	TPG ‡			
0	68,04 A a	67,60 A a	54,16 B a	11,36 C a
60	53,03 A b	49,27 B b	35,85 C b	7,73 D b
120	34,92 A c	29,55 B c	11,86 C c	0,00 D c
180	20,88 A d	15,42 B d	0,00 C d	0,00 C c
	TEA ‡			
0	48,21 A a	47,59 A a	36,71 B a	0,00 C a
60	35,65 A b	31,35 B b	10,69 C b	0,00 D a
120	8,92 A c	0,00 B c	0,00 B c	0,00 B a
180	0,00 A d	0,00 A c	0,00 A c	0,00 A a
	TCE			
0	73,26 A a	65,63 A a	84,89 A a	179,32 B a
60	50,57 A a	64,68 AB a	75,89 B a	219,47 C b
120	134,64 A b	137,68 B b	156,35 A b	252,31 B c
180	156,38 A b	167,39 AB c	180,04 B c	278,36 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

temperaturas de 30 e 40°C tornou-se evidente (efeito latente), em que constata-se uma diminuição significativa da germinação e do vigor das sementes de café. Observa-se, ainda, o efeito danoso das temperaturas de 50 e 60°C sobre a germinação e o vigor das sementes, já imediatamente depois da secagem, sendo que a secagem a 60°C proporcionou a morte imediata de quase todas as sementes.

No Quadro 5.6 encontram-se os valores médios do teste de condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se, neste quadro, que as sementes de café descascado conservam melhor o seu vigor quando submetidas à secagem com umidade relativa do ar de 40%.

No Quadro 5.7 encontram-se os valores médios do teste de condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se neste quadro, como observado anteriormente, que as sementes de café descascado conservam melhor o seu vigor quando submetidas à secagem com umidade relativa

QUADRO 5.6- Valores médios do teste de condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do ar de Secagem (%)	Período de Armazenagem (dias)			
	0	60	120	180
20	121,82 A a	112,68 A a	184,09 B a	203,67 C a
40	79,73 A b	92,62 A b	156,40 B b	187,41 C b

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 5.7- Valores médios do teste de condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
20	112,87 A a	115,51 A a	139,68 B a	254,18 C a
40	94,55 A b	102,17 A b	108,90 A b	210,54 B b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

de 40%. Analisando-se ainda esse quadro, nota-se que o efeito da temperatura do ar de secagem é parcialmente inibido com a elevação da umidade relativa do ar, não implicando em dizer que não ocorra o processo degenerativo da qualidade das sementes secas a temperaturas mais elevadas, mas sim, que o processo de redução de qualidade das sementes de café é mais acelerado quando essas são submetidas a uma retirada mais brusca de umidade, de tal forma que, uma maior taxa de secagem implica na redução da qualidade fisiológica das sementes.

Nos Quadros 5.8 e 5.9 são apresentadas as médias dos resultados do teste de envelhecimento acelerado das sementes de café descascado para a interação dos três fatores estudados, nos quais verifica-se que, mesmo as temperaturas menos elevadas de secagem (30 e 40 °C) afetaram o vigor das sementes, independentemente da umidade relativa do ar de secagem, ao longo do período de armazenagem. Já a partir do quarto mês de armazenamento as sementes apresentaram um índice extremamente baixo de vigor.

Essas observações indicam que a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem, bem como o período de armazenagem e suas interações, são fatores importantes para preservação da qualidade fisiológica das sementes, confirmando as afirmações feitas por POPINIGIS (1985) e BROOKER et al. (1992). De modo geral, os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica mostraram as mesmas tendências observadas no teste de

QUADRO 5.8- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado [‡] (TEA) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	
		20	40
0	30	47,74 A a	48,68 A a
	40	46,91 A a	48,26 A a
	50	36,16 A b	37,26 A b
	60	0,00 A c	0,00 A c
60	30	35,77 A a	35,53 A a
	40	30,51 A b	32,19 A a
	50	6,88 A c	14,49 B b
	60	0,00 A d	0,00 A c
120	30	5,96 A a	11,88 B a
	40	0,00 A b	0,00 A b
	50	0,00 A b	0,00 A b
	60	0,00 A b	0,00 A b
180	30	0,00 A a	0,00 A a
	40	0,00 A a	0,00 A a
	50	0,00 A a	0,00 A a
	60	0,00 A a	0,00 A a

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

[‡] Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.9- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado [‡] (TEA) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (dias)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	
		20	40
30	0	47,74 A a	48,68 A a
	60	35,77 A b	35,53 A b
	120	5,96 A c	11,88 B c
	180	0,00 A d	0,00 A d
40	0	46,91 A a	48,26 A a
	60	30,51 A b	32,19 A b
	120	0,00 A c	0,00 A c
	180	0,00 A c	0,00 A c
50	0	36,16 A a	37,26 A a
	60	6,88 A b	14,49 B b
	120	0,00 A c	0,00 A c
	180	0,00 A c	0,00 A c
60	0	0,00 A a	0,00 A a
	60	0,00 A a	0,00 A a
	120	0,00 A a	0,00 A a
	180	0,00 A a	0,00 A a

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

[‡] Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

germinação, ou seja, os resultados apresentados indicaram a sensibilidade das sementes de café descascado à secagem, com ar aquecido, até baixo teor de umidade (12% b.u.), concordando neste aspecto, com os resultados obtidos por KING e ROBERTS (1980) e SILVA e DIAS (1985).

5.4.2- Sementes de café descascado armazenadas em ambiente com temperatura controlada

No Quadro 5.10 encontra-se o resumo da análise de variância dos resultados obtidos pelos testes de qualidade fisiológica das sementes de café descascado submetidas às diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas durante um período de 6 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C.

QUADRO 5.10- Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) de sementes de café descascado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 6 meses em ambiente com temperatura controlada de 15 °C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		TPG ‡	TEA ‡	TCE
Período de Armazenagem (A)	3	2955,5863 **	2649,5977 **	10875,1201 **
Temperatura (B)	3	12512,9419 **	6821,3888 **	131635,7758 **
Umidade Relativa (C)	1	108,4188 **	24,8938 **	21183,8367 **
A x B	9	102,1997 **	385,8750 **	1535,6161 **
A x C	3	38,8190 **	23,1256 **	694,7512 n.s.
B x C	3	7,4033 n.s.	8,4006 n.s.	1106,1878 *
A x B x C	9	13,8535 *	9,8995 **	348,6203 n.s.
Resíduo	64	5,1488	3,5588	334,4148
Total	95			
C.V. (%)		6,1570	8,9940	14,6750

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

Observa-se no Quadro 5.10 que, para os testes padrão de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA), existem diferenças significativas para os fatores analisados: período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar, bem como a interação entre os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem, e ainda, para interação dos três fatores analisados. Já

para o teste de condutividade elétrica (TCE) houve efeito significativo para os fatores estudados: período de armazenagem, temperatura, umidade relativa do ar e para as interações entre as causas de variações período de armazenagem e temperatura, e temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

No Quadro 5.11 encontra-se a análise estatística para cada fator isoladamente, constatando-se que a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam na manutenção da germinação e do vigor das sementes de café descascado e que as sementes armazenadas à temperatura de 15°C preservam mais a sua qualidade fisiológica do que aquelas mantidas em ambiente não controlado (Quadro 4). Este fato confirma as afirmações feitas por COUTURON (1980) e HONG e ELLIS (1992), quando relatam que o efeito latente da secagem a temperaturas mais elevadas sobre as sementes podem, em alguns casos, ser reduzido na armazenagem pela utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação. No entanto, isto significa aumento de custos da armazenagem das sementes.

QUADRO 5.11- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Germinação TPG ‡	Vigor	
		TEA‡	TCE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
Período (dias)			
0	50,29 a	33,13 a	100,77 a
60	40,86 b	25,95 b	118,21 b
120	31,34 c	14,88 c	127,65 b
180	24,92 d	9,95 d	151,83 c
Temperatura (°C)			
30	55,14 a	37,17 a	80,45 a
40	50,47 b	31,70 b	76,87 a
50	37,26 c	15,03 c	107,34 b
60	4,54 d	0,00 d	233,82 c
Umidade Relativa (%)			
20	35,79 a	20,46 a	139,47 a
40	37,92 b	21,48 b	109,76 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

Analisando-se ainda o Quadro 5.11, verifica-se, como já mencionado, que as sementes que foram secas com temperatura mais baixa e umidade relativa mais elevada mantiveram a qualidade fisiológica em níveis mais elevados. Observa-se também que, para o fator período de armazenagem, a germinação e o vigor das sementes diminuem significativamente ao longo de todo o período.

No Quadro 5.12 encontram-se os valores médios dos testes TPG, TEA e TCE das sementes de café descascado para interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; verifica-se, neste quadro, que, de modo geral, a germinação e o vigor das sementes de café quando secas às temperaturas de 30 e 40°C não apresentaram diferenças significativas imediatamente depois da secagem. No entanto, estas diferem significativamente a partir do segundo mês de armazenamento. Analisando-se esta tabela na coluna, verifica-se que a qualidade fisiológica das sementes passam a ser significativamente diferentes logo depois da secagem, independentemente da temperatura empregada no processo de secagem. Observa-se ainda o efeito prejudicial das temperaturas de 50 e 60°C sobre a germinação e o vigor das sementes, já imediatamente depois da secagem, sendo que a secagem a 60°C proporcionou a morte imediata de quase todas as sementes.

No Quadro 5.13 encontram-se os valores médios dos testes TPG e TEA das sementes de café descascado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se, nesta tabela, que a umidade relativa do ar de 40% permitiu melhor conservação da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento. No entanto, para ambos os testes e níveis de umidade relativa do ar de secagem verificam-se diferenças significativas entre as médias observadas já a partir do segundo mês de armazenagem.

Somente o teste de condutividade elétrica indicou efeito da interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem. No Quadro 5.14 encontram-se os valores médios do TCE das sementes de café descascado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; nota-se, neste quadro, que o vigor, de modo geral, diminui com o aumento da temperatura e o decréscimo da umidade relativa do ar de secagem, tornando-se mais acentuado para as temperaturas superiores a 40°C com 20% de umidade relativa do ar de secagem, quando a qualidade fisiológica das sementes diminui de forma significativa. Ainda pelo Quadro 5.14, verifica-se não haver diferenças significativas entre os valores de vigor das sementes secas a 30 e 40°C, para umidade relativa de 40%. Fato também observado ao se analisar os Quadros 5.15 e 5.16, onde nota-se, ainda, que o efeito prejudicial da menor umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes de café acentua-se com o aumento do tempo de armazenamento, assim como com o acréscimo da temperatura do ar de secagem.

QUADRO 5.12- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
	TPG ‡			
0	68,04 A a	67,60 A a	54,16 B a	11,36 C a
60	60,80 A b	53,86 B b	42,00 C b	6,80 D b
120	50,43 A c	44,17 B c	30,75 C c	0,00 D c
180	41,30 A d	36,25 B d	22,13 C d	0,00 D c
	TEA ‡			
0	48,21 A a	47,59 A a	36,71 B a	0,00 C a
60	43,39 A b	37,00 B b	23,39 C b	0,00 D a
120	33,35 A c	26,16 B c	0,00 C c	0,00 C a
180	23,73 A d	16,06 B d	0,00 C c	0,00 C a
	TCE			
0	73,26 A a	65,63 A a	84,89 A a	179,32 B a
60	66,42 A a	70,25 A a	98,66 B ab	237,48 C b
120	90,65 AB a	65,09 A a	111,07 B b	244,02 C c
180	91,65 A a	106,50 AB b	134,74 B b	274,45 C c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.13- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Período de Armazenagem (dias)			
	0	60	120	180
	TPG ‡			
20	48,79 A a	39,28 B a	29,35 C a	25,74 D a
40	51,79 A b	42,45 B b	33,32 C b	24,10 D a
	TEA ‡			
20	32,70 A a	24,88 B a	13,50 C a	10,78 D a
40	33,55 A a	27,02 B b	16,26 C b	9,11 D b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.14- Valores médios do teste de condutividade elétrica (TCE) das sementes de café descascado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
20	90,33 A a	85,35 B a	125,80 C a	256,42 C a
40	70,57 AB b	68,38 A b	88,88 B b	211,22 C b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 5.15- Valores médios dos testes de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		TPG ‡		TEA ‡	
		20	40	20	40
0	30	66,75 A a	69,33 A a	47,74 A a	54,78 A a
	40	66,22 A a	68,98 A a	46,91 A a	53,33 A a
	50	53,59 A b	54,72 A b	36,16 A b	34,82 A b
	60	8,61 A c	14,11 B c	0,00 A c	0,00 A c
60	30	59,36 A a	62,24 A a	42,17 A a	44,62 A a
	40	52,30 A b	55,42 A b	35,46 A b	38,54 B b
	50	40,91 A c	43,09 A c	21,89 A c	24,89 A c
	60	4,55 A d	9,05 B d	0,00 A d	0,00 A d
120	30	48,12 A a	52,74 B a	30,80 A a	35,90 B a
	40	41,81 A b	46,53 B b	23,18 A b	29,14 B b
	50	27,47 A c	34,02 B c	0,00 A c	0,00 A c
	60	0,00 A d	0,00 A d	0,00 A c	0,00 A c
180	30	45,13 A a	37,47 B a	27,23 A a	20,23 B a
	40	37,25 A b	35,25 A a	15,90 A b	16,21 A a
	50	20,57 A c	23,69 A b	0,00 A c	0,00 A b
	60	0,00 A d	0,00 A c	0,00 A c	0,00 A b

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.16- Valores médios dos testes de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA) das sementes de café descascado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (dias)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		TPG ‡		TEA ‡	
		20	40	20	40
30	0	66,75 A a	69,33 A a	47,74 A a	48,68 A a
	60	59,36 A b	62,24 A b	42,17 A b	44,62 A a
	120	48,12 A c	52,74 B c	30,80 A c	35,90 B b
	180	45,13 A c	37,47 B d	27,23 A c	20,23 B c
40	0	66,22 A a	68,98 A a	46,91 A a	48,26 A a
	60	52,30 A b	55,42 A b	35,46 A b	38,54 B b
	120	41,81 A c	46,53 B c	23,18 A c	29,14 B c
	180	37,25 A c	35,25 A d	15,90 A d	16,21 A d
50	0	53,59 A a	54,72 A a	36,16 A a	37,26 A a
	60	40,91 A b	43,09 A b	21,89 A b	24,89 A b
	120	27,47 A c	34,02 B c	0,00 A c	0,00 A c
	180	20,57 A d	23,69 A d	0,00 A c	0,00 A c
60	0	8,61 A a	14,11 B a	0,00 A a	0,00 A a
	60	4,55 A ab	9,05 B b	0,00 A a	0,00 A a
	120	0,00 A b	0,00 A c	0,00 A a	0,00 A a
	180	0,00 A b	0,00 A c	0,00 A a	0,00 A a

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

5.4.3- Sementes de café despulpado armazenadas em ambiente não controlado

No Quadro 5.17 encontra-se o resumo da análise de variância dos resultados obtidos nos testes de qualidade fisiológica das sementes de café despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas durante um período de 6 meses em condição de ambiente não controlado.

Observa-se, no Quadro 5.17, que para os testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) existem diferenças significativas para os três fatores analisados (período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar). Verifica-se também que para os testes TPG e TEA houve efeito significativo para as interações entre os fatores estudados: período de armazenagem e temperatura, período de armazenagem e umidade relativa do ar, e ainda, para o teste TEA para interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

QUADRO 5.17- Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) de sementes de café despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 6 meses em condição ambiente

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		TPG ‡	TEA ‡	TCE
Período de Armazenagem (A)	3	7127,8139 **	5768,0999 **	77261,8627 **
Temperatura (B)	3	10524,2793 **	4344,9789 **	64271,3683 **
Umidade Relativa (C)	1	184,2634 **	75,9793 **	14690,8667 **
A x B	9	447,5172 **	808,9153 **	547,9890 ^{n.s.}
A x C	3	17,6519 **	8,6142 *	311,6139 ^{n.s.}
B x C	3	1,1398 ^{n.s.}	12,0095 **	106,9511 ^{n.s.}
A x B x C	9	3,2757 ^{n.s.}	3,5301 ^{n.s.}	345,8145 ^{n.s.}
Resíduo	64	2,8237	2,3302	346,3419
Total	95			
C.V. (%)		5,1350	8,5410	14,2090

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo.

No Quadro 5.18 está a análise estatística para cada um dos fatores estudados, observando-se, que a exemplo das considerações já feitas para a forma de preparo descascado, a germinação e o vigor das sementes despulpadas são afetados pela ação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem e estas diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, obtendo-se melhor conservação da qualidade fisiológica nas sementes secas à temperatura de 30°C, com 40% de umidade relativa do ar de secagem. Ainda no Quadro 5.18, verifica-se que para o fator período de armazenagem a qualidade fisiológica das sementes de café despulpado diminui significativamente ao longo de todo o período.

No Quadro 5.19 encontra-se a comparação entre as médias obtidas pelos testes TPG e TEA das sementes de café despulpado para interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Verifica-se, nesta tabela, analisando-se as colunas, que para todas as temperaturas utilizadas as médias de germinação e vigor das sementes diferem significativamente entre elas, quando estas são armazenadas pelos períodos de 0, 60, 120 e 180 dias. Este fato evidencia que a qualidade fisiológica das sementes de café despulpado apresenta redução de potencial quando armazenadas, indicando que as temperaturas inadequadas de secagem mostram com mais evidência os danos latentes causados às sementes pela ação do período de armazenamento.

QUADRO 5.18- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café despulpado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Germinação TPG ‡	Vigor	
		TEA ‡	TCE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
Período (dias)			
0	52,16 a	34,94 a	81,75 a
60	41,08 b	25,84 b	90,35 a
120	24,16 c	11,02 c	148,07 b
180	13,49 d	0,00 d	203,82 c
Temperatura (°C)			
30	52,21 a	31,07 a	95,37 a
40	45,42 b	24,68 b	103,82 ab
50	27,97 c	16,05 c	117,29 b
60	5,30 d	0,00 d	207,41 c
Umidade Relativa (%)			
20	31,34 a	17,06 a	143,34 a
40	34,11 b	18,84 b	118,60 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.19- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
TPG ‡				
0	71,71 A a	68,42 B a	55,99 C a	12,52 D a
60	59,51 A b	52,82 B b	43,35 C b	8,66 D b
120	47,77 A c	36,30 B c	12,56 C c	0,00 D c
180	29,83 A d	24,14 B d	0,00 C d	0,00 C c
TEA ‡				
0	51,42 A a	49,24 A a	39,10 B a	0,00 C a
60	42,29 A b	35,93 B b	25,12 C b	0,00 D a
120	30,56 A c	13,54 B c	0,00 C c	0,00 C a
180	0,00 A d	0,00 A d	0,00 A c	0,00 A a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

Analisando-se o Quadro 5.19, nas linhas, observa-se que a qualidade fisiológica do café, quando as sementes foram secas à temperatura de 30°C, apresentou seu melhor resultado imediatamente depois da secagem. Entretanto, embora as médias de germinação e vigor das sementes secas às temperaturas de 30 e 40°C sejam estatisticamente diferentes entre si, é possível constatar que logo depois da secagem a 40°C a qualidade fisiológica das sementes permanece em nível elevado.

No Quadro 5.20 estão os valores médios de germinação e vigor das sementes de café para a interação entre período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem. Neste quadro, analisando-se a qualidade fisiológica das sementes nas linhas e colunas, verifica-se que esta difere significativamente para todos os níveis analisados. Nota-se claramente que a qualidade fisiológica das sementes diminui acentuadamente durante o armazenamento, e também, que o efeito da umidade relativa do ar de secagem na germinação e no vigor das sementes de café é mais expressivo a 20%, quando se compara com os resultados obtidos para a umidade relativa de 40%, em que a variação da qualidade fisiológica das sementes foi menos pronunciada.

QUADRO 5.20- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG) e envelhecimento acelerado (TEA) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Período de Armazenagem (dias)			
	0	60	120	180
	TPG ‡			
20	49,92 A a	39,12 B a	23,25 C a	13,06 D a
40	54,41 A b	43,04 B b	25,06 C b	13,93 D a
	TEA ‡			
20	33,79 A a	24,53 B a	9,92 C a	0,00 D a
40	36,09 A b	27,14 B b	12,13 C b	0,00 D a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

Somente o teste de envelhecimento acelerado indicou efeito da interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes de café despulpado. No Quadro 5.21 encontram-se os valores médios do teste TEA das sementes de

QUADRO 5.21- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado[‡] (TEA) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
20	30,12 A a	22,95 B a	15,17 C a	0,00 D a
40	32,01 A b	26,41 B b	16,94 C b	0,00 D a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

[‡] Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

café para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Observa-se neste quadro, diminuição do vigor das sementes com a utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem, independentemente da umidade relativa empregada, embora os resultados obtidos para umidade relativa de 40% apresentem superioridade em comparação com àqueles obtidos para o nível de 20%.

5.4.4- Sementes de café despulpado armazenadas em ambiente com temperatura controlada

No Quadro 5.22 encontra-se o resumo da análise de variância dos resultados obtidos nos testes de qualidade fisiológica das sementes de café despulpado submetidas às diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas durante o período de 6 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C.

Observa-se, no Quadro 5.22, que para os testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) existem diferenças significativas para os fatores analisados: período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, bem como para a interação entre as causas de variação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. O teste de condutividade elétrica apresentou ainda diferença significativa para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem, enquanto o teste de envelhecimento acelerado apresentou também diferenças significativas para as demais interações investigadas.

No Quadro 5.23 encontra-se a análise estatística para cada fator isoladamente, constatando-se que a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam na manutenção da germinação e do vigor das sementes de café despulpado e que as sementes armazenadas à temperatura de 15°C preservam mais a sua qualidade fisiológica do que aquelas

QUADRO 5.22- Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) de sementes de café descascado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 6 meses em ambiente com temperatura controlada de 15 °C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		TPG ‡	TEA ‡	TCE
Período de Armazenagem (A)	3	4220,2360 **	4622,3713 **	6426,5424 **
Temperatura (B)	3	12762,8297 **	6783,5567 **	103189,8198 **
Umidade Relativa (C)	1	245,7364 **	161,5773 **	12793,2531 **
A x B	9	171,5350 **	647,1789 **	728,0630 **
A x C	3	5,8101 ^{n.s.}	20,0023 **	208,0934 ^{n.s.}
B x C	3	4,5939 ^{n.s.}	20,0173 **	873,6335 **
A x B x C	9	5,0430 ^{n.s.}	11,5276 **	86,5973 ^{n.s.}
Resíduo	64	3,6215	3,2104	161,4641
Total	95			
C.V. (%)		4,9760	8,1060	12,5700

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo.

QUADRO 5.23- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café despulpado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Germinação TPG ‡	Vigor	
		TEA ‡	TCE ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)
Período (dias)			
0	52,16 a	34,94 a	81,75 a
60	45,65 b	30,99 b	96,00 b
120	32,68 c	18,26 c	106,06 c
180	22,49 d	4,23 d	120,55 d
Temperatura (°C)			
30	57,15 a	38,84 a	60,31 a
40	50,74 b	30,48 b	65,95 a
50	39,71 c	19,10 c	79,39 b
60	5,39 d	0,00 d	198,71 c
Umidade Relativa (%)			
20	36,65 a	20,81 a	112,63 a
40	39,85 b	23,40 b	89,55 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

mantidas em ambiente não controlado (Quadro 5.18). Analisando-se ainda o Quadro 5.23, verifica-se, como já mencionado na interpretação e discussão de resultados anteriores, o efeito negativo do aumento do período de armazenagem e da temperatura do ar de secagem, assim como a redução da umidade relativa do ar secante, sobre a qualidade fisiológica das sementes de café despulpado.

No Quadro 5.24 encontram-se os valores médios dos testes TPG, TEA e TCE das sementes de café despulpado para interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Verifica-se, neste quadro, que de modo geral as sementes de café mantém melhor seu vigor logo depois da secagem, não apresentando diferenças estatísticas para as temperaturas de 30 e 40°C (TEA e TCE), e ainda, observa-se que para a temperatura de 30°C as sementes apresentaram elevado potencial de qualidade fisiológica depois de 60 dias de armazenagem, mesmo apresentando resultado estatisticamente distinto do observado logo depois da secagem (0 dias).

QUADRO 5.24- Valores médios dos testes padrão de germinação (TPG), envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
TPG ‡				
0	71,71 A a	68,42 B a	55,99 C a	12,52 D a
60	67,05 A b	59,17 B b	47,33 C b	9,03 D b
120	53,20 A c	45,87 B c	31,65 C c	0,00 D c
180	36,65 A d	29,48 B d	23,84 C d	0,00 D c
TEA ‡				
0	51,42 A a	49,24 A a	39,10 B a	0,00 C a
60	49,48 A a	43,13 B b	31,33 C b	0,00 D a
120	37,53 A b	29,53 B c	5,96 C c	0,00 D a
180	16,94 A c	0,00 B d	0,00 B d	0,00 B a
TCE				
0	43,76 A a	56,61 AB a	67,16 B a	159,46 C a
60	51,36 A ab	57,28 A a	66,39 A a	208,98 B b
120	69,64 A bc	63,42 A a	79,68 A a	211,49 B b
180	76,46 A c	86,49 AB b	104,34 B b	214,91 C b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

Estudando-se os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado para interação entre o período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem, é possível confirmar pelo Quadro 5.25 que, mesmo não sendo capaz de melhorar o vigor das sementes de café despulpado armazenadas à temperatura de 15 °C, a umidade relativa do ar de secagem de 40 % afetou menos o vigor das sementes.

QUADRO 5.25- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado [‡] (TEA) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Período de Armazenagem (dias)			
	0	60	120	180
20	33,79 A a	30,18 B a	15,63 C a	3,63 D a
40	36,09 A b	31,80 B b	20,88 C b	4,84 D a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

[‡] Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

No Quadro 5.26 encontram-se os valores médios dos TEA e TCE das sementes de café despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Nota-se, neste quadro, o efeito do potencial do ar de secagem sobre o vigor das sementes, e verifica-se que a secagem mais rápida, ou seja, aquela promovida por um ar de secagem mais aquecido e seco, foi consideravelmente mais prejudicial do que aquela realizada por um ar de secagem menos quente e mais úmido, responsável por uma menor taxa de secagem.

Analisando-se os Quadros 5.27 e 5.28, constata-se que as secagens das sementes de café despulpado realizadas às temperaturas de 30 e 40 °C, foram as que menos afetaram o vigor das sementes, logo depois da operação, diferindo significativamente das demais temperaturas estudadas. Entretanto, apenas a temperatura de 30 °C foi capaz de manter relativamente elevado o vigor das sementes até o segundo mês de armazenamento, para as duas condições de umidade relativa do ar de secagem avaliadas.

5.4.5- Discussão geral

Os valores de teor de umidade das sementes de café durante o armazenamento tendem para a umidade de equilíbrio e oscila entre 11,1 e 12,4 % base úmida, para a forma de preparo descascado,

QUADRO 5.26- Valores médios dos testes envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (TCE) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	Temperatura do ar de secagem (°C)			
	30	40	50	60
TEA ‡				
20	37,31 A a	28,97 B a	16,95 C a	0,00 D a
40	40,38 A b	31,99 B b	21,24 C b	0,00 D a
TCE				
20	65,50 A a	75,94 A a	90,70 B a	218,40 C a
40	55,12 A b	55,96 A b	68,09 A b	179,02 B b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.27- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado ‡ (TEA) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (dias)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	
		20	40
0	30	50,25 A a	52,59 A a
	40	47,18 A a	51,30 B a
	50	37,74 A b	40,45 A b
	60	0,00 A c	0,00 A c
60	30	48,35 A a	50,61 A a
	40	42,28 A b	43,99 A b
	50	30,07 A c	32,59 A c
	60	0,00 A d	0,00 A d
120	30	36,12 A a	38,94 A a
	40	26,40 A b	32,66 B b
	50	0,00 A c	11,92 B c
	60	0,00 A c	0,00 A d
180	30	14,51 A a	19,36 B a
	40	0,00 A b	0,00 A b
	50	0,00 A b	0,00 A b
	60	0,00 A b	0,00 A b

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

‡ Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

QUADRO 5.28- Valores médios do teste de envelhecimento acelerado [‡] (TEA) das sementes de café despulpado para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (dias)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)	
		20	40
30	0	50,25 A a	52,59 A a
	60	48,35 A a	50,61 A a
	120	36,12 A b	38,94 A b
	180	14,51 A c	19,36 B c
40	0	47,18 A a	51,30 B a
	60	42,28 A b	43,99 A b
	120	26,40 A c	32,66 B c
	180	0,00 A d	0,00 A d
50	0	37,74 A a	40,45 A a
	60	30,07 A b	32,59 A b
	120	0,00 A c	11,92 B c
	180	0,00 A c	0,00 A d
60	0	0,00 A a	0,00 A a
	60	0,00 A a	0,00 A a
	120	0,00 A a	0,00 A a
	180	0,00 A a	0,00 A a

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

[‡] Dados transformados para $\arcsen \sqrt{P/100}$

quando mantidas em ambiente não controlado; entre 10,3 e 12,6 % b.u., para sementes descascadas armazenadas em ambiente de temperatura controlada de 15 °C; entre 11,1 e 12,5 % b.u. para a forma de preparo despulpado armazenadas em ambiente não controlado e entre 10,7 e 12,5 % b.u. para sementes despulpadas estocadas em ambiente de temperatura controlada de 15 °C. A análise destes resultados permite verificar que a variação do teor de umidade das sementes de café, durante o armazenamento, pode ser considerada pequena e, em consequência, não interferir nas interpretações dos resultados dos testes de qualidade fisiológica das sementes.

Ao ser feita uma comparação geral entre os resultados obtidos nos quatro experimentos sobre secagem e armazenagem, pode-se observar que a qualidade fisiológica das sementes de café descascado foi mais afetada negativamente pela temperatura e umidade relativa do ar de secagem e pela condição de armazenagem, do que as sementes de café despulpado, que apresentaram em todos os testes resultados sempre superiores.

Analisando a qualidade inicial das sementes das duas formas de preparo estudadas, ou seja, antes da realização dos testes de secagem, com os valores obtidos depois da secagem,

observa-se, pelos resultados apresentados, que houve efeito imediato desta operação sobre a germinação e o vigor das sementes. Entretanto, verifica-se que os resultados obtidos às temperaturas do ar de secagem de 30 e 40°C não diferiram estatisticamente e mantiveram elevado o potencial de viabilidade das sementes de café descascado e despulpado, apresentando efeito latente já a partir do segundo mês de armazenagem, independentemente da condição de armazenamento. O que sugere a sensibilidade das sementes de café à etapa de secagem.

As temperaturas de 50 e 60°C foram prejudiciais às sementes e seus efeitos degenerativos de qualidade aparecem com mais evidência durante seu armazenamento, para todos os testes de secagem, forma de preparo e condição de armazenagem estudados. Para temperatura de 60°C este efeito negativo sobre a qualidade fisiológica das sementes foi mais acentuado, causando a morte de mais de 95% das sementes imediatamente depois da secagem. Estes resultados concordam com os obtidos por ARCILA-PULGARIN (1976), que verificou que sementes de café secas às temperaturas de 25 até 45°C mantiveram alto poder germinativo logo depois da secagem. Respostas semelhantes foram observadas por BACCHI (1956) trabalhando com secagem artificial em secadores com temperaturas próximas de 40°C.

O efeito deletério causado por temperaturas mais elevadas do ar de secagem sobre a qualidade das sementes pode, segundo alguns autores, estar relacionado com alterações fisiológicas ou bioquímicas. Há, na literatura especializada, referências sobre o decréscimo de qualidade como consequência de danos nas membranas celulares ou desorganização de componentes celulares (BAKER et al. 1991; CHEN e BURRIS, 1991), desnaturação de proteínas (LEVITT, 1980) e outras alterações de compostos e sistemas intracelulares. Já BENDAÑA (1962) relata que as sementes de café são classificadas entre aquelas que contêm endosperma hemicelulósico e esse tipo de reserva pode levar ao estrangulamento do embrião quando a semente sofre perda de umidade. Todavia, em temperaturas mais baixas o efeito não é tão acentuado.

Analisando o efeito da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes de café, verificou-se que entre os dois níveis estudados (20 e 40%) o que provocou menores danos às sementes foi o de 40%, embora não tenha sido capaz de minimizar os efeitos prejudiciais dos tratamentos de secagem sobre a germinação e vigor das sementes, independentemente da forma de preparo e da condição de armazenamento.

Apesar da falta de informação sobre os possíveis efeitos da umidade relativa do ar de secagem na qualidade fisiológica das sementes de café, trabalhos realizados com outros produtos em condições semelhantes aos deste, indicam a sensibilidade das sementes a

umidades relativas menores do ar de secagem (CLASER, 1995; CHRIST, 1996; ARAUJO, 1999). O efeito prejudicial da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes pode estar relacionado com a taxa de secagem e o tempo de exposição do produto (HERTER e BURRIS, 1989; BORÉM, 1992). O efeito favorável, observado nesse trabalho, da maior condição de umidade relativa do ar de secagem (40%) reforçam a sugestão de WESTERMAN et al. (1973), segundo o qual a secagem com baixas umidades relativas do ar e elevadas taxas de remoção de umidade podem provocar danos irreversíveis às sementes.

Apesar de alguns trabalhos citarem a conservação de sementes de café em baixas temperaturas, durante o período de armazenamento, como recomendada para conservar a qualidade fisiológica das mesmas (AGUILERA e GOLDBACH, 1980; HONG e ELLIS, 1992), constatou-se que, embora o ambiente com temperatura controlada tenha apresentado relativa superioridade dos resultados de germinação e vigor, quando comparados com os resultados obtidos das sementes de café armazenadas em condição de ambiente não controlado, a temperatura de 15°C mostrou-se ineficiente para conservar e evitar a deterioração das sementes de café ao longo do período de armazenamento.

Nesta etapa do trabalho fica claro que as sementes de café, independentemente da forma de preparo, levam consigo algum efeito latente da temperatura elevada de secagem sobre a qualidade destas, mas parece ficar evidente ainda que este efeito pode sofrer uma pequena redução, embora não inibido, elevando-se a umidade relativa do ar de secagem e diminuindo-se a temperatura do ambiente de armazenamento das sementes, para que se retarde o início do processo degenerativo das sementes. Os fatores que causam redução da qualidade fisiológica das sementes de café aparecem com maior amplitude nas sementes secas às temperaturas de 50 e 60°C.

5.5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo da qualidade fisiológica do café, pôde-se concluir que:

- as sementes de café descascado apresentaram maior sensibilidade às condições de secagem e armazenagem que as sementes de café despulpado;

- a germinação e o vigor das sementes de café diminuem com a redução da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar de secagem, e ainda, com o período de armazenamento;
- as temperaturas de 50 e 60°C foram prejudiciais à qualidade das sementes, principalmente para a umidade relativa mais baixa (20%);
- para as sementes secas às temperaturas de 30 e 40°C não houve diferenças significativas entre esses dois tratamentos na sua qualidade fisiológica, logo depois da secagem, apresentando elevados valores de germinação e vigor;
 - a condição de umidade relativa que menor dano causou à germinação e ao vigor das sementes de café foi a de 40%, para as duas formas de preparo estudadas;
- a germinação e o vigor das sementes de café descascado e despulpado aumentam com a redução da temperatura de armazenagem para 15°C, porém o ambiente com temperatura controlada não foi capaz de inibir a perda de qualidade das sementes durante o armazenamento;
- as sementes de café apresentaram efeito latente prejudicial à qualidade fisiológica das mesmas já a partir do segundo mês de armazenamento, para todas as combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem estudadas.

CAPÍTULO 6

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA COR DOS GRÃOS DE CAFÉ

6.1. INTRODUÇÃO

A qualidade comercial do café determina-se avaliando um conjunto de características que variam desde o aspecto físico até a análise sensorial da bebida obtida do produto. As atuais técnicas de classificação do café baseiam-se em uma série de avaliações subjetivas que levam em consideração o tipo e a qualidade do produto. A classificação por tipos compreende sete categorias de valores (2 a 8), em que, a cada tipo, corresponde um maior ou menor número de defeitos (grãos imperfeitos ou impurezas), de tal forma que, quanto maior o tipo, maior o número de defeitos do lote. A classificação por qualidade considera os elementos: forma, tamanho, aspecto, cor, torração e bebida. Os fatores que contribuem para melhoria da qualidade do café brasileiro tem sido um importante objeto de estudo, visto que, a boa qualidade em tipo e bebida do produto constitui um dos principais atributos na conquista de mercados internacionais, além da valorização da cotação do produto nacional quando confrontado com o de outros países.

Das características que dependem do aspecto físico dos grãos de café, a cor tem grande importância econômica e interfere decisivamente no processo de comercialização do produto, pois dela dependerá a aceitação ou rejeição pelo comprador, uma vez que a variação da cor do

material pode ser um indicativo de problemas ocorridos durante o processo de preparo, secagem, condições de armazenagem, envelhecimento dos grãos entre outros.

Os grãos de café podem apresentar mudanças de cor durante o período de armazenagem, passando de verde azulado à cor marrom claro, fenômeno conhecido como branqueamento, sendo a intensidade de ocorrência do fenômeno função das condições ambientais do local em que o produto se encontra armazenado. Entretanto, a coloração do produto também está intimamente associada aos métodos de preparo e de secagem empregados, por ser muito influenciada pelos processos de fermentações que ocorrem nas etapas seguintes à colheita, devido ao alto teor de umidade inicial dos frutos de café.

Estudos recentes de análise físico-química têm sugerido melhorias nos métodos de classificação da qualidade comercial do café apoiados em critérios científicos, tornando menos subjetiva a determinação da qualidade do produto. O critério de classificação do café pela cor baseia-se na observação visual dos grãos, o que dificulta a definição e impossibilita a mensuração dessa característica física. Fisicamente, cor é uma característica da luz, mensurável em termos de energia radiante (intensidade) e comprimento de onda.

Considerando as poucas informações sobre o efeito do processo de secagem para os diferentes métodos de preparo do café, antes e depois da armazenagem, sobre a cor dos grãos, avaliada por meio de métodos físicos mais objetivos, este trabalho teve como objetivo avaliar durante o armazenagem a cor dos grãos de café, medida com colorímetro tristímulo, submetidos à diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, para as formas de preparo cereja, despulpado e descascado e para diferentes condições de armazenagem.

6.2. REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os diversos elementos que constituem entraves à comercialização do café, está o branqueamento dos grãos armazenados. O produto, durante e depois da colheita, sofre transformações bioquímicas que alteram sua cor e qualidade, reduzindo o valor comercial do produto (AMORIM et al., 1977; CARVALHO et al., 1997). Segundo BACCHI (1962), a mudança de coloração dos grãos de café depende de diversos fatores, tais como: tempo de armazenagem, tipo de embalagem, teor de umidade, injúrias sofridas pelo produto e umidade relativa do ar, principalmente para valores superiores a 80%.

O excesso de umidade do grão é um dos fatores que causam distúrbios de ordem fisiológica ao café. De acordo com SUBRAHMANYAN et al. (1961) não se sabe ao certo o teor de umidade crítico no qual a mudança de cor é mais acentuada, mas sabe-se que varia de 7 a 22% base úmida quando a umidade relativa do ar oscila entre 50 e 95%, na temperatura de 24°C. Como limite de segurança para o armazenamento do café, aconselha-se um teor de umidade máximo de 12% b.u. (BÁRTHOLO e GUIMARÃES, 1997).

HARA (1972) trabalhando com armazenamento de grãos de café estudou, além da umidade relativa do ar, o efeito da luz e da temperatura de estocagem sobre a coloração do produto. O autor verificou que grãos armazenados na ausência de luz apresentaram tendência ao branqueamento, enquanto na presença de luz, de modo geral, mantiveram sua cor original. Com relação à temperatura, os grãos conservaram melhor a cor quando armazenados em baixa temperatura. Segundo STIRLING (1975) temperaturas na faixa de 10 a 17°C são eficientes na preservação das características de aparência dos grãos de café, bem como da qualidade da bebida por um período superior a um ano de armazenagem. Comportamento semelhante foi também observado por MULTON et al. (1974) e OLIVEIRA (1995). VILELA et al. (2000) estudou a alteração de cor de grãos de café armazenados em quatro condições de temperatura (10, 20, 30 e 40°C) e quatro umidades relativas (52, 67, 75 e 85%), e verificou que, sob condições constantes, somente a 10°C de temperatura e umidades relativas do ar de até 67, os grãos de café mantiveram a cor original durante o período de armazenagem. Relatando ainda que a interação temperatura e umidade relativa a níveis mais altos e constantes, faz com que os grãos comecem a sofrer alteração na cor com poucos dias de armazenagem.

LOPES (2000) analisou, durante o armazenamento, a influência da luz sobre a cor e bebida de grãos de café beneficiado e verificou que, embora o produto estocado no escuro tenha apresentado tendência a clarear, não apresentou diferença degustativa entre a qualidade da bebida dos grãos armazenados no escuro e sob luz transmitida nos comprimentos de onda da energia radiante na faixa do verde, amarelo e vermelho do espectro visível; no entanto, o café armazenado na presença de luz branca e de luz transmitida por filtro azul, mostrou ser os comprimentos de onda na faixa do violeta-azul os principais responsáveis pela perda de qualidade da bebida e alteração da cor dos grãos, fazendo com que estes escurecessem e perdessem a tonalidade verde.

Apesar da importância da relação entre a cor dos grãos e a qualidade da bebida de café, não é citado na literatura especializada, com precisão, qual a substância ou composto químico responsável pela coloração verde dos grãos. CHASSEVENT (1987) relata ser um

pigmento azul, resultante da reação entre quinona com o agrupamento α -amino de aminoácidos, responsável pela cor verde do grão de café. Segundo o autor, a cor do café tem origem na mistura dessa substância com o excesso de quinonas presentes no grão, que apresentam uma coloração amarelada. O pH e a atividade enzimática da polifenoloxidase são fatores que influenciam na formação do pigmento e na sua estabilidade, assim como este seria fotossensível e instável a temperaturas superiores a 35°C. NORTHMORE (1968), a partir do extrato de grãos de café do Kenya, obteve uma solução incolor com os principais componentes responsáveis pela coloração do produto, a qual, sob certas condições, apresentava as principais cores encontradas nos grãos de café. Verificou-se que a formação do pigmento azul ocorre quando um dos isômeros do ácido clorogênico é parcialmente oxidado e se liga com o íon magnésio. Observou-se, ainda, que a adição de pequenas quantidades de magnésio torna mais visível a cor verde da solução, enquanto a adição de concentrações maiores do elemento torna a solução mais visível para o azul. Sugeriu-se, então, ser a cor do café formada a partir dos componentes ácido clorogênico e magnésio. Verificou-se também descartável a hipótese de ser a clorofila a responsável pela cor verde da solução, por ser o pigmento solúvel em água e a clorofila não, fato este confirmado posteriormente por MAZZAFERA et al. (1984).

A coloração do grão de café pode ainda ser afetada pela nutrição mineral da planta. ROBINSON (1960) observou que a deficiência de ferro causou prejuízo na qualidade da bebida e os grãos apresentaram uma coloração amarelada. AMORIM (1970) abordou o problema da nutrição mineral do cafeeiro em relação a qualidade do produto, lançando algumas hipóteses sobre como os níveis de alguns elementos no grão poderiam alterar as qualidades organolépticas do mesmo.

MAZZAFERA et al. (1984) afirmam ser a descoloração dos grãos de café um forte indicativo de que os processos oxidativos endógenos ocorreram ou estão ocorrendo em altas taxas, acompanhado da queda de qualidade da bebida, provocada por alterações dos constituintes que contribuem para o aroma e sabor da mesma. Diversos outros pesquisadores também observaram a existência de uma relação entre a perda de cor dos grãos e a redução da qualidade da bebida do café (MELO et al., 1980; OLIVEIRA, 1995; LEITE et al., 1998).

Estudos realizados por AMORIM (1978) atribuem a alteração de cor dos grãos de café à desestruturação das membranas celulares, que podem ser causadas por fatores externos, como temperatura, umidade relativa do ar e injúrias. A modificação das estruturas destas membranas geram a perda de seletividade e compartimentalização, fazendo com que os componentes separados por estas estruturas entrem em contato com enzimas hidrolíticas e

oxidativas, podendo afetar a cor, a densidade, a acidez dos grãos e a qualidade da bebida. Trabalhos para avaliar a qualidade dos grãos de café baseados na degeneração das membranas celulares foram desenvolvidos por PRETE (1992) e PEREIRA (1997), entre outros, que verificaram alto valor de condutividade elétrica, ou elevadas concentrações de determinados íons, principalmente o potássio, na solução obtida de grãos dos piores cafés.

Vários autores analisaram a atividade da enzima polifenoloxidase em grãos de café e encontraram uma correlação positiva entre a atividade da enzima e a qualidade da bebida (AMORIM e SILVA, 1968; OLIVEIRA et al., 1977; CHAGAS, 1994; SOUZA, 1996). CARVALHO et al. (1994) e LEITE (1991) observaram, ainda, maior atividade desta enzima nos grãos de maior índice de coloração, o que parece indicar alguma relação entre as diferentes cores apresentadas pelos grãos, a qualidade da bebida e a atividade enzimática. Segundo CARVALHO et al. (1989) um maior índice de coloração corresponde a cafés de melhor qualidade.

Durante as etapas pós-colheita a casca, o pergaminho e as películas do café cereja protegem os grãos contra danos mecânicos e variações ambientais, tornando-os menos sujeitos à deterioração. GODINHO et al. (2000) estudaram as variações na cor e na composição química do café armazenado em coco, verificando o efeito protetor da casca e do pergaminho ao grão, conservando melhor a estrutura e a cor do produto durante o período de estocagem, quando comparado com o café armazenado já beneficiado. MATTIELO (1991) relata que no pré-processamento dos cafés despulpado e descascado, como o produto é exposto a um maior número de danos mecânicos, estes podem modificar mais rapidamente a cor original em relação ao produto preparado na forma integral.

Segundo MENCHÚ (1967), a secagem altera a cor dos grãos de café, especialmente nos secadores mecânicos, sendo a cor desigual da massa de grãos o defeito mais generalizado. O autor menciona, ainda, que a utilização de temperaturas superiores a 80°C favorecem o surgimento de grãos de cor acinzentada, que ao reabsorverem umidade sofrem branqueamento irregular, iniciando o processo de descoloração pelas bordas do produto. De acordo com AMORIM (1978), os cafés de melhor qualidade, tanto organolepticamente como no aspecto físico cor e densidade, apresentam uma distribuição mais intensa de lipídios nos bordos externos dos grãos e que mudanças na qualidade da bebida, seguida de variação na coloração do produto, estão associadas à distribuição e transformação dos lipídios assim como a uma diferença quantitativa entre alguns destes componentes.

McLOY (1979), estudando a secagem mecânica de café verificou alteração na cor e na qualidade da bebida dos grãos devido ao emprego de temperatura mais elevada e a presença ou ausência de luz. Observou-se que a secagem natural do produto, exposto ao sol em camada pouco espessa, favorece o aparecimento de coloração desejável, enquanto a secagem em ambiente desprovido de luz produz grãos de qualidade inferior, cuja bebida piora com aumento da temperatura do ar de secagem. SILVA et al. (1998) avaliaram o efeito de diferentes proporções de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem na qualidade da bebida do café e verificou que os melhores resultados foram obtidos utilizando-se a temperatura de 45°C para as proporções de 0 e 2% de frutos verdes e, ainda, que o índice colorimétrico, como parâmetro de avaliação da qualidade, mostrou-se eficiente na diferenciação dos produtos de melhor qualidade.

Qualidade é um assunto complexo, no entanto, é indispensável, em uma cafeicultura moderna, conhecer os critérios que caracterizam o café quanto a este parâmetro. Para isto, existem normas e padrões que classificam o café quanto ao tipo, peneira, bebida e cor. A classificação quanto à cor indica o envelhecimento do café e, embora exista um grande número de denominações, emprega para a exportação apenas cinco cores: verde, que inclui o matiz azul, esverdeado, claro, amarelo e vermelho (SILVA et al., 1995). ROCHAC (1964) relata mais de 60 termos utilizados para descrever a cor de grãos de café, muitos dos quais confusos e subjetivos, como: verde-azulado-para-azul, chumbado, pampa, azul-monte, etc. LOPES et al. (1998) afirmam que a utilização de tais termos faz com que exista discordância entre os classificadores e observa que uma classificação adequada pela cor dos grãos de café será satisfatória somente com o auxílio de padrões para referência, ou utilização de equipamentos capazes de expressar valores numéricos de cor.

Cor é uma das qualidades que atribui-se à luz ou a materiais que reflitam ou emitam luz, quando estes produzem a sensação de visão, e determinada em termos de intensidade (energia radiante) e comprimento de onda. Fisiologicamente, o olho humano é sensível na faixa do espectro de 380 a 770 nanômetros (KRAMER, 1976).

A mistura de todos os comprimentos de onda visíveis resulta na luz branca. Quando um corpo é iluminado com luz branca, algumas das ondas de luz são absorvidas por ele e outras refletidas. É a mistura das ondas refletidas que dá a sensação de cor, que é denominada matiz ou tom. Assim, um objeto aparentemente verde é aquele que absorve todas as ondas, exceto aquelas da região verde do espectro. Além disso, nesse processo de subtração, os pigmentos presentes nos objetos podem produzir vários efeitos, fazendo com que certas partes do espectro possam ser fortemente refletidas, caracterizando um comprimento de onda

dominante, enquanto outras fracamente. A saturação é a qualidade que identifica a cor, indicando a proporção em que está misturada com o preto, branco ou cinza. Matizes saturados misturados com luzes brancas produzem cores diluídas e a sensação visual humana pode distinguir muitos graus diferentes de saturação, percebendo profundidade e riqueza de cor. Luminosidade, por sua vez, representa outra qualidade da luz, que caracteriza o grau de claridade da cor e está associada à percepção produzida pelo corpo quando iluminado por uma luz branca de intensidade constante (MUELLER e RUDOLF, 1966; AMARAL, 1973).

Existem três cores imaginárias, conhecidas como primárias: o vermelho (magenta), o amarelo e o azul. Estas, se misturadas, fornecerão as cores secundárias: laranja (vermelho com amarelo), verde (amarelo com azul) e violeta (azul com vermelho). Quando se adiciona branco a qualquer uma das cores primárias, elas recebem mais luz; já a adição do preto subtrai sua luz. A combinação das cores primárias com secundárias em partes iguais dá origem à cor cinza, que funciona como ponto médio de todas as cores (FLORES, 1996).

A colorimetria representa a técnica de descrever, em termos numéricos, a cor de um objeto. Os métodos disponíveis para a medida da cor vão de uma simples comparação visual com um padrão a sofisticados instrumentos, denominados colorímetros e espectrofotômetros. Entre os métodos de comparação visual destaca-se o sistema Munsell para medida da cor, considerado padrão para descrição psicológica da cor nos E.U.A. e amplamente empregado nos colorímetros de disco utilizados para a descrição da cor de vários produtos agrícolas (LOPES et al. 1998). Este sistema baseia-se na sobreposição de 3 ou 4 discos calibrados em termos de matiz, valor e croma, a fim de se reproduzir uma mistura de cor semelhante a apresentada pelo objeto. O grau de luminosidade ou claridade de uma cor e a quantidade de energia radiante refletida em um determinado comprimento de onda, representam os atributos valor e croma de uma cor, respectivamente (CLYDESDALE, 1969).

Considerando a cor como um atributo de qualidade do café, a multiplicidade de termos subjetivos e a diversidade de condições de iluminação sob as quais os grãos são classificados, torna-se necessária a quantificação desse atributo em escalas conhecidas e aceitas internacionalmente, capazes de distinguir e determinar as diferentes cores e suas variações. Varias escalas de cores foram desenvolvidas a partir de um sistema padrão para medida da cor estabelecido pela Commission Internationale d'Eclairage (CIE), todas matematicamente conversíveis e criadas para simular a resposta humana aos estímulos das cores. Em cada sistema, a cor é alocada em um sólido de cor tridimensional, onde é quantificada (SETSER, 1983).

O sistema CIE descreve a cor de um objeto utilizando as coordenadas X, Y, Z, denominadas valores tristímulos, que representam, respectivamente, as quantidades das três cores primárias necessárias a um observador padrão para comparar uma determinada cor sob condições definidas de iluminação e observação (LITTLE, 1976; LOPES, 1988).

Para trabalhos de rotina, especialmente nas indústrias, os colorímetros tristímulos têm sido muito utilizados em função da rapidez de obtenção de resultados. Hunter, citado por LOZANO (1978), desenvolveu um colorímetro composto por fotocélulas e filtros cuidadosamente selecionados, separados em três circuitos, e que fornece parâmetros na escala **L**, **a**, **b** (Figura 6.1). O termo **L** (luminosidade) está relacionado com a grandeza Y do sistema CIE e valor do sistema Munsell. O termo **a** refere-se a tonalidade vermelha, se positivo, ou verde, se negativo, e está relacionada as coordenadas X e Y do sistema CIE. O termo **b** é mensurável em relação as tonalidades, amarela, se positivo, e azul, se negativo, sendo função das coordenadas Z e Y no sistema CIE. Juntos **a** e **b** apresentam resultados equivalentes aos obtidos com matiz e croma (saturação) do sistema Munsell de cor.



FIGURA 6.1- Sólido de Hunter

6.3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas do Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem - CENTREINAR, Viçosa, MG.

6.3.1- *Colheita e preparo das amostras*

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, procedentes do município de Viçosa, MG. Os frutos foram colhidos manualmente, selecionados somente os maduros no estágio cereja, sendo retirado manualmente a polpa de uma parcela desses frutos (descascado), e uma subparcela destes tendo sua mucilagem retirada por imersão em água (despolpado), segundo metodologia citada por DIAS e BARROS (1993), e em seguida os três lotes de produtos (cereja, descascado e despolpado) foram acondicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a uma temperatura em torno de 5 °C, a fim de manter as características do produto até a instalação do experimento.

Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

As amostras, antes das operações de secagem foram retiradas da câmara fria e deixadas expostas à temperatura ambiente por aproximadamente 12 horas, visando atingir o equilíbrio térmico.

6.3.2- *Teor de umidade*

Para todos os tratamentos de secagem, formas de preparo, períodos e condições de armazenagem os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa à $105 \pm 1^\circ\text{C}$, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001).

6.3.3- *Secagem do produto*

Os tratamentos de secagem, para cada tipo de processamento do café (cereja, despolpado e descascado), foram dispostos em um esquema fatorial 4×4 , com quatro níveis

de temperatura (30, 40, 50 e 60°C) e quatro níveis de umidade relativa (30, 40, 50 e 60%), no delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições; sendo as diversas etapas de secagem realizadas utilizando-se o equipamento e metodologia descritos no Capítulo 1 sobre equilíbrio higroscópico.

Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens periódicas, até atingir-se o teor de umidade final de 12% b.u. Após a secagem, para cada tratamento, o produto foi mantido em dessecador até atingir a temperatura ambiente, quando foi acondicionado em sacos de papel.

6.3.4- *Condições de armazenamento*

As amostras provenientes de todos os tratamentos de secagem foram armazenadas em condições ambiente, registrando, em termohigrógrafo, os dados de temperatura e umidade relativa durante o período de conservação, e em condições controladas de temperatura, utilizando-se para esta finalidade três câmaras B.O.D. mantidas a 15 °C e aproximadamente 75% de umidade relativa.

Durante o período de armazenagem foram realizadas avaliações quanto à cor e teor de umidade dos grãos de café, para cada condição de armazenagem e a cada quatro meses, para cada repetição dos tratamentos de secagem e tipo de processamento.

6.3.5- *Avaliação da cor do produto*

A quantificação da cor dos grãos de café, inteiros e beneficiados, foi efetuada pela leitura direta de reflectância das coordenadas **L**, **a** e **b**, empregando a escala Hunter-Lab em colorímetro tristímulo, para o iluminante 10°/ D₆₀. Para cada repetição, de todos os tratamentos estudados, foi utilizada a média de três determinações para avaliação da cor do produto analisado.

6.3.7- *Análise estatística dos resultados*

Os dados foram interpretados estatisticamente, utilizando-se os programas estatísticos SANEST e STATISTICA, por análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tuckey ao nível de 5 % de probabilidade.

6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.4.1- *Café cereja armazenado em ambiente não controlado*

No Quadro 6.1 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos beneficiados dos frutos de café cereja armazenados em condições de ambiente não controlado, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem, e períodos de armazenagem do produto. Observa-se, neste quadro, que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenamento, embora este aumento tenha sido menos pronunciado para a coordenada **L**.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, e do período de armazenagem em ambiente não controlado, encontra-se no Quadro 6.2.

Pelo Quadro 6.2 verifica-se, para as coordenadas **L**, **a** e **b**, que para todos os fatores estudados e suas interações, houve efeito significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.3, no qual se constata, de modo geral, um aumento nos valores das coordenadas analisadas com o prolongamento do período de armazenamento do produto, concordando com BACCHI (1962) e CARVALHO et al. (1997) quando afirmam que o tempo de armazenagem influencia decisivamente na coloração dos grãos de café. Observa-se, ainda, que o efeito do período de armazenagem foi menos acentuado para a coordenada **L**, com a estabilização de seus valores já a partir do quarto mês de armazenamento.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as três coordenadas para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café cereja indicam haver influência desse fator sobre a cor do produto com a elevação da temperatura do ar de secagem. Verifica-se também, a partir da temperatura de 50 °C do ar de secagem uma estabilização dos valores das coordenadas avaliadas, por não diferirem significativamente.

QUADRO 6.1- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café cereja armazenados em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	38,5325	36,7517	36,3783	37,0167
	40	37,2350	36,6983	35,5017	36,5733
	50	32,8150	36,1400	35,9167	35,5600
	60	40,5075	35,9433	35,7750	36,6117
40	30	34,4925	35,1000	35,2283	35,2683
	40	37,8475	35,0350	35,7517	37,2733
	50	33,8675	36,2117	35,3533	36,2983
	60	34,7725	35,8767	35,6200	36,5400
50	30	36,6925	37,7483	38,0800	37,4167
	40	36,3650	37,8333	36,3517	36,3983
	50	36,2075	37,8467	36,7733	36,9333
	60	36,7850	38,2700	37,5567	37,1267
60	30	35,3225	38,5417	38,6750	37,1067
	40	35,9900	37,4933	38,0533	37,3683
	50	36,0000	39,2317	38,4350	37,5983
	60	34,4500	39,1117	38,0450	37,8917
Coordenada a					
30	30	2,6700	3,2800	3,2050	4,0050
	40	2,6850	3,5717	4,2217	3,9150
	50	2,7325	3,0617	3,3067	4,1700
	60	2,7525	3,2683	3,5600	4,1017
40	30	2,4950	3,5017	3,4483	3,9733
	40	1,9550	3,3633	3,3933	3,9183
	50	2,3350	3,0667	3,4900	3,7483
	60	1,9675	2,7100	3,4817	3,9817
50	30	2,2850	3,1117	3,2483	3,7083
	40	1,9925	2,8133	3,2567	3,8667
	50	2,1175	2,8417	3,5350	3,3917
	60	2,2975	2,8217	3,2383	3,8383
60	30	2,3600	3,1533	3,3467	3,6450
	40	2,3500	2,9950	3,1083	3,5417
	50	2,3300	2,7867	3,1083	3,3400
	60	2,3150	2,8417	3,4283	3,5800
Coordenada b					
30	30	13,0175	12,9050	12,6633	13,1683
	40	12,6900	13,0650	12,9500	12,9383
	50	10,8025	12,3267	12,4433	12,7117
	60	13,7675	12,5467	12,5567	13,1317
40	30	10,7050	12,2283	12,3600	12,4367
	40	11,4475	12,1783	12,4833	13,1733
	50	10,8625	12,4750	12,3833	12,8567
	60	10,5050	12,1217	12,3300	12,9250
50	30	11,7975	12,8617	12,9833	13,1033
	40	11,2150	12,6550	12,6367	12,9067
	50	11,0725	12,6167	12,7900	12,8433
	60	11,4100	12,7267	12,7600	13,0517
60	30	11,0500	13,2450	13,2350	12,9583
	40	11,0800	12,6133	12,8867	12,9900
	50	11,1700	13,1300	13,1233	12,8467
	60	10,8125	12,9433	12,9200	13,1717

QUADRO 6.2- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café cereja, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	5,5803 **	11,9671 **	14,3355 **
Temperatura (B)	3	20,2414 **	1,0133 **	2,2470 **
Umidade Relativa (C)	3	2,1572 **	0,1072 *	0,4408 **
A x B	9	5,9438 **	0,0978 *	1,2731 **
A x C	9	2,2706 **	0,1185 **	0,2064 **
B x C	9	3,3880 **	0,0968 *	0,5561 **
A x B x C	27	1,8425 **	0,0649 *	0,2241 **
Resíduo	64	0,4827	0,0366	0,0447
Total	127			
C.V. (%)		1,8940	6,0710	1,6980

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo

QUADRO 6.3- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	36,1177 a	2,3522 a	11,4628 a
4	37,1146 b	3,0649 b	12,6649 b
8	36,7156 b	3,3985 c	12,7191 b
12	36,8114 b	3,7953 d	12,9508 c
Temperatura (°C)			
30	36,4973 a	3,3953 a	12,7303 a
40	35,6585 b	3,1768 b	12,0920 b
50	37,1463 c	3,0246 c	12,4644 c
60	37,4571 c	3,0142 c	12,5110 c
Umidade Relativa (%)			
30	36,7720 ab	3,2148 a	12,5449 a
40	36,7356 ab	3,1839 ab	12,4943 a
50	36,3215 a	3,0851 b	12,2784 b
60	36,9302 b	3,1271 ab	12,4800 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.3 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café cereja pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto.

No Quadro 6.4 encontram-se os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; observa-se neste quadro que para os grãos beneficiados de café cereja as três coordenadas foram afetadas ao longo do período de armazenamento estudado, sendo mais influenciada a coordenada **a**, e conseqüentemente, influenciando na variação da cor do produto, para todos os valores de temperatura do ar de secagem. Este comportamento deveu-se ao fato da coordenada **a** ser a responsável pela quantificação da intensidade das tonalidades verde e vermelho, presentes nos grãos de café, mostrando tendência de elevação dos valores desta coordenada com o aumento do período de armazenagem, o que indica a perda da coloração verde-escura característica dos produtos de boa qualidade, durante o acondicionamento em condições de ambiente não controlado; embora menos expressiva, tendência semelhante de aumento dos valores das coordenadas **L** e **b** também pode ser observada, caracterizando o comportamento de evolução do clareamento e amarelamento dos grãos de café durante o armazenamento. Quanto à temperatura do ar de secagem, de modo geral, observa-se que os melhores resultados foram obtidos para as temperaturas de 30 e 40 °C.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.5, no qual se nota a pouca influência do fator umidade relativa do ar de secagem para os diversos períodos de armazenagem analisados, sobre a variação da cor dos grãos de café; observa-se, também, que o termo mais afetado foi a coordenada **a**, seguida da coordenada **b**, independente da umidade relativa do ar de secagem enfocada, ambas apresentando tendência de aumento de seus valores com o prolongamento do tempo de estocagem do produto, reafirmando a importância da contribuição dessa coordenada para a avaliação da cor dos grãos de café como atributo de qualidade desse produto.

No Quadro 6.6 apresentam-se os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café beneficiados de café cereja para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem e se constata a menor influência desses fatores, quando comparados com o fator período de armazenagem, sobre as coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter de quantificação da cor dos grãos de café, uma vez que, os valores obtidos pouco diferiram significativamente

QUADRO 6.4- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
	L			
0	37,2725 A a	35,2450 B a	36,5125 A a	35,4406 B a
4	36,3833 A ab	35,5558 A ab	37,9246 B b	38,5946 B b
8	35,8929 A b	35,4883 A ab	37,1792 B ab	38,3021 C bc
12	36,4404 A ab	36,3450 A b	36,9688 AB a	37,4913 B c
	a			
0	2,7094 A a	2,1881 B a	2,1731 B a	2,3381 B a
4	3,2504 A b	3,1604 AB b	2,9046 C b	2,9442 BC b
8	3,5733 A c	3,4533 AB c	3,3196 B c	3,2479 B c
12	4,0479 A d	3,9054 AB d	3,7013 BC d	3,5267 C d
	b			
0	12,5694 A a	10,8800 B a	11,3738 C a	11,0281 B a
4	12,7108 A ab	12,2508 B b	12,7150 A b	12,9829 A b
8	12,6533 AB a	12,3892 A b	12,7925 BC b	13,0413 C b
12	12,9875 A b	12,8479 A c	12,9763 A b	12,9917 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.5- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	L			
0	36,2600 A a	36,8594 A a	34,7225 B a	36,6288 A a
4	37,0354 A a	36,7650 A a	37,3575 A b	37,0041 A a
8	37,0904 A a	36,4146 A a	36,6083 A b	36,7492 A a
12	36,7021 A a	36,9033 A a	36,5975 A b	37,0425 A a
	A			
0	2,4525 A a	2,2444 A a	2,3787 A a	2,3331 A a
4	3,2617 A b	3,1858 AB b	2,9392 BC b	2,8729 C b
8	3,3121 A b	3,4950 A c	3,3600 A c	3,4271 A c
12	3,8329 A c	3,8104 A d	3,6625 A d	3,8754 A d
	b			
0	11,6425 A a	11,6081 A a	10,9769 B a	11,6238 A a
4	12,8100 A b	12,6279 A b	12,6371 A b	12,5846 A b
8	12,8104 A b	12,7392 A bc	12,6850 A b	12,6417 A b
12	12,9167 A b	13,0021 A c	12,8146 A b	13,0700 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.6- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
L				
30	37,1698 A a	36,5021 A a	35,1079 B a	37,2094 A a
40	35,0223 A b	36,4769 B a	35,4327 A a	35,7023 AB b
50	37,4844 A a	36,7371 A a	36,9290 A b	37,4346 A a
60	37,4114 A a	37,2262 A a	37,8163 A b	37,3746 A a
a				
30	3,2900 A ab	3,5977 B a	3,3177 A a	3,3756 AB a
40	3,3546 A a	3,1575 AB b	3,1600 AB ab	3,0352 B b
50	3,0883 A b	2,9823 A b	2,9715 A bc	3,0564 A b
60	3,1262 A ab	2,9981 A b	2,8913 A c	3,0413 A b
B				
30	12,9385 A a	12,9108 A a	12,0710 B a	13,0006 A a
40	11,9325 A b	12,3206 B b	12,1444 AB a	11,9704 A b
50	12,6865 A ac	12,3533 B b	12,3306 B ab	12,4871 AB c
60	12,6221 A c	12,3925 A b	12,5675 A b	12,4619 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

para as diversas combinações dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Entretanto, verifica-se novamente a tendência de aumento das coordenadas **a** e **b** com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, sendo reduzido o efeito da combinação desses dois fatores sobre a coordenada **L**.

Nos Quadros 6.7 e 6.8 são apresentadas as médias dos resultados obtidos para as coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados. Verifica-se, para a coordenada **L**, que o aumento do período de armazenagem tende a reduzir o efeito benéfico da secagem à temperaturas menos elevadas (30 e 40 °C). Quanto as coordenadas **a** e **b**, observa-se o efeito mais acentuado do período de armazenagem, quando comparado com os efeitos causados pela variação de temperatura do ar de secagem, apresentando uma propensão a elevação de seus valores com o aumento do período de armazenagem, sendo mais afetada a coordenada **a**. Para as três coordenadas nota-se, novamente, a pequena influência do fator umidade relativa do ar de secagem, principalmente para valores de temperaturas e períodos de armazenagem maiores.

QUADRO 6.7- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
0	30	38,5325 A a	37,2350 A ab	32,8150 B a	40,5075 C a
	40	34,4925 A b	37,8475 B a	33,8675 A a	34,7725 A b
	50	36,6925 A c	36,3650 A ab	36,2075 A b	36,7850 A c
	60	35,3225 A bc	35,9900 A b	36,0000 A b	34,4500 A b
4	30	36,7516 A ab	36,6983 A ab	36,1400 A a	35,9433 A a
	40	35,1000 A a	35,0350 A a	36,2116 A a	35,8766 A a
	50	37,7483 A b	37,8333 A b	37,8467 A ab	38,2700 A b
	60	38,5416 A b	37,4933 A b	39,2316 A b	39,1116 A b
8	30	36,3783 A ab	35,5016 A a	35,9166 A a	35,7750 A ab
	40	35,2283 A a	35,7516 A a	35,3533 A a	35,6200 A a
	50	38,0800 A bc	36,3516 A ab	36,7283 A ab	37,5566 A bc
	60	38,6750 A c	38,0533 A b	38,4350 A b	38,0450 A c
12	30	37,0167 A ab	36,5733 A a	35,5600 A a	36,6117 A a
	40	35,2683 A a	37,2733 B a	36,2983 AB ab	36,5400 AB a
	50	37,4166 A b	36,3983 A a	36,9333 A ab	37,1267 A a
	60	37,1066 A b	37,3683 A a	37,5983 A b	37,8917 A a
Coordenada a					
0	30	2,6700 A a	2,6825 A a	2,7325 A a	2,7525 A a
	40	2,4950 A a	1,9550 B b	2,3350 AB ab	1,9675 B b
	50	2,2850 A a	1,9925 A b	2,1175 A b	2,2975 A ab
	60	2,3600 A a	2,3475 A ab	2,3300 A ab	2,3150 A ab
4	30	3,2800 AB a	3,5716 A a	3,0616 B a	3,0883 AB a
	40	3,5017 A a	3,3633 A ac	3,0667 AB a	2,7100 B a
	50	3,1117 A a	2,8133 A b	2,8416 A a	2,8516 A a
	60	3,1533 A a	2,9950 A bc	2,7867 A a	2,8416 A a
8	30	3,2050 A a	4,2216 B a	3,3066 A a	3,5600 A a
	40	3,4483 A a	3,3933 A b	3,4900 A a	3,4816 A a
	50	3,2483 A a	3,2566 A b	3,5350 A a	3,2383 A a
	60	3,3466 A a	3,1083 A b	3,1083 A a	3,4283 A a
12	30	4,0050 A a	3,9150 A a	4,1700 A a	4,1016 A a
	40	3,9733 A a	3,9183 A a	3,7483 A ab	3,9816 A ab
	50	3,7083 A a	3,8667 A a	3,3916 A b	3,8383 A ab
	60	3,6450 A a	3,5416 A a	3,3400 A b	3,5800 A b
Coordenada b					
0	30	13,0175 A a	12,6900 A a	10,8025 B a	13,7675 C a
	40	10,7050 A b	11,4475 B b	10,8625 A a	10,5050 A b
	50	11,7975 A c	11,2150 B b	11,0725 B a	11,4100 AB c
	60	11,0500 A b	11,0800 A b	11,1700 A a	10,8125 A b
4	30	12,9050 A a	13,0650 A a	12,3266 B a	12,5466 AB ab
	40	12,2283 A b	12,1783 A b	12,4750 A a	12,1216 A a
	50	12,8816 A a	12,6550 A ab	12,6167 A ab	12,7266 A b
	60	13,2450 A a	12,6133 B ab	13,1300 AB b	12,9433 AB b
8	30	12,6633 A ab	12,9500 A a	12,4433 A a	12,5566 A ab
	40	12,3600 A a	12,4833 A a	12,3833 A a	12,3300 A a
	50	12,9833 A bc	12,6366 A a	12,7900 A ab	12,7600 A ab
	60	13,2350 A c	12,8866 A a	13,1233 A b	12,9200 A b
12	30	13,1683 A a	12,9383 A a	12,7116 A a	13,1316 A a
	40	12,4366 A b	13,1733 B a	12,8566 AB a	12,9250 AB a
	50	13,1033 A a	12,9066 A a	12,8433 A a	13,0517 A a
	60	12,9583 A ab	12,9900 A a	12,8466 A a	13,1716 A a

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.8- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
30	0	38,5325 A a	37,2350 A a	32,8150 B a	40,5075 C a
	4	36,7516 A ab	36,6983 A a	36,1400 A b	35,9433 A b
	8	36,3783 A b	35,5016 A a	35,9166 A b	35,7750 A b
	12	37,0167 A ab	36,5733 A a	35,5600 A b	36,6117 A b
40	0	34,4925 A a	37,8475 B a	33,8675 A a	34,7725 A a
	4	35,1000 A a	35,0350 A b	36,2116 A b	35,8766 A a
	8	35,2283 A a	35,7516 A bc	35,3533 A ab	35,6200 A a
	12	35,2683 A a	37,8475 B ac	36,2983 AB b	36,5400 AB a
50	0	36,6925 A a	36,3650 A a	36,2075 A a	36,7850 A a
	4	37,7483 A a	37,8333 A a	37,8467 A a	38,2700 A a
	8	38,0800 A a	36,3516 A a	36,7283 A a	37,5566 A a
	12	37,4166 A a	36,3983 A a	36,9333 A a	37,1267 A a
60	0	35,3225 A a	35,9900 A a	36,0000 A a	34,4500 A a
	4	38,5416 A b	37,4933 A ab	39,2316 A b	39,1116 A b
	8	38,6750 A b	38,0533 A b	38,4350 A b	38,0450 A b
	12	37,1066 A ab	37,3683 A ab	37,5983 A ab	37,8917 A b
Coordenada a					
30	0	2,6700 A a	2,6825 A a	2,7325 A a	2,7525 A a
	4	3,2800 AB b	3,5716 A b	3,0616 B ab	3,0883 AB ab
	8	3,2050 A b	4,2216 B c	3,3066 A b	3,5600 A b
	12	4,0050 A c	3,9150 A bc	4,1700 A c	4,1016 A c
40	0	2,4950 A a	1,9550 B a	2,3350 AB a	1,9675 B a
	4	3,5017 A bc	3,3633 A b	3,0667 AB b	2,7100 B b
	8	3,4483 A b	3,3933 A b	3,4900 A bc	3,4816 A c
	12	3,9733 A c	3,9183 A c	3,7483 A c	3,9816 A c
50	0	2,2850 A a	1,9925 A a	2,1175 A a	2,2975 A a
	4	3,1117 A b	2,8133 A b	2,8416 A b	2,8516 A b
	8	3,2483 A bc	3,2566 A b	3,5350 A c	3,2383 A b
	12	3,7083 A c	3,8667 A c	3,3916 A c	3,8383 A c
60	0	2,3600 A a	2,3475 A a	2,3300 A a	2,3150 A a
	4	3,1533 A b	2,9950 A b	2,7867 A ab	2,8416 A b
	8	3,3466 A b	3,1083 A bc	3,1083 A bc	3,4283 A c
	12	3,6450 A b	3,5416 A c	3,3400 A c	3,5800 A c
Coordenada b					
30	0	13,0175 A a	12,6900 A a	10,8025 B a	13,7675 C a
	4	12,9050 A a	13,0650 A a	12,3266 B b	12,5466 AB b
	8	12,6633 A a	12,9500 A a	12,4433 A b	12,5566 A b
	12	13,1683 A a	12,9383 A a	12,7116 A b	13,1316 A c
40	0	10,7050 A a	11,4475 B a	10,8625 A a	10,5050 A a
	4	12,2283 A b	12,1783 A b	12,4750 A b	12,1216 A b
	8	12,3600 A b	12,4833 A b	12,3833 A b	12,3300 A b
	12	12,4366 A b	13,1733 B c	12,8566 AB b	12,9250 AB c
50	0	11,7975 A a	11,2150 B a	11,0725 B a	11,4100 AB a
	4	12,8616 A b	12,6550 A b	12,6167 A b	12,7266 A b
	8	12,9833 A b	12,6366 A b	12,7900 A b	12,7600 A b
	12	13,0500 A b	12,9066 A b	12,8433 A b	13,0517 A b
60	0	11,0500 A a	11,0800 A a	11,1700 A a	10,8125 A a
	4	13,2450 A b	12,6133 B b	13,1300 AB b	12,9433 A b
	8	13,2350 A b	12,8866 A b	13,1233 A b	12,9200 AB b
	12	12,2350 A b	12,9900 A b	12,8466 A b	13,1716 A b

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

6.4.2- *Café cereja armazenado em ambiente com temperatura controlada*

No Quadro 6.9 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos beneficiados dos frutos de café cereja armazenados em condições de ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem e períodos de armazenagem do produto. Observa-se, neste quadro, como verificado anteriormente no Quadro 6.1, que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenamento e, ainda, que os valores do Quadro 6.9 para grãos beneficiados dos frutos de café cereja armazenados em ambiente com temperatura de 15 °C apresentaram-se ligeiramente inferiores aos apresentados para o produto armazenado em ambiente não controlado, principalmente para as coordenadas **a** e **b**.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, e do período de armazenagem em ambiente controlado, encontra-se no Quadro 6.10.

Pelo Quadro 6.10 verifica-se, para as coordenadas **L** e **b**, que para todos os fatores estudados e suas interações, houve efeito significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; entretanto, para a coordenada **a** os efeitos foram significativos apenas para os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.11, no qual se constata, de modo geral, pouca alteração dos valores das coordenadas analisadas com o prolongamento do período de armazenamento do produto, sendo que o efeito do período de armazenagem foi mais acentuado para a coordenada **b**, indicando um pequeno aumento dos valores dessa coordenada com aumento do tempo de conservação do produto.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as três coordenadas para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café cereja indicam haver influência desse fator sobre a cor do produto. De modo geral, verifica-se já a partir da temperatura de 40 °C do ar de secagem uma tendência de alteração dos valores das coordenadas avaliadas, por diferirem significativamente.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.11 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café cereja pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto.

QUADRO 6.9- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	38,5325	36,0700	37,3150	37,9617
	40	37,2350	38,3517	36,0333	36,8050
	50	32,8150	37,0650	35,5550	35,7150
	60	40,5075	37,0417	37,0917	36,5717
40	30	34,4925	36,2283	35,4417	35,2083
	40	37,8475	37,7317	34,9550	34,3583
	50	33,8675	36,1650	34,8400	35,1817
	60	34,7725	37,0933	36,1183	36,3533
50	30	36,6925	36,3533	36,9000	36,2350
	40	36,3650	36,9200	35,9250	35,2667
	50	36,2075	36,7550	36,4350	34,5217
	60	36,7850	37,8983	36,4733	35,6283
60	30	35,3225	37,7250	38,8933	36,3883
	40	35,9900	38,1550	36,6717	37,0667
	50	36,0000	38,4633	37,7733	37,5817
	60	34,4500	37,8100	38,5500	36,7683
Coordenada a					
30	30	2,6700	2,8833	3,0700	2,6917
	40	2,6850	2,9083	2,8217	2,6500
	50	2,7325	2,3050	2,5800	2,5450
	60	2,7525	2,6150	2,8550	2,8050
40	30	2,4950	2,0883	2,2167	2,2383
	40	1,9550	2,1600	2,4633	2,2217
	50	2,3350	2,2900	2,4050	2,4467
	60	1,9675	2,3000	2,1350	2,5000
50	30	2,2850	2,4400	2,3783	2,2767
	40	1,9925	2,1733	2,3267	2,6900
	50	2,1175	2,1017	2,2067	2,3283
	60	2,2975	2,2650	2,3900	2,2883
60	30	2,3600	2,5500	2,3917	2,4917
	40	2,3500	2,1233	2,4417	2,4283
	50	2,3300	2,5217	2,1100	2,2550
	60	2,3150	2,1633	2,1450	2,2900
Coordenada b					
30	30	13,0175	11,7867	12,9000	12,6433
	40	12,6900	13,2233	12,4800	12,3983
	50	10,8025	12,0483	12,0117	11,8567
	60	13,7675	12,5167	12,7633	12,2767
40	30	10,7050	11,8300	11,4317	11,3833
	40	11,4475	12,1917	11,5200	11,1050
	50	10,8625	11,9167	11,5817	11,4933
	60	10,5050	12,1267	11,6917	11,9917
50	30	11,7975	11,8883	12,1633	12,0317
	40	11,2150	12,1483	11,8233	11,7250
	50	11,0725	11,9317	12,0150	11,1500
	60	11,4100	12,2900	11,9883	11,5267
60	30	11,0500	12,3683	12,6350	11,8700
	40	11,0800	12,4333	11,8750	11,9917
	50	11,1700	12,6267	12,0083	12,2667
	60	10,8125	12,1533	12,2350	11,8200

QUADRO 6.10- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café cereja, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15 °C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	9,1260 **	0,1137 *	3,4544 **
Temperatura (B)	3	13,4086 **	1,2611 **	5,2438 **
Umidade Relativa (C)	3	5,1212 **	0,0528 n.s.	0,7143 **
A x B	9	3,9186 **	0,0531 n.s.	0,7337 **
A x C	9	2,8263 **	0,0335 n.s.	0,3116 *
B x C	9	3,0306 **	0,0635 n.s.	0,6465 **
A x B x C	27	2,1143 **	0,0549 n.s.	0,2892 **
Resíduo	64	0,7638	0,0371	0,1210
Total	127			
C.V. (%)		2,3940	8,0440	2,9230

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo

QUADRO 6.11- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	36,1177 a	2,3525 a	11,4628 a
4	37,2392 b	2,3336 a	12,2175 b
8	36,5607 a	2,4335 a	12,0702 bc
12	36,1007 a	2,4551 a	11,8456 c
Temperatura (°C)			
30	36,9167 a	2,6887 a	12,4489 a
40	35,6659 b	2,2636 b	11,4865 b
50	36,3351 c	2,2933 b	11,7610 c
60	37,1006 a	2,3292 b	11,8997 c
Umidade Relativa (%)			
30	36,6100 a	2,4476 a	11,9689 a
40	36,6048 a	2,3963 a	11,9592 a
50	35,9338 b	2,3506 a	11,6759 b
60	36,8696 a	2,3803 a	11,9922 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No Quadro 6.12 encontram-se os valores médios das coordenadas **L** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; observa-se neste quadro que para os frutos de café cereja submetidos à secagem com temperatura de 30 °C as coordenadas **L** e **b** não foram significativamente modificadas quando armazenadas a temperatura de 15 °C; entretanto, para temperaturas superiores a 30 °C verifica-se alterações significativas dos valores dessas coordenadas influenciando na variação da cor do produto. Para a coordenada **b** essas alterações são observadas já a partir do quarto mês de armazenamento, enquanto para a coordenada **L** os efeitos prejudiciais sobre a coloração dos grãos de café tornam-se mais evidentes para as temperaturas de 50 e 60 °C. De tal forma que a coordenada **b**, responsável pela quantificação da intensidade das tonalidades azul e amarelo presentes nos grãos de café, e a coordenada **L**, correlacionada à luminosidade do produto, apresentaram tendência de elevação de seus valores com o aumento do período de armazenagem, o que indica clareamento e aumento da coloração amarela característica dos produtos de má qualidade.

QUADRO 6.12- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
	L			
0	37,2725 A a	35,2450 B a	36,5125 AC at	35,4406 BC a
4	37,1321 AB a	36,8046 B b	36,9817 AB a	38,0383 A b
8	36,4988 A a	35,3387 B a	36,4333 AB at	37,9721 C b
12	36,7633 A a	35,2754 B a	35,4129 B b	36,9513 A b
	b			
0	12,5694 A a	10,8800 B a	11,3738 C a	11,0281 BC a
4	12,3937 A a	12,0163 A b	12,0646 A b	12,3954 A b
8	12,5388 A a	11,5563 B c	11,9975 BC b	12,1883 AC b
12	12,2937 A a	11,4934 B c	11,6083 BC at	11,9871 AC b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.13, no qual se nota a pouca influência do fator umidade relativa do

QUADRO 6.13- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	L			
0	36,2600 A a	36,8594 A ab	34,7225 B a	36,6288 A a
4	36,5942 A a	37,7896 B a	37,1121 AB b	37,4608 AB a
8	37,1375 A a	35,8963 B b	36,1508 AB bc	37,0583 A a
12	36,4484 A a	35,8742 A b	35,7225 A ac	36,3304 A a
	b			
0	11,6425 A a	11,6081 A a	10,9769 B a	11,6238 A a
4	11,9683 A ab	12,4992 B b	12,1308 AB b	12,2717 AB b
8	12,2825 A b	11,9246 A a	11,9042 A b	12,1696 A b
12	11,9821 A ab	11,8050 A a	11,6917 A b	11,9037 A ab

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

ar de secagem para os diversos períodos de armazenagem analisados, sobre a variação da cor dos grãos de café; observa-se ainda, embora não muito evidente, a tendência de aumento dos valores dessas coordenadas com o prolongamento do tempo de estocagem do produto.

No Quadro 6.14 apresentam-se os valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem e se constata maior influência desses fatores sobre a coordenada **b** do sistema Hunter de quantificação da cor dos grãos de café, uma vez que, os valores obtidos diferiram significativamente para as diversas combinações dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem, não sendo expressivo o efeito da variação da umidade relativa fixando-se o fator temperatura do ar de secagem. Fato também observado ao se analisar os Quadros 6.15 e 6.16, onde nota-se ainda, de modo geral, uma melhor conservação da cor do produto, uma vez que poucas foram as alterações significativas dos valores das coordenadas **L** e **b** para interação dos três fatores estudados.

6.4.3- *Café descascado armazenado em ambiente não controlado*

No Quadro 6.17 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos

QUADRO 6.14- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
L				
30	37,4698 A a	37,1063 A a	35,2875 B a	37,8031 A a
40	35,3427 AB b	36,2231 A a	35,0136 B a	36,0844 AB b
50	36,5452 A a	36,1192 A a	35,9798 A a	36,6963 A ab
60	37,0823 A a	36,9708 A a	37,4546 A b	36,8946 A ab
b				
30	12,5869 A a	12,6979 A a	11,6798 B ab	12,8310 A a
40	11,3375 A b	11,5660 A b	11,4635 A a	11,5788 A b
50	11,9702 A c	11,7279 A b	11,5423 A a	11,8037 A b
60	11,9808 A c	11,8450 A b	12,0179 A b	11,7552 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.15- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
0	30	38,5325 AC a	37,2350 A a	32,8150 B a	40,5075 C a
	40	34,4925 A b	37,8475 B a	33,8675 A ac	34,7725 A bc
	50	36,6925 A ab	36,3650 A a	36,2075 A b	36,7850 A b
	60	35,3225 A b	35,9900 A a	36,0000 A bc	34,4500 A c
4	30	36,0700 A a	38,3516 A a	37,0650 A a	37,0416 A a
	40	36,2283 A a	38,1550 A a	36,1650 A a	37,0933 A a
	50	36,3533 A a	37,7316 A a	36,7550 A a	37,8983 A a
	60	37,7250 A a	36,9200 A a	38,4633 A a	37,8100 A a
8	30	37,3150 A ab	36,0333 A a	35,5550 A ab	37,0916 A ab
	40	35,4416 A a	34,9550 A a	34,8400 A a	36,1183 A a
	50	36,9000 A ab	35,9250 A a	36,4350 A ab	36,4733 A ab
	60	38,8933 A b	36,6716 A a	37,7733 A b	38,5500 A b
12	30	37,9617 A a	36,8050 A a	35,7150 A ab	36,5716 A a
	40	35,2083 A b	34,3583 A b	35,1817 A a	36,3533 A a
	50	36,2350 A ab	35,2667 A ab	34,5216 A a	35,6283 A a
	60	36,3883 A ab	37,0666 A a	37,5816 A b	36,7683 A a
Coordenada b					
0	30	13,0175 AB a	12,6900 B a	10,8025 C a	13,7675 A a
	40	10,7050 AB b	11,4475 A b	10,8625 AB a	10,5050 B b
	50	11,7975 A c	11,2150 A b	11,0725 A a	11,4100 A b
	60	11,0500 A bc	11,0800 A b	11,1700 A a	10,8125 A b
4	30	11,7866 A a	13,2233 B a	12,0483 A a	12,5166 AB a
	40	11,8300 A a	12,1916 A b	11,9166 A a	12,1267 A a
	50	11,8883 A a	12,1483 A b	11,9316 A a	12,2900 A a
	60	12,3683 A a	12,4333 A ab	12,6266 A a	12,1533 A a
8	30	12,9000 A a	12,4800 A a	12,0116 A a	12,7633 A a
	40	11,4317 A b	11,5200 A b	11,5816 A a	11,6917 A b
	50	12,1633 A ab	11,8233 A ab	12,0150 A a	11,9883 A ab
	60	12,6350 A a	11,8750 A ab	12,0083 A a	12,2350 A ab
12	30	12,6433 A a	12,3983 A a	11,8566 A ab	12,2766 A a
	40	11,3833 A b	11,1050 A b	11,4933 A ab	11,9917 A a
	50	12,0317 A ab	11,7250 A ab	11,1500 A b	11,5266 A a
	60	11,8700 A ab	11,9917 A ab	12,2667 A a	11,8200 A a

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.16- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
30	0	38,5325 AC a	37,2350 A ab	32,8150 B a	40,5075 C a
	4	36,0700 A b	38,3516 A a	37,0650 A b	37,0416 A b
	8	37,3150 A ab	36,0333 A b	35,5550 A b	37,0916 A b
	12	37,9617 A ab	36,8050 A ab	35,7150 A b	36,5716 A b
40	0	34,4925 A a	37,8475 B a	33,8675 A a	34,7725 A a
	4	36,2283 A a	37,7316 A a	36,1650 A a	37,0933 A b
	8	35,4416 A a	34,9550 A b	34,8400 A a	36,1183 A ab
	12	35,2083 A a	34,3583 A b	35,1817 A a	36,3533 A ab
50	0	36,6925 A a	36,3650 A a	36,2075 A a	36,7850 A a
	4	36,3533 A a	36,9200 A a	36,7550 A a	37,8983 A a
	8	36,9000 A a	35,9250 A a	36,4350 A a	36,4733 A a
	12	36,2350 A a	35,2667 A a	34,5216 A a	35,6283 A a
60	0	35,3225 A a	35,9900 A a	36,0000 A a	34,4500 A a
	4	37,7250 A bc	38,1550 A a	38,4633 A b	37,8100 A b
	8	38,8933 A c	36,6716 A a	37,7733 A ab	38,5500 A b
	12	36,3883 A ab	37,0666 A a	37,5816 A ab	36,7683 A b
Coordenada b					
30	0	13,0175 AB a	12,6900 B a	10,8025 C a	13,7675 A a
	4	11,7866 A b	13,2233 B a	12,0483 A b	12,5166 AB b
	8	12,9000 A a	12,4800 A a	12,0116 A b	12,7633 A b
	12	12,6433 A ab	12,3983 A a	11,8566 A b	12,2766 A b
40	0	10,7050 AB a	11,4475 A ab	10,8625 AB a	10,5050 B a
	4	11,8300 A b	12,1916 A a	11,9166 A b	12,1267 A b
	8	11,4317 A ab	11,5200 A ab	11,5816 A ab	11,6917 A b
	12	11,3833 A ab	11,1050 A b	11,4933 A ab	11,9917 A b
50	0	11,7975 A a	11,2150 A a	11,0725 A a	11,4100 A a
	4	11,8883 A a	12,1483 A b	11,9316 A ab	12,2900 A a
	8	12,1633 A a	11,8233 A ab	12,0150 A b	11,9883 A a
	12	12,0317 A a	11,7250 A ab	11,1500 A ab	11,5266 A a
60	0	11,0500 A a	11,0800 A a	11,1700 A a	10,8125 A a
	4	12,3683 A b	12,4333 A b	12,6266 A b	12,1533 A b
	8	12,6350 A b	11,8750 A ab	12,0083 A ab	12,2350 A b
	12	11,8700 A ab	11,9917 A ab	12,2667 A b	11,8200 A b

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.17- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café descascado armazenados em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	36,9575	38,2846	39,6117	41,7983
	40	37,1450	37,3758	37,6067	40,9000
	50	39,5050	39,1942	38,8833	40,8033
	60	39,0650	39,1700	39,2750	41,1833
40	30	36,8375	38,4963	40,1550	42,0750
	40	38,6025	39,2488	39,8950	41,5617
	50	37,8825	38,3921	38,9017	41,3233
	60	38,1850	38,5583	38,9317	41,6483
50	30	37,3675	38,4238	39,4800	41,0833
	40	39,1550	39,6150	40,0750	41,5317
	50	37,1000	38,5533	40,0067	41,1550
	60	36,9600	37,8933	38,8267	39,9483
60	30	38,1550	38,9242	39,6933	41,9067
	40	38,4750	39,0592	39,6433	43,1950
	50	38,7850	39,5733	40,3617	41,8950
	60	37,7075	38,8571	40,0067	42,2383
Coordenada a					
30	30	0,8500	1,1950	1,5400	1,5167
	40	0,7525	0,9504	1,1483	1,3983
	50	0,6775	0,9163	1,1550	1,5067
	60	0,7500	1,0283	1,3067	1,7467
40	30	0,9950	1,1858	1,3767	1,4783
	40	0,9475	1,1763	1,4050	1,3917
	50	1,1225	1,2596	1,3967	1,6033
	60	0,8950	1,1308	1,3667	1,7450
50	30	0,7525	1,0963	1,4400	1,5617
	40	0,7600	1,0183	1,2767	1,5350
	50	1,0025	1,1771	1,3517	1,8017
	60	1,1225	1,3879	1,6533	1,9417
60	30	0,9500	1,0892	1,2283	1,6650
	40	1,0050	1,2575	1,5100	1,7417
	50	0,7700	1,1383	1,5067	1,9600
	60	0,9575	1,2146	1,4717	1,6517
Coordenada b					
30	30	9,5525	10,3729	11,1933	12,0250
	40	9,9050	10,1625	10,4200	11,5917
	50	10,0625	10,4429	10,8233	11,5783
	60	9,7425	10,3188	10,8950	11,8783
40	30	9,7950	10,5417	11,2883	12,1000
	40	10,2900	10,8067	11,3233	11,8250
	50	9,8850	10,3417	10,7983	11,8617
	60	9,7875	10,3363	10,8850	11,9567
50	30	9,2750	10,1642	11,0533	11,7950
	40	9,8575	10,5288	11,2000	11,7817
	50	9,8775	10,6771	11,4767	12,0550
	60	9,8950	10,6650	11,4350	11,8333
60	30	10,2550	10,8358	11,4167	12,2633
	40	10,5600	11,0467	11,5333	12,7217
	50	9,9975	10,8429	11,6883	12,5867
	60	9,9550	10,8275	11,7000	12,3667

beneficiados de café descascado armazenados em condições de ambiente não controlado, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem, e períodos de armazenagem do produto. Observa-se neste quadro, comportamento semelhante ao verificado para os grãos de café da forma de preparo cereja, já que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenamento.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, e do período de armazenagem em ambiente não controlado, encontra-se no Quadro 6.18.

QUADRO 6.18- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café descascado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	73,7103 **	3,2876 **	25,6800 **
Temperatura (B)	3	3,6844 **	0,1858 **	2,1155 **
Umidade Relativa (C)	3	0,6693 n.s.	0,0972 **	0,0607 n.s.
A x B	9	0,7074 *	0,0227 *	0,1020 *
A x C	9	0,8134 *	0,0212 n.s.	0,0914 *
B x C	9	2,5963 **	0,0887 **	0,2315 **
A x B x C	27	0,5389 *	0,0172 n.s.	0,0547 n.s.
Resíduo	64	0,3223	0,0107	0,0386
Total	127			
C.V. (%)		1,4400	8,1950	1,7990

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo

Pelo Quadro 6.18 verifica-se para a coordenada **a** que para todos os fatores estudados houve efeito significativo a nível de 1 % de probabilidade pelo teste F; entretanto, para as coordenadas **L** e **b** os efeitos foram significativos apenas para os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Observa-se ainda que, para as três coordenadas analisadas, as interações período de armazenagem x temperatura do ar de secagem e temperatura do ar de secagem x umidade relativa foram significativas, enquanto a interação período de armazenagem x umidade relativa do ar de secagem foi significativa somente para

as coordenadas **L** e **b**. Já a interação entre os três fatores estudados foi significativa apenas para a coordenada **L**.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.19, no qual se constata, de modo geral, um aumento nos valores das coordenadas analisadas com o prolongamento do período de armazenamento do produto influenciando na coloração dos grãos de café. Observa-se, ainda, que o efeito do período de armazenagem foi acentuado para as três coordenadas analisadas.

QUADRO 6.19- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	37,9928 a	0,8944 a	9,9183 a
4	38,7259 b	1,1389 b	10,5570 b
8	39,4511 c	1,3836 c	11,1956 c
12	41,5154 d	1,6403 d	12,0138 d
Temperatura (°C)			
30	39,1724 a	1,1527 a	10,6853 a
40	39,4097 a	1,2797 b	10,8639 b
50	39,1984 a	1,3049 b	10,8481 b
60	39,9048 b	1,3198 b	11,2873 c
Umidade Relativa (%)			
30	39,3281 a	1,2450 a	10,8704 a
40	39,5678 a	1,2046 a	10,9721 a
50	39,5197 a	1,2716 ab	10,9372 a
60	39,2697 a	1,3394 b	10,9048 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as coordenadas **a** e **b** para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café descascado indicam haver influência desse fator sobre a cor do produto, sendo menos acentuado a influência desse fator de variação sobre a coordenada **L**, ou seja, verifica-se com a elevação da temperatura do ar de secagem uma tendência de perda da coloração verde-escura e de amarelamento dos grãos de café descascados quando armazenados em ambiente não controlado, por diferirem estatisticamente os valores das

coordenadas **a** e **b**, enquanto para coordenada **L** o efeito de clareamento do produto torna-se evidente para a temperatura de 60°C.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.19 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café descascado pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto.

No Quadro 6.20 encontram-se os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; observa-se neste quadro que para os grãos beneficiados de café descascado as três coordenadas foram afetada ao longo período de armazenamento estudado, e conseqüentemente, influenciando na variação da cor do produto, independente da temperatura do ar de secagem, sendo os melhores resultados obtidos para a temperatura de 30 °C. Observa-se, ainda, que a coordenada **L** foi mais afetada a partir da temperatura de 40 °C. Este comportamento apresenta uma tendência de elevação dos valores destas coordenadas com o aumento do período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, o que sinaliza para o clareamento do produto, a perda da coloração verde-escura e a evolução da cor amarela nos grãos de café durante o acondicionamento em ambiente não controlado.

QUADRO 6.20- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
L				
0	38,1681 A a	37,8769 A a	37,6456 A a	38,2806 A a
4	38,5061 A a	38,6726 A b	38,6214 B b	39,1035 A b
8	38,8442 A a	39,4371 AB c	39,5971 B ab	39,9262 B c
12	41,1713 A b	41,6521 AB d	40,9296 AB a	42,3087 B d
A				
0	0,7575 A a	0,9900 B a	0,9094 B a	0,9206 B a
4	1,0225 A b	1,1881 B b	1,1699 C b	1,1749 B b
8	1,2888 A c	1,3863 AB c	1,4304 B c	1,4292 B c
12	1,5421 A d	1,5546 A d	1,7100 BC d	1,7546 B d
B				
0	9,8156 A a	9,9394 AB a	9,7263 A a	10,1919 B a
4	10,3243 A b	10,5066 A b	10,5088 A b	10,8882 B b
8	10,8329 A c	11,0738 AB c	11,2913 B c	11,5846 C c
12	11,7683 A d	11,9358 A d	11,8663 A d	12,4846 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.21, no qual se nota maior influência do fator período de armazenagem para os diversos níveis de umidade relativa do ar de secagem estudados, sobre a variação da cor dos grãos de café, apresentando tendência de aumento de seus valores com o prolongamento do tempo de estocagem do produto.

QUADRO 6.21- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	L			
0	37,3294 A a	38,3444 B a	38,3181 B a	37,9794 AB a
4	38,5322 A b	38,8247 A ab	38,9282 A ab	38,6184 A ab
8	39,7350 A c	39,3050 A b	39,5383 A b	39,2263 A b
12	41,7159 A d	41,7971 A c	41,2942 A c	41,2546 A c
	b			
0	9,7194 A a	10,1531 B a	9,9556 AB a	9,8450 A a
4	10,4786 A b	10,6362 A b	10,5761 A b	10,5369 A b
8	11,2379 A c	11,1192 A c	11,1967 A c	11,2288 A c
12	12,0458 A d	11,9800 A d	12,0204 A d	12,0088 A d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 6.22 apresentam-se os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café beneficiados de café descascado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem, no qual se observa a menor influência do fator umidade relativa do ar de secagem, quando fixado o fator temperatura, sobre as coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter de quantificação da cor dos grãos de café, uma vez que, de modo geral os valores obtidos pouco diferiram estatisticamente para os diversos níveis do fator temperatura do ar de secagem. No entanto, verifica-se novamente uma pequena tendência de aumento dos valores das coordenadas analisadas com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Analisando-se os Quadros 6.23 e 6.24, constata-se que a tendência ao clareamento dos grãos de café descascado conservados em ambiente não controlado se deve mais ao efeito do aumento do período de armazenagem, do que a elevação da temperatura do ar de secagem, e

QUADRO 6.22- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
L				
30	39,1602 A a	38,2569 B a	39,5965 A ab	39,6733 A a
40	39,3909 A a	39,8270 A b	39,1249 A a	39,2958 A a
50	39,0887 AC a	40,0942 B b	39,2037 A a	38,4071 C b
60	39,6690 A a	40,0931 A b	40,1537 A b	39,7024 A a
a				
30	1,2754 A a	1,0624 B a	1,0639 B a	1,2092 A a
40	1,2590 A a	1,2301 A b	1,3455 A b	1,2844 A a
50	1,2126 AB a	1,1475 A ab	1,3332 B b	1,5264 C b
60	1,2331 A a	1,3786 B c	1,3438 AB b	1,3239 AB a
b				
30	10,7859 A ab	10,5198 B a	10,7268 AB a	10,7086 AB a
40	10,9313 AB a	11,0613 A b	10,7217 B a	10,7414 B a
50	10,5719 A b	10,8420 B b	11,0216 B b	10,9771 B ab
60	11,1927 A c	11,4654 B c	11,2789 AB b	11,2123 AB b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.23- Valores médios da coordenada **L** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
0	30	36,9575 A a	37,1450 A a	39,5050 B a	39,0650 B a
	40	36,8375 A a	38,6025 B ab	37,8825 AB bc	38,1850 AB ab
	50	37,3675 A a	39,1550 B b	37,1000 A b	36,9600 A b
	60	38,1550 A a	38,4750 A ab	38,7850 A c	37,7075 A ab
4	30	38,2846 AB a	37,3758 B a	39,1942 A a	39,1700 A a
	40	38,4962 A a	39,2487 A b	38,3920 A a	38,5533 A a
	50	38,4237 AB a	39,6150 A b	38,5533 AB a	37,8933 B a
	60	38,9242 A a	39,0592 A b	39,5733 A a	38,8570 A a
8	30	39,6116 A a	37,6067 B a	38,8833 AB a	39,2750 A a
	40	40,1550 A a	39,8950 A b	38,9017 A a	38,7966 A a
	50	39,4800 A a	40,0750 A b	40,0067 A a	38,8266 A a
	60	39,6933 A a	39,6433 A b	40,3616 A a	40,0067 A a
12	30	41,7983 A a	40,9000 A a	40,8033 A a	41,1833 A ab
	40	42,0750 A a	41,5616 A a	41,3233 A a	41,6483 A a
	50	41,0833 AB a	41,5317 A a	41,1550 AB a	39,9483 B b
	60	41,9067 A a	43,1950 A b	41,8950 A a	42,2383 A a

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.24- Valores médios da coordenada **L** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
30	0	36,9575 A a	37,1450 A a	39,5050 B ab	39,0650 B a
	4	38,2846 AB ab	37,3758 B a	39,1942 A b	39,1700 A a
	8	39,6116 A b	37,6067 B a	38,8833 AB b	39,2750 A a
	12	41,7983 A c	40,9000 A b	40,8033 A a	41,1833 A b
40	0	36,8375 A a	38,6025 B a	37,8825 AB a	38,1850 AB a
	4	38,4962 A b	39,2487 A a	38,3920 A a	38,5533 A a
	8	40,1550 A c	39,8950 A a	38,9017 A a	38,7966 A a
	12	42,0750 A d	41,5616 A b	41,3233 A b	41,6483 A b
50	0	37,3675 A a	39,1550 B a	37,1000 A a	36,9600 A a
	4	38,4237 AB ab	39,6150 A a	38,5533 AB ab	37,8933 B ab
	8	39,4800 A b	40,0750 A ab	40,0067 A bc	38,8266 A bc
	12	41,0833 AB c	41,5317 A b	41,1550 AB c	39,9483 B c
60	0	38,1550 A a	38,4750 A a	38,7850 A a	37,7075 A a
	4	38,9242 A ab	39,0592 A a	39,5733 A ab	38,8570 A ab
	8	39,6933 A b	39,6433 A a	40,3616 A b	40,0067 A b
	12	41,9067 A c	43,1950 A b	41,8950 A c	42,2383 A c

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

ainda, que o efeito prejudicial da utilização de temperaturas mais elevadas visa a ser menos acentuado ao final de períodos maiores de armazenamento.

6.4.4- *Café descascado armazenado em ambiente com temperatura controlada*

No Quadro 6.25 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em condições de ambiente com temperatura controlada de 15°C, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem, e períodos de armazenagem do produto. Observa-se, neste quadro, que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenamento, e ainda, que os valores do Quadro 6.19 para grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura de 15 °C apresentaram-se ligeiramente inferiores os apresentados para o produto armazenado em ambiente não controlado, principalmente para as coordenadas **a** e **b**.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de

QUADRO 6.25- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	36,9575	37,1267	35,1950	39,9500
	40	37,1450	40,7683	39,8450	39,4167
	50	39,5050	36,9550	35,1083	39,2117
	60	39,0650	36,6333	35,7417	39,5367
40	30	36,8375	37,4267	36,0067	40,7467
	40	38,6025	37,7767	35,8250	40,8350
	50	37,8825	38,0267	36,4967	40,2417
	60	38,1850	37,2817	35,4483	36,4067
50	30	37,3675	38,2683	36,6767	42,7767
	40	39,1550	37,6550	36,1717	41,1450
	50	37,1000	38,4500	36,6900	39,4067
	60	36,9600	39,9683	39,3883	40,0500
60	30	38,1550	38,8683	37,0283	42,3700
	40	38,4750	39,0783	38,4867	42,3167
	50	38,7850	39,2350	40,4133	39,2000
	60	37,7075	39,8200	40,7100	41,2333
Coordenada a					
30	30	0,8500	0,8600	0,9550	0,7817
	40	0,7525	0,4417	0,9383	0,8117
	50	0,6775	0,8317	0,9467	0,8983
	60	0,7500	0,7883	0,9933	0,9967
40	30	0,9950	0,8533	0,9900	0,7583
	40	0,9475	0,9633	0,9450	0,8150
	50	1,1225	1,0167	1,0017	0,9250
	60	0,8950	0,9667	0,9583	1,0400
50	30	0,7525	0,7783	0,9750	0,7933
	40	0,7600	1,0167	0,8750	0,6700
	50	1,0025	0,7633	1,0233	0,9250
	60	1,1225	0,9383	1,0483	1,0317
60	30	0,9500	0,6417	0,6383	0,6967
	40	1,0050	0,9500	0,8867	0,7550
	50	0,7700	0,7350	0,7950	0,9133
	60	0,9575	0,7883	1,0883	0,8400
Coordenada b					
30	30	9,5525	9,8783	9,0033	10,1817
	40	9,9050	10,6000	11,1250	10,2583
	50	10,0625	9,8033	9,1083	10,1767
	60	9,7425	9,6717	9,1733	10,3117
40	30	9,7950	10,0500	9,3650	10,4983
	40	10,2900	10,3133	9,3917	10,6133
	50	9,8850	10,1367	9,5650	10,3333
	60	9,7875	10,2300	9,2767	9,5300
50	30	9,2750	10,2033	9,6833	10,8583
	40	9,8575	10,1567	9,6083	10,4417
	50	9,8775	10,6700	9,9033	10,3650
	60	9,8950	10,8533	11,4650	10,8833
60	30	10,2550	10,3433	10,1533	11,0467
	40	10,5600	10,7467	10,7000	11,2267
	50	9,9975	10,6500	11,5367	10,5417
	60	9,9550	10,6350	11,6250	11,1033

secagem, e do período de armazenagem em ambiente não controlado, encontra-se no Quadro 6.26.

QUADRO 6.26- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café descascado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15 °C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	56,4434 **	0,0729 **	2,3504 **
Temperatura (B)	3	18,9599 **	0,1039 **	4,2240 **
Umidade Relativa (C)	3	3,1961 n.s.	0,0954 *	0,7208 **
A x B	9	2,7630 *	0,0298 n.s.	0,6176 **
A x C	9	4,0850 **	0,01510 n.s.	0,2988 **
B x C	9	2,9566 *	0,0332 *	0,6621 **
A x B x C	27	3,3583 **	0,0254 n.s.	0,3394 **
Resíduo	64	1,3449	0,0157	0,0842
Total	127			
C.V. (%)		3,0160	14,2420	2,8450

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo

Pelo Quadro 6.26 verifica-se para as coordenada **a** e **b** que para todos os fatores estudados houve efeito significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; entretanto, para a coordenada **L** os efeitos foram significativos apenas para os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Observa-se ainda, para as coordenadas **L** e **b**, que as interações: período de armazenagem x temperatura do ar de secagem, período de armazenagem x umidade relativa do ar de secagem e interação entre os três fatores estudados foram significativas, enquanto a interação temperatura x umidade relativa do ar de secagem foi significativa para as três coordenadas.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.27, no qual se constata, de modo geral, um aumento nos valores das coordenadas analisadas com a elevação do período de armazenamento do produto influenciando na coloração dos grãos de café. Observa-se, ainda, que o efeito do período de armazenagem foi mais acentuado para as coordenadas **L** e **b**.

QUADRO 6.27- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	37,9928 a	0,8944 ab	9,9183 a
4	38,3336 a	0,8333 a	10,3089 b
8	37,1707 b	0,9411 b	10,0427 a
12	40,3027 c	0,8532 a	10,5231 c
Temperatura (°C)			
30	38,0101 ab	0,8296 a	9,9096 a
40	37,7516 a	0,9496 b	9,9413 a
50	38,5456 b	0,9047 ab	10,2498 b
60	39,4927 c	0,8382 a	10,6922 c
Umidade Relativa (%)			
30	38,2348 a	0,8293 a	10,0089 a
40	38,9186 a	0,8458 a	10,3621 b
50	38,2942 a	0,8967 ab	10,1633 ac
60	38,3522 a	0,9502 b	10,2586 bc

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as coordenadas **L** e **b** para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café descascado indicam haver influência desses fatores sobre a cor do produto, sendo menos acentuada a influência desse fator de variação sobre a coordenada **a**, ou seja, verifica-se com a elevação da temperatura do ar de secagem uma tendência de clareamento e aumento da coloração amarela dos grãos de café descascados quando armazenados a temperatura de 15 °C, por diferirem estatisticamente as médias dos valores das coordenadas **L** e **b** para os diferentes níveis de temperatura analisados.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.27 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café descascado pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto.

No Quadro 6.28 encontram-se os valores médios das coordenadas **L** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; de modo geral observa-se neste quadro que para os grãos beneficiados de café descascado estas coordenadas foram afetada ao longo do período de armazenamento estudado, e conseqüentemente, influenciando

QUADRO 6.28- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
	L			
0	38,1681 A ac	37,8769 A a	37,6456 A a	38,2806 A a
4	37,8708 AB ab	37,6279 A a	38,5854 AB a	39,2504 B a
8	36,4725 A b	35,9442 A b	37,1067 A a	39,1596 B a
12	39,5288 A c	39,5575 A c	40,8446 AB b	41,2800 B b
	b			
0	9,8156 AB ab	9,9394 AB a	9,7263 A a	10,1919 B a
4	9,9883 A ac	10,1825 AB a	10,4708 BC bc	10,5938 C b
8	9,6025 A b	9,3996 A b	10,1650 B b	11,0038 C c
12	10,2321 A c	10,2437 A a	10,6371 B c	10,9796 B c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

na variação da cor do produto, principalmente para as temperaturas do ar de secagem de 50 e 60 °C. Este comportamento apresenta uma tendência de elevação dos valores destas coordenadas com o aumento do período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, o que indica o clareamento do produto e a evolução da cor amarela nos grãos de café durante o acondicionamento em ambiente com temperatura controlada de 15°C.

Os valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.29, no qual se nota maior influência do fator período de armazenagem para os diversos níveis de umidade relativa do ar de secagem estudados, sobre a variação da cor dos grãos de café, apresentando tendência de aumento de seus valores com o prolongamento do tempo de estocagem do produto.

No Quadro 6.30 apresentam-se os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café beneficiados de café descascado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem, no qual se observa a menor influência do fator umidade relativa do ar de secagem, quando fixado o fator temperatura do ar de secagem, sobre as coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter de quantificação da cor dos grãos de café, uma vez que, os valores obtidos pouco diferiram estatisticamente para os diversos níveis do fator temperatura do ar de secagem. No entanto, de modo geral, verifica-se novamente, embora pequena, uma tendência de

aumento

QUADRO 6.29- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
L				
0	37,3294 A ab	38,3444 A a	38,3181 A ab	37,9794 A ab
4	37,9225 A a	38,8196 A a	38,1667 A ab	38,4258 A ab
8	36,2267 A b	37,5821 A a	37,1771 A a	37,6971 A a
12	41,4608 A c	40,9283 AB b	39,5150 BC b	39,3067 C b
b				
0	9,7194 A a	10,1531 B a	9,9556 AB a	9,8450 AB a
4	10,1188 A b	10,4542 A ab	10,3150 A ab	10,3475 A b
8	9,5513 A a	10,2063 B a	10,0283 B ab	10,3850 B b
12	10,6463 A c	10,6350 A b	10,3542 A b	10,4571 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.30- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
L				
30	39,3073 A a	39,2938 B a	37,6950 A a	37,7442 A ab
40	37,7544 A ab	38,2598 A a	38,1619 A ab	36,8304 A a
50	38,7223 A ab	38,5317 A a	37,9117 A ab	38,9667 A bc
60	39,1054 A b	39,5892 A a	39,4083 A b	39,8677 A c
A				
30	0,8617 A ab	0,7361 A a	0,8385 A a	0,8821 A a
40	0,8992 A a	0,9177 A b	1,0165 A b	0,9650 A a
50	0,8248 A ab	0,8304 A ab	0,9286 AB ab	1,0352 B a
60	0,7317 A b	0,8992 B ab	0,8033 AB a	0,9185 B a
B				
30	9,6540 A a	10,4721 B ac	9,7877 A a	9,7248 A a
40	9,9271 AB a	10,1521 A ab	9,9800 AB at	9,7060 B a
50	10,0050 A a	10,0161 A b	10,2040 A b	10,7742 B b
60	10,4496 A b	10,8083 A c	10,6815 A c	10,8296 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

dos valores das coordenadas analisadas com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Observando os Quadros 6.31 e 6.32, nota-se que os grãos de café descascado armazenados a temperatura de 15 °C apresentaram pequenas variações dos valores de suas coordenadas de luminosidade (**L**) e de intensidade das cores azul e amarelo (**b**), principalmente até o oitavo mês de estocagem, sugerindo uma certa estabilização da cor do produto quando mantido em ambiente com temperatura controlada.

QUADRO 6.31- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
0	30	36,9575 A a	37,1450 A a	39,5050 A a	39,0650 A a
	40	36,8375 A a	38,6025 A a	37,8825 A a	38,1850 A a
	50	37,3675 A a	39,1550 A a	37,1000 A a	36,9600 A a
	60	38,1550 A a	38,4750 A a	38,7850 A a	37,7075 A a
4	30	37,1266 A a	40,7683 B a	36,9550 A a	36,6333 A a
	40	37,4267 A a	37,7766 A ab	38,0266 A a	37,2816 A ab
	50	38,2683 A a	37,6550 A b	38,4500 A a	39,9683 A b
	60	38,8683 A a	39,0783 A ab	39,2350 A a	39,8200 A b
8	30	35,1950 A a	39,8450 B a	35,1083 A a	35,7416 A a
	40	36,0067 A a	35,8250 A b	36,4967 A a	35,4483 A a
	50	36,6766 A a	36,1716 A b	36,6900 A a	38,8883 A b
	60	37,0283 A a	38,4867 AB ab	40,4133 B b	40,7100 B b
12	30	39,9500 A a	39,4167 A a	39,2117 A a	39,5366 A a
	40	40,7467 A a	40,8350 A a	40,2416 A a	36,4066 B b
	50	42,7766 A a	41,1450 AB a	39,4066 B a	40,0500 AB a
	60	42,3700 A a	42,3167 A a	39,2000 B a	41,2333 AB a
Coordenada b					
0	30	9,5525 A ab	9,9050 A a	10,0625 A a	9,7425 A a
	40	9,7950 A ab	10,2900 A a	9,8850 A a	9,7875 A a
	50	9,2750 A b	9,8575 A a	9,8775 A a	9,8950 A a
	60	10,2550 A a	10,5600 A a	9,9975 A a	9,9550 A a
4	30	9,8783 AB a	10,6000 A a	9,8033 B a	9,6716 B a
	40	10,0500 A a	10,3133 A a	10,1367 A ab	10,2300 A ab
	50	10,2033 A a	10,1567 A a	10,6700 A b	10,8533 A b
	60	10,3433 A a	10,7466 A a	10,6500 A b	10,6350 A b
8	30	9,0033 A a	11,1250 B a	9,1083 A a	9,1733 A a
	40	9,3650 A a	9,3916 A b	9,5650 A ab	9,2766 A a
	50	9,6833 A ab	9,6083 A b	9,9033 A b	11,4650 B b
	60	10,1533 A b	10,7000 A a	11,5366 B c	11,6250 B b
12	30	10,1816 A a	10,2583 A a	10,1767 A a	10,3116 A a
	40	10,4983 A ab	10,6133 A ab	10,3333 A a	9,5300 B b
	50	10,8583 A ab	10,4417 A a	10,3650 A a	10,8833 A ac
	60	11,0467 A b	11,2266 A b	10,5416 A a	11,1033 A c

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.32- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
30	0	36,9575 A ab	37,1450 A a	39,5050 A a	39,0650 A a
	4	37,1266 A ab	40,7683 B b	36,9550 A ab	36,6333 A ab
	8	35,1950 A b	39,8450 B ab	35,1083 A b	35,7416 A b
	12	39,9500 A a	39,4167 A ab	39,2117 A a	39,5366 A a
40	0	36,8375 A a	38,6025 A ab	37,8825 A ab	38,1850 A a
	4	37,4267 A a	37,7766 A ab	38,0266 A ab	37,2816 A a
	8	36,0067 A a	35,8250 A b	36,4967 A b	35,4483 A a
	12	40,7467 A b	40,8350 A a	40,2416 A a	36,4066 B a
50	0	37,3675 A a	39,1550 A ab	37,1000 A a	36,9600 A a
	4	38,2683 A a	37,6550 A b	38,4500 A a	39,9683 A ab
	8	36,6766 A a	36,1716 A b	36,6900 A a	38,8883 A ab
	12	42,7766 A b	41,1450 AB a	39,4066 B a	40,0500 AB b
60	0	38,1550 A a	38,4750 A a	38,7850 A a	37,7075 A a
	4	38,8683 A a	39,0783 A a	39,2350 A a	39,8200 A ab
	8	37,0283 A a	38,4867 AB a	40,4133 B a	40,7100 B ab
	12	42,3700 A b	42,3167 A b	39,2000 B a	41,2333 AB b
Coordenada b					
30	0	9,5525 A ab	9,9050 A a	10,0625 A a	9,7425 A ab
	4	9,8783 AB a	10,6000 A ab	9,8033 B ab	9,6716 B ab
	8	9,0033 A b	11,1250 B b	9,1083 A b	9,1733 A b
	12	10,1816 A a	10,2583 A a	10,1767 A a	10,3116 A a
40	0	9,7950 A ab	10,2900 A a	9,8850 A ab	9,7875 A ab
	4	10,0500 A ab	10,3133 A a	10,1367 A ab	10,2300 A a
	8	9,3650 A b	9,3916 A b	9,5650 A a	9,2766 A b
	12	10,4983 A a	10,6133 A a	10,3333 A b	9,5300 B ab
50	0	9,2750 A a	9,8575 A ab	9,8775 A a	9,8950 A a
	4	10,2033 A bc	10,1567 A ab	10,6700 A b	10,8533 A b
	8	9,6833 A ab	9,6083 A b	9,9033 A a	11,4650 B b
	12	10,8583 A c	10,4417 A a	10,3650 A ab	10,8833 A b
60	0	10,2550 A a	10,5600 A a	9,9975 A a	9,9550 A a
	4	10,3433 A ab	10,7466 A a	10,6500 A a	10,6350 A ac
	8	10,1533 A a	10,7000 A a	11,5366 B b	11,6250 B b
	12	11,0467 A b	11,2266 A a	10,5416 A a	11,1033 A bc

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

6.4.5- *Café despulpado armazenado em ambiente não controlado*

No Quadro 6.33 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em condições de ambiente não controlado, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem, e períodos de armazenagem

QUADRO 6.33- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café despulpado armazenados em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	38,9250	38,8567	40,4683	40,6400
	40	37,8525	36,9133	39,1033	41,6283
	50	36,3050	37,5217	38,5600	41,1450
	60	37,3100	37,7817	39,5600	41,0417
40	30	38,1800	38,7883	40,8617	42,3400
	40	37,7500	39,5383	39,7067	40,8767
	50	38,1125	38,3267	40,9300	42,2600
	60	38,4300	38,2167	40,3800	41,2250
50	30	38,2800	39,3250	40,6083	40,6850
	40	38,1675	38,8550	40,0600	41,3500
	50	39,0000	40,3783	40,5600	41,3467
	60	38,5175	38,3900	39,4483	40,7417
60	30	39,2400	40,0883	41,1133	41,6300
	40	39,8900	39,8600	40,5617	41,7467
	50	37,5000	41,4783	41,8133	41,8967
	60	39,5525	41,7400	42,6433	43,3100
Coordenada a					
30	30	0,8500	0,9633	1,2450	1,3817
	40	0,7550	0,8467	1,1417	1,3233
	50	0,6775	1,0100	1,1533	1,3100
	60	0,6500	1,0333	1,5050	1,4900
40	30	0,7775	0,9600	1,2533	1,3417
	40	0,7450	1,0833	1,0767	1,4117
	50	0,7100	1,1083	1,2050	1,3250
	60	0,8575	1,1800	1,3017	1,4900
50	30	0,7100	1,0667	1,1450	1,4750
	40	0,6875	1,0183	1,2167	1,4517
	50	0,9350	1,2117	1,2033	1,4933
	60	0,9300	1,1417	1,4233	1,5817
60	30	0,5950	1,0817	0,9900	1,4433
	40	0,5125	1,1050	1,0600	1,6467
	50	0,4600	1,2300	1,3783	1,5167
	60	0,7925	1,2200	1,3300	1,5917
Coordenada b					
30	30	10,1025	10,5633	11,1950	11,3867
	40	9,7025	9,6583	10,6750	11,7167
	50	9,0525	9,9100	10,4233	11,4350
	60	9,1925	10,1950	11,0633	11,8467
40	30	9,9475	10,4533	11,2817	11,9350
	40	9,7475	10,7100	10,8017	11,4400
	50	9,8825	10,4433	11,1933	12,0100
	60	9,7775	10,3067	11,1917	11,6950
50	30	10,0275	10,6467	11,2200	11,5267
	40	9,7725	10,5300	11,1217	11,8133
	50	10,2925	11,2367	11,2050	11,6933
	60	9,8925	10,5250	11,0600	11,6150
60	30	9,4700	11,0133	11,3883	11,5533
	40	9,8800	11,0750	11,0983	12,0167
	50	9,3100	11,6700	11,7017	12,0783
	60	10,0600	11,6200	11,9617	12,3850

do produto. Observa-se, neste quadro, que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenamento.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, e do período de armazenagem em ambiente não controlado, encontra-se no Quadro 6.34.

QUADRO 6.34- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	83,8804 **	2,9744 **	22,9721 **
Temperatura (B)	3	28,7400 *	0,0392 *	2,1943 **
Umidade Relativa (C)	3	8,0942 ^{n.s.}	0,1527 **	0,1571 **
A x B	9	7,0861 ^{n.s.}	0,0527 **	0,4391 **
A x C	9	5,7676 ^{n.s.}	0,0194 ^{n.s.}	0,1452 **
B x C	9	5,3161 ^{n.s.}	0,0133 ^{n.s.}	0,4193 **
A x B x C	27	7,3087 ^{n.s.}	0,0151 ^{n.s.}	0,1044 **
Resíduo	64	7,6339	0,0141	0,0331
Total	127			
C.V. (%)		6,9780	10,5820	1,6780

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo

Pelo Quadro 6.34 verifica-se para as coordenadas **a** e **b** que para todos os fatores estudados houve efeito significativo a nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; entretanto, para a coordenada **L** os efeitos foram significativos apenas para os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem. Observa-se ainda, para a coordenada **a**, que foi significativa somente a interação entre os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, enquanto para a coordenada **b** todas as possíveis interações entre os fatores estudados foram estatisticamente significativas.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.35, no qual se constata, de modo geral, um aumento nos valores das coordenadas analisadas com o prolongamento do período de armazenamento do produto

QUADRO 6.35- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	38,3133 a	0,7278 a	9,7569 a
4	38,1883 a	1,0788 b	10,6598 b
8	40,3986 b	1,2268 c	11,1614 c
12	41,4915 b	1,4546 d	11,7592 d
Temperatura (°C)			
30	39,9758 a	1,0835 a	10,5074 a
40	39,7423 ab	1,1142 ab	10,8010 b
50	38,7946 a	1,1682 b	10,8861 b
60	40,8790 b	1,1221 ab	11,1426 c
Umidade Relativa (%)			
30	39,9990 a	1,0800 a	10,8569 a
40	39,8930 a	1,0676 a	10,7349 b
50	39,6163 a	1,1205 a	10,8461 ab
60	38,8834 a	1,2199 b	10,8992 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

influenciando na coloração dos grãos de café. Observa-se, ainda, que o efeito do período de armazenagem foi mais acentuado para as coordenadas **a** e **b**, que apresentaram diferenças significativas já a partir do quarto mês de armazenamento.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as coordenadas analisadas para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café despulpado indicam haver influência desse fator sobre a cor do produto, sendo mais acentuada a influência desse fator de variação sobre a coordenada **b**, ou seja, verifica-se com maior evidencia que a elevação da temperatura do ar de secagem favorece a evolução da cor amarelo dos grãos de café despulpados quando armazenados em ambiente não controlado.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.35 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café despulpado pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto.

No Quadro 6.36 encontram-se os valores médios das coordenadas **a** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; observa-se neste quadro que para os grãos beneficiados de café despulpado as duas coordenadas foram afetadas ao longo período de armazenamento estudado, e conseqüentemente, influenciando na variação da

QUADRO 6.36- Valores médios das coordenadas **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
	a			
0	0,7331 AB a	0,7725 A a	0,8156 A a	0,5900 B a
4	0,9634 A b	1,0829 AB b	1,1096 AB b	1,1592 B b
8	1,2613 A c	1,2092 A b	1,2471 A b	1,1896 A b
12	1,3763 A c	1,3921 A c	1,5004 AB c	1,5496 B c
	b			
0	9,5125 A a	9,8388 BC a	9,9963 B a	9,6800 AC a
4	10,0816 A b	10,4784 B b	10,7346 C b	11,3446 D b
8	10,8392 A c	11,1171 B c	11,1517 B c	11,5375 C b
12	11,5962 A d	11,7700 AB d	11,6621 A d	12,0083 B c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

cor do produto, independente da temperatura do ar de secagem, sendo a coordenada **a** mais afetada pela temperatura do ar de secagem de 60 °C, enquanto a coordenada **b** apresentou diferenças significativas já a partir da temperatura de 40 °C. Este comportamento apresenta uma tendência de elevação dos valores destas coordenadas com o aumento do período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, o que indica a perda da coloração verde-escura e a evolução da cor amarela nos grãos de café durante o acondicionamento em ambiente não controlado.

Os valores médios das coordenadas **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.37, no qual se nota maior influência do fator período de armazenagem para os diversos níveis de umidade relativa do ar de secagem estudados, sobre a variação da cor dos grãos de café, apresentando tendência de aumento de seus valores com o prolongamento do tempo de estocagem do produto.

No Quadro 6.38 apresentam-se os valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem, no qual se observa a menor influência do fator umidade relativa do ar de secagem, quando fixado o fator temperatura, uma vez que, os valores obtidos pouco diferiram estatisticamente para os diversos níveis do fator temperatura do ar de secagem. No entanto, verifica-se uma maior influência da umidade relativa do ar de secagem sobre os valores da coordenada **b** do produto seco a temperatura de 60 °C. Já pelos Quadros 6.39 e 6.40 observa-

QUADRO 6.37- Valores médios das coordenadas **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	A			
0	0,7331 A a	0,6750 A a	0,6956 A a	0,8075 A a
4	1,0179 A b	1,0133 A b	1,1400 A b	1,1438 A b
8	1,1583 A b	1,1238 A b	1,2350 AB b	1,3900 B c
12	1,4104 A c	1,4583 A c	1,4113 A c	1,5383 A c
	b			
0	9,8869 A a	9,7756 AB a	9,6344 B a	9,7306 AB a
4	10,6692 AB b	10,4933 B b	10,8150 A b	10,6617 AB b
8	11,2713 A c	10,9242 B c	11,1308 AB c	11,3192 A c
12	11,6004 A d	11,7467 AB d	11,8042 AB d	11,8854 B d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.38- Valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	b			
30	10,8119 A a	10,4381 BC a	10,2052 C a	10,5744 AB a
40	10,9044 A a	10,6748 A ab	10,8823 A b	10,7427 A a
50	10,8552 A a	10,8094 A bc	11,1069 B bc	10,7731 A a
60	11,8563 A a	11,0175 AB c	11,1900 B c	11,5067 C b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.39- Valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada b					
0	30	10,1025 A a	9,7025 A a	9,0525 B a	9,1925 B a
	40	9,9475 A ab	9,7475 A a	9,8825 A b	9,7775 A b
	50	10,0275 AB a	9,7725 A a	10,2925 B b	9,8925 AB b
	60	9,4700 AC b	9,8800 AB a	9,3100 B a	10,0600 C b
4	30	10,5633 A ab	9,6583 B a	9,9100 BC a	10,1950 AC a
	40	10,4533 A b	10,7100 A bc	10,4433 A b	10,3067 A a
	50	10,6466 A ab	10,5300 A b	11,2366 B c	10,5250 A a
	60	11,0133 A a	11,0750 A c	11,6700 B c	11,6200 B b
8	30	11,1950 A a	10,6750 BC a	10,4233 B a	11,0633 AC a
	40	11,2200 A a	10,8016 A a	11,1933 A b	11,1916 A a
	50	11,2817 A a	11,0983 A a	11,2050 A b	11,0600 A a
	60	11,3883 AB a	11,1216 A a	11,7016 BC c	11,9616 C b
12	30	11,3866 A a	11,7166 A ab	11,4350 A a	11,8466 A a
	40	11,9350 A b	11,4400 A a	12,0100 A b	11,6950 AB a
	50	11,5267 A ab	11,8133 B ab	11,6933 A ab	11,6150 A a
	60	11,5533 A ab	12,0166 AB b	12,0783 B b	12,3850 B b

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.40- Valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente não controlado para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada b					
30	0	10,1025 A a	9,7025 A a	9,0525 B a	9,1925 B a
	4	10,5633 A a	9,6583 AB a	9,9100 BC b	10,1950 AC b
	8	11,1950 A b	10,6750 BC b	10,4233 B c	11,0633 AC c
	12	11,3866 A b	11,7166 A c	11,4350 A d	11,8466 A d
40	0	9,9475 A a	9,7475 A a	9,8825 A a	9,7775 A a
	4	10,4533 A b	10,7100 A b	10,4433 A b	10,3067 A b
	8	11,2817 A c	10,8016 A b	11,1933 A c	11,1916 A c
	12	11,9350 A d	11,4400 B c	12,0100 A d	11,6950 AB d
50	0	10,0275 AB a	9,7725 A a	10,2925 B a	9,8925 AB a
	4	10,6466 A b	10,5300 A b	11,2366 B bc	10,5250 A b
	8	11,2200 A c	11,1216 A c	11,2050 A b	11,0600 A c
	12	11,5267 A c	11,8133 A d	11,6933 A c	11,6150 A d
60	0	9,4700 AC a	9,8800 AB a	9,3100 B a	10,0600 C a
	4	11,0133 A b	11,0750 A b	11,6700 B b	11,6200 B b
	8	11,3883 AB bc	11,0983 A b	11,7016 BC b	11,9616 C bc
	12	11,5533 A c	12,0166 AB c	12,0783 B b	12,3850 B c

Para cada nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

se o comportamento crescente dos valores dessa coordenada com aumento da temperatura do ar de secagem, não tendo sido observadas diferenças expressivas para maioria dos níveis de umidade relativa do ar de secagem, independente do período de armazenagem estudado. Entretanto, para todas as temperaturas avaliadas verifica-se ser acentuado o efeito do período de armazenagem sobre os valores dessa coordenada.

6.4.6- *Café despulpado armazenado em ambiente com temperatura controlada*

No Quadro 6.41 são apresentados os valores médios obtidos das coordenadas do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor como atributo de qualidade dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em condições de ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para as diversas temperaturas e umidades relativas do ar de secagem, e períodos de armazenagem do produto. Observa-se neste quadro, como verificado anteriormente, que as três coordenadas apresentaram tendência de elevação de seus valores ao longo dos 12 meses de armazenagem, e ainda, que os valores do Quadro 6.41 para grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura de 15 °C apresentaram-se ligeiramente inferiores os apresentados para o produto armazenado em ambiente não controlado, principalmente para as coordenadas **a** e **b**.

O resumo dos resultados da análise de variância das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado, em função da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, e do período de armazenagem em ambiente controlado, encontra-se no Quadro 6.42.

Pelo Quadro 6.42 verifica-se para as coordenadas **L** e **b** que para todos os fatores estudados e suas interações, houve efeito significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, exceto a interação entre os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem para a coordenada **L**; entretanto, para a coordenada **a** os efeitos foram significativos apenas para os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Os valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café cereja para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, acham-se no Quadro 6.43, no qual se constata, de modo geral, pouca alteração dos valores das coordenadas analisadas com o prolongamento do período de armazenagem do produto, sendo que o efeito do período de armazenagem foi mais acentuado para as coordenadas **L** e **b**, indicando um pequeno aumento dos valores dessas coordenadas com aumento do tempo de conservação do produto.

QUADRO 6.41- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
Coordenada L					
30	30	38,9250	36,8717	36,2283	38,3750
	40	37,8525	43,1117	40,0450	38,9833
	50	36,3050	37,7800	37,0517	43,4050
	60	37,3100	38,1383	36,1350	43,2050
40	30	38,1800	37,3133	36,6083	39,9917
	40	37,7500	36,8367	35,6850	40,5050
	50	38,1125	38,5933	36,3383	41,6033
	60	38,4300	38,2450	36,5683	41,6000
50	30	38,2800	38,4167	35,4550	39,9383
	40	38,1675	39,3033	35,8133	40,7200
	50	39,0000	39,3850	36,0867	40,4117
	60	38,5175	40,3183	40,3667	38,8367
60	30	39,2400	41,0250	39,3433	39,5933
	40	39,8900	40,1733	40,6817	39,2883
	50	37,5000	42,0117	41,5417	42,0117
	60	39,5525	40,1150	41,3183	38,9983
Coordenada a					
30	30	0,8500	0,7850	0,6283	0,7283
	40	0,7550	0,5100	0,7583	0,6100
	50	0,6775	0,7250	0,9150	0,8167
	60	0,6500	0,8667	0,9617	0,9333
40	30	0,7775	0,8217	0,7833	0,7217
	40	0,7450	0,7900	0,7083	0,6850
	50	0,7100	0,8917	0,7883	0,7817
	60	0,8575	0,8300	0,9183	0,7133
50	30	0,7100	0,8733	0,7117	0,7900
	40	0,6875	0,6917	0,8000	0,8017
	50	0,9350	0,7900	0,7717	0,6633
	60	0,9300	0,7000	0,9200	1,0433
60	30	0,5950	0,4967	0,7133	0,5583
	40	0,5125	0,7967	0,7517	0,7600
	50	0,4600	0,6417	0,9567	0,5867
	60	0,7925	0,6517	0,7783	0,8150
Coordenada b					
30	30	10,1025	9,6950	9,2583	9,8600
	40	9,7025	10,9117	10,9983	9,8733
	50	9,0525	9,7450	9,2983	11,1883
	60	9,1925	10,1333	9,4583	11,2050
40	30	9,9475	9,8683	9,4467	10,1467
	40	9,7475	9,8700	9,1100	10,4617
	50	9,8825	10,3350	9,1267	10,9117
	60	9,7775	10,4467	9,3933	10,7517
50	30	10,0275	10,3567	9,0317	10,4983
	40	9,7725	10,4650	9,2733	10,6900
	50	10,2925	10,7950	9,2300	10,3500
	60	9,8925	10,7000	11,0900	10,3483
60	30	9,4700	10,7150	10,5150	10,1617
	40	9,8800	10,6050	11,0450	10,2467
	50	9,3100	10,8250	11,5367	10,8433
	60	10,0600	10,7817	11,2450	10,4350

QUADRO 6.42- Resumo da análise de variância dos valores obtidos das coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter de cor, para grãos beneficiados de café despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15 °C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		L	a	b
Período de Armazenagem (A)	3	43,0787 **	0,0363 ^{n.s.}	4,0243 **
Temperatura (B)	3	21,3006 **	0,0925 **	1,8959 **
Umidade Relativa (C)	3	5,2710 *	0,1027 **	0,7227 **
A x B	9	9,4836 **	0,0214 ^{n.s.}	1,4230 **
A x C	9	3,9376 *	0,0166 ^{n.s.}	0,3894 **
B x C	9	2,9854 ^{n.s.}	0,0139 ^{n.s.}	0,2825 *
A x B x C	27	4,3876 *	0,0252 ^{n.s.}	0,4804 **
Resíduo	64	1,8216	0,0151	0,1062
Total	127			
C.V. (%)		3,4640	16,2880	3,2120

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo

QUADRO 6.43- Valores médios das coordenadas **L**, **a** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Coordenadas do Sistema Hunter de Cor		
	L	a	b
Período (meses)			
0	38,3133 a	0,7269 a	9,7569 a
4	39,2274 b	0,7414 a	10,3905 b
8	37,8292 a	0,8041 a	9,9410 a
12	40,4667 c	0,7505 a	10,4982 b
Temperatura (°C)			
30	38,7367 a	0,7597 ab	9,9797 ab
40	38,2726 a	0,7827 a	9,9515 a
50	38,6885 a	0,8012 a	10,1758 b
60	40,1428 b	0,6792 b	10,4797 c
Umidade Relativa (%)			
30	38,3616 a	0,7215 a	9,9438 a
40	39,0504 a	0,7093 a	10,1658 b
50	39,1961 a	0,7569 ab	10,1702 b
60	39,2284 a	0,8351 b	10,3069 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o fator temperatura do ar de secagem, as três coordenadas para avaliação da cor dos grãos beneficiados de café cereja indicam haver influência desse fator sobre a cor do produto, sendo mais afetada a coordenada **b**. Verifica-se ainda maior efeito da temperatura de 60 °C do ar de secagem sobre os valores dessas coordenadas, por diferirem significativamente das médias dos valores das demais temperaturas avaliadas.

Quanto ao fator de variação umidade relativa do ar de secagem, o Quadro 6.43 revela que os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** para quantificação da cor dos grãos beneficiados de café cereja pouco se alteraram, indicando ser pequena a influência desse fator sobre a coloração do produto, embora a coordenada **b** tenha sido mais afetada.

No Quadro 6.44 encontram-se os valores médios das coordenadas **L** e **b** para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; de modo geral observa-se neste quadro, para os períodos analisados, que os valores da coordenada **L** e **b** dos grãos de café despulpado submetidos à secagem com temperatura de 60 °C foram mais afetados e, conseqüentemente, influenciaram a variação da cor do produto. Verifica-se, ainda, uma tendência de elevação dos valores destas coordenadas com o aumento do período de armazenagem, apontando para o clareamento e aumento da coloração amarela dos grãos de café com o prolongamento do tempo de armazenamento do produto e da temperatura do ar de secagem.

Os valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado para interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem encontram-se no Quadro 6.45, no qual se nota uma menor influência do fator umidade relativa do ar de secagem para os diversos períodos de armazenagem analisados, sobre a variação da cor dos grãos de café; observa-se também, novamente, a tendência de aumento dos valores dessas coordenadas com o prolongamento do tempo de armazenamento e a elevação da umidade relativa do ar de secagem do produto .

No Quadro 6.46 apresentam-se os valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem e se constata a influência desses fatores sobre a cor dos grãos de café, uma vez que, os valores obtidos diferiram significativamente para as diversas combinações dos fatores analisados, apresentando comportamento semelhante ao observado para os grãos das outras formas de preparo, sendo mais expressivos os efeitos prejudiciais da elevação da temperatura do ar de secagem que a elevação da umidade relativa do ar de secagem.

QUADRO 6.44- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
	L			
0	37,5981 A a	38,1181 A a	38,4913 A ab	39,0456 A a
4	38,9754 A a	37,7471 A ab	39,3558 AB a	40,8312 B b
8	37,3650 A a	36,3000 A b	36,9304 A b	40,7212 B ab
12	40,9921 A b	40,9250 A c	39,9767 A a	39,9729 A ab
	b			
0	9,5125 A a	9,8388 AB a	9,9963 B a	9,6800 AB a
4	10,1213 A ac	10,1300 A a	10,5792 B b	10,7317 B bc
8	9,7533 A ab	9,2692 B b	9,6562 AB a	11,0854 C b
12	10,5317 A c	10,5679 A c	10,4717 A b	10,4217 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.45- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	L			
0	38,6562 A ab	38,4150 A ab	37,7294 A a	38,4525 A a
4	38,4067 A ab	39,8563 A a	39,4425 A a	39,2042 A ab
8	36,9087 A a	38,0562 A b	37,7546 A a	38,5971 A a
12	39,4746 A b	39,8742 A a	41,8579 B b	40,6600 AB b
	b			
0	9,8869 A ab	9,7756 A a	9,6344 A a	9,7306 A a
4	10,1588 A a	10,4629 A b	10,4250 A b	10,5154 A b
8	9,5629 A b	10,1067 BC ab	9,7979 AB a	10,2967 C b
12	10,1667 A a	10,3179 AC b	10,8233 B b	10,6850 BC b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.46- Valores médios da coordenada **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
	b			
30	9,7290 A a	10,3714 B a	9,8210 A a	9,9973 AB a
40	9,8523 A ab	9,7973 A b	10,0639 A a	10,0923 A ab
50	9,9785 A ab	10,0502 A ab	10,1669 AB a	10,5077 B bc
60	10,2154 A b	10,4442 A a	10,6288 A b	10,6304 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando os Quadros 6.47 e 6.48 observa-se que os grãos de café despulpado armazenados a temperatura de 15 °C apresentaram pequenas variações dos valores de suas coordenadas **L** e **b**, principalmente até o oitavo mês de armazenagem, indicando uma tendência de estabilização da cor do produto quando conservado em ambiente com temperatura controlada.

6.4.7- Discussão geral

Fazendo-se uma comparação geral entre os resultados obtidos nos seis experimentos sobre secagem e armazenagem, pode-se observar que a cor dos grãos beneficiados de café das diferentes formas de preparo estudadas foi mais afetada negativamente pela condição de armazenagem em ambiente não controlado, que os grãos de café mantidos em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, que apresentaram de modo geral resultados inferiores para as coordenadas de cromaticidade **a** e **b**, que são os termos de maior contribuição na avaliação objetiva da cor, por serem estes responsáveis pela quantificação da cor propriamente dita. Observa-se, ainda, que para as duas condições de armazenagem a coordenada **L** apresentou variações menores de seus valores, quando comparadas com as variações entre os valores das demais coordenadas, independente da forma de preparo analisada.

Analisando a cor dos grãos beneficiados de café como um dos principais atributos de qualidade do produto, observa-se para as três formas de preparo investigadas, pelos resultados apresentados, que houve efeito da operação de secagem sobre a coloração dos grãos ao longo do período de armazenamento. Entretanto, verifica-se que as temperaturas do ar de secagem de 30 e 40 °C associadas à armazenagem em ambiente com temperatura de 15 °C, mantiveram a coloração inicial do produto por maior período de tempo, independente de sua forma

de

QUADRO 6.47- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
0	30	38,9250 A a	37,8525 A a	36,3050 A a	37,3100 A a
	40	38,1800 A a	37,7500 A a	38,1125 A a	38,4300 A a
	50	38,2800 A a	38,1675 A a	39,0000 A a	38,5175 A a
	60	39,2400 A a	39,8900 A a	37,5000 A a	39,5525 A a
4	30	36,8717 A a	43,1117 B a	37,7800 A a	38,1383 A a
	40	37,3133 A a	36,8367 A b	38,5933 A ab	38,2450 A a
	50	38,4166 A ab	39,3033 A b	39,3850 A ab	40,3183 A a
	60	41,0250 A b	40,1733 A ab	42,0116 A b	40,1150 A a
8	30	36,2283 A ab	40,0450 B a	37,0517 AB a	36,1350 A a
	40	36,6083 A ab	35,6850 A b	36,3383 A a	36,5683 A a
	50	35,4550 A a	35,8133 A b	36,0867 A a	40,3666 B b
	60	39,3433 A b	40,6816 A a	41,5417 A b	41,3183 A b
12	30	38,3750 A a	38,9833 A a	43,4050 B a	43,2050 B a
	40	39,9916 A a	40,5050 A a	41,6033 A a	41,6000 A ab
	50	39,9383 A a	40,7200 A a	40,4116 A a	38,8366 A b
	60	39,5933 A a	39,2883 A a	42,0117 A a	38,9983 A b
Coordenada b					
0	30	10,1025 A a	9,7025 AB a	9,0525 B a	9,1925 B a
	40	9,9475 A a	9,7475 A a	9,8825 A ab	9,7775 A ab
	50	10,0275 A a	9,7725 A a	10,2925 A b	9,8925 A ab
	60	9,4700 A a	9,8800 A a	9,3100 A a	10,0600 A b
4	30	9,6950 A a	10,9116 B a	9,7450 A a	10,1333 AB a
	40	9,8683 A ab	9,8700 A b	10,3350 A ab	10,4467 A a
	50	10,3566 A ab	10,4650 A ab	10,7950 A b	10,7000 A a
	60	10,7150 A b	10,6050 A ab	10,8250 A b	10,7816 A a
8	30	9,2583 A a	10,9983 B a	9,2983 A a	9,4583 A a
	40	9,4467 A a	9,1100 A b	9,1266 A a	9,3933 A a
	50	9,0316 A a	9,2733 A b	9,2300 A a	11,0900 B b
	60	10,5150 A b	11,0450 AB a	11,5366 B b	11,2450 AB b
12	30	9,8600 A a	9,8733 A a	11,1883 B a	11,2050 B a
	40	10,1466 A a	10,4616 A a	10,9116 A a	10,7517 A a
	50	10,4983 A a	10,6900 A a	10,3500 A a	10,3483 A a
	60	10,1616 A a	10,2466 A a	10,8433 A a	10,4350 A a

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6.48- Valores médios das coordenadas **L** e **b** dos grãos beneficiados de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C para a interação dos três fatores estudados, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
Coordenada L					
30	0	38,9250 A a	37,8525 A a	36,3050 A a	37,3100 A a
	4	36,8717 A a	43,1117 B b	37,7800 A a	38,1383 A a
	8	36,2283 A a	40,0450 B ab	37,0517 AB a	36,1350 A a
	12	38,3750 A a	38,9833 A a	43,4050 B b	43,2050 B b
40	0	38,1800 A a	37,7500 A ab	38,1125 A ab	38,4300 A ab
	4	37,3133 A a	36,8367 A a	38,5933 A ab	38,2450 A ab
	8	36,6083 A a	35,6850 A a	36,3383 A a	36,5683 A a
	12	39,9916 A a	40,5050 A b	41,6033 A b	41,6000 A b
50	0	38,2800 A ab	38,1675 A ab	39,0000 A ab	38,5175 A a
	4	38,4166 A ab	39,3033 A ab	39,3850 A ab	40,3183 A a
	8	35,4550 A a	35,8133 A a	36,0867 A a	40,3665 B a
	12	39,9383 A b	40,7200 A b	40,4116 A b	38,8366 A a
60	0	39,2400 A a	39,8900 A a	37,5000 A a	39,5525 A a
	4	41,0250 A a	40,1733 A a	42,0116 A b	40,1150 A a
	8	39,3433 A a	40,6816 A a	41,5417 A b	41,3183 A a
	12	39,5933 A a	39,2883 A a	42,0117 A b	38,9983 A a
Coordenada b					
30	0	10,1025 A a	9,7025 AB a	9,0525 B a	9,1925 B a
	4	9,6950 A a	10,9116 B b	9,7450 A a	10,1333 AB b
	8	9,2583 A a	10,9983 B b	9,2983 A a	9,4583 A ab
	12	9,8600 A a	9,8733 A a	11,1883 B b	11,2050 B c
40	0	9,9475 A a	9,7475 A ab	9,8825 A ab	9,7775 A ab
	4	9,8683 A a	9,8700 A ab	10,3350 A ac	10,4467 A ac
	8	9,4467 A a	9,1100 A a	9,1266 A b	9,3933 A b
	12	10,1466 A a	10,4616 A b	10,9116 A c	10,7517 A c
50	0	10,0275 A a	9,7725 A ab	10,2925 A a	9,8925 A a
	4	10,3566 A a	10,4650 A ac	10,7950 A a	10,7000 A ab
	8	9,0316 A b	9,2733 A b	9,2300 A b	11,0900 B b
	12	10,4983 A b	10,6900 A c	10,3500 A a	10,3483 A ab
60	0	9,4700 A a	9,8800 A a	9,3100 A a	10,0600 A a
	4	10,7150 A b	10,6050 A ab	10,8250 A b	10,7816 A ab
	8	10,5150 A b	11,0450 AB b	11,5366 B b	11,2450 AB b
	12	10,1616 A ab	10,2466 A ab	10,8433 A b	10,4350 A ab

Para cada teste realizado e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

preparo. O que sugere uma maior conservação da qualidade do produto seco a estas temperaturas e mantido nesta condição de estocagem, concordando com respostas semelhantes obtidas por vários pesquisadores (STIRLING, 1975; McLOY, 1979; SILVA et al., 1998; OLIVEIRA, 1995; VILELA et al., 2000).

As temperaturas de 50 e 60 °C influenciaram negativamente a coloração dos grãos beneficiados de café e seus efeitos sobre as coordenadas **L**, **a** e **b**, do sistema Hunter, tornam-se mais acentuados durante o armazenamento do produto, para todos os tratamentos empregados; no entanto, para temperatura de 60 °C estes efeitos danosos para a cor dos grãos de café foram mais evidentes que os observados para temperatura de 50°C. Os efeitos prejudiciais causados por temperaturas mais elevadas do ar de secagem sobre a cor de produtos agrícolas pode, segundo AMORIM (1978), estar relacionado com a desestruturação das membranas celulares, cuja modificação estrutural gera a perda de seletividade e compartimentalização, fazendo com que os componentes separados por estas estruturas entrem em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas, podendo afetar não apenas a coloração dos grãos como também a qualidade, o aroma e o sabor da bebida.

Analisando o efeito da umidade relativa do ar de secagem sobre a cor, e conseqüentemente a qualidade dos grãos de café, observou-se que para a faixa estudada (30 a 60 %), embora tenha influenciado na alteração da coloração dos produtos estudados, os resultados apresentados indicam uma reduzida contribuição desse fator como elemento capaz de grandes modificações da cor dos grãos beneficiados, independente da forma de preparo e da condição de armazenagem do produto.

De acordo com os resultados obtidos, nota-se também o efeito favorável da retirada da casca e mucilagem (total ou parcialmente) dos frutos de café, sobre as coordenadas **a** e **b**, uma vez que, os valores encontrados para os produtos secos e armazenados na forma cereja apresentaram-se sempre superiores aos observados para os produtos das formas de preparo descascado e despulpado, não havendo grandes diferenças entre os valores dessas duas últimas formas de processamento. Entretanto, torna-se importante ressaltar que a menor proteção dos grãos de café com a retirada da casca e mucilagem (total ou parcialmente), embora tenha reduzido os valores das coordenadas de cromaticidade diminuindo a coloração amarelada e aproximando a cor do produto ao verde-escuro, foi responsável também pelo aumento da coordenada de luminosidade (**L**), ou seja, o produto na forma de preparo cereja apresentou uma menor disposição ao clareamento de seus grãos ao longo do período de armazenagem, para as diferentes condições de secagem e armazenagem.

6.5. CONCLUSÕES

Diante os resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo da cor dos grãos beneficiados de café, pode-se concluir que:

- os frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentaram resultados melhores de coloração, quando comparados com os obtidos para o produto armazenado em ambiente não controlado, independente da forma de preparo estudada;
- os grãos de café secos e armazenados na forma de preparo cereja apresentaram piores resultados para as coordenadas **a** (intensidade de verde e vermelho) e **b** (intensidade de azul e amarelo) que os grãos de café secos e armazenados nas formas de preparo descascado e despulpado, não havendo grandes diferenças entre os valores das coordenadas dessas duas últimas formas de preparo, independente da condição de armazenagem;
- os grãos de café secos e armazenados na forma de preparo cereja apresentaram melhores resultados para a coordenada **L** (luminosidade) que os grãos de café secos e armazenados nas formas de preparo descascado e despulpado, independente da condição de armazenagem;
- os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor dos grãos beneficiados de café aumentou com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, sendo menos acentuada a contribuição da umidade relativa do ar de secagem na variação da coloração do produto durante o armazenamento, independente da forma de preparo e condição de armazenagem;
- os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor dos grãos beneficiados de café aumentou com a elevação do tempo de armazenamento do produto, independente da forma de preparo e condição de armazenagem.

CAPÍTULO 7

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAGEM NA BEBIDA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS E GRÃOS DE CAFÉ

7.1. INTRODUÇÃO

Com o desafio da competitividade na agricultura mundial, o fator de seleção para elevar a rentabilidade do setor vem se deslocando da preocupação com o aumento da produção para a melhoria da qualidade. Isso implica, necessariamente, no aprimoramento do produto final comercializado. No caso da cafeicultura, a busca da qualidade começa na etapa de produção, por meio da integração entre novas tecnologias, insumos, tratamentos culturais e manejo da lavoura, e culmina na utilização de processos adequados nas etapas seguintes à colheita. Para MALAVOLTA (2000), qualidade do café refere-se ao conjunto de características físicas e organolépticas do grão ou da bebida que lhe imprimem valor comercial.

As tentativas de padronizar os atributos que determinam a qualidade do café têm passado por diversos ajustes. No Brasil o Decreto nº 27.173 de setembro de 1949, regulamenta as especificações e tabelas para classificação e fiscalização do café e a Resolução nº 12.178, aprovada em março de 1978 pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, fixa os padrões de qualidade e identidade para diversos alimentos incluindo o café, no qual são levados em consideração o tipo ou número de defeitos, a forma, o tamanho, o

aspecto e a cor dos grãos, além de sua bebida, de acordo com o aroma e sabor detectados pela "prova de xícara".

Não há dúvida que o elemento mais importante na determinação da qualidade de um lote de café é a bebida; entretanto, ainda não se estabeleceu um critério uniforme para sua classificação, já que este varia em razão, principalmente, da experiência e dos sentidos do gosto, olfato e tato dos degustadores, que podem estar sujeitos a erros.

Diversos fatores, principalmente os que atuam depois da colheita do café, têm sido demonstrados como causadores de modificações indesejáveis e prejudiciais à qualidade do produto. No entanto, algumas técnicas utilizadas no preparo e processamento do produto têm-se mostrado eficiente na melhoria desta qualidade.

O conhecimento das transformações químicas e bioquímicas que os grãos de café sofrem desde a colheita até seu armazenamento e que podem afetar suas características de qualidade, deverá auxiliar, por certo, na determinação da melhor maneira de se conduzir as operações de preparo, secagem e armazenamento do produto; além de contribuir para a compreensão das variações químicas em cafés que diferem em qualidade.

Tendo em vista a necessidade de informações a respeito da qualidade do café depois de preparado e submetido ao processo de secagem e sobre a influência desse processo ao longo do período de armazenagem, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de estudar a armazenabilidade dos grãos de café cereja, despulpado e descascado, secos em diversas combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, avaliando-se a composição química e prova de xícara por um período de 12 meses sob condições ambiente e de temperatura controlada.

7.2. REVISÃO DE LITERATURA

É conhecido que as características físicas, químicas e a qualidade dos grãos de café são influenciadas por diversos fatores que atuam nas fases pré e pós-colheita. Na etapa pré-colheita os principais fatores que influenciam na composição e na qualidade do café são: espécie e variedade do produto, local de cultivo, maturação dos frutos, incidência de microrganismos e os níveis de adubações. Entre os fatores pós-colheita, são citados como mais relevantes os cuidados na colheita, as fermentações enzimáticas e microbianas, o preparo do café, a secagem, as misturas de cafés, o armazenamento, a moagem e a torração do produto

(CHALFOUN et al, 1992; CARVALHO et al., 1997).

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de relacionar os componentes físico-químicos e químicos do grão e a qualidade do café, com o objetivo de auxiliar ou substituir as dificuldades das provas de xícara por testes mais simples e precisos que possibilitem caracterizar, descrever e classificar sistematicamente certas variedades de café. Dentre os diversos compostos químicos voláteis e não voláteis do café destacam-se a cafeína, lipídios, açúcares, ácidos, aminoácidos, compostos fenólicos, aldeídos, proteínas, enzimas e outros compostos cuja presença, teores e atividades conferem ao café um sabor e aroma peculiares (NORTHMORE, 1965; AMORIM, 1972; CARVALHO et al., 1994; CARVALHO et al., 1997).

Segundo PRETE (1992), os grãos de café apresentam uma composição química complexa e que depende de fatores genéticos, ambientais e condições de manejo pré e pós-colheita. O autor fez uma compilação dos teores dos principais constituintes químicos do grão de café maduro e sugere, como composição aproximada, os valores apresentados no Quadro 7.1.

QUADRO 7.1- Teores médios de alguns constituintes químicos do grão de café maduro e beneficiado

Constituinte	Teor (%)	Referências
Água	8,0 a 12,0	TANGO (1971), LEITE (1991) e BASSOLI (1992).
Proteínas	9,0 a 16,0	FONSECA et al. (1974), AMORIM e JOSEPHSON (1975) e BASSOLI (1992).
Minerais	2,5 a 4,5	MALAVOLTA et al. (1963), TANGO (1971), CLARK e WALKER (1974) e NJOROGÉ (1987).
Lipídeos	10,0 a 18,0	FONSECA et al. (1974) e BASSOLI (1992).
Carboidratos	20,0 a 25,0	CLIFFORD (1975), TRUGO (1989), NJOROGÉ (1987).
Sólidos Solúveis	24,0 a 31,0	GARRUTI et al. (1962), MORAES et al. (1973/74) e BASSOLI (1992).
Açúcares Totais	5,0 a 10,0	TANGO (1971), SABBAGH et al. (1977), NJOROGÉ (1987) e LEITE (1991).
Açúcares Redutores	0,0 a 5,0	TANGO (1971) e NJOROGÉ (1987).
Ácido Clorogênico	2,0 a 8,4	TANGO (1971), MIYA et al. (1973/74), NJOROGÉ (1987) e MENEZES (1990).
Cafeína	0,6 a 1,5	TANGO (1971), MIYA et al. (1973/74), CLIFFORD (1975) e NJOROGÉ (1987).

Fonte: PRETE (1992)

A cafeína está incluída entre os excitantes psicomotores que têm, principalmente, a propriedade de estimular a atividade mental. SIVETZ (1963) relata que o café induz o sistema nervoso central a uma excitação geral de certas funções físicas e intelectuais, minimizando a sensação de fadiga, o que, de fato, moldou mundialmente sua popularidade. Tais efeitos são devidos, principalmente à cafeína, porém não se pode deixar de considerar que outros compostos presentes no grão cru ou formados durante a torração do café também possam ser responsáveis por parte desses efeitos. Os grãos de café, além de cafeína, podem conter ainda dimetilxantina, paraxantina, teobromina e teofilina e traços de purina (ILLY e VIANI, 1995).

A avaliação dos níveis de cafeína tem sido utilizada para caracterizar espécies de café, comerciais e não comerciais (CLIFFORD et al., 1989), e ainda, para determinar o grau de torração e seus efeitos sobre a qualidade final do produto (FELDMAN et al., 1969; DE MARIA et al., 1995). TANGO e CARVALHO (1963), analisando diversas variedades de *C. arabica*, com os grãos provenientes de frutos despolidos, sem despolpar, secos em terreiro ou secos na própria planta, observaram que a forma de preparo dos frutos não apresentou influência, mas uma acentuada diferença foi constatada entre variedades, com variações nos teores médios de cafeína de 0,6 a 1,3%, baseando-se no peso seco do produto.

A biosíntese da cafeína ocorre principalmente durante o estágio verde do fruto do café através da metilação da metilxantina e teobromina. A cafeína permanece quase inalterada na torração, com exceção de frações mínimas que são sublimadas a 176 °C e se acumulam nas pilhas de cafés torrados. Entretanto, FOBÉ et al. (1967/1968) encontraram variações nos teores de cafeína entre diferentes graus de torração.

AMORIM (1978) relata que os piores cafés, em termos de qualidade de bebida, possuem menores teores de proteínas solúveis, fenóis hidrolizáveis, carboidratos e lipídios insaponificáveis e maiores teores de aminoácidos, ácidos clorogênicos e ácidos graxos livres. Resultados estes que indicam importantes reações oxidativas durante o processo de deterioração dos grãos de café e sugerem intensa peroxidação de lipídios.

Os lipídios do café podem ser classificados como saponificáveis (4 a 12%) e insaponificáveis (0 a 2%). Na parte saponificável, encontram-se os ácidos graxos livres, triglicerídeos e os ésteres (ILLY e VIANI, 1995). Com a deterioração da qualidade do grão de café, a concentração de ácidos graxos livres aumenta e diminui a de lipídios insaponificáveis, devido à hidrólise dos triglicerídeos e ao consumo metabólico dos insaponificáveis (AMORIM, 1978; NIKOLOVA-DAMYONOVA et al., 1998). Diferenças nos teores de ácidos graxos livres podem ser encontradas em altos níveis, devido às condições de processamento e armazenagem do produto. ESTEVES (1960) e JORDÃO et al. (1969/70) observaram que à medida que o período de armazenagem do café aumenta, pior é a qualidade

do produto e maior a acidez do óleo. Segundo FONSECA et al. (1974) o principal ácido graxo presente na parte saponificável de grãos de café é o ácido linoleico, seguido pelos ácidos palmítico, oléico e esteárico.

O café cru têm cerca de 12% de óleo que na temperatura de torração sofre modificações, que atingem cerca de 95% do óleo contido no grãos verde. Os óleos na torração, em condição de aquecimento e na presença de ácidos, são hidrolisados para glicerol e ácidos graxos. Como estes últimos têm cadeia curta, eles sofrem volatilização parcial. Durante as torrações escuras, eles são liberados sob forma de fumaça vermelha. Neste tipo de torração, é comum haver ruptura da estrutura celular com liberação de óleos, quimicamente ligados que, uma vez liberados, movimentam-se através do grão, umedecendo sua superfície. As torrações escuras têm um odor semelhante àqueles produzidos na cocção dos óleos vegetais. Os ácidos graxos são importantes por reduzirem a superfície de tensão dos cafés coados, ou seja, evitam a formação de espumas (FOBÉ, 1967/1968; DUMONT et al., 1968).

A composição quantitativa de ácidos orgânicos no grão de café depende da espécie, variedade e os diferentes estádios de maturação do fruto. Segundo MAIER (1987), o grão de café contém diversos ácidos orgânicos incluindo os ácidos clorogênicos (7%), oxálico (0,2%), málico (0,3%), cítrico (0,3%) e tartárico (0,4%). ILLY e VIANNI (1995) afirmam que o ácido quínico está presente no grão de café no estado livre e em torno de 0,35 a 0,55%, e seu teor pode chegar a 1,5% nos grãos mais envelhecidos. Traços de ácidos fórmico e acético também têm sido encontrados em grãos de café mais velhos. O ácido fosfórico também tem um papel importante na percepção de acidez e é encontrado em torno de 0,54% nos grãos de café.

O ácido clorogênico é bastante comum no grão de café e tem sido usado para se referir inclusive a ésteres formados por um ou mais ácidos aromáticos. Estes ésteres podem ser formados entre ácido quínico com cinâmico, cafêico, ferúlico, isoferúlico e sinápico. Os mais conhecidos são os ácidos isoclorogênico e o neoclorogênico, que ocupam, respectivamente, as posições de ácido 4-cafeoilquínico e ácido 5-cafeoilquínico (Figura 7.1). A diferença entre seus isômeros consiste na ligação do ácido cafêico com o ácido quínico, que é feita em carbonos diferentes (AMORIM et al., 1973; BICCHI et al., 1995).

A acidez percebida no café é um atributo importante para sua análise sensorial, sabendo-se que a intensidade da acidez varia predominantemente em função do estádio de maturação dos frutos, do local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, tipo secagem e condições climáticas durante a colheita e secagem. Os ácidos presentes agem sinérgicamente e seus efeitos no sabor e aroma são mais importantes do que o nível de pH. A

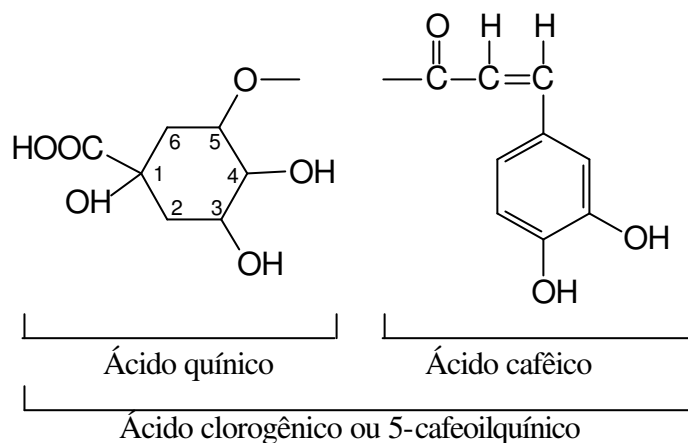


FIGURA 7.1- Estrutura do ácido clorogênico.

percepção de acidez é o resultado dos diversos efeitos de todos os ácidos juntos. Os principais ácidos do café responsáveis por uma acidez desejável e que proporciona o sabor adstringente característico do produto são o málico e o cítrico (COSTA e CHAGAS, 1997). Segundo MAIER (1987), a contribuição do ácido clorogênico para percepção da acidez é sempre secundária, embora seja o ácido encontrado em maior quantidade no café.

O ácido clorogênico é comum no metabolismo secundário de plantas e é frequentemente associado com a proteção de plantas do ataque de insetos e microrganismos. Eles estão presentes em grandes quantidades no café na forma de sais de potássio provavelmente formando complexos 1:1 com a cafeína (ILLY e VIANI, 1995).

Variações na acidez dos grãos de café de diferentes qualidades foram investigadas por MYIA et al. (1973/74), que observaram haver uma relação inversa entre os teores de acidez e a qualidade dos grãos, o que foi posteriormente confirmado por diversos autores (CARVALHO et al., 1994; ABREU et al., 1996; PEREIRA, 1997). Com relação ao estágio de maturação dos frutos, ARCILA-PULGARÍN e VALENCIA-ARISTIZÁBAL (1975) e PIMENTA et al. (2000), constataram haver influência nos teores de acidez titulável dos grãos de café e verificaram que os valores de acidez elevam-se durante o processo de maturação, ou seja, os frutos verdes exibem teores menores de acidez, quando comparados com frutos mais maduros.

BITANCOURT (1957) verificou que os açúcares presentes na mucilagem de grãos de café, quando em presença de microrganismos ou sob condições anaeróbicas, são fermentados produzindo álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico, sendo que a partir destes dois últimos já se observam prejuízos acentuados na

qualidade do produto. Este mesmo pesquisador verificou que a incidência do fungo *Cladosporium* sp, de coloração verde-olivácea, que cobre uniformemente os frutos e que ocorre quando estes ainda se encontram na planta. Outros fungos tais como: *Colletotrichum coffeanum* Noack, *Fusarium* sp, *Penocillium* sp e outros que ocorrem em menor intensidade, também foram assinalados pelo autor incidindo nas diversas fases desde a colheita até o armazenamento dos grãos.

Segundo KRUG (1947) é necessário que a película dos frutos seja injuriada para possibilitar o acesso de fungos e bactérias. Estas injúrias são causadas principalmente por insetos, particularmente pela mosca-das-frutas. Trabalhos realizados em frutos em diversas fases de maturação demonstraram que as moscas começam a postura quando os frutos passam de verde para amarelo. Demonstraram ainda que, quando os grãos estão na fase cereja, as larvas já atingiram o desenvolvimento máximo, saem dos frutos e transformam-se em pupas no chão. É na migração que deixam um orifício na parede dos frutos através do qual vão penetrar os microrganismos. Estes se nutrem dos restos de açúcar da polpa e provocam seu rápido secamento; os frutos caem ou permanecem na planta.

Resultados obtidos por LEITE (1991) ao estudar o efeito do despulpamento do café cereja, mostraram que a retirada da mucilagem foi responsável pela redução da acidez dos grãos, uma vez que impossibilitou a acidificação do produto por ácidos provenientes da fermentação da polpa e da mucilagem.

O odor característico do café é proporcionado pela presença de compostos voláteis, sendo encontrados, principalmente, na forma de aldeídos, cetonas e ésteres metílicos. Para AMORIM e SILVA (1968) os compostos fenólicos, principalmente o ácido clorogênico, exercem uma ação protetora, antioxidante dos aldeídos. Em virtude de qualquer condição adversa ao grão, ou seja, colheita inadequada, problemas no processamento e armazenamento, as polifenoloxidasas agem sobre os polifenóis diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos e facilitando a oxidação destes, processo que vem interferir no sabor e aroma do café após a etapa de torração.

De acordo com AMORIM et al. (1975) os compostos fenólicos podem atuar biologicamente como agentes antifúngicos, entre outros, uma vez que injúrias físicas e químicas que propiciam o desenvolvimento de microrganismos que afetam a metabolismo do fruto de café, induzem a produção de compostos fenólicos. PEREIRA (1997) verificou um aumento no teor de compostos fenólicos com a adição de grãos verdes, ardidos e pretos a café de bebida estritamente mole; como citado anteriormente, a incidência de fungos nos grãos ardidos e pretos eleva o teor de compostos fenólicos desses grãos, e conseqüentemente da

massa de produto. Entretanto, os maiores valores foram observados para o acréscimo de grãos verdes.

Estudos conduzidos por CARVALHO et al. (1970), evidenciaram que o conteúdo de compostos fenólicos varia também nos diferentes estádios de maturação dos frutos de café. PIMENTA et al. (2000) observou um decréscimo nos valores destes compostos em grãos de café com a evolução do processo de maturação do fruto, ou seja, frutos verdes são mais ricos em fenólicos.

CLARKE (1989) afirma que os grãos de café não possuem o aroma nem o sabor típicos da bebida do café, e que o processo de torração é essencial para a produção de compostos que conferem a bebida as distintas características de aroma e sabor do café. MACRAE (1989) e CARVALHO et al. (1997) citam que, entre os diversos constituintes químicos dos grãos de café, os açúcares e as proteínas muito contribuem para o aroma e sabor do café torrado.

No início do processo de torração o café perde sua água livre, enquanto que sua temperatura permanece constante ao redor de 100 a 104 °C. Quando toda água livre do grão for evaporada, a temperatura deste eleva-se lentamente, enquanto que a água ligada evapora-se também lentamente. Até este ponto, ocorrem apenas pequenas mudanças químicas no grão, e ainda não foi desenvolvido nenhum sabor do café. Quando a temperatura do grão estiver em torno de 204 °C, a absorção de calor pelo grão é acentuadamente aumentada pela liberação de calor produzido nas reações de pirólise que se processam no interior dele. É através da pirólise que ocorre o desenvolvimento do sabor do café. A pirolise é uma reação química na qual ocorrem simultaneamente degradações e sínteses de compostos. Os principais produtos da pirólise são: açúcares caramelizados, carboidratos, ácido acético e seus homólogos, aldeídos, cetonas, funfural, ésteres, ácidos graxos, aminas, CO₂, sulfetos. Todos estes constituintes contribuirão para o desenvolvimento total do aroma e sabor do café (SIVETZ, 1963).

TRUGO (1989) observou que entre os açúcares que compõem os grãos de café, predominam os não redutores, particularmente a sacarose (6 a 8% base seca), sendo que os redutores apresentam-se em pequenas quantidades, tais como: manose, galactose, ribose e arabinose, com exceção da glicose e frutose que são encontrados em quantidades relativamente maiores. Durante o processo de torração, os açúcares, principalmente os redutores, participam de reações de escurecimento do produto (reações de Maillard e caramelização) dando origem a compostos de coloração desejada, responsáveis pela cor marrom característica do produto, e que participam na composição do sabor e aroma da bebida do café de boa qualidade (CARVALHO e CHALFOUN, 1985).

Segundo ILLY e VIANI (1995), o conteúdo de proteínas no grão de café sofre pequenas variações entre as espécies. Também tem sido identificadas correlações particulares entre a composição e ou qualidade de proteínas e a qualidade do café. As proteínas dos grãos de café contribuem para o aroma e sabor característico do café através dos produtos de sua decomposição nas reações de pirólise. Durante a torração, sofrem hidrólise das ligações peptídicas com liberação de carbonilas e sulfeto de dimetila, importante para o bom aroma dos cafés. Dessa hidrólise são produzidos também aminoácidos que ao longo do processo de torração reagem com carboidratos e produzem produtos caramelizados escuros, desejáveis ao produto e que irão interferir no sabor da bebida. Há também produção de aminas, responsáveis pelo odor de amoníaco dos cafés torrados de forma inadequada (CARVALHO et al., 1997).

Aminoácidos livres (5%) estão presentes no grão de café e também ligados à proteína. Os aminoácidos encontrados no café são: alanina, arginina, ácido glutâmico, ácido aspártico, asparagina, glicínia, histidina, 3-metilhistidina, isoleucina, leucina, ácido γ -aminobutírico, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, tirosina, valina, triptofano. Segundo VINCENT (1987), a concentração dos aminoácidos triptofano, treonina, glicínia, tirosina, serina, alanina, lisina e arginina decresce com o amadurecimento do fruto do café.

Diversos estudos indicam haver uma estreita relação entre a atividade de algumas enzimas presentes no grão de café e a qualidade de sua bebida. AMORIM e TEIXEIRA (1975) sugerem que degradações químicas ocorridas no grão de café durante e depois da colheita, as quais resultam em bebida inferior, são, principalmente, de natureza enzimática envolvendo as polifenoloxidasas, as glicosidasas, as lipases e as proteases. Algumas destas transformações bioquímicas degradam as paredes e membranas celulares, outras podem mudar a coloração do grão e da película prateada. Estas duas modalidades de modificações alteram sensivelmente a qualidade da bebida do café. Entretanto, numerosos trabalhos tem indicado particular significação para correlação positiva encontrada entre a atividade da enzima polifenoloxidase e a qualidade da bebida de grãos de café (ROTEMBERG e IACHAN, 1971; CARVALHO E CHALFOUN, 1985; CHAGAS, 1994; PEREIRA, 1997).

Polifenoloxidasas, também conhecidas como tirosinases, cresolases, catecolases, difenolases e fenolases são enzimas intracelulares que ocorrem em vegetais, animais e fungos. Diversos trabalhos mostram que as polifenoloxidasas existem em múltiplas formas e o pH ótimo para estas enzimas varia de acordo com a origem e o substrato. São irreversivelmente inativas em valores de pH inferiores a 3,0 (WHITAKER, 1994).

AMORIM (1978) relata que a enzima polifenoloxidase encontra-se ligada às membranas celulares e é ativada somente quando liberada destas. Tem sido encontrada na

destas com a qualidade da bebida. Os autores concluíram que a polifenoloxidase apresenta uma correlação significativa com a qualidade da bebida do café; enquanto a atividade da enzima catalase em grãos de diversos tipos de bebida não apresentou diferenças significativas. A peroxidase revelou diferenças apenas entre a atividade de amostras de bebidas de pior qualidade.

AMORIM (1978) estudou os aspectos bioquímicos do grão de café cru relacionados a deterioração da qualidade e observou que a lixiviação mais intensa de potássio ocorre em café de qualidade inferior, sugerindo que as estruturas das membranas celulares foram afetadas durante o processo de deterioração; ainda conforme o autor, uma vez rompida a estrutura da membrana, ocorre a perda de seletividade e há um contato maior entre as enzimas e os componentes químicos e mesmo entre os próprios componentes intra e extracelulares, o que provoca reações com modificações na composição, e conseqüentemente, na qualidade dos grãos.

CARVALHO et al. (1994) realizaram avaliações químicas de grãos de café previamente classificados quanto à qualidade da bebida e elaboraram uma tabela de classificação da bebida do café pela atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, complementar à utilizada para a prova de xícara (Quadro 7.2).

QUADRO 7.2- Atividade da polifenoloxidase e da peroxidase em cafés previamente classificados pela prova de xícara ($\text{U.min.}^{-1}.\text{g}^{-1}$)

Classificação pela Prova de Xícara	Atividade da Polifenoloxidase		Atividade da Peroxidase	
	Média	Faixa de Variação	Média	Faixa de variação
Estritamente mole	68,94	67,66 – 74,66	58,84	47,99 – 74,66
Mole	65,96	64,16 – 67,66	53,18	42,66 – 61,33
Apenas mole	63,77	62,99 – 66,94	47,73	39,95 – 58,67
Dura	60,98	55,99 – 62,99	44,64	34,66 – 55,99
Riada	44,00	37,33 – 53,66	42,71	31,99 – 58,67
Rio	41,36	36,16 – 47,83	39,53	26,66 – 53,33
CV (%)	4,14		12,05	

Fonte: CARVALHO et al. (1994)

Diversos elementos químicos têm sido identificados na parte solúvel e insolúvel do café. Em geral, os minerais catalisam as reações de pirólises na torração. Dos minerais presentes o potássio é o principal deles, encontrado em torno de 40%, seguido pelos óxidos de magnésio (5%) e cálcio (1%), sílica (1%), óxido férrico e traços de sódio, manganês, alumínio e outros elementos. Alguns trabalhos demonstram que a composição mineral dos fertilizantes em relação a nitrogênio, potássio e magnésio foi relacionada ao aroma e sabor da bebida do café (ROBINSON, 1960; NORTHMORE, 1965; AMORIM et al., 1973).

Os teores dos constituintes químicos sofrem variações com o decorrer do desenvolvimento e maturação do fruto até atingirem níveis ideais característicos do grão de café maduro. O elevado teor de umidade e a composição em açúcares de sua polpa, no estágio de maturação, colocam o café como uma fruta com todas as condições de perecibilidade, o que faz com que a qualidade do café se encontre estreitamente relacionada com a eficiência do processo de secagem, uma vez que a rápida perda de água, provocada por uma secagem eficiente, não permite a manifestação de microorganismos e fermentações indesejadas, sendo ainda, essa operação considerada uma das que mais afeta a qualidade do produto quando realizada de maneira inadequada, podendo promover alterações físicas, químicas e biológicas que reduzem a qualidade final do produto (LACERDA FILHO, 1986; VILELA, 1997; GIRANDA, 1998; SILVA et al., 1998).

Quando realizada sem os devidos cuidados, a secagem pode concorrer para redução do potencial de qualidade do café. Alguns pesquisadores relatam que a intensidade das danificações causadas aos grãos de café pela secagem, depende, principalmente, da interação entre temperatura e umidade relativa do ar de secagem, do tipo de preparo, dos teores de umidade inicial e final do produto e da taxa de secagem, dentre outros fatores (PEREIRA et al., 1993/94; GUIDA, 1994).

Durante o armazenamento o café tem suas características iniciais alteradas influenciando a sua qualidade comercial. Pode-se não perceber momentaneamente os prejuízos causados pela ação dos parâmetros de secagem mas, quando o produto é armazenado por um determinado período de tempo, estes se revelam acelerando o decréscimo da qualidade do produto (BÁRTHOLO e GUIMARÃES, 1997; LEITE, 1998; GODINHO et al., 2000); entretanto, alguns autores afirmam que parte dos danos causados aos grãos devido a secagem, podem ser reduzidos ou inibidos na armazenagem em câmaras de conservação, pelo uso de condições controladas de temperatura (COUTURON, 1980).

De modo geral, o café, depois de colhido, pode ser preparado de duas formas distintas, por via seca ou via úmida. Na forma de preparo por via seca o fruto é seco na sua forma

integral (cereja ou com casca), enquanto na forma de preparo por via úmida, obtém-se o café despulpado e sem mucilagem, de qualidade superior (DIAS e BARROS, 1993). Entretanto, o preparo por via úmida tem ultimamente sofrido modificações com o objetivo de simplificação do processo, uma destas alterações é a utilização do descascamento ou despulpa sem a fase de fermentação ou retirada da mucilagem, ou seja, após a etapa de retirada da casca o produto é submetido diretamente a secagem (QUINTERO, 1999).

Segundo MATIELLO (1991) o desenvolvimento eficiente dos processos de secagem e armazenagem requer o conhecimento das características químicas dos grãos de café como fator importante para obtenção de um produto de melhor qualidade e para minimizar os problemas referentes a depreciação comercial causados pela interferência da condução inadequada destes processos.

Os procedimentos atuais de classificação e avaliação comercial da qualidade do café são de caráter subjetivo e o conhecimento das características químicas dos grãos de café vem contribuir com a difícil tarefa de avaliar sua qualidade, fornecendo informações complementares obtidas por métodos mais objetivos.

7.3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Pré-Processamento de Produtos Vegetais do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Análises Bioquímicas do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, pertencentes a Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

7.3.1- Colheita e preparo das amostras

Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, procedentes do município de Viçosa, MG. Os frutos foram colhidos manualmente, selecionados somente os maduros no estágio cereja, sendo retirado manualmente a polpa de uma parcela desses frutos (descascado), e uma subparcela destes tendo sua mucilagem retirada por imersão em água (despulpado), segundo metodologia citada por DIAS e BARROS (1993), e em seguida os três lotes de produtos (cereja, descascado e despulpado) foram acondicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a uma temperatura em torno de 5 °C, a fim de manter as características do produto até a instalação do experimento.

Durante o processo de colheita foram eliminados os frutos imaturos, deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade.

As amostras, antes das operações de secagem foram retiradas da câmara fria e deixadas expostas à temperatura ambiente por aproximadamente 12 horas, visando atingir o equilíbrio térmico.

7.3.2- Teor de umidade

Para todos os tratamentos de secagem, formas de preparo, períodos e condições de armazenagem os teores de umidade do produto foram determinados pelo método da estufa à $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, até peso constante, em três repetições (GODINHO et al., 2000; PIMENTA e VILELA, 2001).

7.3.3- Análise sensorial

Os testes de degustação do café (prova de xícara) foram realizados por profissionais habilitados da Cooperativa Regional dos Cafeicultores de Guaxupé, Guaxupé - MG.

Para melhor interpretação dos resultados obtidos de qualidade da bebida, adotou-se a escala de valores sugerida por GARRUTI e CONAGIN (1961).

QUADRO 7.3- Escala de Valores para avaliação da qualidade de bebida de café

Tipo de Bebida	Valor
Estritamente Mole	24
Mole	18
Apenas Mole	13
Dura	11
Riada	7
Rio	1

Fonte: GARRUTI e CONAGIN (1961)

7.3.4- Secagem do produto

Os tratamentos de secagem, para cada tipo de processamento do café (cereja, despulpado e descascado), foram dispostos em um esquema fatorial 4×4 , com quatro níveis

de temperatura (30, 40, 50 e 60°C) e quatro níveis de umidade relativa (30, 40, 50 e 60%), no delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições; sendo as diversas etapas de secagem realizadas utilizando-se o equipamento e metodologia descritos no Capítulo 1 sobre equilíbrio higroscópico.

O fluxo de ar foi determinado a partir da velocidade do ar fornecido pelo equipamento com o auxílio de um anemômetro de lâminas rotativas e mantido constante para todos os tratamentos em aproximadamente $13 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. A temperatura e a umidade relativa da massa de ar foram determinadas e monitoradas utilizando-se um psicrômetro, instalado no interior da câmara próximo as bandejas contendo as amostras do produto.

Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens periódicas, até atingir-se o teor de umidade final de 12% b.u. Após a secagem, para cada tratamento, o produto foi mantido em dessecador até atingir a temperatura ambiente, quando foi acondicionado em sacos de papel e divididos em três subamostras.

7.3.5- Composição química

O efeito da secagem e armazenagem sobre a composição química de grãos beneficiados de café foi estudado pela quantificação, em duplicata, da acidez titulável, compostos fenólicos totais, teor de gordura, açúcares redutores e não redutores presentes no produto, e atividade da enzima polifenoxidase, para cada tratamento de secagem, tipo de processamento (cereja, despulpado e descascado) e condição de armazenagem.

7.3.5.1- Acidez titulável

Determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com técnica descrita pela Association of Official Analytical Chemists (1984) e expressa em ml de NaOH por 100 g de amostra.

7.3.5.2- Compostos fenólicos totais

O processo de quantificação da fração total de compostos fenólicos foi realizado conforme metodologia descrita por GOLDSTEIN E SWAIN (1963), utilizando-se como extrator o metanol 50% e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela Association of Official Analytical Chemists (1984).

7.3.5.3- Gordura

Foi determinada pelo método da extração contínua em aparelho tipo Soxhlet, com auxílio do solvente orgânico éter etílico. Foram transferidos 5 g de amostra dessecada para o cartucho de soxhlet, sendo em seguida coberto com algodão e colocado no reservatório do aparelho contendo o solvente orgânico. Após a extração por aproximadamente 6 h evaporou-se o solvente em banho-maria e completou-se a operação de dessecação em estufa a 105 °C, para em seguida o material ser resfriado em dessecador até a temperatura ambiente para realização da pesagem e determinação do teor de gordura.

7.3.5.4- Açúcares redutores e não redutores

Foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela Association of Official Analytical Chemists (1984), e determinado pela técnica de Somogy, adaptada por NELSON (1944).

7.3.5.5- Atividade enzimática da Polifenoloxidase

Com o objetivo de se obter um maior rendimento das análises, foi realizada uma adaptação do processo de extração descrito por DRAETTA e LIMA (1976).

As amostras de café beneficiado foram moídas em moinho com tela contendo 30 malhas.cm⁻², sendo em seguida todo material triturado, homogeneizado e retirada uma amostra de 1 g, a qual adicionou-se 4 ml de solução tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 6,0, que foi submetida a agitação por 15 min à temperatura aproximada de 5 °C, para a seguir ser centrifugada a 9500 x g (4000 rpm) por 15 min. Filtrou-se a mistura em papel Whatman n° 1, coletando o filtrado em frasco com tampa e mantido no gelo. Depois da obtenção do extrato enzimático, era retirada uma amostra de 5 µl desse extrato e adicionada a 1,20 ml de solução tampão fosfato de sódio 0,1 M, pH 6,0 contendo 0,8 ml de solução com o substrato D-DOPA (L-3,4 dihidroxifenilalanina). No controle foi omitido o D-DOPA na solução tampão. As leituras de densidade ótica foram realizadas em espectrofotômetro ajustado ao comprimento de onda de 475 nm, as quais foram feitas em intervalos de tempo de 30 s, por um período de 10 min. Os resultados foram obtidos calculando-se a diferença entre as leituras da amostra e o controle. Para cada tratamento, foram usadas duas repetições.

7.3.6- Condições de armazenamento

As amostras provenientes de todos os tratamentos de secagem foram armazenadas em condições ambiente, registrando, em termohigrógrafo, os dados de temperatura e umidade relativa durante o período de conservação, e em condições controladas de temperatura, utilizando-se para esta finalidade três câmaras B.O.D. mantidas a 15°C e aproximadamente 75% de umidade relativa.

Durante o período de armazenagem foram realizadas avaliações quanto à composição química e teor de umidade dos grãos de café, para cada condição de armazenagem e a cada quatro meses. As quantificações químicas foram realizadas conforme já descrito em itens anteriores, para cada repetição dos tratamentos de secagem e tipo de processamento.

7.3.7- Análise estatística dos resultados

Os dados foram interpretados estatisticamente utilizando-se os programas estatísticos SANEST e STATISTICA, por análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

7.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.4.1- Teor de umidade

O teor de umidade das amostras de café, de todos os tratamentos realizados, foi determinado com a finalidade de se avaliar a variação desse parâmetro durante o tempo e condição de armazenagem. Os resultados obtidos são apresentados nos Quadros 7.4 e 7.5, que mostram os teores de umidade médios das amostras para as diferentes formas de preparo e condições de armazenamento do café, em função do período de armazenagem e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

De modo geral observa-se, pelos resultados apresentados nos Quadros 7.4 e 7.5, a existência de pequenas diferenças entre os valores de teor de umidade das amostras de café cereja e dos demais tipos de preparo, sugerindo um efeito protetor da casca dificultando o processo de transferência de umidade entre o produto e o meio que o envolve; embora para os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem, os resultados revelaram que o teor

QUADRO 7.4- Valores médios de teor de umidade (% base úmida) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	12,0	12,6	11,7	11,4
	40	12,0	13,2	11,4	11,4
	50	12,0	12,4	11,4	11,4
	60	12,0	13,1	11,9	11,4
40	30	12,0	12,9	11,4	11,4
	40	12,0	12,6	11,4	11,4
	50	12,0	12,7	11,5	11,4
	60	12,0	12,9	11,7	11,4
50	30	12,0	12,7	11,4	11,4
	40	12,0	12,4	11,4	11,4
	50	12,0	12,4	11,4	11,4
	60	12,0	12,4	11,7	11,4
60	30	12,0	12,5	11,5	11,4
	40	12,0	12,5	11,4	11,4
	50	12,0	12,6	11,7	11,4
	60	12,0	12,7	11,7	11,4
<i>Café Descascado</i>					
30	30	12,0	12,4	12,8	11,5
	40	12,0	12,5	12,7	11,4
	50	12,0	12,5	12,8	11,4
	60	12,0	12,4	12,8	11,3
40	30	12,0	12,5	12,8	11,1
	40	12,0	12,4	12,8	11,4
	50	12,0	12,4	12,8	11,3
	60	12,0	12,4	12,7	11,3
50	30	12,0	12,5	12,8	11,3
	40	12,0	12,4	12,7	11,3
	50	12,0	12,4	12,8	11,3
	60	12,0	12,3	12,7	11,3
60	30	12,0	12,4	12,5	11,1
	40	12,0	12,5	12,7	11,4
	50	12,0	12,4	12,5	11,3
	60	12,0	12,3	12,8	10,9
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	12,0	12,8	12,7	11,3
	40	12,0	12,7	12,7	11,1
	50	12,0	12,8	12,8	11,3
	60	12,0	12,8	13,1	11,1
40	30	12,0	12,5	12,8	11,3
	40	12,0	12,7	12,7	11,3
	50	12,0	12,7	12,8	11,3
	60	12,0	12,4	12,8	11,4
50	30	12,0	12,7	12,8	11,3
	40	12,0	12,8	12,8	11,3
	50	12,0	12,1	12,5	11,3
	60	12,0	12,5	12,8	11,4
60	30	12,0	12,1	12,7	11,2
	40	12,0	12,1	12,7	11,3
	50	12,0	12,0	12,7	11,1
	60	12,0	12,1	12,7	11,4

QUADRO 7.5- Valores médios de teor de umidade (% base úmida) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	12,0	13,3	11,7	11,4
	40	12,0	12,8	11,5	12,1
	50	12,0	12,7	11,8	11,7
	60	12,0	12,6	11,8	11,4
40	30	12,0	12,7	11,8	11,3
	40	12,0	12,8	11,9	11,3
	50	12,0	12,7	11,8	11,3
	60	12,0	12,8	11,8	11,7
50	30	12,0	12,5	11,8	11,3
	40	12,0	12,5	11,8	11,7
	50	12,0	12,5	11,7	11,7
	60	12,0	12,5	11,7	11,7
60	30	12,0	12,6	11,6	11,7
	40	12,0	12,5	11,7	11,7
	50	12,0	12,4	11,6	11,7
	60	12,0	12,5	11,6	11,7
<i>Café Descascado</i>					
30	30	12,0	12,3	13,4	12,5
	40	12,0	12,4	12,8	12,1
	50	12,0	12,4	13,1	13,0
	60	12,0	12,4	13,4	13,0
40	30	12,0	12,5	13,4	13,0
	40	12,0	12,5	13,1	12,8
	50	12,0	12,5	13,4	13,0
	60	12,0	12,4	13,4	12,4
50	30	12,0	12,4	13,4	12,9
	40	12,0	12,4	13,1	13,0
	50	12,0	12,4	12,6	13,6
	60	12,0	12,4	12,5	12,9
60	30	12,0	12,4	12,7	13,0
	40	12,0	12,4	12,5	12,4
	50	12,0	12,4	12,5	12,2
	60	12,0	12,4	12,5	11,5
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	12,0	12,8	13,1	12,9
	40	12,0	12,7	12,7	12,5
	50	12,0	12,6	13,1	13,0
	60	12,0	12,6	13,4	12,9
40	30	12,0	12,2	13,1	12,9
	40	12,0	12,8	13,4	13,0
	50	12,0	12,8	13,4	12,8
	60	12,0	12,6	13,4	12,9
50	30	12,0	12,9	13,4	13,0
	40	12,0	12,8	13,4	12,9
	50	12,0	12,5	13,1	13,1
	60	12,0	12,7	12,7	11,9
60	30	12,0	12,8	12,7	12,1
	40	12,0	12,8	12,6	12,5
	50	12,0	12,3	12,6	12,5
	60	12,0	12,3	12,6	11,9

de umidade dos grãos de café tende a não apresentar modificações significativas durante a armazenagem, indicando pouca influência desses fatores sobre o comportamento da umidade das amostras de café. No entanto, verifica-se que os teores de umidade de todas as amostras de café variaram entre aproximadamente 11 e 13% b.u., o que, conforme a literatura especializada (CLARKE, 1989; VILELA, 1997), se encontra dentro da faixa adequada para armazenagem segura do produto. Para as amostras mantidas em condição ambiente estas variações ocorreram devido, principalmente, às flutuações da temperatura e umidade relativa do ar ambiente, ocorridas durante o período de armazenamento, conforme indicado pela Figura 7.3.

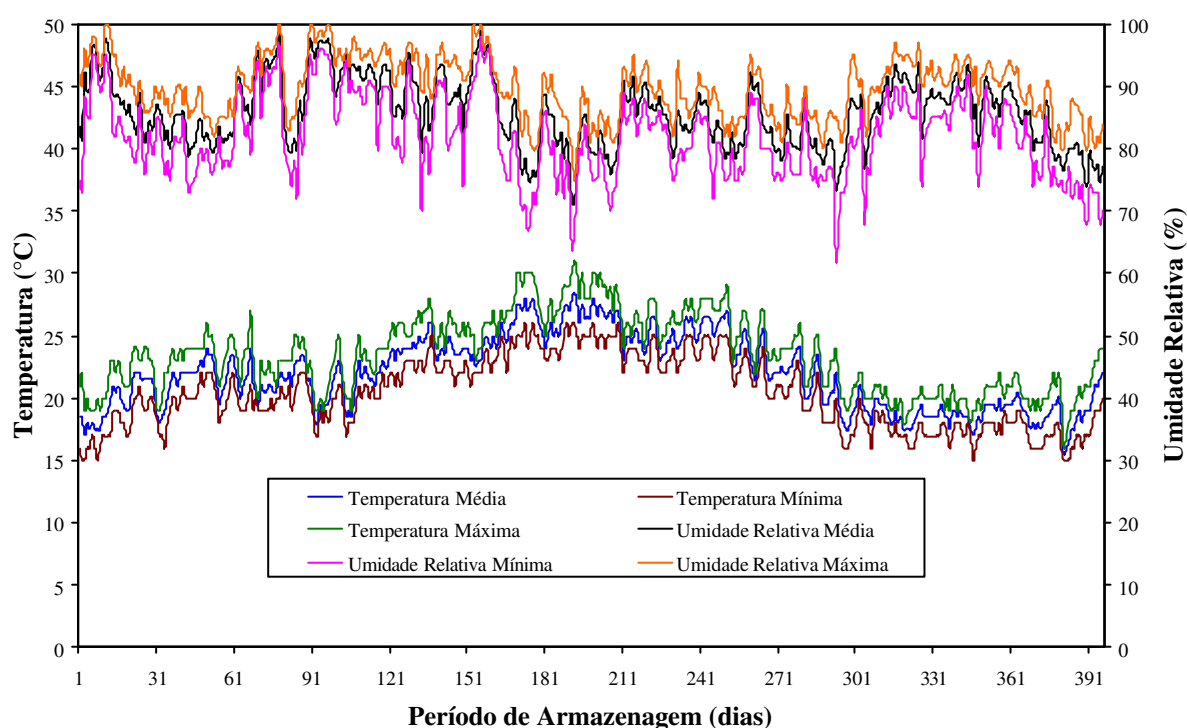


FIGURA 7.3- Médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, durante o armazenamento dos frutos e grãos de café em ambiente não controlado.

7.4.2- Análise sensorial

Nos Quadros 7.6 e 7.7 são apresentados os resultados médios obtidos pela análise sensorial das amostras de café de todos os tratamentos realizados, transformados segundo a escala de valores sugerida por GARRUTI e CONAGIN (1961). Verifica-se não ter havido diferenças

QUADRO 7.6- Valores médios da prova de xícara dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	7,00	1,00	1,00	1,00
	40	7,00	4,00	7,00	1,00
	50	7,00	4,00	4,00	1,00
	60	7,00	1,00	1,00	1,00
40	30	7,00	1,00	1,00	1,00
	40	7,00	1,00	4,00	1,00
	50	7,00	4,00	4,00	1,00
	60	7,00	1,00	1,00	1,00
50	30	7,00	4,00	1,00	1,00
	40	7,00	1,00	1,00	1,00
	50	7,00	4,00	1,00	1,00
	60	7,00	1,00	1,00	1,00
60	30	7,00	7,00	1,00	1,00
	40	7,00	4,00	1,00	1,00
	50	7,00	1,00	4,00	1,00
	60	7,00	1,00	4,00	1,00
<i>Café Descascado</i>					
30	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
40	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
50	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
60	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
40	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
50	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00
60	30	11,00	11,00	11,00	11,00
	40	11,00	11,00	11,00	11,00
	50	11,00	11,00	11,00	11,00
	60	11,00	11,00	11,00	11,00

QUADRO 7.7- Valores médios da prova de xícara dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	7,0	4,0	7,0	1,0
	40	7,0	7,0	1,0	1,0
	50	7,0	4,0	7,0	1,0
	60	7,0	1,0	7,0	1,0
40	30	7,0	4,0	4,0	1,0
	40	7,0	4,0	4,0	1,0
	50	7,0	7,0	4,0	1,0
	60	7,0	4,0	7,0	1,0
50	30	7,0	1,0	7,0	1,0
	40	7,0	4,0	7,0	1,0
	50	7,0	4,0	4,0	1,0
	60	7,0	4,0	1,0	1,0
60	30	7,0	7,0	1,0	1,0
	40	7,0	7,0	1,0	1,0
	50	7,0	7,0	1,0	1,0
	60	7,0	7,0	1,0	1,0
<i>Café Descascado</i>					
30	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
40	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
50	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
60	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
40	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
50	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0
60	30	11,0	11,0	11,0	11,0
	40	11,0	11,0	11,0	11,0
	50	11,0	11,0	11,0	11,0
	60	11,0	11,0	11,0	11,0

detectadas pela prova de xícara entre as amostras de café despulpado e descascado, depois da secagem e durante o período de armazenagem, para as duas condições de armazenamento e todas as combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem analisadas, classificando-se todas estas como de bebida "Dura"; enquanto que as amostras provenientes da forma de preparo cereja diferiram significativamente durante o período e condição de armazenagem.

No Quadro 7.8 encontra-se o resumo das análises de variância dos resultados obtidos pela prova de xícara dos frutos de café cereja submetidos as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em condição de ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente.

QUADRO 7.8- Resumo da análise de variância dos dados obtidos nas provas de xícara dos frutos de café cereja, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em condição de ambiente não controlado (ANC) e com temperatura controlada de 15°C (ATC)

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio	
		ANC	ATC
Período de Armazenagem (A)	3	219,2812 **	196,5000 **
Temperatura (B)	3	2,5312 n.s.	1,5000 n.s.
Umidade Relativa (C)	3	5,5312 n.s.	0,7500 n.s.
A x B	9	2,5312 n.s.	17,5000 **
A x C	9	4,5312 n.s.	2,7500 n.s.
B x C	9	3,7812 n.s.	1,7500 n.s.
A x B x C	27	3,4479 n.s.	5,0833 n.s.
Resíduo	64	3,0937	3,3750
Total	127		
C.V. (%)		54,9120	43,8710

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

Verifica-se no quadro apresentado, que para as duas condições de armazenagem dos frutos de café cereja a prova de xícara identificou diferenças significativas apenas para o fator período de armazenagem, assim como para a interação entre os fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para a condição de armazenamento com temperatura controlada. Observa-se, dentre os parâmetros estudados, que o produto obtido pela forma de preparo cereja não apresentou diferenças relevantes na qualidade da bebida das amostras de café com relação a influência da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Os valores médios obtidos pela prova de xícara dos frutos de café cereja para o fator período de armazenagem encontram-se no Quadro 7.9, no qual se constata que tanto o valor

QUADRO 7.9- Valores médios das provas de xícara dos frutos de café cereja para o fator período de armazenagem, para as condições de armazenamento em condição de ambiente não controlado (ANC) e com temperatura controlada de 15°C (ATC)

Período (meses)	Café Cereja	
	ANC	ATC
0	7,00 a	7,00 a
4	2,50 b	4,75 b
8	3,25 b	4,00 b
12	1,00 b	1,00 c

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tóquio, a 5% de probabilidade.

médio referente à qualidade da bebida dos frutos de café cereja armazenados em ambiente não controlado quanto os conservados em ambiente com temperatura controlada, de modo geral, tendem a decrescer significativamente ao longo do tempo de armazenagem. Nota-se ainda que, para as duas condições de armazenagem, a partir do quarto mês os grãos das diversas amostras de café cereja começam a apresentar bebida de qualidade inferior, em relação à obtida logo depois da secagem, acentuando-se esse declínio na qualidade da bebida até o final do período de estocagem para o produto armazenado em ambiente não controlado.

No Quadro 7.10 encontram-se os valores médios das provas de xícara dos frutos de café cereja para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem; verifica-se, neste quadro, que os frutos de café cereja conservam melhor a sua bebida logo depois da secagem (0 meses); entretanto, a partir de 4 mês de armazenagem o efeito prejudicial das temperaturas de 30 a 50°C tornou-se evidente (efeito latente), em que constata-se uma diminuição significativa da qualidade da bebida do café, tornando-se esse efeito mais acentuado depois de um ano de estocagem. Observa-se ainda o efeito danoso da temperatura de 60°C sobre a qualidade da bebida do café cereja a partir do oitavo mês de armazenamento, proporcionando bebida riada para as amostras de produto.

Entre os diferentes tipos de preparo do café verifica-se, por estes resultados, que a forma de preparo cereja proporcionou grãos de qualidade inferior aos obtidos pelas formas de preparo despulpado e descascado, sugerindo uma possível influência da presença da casca e mucilagem sobre a qualidade do produto. De acordo com BITANCOURT (1957) a mucilagem, enquanto não degradada, constitui-se em meio de cultura rico em carboidratos e água, ideal para o desenvolvimento de microorganismos capazes de produzirem compostos que poderão comprometer a qualidade da bebida do café.

QUADRO 7.10- Valores médios das provas de xícara dos frutos de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
0	7,00 A a	7,00 A a	7,00 A a	7,00 A a
4	4,00 A b	4,75 AB a	3,25 A bc	7,00 B a
8	5,50 A ab	4,75 A a	4,75 A ab	1,00 B b
12	1,00 A c	1,00 A b	1,00 A c	1,00 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.3- Acidez titulável

Os resultados relativos à acidez titulável dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo estudadas encontram-se nos Quadros 7.11 e 7.12. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Nos Quadros 7.13 e 7.14 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente.

Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas possíveis interações; exceto a interação entre os três fatores, para os grãos de café despulpado armazenados em ambiente não controlado, e para o fator de variação umidade relativa do ar de secagem dos grãos de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C.

Nos Quadros 7.15 e 7.16 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam no índice de acidez titulável dos frutos e grãos de café, exceto o fator umidade relativa do ar de secagem para os grãos de café despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada, e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou índices de acidez titulável próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. O que parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação não é

QUADRO 7.11- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	250,00	275,00	275,00	325,00
	40	250,00	287,50	287,50	300,00
	50	200,00	275,00	325,00	325,00
	60	250,00	300,00	300,00	300,00
40	30	250,00	300,00	325,00	350,00
	40	250,00	262,50	325,00	325,00
	50	225,00	300,00	300,00	325,00
	60	250,00	300,00	300,00	300,00
50	30	250,00	287,50	300,00	325,00
	40	250,00	250,00	275,00	350,00
	50	250,00	250,00	275,00	300,00
	60	250,00	250,00	250,00	325,00
60	30	225,00	237,50	250,00	325,00
	40	225,00	250,00	275,00	300,00
	50	225,00	250,00	300,00	300,00
	60	250,00	225,00	300,00	300,00
<i>Café Descascado</i>					
30	30	225,00	262,50	300,00	300,00
	40	250,00	275,00	325,00	300,00
	50	225,00	262,50	325,00	300,00
	60	200,00	275,00	325,00	325,00
40	30	250,00	275,00	300,00	275,00
	40	237,50	250,00	300,00	300,00
	50	250,00	275,00	325,00	325,00
	60	212,50	262,50	325,00	300,00
50	30	237,50	262,50	325,00	300,00
	40	237,50	275,00	350,00	325,00
	50	237,50	250,00	325,00	300,00
	60	237,50	250,00	350,00	300,00
60	30	250,00	275,00	325,00	325,00
	40	237,50	287,50	350,00	325,00
	50	212,50	287,50	350,00	300,00
	60	225,00	275,00	325,00	300,00
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	237,50	262,50	300,00	300,00
	40	237,50	275,00	325,00	300,00
	50	250,00	275,00	325,00	275,00
	60	225,00	275,00	325,00	325,00
40	30	212,50	262,50	300,00	300,00
	40	200,00	250,00	300,00	300,00
	50	225,00	287,50	300,00	325,00
	60	225,00	250,00	300,00	325,00
50	30	237,50	250,00	325,00	325,00
	40	250,00	237,50	325,00	325,00
	50	250,00	287,50	300,00	325,00
	60	250,00	237,50	300,00	300,00
60	30	225,00	262,50	300,00	300,00
	40	237,50	237,50	300,00	275,00
	50	237,50	275,00	325,00	275,00
	60	250,00	250,00	325,00	300,00

QUADRO 7.12- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	250,00	312,50	300,00	300,00
	40	250,00	300,00	325,00	325,00
	50	200,00	250,00	325,00	300,00
	60	250,00	250,00	300,00	325,00
40	30	250,00	262,50	350,00	275,00
	40	250,00	262,50	300,00	250,00
	50	225,00	300,00	300,00	300,00
	60	250,00	250,00	300,00	300,00
50	30	250,00	250,00	325,00	325,00
	40	250,00	250,00	325,00	300,00
	50	250,00	250,00	300,00	250,00
	60	250,00	237,50	300,00	275,00
60	30	225,00	275,00	300,00	325,00
	40	225,00	262,50	275,00	350,00
	50	225,00	250,00	300,00	300,00
	60	250,00	275,00	275,00	325,00
<i>Café Descascado</i>					
30	30	225,00	212,50	350,00	300,00
	40	250,00	212,50	325,00	325,00
	50	225,00	250,00	325,00	325,00
	60	200,00	237,50	350,00	325,00
40	30	250,00	262,50	300,00	300,00
	40	237,50	275,00	300,00	300,00
	50	250,00	250,00	325,00	325,00
	60	212,50	237,50	325,00	325,00
50	30	237,50	212,50	325,00	325,00
	40	237,50	300,00	300,00	350,00
	50	237,50	250,00	325,00	325,00
	60	237,50	250,00	300,00	350,00
60	30	250,00	237,50	300,00	325,00
	40	237,50	312,50	300,00	350,00
	50	212,50	237,50	300,00	350,00
	60	225,00	300,00	325,00	325,00
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	237,50	300,00	300,00	325,00
	40	237,50	325,00	325,00	300,00
	50	250,00	237,50	300,00	325,00
	60	225,00	225,00	300,00	300,00
40	30	212,50	275,00	275,00	350,00
	40	200,00	250,00	250,00	325,00
	50	225,00	275,00	300,00	325,00
	60	225,00	262,50	300,00	325,00
50	30	237,50	262,50	325,00	325,00
	40	250,00	237,50	350,00	325,00
	50	250,00	237,50	350,00	300,00
	60	250,00	262,50	325,00	325,00
60	30	225,00	237,50	275,00	325,00
	40	237,50	300,00	300,00	300,00
	50	237,50	250,00	325,00	300,00
	60	250,00	237,50	300,00	300,00

QUADRO 7.13- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	34015,2995 **	55026,0417 **	42571,6146 **
Temperatura (B)	3	4392,9036 **	950,5208 **	944,0104 **
Umidade Relativa (C)	3	369,4661 **	533,8542 **	657,5521 *
A x B	9	1120,3342 **	516,4930 **	1013,4549 **
A x C	9	655,9245 **	429,6875 **	518,6632 *
B x C	9	477,9731 **	555,5555 **	436,1979 *
A x B x C	27	642,9036 **	300,9259 **	303,0961 ^{n.s.}
Resíduo	64	63,4766	87,8906	205,0781
Total	127			
C.V. (%)		2,8510	3,3060	5,1560

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo.

QUADRO 7.14- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	31176,7578 **	69575,1953 **	48177,0833 **
Temperatura (B)	3	721,0286 **	629,8828 **	1497,3958 **
Umidade Relativa (C)	3	1463,2161 **	838,2161 **	234,3750 ^{n.s.}
A x B	9	1944,9870 **	1714,9522 **	1983,5069 **
A x C	9	569,1189 **	1298,2856 **	1119,7917 **
B x C	9	651,5842 **	443,2509 **	1089,4097 **
A x B x C	27	799,1536 **	671,8388 **	568,5764 **
Resíduo	64	43,9453	83,0078	146,4844
Total	127			
C.V. (%)		2,3820	3,2280	4,3270

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} Não significativo.

QUADRO 7.15- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	240,6250 a	232,8125 a	234,3750 a
4	268,7500 b	268,7500 b	260,9375 b
8	291,4062 c	326,5625 c	310,9375 c
12	317,1875 d	306,2500 d	304,6875 c
Temperatura (°C)			
30	282,8125 a	279,6875 ab	382,0312 ab
40	292,9687 b	278,9062 a	272,6562 a
50	277,3437 c	285,1562 bc	282,8125 b
60	264,8437 d	290,6250 c	273,4375 ab
Umidade Relativa (%)			
30	284,3750 a	280,4687 a	275,0000 ab
40	278,9062 b	289,0625 b	273,4375 a
50	276,5625 b	284,3750 ab	283,5937 b
60	278,1250 b	280,4687 a	278,9062 ab

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.16- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	240,6250 a	232,8125 a	234,3750 a
4	264,8437 b	252,3437 b	260,9375 b
8	306,2500 c	317,1875 c	306,2500 c
12	301,5625 d	326,5625 d	317,1875 d
Temperatura (°C)			
30	285,1562 a	277,3437 a	282,0312 ac
40	276,5625 b	279,6875 ab	273,4375 b
50	274,2187 b	285,1562 bc	288,2812 a
60	277,3437 b	286,7187 c	275,0000 bc
Umidade Relativa (%)			
30	285,9375 a	275,7812 a	280,4687 a
40	281,2500 b	288,2812 b	282,0312 a
50	270,3125 c	282,0312 c	280,4687 a
60	275,7812 d	282,8125 bc	275,7812 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

suficiente para reduzir de forma expressiva o efeito latente da operação de secagem sobre a acidez do café.

Analisando os Quadros 7.15 e 7.16 verifica-se ainda que, para o fator período de armazenagem, a acidez titulável dos frutos e grãos de café aumenta significativamente com o prolongamento do tempo de conservação do produto, independente da condição de armazenamento. Observa-se também uma pequena influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez do café, para as duas condições de armazenagem, sendo que para a forma de preparo cereja nota-se uma tendência de redução dos valores de acidez titulável com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, e que os resultados obtidos para o armazenamento em ambiente com temperatura controlada de 15°C indicam uma certa atenuação dos efeitos causados por temperaturas mais elevadas. Já para as formas de preparo descascado e despulpado, constata-se uma menor influência da variação da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez dos grãos de café, sendo essa influência ligeiramente mais acentuada para os grãos de café descascado. Uma provável explicação para tal comportamento seria a influência da fermentação da mucilagem sobre a acidificação dos grãos de café, que foi devidamente investigada por CALLE (1963), que constatou a alteração da composição original dos grãos em função da penetração dos ácidos oriundos desse processo fermentativo. LEITE (1991) também observou redução na acidez dos grãos como consequência do despulpamento do café cereja. Portanto, esses resultados parecem indicar que a presença da mucilagem, total no café cereja e parcial no café descascado, pode ser responsável pelo aumento da acidez dos grãos, o que vem ressaltar a contribuição da ocorrência de fermentações indesejáveis da mucilagem durante a secagem, no aumento da acidez em frutos processados na forma cereja.

Nos Quadros 7.17 e 7.18 encontram-se os valores médios de acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que de modo geral o café cereja apresenta menores índices de acidez quando submetido à secagem com temperatura de 60 °C, não havendo grandes diferenças nos valores de acidez dos grãos de café das formas de preparo descascado e despulpado devido ao aumento da temperatura do ar de secagem, independente da condição de armazenagem empregada. Observa-se ainda o efeito prejudicial do aumento do tempo de armazenagem sobre a acidez dos frutos e grãos de café das duas condições de estocagem avaliadas.

QUADRO 7.17- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	237,500 AC a	243,750 AB a	250,000 B a	231,250 C a
4	284,375 A b	290,625 A b	259,375 B a	240,625 C a
8	296,875 A c	312,500 B c	275,000 C b	281,250 C b
12	312,500 A d	325,000 B d	325,000 B c	306,250 A c
Descascado				
0	225,000 A a	237,500 B a	237,500 B a	231,250 AB a
4	268,750 A b	265,625 A b	259,375 A b	281,250 B b
8	318,750 A c	312,500 A c	337,500 B c	337,500 B c
12	306,250 AB d	300,000 A d	306,250 AB d	312,500 B d
Despulpado				
0	237,500 A a	215,625 B a	246,875 A a	237,500 A a
4	271,875 A b	262,500 A b	253,125 A a	256,250 A a
8	318,750 A c	300,000 A c	312,500 A b	312,500 A b
12	300,000 AB c	312,500 A c	318,750 A b	287,500 B c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.18- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	237,500 AC a	243,750 AB a	250,000 B a	231,250 C a
4	278,125 A b	268,750 B b	246,875 C a	265,625 B b
8	312,500 A c	312,500 A c	312,500 A b	287,500 B c
12	312,500 A c	281,250 B d	287,500 B c	325,000 C d
Descascado				
0	225,000 A a	237,500 B a	237,500 B a	231,250 AB a
4	228,125 A a	256,250 B b	253,125 B b	271,875 C b
8	337,500 A b	312,500 B c	312,500 B c	306,250 B c
12	318,750 A c	312,500 A c	337,500 B d	337,500 B d
Despulpado				
0	237,500 A a	215,625 B a	246,875 A a	237,500 A a
4	271,875 A b	265,625 AB b	250,000 B a	256,250 AB b
8	306,250 A c	281,250 B c	337,500 C b	300,000 A c
12	312,500 A c	331,250 B c	318,750 AB c	306,250 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos Quadros 7.19 e 7.20 encontram-se os valores médios de acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, além do efeito prejudicial do aumento do período de armazenagem, uma influência pouco acentuada da umidade relativa do ar de secagem sobre a acidificação dos frutos e grãos de café, não apresentando tendência definida do comportamento da acidez com a variação da umidade relativa do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem do produto.

Nos Quadros 7.21 e 7.22 encontram-se os valores médios de acidez titulável dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se nestes quadros, como observado anteriormente, que a acidez do café sofre uma influência pouco acentuada da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, apresentando de modo geral uma pequena variação dos valores de acidez com a alteração da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto. Fato também observado ao se analisar os Quadros 7.23 a 7.26, para interação dos três fatores analisados.

QUADRO 7.19- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	243,750 A a	243,750 A a	225,000 B a	250,000 A a
4	275,000 A b	262,500 B b	268,750 AB b	268,750 AB b
8	287,500 A c	290,625 AB c	300,000 B c	287,500 A c
12	331,250 A d	318,750 B d	312,500 BC d	306,250 C d
Descascado				
0	240,625 A a	240,625 A a	231,250 A a	218,750 B a
4	268,750 A b	271,875 A b	268,750 A b	265,625 A b
8	312,500 A c	331,250 B c	331,250 B c	331,250 B c
12	300,000 A d	312,500 B d	306,250 AB d	306,250 AB d
Despulpado				
0	228,125 A a	231,250 A a	240,625 A a	237,500 A a
4	259,375 A b	250,000 A a	281,250 B b	253,125 A a
8	306,250 A c	312,500 A a	312,500 A c	312,500 A b
12	306,250 A c	300,000 AB b	300,000 A bc	312,500 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.20- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	243,750 A a	243,750 A a	225,000 B a	250,000 A a
4	275,000 A b	268,750 AB b	262,500 B b	253,125 C a
8	318,750 A c	306,250 B c	306,250 B c	293,750 C b
12	306,250 A d	306,250 A c	287,500 B d	306,250 A c
Descascado				
0	231,250 A a	240,625 A a	231,250 A a	218,750 B a
4	240,625 A a	275,000 B b	246,875 C b	256,250 C b
8	318,750 A b	306,250 B c	318,750 A c	325,000 A c
12	312,500 A b	331,250 B d	331,250 B d	331,250 B c
Despulpado				
0	228,125 A a	231,250 A a	240,625 A a	237,500 A a
4	268,750 A b	278,125 A b	250,000 B a	246,875 B a
8	293,750 A c	306,250 AB c	318,750 B b	306,250 AB b
12	331,250 A d	312,500 B c	312,500 B b	312,500 B b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.21- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	281,250 A a	281,250 A a	281,250 A a	287,500 A a
40	306,250 A b	290,625 B a	287,250 B a	287,500 B a
50	290,625 A a	281,250 A a	268,750 B b	268,750 B b
60	259,375 A c	262,500 A b	268,750 A b	268,750 A b
Descascado				
30	271,875 A a	287,500 B a	278,125 AB a	281,250 AB a
40	275,000 A a	271,875 A b	293,750 B b	275,000 A a
50	281,250 A a	296,875 B ac	278,125 A a	284,375 A a
60	293,750 AB b	300,000 A c	287,500 BC ab	281,250 C a
Despulpado				
30	275,000 A a	284,375 A a	281,250 A a	287,500 A a
40	268,750 AB a	262,500 A b	284,375 B a	275,000 AB a
50	284,375 A a	284,375 A a	290,625 A a	271,875 A a
60	271,875 A a	262,500 A b	278,125 A a	281,250 A a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.22- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	290,625 A a	300,000 B a	268,750 C a	281,250 D a
40	284,375 A ab	265,625 B b	281,250 AC b	275,000 C a
50	287,500 A ab	281,250 A c	262,500 B a	265,250 B b
60	281,250 A b	278,125 A c	268,750 B a	281,250 A a
Descascado				
30	271,875 A a	278,125 A a	281,250 A ab	278,125 A a
40	278,125 AB a	278,125 AB a	287,500 A a	275,000 B a
50	275,000 A a	296,875 B b	284,375 A ab	284,375 A ab
60	278,125 A a	300,000 B b	275,000 A b	293,750 B b
Despulpado				
30	290,625 AB a	296,875 A a	278,125 BC a	262,500 C a
40	278,125 A ab	256,250 B b	281,250 A a	278,125 A ab
50	287,500 A a	290,625 A a	284,375 A a	290,625 A b
60	265,625 A b	284,375 B a	278,125 AB a	271,875 A a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.23- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	250,00 A a	250,00 A a	200,00 B a	250,00 A a
	40	250,00 A a	250,00 A a	225,00 B b	250,00 A a
	50	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A c	250,00 A a
	60	225,00 A b	225,00 A b	225,00 A b	250,00 B a
4	30	275,00 A a	287,50 AB a	275,00 A a	300,00 B a
	40	300,00 A b	262,50 B b	300,00 A b	300,00 A a
	50	287,50 A ab	250,00 B b	250,00 B c	250,00 B b
	60	237,50 AB c	250,00 A b	250,00 A c	225,00 B c
8	30	275,00 A a	287,50 AC a	325,00 B a	300,00 C a
	40	325,00 A b	325,00 A b	300,00 B b	300,00 B a
	50	300,00 A c	275,00 B a	275,00 B c	250,00 C b
	60	250,00 A d	275,00 B a	300,00 C b	300,00 C a
12	30	325,00 A a	300,00 B a	325,00 A a	300,00 B a
	40	350,00 A b	325,00 B b	325,00 B a	300,00 C a
	50	325,00 A a	350,00 B c	300,00 C b	325,00 A b
	60	325,00 A a	300,00 B a	300,00 B b	300,00 B a
<i>Café Descascado</i>					
0	30	225,00 A a	250,00 B a	225,00 A ac	200,00 C a
	40	250,00 A b	237,50 A a	250,00 A b	212,50 B ac
	50	237,50 A ab	237,50 A a	237,50 A ab	237,50 A b
	60	250,00 A b	237,50 AC a	212,50 B c	225,00 BC bc
4	30	262,50 A a	275,00 A a	262,50 A ab	275,00 A a
	40	275,00 A a	250,00 B b	275,00 A ac	262,50 AB ab
	50	262,50 AB a	275,00 B a	250,00 A b	250,00 A b
	60	275,00 A a	287,50 A a	287,50 A c	275,00 A a
8	30	300,00 A a	325,00 B a	325,00 B a	325,00 B a
	40	300,00 A a	300,00 A b	325,00 B a	325,00 B a
	50	325,00 A b	350,00 B c	325,00 A a	350,00 B b
	60	325,00 A b	350,00 B c	350,00 B b	325,00 A a
12	30	300,00 A a	300,00 A a	300,00 A a	325,00 B a
	40	275,00 A b	300,00 B a	325,00 C b	300,00 B b
	50	300,00 A a	325,00 B b	300,00 A a	300,00 A b
	60	325,00 A c	325,00 A b	300,00 B a	300,00 B b

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.24- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	250,00 A a	250,00 A a	200,00 B a	250,00 A a
	40	250,00 A a	250,00 A a	225,00 B b	250,00 A a
	50	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A c	250,00 A a
	60	225,00 A b	225,00 A b	225,00 A b	250,00 B a
4	30	312,50 A a	300,00 A a	250,00 B a	250,00 B a
	40	262,50 A bc	262,50 A b	300,00 B b	250,00 A a
	50	250,00 A b	250,00 A b	250,00 A a	237,50 A a
	60	275,00 A c	262,50 AB b	250,00 B a	275,00 A b
8	30	300,00 A a	325,00 B a	325,00 B a	300,00 A a
	40	350,00 A b	300,00 B b	300,00 B b	300,00 B a
	50	325,00 A c	325,00 A a	300,00 B b	300,00 B a
	60	300,00 A a	275,00 B c	300,00 A b	275,00 B b
12	30	300,00 A a	325,00 B a	300,00 A a	325,00 B a
	40	275,00 A b	250,00 B b	300,00 C a	300,00 C b
	50	325,00 A c	300,00 B c	250,00 C b	275,00 D c
	60	325,00 A c	350,00 B d	300,00 C a	325,00 A a
<i>Café Descascado</i>					
0	30	225,00 A a	250,00 B a	250,00 A a	200,00 C a
	40	250,00 A b	237,50 A a	250,00 A b	212,50 B ac
	50	237,50 A ab	237,50 A a	237,50 A ab	237,50 A b
	60	250,00 A b	237,50 AB a	212,50 C c	225,00 BC bc
4	30	212,50 A a	212,50 A a	250,00 B a	237,50 B a
	40	262,50 AB b	275,00 A b	250,00 BC a	237,50 C a
	50	212,50 A a	300,00 B c	250,00 C a	250,00 C a
	60	237,50 A c	312,50 B c	237,50 A a	300,00 B b
8	30	350,00 A a	325,00 B a	325,00 B a	350,00 A a
	40	300,00 A b	300,00 A b	325,00 B a	325,00 B b
	50	325,00 A c	300,00 B b	325,00 A a	300,00 B c
	60	300,00 A b	300,00 A b	300,00 A b	325,00 B b
12	30	300,00 A a	325,00 B a	325,00 B a	325,00 B a
	40	300,00 A a	300,00 A b	325,00 B a	325,00 B a
	50	325,00 A b	350,00 B c	325,00 A a	350,00 B b
	60	325,00 A b	350,00 B c	350,00 B b	325,00 A a
<i>Café Despolpado</i>					
0	30	237,50 A a	237,50 A a	250,00 A a	225,00 A a
	40	212,50 A a	200,00 A b	225,00 A a	225,00 A a
	50	237,50 A a	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a
	60	225,00 A a	237,50 A a	237,50 A a	250,00 A a
4	30	300,00 A a	325,00 A a	237,50 B a	225,00 B a
	40	275,00 A ab	250,00 A b	275,00 A b	262,50 A b
	50	262,50 A bc	237,50 A b	237,50 A a	262,50 A b
	60	237,50 A c	300,00 B a	250,00 A ab	237,50 A ab
8	30	300,00 A ab	325,00 A ac	300,00 A a	300,00 A a
	40	275,00 AB a	250,00 A b	300,00 B a	300,00 B a
	50	325,00 A b	350,00 A a	350,00 A b	325,00 A a
	60	275,00 A a	300,00 AB c	325,00 B ab	300,00 AB a
12	30	325,00 A a	300,00 A a	325,00 A a	300,00 A a
	40	350,00 A a	325,00 A a	325,00 A a	325,00 A a
	50	325,00 A a	325,00 A a	300,00 A a	325,00 A a
	60	325,00 A a	300,00 A a	300,00 A a	300,00 A a

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.25- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	250,00 A a	250,00 A a	200,00 B a	250,00 A a
	4	275,00 A b	287,50 AB b	275,00 A b	300,00 B b
	8	275,00 A b	287,50 AC b	325,00 B c	300,00 C b
	12	325,00 A c	300,00 B b	325,00 A c	300,00 B b
40	0	250,00 A a	250,00 A a	225,00 B a	250,00 A a
	4	300,00 A b	262,50 B a	300,00 A b	300,00 A b
	8	325,00 A c	325,00 A b	300,00 B b	300,00 B b
	12	350,00 A d	325,00 B b	325,00 B c	300,00 C b
50	0	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a
	4	287,50 A b	250,00 B a	250,00 B a	250,00 B a
	8	300,00 A b	275,00 B b	275,00 B b	250,00 C a
	12	325,00 A c	350,00 B c	300,00 C c	325,00 A b
60	0	225,00 A a	225,00 A a	225,00 A a	250,00 B a
	4	237,50 AB ab	250,00 A b	250,00 A b	225,00 B b
	8	250,00 A b	275,00 B c	300,00 C c	300,00 C c
	12	325,00 A c	300,00 B d	300,00 B c	300,00 B c
<i>Café Descascado</i>					
30	0	225,00 A a	250,00 B a	225,00 A a	200,00 C a
	4	262,50 A b	275,00 A b	262,50 A b	275,00 A b
	8	300,00 A c	325,00 B c	325,00 B c	325,00 B c
	12	300,00 A c	300,00 A d	300,00 A d	325,00 B c
40	0	250,00 A a	237,50 A a	250,00 A a	212,50 B a
	4	275,00 A b	250,00 B a	275,00 A b	262,50 AB b
	8	300,00 A c	300,00 A b	325,00 B c	325,00 B c
	12	275,00 A b	300,00 B b	325,00 C c	300,00 B d
50	0	237,50 A a	237,50 A a	237,50 A a	237,50 A a
	4	262,50 AB b	275,00 B b	250,00 A a	250,00 A a
	8	325,00 A c	350,00 B c	325,00 A b	350,00 B b
	12	300,00 A d	325,00 B d	300,00 A c	300,00 A c
60	0	250,00 A a	237,50 AC a	212,50 B a	225,00 BC a
	4	275,00 A b	287,50 A b	287,50 A b	275,00 A b
	8	325,00 A c	350,00 B c	350,00 B c	325,00 A c
	12	325,00 A c	325,00 A d	300,00 B b	300,00 B d

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.26- Valores médios de acidez titulável (ml NaOH/100g) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	250,00 A a	250,00 A a	200,00 B a	250,00 A a
	4	312,50 A b	300,00 A b	250,00 B b	250,00 B a
	8	300,00 A b	325,00 B c	325,00 A c	300,00 B b
	12	300,00 A b	325,00 B c	300,00 A d	325,00 B c
40	0	250,00 A a	250,00 A a	225,00 B a	250,00 A a
	4	262,50 A ac	262,50 A a	300,00 B b	250,00 A a
	8	350,00 A b	300,00 B b	300,00 B b	300,00 B b
	12	275,00 A c	250,00 B a	300,00 C b	300,00 C b
50	0	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a
	4	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a	237,50 A a
	8	325,00 A b	325,00 A b	300,00 B b	300,00 B b
	12	325,00 A b	300,00 B c	250,00 C a	275,00 D c
60	0	225,00 A a	225,00 A a	225,00 A a	250,00 B a
	4	275,00 A b	262,50 AB b	250,00 B b	275,00 A b
	8	300,00 A c	275,00 B b	300,00 A c	275,00 B b
	12	325,00 A d	350,00 B c	300,00 C c	325,00 A c
<i>Café Descascado</i>					
30	0	225,00 A a	250,00 B a	225,00 A a	200,00 C a
	4	212,50 A a	212,50 A b	250,00 B b	237,50 B b
	8	350,00 A b	325,00 B c	325,00 B c	350,00 A c
	12	300,00 A c	325,00 B c	325,00 B c	325,00 B d
40	0	250,00 A a	237,50 A a	250,00 A a	212,50 B a
	4	262,50 AB a	275,00 A b	250,00 BC a	237,50 C b
	8	300,00 A b	300,00 A c	325,00 B b	325,00 B c
	12	300,00 A b	300,00 A c	325,00 B b	325,00 B c
50	0	237,50 A a	237,50 A a	237,50 A a	237,50 A a
	4	212,50 A b	300,00 B b	250,00 C a	250,00 C a
	8	325,00 A c	300,00 B b	325,00 A b	300,00 B b
	12	325,00 A c	350,00 B c	325,00 A b	350,00 B c
60	0	250,00 A a	237,50 AB a	212,50 C a	225,00 BC a
	4	237,50 A a	300,00 B b	237,50 A b	300,00 B b
	8	300,00 A b	312,50 A b	300,00 A c	325,00 B c
	12	325,00 A c	350,00 B c	350,00 B d	325,00 A c
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	237,50 A a	237,50 A a	250,00 A a	225,00 A a
	4	300,00 A b	325,00 A b	237,50 B a	225,00 B a
	8	300,00 A b	325,00 A b	300,00 A b	300,00 A b
	12	325,00 A b	300,00 A b	325,00 A b	300,00 A b
40	0	212,50 A a	200,00 A a	225,00 A a	225,00 A a
	4	275,00 A b	250,00 A b	275,00 A b	262,50 A b
	8	275,00 AB b	250,00 A b	300,00 B bc	300,00 B c
	12	350,00 A c	325,00 A c	325,00 A c	325,00 A c
50	0	237,50 A a	250,00 A a	250,00 A a	250,00 A a
	4	262,50 A a	237,50 A a	237,50 A a	262,50 A a
	8	325,00 A b	350,00 A b	350,00 A b	325,00 A b
	12	325,00 A b	325,00 A b	300,00 A c	325,00 A b
60	0	225,00 A a	237,50 A a	237,50 A a	250,00 A a
	4	237,50 A a	300,00 B b	250,00 A a	237,50 A a
	8	275,00 A b	300,00 AB b	325,00 B b	300,00 AB b
	12	325,00 A c	300,00 A b	300,00 A b	300,00 A b

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.4- *Compostos fenólicos totais*

Nos Quadros 7.27 e 7.28 são apresentados os resultados médios dos teores totais de compostos fenólicos das amostras de café de todos os tratamentos realizados. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Nos Quadros 7.29 e 7.30 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para os teores de compostos fenólicos totais dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente.

Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas possíveis interações; exceto para o fator umidade relativa do ar de secagem dos grãos de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C.

Nos Quadros 7.31 e 7.32 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam no teor de compostos fenólicos dos frutos e grãos de café, exceto o fator umidade relativa do ar de secagem para os grãos de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada, e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou teores de compostos fenólicos totais próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. Esse fato parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação não é suficiente para reduzir de forma expressiva o efeito latente da secagem à temperaturas mais elevadas sobre a composição de fenólicos totais do café.

Analisando os Quadros 7.31 e 7.32, verifica-se ainda que para o fator período de armazenagem o teor de compostos fenólicos dos frutos e grãos de café tende a se elevar com o aumento do tempo de armazenamento do produto, independente da condição de estocagem. Observa-se também a influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a composição de fenólicos totais do café, para as duas condições de armazenagem, sendo que para a forma de preparo descascado nota-se uma menor influência sobre os valores obtidos com a alteração desses fatores, e que os resultados obtidos para o armazenamento dos frutos de café cereja em ambiente com temperatura controlada de 15°C indicam uma certa

QUADRO 7.27- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	6,2550	4,8050	6,9148	7,3470
	40	5,5432	6,6581	6,1489	7,7626
	50	5,5695	6,7030	6,9051	7,4658
	60	5,4443	6,7274	6,9096	8,0569
40	30	5,6375	6,7490	6,9899	8,1833
	40	5,7892	6,6483	7,0359	7,6942
	50	6,2385	6,5680	6,8994	7,8419
	60	6,2935	6,4282	6,8548	7,4695
50	30	5,9263	6,3725	6,7812	7,9938
	40	5,7191	6,5988	6,7887	7,4758
	50	5,8899	6,9409	6,8270	8,1662
	60	5,8515	6,8678	6,6681	7,6848
60	30	5,9065	6,8772	7,3389	8,0140
	40	5,7299	6,8828	6,7793	8,1249
	50	8,2622	6,6514	7,2208	8,5360
	60	5,8788	6,8285	6,9573	8,2378
<i>Café Descascado</i>					
30	30	6,0936	6,3036	6,5137	6,3111
	40	6,2093	6,2758	6,3423	6,3417
	50	5,8490	6,1876	6,5263	5,9246
	60	6,0884	6,3947	6,7011	6,2860
40	30	6,4736	6,5922	6,7108	7,0913
	40	6,4007	6,4905	6,5804	8,8860
	50	6,1734	6,4093	6,6452	6,8842
	60	5,8929	6,4895	7,0862	5,8693
50	30	5,7424	6,3201	6,8978	7,9902
	40	5,4701	5,8649	6,2598	6,3648
	50	5,5193	6,0239	6,5285	6,8796
	60	5,7585	6,1625	6,5666	5,8947
60	30	5,7161	6,0735	6,4309	6,8644
	40	5,7252	6,0906	6,4559	6,3768
	50	5,6542	6,2710	6,8877	6,7297
	60	5,5688	6,2522	6,9356	5,4697
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	8,8190	7,0268	6,7261	6,2802
	40	6,1588	6,7594	6,6505	7,3797
	50	7,7479	6,3787	7,1650	6,5752
	60	6,5333	6,5768	6,8984	6,4901
40	30	7,2369	6,0818	7,0644	7,3351
	40	7,9201	6,3208	6,9915	6,4284
	50	6,5814	6,1900	6,9410	6,6211
	60	6,7482	6,3176	6,8078	7,0080
50	30	7,9753	6,8383	6,4792	7,2489
	40	7,3016	6,0067	7,4822	5,9130
	50	7,4672	6,4661	7,3831	6,9325
	60	7,4580	6,7110	7,1423	6,5830
60	30	8,5861	6,8652	7,1266	6,5800
	40	6,9851	6,6499	6,8919	7,4568
	50	7,3657	7,0032	7,3725	7,1253
	60	6,9084	6,6856	7,5200	6,7158

QUADRO 7.28- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	6,2550	6,6256	5,8259	6,0305
	40	5,5432	6,7731	5,8253	6,1627
	50	5,5695	6,5032	5,3937	6,5142
	60	5,4443	6,9858	5,5540	7,2276
40	30	5,6375	6,4261	5,5582	7,0231
	40	5,7892	6,5612	6,2723	5,9517
	50	6,2385	7,0127	5,5072	5,9439
	60	6,2935	6,5869	5,6117	6,3881
50	30	5,9263	6,7585	5,5880	6,6042
	40	5,7191	6,9612	6,4042	5,9845
	50	5,8899	6,7264	6,4220	6,2201
	60	5,8515	7,5851	6,2148	5,7802
60	30	5,9065	6,6604	6,1484	6,5571
	40	5,7299	6,7184	7,0323	7,3315
	50	8,2622	6,9300	6,3622	6,8193
	60	5,8788	6,6779	6,4528	6,4216
<i>Café Descascado</i>					
30	30	6,0936	6,7082	6,2068	7,4861
	40	6,2093	6,9906	6,4822	7,3505
	50	5,8490	7,2476	7,1571	7,0625
	60	6,0884	6,8513	6,5617	6,7637
40	30	6,4736	7,1935	6,7572	6,6448
	40	6,4007	7,2186	6,6941	6,5987
	50	6,1734	7,3109	6,6859	7,2557
	60	5,8929	6,8278	6,7649	8,0114
50	30	5,7424	6,7613	6,4314	8,0637
	40	5,4701	7,1136	6,6183	7,2629
	50	5,5193	7,4032	6,4935	6,5323
	60	5,7585	7,2283	6,6545	7,0830
60	30	5,7161	7,1627	6,7167	7,1682
	40	5,7252	7,1970	6,6874	7,0294
	50	5,6542	7,3071	6,6807	6,4536
	60	5,5688	6,9308	7,1019	6,3922
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	8,8190	6,2577	6,7830	6,7092
	40	6,1588	6,1100	6,7711	5,0626
	50	7,7479	5,9336	6,7716	7,5260
	60	6,5333	5,7998	7,9031	7,5426
40	30	7,2369	6,5395	7,1576	6,9600
	40	7,9201	5,8444	7,1502	8,4753
	50	6,5814	5,7122	7,1069	6,9183
	60	6,7482	5,8886	7,1379	6,9491
50	30	7,9753	6,6787	7,5236	7,0620
	40	7,3016	6,0725	7,5516	6,0651
	50	7,4672	6,4951	6,9680	5,6453
	60	7,4580	7,2504	7,7500	5,6809
60	30	8,5861	7,2063	7,4376	6,2822
	40	6,9851	7,1965	7,1710	7,0264
	50	7,3657	5,5394	7,0780	6,0159
	60	6,9084	6,8578	7,1217	5,1034

QUADRO 7.29- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de compostos fenólicos totais dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despolpado
Período de Armazenagem (A)	3	19,3925 **	3,9788 **	3,8225 **
Temperatura (B)	3	1,2854 **	1,3971 **	0,6121 **
Umidade Relativa (C)	3	0,6084 **	0,4855 **	0,7203 **
A x B	9	0,1047 **	0,3955 **	0,1842 **
A x C	9	0,2043 **	0,7396 **	0,6778 **
B x C	9	0,2251 **	0,4894 **	0,1941 **
A x B x C	27	0,3274 **	0,2503 **	0,5166 **
Resíduo	64	0,0375	0,0345	0,0207
Total	127			
C.V. (%)		2,8230	2,9230	2,0730

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 7.30- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de compostos fenólicos totais dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despolpado
Período de Armazenagem (A)	3	4,5370 **	10,0007 **	8,5409 **
Temperatura (B)	3	1,5197 **	0,2760 **	0,1597 **
Umidade Relativa (C)	3	0,1624 **	0,0164 n.s.	1,8701 **
A x B	9	0,4407 **	0,3259 **	0,9833 **
A x C	9	0,5161 **	0,2526 **	0,6884 **
B x C	9	0,3533 **	0,1045 **	0,9327 **
A x B x C	27	0,4281 **	0,2408 **	0,6824 **
Resíduo	64	0,0282	0,0349	0,0069
Total	127			
C.V. (%)		2,6630	2,7960	1,2140

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.31- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	5,9959 a	5,8959 a	7,3620 a
4	6,6754 b	6,2626 b	6,5548 b
8	6,8762 c	6,6293 c	7,0401 c
12	7,8784 d	6,6352 c	6,7920 d
Temperatura (°C)			
30	6,6697 a	6,2718 a	6,8853 a
40	6,8325 b	6,6672 b	6,7871 b
50	6,7845 ab	6,2652 a	6,9617 a
60	7,1391 c	6,2189 a	7,1149 c
Umidade Relativa (%)			
30	6,8495 a	6,5078 a	7,1418 a
40	6,7112 b	6,3834 b	6,8310 b
50	7,0428 c	6,3183 bc	6,9572 c
60	6,8224 ab	6,2135 c	6,8190 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.32- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	5,9959 a	5,8959 a	7,3620 a
4	6,7807 b	7,0908 b	6,3364 b
8	6,0108 a	6,6684 c	7,2114 c
12	6,4350 c	7,0724 b	6,4702 d
Temperatura (°C)			
30	6,1396 a	6,6943 ab	6,7768 a
40	6,1751 a	6,8065 a	6,8016 a
50	6,2897 b	6,6335 b	6,9340 b
60	6,6180 c	6,5932 b	6,8676 c
Umidade Relativa (%)			
30	6,2207 a	6,7079 a	7,2009 a
40	6,2975 ab	6,6905 a	6,7101 b
50	6,3946 b	6,6741 a	6,6795 b
60	6,3096 ab	6,6550 a	6,7895 c

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

atenuação dos efeitos causados pelas diferentes condições de secagem. Já para as formas de preparo descascado e despulpado, constata-se uma menor influência da variação da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre os teores de compostos fenólicos totais dos grãos de café, sendo essa influência ligeiramente mais acentuada para os grãos de café despulpado. Uma vez conhecido que injúrias mecânicas e químicas causadas por microorganismos afetam o metabolismo vegetal, induzindo a produção de compostos fenólicos (AMORIM e SILVA, 1968), uma provável explicação para a alteração da composição original de fenólicos dos grãos de café seria a utilização de condições inadequadas de secagem responsáveis por fermentações indesejáveis ou danos intracelulares. Portanto, esses resultados parecem indicar que os efeitos latentes do processo de secagem tornam-se mais evidentes com o aumento do tempo de armazenagem e que a utilização de temperaturas mais elevadas tendem a aumentar o teor de compostos fenólicos e conseqüentemente a sensação de adstringência da bebida, principalmente para as formas de preparo cereja e despulpado, o que resulta em perda de qualidade e competitividade comercial do produto.

Nos Quadros 7.33 e 7.34 encontram-se os valores médios dos teores de compostos fenólicos dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que de modo geral os frutos e grãos de café apresentam maiores teores de compostos fenólicos quando submetido à secagem com temperaturas de 50 e 60 °C, independente da condição de armazenagem empregada. Observa-se ainda o efeito do aumento do tempo de armazenagem sobre a elevação da composição de fenólicos dos frutos e grãos de café das duas condições de estocagem avaliadas.

Nos Quadros 7.35 e 7.36 encontram-se os valores médios dos teores de compostos fenólicos dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, além da tendência de aumento da composição de fenólicos nos frutos e grãos de café com o prolongamento do período de armazenagem, uma influência pouco acentuada da umidade relativa do ar de secagem sobre o teor de fenólicos dos frutos e grãos de café, apresentando de modo geral uma pequena tendência de diminuição com a elevação da umidade relativa do ar de secagem, para as diferentes formas de preparo e condições de armazenagem do produto.

QUADRO 7.33- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	5,7030 A a	5,9896 B a	5,8467 AB a	6,4432 C a
4	6,5983 A b	6,5983 A b	6,6950 A b	6,8100 A b
8	6,7196 A b	6,9449 AB c	6,7662 A b	7,0740 B c
12	7,6580 A c	7,7972 A d	7,8301 A c	8,2281 B d
Descascado				
0	6,0600 A a	6,2351 A a	5,6225 B a	5,6661 B a
4	6,2905 AB ab	6,4954 A b	6,0929 B b	6,1718 B b
8	6,5208 A b	6,7556 A c	6,5631 A c	6,6775 A c
12	6,2158 A a	7,1827 B d	6,7823 C c	6,3601 A b
Despulpado				
0	7,3147 A a	7,1216 B a	7,5505 C a	7,4613 AC a
4	6,6854 A b	6,2275 B b	6,5055 AC b	6,8010 A b
8	6,8600 A b	6,9512 AB ac	7,1217 BC c	7,2277 C c
12	6,6813 A b	6,8481 AB c	6,6693 A b	6,9694 B c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.34- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	5,7030 A a	5,9896 B a	5,8467 AB a	6,4443 C a
4	6,7219 A b	6,6467 A b	7,0078 B b	6,7466 A b
8	5,6497 A a	5,7373 A c	6,1572 B c	6,4989 C a
12	6,4837 A c	6,3267 AB d	6,1472 B c	6,7823 C b
Descascado				
0	6,0600 A a	6,2351 A a	5,6225 B a	5,6661 B a
4	6,9494 A b	7,1377 A b	7,1266 A b	7,1494 A b
8	6,6019 AB c	6,7255 AB c	6,5494 A c	6,7966 B c
12	7,1657 A b	7,1276 A b	7,2355 A b	6,7608 B c
Despulpado				
0	7,3147 A a	7,1216 B a	7,5505 C a	7,4613 C a
4	6,0252 A b	5,9962 A b	6,6241 B b	6,7000 B b
8	7,0572 A c	7,1381 A a	7,4483 B a	7,2020 C c
12	6,7101 A d	6,9507 B c	6,1133 C c	6,1069 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.35- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	5,9313 A a	5,6953 A a	6,4900 B a	5,8670 A a
4	6,5759 A b	6,6970 A b	6,7158 A ab	6,7129 A b
8	7,0062 A c	6,6881 B b	6,9630 A b	6,8474 AB b
12	7,8845 A d	7,7643 A c	8,0025 A c	7,8622 A c
Descascado				
0	6,0064 A a	5,9513 A a	5,7990 A a	5,8271 A a
4	6,3223 A b	6,1805 A ab	6,2230 A b	6,3248 A b
8	6,6383 AB c	6,4096 A b	6,6469 AB c	6,8223 B c
12	7,0642 A d	6,9923 A c	6,6045 B c	5,8800 C a
Despulpado				
0	8,1543 A a	7,0914 B a	7,2905 C a	6,9119 B a
4	6,7030 A b	6,4342 B b	6,5095 B b	6,5727 AB b
8	6,8491 A b	7,0040 AC a	7,2154 B a	7,0921 BC a
12	6,8610 A b	6,7945 A c	6,8135 A c	6,9920 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.36- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	5,9313 A a	5,6953 A a	6,4900 B a	5,8670 A a
4	6,6176 A b	6,7535 AB b	6,7930 B b	6,9589 C b
8	5,7801 A a	6,3835 B c	5,9212 B c	5,9583 C a
12	6,5537 A b	6,3576 A c	6,3743 B a	6,4543 A c
Descascado				
0	6,0064 A a	5,9513 A a	5,7990 A a	5,8271 B a
4	6,9564 A b	7,1299 B b	7,3172 C b	6,9595 C bc
8	6,5280 A c	6,6205 B c	6,7543 A c	6,7707 A b
12	7,3407 A d	7,0604 B b	6,8260 B c	7,0626 B c
Despulpado				
0	8,1543 A a	7,0914 A a	7,2905 A a	6,9119 A a
4	6,6705 A b	6,3058 A b	5,9200 B b	6,4491 B b
8	7,2254 A c	7,1609 AB a	6,9411 B c	7,4781 AB c
12	6,7533 A b	6,2823 B b	6,5263 B d	6,3190 B d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos Quadros 7.37 e 7.38 encontram-se os valores médios dos teores de compostos fenólicos totais dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Estes quadros ressaltam, como observado anteriormente, que a composição de fenólicos do café sofre influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem, apresentando de modo geral uma tendência de aumento do teor de fenólicos com a elevação da temperatura do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto; assim como, de redução dos teores desses compostos com o aumento da umidade relativa do ar de secagem. Fato também observado ao se analisar os Quadros 7.39 a 7.42, para interação dos três fatores analisados.

QUADRO 7.37- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	6,7054 AB a	6,5282 A a	6,6608 AB a	6,7845 B a
40	6,8899 A ab	6,7919 A b	6,8869 A ab	6,7615 A a
50	6,7684 AB a	6,6456 A ab	6,9560 B b	6,7680 AB a
60	7,0341 A b	6,8792 A b	7,6676 B c	6,9756 A a
Descascado				
30	6,3055 AB a	6,2923 AB a	6,1219 A a	6,3675 B a
40	6,7169 A b	7,0894 B b	6,5280 AC b	6,3345 C ab
50	6,7376 A b	5,9899 B c	6,2378 C ac	6,0955 BC bc
60	6,2712 AB a	6,1621 AB ac	6,3856 A bc	6,0566 B c
Despulpado				
30	7,2130 A a	6,7371 B ab	6,9667 C a	6,6246 B a
40	6,9295 A b	6,9152 A ac	6,5833 B b	6,7204 B a
50	7,1354 A a	6,6758 B b	7,0622 A ac	6,9736 A b
60	7,2895 A a	6,9959 B c	7,2166 A c	6,9574 B b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.38- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	6,1842 AB a	6,0761 A a	5,9951 A a	6,3029 B a
40	6,1612 A a	6,1436 A a	6,1756 A ab	6,2200 A a
50	6,2192 A a	6,2672 A a	6,3146 A b	6,3579 A a
60	6,3181 A a	6,7030 B b	7,0934 C c	6,3578 A a
Descascado				
30	6,6237 AB a	6,7581 AB a	6,8290 A a	6,5662 B a
40	6,7672 AB a	6,7280 A a	6,8565 A a	6,8742 A b
50	6,7497 A a	6,6162 AB a	6,4871 B b	6,6811 AB ab
60	6,6909 A a	6,6597 A a	6,5239 A b	6,4984 A a
Despulpado				
30	7,1422 A a	6,0256 B a	6,9947 C a	6,9447 C a
40	6,9735 A b	6,9725 A b	6,5797 B bc	6,6809 B b
50	7,3100 A c	6,7477 B c	6,6438 B b	7,0348 C a
60	7,3780 A c	7,0947 B d	6,4997 C c	6,4978 C c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.39- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	6,2550 A a	5,5432 B a	5,5694 B a	5,4443 B a
	40	5,6374 A ab	5,7892 AB a	6,2385 B b	6,2934 B b
	50	5,9263 A b	5,7191 A a	5,8898 A ab	5,8515 A ab
	60	5,9065 A ab	5,7298 A a	8,2621 B c	5,8788 A ab
4	30	6,3049 A a	6,6581 A a	6,7029 A a	6,7273 A a
	40	6,7490 A ab	6,6483 A a	6,5679 A a	6,4281 A a
	50	6,3724 A ab	6,5987 AB a	6,9408 B a	6,8678 AB a
	60	6,8771 A b	6,8827 A a	6,6514 A a	6,8284 A a
8	30	6,9148 A ab	6,1488 B a	6,9050 A a	6,9095 A a
	40	6,9898 A ab	7,0358 A b	6,8993 A a	6,8547 A a
	50	6,7812 A a	6,7886 A b	6,8269 A a	6,6681 A a
	60	7,3388 A b	6,7792 B b	7,2207 AB a	6,9572 AB a
12	30	7,3469 A a	7,7626 AB ab	7,4658 A a	8,0568 B ac
	40	8,1833 A b	7,6941 AB ab	7,8419 AB ab	7,4695 B b
	50	7,9937 A b	4,4758 B a	8,1662 A bc	7,6847 AB ab
	60	8,0140 A b	8,1248 AB b	8,5360 B c	8,2377 AB c
<i>Café Descascado</i>					
0	30	6,0935 A ab	6,2093 A ac	5,8489 A ab	6,0884 A a
	40	6,4735 A a	6,4006 A a	6,1734 AB a	5,8929 B ab
	50	5,7423 A b	5,4701 A b	5,5193 A b	5,7584 A ab
	60	5,7161 A b	5,7252 A bc	5,6542 A b	5,5687 A b
4	30	6,3036 A ab	6,2758 A ab	6,1876 A a	6,3947 A a
	40	6,5921 A a	6,4905 A a	6,4093 A a	6,4895 A a
	50	6,3201 A ab	5,8649 A b	6,0239 A a	6,1625 A a
	60	6,0735 A b	6,0905 A ab	6,2710 A a	6,2522 A a
8	30	6,5137 A a	6,3423 A a	6,5262 A a	6,7010 A ab
	40	6,7107 AB a	6,5804 A a	6,6451 AB a	7,0861 B a
	50	6,8977 A a	6,2597 B a	6,5285 AB a	6,5665 AB ab
	60	6,4309 A a	6,4559 AB a	6,8877 AB a	6,9356 B b
12	30	6,3110 A a	6,3417 A a	5,9246 A a	6,2859 A a
	40	7,0913 A b	8,8860 B b	6,8842 A b	5,8692 C ab
	50	7,9901 A c	6,3647 B a	6,8796 C b	5,8946 B ab
	60	6,8644 A b	6,3767 A a	6,7296 A b	5,4697 B b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	8,8189 A a	6,1588 B a	7,7479 C a	6,5332 B a
	40	7,2369 A b	7,9200 B b	6,5814 C b	6,7482 C a
	50	7,9752 A c	7,3016 B c	7,4671 B ac	7,4580 B b
	60	8,5861 A a	6,9851 B c	7,3657 C c	6,9083 B a
4	30	7,0268 A a	6,7594 AC a	6,3786 B a	6,5768 BC ab
	40	6,0817 A b	6,3207 A bc	6,1899 A a	6,3175 A a
	50	6,8382 A a	6,0066 B b	6,4661 A a	6,7109 A b
	60	6,8652 A a	6,6499 A ac	7,0031 A b	6,6856 A ab
8	30	6,7261 A ab	6,6504 A a	7,1649 B ab	6,8984 AB a
	40	7,0644 A ac	6,9915 A a	6,9410 A a	6,8078 A a
	50	6,4791 A b	7,4821 B b	7,3830 B b	7,1423 B ab
	60	7,1266 AB c	6,8919 A a	7,3724 BC b	7,5200 C b
12	30	6,2801 A a	7,3797 B a	6,5751 A a	6,4901 A a
	40	7,3350 A b	6,4284 B b	6,6210 B a	7,0079 A b
	50	7,2488 A b	5,9130 B c	6,9324 AC ab	6,5830 C a
	60	6,5800 A a	7,4568 B a	7,1252 B b	6,7157 A ab

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.40- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	6,2550 A a	5,5432 B a	5,5694 B a	5,4443 B a
	40	5,6374 A b	5,7892 A a	6,2385 B b	6,2934 B b
	50	5,9263 A ab	5,7191 A a	5,8898 A ab	5,8515 A ab
	60	5,9065 A ab	5,7298 A a	8,2621 B c	5,8788 A ab
4	30	6,6256 AB a	6,7731 AB a	6,5031 A a	6,9857 B a
	40	6,4260 A a	6,5612 A a	7,0126 B b	6,5868 AB a
	50	6,7585 A a	6,9612 A a	6,7264 A ab	7,5850 B b
	60	6,6603 A a	6,7184 A a	6,9299 A ab	6,6779 A a
8	30	5,8259 A ab	5,8252 A a	5,3936 A a	5,5539 A a
	40	5,5581 A a	6,2722 B b	5,5072 A a	5,6116 A a
	50	5,5879 A a	6,4042 B b	6,4219 B b	6,2148 B b
	60	6,1483 A b	7,0322 B c	6,3622 A b	6,4528 A b
12	30	6,0305 A a	6,1627 AB a	6,5141 B ac	7,2275 C a
	40	7,0230 A b	5,9516 BC a	5,9439 B b	6,3881 C b
	50	6,6042 A bc	5,9845 B a	6,2201 AB ab	5,7802 B c
	60	6,5570 A c	7,3314 B b	6,8192 A c	6,4215 A b
<i>Café Descascado</i>					
0	30	6,0935 A ab	6,2093 A ac	5,8489 A ab	6,0884 A a
	40	6,4735 A b	6,4006 A a	6,1734 AB a	5,8929 B ab
	50	5,7423 A a	5,4701 A b	5,5193 A b	5,7584 A ab
	60	5,7161 A a	5,7252 A bc	5,6542 A b	5,5687 A b
4	30	6,7082 A a	6,9906 AB a	7,2475 B a	6,8512 AB a
	40	7,1934 A a	7,2185 A a	7,3109 A a	6,8277 A a
	50	6,7613 A a	7,1136 AB a	7,4032 B a	7,2283 AB a
	60	7,1626 A a	7,1970 A a	7,3071 A a	6,9308 A a
8	30	6,2068 A a	6,4821 A a	7,1570 B a	6,5616 A a
	40	6,7572 A b	6,6940 A a	6,6859 A ab	6,7648 A ab
	50	6,4314 A ab	6,6183 A a	6,4935 A b	6,6545 A ab
	60	6,7166 A b	6,6873 A a	6,6807 A ab	7,1019 A b
12	30	7,4861 A a	7,3505 A a	7,0624 AB a	6,7637 B ac
	40	6,6447 A b	6,5987 A b	7,2557 B a	8,0114 C b
	50	8,0637 A c	7,2629 B a	6,5322 C b	7,0830 B a
	60	7,1682 A a	7,0293 A ab	6,4535 B b	6,3922 B c
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	8,8189 A a	6,1588 B a	7,7479 C a	6,5332 D a
	40	7,2369 A b	7,9200 B b	6,5814 C b	6,7482 C ab
	50	7,9752 A c	7,3016 B c	7,4671 B c	7,4580 B c
	60	8,5861 A d	6,9851 B d	7,3657 C c	6,9083 B b
4	30	6,2577 A a	6,1100 AB a	5,9335 BC a	5,7997 C a
	40	6,5395 A b	5,8444 B b	5,7122 B b	5,8886 B a
	50	6,6787 A b	6,0724 B a	6,4950 A c	7,2504 C b
	60	7,2062 A c	7,1965 A c	5,5394 B b	6,8578 C c
8	30	6,7830 A a	6,7711 A a	6,7715 A a	7,9031 B a
	40	7,1575 A b	7,1501 A b	7,1069 A b	7,1379 A b
	50	7,5236 A c	7,5515 AC c	6,9679 B ab	7,7499 C a
	60	7,4375 A c	7,1709 B b	7,0779 B b	7,1216 B b
12	30	6,7092 A a	5,0626 B a	7,5259 C a	7,5425 C a
	40	6,9600 A b	6,9753 A b	6,9183 A b	6,9491 A b
	50	7,0620 A b	6,0650 B c	5,6452 C c	5,6809 C c
	60	6,2821 A c	7,0263 B b	6,0158 C d	5,1034 D d

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.41- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	6,2550 A a	5,5432 B a	5,5694 B a	5,4443 B a
	4	6,3049 A a	6,6581 A b	6,7029 A b	6,7273 A b
	8	6,9148 A b	6,1488 B b	6,9050 A b	6,9095 A b
	12	7,3469 A b	7,7626 AB c	7,4658 A c	8,0568 B c
40	0	5,6374 A a	5,7892 AB a	6,2385 B a	6,2934 B a
	4	6,7490 A b	6,6483 A b	6,5679 A ab	6,4281 A ab
	8	6,9898 A b	7,0358 A b	6,8993 A b	6,8547 A b
	12	8,1833 A c	7,6941 AB c	7,8419 AB c	7,4695 B c
50	0	5,9263 A a	5,7191 A a	5,8898 A a	5,8515 A a
	4	6,3724 A ab	6,5987 AB b	6,9408 B b	6,8678 AB b
	8	6,7812 A b	6,7886 A b	6,8269 A b	6,6681 A b
	12	7,9937 A c	7,4758 B c	8,1662 A c	7,6847 AB c
60	0	5,9065 A a	5,7298 A a	8,2621 B a	5,8788 A a
	4	6,8771 A b	6,8827 A b	6,6514 A b	6,8284 A b
	8	7,3388 A b	6,7792 B b	7,2207 AB c	6,9572 AB b
	12	8,0140 A c	8,1248 AB c	8,5360 B a	8,2377 AB c
<i>Café Descascado</i>					
30	0	6,0935 A a	6,2093 A a	5,8489 A a	6,0884 A a
	4	6,3036 A a	6,2758 A a	6,1876 A ab	6,3947 A ab
	8	6,5137 A a	6,3423 A a	6,5262 A b	6,7010 A b
	12	6,3110 A a	6,3417 A a	5,9246 A a	6,2859 A ab
40	0	6,4735 A a	6,4006 A a	6,1734 AB a	5,8929 B a
	4	6,5921 A a	6,4905 A a	6,4093 A ab	6,4895 A b
	8	6,7107 AB ab	6,5804 A a	6,6451 AB ab	7,0861 B c
	12	7,0913 A b	8,8860 B b	6,8842 A b	5,8692 C a
50	0	5,7423 A a	5,4701 A a	5,5193 A a	5,7584 A a
	4	6,3201 A b	5,8649 A ab	6,0239 A b	6,1625 A ab
	8	6,8977 A c	6,2597 B bc	6,5285 AB c	6,5665 AB b
	12	7,9901 A d	6,3647 B c	6,8796 C c	5,8946 B a
60	0	5,7161 A a	5,7252 A a	5,6542 A a	5,5687 A a
	4	6,0735 A ab	6,0905 A ab	6,2710 A b	6,2522 A b
	8	6,4309 A bc	6,4559 AB b	6,8877 AB c	6,9356 B c
	12	6,8644 A c	6,3767 A b	6,7296 A bc	5,4697 B a
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	8,8189 A a	6,1588 B a	7,7479 C a	6,5332 B ab
	4	7,0268 A b	6,7594 AC b	6,3786 B b	6,5768 BC ab
	8	6,7261 A b	6,6504 A b	7,1649 B c	6,8984 AB a
	12	6,2801 A c	7,3797 B c	6,5751 A b	6,4901 A b
40	0	7,2369 A a	7,9200 B a	6,5814 C a	6,7482 C a
	4	6,0817 A b	6,3207 A b	6,1899 A b	6,3175 A b
	8	7,0644 A a	6,9915 A c	6,9410 A a	6,8078 A a
	12	7,3350 A a	6,4284 B b	6,6210 B a	7,0079 A a
50	0	7,9752 A a	7,3016 B a	7,4671 B a	7,4580 B a
	4	6,8382 A b	6,0066 B b	6,4661 A b	6,7109 A b
	8	6,4791 A b	7,4821 B a	7,3830 B a	7,1423 B a
	12	7,2488 A c	5,9130 B b	6,9324 AC c	6,5830 C b
60	0	8,5861 A a	6,9851 B a	7,3657 C a	6,9083 B a
	4	6,8652 A bc	6,6499 A a	7,0031 A a	6,6856 A a
	8	7,1266 AB b	6,8919 A a	7,3724 BC a	7,5200 C b
	12	6,5800 A c	7,4568 B b	7,1252 B a	6,7157 A a

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.42- Valores médios de compostos fenólicos totais (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	6,2550 A ab	5,5432 B a	5,5694 B a	5,4443 B a
	4	6,2556 AB a	6,7731 AB b	6,5031 A b	6,9857 B b
	8	5,8259 A b	5,8252 A ac	5,3936 A a	5,5539 A a
	12	6,0305 A b	6,1627 AB c	6,5141 B b	7,2275 C b
40	0	5,6374 A a	5,7892 A a	6,2385 B a	6,2934 B a
	4	6,4260 A b	6,5612 A b	7,0126 B b	6,5868 AB a
	8	5,5581 A a	6,2722 B bc	5,5072 A c	5,6116 A b
	12	7,0230 A c	5,9516 BC ac	5,9439 B ac	6,3881 C a
50	0	5,9263 A a	5,7191 A a	5,8898 A a	5,8515 A a
	4	6,7585 A b	6,9612 A b	6,7264 A b	7,5850 B b
	8	5,5879 A a	6,4042 B c	6,4219 B bc	6,2148 B a
	12	6,6042 A b	5,9845 B ac	6,2201 AB ac	5,7802 B a
60	0	5,9065 A a	5,7298 A a	8,2621 B a	5,8788 A a
	4	6,6603 A b	6,7184 A b	6,9299 A b	6,6779 A b
	8	6,1483 A ac	7,0322 B bc	6,3622 A c	6,4528 A b
	12	6,5570 A bc	7,3314 B c	6,8192 A b	6,4215 A b
<i>Café Descascado</i>					
30	0	6,0935 A a	6,2093 A a	5,8489 A a	6,0884 A a
	4	6,7082 A b	6,9906 AB b	7,2475 B b	6,8512 AB b
	8	6,2068 A a	6,4821 A a	7,1570 B b	6,5616 A ab
	12	7,4861 A c	7,3505 A b	7,0624 AB b	6,7637 B b
40	0	6,4735 A a	6,4006 A a	6,1734 AB a	5,8929 B a
	4	7,1934 A b	7,2185 A b	7,3109 A b	6,8277 A b
	8	6,7572 A ab	6,6940 A a	6,6859 A c	6,7648 A b
	12	6,6447 A a	6,5987 A a	7,2557 B b	8,0114 C c
50	0	5,7423 A a	5,4701 A a	5,5193 A a	5,7584 A a
	4	6,7613 A b	7,1136 AB b	7,4032 B b	7,2283 AB b
	8	6,4314 A b	6,6183 A c	6,4935 A c	6,6545 A c
	12	8,0637 A c	7,2629 B b	6,5322 C c	7,0830 B bc
60	0	5,7161 A a	5,7252 B a	5,6542 A a	5,5687 A a
	4	7,1626 A b	7,1970 A b	7,3071 A b	6,9308 A b
	8	6,7166 A b	6,6873 A c	6,6807 A c	7,1019 A b
	12	7,1682 A b	7,0293 A bc	6,4535 B c	6,3922 B c
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	8,8189 A a	6,1588 B a	7,7479 C a	6,5332 D a
	4	6,2577 A b	6,1100 AB a	5,9335 BC b	5,7997 C b
	8	6,7830 A c	6,7711 A b	6,7715 A c	7,9031 B c
	12	6,7092 A c	5,0626 B c	7,5259 C d	7,5425 C d
40	0	7,2369 A a	7,9200 B a	6,5814 C a	6,7482 C a
	4	6,5395 A b	5,8444 B b	5,7122 B b	5,8886 B b
	8	7,1575 A ac	7,1501 A c	7,1069 A c	7,1379 A c
	12	6,9600 A c	6,9753 A c	6,9183 A c	6,9491 A ac
50	0	7,9752 A a	7,3016 B a	7,4671 B a	7,4580 B a
	4	6,6787 A b	6,0724 B b	6,4950 A b	7,2504 C a
	8	7,5236 A c	7,5515 AC c	6,9679 B c	7,7499 C b
	12	7,0620 A d	6,0650 B b	5,6452 C d	5,6809 C c
60	0	8,5861 A a	6,9851 B a	7,3657 C a	6,9083 B ab
	4	7,2062 A b	7,1965 A a	5,5394 B b	6,8578 C b
	8	7,4375 A c	7,1709 B a	7,0779 B c	7,1216 B a
	12	6,2821 A d	7,0263 B a	6,0158 C d	5,1034 D c

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.5- Gordura

Os resultados relativos ao teor de gordura dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo estudadas encontram-se nos Quadros 7.43 e 7.44. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Nos Quadros 7.45 e 7.46 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para o teor de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente. Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas possíveis interações; exceto para o fator de variação umidade relativa do ar de secagem dos grãos de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C.

Nos Quadros 7.46 e 7.47 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam no teor de gordura dos frutos e grãos de café, exceto o fator umidade relativa do ar de secagem para os grãos de café cereja armazenados em ambiente com temperatura controlada, e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou índices de gordura próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. O que parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação não é suficiente para reduzir de forma expressiva o efeito latente da secagem à temperaturas mais elevadas sobre a acidez do café.

Analisando os Quadros 7.46 e 7.47, verifica-se para o fator período de armazenagem que o teor de gordura dos frutos e grãos de café aumenta significativamente já a partir do quarto mês de armazenagem, tendendo a reduzir os valores desse composto depois do oitavo mês com o prolongamento do tempo de conservação do produto, independente da condição de armazenamento. Observa-se, também, a influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a composição de gordura do café, para as duas condições de armazenagem, em que verifica-se uma tendência de aumento dos teores desse composto com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Nota-se ainda para as formas de

QUADRO 7.43- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	11,30	14,45	14,95	11,60
	40	11,85	15,10	13,85	9,95
	50	12,36	15,30	14,55	12,05
	60	11,00	14,90	13,90	10,50
40	30	10,90	15,70	14,30	11,50
	40	11,25	15,55	13,85	11,30
	50	12,30	15,50	14,40	11,70
	60	10,40	14,70	14,90	10,95
50	30	11,30	16,00	13,90	10,75
	40	11,50	16,05	13,80	11,05
	50	10,90	16,05	13,90	11,30
	60	11,45	15,95	14,35	11,15
60	30	12,20	14,15	14,60	10,25
	40	10,60	13,65	16,40	10,85
	50	10,30	14,00	15,20	10,25
	60	10,70	15,00	15,23	10,50
<i>Café Descascado</i>					
30	30	10,70	12,73	14,75	12,40
	40	10,40	12,18	13,95	12,30
	50	10,50	12,20	13,90	11,70
	60	11,30	13,10	14,90	11,75
40	30	12,35	13,20	14,05	11,70
	40	14,20	13,90	13,60	12,15
	50	10,10	12,08	14,05	11,60
	60	10,50	11,70	12,90	11,85
50	30	11,85	13,15	14,45	10,55
	40	13,15	13,88	14,60	11,65
	50	10,70	12,75	14,80	10,40
	60	12,65	13,85	15,05	10,35
60	30	10,75	13,40	16,05	10,15
	40	13,15	14,78	16,40	10,10
	50	12,25	14,23	16,20	11,50
	60	13,75	14,88	16,00	10,00
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	10,45	15,05	13,15	12,45
	40	10,40	15,00	14,15	13,05
	50	10,15	9,18	14,05	14,30
	60	9,85	14,40	13,40	13,65
40	30	10,50	15,10	12,60	14,25
	40	10,00	14,50	13,65	14,20
	50	11,30	14,00	13,30	13,30
	60	12,05	15,30	14,05	13,10
50	30	12,20	15,25	14,15	12,75
	40	12,85	15,10	13,45	13,15
	50	13,20	14,50	12,90	13,05
	60	12,85	13,95	14,70	11,90
60	30	11,70	13,90	14,90	11,60
	40	12,40	14,35	15,20	12,50
	50	13,30	15,30	15,55	13,05
	60	11,70	15,60	14,90	13,95

QUADRO 7.44- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)				
		0	4	8	12	
<i>Café Cereja</i>						
30	30	11,30	14,45	13,45	10,50	
	40	11,85	15,40	13,85	10,10	
	50	12,36	15,05	13,95	10,90	
	60	11,00	15,40	13,00	10,10	
40	30	10,90	15,20	14,50	10,70	
	40	11,25	14,90	13,80	11,25	
	50	12,30	14,80	13,95	10,10	
50	60	10,40	14,55	15,15	10,55	
	30	11,30	16,30	15,20	9,90	
	40	11,50	16,40	14,85	10,30	
60	50	10,90	15,70	14,05	10,85	
	60	11,45	16,15	15,55	12,50	
	30	12,20	15,00	14,40	12,10	
	40	10,60	15,90	14,70	10,45	
60	50	10,30	16,15	14,20	12,00	
	60	10,70	15,60	14,95	11,25	
	<i>Café Descascado</i>					
	30	30	10,70	14,65	13,60	10,70
40		10,40	14,75	14,25	11,70	
50		10,50	14,55	14,20	12,10	
60		11,30	13,95	13,00	11,95	
40	30	12,35	13,65	12,05	11,50	
	40	14,20	14,05	13,05	11,60	
	50	10,10	13,90	12,65	12,15	
	60	10,50	14,00	12,25	10,85	
50	30	11,85	13,65	12,65	10,85	
	40	13,15	13,45	13,50	11,05	
	50	10,70	13,55	13,70	11,00	
	60	12,65	13,90	14,20	10,35	
60	30	10,75	14,55	13,05	11,30	
	40	13,15	15,10	13,70	10,75	
	50	12,25	15,10	13,55	11,00	
	60	13,75	14,10	12,90	11,15	
<i>Café Despulpado</i>						
30	30	10,45	14,70	13,90	13,15	
	40	10,40	12,90	13,70	13,10	
	50	10,15	14,95	13,75	11,65	
	60	9,85	15,15	14,05	11,10	
40	30	10,50	15,15	13,55	10,80	
	40	10,00	14,55	14,00	13,10	
	50	11,30	15,80	13,95	12,00	
	60	12,05	15,65	13,65	10,65	
50	30	12,20	14,35	13,95	14,15	
	40	12,85	13,90	13,85	14,05	
	50	13,20	14,70	14,05	12,90	
	60	12,85	13,90	14,15	13,95	
60	30	11,70	14,15	13,35	14,10	
	40	12,40	13,00	13,80	13,65	
	50	13,30	13,50	14,05	14,40	
	60	11,70	14,95	14,35	12,70	

QUADRO 7.45- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	146,8469 **	78,3597 **	64,0052 **
Temperatura (B)	3	0,8302 **	5,6616 **	2,5381 **
Umidade Relativa (C)	3	0,3929 **	2,8986 **	1,3614 **
A x B	9	2,8722 **	5,9766 **	5,2567 **
A x C	9	0,1807 *	1,2474 **	0,2703 **
B x C	9	0,7160 **	2,4122 **	1,2257 **
A x B x C	27	0,6787 **	0,7430 **	1,0210 **
Resíduo	64	0,0838	0,0292	205,0781
Total	127			
C.V. (%)		2,2310	1,3400	1,8760

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 7.45- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	163,9230 **	57,6458 **	51,9707 **
Temperatura (B)	3	2,9934 **	1,4590 **	6,8369 **
Umidade Relativa (C)	3	0,0326 n.s.	1,9094 **	0,4534 **
A x B	9	1,5124 **	3,1217 **	5,4110 **
A x C	9	0,5917 **	1,5288 **	2,0402 **
B x C	9	0,9136 **	0,6447 **	0,4629 **
A x B x C	27	0,7770 **	1,0187 **	0,7667 **
Resíduo	64	0,0617	0,0567	0,0566
Total	127			
C.V. (%)		1,9140	1,8890	1,8050

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.46- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	11,3006 a	11,7687 a	11,5562 a
4	15,1281 b	13,2484 b	14,8719 b
8	14,5047 c	14,7281 c	14,0062 c
12	10,9781 d	11,2594 d	13,1406 d
Temperatura (°C)			
30	13,0087 a	12,4219 a	13,1344 a
40	13,0750 a	12,4953 a	13,2000 a
50	13,0875 a	12,7391 b	13,4969 b
60	12,7422 b	13,3484 c	13,7437 c
Umidade Relativa (%)			
30	12,9906 ab	12,6391 a	13,1250 a
40	12,9125 a	13,1484 b	13,3719 b
50	13,1287 b	12,4344 c	13,6187 c
60	12,8797 a	12,7828 d	13,4594 bc

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.47- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	11,2694 a	11,7687 a	11,5562 a
4	15,4344 b	14,1812 b	14,4562 b
8	14,3466 c	13,2250 c	13,8812 c
12	10,8469 d	11,2500 d	12,8406 d
Temperatura (°C)			
30	12,6659 a	12,6437 a	12,6844 a
40	12,7687 a	12,3844 b	12,9187 b
50	13,3062 b	12,5125 ab	13,6875 c
60	13,1562 b	12,8844 c	13,4437 d
Umidade Relativa (%)			
30	12,9625 a	12,3656 a	13,1344 a
40	12,9437 a	12,9469 b	13,0781 a
50	12,9722 a	12,5625 c	13,3531 b
60	13,0187 a	12,5500 c	13,1687 a

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

preparo descascado e despulpado uma maior sensibilidade à variação da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre o teor de gordura dos grãos de café. Uma provável explicação para tal comportamento, de acordo com CARVALHO et al. (1997), seria o fato que os óleos dos grãos de café em condições de aquecimento e na presença de ácidos, podem ser hidrolisados para glicerol e ácidos graxos, sendo estes últimos parcialmente volatilizados. Portanto, esses resultados parecem sugerir a existência de uma provável relação entre o aumento da acidez durante o período de armazenagem e a redução do teor de gordura dos frutos e grãos de café, bem como, entre a tendência de aumento da acidez, como verificado com maior evidência para os frutos de café cereja, e a redução dos teores de gordura com a diminuição da temperatura do ar de secagem. É importante salientar a importância da presença dos ácidos graxos na composição dos grãos torrados de café por reduzir a tensão superficial durante o preparo da bebida, evitando a formação de espuma, indesejável para os cafés de boa qualidade.

Nos Quadros 7.48 e 7.49 encontram-se os valores médios de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que de modo geral os resultados não mostram uma tendência definida de variação, mas parece indicar que os frutos e grãos de café tendem a mostrar um menor teor de gordura quando submetido à secagem com temperaturas menos elevadas, não havendo grandes diferenças nos valores de gordura obtidos para os produtos mantidos nas diferentes condições de armazenagem. Observa-se ainda o efeito do aumento do tempo de armazenagem sobre a elevação do teor de gordura dos frutos e grãos de café das duas condições de estocagem avaliadas, até o oitavo mês de armazenamento, para em seguida apresentar uma redução dos índices desse composto.

Nos Quadros 7.50 e 7.51 encontram-se os valores médios de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, além do efeito anteriormente mencionado do período de armazenagem, uma influência pouco acentuada da umidade relativa do ar de secagem sobre a porção de gordura dos frutos e grãos de café, apresentando uma ligeira tendência de redução do teor de gordura com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto.

QUADRO 7.48- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	11,7255 A a	11,2125 B a	11,2875 B a	10,9500 B a
4	14,9375 A b	15,3625 B b	16,0125 C b	14,2000 D b
8	14,3125 A c	14,3625 A c	13,9875 A c	15,3562 B c
12	11,0250 A d	11,3625 A A	11,0625 A a	10,4625 B d
Descascado				
0	10,7250 A a	11,7875 B a	12,0875 C a	12,4750 D a
4	12,5500 A b	12,7187 A b	13,4062 B b	14,3187 B b
8	14,3750 A c	13,6500 B c	14,7250 C c	16,1625 D c
12	12,0375 A d	11,8250 A a	10,7375 B d	10,4375 C d
Despulpado				
0	10,2125 A a	10,9625 B a	12,7750 C a	12,2750 D a
4	15,2750 A b	14,7250 B b	14,7000 B b	14,7875 B b
8	13,6875 AB c	13,4000 A c	13,8000 B c	15,1375 C c
12	13,3625 A c	13,7125 B c	12,7125 C a	12,7750 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.49- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	11,6275 A a	11,2125 BC a	11,2875 B a	10,9500 C a
4	15,0750 A b	14,8625 A b	16,1375 B b	15,6625 B b
8	13,5612 A c	14,3500 B c	14,9125 C c	14,5625 B c
12	10,4000 A d	10,6500 AB d	10,8875 B d	11,4500 C d
Descascado				
0	10,7250 A a	11,7875 B a	12,0875 B a	12,4750 C a
4	14,4750 A b	13,9000 B b	13,6375 B b	14,7125 A b
8	13,7625 A c	12,3250 B c	13,5125 AC b	13,3000 C c
12	11,6125 A d	11,5250 A a	10,8125 B c	11,0500 B d
Despulpado				
0	10,2125 A a	10,9625 B a	12,7750 C a	12,2750 D a
4	14,4250 A b	15,2875 B b	14,2125 AC b	13,9000 C b
8	13,8500 A c	13,7875 A c	14,0000 A bc	13,8875 A b
12	12,2500 A d	11,6375 B d	13,7625 C c	13,7125 C b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.50- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	11,4250 A a	11,3000 AB a	11,4650 A a	11,0125 B a
4	15,0750 A b	15,0875 A b	15,2125 A b	15,1375 A b
8	14,4375 A c	14,4750 AB c	14,5125 A c	14,5937 A c
12	11,0250 AB d	10,7875 A d	11,3250 B a	10,7750 A a
Descascado				
0	11,4125 A a	12,7250 B a	10,8875 C a	12,0500 D a
4	13,1187 A b	13,6812 B b	12,8125 C b	13,3812 D b
8	14,8250 A c	14,6375 A c	14,7375 A c	14,7125 A c
12	11,2000 AC a	11,5500 B d	11,3000 A d	10,9875 C d
Despulpado				
0	11,2125 A a	11,4125 A a	11,9875 B a	11,6125 C a
4	14,8250 AB b	14,7375 A b	15,1125 B b	14,8125 AB b
8	13,7000 A c	14,1125 B c	13,9500 AB c	14,2625 B c
12	12,7625 A d	13,2250 B d	13,4250 B d	13,1500 B d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.51- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	11,4250 A a	11,3000 A a	11,4650 A a	10,8875 B a
4	15,2375 A b	15,6500 B b	15,4250 AB b	15,4250 AB b
8	14,3875 AC c	14,3000 AB c	14,0362 B c	14,6625 C c
12	10,8000 AB d	10,5250 A d	10,9625 B d	11,1000 B a
Descascado				
0	11,4125 A a	12,7250 B a	10,8875 C a	12,0500 D a
4	14,1250 AB b	14,3375 A b	14,2750 AB b	13,9875 B b
8	12,8375 A c	13,4500 B c	13,5250 B c	13,0875 A c
12	11,0875 A d	11,2750 AB d	11,5625 B d	11,0750 A d
Despulpado				
0	11,2125 A a	11,4125 AB a	11,9875 C a	11,6125 B a
4	14,5875 A b	13,5875 B bc	14,7375 AC b	14,9125 C b
8	13,6875 A c	13,8375 AB b	13,9500 AB c	14,0500 B c
12	13,0500 A d	13,4750 B c	12,7375 A d	12,1000 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos Quadros 7.52 e 7.53 encontram-se os valores médios dos teores de gordura dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se nestes quadros, como observado anteriormente, que o teor de gordura do café sofre influência da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, apresentando de modo geral uma pequena tendência de diminuição do teor de gordura com a redução da umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto, assim como, uma propensão de elevação dos valores de gordura com o aumento da temperatura do ar de secagem, independente da condição de armazenagem. Fato também observado ao se analisar os Quadros 7.54 a 7.57, para interação dos três fatores analisados.

QUADRO 7.52- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	13,0750 A a	12,6875 B a	13,5650 C a	12,7000 AB a
40	13,1000 AB a	12,9875 A ab	13,4750 B a	12,7375 A a
50	12,9875 A a	13,1000 A b	13,0375 A b	13,2250 A b
60	12,8000 AB a	12,8750 A ab	12,4375 B c	12,8562 A ab
Descascado				
30	12,6437 A ab	12,2062 B a	12,0750 B a	12,7625 A a
40	12,8250 A a	13,4625 B bc	11,9562 C a	11,7375 C b
50	12,5000 A b	13,3187 B b	12,1625 C a	12,9750 D a
60	12,5875 A b	13,6062 B c	13,5437 B b	13,6562 B c
Despolpado				
30	12,7750 A a	13,1500 B a	13,7875 C a	12,8250 AB a
40	13,1125 A b	13,0875 A a	12,9750 A b	13,6250 B b
50	13,5875 A c	13,6375 A b	13,4125 A c	13,3500 A b
60	13,0250 A ab	13,6125 B b	14,3000 C d	14,0375 C c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.53- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	12,4250 A a	12,8000 B a	13,0637 B ab	12,3750 A a
40	12,8250 A b	12,8000 A a	12,7875 A a	12,6625 A a
50	13,1750 AB c	13,2625 A b	12,8750 B ab	13,9125 C b
60	13,4250 A c	12,9125 B a	13,1625 AB b	13,1250 AB c
Descascado				
30	12,4125 A a	12,7750 B a	12,8375 B a	12,5500 AB a
40	12,3875 A a	13,0500 B ab	12,2000 AC b	11,9000 C b
50	12,2500 A a	12,7875 B a	12,2375 A b	12,7750 B ac
60	12,4125 A a	13,1750 B b	12,9750 B b	12,9750 B c
Despolpado				
30	13,0500 A a	12,5250 B a	12,6250 B a	12,5375 B a
40	12,5000 A b	12,9125 B b	13,2625 C b	13,0000 BC b
50	13,6625 A c	13,6625 A c	13,7125 A c	13,7125 A c
60	13,3250 A a	13,2125 A b	13,8125 B c	13,4250 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.54- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	11,300 A a	11,850 AB a	12,360 B a	11,500 A a
	40	10,900 AC a	11,250 A ab	12,300 B a	10,400 C b
	50	11,300 A a	11,500 A a	10,900 A b	11,450 A ac
	60	12,200 A b	10,600 B b	10,300 B b	10,700 B bc
4	30	14,450 A a	15,100 AB a	15,300 B a	14,900 AB a
	40	15,700 A b	15,550 A ab	15,500 A a	14,700 B a
	50	16,000 A b	16,050 A b	16,050 A a	15,950 A b
	60	14,150 A a	13,650 A c	14,000 A b	15,000 B a
8	30	14,950 A a	13,850 B a	14,550 AB ab	13,900 B a
	40	14,300 AB ab	13,850 A a	14,400 AB a	14,900 B bc
	50	13,900 A b	13,800 A a	13,900 A a	14,350 A ab
	60	14,600 A ab	16,400 B b	15,200 A b	15,225 A c
12	30	11,600 A a	9,950 B a	12,050 A a	10,500 B a
	40	11,500 A ab	11,300 A b	11,700 A a	10,950 A a
	50	10,750 A bc	11,050 A b	11,300 A a	11,150 A a
	60	10,250 A c	10,850 A b	10,250 A b	10,500 A a
<i>Café Descascado</i>					
0	30	10,700 A a	10,400 A a	10,500 A ab	11,300 B a
	40	12,350 A b	14,200 B b	10,100 C a	10,500 C b
	50	11,850 A c	13,150 B c	10,700 C b	12,650 D c
	60	10,750 A a	13,150 B c	12,250 C c	13,750 D d
4	30	12,725 A a	12,175 B a	12,200 B a	13,100 A a
	40	13,200 A b	13,900 B b	12,075 C a	11,700 C b
	50	13,150 A ab	13,875 B b	12,750 A b	13,850 B c
	60	13,400 A b	14,775 B c	14,225 C c	14,875 B d
8	30	14,750 A a	13,950 B a	13,900 B a	14,900 A a
	40	14,050 A b	13,600 A a	14,050 A a	12,900 B b
	50	14,450 A ab	14,600 AB b	14,800 AB b	15,050 B a
	60	16,050 A c	16,400 A c	16,200 A c	16,000 A c
12	30	12,400 A a	12,300 A a	11,700 B a	11,750 B a
	40	11,700 AB b	12,150 A a	11,600 B a	11,850 AB a
	50	10,550 A c	11,650 B b	10,400 A b	10,350 A b
	60	10,150 A c	10,100 A c	11,500 B a	10,000 A b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	10,450 A a	10,400 A a	10,150 A a	9,850 A a
	40	10,500 A a	10,000 A a	11,300 B b	12,050 C b
	50	12,200 A b	12,850 AB b	13,200 B c	12,850 AB c
	60	11,700 A b	12,400 B b	13,300 C c	11,700 A b
4	30	15,050 A a	15,000 A ab	16,650 B a	14,400 A a
	40	15,100 AC a	14,500 AB ab	14,000 B b	15,300 C b
	50	15,250 A a	15,100 AB a	14,500 BC b	13,950 C a
	60	13,900 A b	14,350 A b	15,300 B c	15,600 B b
8	30	13,150 A a	14,150 B a	14,050 BC a	13,400 AC a
	40	12,600 A a	13,650 BC ab	13,300 B b	14,050 C ab
	50	14,150 A b	13,450 B b	12,900 B b	14,700 A bc
	60	14,900 A c	15,200 A c	15,550 A c	14,900 A c
12	30	12,450 A a	13,050 AC a	14,300 B a	13,650 BC ac
	40	14,250 A b	14,200 A b	13,300 B b	13,100 B a
	50	12,750 A a	13,150 A a	13,050 A b	11,900 B b
	60	11,600 A c	12,500 B a	13,050 B b	13,950 C c

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.55- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	11,300 AC a	11,850 AB a	12,360 B a	11,000 C ab
	40	10,900 AC a	11,250 A ab	12,300 B a	10,400 C a
	50	11,300 A a	11,500 A a	10,900 A b	11,450 A b
	60	12,200 A b	10,600 B b	10,300 B b	10,700 B a
4	30	14,450 A a	15,400 B ac	15,050 AB ab	15,400 B a
	40	15,200 A b	14,900 A a	14,800 A a	14,550 A b
	50	16,300 AB c	16,400 A b	15,700 B bc	16,150 AB c
	60	15,000 A ab	15,900 B bc	16,150 B c	15,600 AB ac
8	30	13,450 AB a	13,850 A a	13,945 A a	13,000 B a
	40	14,500 AC b	13,800 B a	13,950 AB a	15,150 C b
	50	15,200 AC c	14,850 A b	14,050 B a	15,550 C b
	60	14,400 AB b	14,700 AB b	14,200 A a	14,950 B b
12	30	10,500 AB ab	10,100 A a	10,900 B a	10,100 A a
	40	10,700 AB b	11,250 A b	10,100 B b	10,550 B a
	50	9,900 A c	13,300 AB a	10,850 B a	12,500 C b
	60	12,100 A c	10,450 B a	12,000 A a	11,250 C c
<i>Café Descascado</i>					
0	30	10,700 AB a	10,400 A a	10,500 A a	11,300 B a
	40	12,350 A b	14,200 B b	10,100 C a	10,500 C b
	50	11,850 A b	13,150 B c	10,700 C a	12,650 B c
	60	10,750 A a	13,150 B c	12,250 C b	13,750 B d
4	30	14,650 A a	14,750 A a	14,550 AB a	13,950 B a
	40	13,650 A b	14,050 A b	13,900 A b	14,000 A a
	50	13,650 A a	13,450 A b	13,550 A b	13,900 A a
	60	14,550 AB a	15,100 A a	15,100 A a	14,100 B a
8	30	13,600 AC a	14,250 B a	14,200 AB a	13,000 C a
	40	12,050 A b	12,350 A b	12,650 A b	12,250 A b
	50	12,650 A bc	13,500 B c	13,700 BC ac	14,200 C c
	60	13,050 AC ac	13,700 B ac	13,550 AB c	12,900 C a
12	30	10,700 A a	11,700 B a	12,100 B a	11,950 B a
	40	11,500 A b	11,600 AB ab	12,150 B a	10,850 C bc
	50	10,850 AB a	11,050 A bc	11,000 A b	10,350 B c
	60	11,300 A ab	10,750 A c	11,000 A b	11,150 A b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	10,450 A a	10,400 A a	10,150 A a	9,850 A a
	40	10,500 A a	10,000 A a	11,300 B b	12,050 C b
	50	12,200 A b	12,850 B b	13,200 B c	12,850 B c
	60	11,700 A b	12,400 B b	13,300 C c	11,700 A b
4	30	14,700 A ab	12,900 B a	14,950 A a	15,150 A ac
	40	15,150 AC a	14,550 A b	15,800 B b	15,650 BC a
	50	14,350 AB b	13,900 A c	14,700 B a	13,900 A b
	60	14,150 A b	13,000 B a	13,500 B c	14,950 C c
8	30	13,900 A a	13,700 A a	13,750 A a	14,050 A ab
	40	13,550 A a	14,000 A a	13,950 A a	13,650 A a
	50	13,950 A a	13,850 A a	14,050 A a	14,150 A ab
	60	13,350 A a	13,800 AB a	14,050 B a	14,350 B b
12	30	13,150 A a	13,100 A a	11,650 B a	11,100 B a
	40	10,800 A b	13,100 B a	12,000 C a	10,650 A a
	50	14,150 A c	14,050 A b	12,900 B b	13,950 A b
	60	14,100 AB c	13,650 A ab	14,400 B c	12,700 C c

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.56- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	11,300 A a	11,850 A a	12,360 B a	11,500 A a
	4	14,450 A b	15,100 AB b	15,300 B b	14,900 AB b
	8	14,950 A b	13,850 B c	14,550 AB b	13,900 B c
	12	11,600 A a	9,950 B d	12,050 A a	10,500 B d
40	0	10,900 AC a	11,250 A a	12,300 B a	10,400 C a
	4	15,700 A b	15,550 A b	15,500 A b	14,700 B b
	8	14,300 AB c	13,850 A c	14,400 AB c	14,900 B b
	12	11,500 A a	11,300 A a	11,700 A a	10,950 A a
50	0	11,300 A a	11,500 A a	10,900 A a	11,450 A a
	4	16,000 A b	16,050 A b	16,050 A b	15,950 A b
	8	13,900 A c	13,800 A c	13,900 A c	14,350 A c
	12	10,750 A a	11,050 A a	11,300 A a	11,150 A a
60	0	12,200 A a	10,600 B a	10,300 B a	10,700 B a
	4	14,150 A b	13,650 A b	14,000 A b	15,000 B b
	8	14,600 A b	16,400 B c	15,200 A c	15,250 A b
	12	10,250 A c	10,850 A a	10,250 A a	10,500 A a
<i>Café Descascado</i>					
30	0	10,700 A a	10,400 A a	10,500 A a	11,300 B a
	4	12,725 A b	12,175 B b	12,200 B b	13,100 A b
	8	14,750 A c	13,950 B c	13,900 B c	14,900 A c
	12	12,400 A b	12,300 A b	11,700 B d	11,750 B a
40	0	12,350 A a	14,200 B a	10,100 C a	10,500 C a
	4	13,200 A b	13,900 B ab	12,075 C b	11,700 C b
	8	14,050 A c	13,600 A b	14,050 A c	12,900 B c
	12	11,700 AB d	12,150 A c	11,600 B d	11,850 AB b
50	0	11,850 A a	13,150 B a	10,700 C a	12,650 D a
	4	13,150 A b	13,875 B b	12,750 A b	13,850 B b
	8	14,450 A c	14,600 AB c	14,800 AB c	15,050 B c
	12	10,550 A d	11,650 B d	10,400 A a	10,350 A d
60	0	10,750 A a	13,150 B a	12,250 C a	13,750 D a
	4	13,400 A b	14,775 B b	14,225 C b	14,875 B b
	8	16,050 A c	16,400 A c	16,200 A c	16,000 A c
	12	10,150 A d	10,100 A d	11,500 B d	10,000 A d
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	10,450 A a	10,400 A a	10,150 A a	9,850 A a
	4	15,050 A b	15,000 A b	16,650 B b	14,400 A b
	8	13,150 A c	14,150 B c	14,050 BC c	13,400 AC c
	12	12,450 A d	13,050 AC d	14,300 B c	13,650 BC c
40	0	10,500 A a	10,000 A a	11,300 B a	12,050 C a
	4	15,100 AC b	14,500 AB b	14,000 B b	15,300 C b
	8	12,600 A c	13,650 BC c	13,300 B c	14,050 C c
	12	14,250 A d	14,200 A bc	13,300 B c	13,100 B d
50	0	12,200 A a	12,850 AB a	13,200 B a	12,850 AB a
	4	15,250 A b	15,100 AB b	14,500 BC b	13,950 C b
	8	14,150 A c	13,450 B a	12,900 B a	14,700 A c
	12	12,750 A a	13,150 A a	13,050 A a	11,900 B d
60	0	11,700 A a	12,400 B a	13,300 C a	11,700 A a
	4	13,900 A b	14,350 A b	15,300 B b	15,600 B b
	8	14,900 A c	15,200 A c	15,550 A b	14,900 A c
	12	11,600 A a	12,400 B a	13,050 B a	13,950 C d

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.57- Valores médios de gordura (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	11,300 AC a	11,850 AB a	12,360 B a	11,000 C a
	4	14,450 A b	15,400 B b	15,050 AB b	15,400 B b
	8	13,450 AB c	13,850 A c	13,945 A c	13,000 B c
	12	10,500 AB d	10,100 A d	10,900 B d	10,100 A d
40	0	10,900 AC a	11,250 A a	12,300 B a	10,400 C a
	4	15,200 A b	14,900 A b	14,800 A b	14,550 A b
	8	14,500 AC c	13,800 B c	13,950 AB c	15,150 C b
	12	10,700 AB a	11,250 A a	10,100 B d	10,550 B a
50	0	11,300 A a	11,500 A a	10,900 A a	11,450 A a
	4	16,300 AB b	16,400 A b	15,700 B b	16,150 AB b
	8	15,200 AC c	14,850 A c	14,050 B c	15,550 C b
	12	9,900 A d	10,300 AB d	10,850 B a	12,500 C c
60	0	12,200 A a	10,600 B a	10,300 B a	10,700 B a
	4	15,000 A b	15,900 B b	16,150 B b	15,600 AB b
	8	14,400 AB b	14,700 AB c	14,200 A c	14,950 B b
	12	12,100 A a	10,450 B a	12,000 A d	11,250 C a
<i>Café Descascado</i>					
30	0	10,700 AB a	10,400 A a	10,500 A a	11,300 B a
	4	14,650 A b	14,750 A b	14,550 AB b	13,950 B b
	8	13,600 AC c	14,250 B b	14,200 AB b	13,000 C c
	12	10,700 A a	11,700 B c	12,100 B c	11,950 B d
40	0	12,350 A a	14,200 B a	10,100 C a	10,500 C a
	4	13,650 A b	14,050 A a	13,900 A b	14,000 A b
	8	12,050 A ac	12,350 A b	12,650 A c	12,250 A c
	12	11,500 A c	11,600 AB c	12,150 B c	10,850 C a
50	0	11,850 A a	13,150 B a	10,700 C a	12,650 B a
	4	13,650 A b	13,450 A a	13,550 A b	13,900 A b
	8	12,650 A c	13,500 B a	13,700 BC b	14,200 C b
	12	10,850 AB d	11,050 A b	11,000 A a	10,350 B c
60	0	10,750 A a	13,150 B a	12,250 C a	13,750 B a
	4	14,550 AB b	15,100 A b	15,100 A b	14,100 B a
	8	13,050 AC c	13,700 B a	13,550 AB c	12,900 C b
	12	11,300 A a	10,750 A c	11,000 A d	11,150 A c
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	10,450 A a	10,400 A a	10,150 A a	9,850 A a
	4	14,700 A b	12,900 B b	14,950 A b	15,150 A b
	8	13,900 A c	13,700 A c	13,750 A c	14,050 A c
	12	13,150 A d	13,100 A bc	11,650 B d	11,100 B d
40	0	10,500 A a	10,000 A a	11,300 B a	12,050 C a
	4	15,150 AC b	14,550 A b	15,800 B b	15,650 BC b
	8	13,550 A c	14,000 A b	13,950 A c	13,650 A c
	12	10,800 A a	13,100 B c	12,000 C d	10,650 A d
50	0	12,200 A a	12,850 B a	13,200 B a	12,850 B a
	4	14,350 AB b	13,900 A b	14,700 B b	13,900 A b
	8	13,950 A b	13,850 A b	14,050 A c	14,150 A b
	12	14,150 A b	14,050 A b	12,900 B a	13,950 A b
60	0	11,700 A a	12,400 B a	13,300 C a	11,700 A a
	4	14,150 A b	13,000 B a	13,500 B ab	14,950 C b
	8	13,350 A c	13,800 AB b	14,050 B bc	14,350 B b
	12	14,100 AB b	13,650 A b	14,400 B c	12,700 C c

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.6- Açúcares redutores

Os resultados relativos ao teor de açúcares redutores dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo estudadas encontram-se nos Quadros 7.58 e 7.59. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Observa-se nos quadros apresentados uma superioridade dos valores obtidos para a forma de preparo cereja, quando comparada com as outras duas formas de preparo do produto, sendo os menores valores encontrados para os grãos de café despulpado, o que se deve principalmente a contribuição da mucilagem presente nos frutos e grãos de café cereja e descascado. Esta mucilagem possui cerca de 85% de água e 15% de sólidos dos quais 20% são açúcares (CARVALHO e CHALFOUN, 1985).

Nos Quadros 7.60 e 7.61 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente. Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas possíveis interações.

Nos Quadros 7.62 e 7.63 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam no teor açúcares redutores dos frutos e grãos de café e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou índices de açúcares redutores próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. O que parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação não é suficiente para reduzir de forma expressiva o efeito latente da secagem à temperaturas mais elevadas sobre a composição do café em açúcares redutores.

Analisando os Quadros 7.62 e 7.63, observa-se para o fator período de armazenagem que o teor de açúcares redutores dos frutos e grãos de café diminui significativamente com o aumento do tempo de conservação do produto, independente da condição de armazenamento. PIMENTA et al. (2000) verificou uma decréscimo de açúcares redutores atribuído ao consumo dos mesmos pelo metabolismo anaeróbico característico da senescência. Observa-se também

a

QUADRO 7.58- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	4,1964	2,5805	2,0044	1,3622
	40	4,9215	2,4786	2,1900	1,8198
	50	3,2360	2,4492	1,9744	1,8559
	60	3,3523	2,4953	2,1490	1,5748
40	30	4,2515	2,4677	2,2762	1,4887
	40	4,1648	2,5359	2,3446	1,7435
	50	3,5712	2,4318	2,1315	1,7588
	60	3,7398	2,4823	2,2070	1,4346
50	30	4,3385	2,3698	2,2705	1,3761
	40	4,7279	2,3994	2,1159	1,7891
	50	3,1951	2,3322	2,1906	1,8341
	60	3,3097	2,3066	2,2333	1,4345
60	30	3,9647	2,2529	2,1030	1,5963
	40	5,0488	2,3273	2,1889	1,7024
	50	2,8790	2,1696	2,1878	1,7241
	60	3,4335	2,2090	2,2391	1,2857
<i>Café Descascado</i>					
30	30	1,8937	1,2176	0,5416	1,3079
	40	1,4594	1,0047	0,5499	1,3050
	50	1,8717	1,1965	0,5212	1,2775
	60	1,6699	1,0955	0,5210	1,4350
40	30	1,6316	1,0247	0,4178	1,6059
	40	1,6685	1,0567	0,4450	1,5875
	50	1,5776	1,0051	0,4326	1,2133
	60	1,4782	0,9679	0,4576	1,4201
50	30	1,3351	0,8760	0,4169	1,1838
	40	1,8596	1,1451	0,4306	1,6295
	50	2,1122	1,2890	0,4659	1,4955
	60	1,8078	1,1420	0,4763	1,3329
60	30	1,3988	0,9381	0,4774	1,2116
	40	1,6109	1,0397	0,4684	1,3671
	50	2,0090	1,2417	0,4745	1,6608
	60	1,5269	1,0012	0,4755	1,0936
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	0,6869	0,7316	0,5935	0,8060
	40	0,9313	0,7261	0,6092	0,8753
	50	0,8420	0,6380	0,5962	0,8074
	60	0,7904	0,6414	0,6051	0,5669
40	30	0,7726	0,6084	0,5539	0,8116
	40	0,8999	0,5653	0,5028	0,9510
	50	1,0180	0,5908	0,5311	0,8137
	60	0,8711	0,5865	0,5324	0,6588
50	30	0,6387	0,6910	0,5338	0,8006
	40	0,7876	0,6989	0,5734	0,8805
	50	0,7612	0,6965	0,5569	0,7613
	60	0,8065	0,6900	0,5416	0,6049
60	30	0,6472	0,6254	0,5267	0,7958
	40	0,8741	0,6410	0,5209	0,8174
	50	0,7927	0,6256	0,5328	0,8152
	60	0,8837	0,6443	0,5394	0,5542

QUADRO 7.59- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	4,1964	2,0546	1,6466	1,8822
	40	4,9215	2,0260	1,7547	2,6178
	50	3,2360	2,1770	1,6921	2,0602
	60	3,3523	2,1339	1,6388	1,9132
40	30	4,2515	2,3296	1,8834	2,1280
	40	4,1648	2,3236	1,9113	2,7919
	50	3,5712	2,3384	1,6844	2,6899
	60	3,7398	2,4979	1,7303	2,0783
50	30	4,3385	2,1449	1,8828	2,3208
	40	4,7279	2,2565	1,9844	2,5397
	50	3,1951	2,0802	1,9089	2,1014
	60	3,3097	2,0825	1,8821	2,0771
60	30	3,9647	2,0616	1,5869	2,1009
	40	5,0488	2,0456	1,6052	2,6657
	50	2,8790	2,0300	1,5094	2,7232
	60	3,4335	2,1175	1,5656	1,8268
<i>Café Descascado</i>					
30	30	1,8937	0,4153	0,3819	0,8165
	40	1,4594	0,4127	0,3741	0,9141
	50	1,8717	0,4034	0,3635	0,9784
	60	1,6699	0,3929	0,3322	1,0852
40	30	1,6316	0,4269	0,4555	0,9337
	40	1,6685	0,4403	0,4253	0,8094
	50	1,5776	0,4000	0,4354	0,9282
	60	1,4782	0,3961	0,3959	0,9495
50	30	1,3351	0,3698	0,6209	0,9536
	40	1,8596	0,3397	0,3876	0,8337
	50	2,1122	0,3598	0,3850	0,8776
	60	1,8078	0,3736	0,3774	1,0313
60	30	1,3988	0,4288	0,3761	0,8526
	40	1,6109	0,4205	0,3842	0,8984
	50	2,0090	0,4237	0,3795	1,0005
	60	1,5269	0,4821	0,4230	0,9340
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	0,6869	0,6073	0,3318	0,9409
	40	0,9313	0,6700	0,3827	0,8876
	50	0,8420	0,6998	0,3465	1,2566
	60	0,7904	0,6603	0,3683	0,8883
40	30	0,7726	0,6253	0,3140	0,8679
	40	0,8999	0,6223	0,3415	1,0488
	50	1,0180	0,6514	0,3613	1,2260
	60	0,8711	0,6379	0,3534	0,9039
50	30	0,6387	0,5942	0,3801	0,9076
	40	0,7876	0,6089	0,3558	1,0843
	50	0,7612	0,5869	0,3600	1,1888
	60	0,8065	0,6008	0,3685	0,8205
60	30	0,6472	0,5959	0,3168	0,8847
	40	0,8741	0,5948	0,3035	1,0229
	50	0,7927	0,5827	0,2764	1,2680
	60	0,8837	0,6121	0,2883	0,8126

QUADRO 7.60- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	30,4330 **	8,5371 **	0,4442 **
Temperatura (B)	3	0,0679 **	0,0372 **	0,0090 **
Umidade Relativa (C)	3	1,2279 **	0,1341 **	0,0440 **
A x B	9	0,0376 **	0,0295 **	0,0176 **
A x C	9	0,9485 **	0,0397 **	0,0448 **
B x C	9	0,0411 **	0,1203 **	0,0026 **
A x B x C	27	0,0619 **	0,0246 **	0,0025 **
Resíduo	64	0,0045	0,0025	0,0005
Total	127			
C.V. (%)		2,6710	4,3080	3,0790

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 7.61- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	28,5662 **	11,6525 **	2,5410 **
Temperatura (B)	3	0,2436 **	0,0104 **	0,0162 **
Umidade Relativa (C)	3	1,6866 **	0,0428 **	0,1048 **
A x B	9	0,0800 **	0,0231 **	0,0090 **
A x C	9	0,9413 **	0,0550 **	0,0613 **
B x C	9	0,0576 **	0,0166 **	0,0019 **
A x B x C	27	0,0779 **	0,0310 **	0,0045 **
Resíduo	64	0,0057	0,0016	0,0004
Total	127			
C.V. (%)		2,9930	4,6370	2,7880

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 7.62- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,8956 a	1,6819 a	0,8127 a
4	2,3930 b	1,0776 b	0,6500 b
8	2,1754 c	0,4732 c	0,5531 c
12	1,6172 d	1,3829 d	0,7700 c
Temperatura (°C)			
30	2,5400 ab	1,1792 a	0,7154 a
40	2,5643 a	1,1244 b	0,7042 a
50	2,5139 b	1,1874 a	0,6889 b
60	2,4570 c	1,1247 b	0,6772 b
Umidade Relativa (%)			
30	2,5562 a	1,0924 a	0,6764 a
40	2,7811 b	1,1642 b	0,7409 b
50	2,3700 c	1,2402 c	0,7112 c
60	2,3679 c	1,1188 a	0,6573 d

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.63- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,8956 a	1,6819 a	0,8127 a
4	2,1687 b	0,4053 b	0,6219 b
8	1,7417 c	0,4060 b	0,3405 c
12	2,2823 d	0,9248 c	1,0006 d
Temperatura (°C)			
30	2,4564 a	0,8603 ab	0,7056 a
40	2,6321 b	0,8345 a	0,7197 b
50	2,5520 c	0,8765 b	0,6781 c
60	2,4477 a	0,8468 a	0,6722 c
Umidade Relativa (%)			
30	2,5483 a	0,8306 a	0,6320 a
40	2,8366 b	0,8274 a	0,7135 b
50	2,3672 c	0,9065 b	0,7636 c
60	2,3362 c	0,8535 a	0,6666 d

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre os açúcares redutores na composição dos grãos de café, para as duas condições de armazenagem, apresentando uma tendência de redução dos valores de açúcares redutores com a elevação da temperatura, ocorrendo o inverso para umidade relativa do ar de secagem. Estudos indicam que as maiores variações destes constituintes dependem principalmente da espécie e do local de cultivo do cafeeiro, além do estágio de maturação dos frutos, entretanto CHAGAS (1994) afirma que variações nos teores de açúcares ocorrem provavelmente em função de injúrias físicas, microbianas ou fermentativas dos frutos, nas fases pré e, ou, pós-colheita. Portanto, esses resultados parecem indicar que a condução inadequada do processo de secagem pode ser responsável pela redução de açúcares redutores dos grãos. Deve-se ressaltar que estes carboidratos participam de importantes reações bioquímicas durante a etapa de torração, produzindo inúmeros compostos que caracterizam a cor e o sabor dos grãos torrados, e contribuem para o aroma final da bebida.

Nos Quadros 7.64 e 7.65 encontram-se os valores médios de açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que de modo geral os frutos e grãos de café apresentam menores índices de açúcares redutores quando submetidos à secagem com temperatura mais elevada (60°C), tendendo a diminuir o efeito da elevação da temperatura do ar de secagem sobre os valores de açúcares redutores dos grãos de café com o aumento do tempo de armazenagem, independente da condição de armazenamento empregada. Observa-se ainda o efeito do aumento do tempo de armazenagem sobre a redução do teor de açúcares redutores dos frutos e grãos de café das duas condições de estocagem avaliadas.

Nos Quadros 7.66 e 7.67 encontram-se os valores médios de açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, além do efeito já mencionado do aumento do período de armazenagem para os Quadros 7.64 e 7.65 sobre os teores de açúcares redutores, uma tendência pouco acentuada de redução dos teores de açúcares redutores com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto, sendo os melhores resultados obtidos para os níveis de umidade relativa do ar de secagem de 40 e 50 %.

QUADRO 7.64- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	3,9265 A a	3,9318 A a	3,8928 AB a	3,8315 B a
4	2,5009 A b	2,4794 A b	2,3520 B b	2,2397 C b
8	2,0794 A c	2,2398 B c	2,2025 B c	2,1797 B b
12	1,6531 A d	1,6064 A d	1,6084 A d	1,5771 A c
Descascado				
0	1,7237 A a	1,5889 B a	1,7786 A a	1,6364 B a
4	1,1286 A b	1,0136 B b	1,1130 AC b	1,0552 BC b
8	0,5334 A c	0,4382 B c	0,4474 B c	0,4739 AB c
12	1,3313 A d	1,4567 B d	1,4104 B d	1,3333 A d
Despulpado				
0	0,8126 A a	0,8904 B a	0,7485 C a	0,7994 A a
4	0,6843 A b	0,5877 B b	0,6941 A b	0,6340 C b
8	0,6010 A c	0,5300 B c	0,5514 B c	0,5299 B c
12	0,7639 A d	0,8088 B d	0,7618 A a	0,7456 A d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.65- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	3,9265 AB a	3,9318 A a	3,8928 AB a	3,8315 B a
4	2,0978 A b	2,3723 B b	2,1410 A b	2,0636 A b
8	1,6830 A c	1,8023 B c	1,9145 C c	1,5668 D c
12	2,1183 A b	2,4220 B b	2,2597 C d	2,3291 BC d
Descascado				
0	1,7237 A a	1,5889 B a	1,7786 C a	1,6364 B a
4	0,4060 AB b	0,4158 A b	0,3607 B b	0,4387 A b
8	0,3929 A b	0,4280 B b	0,4426 B c	0,3907 AB b
12	0,9485 A c	0,9052 A c	0,9240 A d	0,9213 A c
Despulpado				
0	0,8126 A a	0,8904 B a	0,7485 C a	0,7994 A a
4	0,6593 A b	0,6342 A b	0,5977 B b	0,5963 B b
8	0,3573 A c	0,3425 A c	0,3661 A c	0,2962 B c
12	0,9933 A d	1,0116 A d	1,0003 A d	0,9970 A d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.66- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,1877 A a	4,7157 B a	3,2203 C a	3,4588 D a
4	2,4177 AB b	2,4353 A b	2,3457 B b	2,3733 AB b
8	2,1635 A c	2,2098 AB c	2,1210 A c	2,2071 A c
12	1,4558 A d	1,7637 B d	1,7932 B d	1,4324 A d
Descascado				
0	1,5648 A a	1,6496 B a	1,8926 C a	1,6207 AB a
4	1,0141 A b	1,0615 A b	1,1831 B b	1,0517 A b
8	0,4634 A c	0,4735 A c	0,4735 A c	0,4826 A c
12	1,3273 A d	1,4735 B d	1,4117 B d	1,3204 A d
Despulpado				
0	0,6863 A a	0,8732 B a	0,8534 BC a	0,8379 C a
4	0,6641 A a	0,6578 A b	0,6377 A b	0,6405 A b
8	0,5519 A b	0,5515 A c	0,5542 A c	0,5546 A c
12	0,8035 A c	0,8810 B a	0,7994 A d	0,5962 C d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.67- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,1877 A a	4,7157 B a	3,2203 C a	3,4588 D a
4	2,1476 A b	2,1629 A b	2,1564 A b	2,2079 A b
8	1,7499 AB c	1,8139 A c	1,6987 B c	1,7042 B c
12	2,1079 A b	2,6537 B d	2,3937 C d	1,9738 D d
Descascado				
0	1,5648 A a	1,6496 B a	1,8926 C a	1,6207 B a
4	0,4102 A b	0,4033 A b	0,3967 A b	0,4111 A b
8	0,4586 A b	0,3928 B b	0,3907 B b	0,3821 B b
12	0,8890 A c	0,8639 A c	0,9461 B c	1,0000 C c
Despulpado				
0	0,6863 A a	0,8732 B a	0,8534 BC a	0,8379 C a
4	0,6056 A b	0,6240 A b	0,6302 A b	0,6278 A b
8	0,3356 A c	0,3458 A c	0,3360 A c	0,3446 A c
12	0,9002 A d	1,0110 B d	1,2348 C d	0,8563 D a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos Quadros 7.68 e 7.69 encontram-se os valores médios de açúcares redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despolpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se nestes quadros, como observado anteriormente, que o teor de açúcares redutores do café sofre influência das condições de secagem, apresentando de modo geral tendência de diminuição dos teores de açúcares redutores com a redução da umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto, assim como, uma propensão pouco acentuada de redução dos valores de açúcares redutores com o aumento da temperatura do ar de secagem para as amostras de café das diferentes formas de preparo e condição de armazenagem. Fato também observado ao se analisar os Quadros 7.70 a 7.73, para interação dos três fatores analisados.

QUADRO 7.68- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	2,5358 A ab	2,8524 B a	2,3788 C a	2,3928 C ab
40	2,6210 A a	2,6971 A b	2,4733 B b	2,4659 B a
50	2,5887 A a	2,7581 B bc	2,3880 C ab	2,3210 C bc
60	2,4792 A b	2,8168 B ac	2,2401 C c	2,2918 C c
Descascado				
30	1,2402 A a	1,0797 B a	1,2167 A a	1,1803 A a
40	1,1700 A b	1,1894 A b	1,0571 B b	1,0809 B b
50	0,9529 A c	1,2662 B c	1,3406 C c	1,1897 D a
60	1,0065 A c	1,1215 B a	1,3465 C c	1,0243 A b
Despulpado				
30	0,7045 A a	0,7855 B a	0,7209 A ab	0,6509 C a
40	0,6866 A ab	0,7297 B b	0,7384 B a	0,6622 A a
50	0,6660 AC bc	0,7351 B b	0,6940 A bc	0,6607 C a
60	0,6487 A c	0,7133 B b	0,6915 B c	0,6554 A a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.69- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	2,4449 A a	2,8300 B a	2,2913 C a	2,2595 C ac
40	2,6481 A b	2,7979 B a	2,5709 AC b	2,5115 C b
50	2,6717 A b	2,8771 B a	2,3214 C a	2,3378 C a
60	2,4285 A a	2,8413 B a	2,2854 C a	2,2358 C c
Descascado				
30	0,8768 A a	0,7901 B a	0,9042 A a	0,8700 A ac
40	0,8619 A ab	0,8358 AB ab	0,8353 AB b	0,8049 B b
50	0,8198 A b	0,8551 AC b	0,9335 BC a	0,8975 C a
60	0,7640 A c	0,8285 B ab	0,9531 C a	0,8415 B bc
Despulpado				
30	0,6417 A a	0,7179 B ab	0,7862 C a	0,6768 D a
40	0,6449 A a	0,7281 B a	0,8141 C b	0,6915 D a
50	0,6301 A ab	0,7091 B ab	0,7242 B c	0,6491 A b
60	0,6111 A b	0,6988 B b	0,7299 C c	0,6492 D b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.70- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	4,1963 A a	4,9214 B a	3,2360 C a	3,3522 C a
	40	4,2514 A a	4,1647 A b	3,5711 B b	3,7397 B b
	50	4,3385 A a	4,7279 B c	3,1951 C a	3,3097 C a
	60	3,9647 A b	5,0487 B a	2,8789 C c	3,4334 D a
4	30	2,5804 A a	2,4786 A ab	2,4491 A a	2,4952 A a
	40	2,4676 A ab	2,5358 A a	2,4318 A a	2,4823 A ab
	50	2,3698 A bc	2,3994 A ab	2,3321 A ab	2,3065 A bc
	60	2,2528 A c	2,3272 A b	2,1696 A b	2,2090 A c
8	30	2,0044 A a	2,1900 B ab	1,9743 A a	2,1489 AB a
	40	2,2762 AB b	2,3445 A a	2,1315 B ab	2,2069 AB a
	50	2,2704 A b	2,1159 A b	2,1905 A b	2,2333 A a
	60	2,1030 A ab	2,1889 A ab	2,1877 A b	2,2390 A a
12	30	1,3622 A a	1,8197 B a	1,8559 B a	1,5747 C a
	40	1,4886 A ab	1,7434 B a	1,7587 B a	1,4346 C ab
	50	1,3760 A a	1,7891 B a	1,8340 B a	1,4344 C ab
	60	1,5963 A b	1,7023 A a	1,7241 A a	1,2856 B b
<i>Café Descascado</i>					
0	30	1,8936 A a	1,4594 B a	1,8717 A a	1,6699 C a
	40	1,6316 A b	1,6684 A b	1,5776 AB b	1,4781 B b
	50	1,3350 A c	1,8595 B c	2,1122 C c	1,8077 B c
	60	1,3987 A c	1,6109 B b	2,0089 C c	1,5269 AB b
4	30	1,2176 A a	1,0047 B a	1,1964 A a	1,0955 AB ab
	40	1,0247 A b	1,0567 A ab	1,0051 A b	0,9679 A a
	50	0,8760 A c	1,1551 B b	1,2890 C a	1,1420 B b
	60	0,9381 A bc	1,0397 A ab	1,2417 B a	1,0012 A a
8	30	0,5415 A a	0,5499 A a	0,5212 A a	0,5210 A a
	40	0,4178 A a	0,4449 A a	0,4325 A a	0,4576 A a
	50	0,4168 A a	0,4306 A a	0,4658 A a	0,4762 A a
	60	0,4774 A a	0,4684 A a	0,4744 A a	0,4755 A a
12	30	1,3078 AB a	1,3049 AB a	1,2774 A a	1,4349 B a
	40	1,6058 A b	1,5874 A b	1,2132 B a	1,4201 C a
	50	1,1838 A a	1,6294 B b	1,4954 C b	1,3328 D a
	60	1,2116 A a	1,3671 B a	1,6608 C c	1,0936 A b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	0,6868 A a	0,9313 B a	0,8419 C a	0,7903 C a
	40	0,7726 A b	0,8998 B ac	1,0180 C b	0,8710 B b
	50	0,6386 A a	0,7875 B b	0,7612 B c	0,8065 B a
	60	0,6472 A a	0,8740 B c	0,7926 C ac	0,8837 B b
4	30	0,7316 A a	0,7261 A a	0,6380 B a	0,6413 B ab
	40	0,6084 A b	0,5652 A b	0,5907 A a	0,5865 A a
	50	0,6909 A a	0,6989 A a	0,6965 A b	0,6900 A b
	60	0,6253 A b	0,6410 A c	0,6255 A a	0,6443 A b
8	30	0,5934 A a	0,6092 A a	0,5961 A a	0,6050 A a
	40	0,5538 A ab	0,5027 A b	0,5310 A b	0,5323 A b
	50	0,5337 A b	0,5734 A ac	0,5569 A ab	0,5416 A b
	60	0,5266 A b	0,5208 A bc	0,5328 A b	0,5394 A b
12	30	0,8059 A a	0,8753 B a	0,8074 A a	0,5668 C a
	40	0,8116 A a	0,9510 B b	0,8137 A a	0,6588 C b
	50	0,8006 A a	0,8804 B a	0,7612 A a	0,6048 C ab
	60	0,7958 A a	0,8173 A c	0,8152 A a	0,5542 B a

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.71- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	4,1963 A a	4,9214 B ac	3,2360 C a	3,3522 C a
	40	4,2514 A a	4,1647 A b	3,5711 B b	3,7397 B b
	50	4,3385 A a	4,7279 B a	3,1951 C a	3,3097 C a
	60	3,9647 A b	5,0487 B c	2,8789 C c	3,4334 D a
4	30	2,0545 A a	2,0259 A a	2,1770 A ab	2,1339 A a
	40	2,3296 A b	2,3236 A b	2,3383 A a	2,4978 A b
	50	2,1448 A ab	2,2565 A b	2,0801 A b	2,0824 A a
	60	2,0616 A a	2,0455 A a	2,0299 A b	2,1175 A a
8	30	1,6466 A a	1,7547 A ac	1,6921 A a	1,6388 A a
	40	1,8833 AB b	1,9113 A ab	1,6843 B a	1,7302 AB ab
	50	1,8828 A b	1,9844 A b	1,9089 A b	1,8820 A b
	60	1,5869 A a	1,6051 A c	1,5094 A a	1,5656 A a
12	30	1,8822 A a	2,6177 B ab	2,0602 A a	1,9131 A ab
	40	2,1279 A bc	2,7919 B a	2,6898 A b	2,0782 B a
	50	2,3207 A b	2,5396 B b	2,1014 C a	2,0770 C a
	60	2,1008 A c	2,6657 B ab	2,7232 B b	1,8267 C b
<i>Café Descascado</i>					
0	30	1,8936 A a	1,4594 B a	1,8717 A a	1,6699 C a
	40	1,6316 A b	1,6684 A b	1,5776 AB b	1,4781 B b
	50	1,3350 A c	1,8595 B c	2,1122 C c	1,8077 B c
	60	1,3987 A c	1,6109 B b	2,0089 C c	1,5269 B b
4	30	0,4153 A a	0,4127 A a	0,4033 A a	0,3928 A ab
	40	0,4269 A a	0,4402 A a	0,3999 A a	0,3921 A ab
	50	0,3697 A a	0,3396 A a	0,3598 A a	0,3735 A a
	60	0,4287 A a	0,4204 A a	0,4236 A a	0,4821 A b
8	30	0,3818 A a	0,3740 A a	0,3635 A a	0,3321 A a
	40	0,4555 A a	0,4252 A a	0,4353 A a	0,3959 A a
	50	0,6208 A b	0,3876 B a	0,3845 B a	0,3773 B a
	60	0,3760 A a	0,3841 A a	0,3794 A a	0,4230 A a
12	30	0,8164 A a	0,9141 AB a	0,9783 B ab	1,0852 C a
	40	0,9336 A b	0,8094 B b	0,9281 A ab	0,9494 A b
	50	0,9535 AC b	0,8336 B ab	0,8776 AB a	1,0313 C ab
	60	0,8525 A ab	0,8984 AB ab	1,0005 B b	0,9339 AB b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	0,6868 A a	0,9313 B a	0,8419 C a	0,7903 D a
	40	0,7726 A b	0,8998 B ac	1,0180 C b	0,8710 B b
	50	0,6386 A a	0,7875 B b	0,7612 B c	0,8065 B a
	60	0,6472 A a	0,8740 B c	0,7926 C ac	0,8837 B b
4	30	0,6072 A a	0,6699 B a	0,6998 B a	0,6603 B a
	40	0,6253 A a	0,6222 A ab	0,6513 A a	0,6379 A ab
	50	0,5942 A a	0,6088 A b	0,5868 A b	0,6008 A b
	60	0,5958 A a	0,5948 A b	0,5826 A b	0,6120 A ab
8	30	0,3317 A ab	0,3826 A a	0,3464 A a	0,3683 A a
	40	0,3140 A a	0,3414 A ab	0,3612 A a	0,3533 A a
	50	0,3801 A b	0,3558 A a	0,3600 A a	0,3684 A a
	60	0,3167 A a	0,3034 A b	0,2763 A b	0,2883 A b
12	30	0,9408 A a	0,8876 B a	1,2566 C a	0,8882 B a
	40	0,8679 A b	1,0487 B bc	1,2259 C ab	0,9038 B a
	50	0,9075 A ab	1,0843 B c	1,1887 C b	0,8205 D b
	60	0,8847 A b	1,0229 B b	1,2680 C a	0,8126 D b

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.72- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	4,1963 A a	4,9214 B a	3,2360 C a	3,3522 C a
	4	2,5804 A b	2,4786 A b	2,4491 A b	2,4952 A b
	8	2,0044 A c	2,1900 B c	1,9743 A c	2,1489 AB c
	12	1,3622 A d	1,8197 B d	1,8559 B d	1,5747 C d
40	0	4,2514 A a	4,1647 A a	3,5711 B a	3,7397 B a
	4	2,4676 A b	2,5358 A b	2,4318 A b	2,4823 A b
	8	2,2762 AB c	2,3445 A c	2,1315 B c	2,2069 AB c
	12	1,4886 A d	1,7434 B d	1,7587 B d	1,4346 C d
50	0	4,3385 A a	4,7279 B a	3,1951 C a	3,3097 C a
	4	2,3698 A b	2,3994 A b	2,3321 A b	2,3065 A b
	8	2,2704 A b	2,1159 A c	2,1905 A b	2,2333 A b
	12	1,3760 A c	1,7891 B d	1,8340 B c	1,4344 C c
60	0	3,9647 A a	5,0487 B a	2,8789 C a	3,4334 D a
	4	2,2528 A b	2,3272 A b	2,1696 A b	2,2090 A b
	8	2,1030 A b	2,1889 A b	2,1877 A b	2,2390 A b
	12	1,5963 A c	1,7023 A c	1,7241 A c	1,2856 B c
<i>Café Descascado</i>					
30	0	1,8936 A a	1,4594 B a	1,8717 A a	1,6699 C a
	4	1,2176 A b	1,0047 B b	1,1964 A b	1,0955 AB b
	8	0,5415 A c	0,5499 A c	0,5212 A c	0,5210 A c
	12	1,3078 AB a	1,3049 AB d	1,2774 A b	1,4349 B d
40	0	1,6316 A a	1,6684 A a	1,5776 AB a	1,4781 B a
	4	1,0247 A b	1,0567 A b	1,0051 A b	0,9679 A b
	8	0,4178 A c	0,4449 A c	0,4325 A c	0,4576 A c
	12	1,6058 A a	1,5874 A a	1,2132 B d	1,4201 C a
50	0	1,3350 A a	1,8595 B a	2,1122 C a	1,8077 B a
	4	0,8760 A b	1,1451 B b	1,2890 C b	1,1420 B b
	8	0,4168 A c	0,4306 A c	0,4658 A c	0,4762 A c
	12	1,1838 A d	1,6294 B d	1,4954 C d	1,3328 D d
60	0	1,3987 A a	1,6109 B a	2,0089 C a	1,5269 AB a
	4	0,9381 A b	1,0397 A b	1,2417 B b	1,0012 A b
	8	0,4774 A c	0,4684 A c	0,4744 A c	0,4755 A c
	12	1,2116 A d	1,3671 B d	1,6608 C d	1,0936 A b
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	0,6868 A a	0,9313 B a	0,8419 C a	0,7903 C a
	4	0,7316 A a	0,7261 A b	0,6380 B b	0,6413 B b
	8	0,5934 A b	0,6092 A c	0,5961 A b	0,6050 A bc
	12	0,8059 A c	0,8753 B a	0,8074 A a	0,5668 C c
40	0	0,7726 A a	0,8998 B a	1,0180 C a	0,8710 B a
	4	0,6084 A b	0,5652 A b	0,5907 A b	0,5865 A b
	8	0,5538 A b	0,5027 A c	0,5310 A c	0,5323 A b
	12	0,8116 A a	0,9510 B a	0,8137 A d	0,6588 C c
50	0	0,6386 A a	0,7875 B a	0,7612 B a	0,8065 B a
	4	0,6909 A a	0,6989 A b	0,6965 A b	0,6900 A b
	8	0,5337 A b	0,5734 A c	0,5569 A c	0,5416 A c
	12	0,8006 A c	0,8804 A d	0,7612 A a	0,6048 C d
60	0	0,6472 A a	0,8740 B a	0,7926 C a	0,8837 B a
	4	0,6253 A a	0,6410 A b	0,6255 A b	0,6443 A b
	8	0,5266 A b	0,5208 A c	0,5328 A c	0,5394 A c
	12	0,7958 A c	0,8173 A d	0,8152 A a	0,5542 B c

QUADRO 7.73- Valores médios de açúcares redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	4,1963 A a	4,9214 B a	3,2360 C a	3,3522 C a
	4	2,0545 A b	2,0259 A b	2,1770 A b	2,1339 A b
	8	1,6466 A c	1,7547 A c	1,6921 A c	1,6388 A c
	12	1,8822 A b	2,6177 B d	2,0602 A b	1,9131 A d
40	0	4,2514 A a	4,1647 A a	3,5711 B a	3,7397 B a
	4	2,3296 A b	2,3236 A b	2,3383 A b	2,4978 A b
	8	1,8833 AB c	1,9113 A c	1,6843 B c	1,7302 AB c
	12	2,1279 A d	2,7919 B d	2,6898 A d	2,0782 B d
50	0	4,3385 A a	4,7279 B a	3,1951 C a	3,3097 C a
	4	2,1448 A b	2,2565 A b	2,0801 A b	2,0824 A b
	8	1,8828 A c	1,9844 A c	1,9089 A b	1,8820 A c
	12	2,3207 A b	2,5396 B d	2,1014 C b	2,0770 C bc
60	0	3,9647 A a	5,0487 B a	2,8789 C a	3,4334 D a
	4	2,0616 A b	2,0455 A b	2,0299 A b	2,1175 A b
	8	1,5869 A c	1,6051 A c	1,5094 A c	1,5656 A c
	12	2,1008 A b	2,6657 B d	2,7232 B a	1,8267 C d
<i>Café Descascado</i>					
30	0	1,8936 A a	1,4594 B a	1,8717 A a	1,6699 C a
	4	0,4153 A b	0,4127 A b	0,4033 A b	0,3928 A b
	8	0,3818 A b	0,3740 A b	0,3635 A b	0,3321 A b
	12	0,8164 A c	0,9141 AB c	0,9783 B c	1,6699 C c
40	0	1,6316 A a	1,6684 A a	1,5776 AB a	1,4781 B a
	4	0,4555 A b	0,4402 A b	0,3999 A b	0,3961 A b
	8	0,4269 A b	0,4252 A b	0,4353 A b	0,3959 A b
	12	0,9336 A c	0,8094 B c	0,9281 A c	0,9494 A c
50	0	1,3350 A a	1,8595 B a	2,1122 C a	1,8077 B a
	4	0,3697 A b	0,3396 A b	0,3598 A b	0,3735 A b
	8	0,6208 A c	0,3876 B b	0,3845 B b	0,3773 B b
	12	0,9535 AC d	0,8336 B c	0,8776 AB c	1,0313 C c
60	0	1,3987 A a	1,6109 B a	2,0089 C a	1,5269 B a
	4	1,4287 A b	0,4204 A b	0,4236 A b	0,4821 A b
	8	0,3760 A b	0,3841 A b	0,3794 A b	0,4230 A b
	12	0,8525 A c	0,8984 AB c	1,0005 B c	0,9339 AB c
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	0,6868 A a	0,9313 B a	0,8419 C a	0,7903 D a
	4	0,6072 A b	0,6699 B b	0,6998 B b	0,6603 B b
	8	0,3317 A c	0,3826 A c	0,3464 A c	0,3683 A c
	12	0,9408 A d	0,8876 B a	1,2566 C d	0,8882 B d
40	0	0,7726 A a	0,8998 B a	1,0180 C a	0,8710 B a
	4	0,6253 A b	0,6222 A b	0,6513 A b	0,6379 A b
	8	0,3140 A c	0,3414 A c	0,3612 A c	0,3533 A c
	12	0,8679 A d	1,0487 B d	1,2259 C d	0,9038 B a
50	0	0,6386 A a	0,7875 B a	0,7612 B a	0,8065 B a
	4	0,5942 A a	0,6088 A b	0,5868 A b	0,6008 A b
	8	0,3801 A b	0,3558 A c	0,3600 A c	0,3684 A c
	12	0,9075 A c	1,0843 B d	1,1887 C d	0,8205 D a
60	0	0,6472 A a	0,8740 B a	0,7926 C a	0,8837 B a
	4	0,5958 A b	0,5948 A a	0,5826 A b	0,6120 A b
	8	0,3167 A c	0,3034 A b	0,2763 A c	0,2883 A c
	12	0,8847 A d	1,0229 B d	1,2680 C d	0,8126 D d

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.7- Açúcares não redutores

Os resultados relativos ao teor de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo estudadas encontram-se nos Quadros 7.74 e 7.75. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Observa-se nos quadros apresentados que, ao contrário dos aspectos comentados para os teores de açúcares redutores, não foi constatada superioridade dos valores obtidos de açúcares não redutores para as formas de preparo cereja e descascado dos frutos e grãos de café, quando comparadas com a forma de preparo despulpado do produto, indicando que mesmo ocorrendo a retirada da mucilagem, total ou parcial, dos frutos de café estes compostos mantiveram-se praticamente constantes no interior dos grãos.

Nos Quadros 7.76 e 7.77 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente. Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas possíveis interações; exceto o fator temperatura do ar de secagem e para a interação entre os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem para os frutos de café cereja armazenados em ambiente não controlado, e para a interação entre os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem dos grãos de café descascado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C.

Nos Quadros 7.78 e 7.79 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam no teor açúcares não redutores dos frutos e grãos de café, exceto o fator temperatura do ar de secagem para os frutos de café cereja armazenados em ambiente não controlado, e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou índices de açúcares não redutores próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. O que parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação não é suficiente para reduzir de forma expressiva o efeito latente da secagem à temperaturas mais elevadas sobre a composição do café em açúcares não redutores.

QUADRO 7.74- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	2,8461	5,0880	5,5946	4,6216
	40	2,5609	4,6166	5,1490	4,6560
	50	4,2373	4,8006	5,9247	4,6167
	60	3,2128	5,0086	5,4065	5,7007
40	30	2,7764	5,4155	5,8972	4,5584
	40	3,1173	4,9823	5,5022	3,9603
	50	4,2687	5,0940	5,5027	4,7631
	60	2,6621	5,2640	6,0499	6,2718
50	30	2,7739	5,4046	5,0197	4,5956
	40	2,6584	5,4885	5,2922	4,5040
	50	4,0505	6,1950	5,4365	4,5548
	60	3,5325	6,0937	5,6528	5,8774
60	30	2,8648	5,1464	5,0467	4,3019
	40	2,4430	6,2864	5,1083	4,5476
	50	4,1992	6,0255	4,9671	4,5476
	60	2,9370	5,5112	5,3280	5,8664
<i>Café Descascado</i>					
30	30	5,7220	5,5598	5,3975	4,6699
	40	6,1645	5,9208	5,6770	5,0942
	50	4,9495	5,5793	6,2091	5,6946
	60	6,0128	5,8391	5,6653	4,8929
40	30	5,7783	6,0425	6,3068	4,3661
	40	5,6005	5,6553	5,7101	4,5753
	50	4,9778	5,4453	5,9128	5,8197
	60	6,7913	6,4100	6,0286	4,9642
50	30	5,7550	6,1505	6,5460	4,9338
	40	5,3471	5,9706	6,5940	4,4335
	50	5,1989	5,8208	6,4427	4,8004
	60	6,4147	6,4210	6,4273	5,8389
60	30	5,7642	5,7324	5,7007	5,0956
	40	5,8058	5,8434	5,8810	4,8425
	50	4,9996	5,4629	5,9263	4,4400
	60	6,5598	6,3392	6,1185	5,5367
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	6,1478	6,1398	6,3681	4,3577
	40	6,1365	5,3688	6,9441	4,9371
	50	6,8538	5,7552	6,5078	6,0568
	60	6,4317	6,5539	6,9004	5,6088
40	30	5,7267	6,1843	6,2373	4,7739
	40	5,6813	6,4076	6,1503	4,2932
	50	6,3564	6,3795	5,9739	5,8539
	60	6,3995	6,5493	6,3814	5,0145
50	30	5,5112	5,9251	6,4890	4,7901
	40	5,7499	6,1615	6,1247	4,9528
	50	5,9553	6,1435	5,8611	5,5931
	60	5,9709	6,1614	5,8107	5,8159
60	30	5,7790	6,4038	6,6367	4,9134
	40	6,3531	5,9074	6,7353	5,1295
	50	6,1173	5,7447	6,8962	5,6013
	60	6,1082	6,5368	6,9039	5,5566

QUADRO 7.75- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	2,8461	5,1151	5,4330	5,0712
	40	2,5609	5,0763	5,3376	4,5654
	50	4,2373	5,3918	5,6781	6,0740
	60	3,2128	4,9298	5,4640	5,2560
40	30	2,7764	5,1718	6,0332	4,7897
	40	3,1173	5,8142	6,0737	4,0550
	50	4,2687	5,0324	6,0810	4,4959
	60	2,6621	5,3267	5,6765	5,6412
50	30	2,7739	5,4327	4,9631	4,1965
	40	2,6584	5,4531	5,1413	4,6530
	50	4,0505	6,1296	5,0270	4,9129
	60	3,5325	5,4084	4,9537	5,6681
60	30	2,8648	5,7961	5,2144	4,5770
	40	2,4430	5,3884	5,1725	5,8012
	50	4,1992	5,5165	5,3456	5,0083
	60	2,9370	5,3468	5,4031	6,0482
<i>Café Descascado</i>					
30	30	5,7220	5,7878	6,8319	4,6622
	40	6,1645	5,7809	6,4334	4,7047
	50	4,9495	5,3761	6,9652	4,9694
	60	6,0128	5,5090	7,2632	5,2424
40	30	5,7783	5,6086	6,5068	4,7972
	40	5,6005	5,6991	6,3871	4,7643
	50	4,9778	5,7312	6,4714	4,6337
	60	6,7913	5,6841	6,3836	4,7899
50	30	5,7550	5,5916	6,4469	4,9254
	40	5,3471	5,6473	6,0418	5,1364
	50	5,1989	5,6060	6,3033	4,9804
	60	6,4147	5,4468	6,6890	4,4776
60	30	5,7642	4,9751	6,3988	4,8346
	40	5,8058	5,0550	6,0919	5,0126
	50	4,9996	4,7522	6,2721	4,9737
	60	6,5598	5,1274	6,6278	4,8113
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	6,1478	5,8338	5,0251	4,3879
	40	6,1365	5,7192	5,1905	5,7737
	50	6,8538	5,6832	5,1607	5,0238
	60	6,4317	5,5724	4,9800	5,4855
40	30	5,7267	6,0495	4,7740	4,8390
	40	5,6813	6,3068	4,5721	4,7838
	50	6,3564	6,1886	4,5828	4,8859
	60	6,3995	6,0380	4,7380	5,5436
50	30	5,5112	5,6454	4,8314	4,7986
	40	5,7499	5,7925	4,6892	5,2555
	50	5,9553	5,6708	4,6195	5,1021
	60	5,9709	5,6954	4,3001	5,3256
60	30	5,7790	5,5893	4,4632	5,2222
	40	6,3531	5,4854	4,8075	5,1946
	50	6,1173	5,4576	4,7919	5,0287
	60	6,1082	5,6415	4,9178	5,7964

QUADRO 7.76- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	32,3457 **	6,7568 **	9,0115 **
Temperatura (B)	3	0,0945 n.s.	0,3741 **	0,5514 **
Umidade Relativa (C)	3	3,4949 **	1,8302 **	1,2778 **
A x B	9	0,7988 **	0,2458 **	0,4579 **
A x C	9	2,2699 **	0,7235 **	0,5904 **
B x C	9	0,2575 n.s.	0,3576 **	0,0998 **
A x B x C	27	0,2480 *	0,1837 **	0,1550 **
Resíduo	64	0,1347	0,0313	0,0349
Total	127			
C.V. (%)		7,7300	3,1210	3,1340

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.77- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	36,1830 **	15,0043 **	11,1072 **
Temperatura (B)	3	0,1210 *	0,3954 **	0,4311 **
Umidade Relativa (C)	3	1,9721 **	0,9466 **	0,4094 **
A x B	9	0,7450 **	0,3362 **	0,3588 **
A x C	9	1,1617 **	0,7079 **	0,2864 **
B x C	9	0,2125 **	0,0284 n.s.	0,0818 **
A x B x C	27	0,2483 **	0,1057 **	0,0932 **
Resíduo	64	0,0321	0,0319	0,0257
Total	127			
C.V. (%)		3,7550	3,1680	2,9440

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

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.78- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,2900 a	5,7401 a	6,0799 a
4	5,4013 b	5,8870 b	6,1451 a
8	5,4299 b	6,0340 c	6,4325 b
12	4,8705 c	5,0000 d	5,2030 c
Temperatura (°C)			
30	4,7203 a	5,5655 a	6,0668 a
40	4,7554 a	5,6490 a	5,8977 b
50	4,8206 a	5,8185 b	5,8135 b
60	4,6954 a	5,6280 a	6,0827 a
Umidade Relativa (%)			
30	4,4960 a	5,5951 a	5,7740 a
40	4,4296 a	5,5697 a	5,8156 a
50	5,0427 b	5,4800 a	6,1031 b
60	5,0235 b	6,0162 b	6,1690 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.79- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,1963 a	5,7401 a	6,0799 a
4	5,3956 b	5,4611 b	5,7731 b
8	5,4374 b	6,5071 c	4,7777 c
12	5,0508 c	4,8572 d	5,1529 d
Temperatura (°C)			
30	4,7656 ab	5,7734 a	5,5878 a
40	4,8135 a	5,6628 ab	5,4666 b
50	4,6847 b	5,6255 b	5,3071 c
60	4,8164 a	5,5038 c	5,4221 b
Umidade Relativa (%)			
30	4,5659 a	5,6491 a	5,2890 a
40	4,5819 a	5,6045 a	5,4682 b
50	5,0905 b	5,4475 b	5,4674 b
60	4,8417 c	5,8644 c	5,5590 b

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando os Quadros 7.78 e 7.79, observa-se para o fator período de armazenagem que o teor de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café apresenta uma tendência mais pronunciada de redução a partir de 12 meses de armazenagem, independente da condição de armazenamento, devendo provavelmente tal efeito estar relacionado a atividade metabólica dos grãos durante o armazenamento. Observa-se também a pequena influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre os açúcares não redutores na composição dos grãos de café, para as duas condições de armazenagem, mas sem apresentar uma tendência clara do comportamento desses constituintes com a variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Portanto, esses resultados parecem indicar que diferentes condições de secagem pouco interferem na composição de açúcares não redutores, sendo o efeito do período de armazenagem o maior responsável pela redução de açúcares não redutores dos grãos de café.

Nos Quadros 7.80 e 7.81 encontram-se os valores médios de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que para maioria dos tratamentos os frutos e grãos de café apresentaram tendência de redução dos índices de açúcares não redutores com o aumento do tempo de armazenagem e da temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenamento empregadas.

Nos Quadros 7.82 e 7.83 encontram-se os valores médios de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que para maioria dos tratamentos os frutos e grãos de café apresentaram tendência de redução dos índices de açúcares não redutores com o aumento do tempo de armazenagem, como mencionado anteriormente, e redução da umidade relativa do ar de secagem, para as duas condições de armazenamento analisadas.

Nos Quadros 7.84 e 7.85 encontram-se os valores médios de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação temperatura e umidade relativa do ar de secagem; verifica-se nestes quadros, como observado anteriormente, que o teor de açúcares não redutores do café sofre uma menor influência das condições de secagem, apresentando de modo geral tendência de diminuição dos teores de açúcares não redutores

QUADRO 7.80- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	3,5893 A a	3,2061 A a	3,2538 A a	3,1110 A a
4	4,8784 A b	5,1890 A b	5,7955 B b	5,7424 B b
8	5,5187 AB c	5,7380 A c	5,3503 AB bc	5,1125 B c
12	4,8950 A b	4,8884 A b	4,8830 A c	4,8159 A c
Descascado				
0	5,7122 A a	5,7869 A a	5,6789 A a	5,7823 A a
4	5,7247 A a	5,8882 AB a	6,0907 B b	5,8445 A a
8	5,7372 A a	5,9895 B a	6,5025 C c	5,9066 AB a
12	5,0879 A b	4,9313 A b	5,0017 A d	4,9787 A b
Despulpado				
0	6,3925 A a	6,0410 B a	5,7968 C a	6,0894 B a
4	5,9544 A b	6,3801 B b	6,0979 A b	6,1481 AB a
8	6,6801 A c	6,1857 B ab	6,0713 B b	6,7930 A b
12	5,2401 A d	4,9839 B c	5,2880 A c	5,3002 A c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.81- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	3,2143 A a	3,2061 A a	3,2538 A a	3,1110 A a
4	5,1282 A b	5,3363 AC b	5,6060 B b	5,5119 BC b
8	5,4782 A c	5,9661 B c	5,0213 C c	5,2839 A b
12	5,2416 A b	4,7455 B d	4,8577 B c	5,3587 A b
Descascado				
0	5,7122 A a	5,7869 A a	5,6789 A a	5,7823 A a
4	5,6135 A a	5,6808 A a	5,5729 A a	4,9774 B b
8	6,8734 A b	6,4372 B b	6,3703 B b	6,3476 B c
12	4,8947 A c	4,7463 A c	4,8799 A c	4,9080 A b
Despulpado				
0	6,3925 A a	6,0410 B a	5,7968 C a	6,0894 B a
4	5,7022 A b	6,1457 B a	5,7010 A a	5,5434 A b
8	5,0891 A c	4,6667 B b	4,6100 B b	4,7451 B c
12	5,1677 AB c	5,0131 A c	5,1205 AB c	5,3105 B d

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.82- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	2,8153 A a	2,6949 A a	4,5639 B a	3,0861 A a
4	5,2636 A b	5,3434 A b	5,5288 A b	5,4694 A b
8	5,3895 A b	5,2629 A b	5,4577 A b	5,6093 A b
12	4,5156 A c	4,4170 A c	4,6205 A a	5,9290 B b
Descascado				
0	5,7549 A a	5,7295 A a	5,0314 B a	6,4447 C a
4	5,8713 A a	5,8475 A ab	5,5771 B b	6,2523 C ab
8	5,9878 A a	5,9655 A b	6,1227 A c	6,0599 A b
12	4,7663 A b	4,7364 A c	5,1887 B a	5,3082 B c
Despulpado				
0	5,7912 A a	5,9802 A a	6,3207 B a	6,2276 B a
4	6,1632 A b	5,9613 A a	6,0057 A b	6,4503 B ab
8	6,4328 A c	6,4886 A b	6,3097 A a	6,4991 A b
12	4,7088 A d	4,8282 A c	5,7763 B b	5,4989 C c

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.83- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	2,8153 A a	2,6949 A a	4,1889 B a	3,0861 C a
4	5,3789 AB b	5,4330 AB b	5,5176 A b	5,2529 B b
8	5,4109 A b	5,4313 A b	5,5329 A b	5,3743 A b
12	4,6586 A c	4,7686 A c	5,1228 B c	5,6534 C c
Descascado				
0	5,7549 A a	5,7295 A a	5,0314 B a	6,4447 C a
4	5,4907 A b	5,5456 A a	5,3664 A b	5,4418 A b
8	6,5461 AC c	6,2385 B b	6,5030 A c	6,7409 C c
12	4,8048 A d	4,9045 A c	4,8893 A a	4,8303 A d
Despulpado				
0	5,7912 A a	5,9802 A a	6,3207 B a	6,2276 B a
4	5,7795 A a	5,8260 A a	5,7501 A b	5,7368 A b
8	4,7734 A b	4,8148 A b	4,7887 A c	4,7340 A c
12	4,8119 A b	5,2519 B c	5,0101 C d	5,5378 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.84- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Descascado				
30	5,3373 A a	5,7141 B a	5,6081 B a	5,6025 B a
40	5,6234 A bc	5,3853 B b	5,5388 AB a	6,0485 C b
50	5,8463 A b	5,5863 B ab	5,5657 B a	6,2754 C b
60	5,5732 A c	5,5932 A ab	5,2072 B b	6,1386 C b
Despulpado				
30	5,7534 A ab	5,8466 A ab	6,2934 B a	6,3737 B a
40	5,7306 A ab	5,6331 A a	6,1409 B a	6,0862 B bc
50	5,6789 A a	5,7472 AB a	5,8882 AB b	5,9397 B c
60	5,9332 A b	6,0313 AB b	5,0899 AB ab	6,2763 B ab

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.85- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
30	4,6163 AC a	4,3850 A a	5,3453 B a	4,7156 C a
40	4,6928 A a	4,7650 AB b	4,9695 B b	4,8266 AB a
50	4,3416 A b	4,4765 A ac	5,0300 B b	4,8907 B a
60	4,6131 A a	4,7013 AC bc	5,0174 B b	4,9338 BC a
Despulpado				
30	5,3486 A a	5,7050 B a	5,6804 B a	5,6174 B a
40	5,3473 A a	5,3360 A b	5,5034 AB ab	5,6798 B a
50	5,1966 A a	5,3718 A b	5,3369 A b	5,3230 A b
60	5,2634 A a	5,4602 AB b	5,3489 A b	5,6160 B a

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

com a redução da umidade relativa do ar de secagem, para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto estudadas, assim como, uma propensão pouco acentuada de redução dos valores de açúcares não redutores com o aumento da temperatura do ar de secagem para as amostras de café das diferentes formas de preparo e condição de armazenagem. Fato também observado ao se analisar os Quadros 7.86 a 7.89, para interação dos três fatores analisados.

QUADRO 7.86- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	2,8461 A a	2,5609 A a	5,7373 B a	3,2128 A a
	40	2,7764 A a	3,1173 A a	4,2686 B b	2,6621 A a
	50	2,7738 A a	2,6584 A a	4,0504 B b	3,5324 AB a
	60	2,8648 A a	2,4430 A a	4,1992 B b	2,9370 A a
4	30	5,0880 A a	4,6166 A a	4,8006 A a	5,0086 A a
	40	5,4145 A a	4,9823 A a	5,0940 A ac	5,2640 A ab
	50	5,4046 A a	5,4885 A ab	6,1950 A b	6,0937 A b
	60	5,1464 A a	6,2864 B b	6,0255 AB bc	5,5112 AB ab
8	30	5,5946 A a	5,1489 A a	5,9247 A a	5,4064 A a
	40	5,8971 A a	5,5022 A a	5,5027 A a	6,0499 A a
	50	5,0197 A a	5,2922 A a	5,4364 A a	5,6528 A a
	60	5,0467 A a	5,1083 A a	4,9670 A a	5,3280 A a
12	30	4,6066 A a	4,6560 A a	4,6167 A a	5,7006 B a
	40	4,5584 A a	3,9603 A a	4,7630 A a	6,2717 B a
	50	4,5956 A a	4,5040 A a	4,5548 A a	5,8774 B a
	60	4,3019 A a	4,5476 A a	4,5475 A a	5,8664 B a
<i>Café Descascado</i>					
0	30	5,7220 A a	6,1645 A a	4,9494 B a	6,0128 A a
	40	5,7782 A a	5,6005 A b	4,9777 B a	6,7913 C b
	50	5,7550 A a	5,3471 AB b	5,1989 B a	6,4147 C ab
	60	5,7641 A a	5,8058 A ab	4,9995 B a	6,5598 C b
4	30	5,5597 A a	5,9207 A a	5,5792 A a	5,8390 A a
	40	6,0425 AC b	5,6552 AB a	5,4452 B a	6,4099 C b
	50	6,1505 AB b	5,9706 AB a	5,8208 A a	6,4209 B b
	60	5,7324 A ab	5,8434 A a	5,4629 A a	6,3392 B b
8	30	5,3975 A a	5,6770 A a	6,2091 B ab	5,6652 A a
	40	6,3068 A b	5,7100 B a	5,9127 AB a	6,0286 AB ab
	50	6,5460 A b	6,5940 A b	6,4427 A b	6,4272 A b
	60	5,7007 A a	5,8810 A a	5,9262 A a	6,1185 A ab
12	30	4,6699 A ab	5,0941 A a	5,6946 B a	4,8929 A a
	40	4,3661 A a	4,5753 AC b	5,8196 B a	4,9641 C a
	50	4,9338 A b	4,4335 B b	4,8004 AB b	5,8389 C b
	60	5,0956 AC b	4,8425 AB ab	4,4400 B b	5,5367 C b
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	6,1478 A a	6,1365 A ab	6,8537 B a	6,4317 AB a
	40	5,7267 A ab	5,6813 A a	6,3563 B b	6,3995 B a
	50	5,5112 A b	5,7499 A a	5,9553 A b	5,9709 A a
	60	5,7790 A ab	6,3531 B b	6,1173 AB b	6,1081 AB a
4	30	6,1398 AC a	5,3688 B a	5,7552 AB a	6,5539 C a
	40	6,1843 A a	6,4075 A b	6,3795 A b	6,5492 A a
	50	5,9251 A a	6,1615 A bc	6,1435 A ab	6,1613 A a
	60	6,4038 A a	5,9073 B c	5,7446 B a	6,5367 A a
8	30	6,3681 A a	6,9441 B a	6,5078 AB a	6,9004 B a
	40	6,2373 A a	6,1503 A b	5,9739 A b	6,3814 A b
	50	6,4890 A a	6,1246 AB b	5,8610 B b	5,8107 B c
	60	6,6367 A a	6,7353 A a	6,8962 A a	6,9039 A a
12	30	4,3577 A a	4,9370 B a	6,0568 C a	5,6088 C a
	40	4,7739 AC ab	4,2932 A b	5,8539 B a	5,0145 C b
	50	4,7901 A ab	4,9528 A a	5,5931 B a	5,8158 B a
	60	4,9134 A b	5,1295 AB a	5,6013 B a	5,5565 B a

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.87- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator período de armazenagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
0	30	2,8461 AC a	2,5609 A a	4,2373 B a	3,2128 C ac
	40	2,7764 A a	3,1173 A b	4,2686 B a	2,6621 A b
	50	2,7738 A a	2,6584 A ab	4,0504 B a	3,5324 C a
	60	2,8648 AC a	2,4430 A a	4,1992 B a	2,9370 C bc
4	30	5,1150 A a	5,0762 A a	5,3918 A ac	4,9297 A a
	40	5,1717 A a	5,8142 B b	5,0324 A a	5,3267 A ab
	50	5,4327 A ab	5,4531 A ab	6,1296 B b	5,4084 A b
	60	5,7961 A b	5,3884 A ab	5,5164 A c	5,3468 A ab
8	30	5,4329 A a	5,3376 A a	5,6781 A ac	5,4639 A a
	40	6,0332 A b	6,0737 A b	6,0809 A a	5,6765 A a
	50	4,9621 A a	5,1412 A a	5,0269 A b	4,9537 A b
	60	5,2144 A a	5,1725 A a	5,3456 A bc	5,4031 A ab
12	30	5,0712 A a	4,5653 B a	6,0739 C a	5,2559 A a
	40	4,7897 A ac	4,0550 B b	4,4959 AB b	5,6412 C ab
	50	4,1965 A b	4,6530 AB a	4,9129 B bc	5,6681 C ab
	60	4,5770 A bc	5,8012 B c	5,0083 A c	6,0482 B b
<i>Café Descascado</i>					
0	30	5,7220 A a	6,1645 A a	4,9494 B a	6,0128 A a
	40	5,7782 A a	5,6005 A b	4,9777 B a	6,7913 C b
	50	5,7550 A a	5,3471 AB b	5,1989 B a	6,4147 C ab
	60	5,7641 A a	5,8058 A ab	4,9995 B a	6,5598 C b
4	30	5,7878 A a	5,7809 A a	5,3761 A a	5,5090 A ab
	40	5,6085 A a	5,6991 A a	5,7312 A a	5,6841 A a
	50	5,5915 A a	5,6473 A a	5,6060 A a	5,4468 A ab
	60	4,9750 A b	5,0549 A b	4,7522 A b	5,1274 A b
8	30	6,8319 AB a	6,4334 B a	6,9652 A a	7,2632 A a
	40	6,5068 A a	6,3871 A a	6,4713 A b	6,3836 A b
	50	6,4469 AB a	6,0417 A a	6,3033 AB b	6,6890 B b
	60	6,3988 AB a	6,0919 A a	6,2721 AB b	6,6277 B b
12	30	4,6622 A a	4,7046 A a	4,9694 AB a	5,2424 B a
	40	4,7972 A a	4,7643 A a	4,6337 A a	4,7898 A ab
	50	4,9253 AB a	5,1363 A a	4,9804 A a	4,4776 B b
	60	4,8345 A a	5,0125 A a	4,9737 A a	4,8113 A ab
<i>Café Despoldado</i>					
0	30	6,1478 A a	6,1365 A ac	6,8537 B a	6,4317 AB a
	40	5,7267 A ab	5,6813 A b	6,3563 B b	6,3995 B a
	50	5,5112 A b	5,7499 AB ab	5,9553 B b	5,9709 B b
	60	5,7790 A ab	6,3531 B c	6,1173 AB b	6,1081 AB ab
4	30	5,8338 A ab	5,7192 A a	5,6832 A a	5,5724 A a
	40	6,0494 A a	6,3068 A b	6,1886 A b	6,0379 A b
	50	5,6454 A ab	5,7924 A a	5,6708 A a	5,6954 A ab
	60	5,5892 A b	5,4854 A a	5,4576 A a	5,6415 A ab
8	30	5,0250 A a	5,1905 A a	5,1607 A a	4,9800 A a
	40	4,7740 A ab	4,5721 A b	4,5828 A b	4,7380 A a
	50	4,8313 A ab	4,6892 AB b	4,6195 AB b	4,3001 B b
	60	4,4636 A b	4,8075 AB ab	4,7919 AB ab	4,9178 B a
12	30	4,3879 A a	5,7737 B a	5,0238 C a	5,4855 B ab
	40	4,8390 A bc	4,7838 A b	4,8859 A a	5,5436 B ab
	50	4,7986 A ab	5,2555 B c	5,1021 AB a	5,3256 B a
	60	5,2221 A c	5,1946 A bc	5,0287 A a	5,7963 B b

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.88- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	2,8461 A a	2,5609 A a	5,7373 B ab	3,2128 A a
	4	5,0880 A bc	4,6166 A b	4,8006 A ac	5,0086 A b
	8	5,5946 A b	5,1489 A b	5,9247 A b	5,4064 A b
	12	4,6066 A c	4,6560 A b	4,6167 A c	5,7006 B b
40	0	2,2764 A a	3,3173 A a	4,2686 B a	2,6621 A a
	4	5,4155 A bc	4,9823 A b	5,0940 A ab	5,2640 A b
	8	5,8971 A b	5,5022 A b	5,5027 A b	6,0499 A bc
	12	4,5584 A c	3,9603 A a	4,7630 A ab	6,2717 B c
50	0	2,2738 A a	2,6584 A a	4,0504 B a	3,5324 AB a
	4	5,4046 A b	5,4885 A b	6,1950 A b	6,0937 A b
	8	5,0197 A b	5,2922 A bc	5,4364 A bc	5,6528 A b
	12	4,5956 A b	4,5040 A c	4,5548 A ac	5,8774 B b
60	0	2,8648 A a	2,4430 A a	4,1992 B a	2,9370 A a
	4	5,1464 A b	6,2864 B b	6,0255 AB b	5,5112 AB b
	8	5,0467 A b	5,1083 A c	4,9670 A a	5,3280 A b
	12	4,3019 A b	4,5476 A c	4,5475 A a	5,8664 B b
<i>Café Descascado</i>					
30	0	5,7220 A a	6,1645 A a	4,9494 B a	6,0128 A a
	4	5,5597 A a	5,9207 A ab	5,5792 A b	5,8390 A a
	8	5,3975 A a	5,6770 A b	6,2091 B c	5,6652 A a
	12	4,6699 A b	5,0941 A c	5,6946 B b	4,8929 A b
40	0	5,7782 A a	5,6005 A a	4,9777 B a	6,7913 C a
	4	6,0425 AC ab	5,6552 AB a	5,4452 B b	6,4099 C ab
	8	6,3068 A b	5,7100 B a	5,9127 AB c	6,0286 AB b
	12	4,3661 A c	4,5753 AC b	5,8196 B bc	4,9641 C c
50	0	5,7550 A a	5,3471 AB a	5,1989 B a	6,4147 C a
	4	6,1505 AB ab	5,9706 AB b	5,8208 A b	6,4209 B a
	8	6,5460 A b	6,5940 A c	6,4427 A c	6,4272 A a
	12	4,9338 A c	4,4335 B d	4,8004 AB a	5,8389 C b
60	0	5,7641 A a	5,8058 A a	4,9995 B a	6,5598 C a
	4	5,7324 A a	5,8434 A a	5,4629 A ab	6,3392 B a
	8	5,7007 A a	5,8810 A a	5,9262 A b	6,1185 A a
	12	5,0956 AC b	4,8425 AB b	4,4400 B c	5,5367 C b
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	6,1478 A a	6,1365 A a	6,8537 B a	6,4317 AB a
	4	6,1398 AC a	5,3688 B b	5,7552 AB b	6,5539 C a
	8	6,3681 A a	6,9441 B c	6,5078 AB ac	6,9004 B a
	12	4,3577 A b	4,9370 B b	6,0568 C bc	5,6088 C b
40	0	5,7267 A a	5,6813 A a	6,3563 B a	6,3995 B a
	4	6,1843 A ab	6,4075 A b	6,3795 A a	6,5492 A a
	8	6,2373 A b	6,1503 A ab	5,9739 A ab	6,3814 A a
	12	4,7739 AC c	4,2932 A c	5,8539 B b	5,0145 C b
50	0	5,5112 A a	5,7499 A a	5,9553 A ab	5,9709 A a
	4	5,9251 A a	6,1615 A a	6,1435 A a	6,1613 A a
	8	6,4890 A b	6,1246 AB a	5,8610 B ab	5,8107 B a
	12	4,7901 A c	4,9528 A b	5,5931 B b	5,8158 B a
60	0	5,7790 A a	6,3531 B ab	6,1173 AB a	6,1081 AB a
	4	6,4038 A b	5,9073 B a	5,7446 B ac	6,5367 A b
	8	6,6367 A b	6,7353 A b	6,8962 A b	6,9039 A b
	12	4,9134 A c	5,1295 AB c	5,6013 B c	5,5565 B c

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.89- Valores médios de açúcares não redutores (%) dos frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, fixando o fator temperatura do ar de secagem

Temperatura do Ar de Secagem (°C)	Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
		30	40	50	60
<i>Café Cereja</i>					
30	0	2,8461 AC a	2,5609 A a	4,2373 B a	3,2128 C a
	4	5,1150 A b	5,0762 A b	5,3918 A b	4,9297 A b
	8	5,4329 A b	5,3376 A b	5,6781 A bc	5,4639 A c
	12	5,0712 A b	4,5653 B c	6,0739 C c	5,2559 A bc
40	0	2,7764 A a	3,1173 A a	4,2686 B a	2,6621 A a
	4	5,1717 A b	5,8142 B b	5,0324 A b	5,3267 A b
	8	6,0332 A c	6,0737 A b	6,0809 A c	5,6765 A b
	12	4,7897 A b	4,0550 B c	4,4959 AB a	5,6412 C b
50	0	2,7738 A a	2,6584 A a	4,0504 B a	3,5324 C a
	4	5,4327 A b	5,4531 A b	6,1296 B b	5,4084 A bc
	8	4,9631 A b	5,1412 A b	5,0269 A c	4,9537 A b
	12	4,1965 A c	4,6530 AB c	4,9129 B c	5,6681 C c
60	0	2,8648 AC a	2,4430 A a	4,1992 B a	2,9370 C a
	4	5,7961 A b	5,3884 A bc	5,5164 A b	5,3468 A b
	8	5,2144 A c	5,1725 A b	5,3456 A bc	5,4031 A b
	12	4,5770 A d	5,8012 B c	5,0083 A c	6,0482 B c
<i>Café Descascado</i>					
30	0	5,7220 A a	6,1645 A ab	4,9494 B a	6,0128 A a
	4	5,7878 A a	5,7809 A a	5,3761 A a	5,5090 A b
	8	6,8319 AB b	6,4334 B b	6,9652 A b	7,2632 A c
	12	4,6622 A c	4,7046 A c	4,9694 AB a	5,2424 B b
40	0	5,7782 A a	5,6005 A a	4,9777 B a	6,7913 C a
	4	5,6085 A a	5,6991 A a	5,7312 A b	5,6841 A b
	8	6,5068 A b	6,3871 A b	6,4713 A c	6,3836 A a
	12	4,7972 A c	4,7643 A c	4,6337 A a	4,7898 A c
50	0	5,7550 A a	5,3471 AB ac	5,1989 B ac	6,4147 C a
	4	5,5915 A a	5,6473 A ab	5,6060 A a	5,4468 A b
	8	6,4469 AB b	6,0417 A b	6,3033 AB b	6,6890 B a
	12	4,9253 AB c	5,1363 A c	4,9804 A c	4,4776 B c
60	0	5,7641 A a	5,8058 A a	4,9995 B a	6,5598 C a
	4	4,9750 A b	5,0549 A b	4,7522 A a	5,1274 A b
	8	6,3988 AB c	6,0919 A a	6,2721 AB b	6,6277 B a
	12	4,8345 A b	5,0125 A b	4,9737 A a	4,8113 A b
<i>Café Despolpado</i>					
30	0	6,1478 A a	6,1365 A a	6,8537 B a	6,4317 AB a
	4	5,8338 A a	5,7192 A a	5,6832 A b	5,5724 A b
	8	5,0250 A b	5,1905 A b	5,1607 A c	4,9800 A c
	12	4,3879 A c	5,7737 B a	5,0238 C c	5,4855 B b
40	0	5,7267 A a	5,6813 A a	6,3563 B a	6,3995 B a
	4	6,0494 A a	6,3068 A b	6,1886 A a	6,0379 A a
	8	4,7740 A b	4,5721 A c	4,5828 A b	4,7380 A b
	12	4,8390 A b	4,7838 A c	4,8859 A b	5,5436 B c
50	0	5,5112 A a	5,7499 AB a	5,9553 B a	5,9709 B a
	4	5,6454 A a	5,7924 A a	5,6708 A a	5,6954 A ac
	8	4,8313 A b	4,6892 AB b	4,6195 AB b	4,3001 B b
	12	4,7986 A b	5,2555 B c	5,1021 AB c	5,3256 B c
60	0	5,7790 A a	6,3531 B a	6,1173 AB a	6,1081 AB a
	4	5,5892 A ac	5,4854 A b	5,4576 A b	5,6415 A b
	8	4,4632 A b	4,8075 AB c	4,7919 AB c	4,9178 B c
	12	5,2221 A c	5,1946 A bc	5,0287 A c	5,7963 B ab

Para cada teste e nível do fator fixado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.8- Atividade enzimática da Polifenoloxidase

Os resultados relativos a atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo estudadas encontram-se nos Quadros 7.90 e 7.91. Os valores obtidos são apresentados em função do período e da condição de armazenagem, e da temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Nos Quadros 7.92 e 7.93 encontram-se os resumos das análises de variância dos resultados obtidos para atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado submetidas as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem e armazenadas pelo período de 12 meses em ambiente não controlado e com temperatura controlada de 15°C, respectivamente. Observa-se nos quadros apresentados que existem diferenças significativas para todos os fatores analisados e suas interações; exceto para as interações entre os fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem e para a interação entre os três fatores estudados, para os frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo e condições de armazenagens analisadas.

Nos Quadros 7.94 e 7.95 encontram-se as análises estatísticas para cada fator isoladamente, constatando-se que o tempo de armazenagem do produto, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem influenciam na atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café, e que o produto armazenado à temperatura de 15°C, independente de sua forma de preparo, apresentou atividade enzimática da polifenoloxidase sempre superior àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado. O que parece indicar que a utilização de baixas temperaturas no ambiente de conservação pode auxiliar na redução do efeito latente da secagem à temperaturas mais elevadas sobre a atividade enzimática da polifenoloxidase.

Analisando os Quadros 7.94 e 7.95, verifica-se que para o fator período de armazenagem a atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café diminui significativamente com o prolongamento do tempo de conservação do produto, independente da condição de armazenamento. Observa-se também a influência dos fatores temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a atividade enzimática da polifenoloxidase do café, para as duas condições de armazenagem, apresentando tendência de redução dos valores de atividade enzimática da polifenoloxidase com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, e que os resultados obtidos para o armazenamento em ambiente com

QUADRO 7.90- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot g^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente não controlado, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	6,6343	0,2933	0,1277	0,0719
	40	4,5792	0,2085	0,1108	0,0569
	50	2,7136	0,1497	0,1108	0,0639
	60	3,7611	0,1147	0,1078	0,0639
40	30	3,8808	0,0828	0,0828	0,0878
	40	3,5117	0,0648	0,0738	0,0828
	50	2,2447	0,0659	0,0629	0,0668
	60	2,2447	0,0618	0,0659	0,0628
50	30	3,6115	0,0898	0,0818	0,0798
	40	3,8509	0,0599	0,0709	0,0798
	50	2,9430	0,0598	0,0529	0,0679
	60	2,5839	0,0399	0,0399	0,0479
60	30	3,2623	0,0868	0,0918	0,0669
	40	3,0229	0,0708	0,0808	0,0409
	50	2,9729	0,0519	0,0559	0,0499
	60	2,1450	0,0389	0,0659	0,0449
<i>Café Descascado</i>					
30	30	2,1191	1,0655	0,1139	0,2780
	40	1,8047	0,6824	0,0977	0,1079
	50	1,2910	0,1732	0,0782	0,0559
	60	1,2062	0,1531	0,0445	0,0532
40	30	2,0901	0,1248	0,2606	0,1247
	40	1,9653	0,1170	0,2564	0,1286
	50	1,9025	0,0769	0,1273	0,0936
	60	1,4316	0,4420	0,0989	0,0772
50	30	1,7748	0,5505	0,0956	0,0765
	40	1,6451	0,3951	0,0586	0,0584
	50	1,3488	0,2235	0,0314	0,0611
	60	1,0605	0,1334	0,0425	0,0515
60	30	1,1932	0,5318	0,2474	0,1156
	40	1,1652	0,4369	0,1334	0,1011
	50	0,4729	0,3961	0,1015	0,0727
	60	0,0744	0,2774	0,0504	0,0757
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	1,3069	0,5697	0,2020	0,1603
	40	0,9877	0,2674	0,1407	0,1148
	50	1,0775	0,2424	0,1229	0,0971
	60	0,9079	0,2083	0,1039	0,0794
40	30	1,4566	0,3263	0,1614	0,2123
	40	0,8680	0,3063	0,1480	0,1704
	50	0,9577	0,1336	0,1580	0,1409
	60	0,7682	0,1640	0,1375	0,0792
50	30	1,0276	0,2238	0,1531	0,2194
	40	0,8680	0,1275	0,1397	0,0804
	50	0,7682	0,1320	0,1397	0,0374
	60	0,5132	0,1116	0,0698	0,0464
60	30	0,9079	0,1796	0,1501	0,0993
	40	0,8879	0,1127	0,0863	0,0754
	50	0,4489	0,0913	0,0972	0,0565
	60	0,1696	0,0617	0,0554	0,0452

QUADRO 7.91- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot g^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C, em função do tratamento de secagem

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Período de Armazenagem (meses)			
		0	4	8	12
<i>Café Cereja</i>					
30	30	6,6343	1,9484	0,1616	0,1167
	40	4,5792	1,4366	0,1397	0,1058
	50	2,7136	0,8061	0,1557	0,1098
	60	3,7611	0,5687	0,0789	0,0928
40	30	3,8808	1,0675	0,1526	0,0888
	40	3,5117	0,8281	0,1217	0,0599
	50	2,2447	0,2893	0,0908	0,0399
	60	2,2447	0,2095	0,0789	0,0599
50	30	3,6115	0,5687	0,1108	0,0878
	40	3,8509	0,4959	0,1008	0,0698
	50	2,9430	0,4400	0,0888	0,0589
	60	2,5839	0,2714	0,0838	0,0449
60	30	3,2623	0,2694	0,0638	0,0758
	40	3,0229	0,2364	0,0698	0,0589
	50	2,9729	0,2055	0,0738	0,0619
	60	2,1450	0,1427	0,0367	0,0486
<i>Café Descascado</i>					
30	30	2,1191	1,0675	0,5966	0,1893
	40	1,8047	1,0848	0,4370	0,1662
	50	1,2910	0,7526	0,2173	0,1000
	60	1,2062	0,5719	0,1039	0,1030
40	30	2,0901	1,2023	0,2285	0,2694
	40	1,9653	1,1108	0,1828	0,2155
	50	1,9025	0,9530	0,1762	0,2267
	60	1,4316	0,8002	0,1514	0,1592
50	30	1,7748	0,9444	0,1600	0,1432
	40	1,6451	0,8714	0,1454	0,0743
	50	1,3488	0,7135	0,1272	0,0847
	60	1,0605	0,5525	0,0953	0,0539
60	30	1,1932	0,6444	0,1329	0,1334
	40	1,1652	0,6119	0,1255	0,0898
	50	0,4729	0,2521	0,1213	0,0566
	60	0,0744	0,0584	0,0697	0,0567
<i>Café Despulpado</i>					
30	30	1,3069	1,0944	0,2858	0,4250
	40	0,9877	0,9528	0,2614	0,1480
	50	1,0775	0,8899	0,1939	0,0739
	60	0,9079	0,8350	0,1145	0,0679
40	30	1,4566	1,2840	0,6624	0,1476
	40	0,8680	0,9398	0,4210	0,1296
	50	0,9577	0,9198	0,3252	0,0972
	60	0,7682	0,7423	0,2524	0,0462
50	30	1,0276	0,7463	0,2691	0,1368
	40	0,8680	0,8809	0,1413	0,1000
	50	0,7682	0,8390	0,1026	0,0721
	60	0,5132	0,6605	0,0947	0,0507
60	30	0,9079	0,5567	0,1740	0,1110
	40	0,8879	0,4400	0,1198	0,0998
	50	0,4489	0,4669	0,0899	0,0818
	60	0,1696	0,4480	0,0689	0,0516

QUADRO 7.92- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot min^{-1} \cdot g^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente não controlado

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	86,7190 **	12,3451 **	4,2419 **
Temperatura (B)	3	1,2894 **	0,9185 **	0,2500 **
Umidade Relativa (C)	3	1,4975 **	0,7714 **	0,3226 **
A x B	9	0,9614 **	0,3768 **	0,0666 **
A x C	9	1,2714 **	0,2277 **	0,0770 **
B x C	9	0,2474 n.s.	0,0370 n.s.	0,0082 n.s.
A x B x C	27	0,2322 n.s.	0,0397 n.s.	0,0153 n.s.
Resíduo	64	0,2815	0,0196	0,0141
Total	127			
C.V. (%)		58,7270	28,2830	36,298

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.93- Resumo da análise de variância dos dados obtidos de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot min^{-1} \cdot g^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado, submetido a diferentes condições de secagem e armazenadas por 12 meses em ambiente com temperatura controlada de 15°C

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Cereja	Descascado	Despulpado
Período de Armazenagem (A)	3	79,3716 **	11,3458 **	4,7767 **
Temperatura (B)	3	2,7200 **	1,4661 **	0,6464 **
Umidade Relativa (C)	3	2,6146 **	1,0244 **	0,5004 **
A x B	9	0,9391 **	0,3606 **	0,0962 **
A x C	9	1,1394 **	0,2030 **	0,0518 **
B x C	9	0,4080 n.s.	0,0330 n.s.	0,0241 n.s.
A x B x C	27	0,2269 n.s.	0,0154 n.s.	0,0199 n.s.
Resíduo	64	0,2830	0,0188	0,0163
Total	127			
C.V. (%)		51,1710	21,9670	25,5290

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo.

QUADRO 7.94- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,3726 a	1,4091 a	0,8701 a
4	0,0962 b	0,3612 b	0,2036 b
8	0,0801 b	0,1149 c	0,1291 bc
12	0,0646 b	0,0957 c	0,1071 c
Temperatura (°C)			
30	1,1980 a	0,5951 a	0,4118 a
40	0,7964 b	0,6374 a	0,3867 a
50	0,8599 ab	0,4894 b	0,2911 b
60	0,7592 b	0,2588 c	0,2203 b
Umidade Relativa (%)			
30	1,1645 a	0,6615 a	0,4597 a
40	0,9978 ab	0,5866 a	0,3363 b
50	0,7332 b	0,4059 b	0,2938 bc
60	0,7180 b	0,3268 b	0,2200 c

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 7.95- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, para os fatores período de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Fatores	Cereja	Descascado	Despulpado
Período (meses)			
0	3,3726 a	1,4091 a	0,8701 a
4	0,6115 b	0,7620 b	0,7935 a
8	0,1005 c	0,1918 c	0,2235 b
12	0,0737 c	0,1326 c	0,1149 c
Temperatura (°C)			
30	1,4630 a	0,7382 a	0,6014 a
40	0,9315 b	0,8164 a	0,6261 a
50	0,9631 b	0,6122 b	0,4544 b
60	0,7966 b	0,3286 c	0,3201 c
Umidade Relativa (%)			
30	1,3813 a	0,8055 a	0,6620 a
40	1,1680 ab	0,7310 a	0,5153 b
50	0,8309 bc	0,5496 b	0,4628 b
60	0,7782 c	0,4093 c	0,3619 c

Nas colunas, médias seguidas de uma mesma letra dentro de cada fator não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

temperatura controlada de 15°C indicam uma certa atenuação dos efeitos causados por condições de secagem adversas. Uma provável explicação para tal comportamento seria o fato desta enzima encontrar-se ligada às membranas celulares e ativada somente quando liberada destas. A danificação da estrutura da membrana celular favorece um maior contato entre as enzimas e os constituintes presentes dentro e fora das células do grãos, provocando reações químicas que alteram a composição original do grãos de café. De acordo com AMORIM (1978) danos ocorridos nas membranas liberam e, conseqüentemente, ativam esta enzima, que por sua vez oxida os compostos fenólicos a quinonas. As quinonas formadas inibem a ação da polifenoloxidase diminuindo sua atividade, conseqüentemente o aumento da quantidade de compostos fenólicos oxidados provoca uma inativação da enzima polifenoloxidase. Portanto, esses resultados parecem indicar que o aumento do tempo de armazenagem e a condução inadequada do processo de secagem favorecem transformações bioquímicas que levam a uma redução da atividade enzimática da polifenoloxidase e conseqüente prejuízo de qualidade dos frutos e grãos de café.

Nos Quadros 7.96 e 7.97 encontram-se os valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e temperatura do ar de secagem, para as duas condições de armazenagem, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, que os resultados mostram uma tendência bastante definida de variação da atividade enzimática da polifenoloxidase com o tempo de armazenagem e a temperatura do ar de secagem, havendo diferenças significativas nos valores de atividade enzimática indicando a redução dessa atividade com o aumento do período de armazenamento e da temperatura do ar de secagem, independente da forma de preparo do produto e da condição de armazenagem estudada.

Nos Quadros 7.98 e 7.99 encontram-se os valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado para a interação período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem; para as duas condições de armazenagem estudadas, respectivamente; verifica-se, nestes quadros, além do efeito prejudicial do aumento do período de armazenagem, a influência do fator de variação umidade relativa do ar de secagem sobre a atividade da enzima polifenoloxidase dos frutos e grãos de café, apresentando uma tendência de redução da atividade enzimática com o aumento da umidade relativa do ar de secagem, principalmente até o quarto mês de armazenagem para todas as formas de preparo e condições de armazenagem do produto.

QUADRO 7.96- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,4201 A a	2,9704 B a	3,2473 B a	2,8507 B a
4	0,1915 A b	0,0688 A b	0,0623 A b	0,0621 A b
8	0,1142 A b	0,0713 A b	0,0613 A b	0,0736 A b
12	0,0641 A b	0,0750 A b	0,0688 A b	0,0506 A b
Descascado				
0	1,6052 A a	1,8474 B a	1,4573 A a	0,7264 C a
4	0,5185 A b	0,4105 AB b	0,3256 BC b	0,1901 C b
8	0,1331 A c	0,1858 A c	0,0913 A c	0,0618 A b
12	0,1237 A c	0,1060 A c	0,0836 A c	0,0570 A b
Despulpado				
0	1,0700 A a	1,0126 A a	0,7942 B a	0,6035 C a
4	0,3219 A b	0,2325 AB b	0,1487 B b	0,1113 B b
8	0,1423 A c	0,1512 A b	0,1256 A b	0,0972 A b
12	0,1129 A c	0,1507 A b	0,0959 A b	0,0691 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.97- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e temperatura do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Temperatura do Ar de Secagem (°C)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,4220 A a	2,9704 B a	3,2473 B a	2,8507 B a
4	1,1899 A b	0,5986 A b	0,4439 B b	0,2135 B b
8	0,1339 A c	0,1110 A b	0,0960 A b	0,0613 A b
12	0,1062 A c	0,0621 A b	0,0653 A b	0,0610 A b
Descascado				
0	1,6052 A a	1,8474 B a	1,4573 A a	0,7264 C a
4	0,8692 AB b	1,0166 A b	0,7704 B b	0,3917 C b
8	0,3387 A c	0,1842 AB c	0,1319 B c	0,1123 B c
12	0,1396 A d	0,2177 A c	0,0890 A c	0,0841 A c
Despulpado				
0	1,0700 A a	1,0126 A a	0,7942 B a	0,6035 C a
4	0,9430 AB a	0,9714 A a	0,7816 B a	0,4779 C a
8	0,2139 A b	0,4152 B b	0,1519 A b	0,1131 A b
12	0,1787 A b	0,1051 A c	0,0899 A b	0,0860 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.98- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente não controlado, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,3472 A a	3,7411 A a	2,7185 B a	2,6836 B a
4	0,1382 A b	0,1010 A b	0,0818 A b	0,0698 A b
8	0,0960 A b	0,0840 A b	0,0706 A b	0,0638 A b
12	0,0766 A b	0,0651 A b	0,0621 A b	0,0548 A b
Descascado				
0	1,7499 A a	1,7029 A a	1,2510 B a	0,9324 C a
4	0,5681 A b	0,4078 AC b	0,2174 B b	0,2514 BC b
8	0,1794 A c	0,1365 A c	0,0846 A b	0,0590 A c
12	0,1487 A c	0,0990 A c	0,0708 A b	0,0644 A c
Despulpado				
0	1,1747 A a	0,0902 B a	0,0813 B a	0,5897 C a
4	0,3248 A b	0,2035 AB b	0,1498 B b	0,1364 B b
8	0,1666 A c	0,1286 A b	0,1294 A b	0,0916 A b
12	0,1728 A bc	0,1102 A b	0,0829 A b	0,0625 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 7.99- Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase ($M \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 10^{-6}$) dos frutos e grãos de café cereja, descascado e despulpado armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para a interação dos fatores período de armazenagem e umidade relativa do ar de secagem

Período de Armazenagem (meses)	Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)			
	30	40	50	60
Cereja				
0	4,3472 A a	3,7411 A a	2,7185 B a	2,6836 B a
4	0,9634 A b	0,7492 A b	0,4352 A b	0,2980 A b
8	0,1222 A c	0,1080 A b	0,1023 A b	0,0695 A b
12	0,0923 A c	0,0736 A b	0,0676 A b	0,0615 A b
Descascado				
0	1,7943 A a	1,6451 A a	1,2538 B a	0,9431 C a
4	0,9646 A b	0,9197 A b	0,6678 B b	0,4957 B b
8	0,2795 A c	0,2226 A c	0,1600 A c	0,1050 A c
12	0,1838 A c	0,1364 A c	0,1170 A c	0,0931 A c
Despulpado				
0	1,1747 A a	0,9029 B a	0,8131 B a	0,5897 C a
4	0,9203 A b	0,8033 AB a	0,7789 AB a	0,6714 B a
8	0,3478 A c	0,2358 AB b	0,1779 B b	0,1326 B b
12	0,2051 A c	0,1193 A b	0,0812 A b	0,0541 A b

Para cada teste realizado, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

7.4.9- Discussão geral

O teor de umidade dos frutos e grãos de café, durante o armazenamento, tendem para a umidade de equilíbrio e oscila entre 11,4 e 13,2 % base úmida, para a forma de preparo cereja quando mantidas em ambiente não controlado, entre 11,3 e 13,3 % b.u., para frutos armazenados em ambiente de temperatura controlada de 15 °C, entre 10,9 e 12,8 % b.u. para os grãos da forma de preparo descascado armazenados em ambiente não controlado e entre 11,5 e 13,6 % b.u. para grãos estocados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C. Já para os grãos da forma de preparo despulpado observou-se uma variação do teor de umidade de 11,1 a 13,1 % b.u., para grãos armazenados em ambiente não controlado, e entre 11,9 e 13,4 % b.u. para o produto armazenado em ambiente com temperatura controlada de 15 °C. A análise destes resultados permite verificar que a variação do conteúdo de umidade dos frutos e grãos de café, durante o armazenamento, pode ser considerada normal e se encontra dentro da faixa adequada para armazenagem segura do produto.

Examinando os resultados apresentados nos diferentes tratamentos de secagem e armazenagem, pode-se observar que a qualidade da bebida e composição química dos frutos e grãos de café foram afetados pela temperatura e umidade relativa do ar de secagem e pelo período e condição de armazenagem, para todas as formas de preparo do produto analisadas.

Os resultados obtidos referentes à análise sensorial (prova de xícara) dos frutos e grãos de café considerou a bebida de classificação “Dura” como valorização máxima do café das diferentes formas de preparo e condições de armazenagem, ao longo do período de estocagem de 12 meses, sendo que as amostras de café das formas de preparo descascado e despulpado não apresentaram alterações na classificação de suas bebidas para todos os tratamentos analisados; enquanto o produto da forma de preparo cereja, de modo geral, apresentou tendência de redução da qualidade da bebida com aumento do tempo de armazenagem, independente da combinação temperatura e umidade relativa do ar de secagem estudada, tornando-se mais acentuado o declínio na qualidade da bebida para o produto armazenado em ambiente não controlado. Resultados estes que contribuem para reforçar o conceito que a presença da mucilagem, enquanto não degradada, constitui-se em elemento capaz de comprometer a qualidade do café.

As amostras de café que apresentaram os mais baixos índices de acidez foram aquelas mantidas em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, independente da forma de preparo do produto. Verificou-se também uma tendência de elevação da acidez dos frutos e

grãos de café com o aumento do período de armazenamento. Já os resultados obtidos para as formas de preparo descascado e despulpado indicaram uma menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem na acidez dos grãos de café, sendo mais afetados os grãos de café descascado; no entanto, para os frutos de café cereja observou-se tendência de redução dos valores de acidez do produto com a elevação da temperatura do ar de secagem, indicando a provável influência da fermentação da mucilagem no aumento da acidez durante o processo de secagem dos frutos de café.

Quanto aos compostos fenólicos, a análise dos resultados mostrados permitiu verificar que de modo geral os frutos e grãos de café apresentaram maiores teores desses compostos quando submetidos à secagem com temperaturas mais elevadas, sendo pouco acentuada a influência da umidade relativa do ar de secagem sobre o teor de fenólicos totais dos produtos investigados; entretanto, apresentando uma pequena tendência de redução dos teores desses componentes com o aumento da umidade relativa do ar de secagem, para as diferentes formas de preparo do café. Observou-se, ainda, a relação direta existente entre o aumento do tempo de armazenagem e a elevação da composição de fenólicos dos frutos e grãos de café, em que a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens para redução dos efeitos causados pelos diversos processos de secagem na composição de fenólicos dos frutos e grãos de café e, conseqüentemente, sobre a sensação de adstringência da bebida.

Analisando os resultados obtidos para os teores de gordura dos frutos e grãos de café, verificou-se que os valores encontrados não apresentaram tendência definida de variação, mas de modo geral, indicaram um menor valor do índice de gordura para as amostras submetidas à secagem com temperaturas menos elevadas, além de uma influência pouco expressiva da umidade relativa do ar de secagem na fração de gordura dos frutos e grãos de café, apresentando uma pequena disposição de redução do teor de gordura com a diminuição desse fator. Observou-se ainda o efeito mais pronunciado do aumento do tempo de armazenagem sobre a elevação do teor de gordura dos frutos e grãos de café nos primeiros meses de armazenamento, para a partir do oitavo mês de conservação apresentar redução dos índices desse composto; além do fato que o produto armazenado à temperatura de 15 °C, independente da forma de preparo, apresentou índices de gordura próximos àqueles observados para o material mantido em ambiente não controlado.

Comparando-se os valores de açúcares redutores obtidos das diferentes formas de preparo do café analisadas, notou-se a superioridade dos teores desses compostos para o café cereja, sendo os menores resultados encontrados para as amostras oriundas da forma de preparo despulpado, corroborando o conceito da contribuição da mucilagem na composição

de carboidratos dos frutos e grãos de café; entretanto, verificou-se que os teores de açúcares redutores diminuíram significativamente com o aumento do tempo de armazenagem do produto, independente da condição de armazenamento do material. Notou-se também que os teores de açúcares redutores dos frutos e grãos de café apresentaram, de modo geral, tendência de redução com o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar de secagem.

Ao contrário dos aspectos observados para os teores de açúcares redutores, não foi verificado superioridade dos índices de açúcares não redutores para as formas de preparo ricas em mucilagem (cereja e descascado), assim como, constatou-se que as diferentes condições de secagem e armazenagem pouco influenciaram na composição desses compostos nos frutos e grãos de café; entretanto, observou-se o efeito do aumento do período de armazenamento como principal responsável pela redução dos teores de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café, para as duas condições de armazenagem analisadas.

Já os valores de atividade enzimática da polifenoloxidase foram superiores para o produto mantido em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, quando comparados com os valores obtidos para o material armazenado em ambiente não controlado, independente da forma de preparo analisada, apresentando de modo geral tendência de redução da atividade dessa enzima com a elevação do tempo de armazenagem, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem dos frutos e grãos de café das diferentes formas de preparo.

Cabe ressaltar que os resultados encontrados reforçam o questionamento quanto a subjetividade dos testes de análise sensorial (prova de xícara), chamando atenção para o fato que com técnicas adequadas e degustadores capacitados a classificação por tipo de bebida é válida dentro de certos limites, devendo ser a avaliação da qualidade do café complementada por métodos mais objetivos, físico-químicos e, ou, químicos, juntamente com as classificações tradicionais usualmente empregadas.

7.5. CONCLUSÕES

Diante os resultados obtidos nesta etapa sobre o estudo dos efeitos das condições de secagem e armazenagem na bebida e composição química dos frutos e grãos de café, pôde-se

concluir que:

- a qualidade da bebida dos grãos de café das formas de preparo descascado e despolpado não foi alterada durante o armazenamento pelas diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independente da condição de armazenagem;
- os frutos de café cereja apresentaram redução na qualidade da bebida durante o período de armazenamento, sendo mais acentuado esse declínio para o produto mantido em ambiente não controlado, independente da combinação de temperatura e umidade relativa do ar de secagem estudada;
- os melhores resultados de acidez titulável dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, sendo que a acidez do produto aumenta com o prolongamento do período de armazenamento;
- os grãos descascados e despolpados apresentaram uma menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez dos grãos de café, enquanto os frutos cereja mostraram redução dos índices de acidez titulável com a elevação da temperatura do ar de secagem;
- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de fenólicos totais dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentam com a elevação do tempo de armazenagem;
- os teores de compostos fenólicos aumentam com a elevação da temperatura do ar de secagem, tendo pouca influência a variação da umidade relativa do ar secante na composição de fenólicos dos frutos e grãos de café;
- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de gordura dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentaram nos primeiros meses de armazenagem com a elevação do tempo de armazenagem, para a partir do oitavo mês de armazenamento apresentarem uma redução dos índices de gordura dos produtos das diferentes formas de preparo analisadas;

- os resultados obtidos indicaram um menor teor de gordura para os frutos e grãos de café submetidos à secagem com temperaturas menos elevadas e maiores valores de umidade relativa do ar de secagem;
- os frutos e grãos de café apresentaram redução na composição de açúcares redutores com o aumento do período de armazenamento e da temperatura de secagem e, ainda, com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, independente da condição de armazenagem;
- os melhores resultados para os teores de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado por menor período de tempo, sendo que as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem pouco influenciaram na composição desses compostos, independente da condição de armazenagem;
- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre a atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café, sendo que a atividade dessa enzima diminuiu com o aumento do tempo de armazenagem, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem.

CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos pôde-se concluir que:

- a equação exponencial, proposta neste trabalho, pode ser utilizada para prever os valores de umidade de equilíbrio higroscópico do café, independentemente da forma de preparo do produto e da maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (dessorção ou adsorção);
- para as faixas de temperatura e umidade relativa estudadas, a histerese dos cafés cereja, descascado e despulpado, tende a crescer com a redução da temperatura e elevação da umidade relativa do ar;
- a equação proposta por Page foi a que melhor representou os dados experimentais, independentemente da forma de preparo do produto, quando comparada com as equações de Thompson, Exponencial e de Difusão, nesta última utilizando-se os oito primeiros termos da série;
- a taxa de secagem foi influenciada pela temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independentemente da forma de preparo do produto;
- a forma de preparo cereja apresenta menor taxa de secagem, não sendo observadas diferenças significativas nas taxas de secagem dos cafés descascado e despulpado;
- o volume e as massas específicas real e aparente do café, das diferentes formas de preparo analisadas, aumentam com a elevação do teor de umidade do produto; enquanto a porosidade

crece com o aumento da umidade dos frutos e grãos de café, até um valor máximo, passando em seguida a decrescer;

- o volume dos frutos e grãos de café dos diferentes tipos de preparo, diminui com a perda de umidade dos mesmos, sendo a contração volumétrica do café cereja da ordem de 39% de seu volume inicial, para uma redução de umidade de 2,27 b.s. para 0,11 b.s. Para o café descascado a contração do volume de seus grãos, para uma diminuição do teor de umidade de 0,60 b.s. para 0,11 b.s., foi de aproximadamente 12% de seu volume inicial, não havendo grandes diferenças entre os valores obtidos para os grãos de café descascado e despulpado, que apresentaram uma redução de volume de 13% para uma diminuição do teor de umidade de 0,62 para 0,11 b.s.;

- para a faixa de temperatura de 25 a 65 °C, o calor latente de vaporização da água dos frutos de café cereja variou de 2403,6224 a 2858,5450 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade na faixa de 0,12 a 2,10 base seca. Já para os grãos de café descascado e despulpado essa variação foi de 2450,9820 a 2783,5840 kJ.kg⁻¹ e 2487,3220 a 2808,0010 kJ.kg⁻¹, para teores de umidade variando de 0,12 a 0,50 base seca;

- o calor específico dos frutos de café cereja variou de 1,2136 a 2,5251 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0843 a 0,1415 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,0555x10⁻⁷ a 1,5730x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,68 base seca;

- o calor específico dos grãos de café descascado variou de 1,2254 a 2,4653 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,0934 a 0,1735 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3519x10⁻⁷ a 1,6964x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,60 base seca;

- o calor específico dos grãos de café despulpado variou de 1,1290 a 2,3848 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, a condutividade térmica de 0,1033 a 0,1762 W.m⁻¹.°C⁻¹ e a difusividade térmica de 1,3373x10⁻⁷ a 2,0810x10⁻⁷ m².s⁻¹, para teores de umidade variando de 0,11 a 0,62 base seca;

- a germinação e o vigor das sementes de café diminuem com a redução da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar de secagem, e ainda, com o período de armazenamento;

- a germinação e o vigor das sementes de café descascado e despulpado aumentam com a redução da temperatura de armazenagem para 15°C, porém o ambiente com temperatura

controlada não foi capaz de inibir a perda de qualidade das sementes durante o armazenamento;

- os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter para quantificação e avaliação da cor dos grãos beneficiados de café aumentou com a elevação do tempo de armazenamento do produto, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, sendo menos acentuada a contribuição da umidade relativa do ar de secagem na variação da coloração do produto durante o armazenamento, independentemente da forma de preparo e condição de armazenagem;

- os frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentaram resultados melhores de coloração, quando comparados com os obtidos para o produto armazenado em ambiente não controlado, independentemente da forma de preparo estudada;

- a qualidade da bebida dos grãos de café das formas de preparo descascado e despulpado não foi alterada durante o armazenamento pelas diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, independentemente da condição de armazenagem;

- os frutos de café cereja apresentaram redução na qualidade da bebida durante o período de armazenamento, sendo mais acentuado esse declínio para o produto mantido em ambiente não controlado, independentemente da combinação de temperatura e umidade relativa do ar de secagem estudada;

- os melhores resultados de acidez titulável dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado em ambiente com temperatura controlada de 15 °C, sendo que a acidez do produto aumenta com o prolongamento do período de armazenamento;

- os grãos descascados e despulpados apresentaram menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez dos grãos de café, enquanto os frutos cereja mostraram redução dos índices de acidez titulável com a elevação da temperatura do ar de secagem;

- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de fenólicos totais

dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentam com a elevação do tempo de armazenagem;

- os teores de compostos fenólicos aumentam com a elevação da temperatura do ar de secagem, tendo pouca influência a variação da umidade relativa do ar secante na composição de fenólicos dos frutos e grãos de café;

- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C não apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre os teores de gordura dos produtos analisados, sendo que os teores desses compostos aumentaram nos primeiros meses de armazenagem com a elevação do tempo de armazenagem, para, a partir do oitavo mês de armazenamento, apresentarem uma redução dos índices de gordura dos produtos das diferentes formas de preparo analisadas;

- os resultados obtidos indicaram menor teor de gordura para os frutos e grãos de café submetidos à secagem com temperaturas menos elevadas e maiores valores de umidade relativa do ar de secagem;

- os frutos e grãos de café apresentaram redução na composição de açúcares redutores com o aumento do período de armazenamento e da temperatura de secagem e, ainda, com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, independentemente da condição de armazenagem;

- os melhores resultados para os teores de açúcares não redutores dos frutos e grãos de café foram obtidos para o produto armazenado durante menor período de tempo, sendo que as diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem pouco influenciaram na composição desses compostos, independentemente da condição de armazenagem;

- a armazenagem em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentou vantagens na redução dos efeitos do processo de secagem sobre a atividade enzimática da polifenoloxidase dos frutos e grãos de café, sendo que a atividade dessa enzima diminuiu com o aumento do tempo de armazenagem, da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.M.A.; CARVALHO, V.D.; BOTREL, N. Efeito de níveis de adição de defeito "verde" na composição química de cafés classificados como bebida "estritamente mole". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.456-561, 1996.
- AFONSO JÚNIOR, P.C. **Efeito imediato e latente da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade "Ouro Negro 1992"**. Viçosa: UFV, 1996. 70p. (Tese de Mestrado).
- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C. Análise da redução de volume de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) durante o processo de secagem. In: VILELLA, F. (ed.) **Avances en ingeniería agrícola**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000. 686p.
- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.349-353, 1999.
- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C.; ANDRADE, E.T. Análise da variação das propriedades físicas e contração volumétrica dos grãos de milheto (*Pennisetum glaucum*) durante o processo de dessecamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.1, p.15-21, 2000.
- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C.; QUEIROZ, D.M. Modelamento da perda de qualidade de sementes de soja, em função das condições iniciais e da atmosfera no armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.403-408, 2000.
- AGRAWAL, K.K.; CLARY, B.L. Investigation into the theories of desorption isotherms for rough rice and peanuts. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, n.5, p.919-924, 1971.

- AGRAWAL, K.K.; CLARY, B.L.; SCHROEDER, E.W. Mathematical models of peanut pod geometry. **ASAE**, St. Joseph, 1972, 30p. (Paper nº 72-315).
- AGRIBUS 2001. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & comércio Ltda., 2001. 545p.
- AGUERRE, R.J.; SUÁREZ, C.; VIOLLAZ P.E. Modeling temperature dependence of food sorption isotherms. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v.22, n.1, p. 1-5, 1989.
- AGUILERA, H.; GOLDBACH, H. Storage of coffee (*Coffea arabica* L.) seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.5, n.2, p.7-12, 1980.
- ALAGUSUNDARAM, K.; JAYAS, D.S.; MUIR W.E.; WHITE, N.D.G. Thermal conductivity of barley, lentils and peas. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.34, n.5, p.1784-1788, 1991.
- ALMEIDA, B.V. **Determinação das propriedades físicas de amêndoas de cacau**. Viçosa: UFV, 1979. 70p. (Tese de Mestrado).
- ALVARENGA, L.C.; FORTES, M.; PINHEIRO FILHO, J.B.; HARA, T. Transporte de umidade no interior de grãos de feijão-preto sob condição de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.5, n.1, p.5-18, 1980.
- AMARAL, A.I.F. **Estudo das cores**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1973. 120p.
- AMORIM, H. V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão de café verde com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Dissertação de Doutorado).
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração de qualidade**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 85p. (Dissertação de Livre Docência).
- AMORIM, H.V. Nutritional status of the coffee plant and beverage quality. **Indian Coffee**, Bangalore, v.34, n.12, p.331-335, 1970.
- AMORIM, H.V.; CRUZ, A.R.; DIAS, R.M.; GUTIERREZ, L.E.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; OLIVEIRA, G.D. Transformações físicas, químicas e biológicas do grão do café e sua qualidade. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5, 1977, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1977. p.45-48.
- AMORIM, H.V.; JOSEPHSON, R.V. Water soluble protein and non protein components of Brazilian green coffee beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, n.5, p.1179-1184, 1975.
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. **Relação da atividade da polifenoloxidase do grão de café (*Coffea arabica* L.) com a qualidade da bebida**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1968. 16p. (Boletim Técnico, 31).
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, London, v. 219, p.381-382, 1968.

- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e a qualidade da bebida. . In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 3, 1975, Curitiba. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1977. p.21.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; GUERCIO, M. A.; CRUZ, V. F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of brazilian green coffee and the quality of the beverage. II. Phenolic compounds. **Turrialba**, San Jose, v.24, n.2, p.217-221, 1975.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MORAES, R.S.; REIS, A.J.; PIMENTEL GOMES, F.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXVII. Efeito da adubação N, P, K no teor de macro e micronutrientes do fruto e na qualidade da bebida do café. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.30, p.324-333, 1973.
- ANDERSON, R.B. Modifications of the Brunauer, Emmet and Teller equation. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v.68, n.4, p.686-691, 1946.
- ARAUJO, E.F. **Efeito da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica e determinação do equilíbrio higroscópico de sementes de milho doce (*Zea mays* L.)**. campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1999. 128p. (Tese Doutorado).
- ARAUJO, E.F.; CORRÊA, P.C.; PERREIRA, O.A. Influência da temperatura de secagem na germinação de sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.11, n.1-2-3, p.69-75, 1989.
- ARAUJO, R.F. **Influência do teor de umidade, da embalagem e do ambiente de armazenamento na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa: UFV, 1988. 56p. (Tese de Mestrado).
- ARCILA-PULGARIN, J.; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relación entre la actividad de la polifenoloxidase (PFO) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida del café. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 26, n. 2, p.55-71, 1975.
- ARCILA-PULGARIN, T. The effect of drying temperature on the germination of coffee seeds. **Cenicafé**, Chinchiná, v.27, n.2, p.89-91, 1976.
- ARTEAGA, M.S. Modelación del processo de secado. In: Seminário de secado solar, 2, 1986, Cuzco, Peru. **Resumos...** Lima: Instituto General de Investigación, 1986. p.51-56.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14 ed., Washington, 1984. 1141p.
- ASTOLFI, P.; PEDROSO, P.; CARVALHO, N.; SADER, R. Maturação de sementes de café. **Científica**, Jaboticabal, v.9, n.2, p.289-294, 1981.
- BACCHI, O. Estudo sobre a conservação de sementes de café. **Bragantia**, Campinas, v.17, n.20, p.261-270, 1958.
- BACCHI, O. Novos ensaios sobre a seca de sementes de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v.15, n.8, p.83-91, 1956.

- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.28, p.467-468, 1962.
- BACH, D.B. **Curvas de equilíbrio higroscópico de feijão preto**. Viçosa: UFV, 1979. 39p. (Tese de Mestrado).
- BAKER, K.D.; PAULSEN, M.R.; ZWEDEN, J.V. Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.34, n.2, p.499-506, 1991.
- BALA, B.K.; WOODS, J.L. Simulation of deep bed malt drying. **Journal Agricultural Engineering Research**, New York, v.30, n.3, p.235-244, 1984.
- BALA, B.K.; WOODS, J.L. Thin layer drying models for malt. **Journal of Food Engineering**, London, v.16, n.3, p.239-249, 1992.
- BARBOZA, R.; HERRERA, J. El vigor en la semilla de café y su relacion con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. **Agronomia Costarricense**, San José, v.14, n.1, p.1-7, 1990.
- BAREL, M.; JACQUET, M. La qualité du café: ses causes, son appréciation, son amélioration. **Plantations Recherche Developpement**, Paris, v.1, n.1, p.5-10, 1994.
- BARROZO, M.A.S.; OLIVEIRA, D.T.; SANCINETI, G.P.; RODRIGUES, M.V. Estudo experimental e discriminação de equações de umidade de equilíbrio de ervilhas utilizando medidas de vício e curvatura. **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v.7, n.1, p.31-36, 1998.
- BÁRTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.33-42, 1997.
- BASSOLI, P.G. **Avaliação da qualidade de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada**. Londrina: UEL, 1992. 110p. (Dissertação de Mestrado).
- BECKER, H.A.; SALLANS, H.T. A study of the desorption isotherms of wheat at 25°C and 50°C. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.33, n.2, p.79-91, 1956.
- BENDAÑA, F.E. Fisiología de las semillas de café. I. Problemas relativos al almacenamiento. **Turrialba**, Costa Rica, v.4, n.15, p.93-96, 1962.
- BENEDETTI, B.C. **Influência do teor de umidade sobre propriedades físicas de vários grãos**. Campinas: UNICAMP, 1987. 125p. (Tese de Mestrado).
- BERBERT, P.A.; QUEIROZ, D.M.; SILVA, J.S.; PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.60, n.3, p.167-173, 1995.
- BERISTAIN, C.I.; DÍAZ, R.; GARCÍA, H.S.; AZUARA, E. Thermodynamic behavior of green whole and decaffeinated coffee beans during adsorption. **Drying Technology**, New York, v.12, n.5, p.1221-1233, 1994.
- BERNA, A.; ROSSELO, C.; CANELLAS, J.; MULET, A. Drying kinetics of apricots. In: SPIESS, W.E.L.; SHUBERT, H. **Engineering and food**. London: Elsevier Science Publishing, 1990. v.1, 945p.

- BICCHI, C.P.; BINELLO, A.E.; PELLEGRINO, G.M.; VANNI, A.C. Characterization of green and roasted coffees through the chlorogenic acid and fraction by HPLC-UV and principal component analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 6, p.1549-1555, 1995.
- BITANCOURT, A.A. As fermentações e podridões da cereja de café. **Boletim da Superintendência dos Serviços do Café**, São Paulo, v.32, n.359, p.7-14, 1957.
- BORÉM, F.M. **Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.), híbrido AG 303**. Viçosa: UFV, 1992. 50p. (Tese de Mestrado).
- BOUHARMONT, P. La conservation des graines de café destinées a la multiplication au cameroun. **Café Cacao Thé**, Paris, v.35, n.3, p.202-210, 1971.
- BRAGA FILHO, J.M. **Curvas de secagem em camada delgada e propriedades físicas de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. Viçosa: UFV, 1986. 102p. (Tese de Mestrado).
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.
- BRUCE, D.M. Exposed-layer barley drying: three models fitted to new data up to 150 °C. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.32, n.3, p.337-347, 1985.
- BRUNAUER, S.; EMMET, P.H.; TELLER, E. Adsorption in multi-molecular levels. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v.60, n.2, p.309-319, 1938.
- CALLE, H.V. Pruebas químicas para determinar la calidad de café. **Cenicafé**, Chinchiná, v.14, n.3, p.187-194, 1963.
- CAL-VIDAL, J. Potencial higroscópico como índice de estabilidade de grãos e cereais desidratados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.61-76, 1982.
- CARELLI, M.L.; MÔNACO, L.C. Conservação de sementes de café racemosa. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.único, p.XXXI-XXXIV, 1977.
- CARVALHO, A.; GARRUTI, R.S.; TEIXEIRA, A.A.; PUPO, L.M.; MONACO, L.C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. **Bragantia**, Campinas, v.29, n.20, p.207-220, 1970.
- CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 165p.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. I - Atividades de polifenoloxidase e peroxidase, índice de

- coloração de acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p.449-454, 1994.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informa Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.79-92, 1985.
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; COUTO, A.C.; CHAGAS, S.J.R.; VILELA, E.R. Efeito do tipo de colheita e local de cultivo na composição físico-química e química do grão beneficiado. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15, 1989, Maringá. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1989. p.23-24.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária, sobre a armazenabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade “Carioca”: avaliação experimental, modelagem e simulação.** Campinas: UNICAMP, 1997. 229p. (Tese de Doutorado).
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; ARAGÃO, R.F.; SANTANA, E.F.; SILVA, F.A.S. Estudo da morfologia geométrica em grãos. **Revista Nordestina de Armazenagem**, Campina Grande, v.3, n.1, p.3-30, 1986.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; MARTINS, J.H.; ALMEIDA, F.A.C. Histerese em sementes de feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade paulista. **Revista Nordestina de Armazenagem**, Campina Grande, v.2, n.2, p.28-44, 1985.
- CHAGAS, S.J.R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1994. 83p. (Tese de Mestrado).
- CHAKRABARTI, S.M.; JOHNSON, W.H. Specific heat of flue cured tobacco by differential scanning calorimetry. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.5, p.928-931, 1972.
- CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D.; GUIMARÃES, P.T.G. **Manual de preservação e melhoria da qualidade do café nas fases de pré e pós-colheita.** Belo Horizonte: EPAMIG/COOPARAÍSO, 1992. 43p.
- CHANDRA, S.; MUIR, W.E. Thermal conductivity of spring wheat at low temperature. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.14, n.2, p.644-646, 1971.
- CHANG, C.S. Thermal conductivity of wheat, corn, and grain sorghum as affected by bulk density and moisture content. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.5, p.1447-1450, 1986.
- CHASSEVENT, F. XIII Colóquio Científico Internacional sur le café, rapport de synthèse agronomique. **Café Cacao Thé**, Paris, v.31, n.3, p.219-221, 1987.
- CHEN, C. Factors which effect equilibrium relative humidity of agricultural products. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.43, n.3, p. 673-683, 2000.

- CHEN, C.; JAYAS, D.S. Evaluation of the GAB equation for the isotherms of agricultural products. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.41, n.6, p. 1755-1760, 1998.
- CHEN, C.; MOREY, R.V. Comparison of four EMC/ERH equations. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.32, n.3, p. 983-990, 1989.
- CHEN, C.S.; CLAYTON, J.T. The effect of temperature on sorption isotherms of biological materials. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.14, n.5, p.927-929, 1971.
- CHEN, Q.; KOH, H.K.; PARK, J.B. Color evaluation of red pepper powder. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.3, p.749-752, 1999.
- CHEN, Y.; BURRIS, J.S. Desiccation tolerance in maturing maize seed: membrane phospholipid composition and thermal properties. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.766-770, 1991.
- CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H.A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 – a review. **Journal of Food Technology**, London, v.13, n.2, p.159-174, 1978.
- CHITTENDEN, D.H. **Drying of single kernels and deep beds of shelled corn**. Wisconsin: University of Wisconsin, 1961. 214p. (Thesis Ph. D.)
- CHRIST, D. **Curvas de equilíbrio higroscópico e de secagem da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes**. Viçosa: UFV, 1996. 50p. (Tese de Mestrado).
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974. p. 158-192.
- CHUNG, D.S.; CONVERSE, H.H. Effect of moisture content on some physical properties of grains. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.14, n.3, p.612-614, 1971.
- CHUNG, D.S.; PFOST, H.B. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.10, n.4, p. 149-157, 1967.
- CLARKE, R.J. Grading, storage, pre-treatments and blending. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee: technology**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p.35-58.
- CLARKE, R.J. Roasting and grinding. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: technology**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p.73-107.
- CLARKE, R.J.; WALKER, L.J. Potassium and other mineral contents of green, roasted and instant coffee. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, London, v.25, p.1309-1404, 1974.
- CLASER, C.A. **Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na germinação de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Viçosa: UFV, 1995. 32p. (Tese de Mestrado).
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process Biochemistry**, Oxford, v.10, n.1, p.20-23, 1975.

- CLIFFORD, M.N.; WILLIAMS, T.; BRIDSON, D. Chlorogenic acids and caffeine as possible taxonomic criteria in *Coffea* and *Psilanthus*. **Phytochemistry**, v.28, p.829-838, 1989.
- CLYDESDALE, F.M. The measurement of color. **Food Technology**, Chicago, v.23, n.1, p.16-22, 1969.
- CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G.; VOVAN, X. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. **Canadian Institution of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.16, n.1, p.25-29, 1983.
- CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; CHRIST, D.; MANTOVANI, B.H.M. Curvas de dessecção e calor latente de vaporização para as sementes de milho de pipoca (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.75-79, 1998.
- CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; MELO, E.C. **Umigrãos: programa para o cálculo do teor de umidade de equilíbrio para os principais produtos agrícolas**. Viçosa: Centreinar-UFV, 1995. 10p.
- CORRÊA, P.C.; MOURE, J. Higroscopicidad y propiedades térmicas de semillas de sorgo. **Alimentacion Equipos y Tecnologia**, Madri, v.29, n.1, p.149-153, 2000.
- CORRÊA, P.C.; SAMPAIO, C.P.; REGAZZIA.J.; AFONSO JÚNIOR, P.C. Calor específico dos frutos do café de diferentes cultivares em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.1, p.18-22, 2000.
- COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. Gourmets: uma alternativa para o mercado de café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.63-67, 1997.
- COUTO, S.M.; MAGALHÃES, A.C.; QUEIROZ, D.M.; BASTOS, I.T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-68, 1999.
- COUTURON, E. Mantenimiento de la viabilidad de las semillas de cafetos por el control de su contenido en agua y de la temperatura de almacenamiento. **Café Cacao Thé**, Paris, v.24, n.1, p.27-32, 1980.
- DADOUCH,F.; MIR, A. Drying of grain in a vertical open chanel – A numerical study. In: **Proc. of 1st World Renewable Energy Congress**. Oxiford: Pergamon Press, 1990. p. 953-957.
- DALPASQUALE, V.A.; QUEIROZ, D.M.; PEREIRA, J.A.M.; SASSERON, J.L. Curvas de secagem de amendoim, utilizando a teoria da difusão de líquido. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.9-10, n.1-2, p.5-18, 1984/1985.
- DAY, D.L.; NELSON, G.L. Desorption isotherms for wheat. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.8, n.4, p. 293-297, 1965.

- DE MARIA, C.A.B.; TRUGO, L.C.; MOREIRA, R.F.A. Simultaneous determination of total chlorogenic acid, trigonelline and caffeine in green coffee samples by high performance gel filtration chromatography. **Food Chemistry**, London, v.52, p.447-449, 1995.
- DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes II. Secagem, beneficiamento e armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.3, n.2, p.48-55, 1981.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Avaliação de métodos para remoção da mucilagem de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.15, n.2, p. 191-195, 1993.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.15, n.2, p.197-202, 1993.
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D. C. de. Isolamento e caracterização das polifenoloxídases do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 7, p.13-28, 1976.
- DROUZAS, A.E.; SARAVACOS, G.D. Effective thermal conductivity of granular starch materials. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.6, p.1795-1799, 1988.
- DUMONT, G.B.; GUIMARÃES, V.; SOLEWICZ, E.; PERRONE, J.C. Estudos sobre a química do café: 1- destruição pirolítica dos ácidos aminados durante a torrefação – comparação entre cafés tipo mole e rio. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.40, n.2, p.259, 1968.
- DUNCAN, G.A.; BUNN, J.M.; HENSON, W.H. Specific heat of burley tobacco during the cure. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.11, n.4, p.480-483, 1968.
- DUNG, N.V.; FOWLER, R.T.; BOWREY, R.G. Variables affecting the drying rate of paddyrice. **Food Technology in Australia**, Sydney, v.32, n.12, p.604-606. 1980.
- DUTTA, S.K.; NEMA, V.K.; BHARDWAJ, R.K. Thermal properties of gram. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v.39, n.4, p.269-275, 1988.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? II. Effects of provenance, immaturity and imbibition on disiccation tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.42, n.238, p.653-657, 1991.
- ESTEVES, A.B. Acidificação, ao longo do tempo da gordura do grão de café cru. **Estudos Agrônomicos**, Lisboa, v.1, n.4, p.297-317, 1960.
- FAEMG - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FAEMG, 1996. 52p.
- FAN, J.; SIEBENMORGEN, T.J.; MARKS, B.P. Effects of variety and harvest moisture content on equilibrium moisture contents of rice. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.16, n.3, p. 245-251, 2000.

- FANG, Q.; LAN, Y.; KOCHER, M.F.; HANNA, M.A. **Thermal conductivity of granular starch materials**. St. Joseph: ASAE, 1997. 18 p. (Paper n.97-6014).
- FELDMAN, J.R.; RIDER, W.S.; KUNG, J. Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 17, n. 4, p.733-739, 1969.
- FILANI, G.A. Chemical treatment of coffee seeds in relation the emergence and control of seed-borne fungi. **Turrialba**, Costa Rica, v.22, n.11, p.40-46, 1972.
- FLORES, J.S. Porque o mundo não é cinza. **Revista Engenharia de Alimentos**, Campinas, v.1, n.6, p.26-32, 1996.
- FOBÉ, L.A.; NERY, J.P.; TANGO, J.S. Influência do grau de torração sobre a composição química do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.2, p.251-268, 1967/1968.
- FONSECA, H.; GUTIERREZ, L.E.; TEIXEIRA, A.A. Composição e propriedades da fração lipídica de grãos de café de bebidas mole, dura, riada e rio. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.31, p.495-507, 1974.
- FORTES, M.; OKOS, M.R. Changes in physical properties of corn during drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.23, n.4, p.1004-1008, 1980.
- FORTES, M.; OKOS, M.R. Heat and mass transfer in hygroscopic capillary extruded products. **AIChE Journal**, St. Joseph, v.27, n.2, p.102-113, 1981.
- FORTES, M.; PINHEIRO FILHO, J.B.; OKOS, M.R. Estudo de secagem de duas variedades de milho em camadas finas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.7, n.1, p.27-32, 1982.
- FRIESEN, J.A. Predicting equilibrium moisture content within the hysteresis loop. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.3, p. 339-341, 1974.
- FUSCO, A.J.; AVANZA, J.R.; AGUERRE, R.J.; GABITTO, J.F. Diffusional model for drying with volume change. **Drying Technology**, New York, v.9, n.2, p.397-417, 1991.
- GALLAHER, G.L. A method of determining the latent heat of agricultural crops. **Agricultural Engineering**, London, v.32, n.1, p.34 e 38, 1951.
- GARRUTI, R.S.; CONAGIN, A. Escala de valores para avaliação da qualidade de bebida de café. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.557-552, 1961.
- GARRUTI, R.S.; TEIXEIRA, C.G.; TOLEDO, O.Z.; JORGE, J.P.N. Determinação de sólidos solúveis e qualidade de bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. **Bragantia**, Campinas, v.21, p.78-82, 1962.
- GIRANDA, R.N. **Aspectos qualitativos de cafés (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes processos de secagem**. Lavras: UFLA, 1998. 83p. (Tese de Mestrado).

- GODINHO, R.P.; VILELA, E.R.; OLIVEIRA, G.A.; CHAGAS, S.J.R. Variações na cor e na composição química do café (*Coffea arabica* L.) armazenado em coco e beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. especial, n.1, p.38-43, 2000.
- GOIS, V.A.; CAL-VIDAL, J. Termodinâmica da sorção e dessorção da água do mamão liofilizado em pó e em grânulos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.13 e 14, n.1 e 2, p.33-39, 1988/1989.
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-382, 1963.
- GUIDA, V.F.A.A. **Influência da temperatura, fluxo de ar e altura da camada de grãos na secagem de café (*Coffea arabica* L.) despulpado em secador experimental de camada fixa**. Lavras: ESAL, 1994. 57p. (Tese de Mestrado).
- GURR, C.C; MARSHAL, T.J.; HUTTON, J.T. Movement of water in soil due to a temperature gradient. **Soil Science**, Baltimore, v.74, n.5, p.335-345, 1952.
- GUSTAFSON, J.R.; HALL, G.E. Equilibrium moisture content of shelled corn from 50°F to 155°F. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.1, p.120-124, 1974.
- HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: The AVI Publishing Company, 1980. 382 p.
- HALL, C.W.; RODRIGUEZ-ARIAS, J.H. Equilibrium moisture content of shelled corn. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.39, n.8, p.466-470, 1958.
- HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **The Journal of Chemical Physics**, Woodbury, v.16, n.8, p. 931-937, 1948.
- HAMDY, M.Y.; BARRE, H.J. Analysis and hybrid simulation of deep bed drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.13, n.3, p.753-757, 1970.
- HARA, T. **Storage factors affecting coffee quality**. Purdue: Purdue University, 1972. 42p. (Tese de Mestrado).
- HARKINS, W.D.; JURA, G. A vapor adsorption method for determination of the area of a solid without assumption of a molecular area. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v.66, n.8, p.1366-1371, 1944.
- HENDERSON, S.M. A basic concept of equilibrium moisture. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v.33, n.1, p. 29-32, 1952.
- HENDERSON, S.M. Equilibrium moisture content of small grain-hysteresis. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.13, n.6, p. 762-764, 1970.
- HENRY, P.S.H. Diffusion in absorbing media. **Proceedings Royal Society**, 171-A, p.215-241, 1939.
- HERRERA, J.; ALIZAGA, R.; ALIZAGA, G. Efecto de la madurez del fruto de café (*Coffea arabica* L.) cv. Caturra sobre la germinación y el vigor de las semillas. **Agronomía Costarricense**, San José, v.17, n.1, p.25-32, 1993.

- HERTER, U.; BURRIS, J.S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.69, n.2, p.763-774, 1989.
- HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Optimum air-dry seed storage environments for arabica coffee. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.20, n.3, p.547-560, 1992.
- HUKILL, W.V. Fundamentals. In: Physiological factors in drying and storing farm crops. Atlanta: **ASHRAE Handbook**, 1989.
- HUNT, W.H.; PIXTON, S.W. Moisture: its significance, behavior, and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974. p. 1-55.
- IGBEKA, J.C. Simulation of moisture movement during drying a starchy food product-cassava. **Journal of Food Technology**, London, v.17, n.1, p.27-36, 1982.
- IGLESIAS, H.A.; CHIRIFE, J. **Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food and food components**. New York: Academic Press, 1982. 347p.
- IGLESIAS, H.A.; CHIRIFE, J. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. **Journal of Food Technology**, London, v.11, n.2, p.109-116, 1976.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Express coffee: the chemistry of quality**. London: Academic Press Limited, 1995. 253p.
- INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 1992. 380p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - IBC. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC, 1981. 504p.
- JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1994. p. 423-430.
- JAYAS, D.S.; CENKOWSKI, S.; PABIS, S.; MUIR, W. Review of thin-layer drying and wetting equations. **Drying Technology**, New York, v.9, n.3, p.551-588, 1991.
- JAYAS, D.S.; KUKELKO, D.A.; WHITE, N.D.G. Equilibrium moisture-equilibrium relative humidity relationship for canola meal. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.31, n.5, p. 1585-1593, 1988.
- JAYAS, D.S.; MAZZA, G. Comparison of five, three-parameter equations for the description of adsorption data of oats. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.1, p. 119-124, 1993.
- JAYAS, D.S.; MAZZA, G. Equilibrium moisture characteristics of safflower seeds. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.34, n.5, p. 2099-2103, 1991.
- JAYAS, D.S.; SOKHANSANJ, S.; WHITE, N.D.G. Bulk density and porosity of two canola species. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.32, n.2, p.291-294, 1989.

- JIANG, S.; JOFRIET, J.C.; MITTAL, G.S. Thermal properties of hayalage. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.2, p.601-606, 1986.
- JORDÃO, B.A.; GARRUTTI, R.S.; ANGELUCCI, E.; TANGO, J.S.; TOSELLO, 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, 1969/1970.
- KAZARIAN, E.A.; HALL, C.W. Thermal properties of grains. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.8, n.1, p.33-37,48, 1965.
- KECHAOU, N.; ROQUES, M.A. A variable diffusivity model for drying of highly deformable materials. In: MUJUMDAR, A.S.; ROQUES, M. **Drying'89**. New York: Hemisphere Publishing Corp., 1989. 562p.
- KING, M.W.; ROBERTS, E.H. Maintenance of recalcitrant seeds in storage. In: CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press Sdn. Bhd., 1980. p.53-89.
- KRAMER, A. Use of color measurement in quality control of foods. **Food Technology**, Chicago, v.30, n.1, p.62-71, 1976.
- KROKIDA, M.K.; MAROULIS, Z.B. Effect of drying method on shrinkage and porosity. **Drying Technology**, New York, v.15, n.10, p.2441-2458, 1997.
- KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relatos dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1., n.2, p.15-50, 1991.
- KRUG, H.P. A origem dos cafés duros. **Boletim de Agricultura**, São Paulo, v.48, p.397-406, 1947.
- KUZMAK, J.M.; SEREDA, P.J. The mechanics by which water moves through a porous material subjected to a temperature gradient – Salt tracer and streaming potential to detect flow in the liquid phase. **Soil Science**, Baltimore, v.84, n.5, p.419-422, 1957.
- LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade de café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa: UFV, 1986. 136p. (tese de Mestrado).
- LAMBERG, I. Studies of water transport phenomena during potato drying. **Journal of Food Process Engineering**, Connecticut, v.10, n.4, p.285-299, 1989.
- LANG, W.; SOKHANSANJ, S. Bulk volume shrinkage during drying of wheat and canola. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v.16, n.4, p.305-314, 1993.
- LANG, W.; SOKHANSANJ, S.; ROHANI, S. Dynamic shrinkage and variable parameters in Bakker-Arkema's mathematical simulation of wheat and canola drying. **Drying Technology**, New York, v.12, n.7, p.1687-1708, 1994.
- LEITE, C.A.M.; SILVA, O.M. A demanda de cafés especiais. In: ZAMBOLIM, L. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV/DPF, 2000. p.51-74.

- LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas caracteísticas físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: ESAL, 1991. 131p. (Tese de Mestrado).
- LEITE, R.A.; CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, M.G.A.; REIS, F.P.; OLIVEIRA, T.T. Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por "via seca" e "via úmida" avaliada por método químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.308-311, 1998.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press, v.1, 1980. s.p.
- LEWIS, M.J. **Propriedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesados**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1993. 494p.
- LI, H.; MOREY, R.U. Thin-layer drying of yellow dent corn. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.2, p.581-585, 1984.
- LITTLE, A.C. Physical measurements as predictors of visual appearance. **Food Technology**, Chicago, v.30, n.10, 74-82, 1976.
- LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S. Finite element analysis of moisture diffusion in stored foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, p.392-396, 1985.
- LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I. Fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologies**, London, v.18, n.2, p. 111-117, 1985.
- LOPES, R.P. **Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 78p. (Tese de Mestrado).
- LOPES, R.P.; HARA, T.; SILVA, J.S. Avaliação da qualidade de grãos de café pela colorimetria. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.3, p.160-169, 1998.
- LOPES, R.P.; HARA, T.; SILVA, J.S.; RIEDEL, B. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café beneficiados (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.1, p.9-17, 2000.
- LOZANO, J.E.; ROTSTEIN, E.; URBICAIN, M.J. Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture content. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, n.5, p.1497-1502, 1983.
- LOZANO, R.D. **El color y su medición**. Buenos Aires: Editorial Américalee, 1978. 640p.
- MACRAE, R. Nitrogenous components. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p.115-152.
- MAIER, H.G. Les acides du café. **Café Cacao Thé**, Paris, v.31, n.1, p.49-57, 1987.
- MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil: agronomia, agricultura e comercialização**. São Paulo: Ceres, 2000. 464p.

- MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMEZ, L. Estudos sobre a alimentação 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.188-189, 1963.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p.133-150.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 256p.
- MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Editora Globo S.A., 1991. 320p.
- MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde do grão de café: determinação de flavonóides e clorofilas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11, 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1984. p.178-181.
- McLOY, J.F. Mechanical drying of arabica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.44, n.516, p.13-26, 1979.
- MCMINN, W.A.M.; MAGEE, T.R.A. Physical characteristics of dehydrated potatoes – part I. **Journal of Food Engineering**, London, v.33, n.1-2, p.37-48, 1997.
- MELO, M.; FAZUOLI, L.C.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, 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: características, color y aspecto. **Agricultura de las Americas**, Kansas City, v.16, n.5, p.18-21, 1967.
- MENEZES, H.C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquinico com a maturação de café**. Campinas: UNICAMP, 1990. 95p. (Tese de Doutorado).
- MIGLIORANZA, E. **Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuai) com diferentes teores de umidade, armazenadas em embalagens hermeticamente fechadas**. Piracicaba: ESALQ, 1982. 60p. (Tese de Mestrado).
- MILLER, E.E.; MILLER, R.D. Theory of capillary: I practical implications. **Proceedings Soil Science Society American**, n.19, p.267-271, 1975.
- MIRANDA, J.M.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.G.C. Estudos de alguns fatores que influenciam a duração da viabilidade de sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.15, n.2, p.215-220, 1993.
- MIRANDA, J.M.; VALIAS, E.P. Estudo sobre a conservação da viabilidade de sementes de café. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11, 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC / IBC, 1984. p.160-161.

- MISRA, M.K.; BROOKER, D.B. Thin-layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v.12, n.8, p.1254-1260, 1980.
- MISRA, R.N.; YOUNG, J.H. Numerical solution of simultaneous diffusion and shrinkage during soybean drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.23, n.5, p.1277-1282, 1980.
- 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.417-432, 1973/74.
- MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.
- MOHSENIN, N.N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach science publishers Inc., 1980. 407p.
- MORAES NETO, J.M. **Determinação de parâmetros básicos de feijão carioquina necessário ao modelamento matemático de secagem em camada espessa**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. 102p. (Tese de Mestrado).
- MORAES, R.M.; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I.; MEDINA, J.C. Detrenminação de sólidos solúveis em cafés Arabica e Canephora. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.5, p.199-221, 1973/74.
- MOREY, R.V.; KEENER, H.M.; THOMPSON, TL.; WHITE, G.M.; BAKKER-ARKENA, F.W. **The presents status of grains dryings simulation**. St. Joseph: ASAE, 1978. 24p. (Paper 78-3009).
- MOREY, V.; WILCKE, W.F.; MERONUCK, R.A., LANG, J.P. Relationship between equilibrium relative humidity and deterioration of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.4, p. 1139-1145,1995.
- MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M.; JARDIM, D.C.P.; SADAHIRA, M.S. Thermophysical properties of tropical fruit juices. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.1, n.1-2, p.70-76, 1998.
- MOUSTAFA, S.M.A. Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.12, n.3, p.549-552, 1969.
- MUELLER, C.G.; RUDOLF, M. **Luz e visão**. Rio de Janeiro: Editora José Olympio,1966. 30p.
- MUHIDONG, J.; CHEN, L.H.; SMITH, D.B. Thin-layer drying of kenaf. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.6, p.1941-1944, 1992.
- MUIR, W.E.; VIRAVANICHAJ, S. Specific heat of wheat. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v.17, n.4, p.338-342, 1972.
- MULET, A.; BERNA, A.; ROSSELO, C. Drying of carrots: Dryings models. **Drying Technology**, New York, v.7, n.3, p.537-557, 1989.

- MULTON, J.L.; POISSON, J.; CAHAGNIER, B.; HAHN, D.; BAREL, M.; SANTOS, A.C. Evolution de plusieurs caractéristiques d'un café arabica au cours d'un stockage expérimental effectué à cinq humidités relatives et quatre températures différentes. **Café Cacao Thé**, Paris, v.18, n.2, p.121-132, 1974.
- MURATA, S.; TAGAWA, A.; ISHIBASHI, S. An equation for calculating the latent heat of vaporization of water in cereal grains - The measurement and analysis of equilibrium moisture content. **Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery**, v.50, n.3, p.85-93, 1988.
- NELLIST, M.E. Predicting the viability of seeds dried with heated air. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.9, n.2, p.439-455, 1981.
- NELSON, N. A. Photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p.375-384, 1944.
- NELSON, S.O. Moisture dependent kernel and bulk density of wheat and corn. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.23, n.1, p.139-143, 1980.
- NEVES, M.J.B. **Processo de seca-aeração**. Viçosa: UFV, 1982. 55p. (Tese de Mestrado).
- NGODDY, P.O.; BAKKER-ARKEMA, F.W. A theory of sorption hysteresis in biological materials. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v.20, n.2, p.109-121, 1975.
- NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; VELIKOVA, R.; JHAM, G.N. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in Brazil. **Food Research International**, Londres, v.31, n.6/7, p.479-486, 1998.
- NJOROGE, S.M. Notes on the chemical basis of coffee quality. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.52, p.152-154, 1987.
- NOOHHORM, A; VERMA, L.R. Generalized single-layer rice drying models. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.2, p.587-591, 1986.
- NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. **Turrialba**, San José, v. 15, n. 3, p.184-192, 1965.
- NORTHMORE, J.M. Raw bean colors and the quality of Kenya arabica coffee. **Turrialba**, San José, v.18, n.1, p.14-20, 1968.
- NUH, D.N.; BRINKWORTH, B.J. A novel thin-layer model for crop drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.40, n.3, p.659-669, 1997.
- OCTAVIANI, J.C.; PREVIERO, C.A.; BIAGI, J.D.; PÉREZ, I.G. Qualidade fisiológica de sementes de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.) em função dos processos de secagem natural e artificial. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.2, p.28-31, 2001.

- OLIVEIRA, D.T.; SALVADOR, J.C.; BARROZO, M.A.S. Um estudo sobre a cinética de secagem de ervilhas em camada fina. **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v.8, n.1, p.48-52, 1999.
- OLIVEIRA, J.C.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, H.V. Atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase em grãos de *Coffea arabica* L. e relações com a qualidade da bebida. **Turrialba**, San José, v. 27, n. 1, p.75-82, 1977.
- OLIVEIRA, M.V. **Efeito do armazenamento na branqueamento de grãos de café beneficiado: modelagem matemática do processo**. Lavras: ESAL, 1995. 99p. (Tese Mestrado).
- OSWIN, C.R. The kinetics of package life. III. Isotherms. **Journal of the Society Chemical Industry**, London, v.65, n.4, p. 419-421, 1946.
- OTHMER, D.F. Correlating vapour pressure and latent heat data. **Journal of Industrial Engineering Chemistry**, v.32, n.6, p.841-856, 1940.
- PABIS, S.; JAYAS, D.S.; CENKOWSKI, S. **Grain drying: theory and practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998. 303p.
- PARK, K.J.; ALONSO, L.F.T.; NUNES, A.S. Determinação experimental da condutividade e difusividade térmica de grãos em regime permanente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p.264-269, 1999.
- PARK, K.J.; MURR, F.E.X.; SALVADEGO, M. Medição da condutividade térmica de milho triturado pelo método da sonda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, p.242-247, 1997.
- PELEG, M.; BAGLEY, E.B. **Physical properties of foods**. Westport: AVI, 1983. 494p.
- PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Influência da temperatura nos parâmetros de modelos bi-paramétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, p.229-232, 1997.
- PEREIRA, J.A.M., QUEIROZ, D.M. **Higroscopia**. Viçosa: Centreinar-UFV, 1987. 28p.
- PEREIRA, J.A.M.; QUEIROZ, D.M.; DALPASQUALE, V.A. Estudo de difusão de umidade em cilindros de mandioca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.9-10, n.1-2, p.45-48, 1984/1985.
- PEREIRA, J.A.M.; QUEIROZ, D.M.; PEREIRA, A.L.R.M. Equações de secagem de café em camada fina na faixa de temperaturas de 40 a 80°C. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.18-19, n.1-2, p.7-10, 1993/1994.
- PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café "estritamente mole"**. Lavras: UFLA, 1997. 94p. (Tese de Doutorado).

- PFOST,H.B.; MAURER, S.G.; CHUNG, D.S.; MILLIKEN, G.A. **Summarizing and reporting equilibrium moisture data for grains**. St. Joseph: 1976. 25p. (ASAE Paper 76-3520).
- PHILIP, J.R.; DE VRIES, D.A. Moisture movement in porous materials under temperature gradient. **Transaction American Geophysics Union**, Portland, v.38, n.2, p.222-232, 1957.
- PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. especial, n.1, p.23-30, 2000.
- PIMENTA, C.J.; VILELA, E.R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.), lavado e submetido à diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. especial, n.2, p.03-10, 2001.
- PIXTON, S.W.; HOWE, R.W. The suitability of various linear transformations to represent the sigmoid relationship of humidity and moisture content. **Journal of Stored Products Research**, London, v.19, n.1, p.1-18, 1983.
- PONTING, J.D.; JOSLYNG, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, New York, v. 19, p.47-63, 1948.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 285p.
- POULSEN, K.P. Thermal diffusivity of foods measured by simple equipment. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.1, n.1, p.115-122, 1982
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 125p. (Tese de Doutorado).
- QUEIROZ, M.R.; NEBRA, S.A. Soluções analíticas e numéricas do modelo de difusão à secagem de bananas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.1, p.74-83, 1997.
- QUINTERO, G.I.P. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del cafe. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 50, n. 1, p.78-88, 1999.
- RAMOS, A.M.; PEREIRA, J.A.M.; QUEIROZ, D.M. Equações de secagem de trigo em camada fina e determinação dos coeficientes de difusão de líquido. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.18-19, n.1-2, p.43-47, 1993/1994.
- RATTI, C. Shrinkage during drying of foodstuffs. **Journal of Food Engineering**, London, v.23, n.1, p.91-105, 1994.
- REIDY, G.A.; RIPPEN, A.L. Methods for determining thermal conductivity in foods. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.14, n.2, p.248-254, 1971.
- ROA, G.; MACEDO, I.C. **Drying of carioca dry beans with solar energy in a stationary bin**. St. Joseph: ASAE, 1976. 12p. (Paper 76-3021).

- ROA, G.; ROSSI, S.J. Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição da umidade relativa de equilíbrio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.2, n.2, p.17-22, 1977.
- ROBINSON, J.B.D. Amber beans. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.25, n.1, p.91-93, 1960.
- ROCHAC, A. **Diccionario del café**. New York: Oficina Panamericana del Café, 1964. 490p.
- ROMAN, G.N.; URBICAIN, M.J.; ROTSTEIN, E. Moisture equilibrium in apples at several temperatures: experimental data and theretical considerations. **Journal of Food Science**, Chicago, v.47, n.5, p.1484-1507, 1982.
- ROSSI, S.J.; FIOREZE, R.; OLIVEIRA, A.M.C.; MALZAC, H.F. Propriedades térmicas de castanha de caju e raspa de mandioca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.7, n.1, p.51-56, 1982.
- ROSSI, S.J.; ROA, G. Aplicação de métodos de análise numérica e regressão não linear para estimação da condutividade térmica e difusividade térmica para cereais. In: **VI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, SBEA, 1976.
- ROSSI, S.J.; ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1980. 295p.
- ROSSI, S.J.; ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com o uso de energia solar e ar natural**. São Paulo: ACIESP, 1980. 295p. (Publicação ACIESP, 22).
- ROTEMBERG, G.B.; IACHAN, A. Método químico automático para diferenciação de "café-bebida". **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v.2, n.2, p.67-69, 1971.
- RUFFATO, S.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; MANTOVANI, B.H.M.; SILVA, J.N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.
- SABBAGH, N.; YOKOMIZO, Y.; FARIA, T.B. Influência da torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arábica, robusta e do híbrido Icatu. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, p.111-130, 1977.
- SASSERON, J.L. **Avaliação de propriedades físicas e curvas de secagem, em camadas finas, de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. Viçosa: UFV, 1984. 61p. (Tese de Mestrado).
- SAUER, D.B. **Storage of cereal grains and their products**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615 p.
- SERENO, A.M.; MEDEIROS, G.L. Simplified model for the prediction of drying rates for foods. **Journal of Food Engineering**, London, v.12, n.1, p.1-11, 1990.
- SETSER, C.S. Color: reflections and transmissions. **Journal of Food Quality**, Wastport, v.6, n.1, p.183-197, 1983.

- SHARMA, A.D.; KUNZER, O.R.; TOLLEY, H.D. Rough rice drying as a two-compartment model. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.25, n.1, p.221-224, 1982.
- SHARMA, D.K.; THOMPSON, T.L. Specific heat and thermal conductivity of sorghum. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.16, n.1, p.114-117, 1973.
- SHEPHERD, H.; BHARDWAJ, R.K. Moisture dependent physical properties of pigeon pea. **Journal Agricultural Engineering Research**, New York, v.35, n.4, p.227-234, 1986.
- SHEWFELT, R.L.; PRUSSIA, S.E.; RESURRECCION, A.V.A.; HURST, W.C.; CAMPBELL, D.T. Quality of vine-ripened tomatoes within the post-harvest handling system. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, p.661-664, 1987.
- SILVA, C.G.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H. Qualidade da bebida do café (*Coffea arabica* L.) em função da proporção de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.23, n.1, p.45-48, 1998.
- SILVA, J.N. **Curvas de equilíbrio higroscópico de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. Viçosa: UFV, 1978. 45p. (Tese de Mestrado).
- SILVA, J.N.; PINHEIRO FILHO, J.B. Curvas de equilíbrio higroscópico de cacau. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.4, n.2, p.31-38, 1980.
- SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; LACERDA FILHO, A.F. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. In: SILVA, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509p.
- SILVA, J.S.; DONZELES, S.M.L.; AFONSO, A.D.L. Qualidade dos grãos. In: SILVA, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509p.
- SILVA, W.R.; DIAS, M.C.L.L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.5, p.551-560, 1985.
- SINHA, R.N.; MUIR, W.E. **Grain storage: part of system**. Westport: AVI Publishing Company, 1973. 58p.
- SINICIO, R.; MUIR, W.E.; JAYAS, D.S.; CENKOWSKI, S. Thin-layer drying and wetting of wheat. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.5, n.3, p.261-275, 1995.
- SINÍCIO, R.; ROA, G. Curvas e equações de equilíbrio higroscópico para 15 produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.4, n.2, p. 45-55, 1979.
- SIVETZ, M. **Coffee processing technology**. Vol. 2. Westport, Connecticut, AVI, 1963. 379p.
- SMITH, S.E. The sorption of water vapor by high polymers. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v.69, n.4, p.646-651, 1947.
- SOARES, J.B. **Curvas de secagem em camada fina e propriedades físicas de soja (*Glycine max* L.)**. Viçosa: UFV, 1986. 91p. (Tese de Mestrado).

- SOARES, N.F.F. **Análise experimental do método de sonda para medição de condutividade térmica de grãos: Aplicação para milho (*Zea mays L.*)**. Viçosa: UFV, 1988. 46p. (Tese de Mestrado).
- SOKHANSANJ, S. Through-flow dryers for agricultural crops. In: BAKER, C.G.J. (ed.) **Industrial Drying of Foods**. London, Blackie Academic & Professional, 1997. 309p.
- SOKHANSANJ, S.; LANG, W. Prediction of kernel and bulk volume of wheat and canola during adsorption and desorption. **Journal Agricultural Engineering Research**, New York, v.63, n.2, p.129-136, 1996.
- SOKHANSANJ, S.; YANG, W. Revision of the ASAE standard D245.4: moisture relationships of grains. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.39, n.2, p.639-642, 1996.
- SOUZA, S.M.C. **O café (*Coffea arabica L.*) na região sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. Lavras: UFLA, 1996. 171p. (Tese de Doutorado).
- SOYSAL, Y.; ÖZTEKIN, S. Equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v.74, n.3, p.317-324, 1999.
- SREENARAYANAM, V.V.; CHATTOPADHYAY, P.K. Thermal conductivity and diffusivity of rice bran. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v.34, n.1, p.115-121, 1986.
- STEFFE, J.F.; SINGH, R.P. Diffusivity of starchy endosperm and bran of fresh and rewetted rice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.45, n.2, p.356-361, 1980.
- STIRLING, H.G. Further experiments on factors affecting quality loss in stored arabica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.40, n.466, p.28-35, 1975.
- STOLF, S.R. Medição da condutividade térmica dos alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p.67-79, 1972.
- STROHMAN, R.D.; YOEGER, R.R. A new equilibrium moisture content equation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.10, n.5, p.675-677, 1967.
- SUBRAHMANYAN, V.; BHATIA, D.S.; NATARAJAN, C.P.; MAJUNDER, S.K. Storage of coffee beans. **Indian Coffee**, Bangalore, v.25, n.1, p.26-36, 1961.
- SUN, D.W.; WOODS J.L. The selection of sorption isotherm equations for wheat based on the fitting of available data. **Journal of Stored Products Research**, London, v.30, n.1, p.27-43, 1994.
- SYAREF, A.M.; GUSTAFSON, R.J.; MOREY, R.V. Moisture diffusion coefficients for yellow-dent corn components. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.30, n.3, p.522-528, 1987.
- SYAREF, A.M.; MOREY, R.V.; GUSTAFSON, R.J. Thin-layer drying rate of sunflower seed. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.1, p.195-200, 1984.

- TAGAWA, A.; MURATA, S.; HAYASHI, H. Latent heat of vaporization in buckwheat using the data of equilibrium moisture content. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.1, p.113-118, 1993.
- TAGAWA, A.; KITAMURA, Y.; MURATA, S. Thin layer drying characteristics of adzuki beans. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.39, n.2, p.605-609, 1996.
- TALIB, M.Z.M.; DAUD, W.R.W.; IBRAHIM, M.H. Moisture desorption isotherms of cocoa beans. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.4, p.1153-1155, 1995.
- TANGO, J.S. Utilização industrial do café e dos seus subprodutos. **Boletim do ITAL**, Campinas, v.28, p.48-73, 1971.
- TANGO, J.S.; CARVALHO, A. Teor de óleo e de cafeína em variedades de café. **Bragantia**, Campinas, v.22, n.65, p.793-798, 1963.
- TEMPLE, S.J.; VAN BOXTEL, A.J.B. Thin layer drying of black tea. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.74, n.2, 167-176, 1999.
- THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 82p.
- THOMPSON, H.J.; SHEDD, C.K. Equilibrium moisture content and heat of vaporization of shelled corn and wheat. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.35, n.11, p.786-788, 1954.
- THOMPSON, T.L.; PEART, R.M.; FOSTER, G.H. Mathematical simulation of corn drying – A new model. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.11, n.4, p.582-586, 1968.
- TOLABA, M.P.; SUÁREZ, C. Simulation of the thin-layer drying of corn by means of the diffusional model. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v.21, n.1, p. 83-86, 1988.
- TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- TOMES, L.J.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.24-36, 1988.
- TOWNER, G.D. The tensile stress generated in clay through drying. **Journal Agricultural Engineering Research**, New York, v.37, n.4, p.279-289, 1987.
- TREJOS, R.R.; ROA, G.; OLIVEROS, C.E. Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización del café pergamino y del café verde. **Cenicafé**, Chichiná, v.40, n.1, p.5-15, 1989.
- TRUGO, L.C. Carbohydrates. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p.83-114.

- VAGENAS, G.K.; MARINOS-KOURIS, D. Finite element simulation of drying of agricultural products with volumetric changes. **Applied Mathematical Modeling**, New York, v.15, n.9, p.475-482, 1991.
- VALENCIA, A.G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, Chinchiná, v.23, n.1, p.3-18, 1972.
- VAN WYLEN, G.J.; SONNTAG, R.E. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1976. 565p.
- VARGAS, E.V. Como conservar la semilla del café. **Revista Agricultura Comercio y Industria**, Havana, v.13, n.26, p.44, 1955.
- VASCONCELOS, L.G.S.; ALSINA, O.L.S. Drying simulation of “carioca” beans in cross-flow. In: MUJUMDAR, S.M. **Proc. of Drying'92**. London: Elsevier Science Publishers, 1992.
- VASCONCELOS, L.M.; GROTH, D.; RAZERA, L.F. Efeito de processos de secagem, diferentes graus de umidade e tipos de embalagens na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.181-188, 1992.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p.103-1132.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p.31-47.
- VILELA, E. R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p.55-63, 1997.
- VILELA, E.R. **Secagem de café em terreiro e silo com energia solar**. Campinas: UNICAMP, 1977. 107p. (Tese de Mestrado).
- VILELA, E.R.; CHANDRA, P.K.; OLIVEIRA, G.A. Efeito da temperatura e umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.1, p.31-37, 2000.
- VILLA, L.G.; ROA, G.; DAHAB, R. Simulação matemática de secagem de café e cacau. In: **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Botucatu, SBEA, 1978.
- VINCENT, J.C. Green coffee processing. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee: technology**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p.1-33.
- VINCENT, J.C. l'amélioration de la qualité du café et l'utilisation des écarts de triage, **Proc. 12th ASIC Coll**, p.692-701, 1987.
- VOSSEN, H.A.M.van der. Methods of preserving the viability of coffee seed in storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.7, n.1, p.65-74, 1979.

- WANG, N.; BRENNAN, J.G. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. **Journal of Food Engineering**, London, v.24, n.1, p.61-76, 1995.
- WANG, N.; BRENNAN, J.G. Moisture sorption isotherms characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, London, v.14, n.3, p.269-287, 1991.
- WATTS, K.C.; BILANSKI, W.K. Methods for estimating the thermal diffusivity of whole soybeans. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.16, n.1, p.143-145, 1973.
- WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Gráfica e Editora La Salle, 1995. 395p.
- WESTERMAN, P.W.; WHITE, G.M., ROSS, I.J. Relative humidity effect on the high-temperature drying of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.16, n.6, p.1136-1139, 1973.
- WHITE, G.M.; ROSS, I.J.; KLAIBER, J.D. Moisture equilibrium in mixing of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.3, p.508-509, 1972.
- WITAKER, J.R. Polyphenoloxidase. In: FENNEMA, O.R.; KAREL, M.; SANDERSON, G.W.; TANNENBAUM, S.R.; WAISTRA, P.; WHITAKER, J.R. **Principles of enzymology for the food sciences**. 2 ed. New York, Marcel Dekker, 1994. p.543-556.
- WRATTEN, F.T.; POOLE, W.D.; CHESNESS, J.L. BALL, S.; RAMARAO, V. Physical and thermal properties of corn cobs. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.12, n.5, p.801-803, 1969.
- WRIGHT, M.E.; PORTERFIELD, J.G. Specific heat of spanish peanuts. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.13, n.4, p.508-510, 1970.
- YOUNG, J.H.; NELSON, G.L. Theory of hysteresis between sorption and desorption isotherms in biological materials. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.10, n.2, p.260-263, 1967.
- YUSHENG, Z.; POULSEN, K.P. Diffusion in potato drying. **Journal of Food Engineering**, London, v.7, n.4, p.249-262, 1988.
- ZOGZAS, N.P.; MAROULIS, Z.B.; KOURIS, D.M. Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. **Drying Technology**, New York, v.12, n.7, p.1653-1666, 1994.
- ZURITZ, C.A.; SASTRY, S.K.; MCCOY, S.C.; MURAKAMI, E.G.; BLAISDELL, J.L. A modified fitch device for measuring the thermal conductivity of small food particles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.32, n.4, p.711-718, 1989.

APÊNDICES

APÊNDICE A

QUADRO 1A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de frutos de café cerejeira, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 30 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,595	0,00	0,515	0,00	0,595	0,00	0,595
0,17	0,575	0,17	0,497	0,17	0,580	0,17	0,587
0,33	0,560	0,33	0,485	0,33	0,565	0,33	0,573
0,50	0,546	0,50	0,475	0,50	0,550	0,50	0,563
0,67	0,533	0,67	0,466	0,67	0,538	0,67	0,553
0,83	0,522	0,83	0,457	0,83	0,527	0,83	0,542
1,00	0,512	1,00	0,450	1,00	0,517	1,00	0,534
1,33	0,494	1,33	0,436	1,33	0,496	1,33	0,517
1,67	0,478	1,67	0,425	1,67	0,481	1,67	0,503
2,00	0,465	2,00	0,414	2,00	0,466	2,00	0,490
2,33	0,451	2,33	0,405	2,33	0,455	2,33	0,478
2,67	0,443	2,67	0,397	2,67	0,444	2,67	0,468
3,00	0,434	3,00	0,390	3,00	0,434	3,00	0,458
3,50	0,422	3,50	0,379	3,50	0,421	3,50	0,445
4,50	0,402	4,00	0,370	4,00	0,410	4,00	0,434
5,00	0,393	4,50	0,362	4,50	0,400	4,50	0,425
5,50	0,386	5,00	0,355	5,00	0,391	5,00	0,417
6,50	0,372	5,50	0,348	5,50	0,383	5,50	0,409
7,00	0,365	6,00	0,342	6,00	0,376	6,00	0,401
8,00	0,354	6,50	0,336	6,50	0,370	6,50	0,395
9,00	0,345	7,00	0,331	7,00	0,364	7,00	0,389
10,00	0,336	8,00	0,320	8,00	0,352	8,00	0,378
11,00	0,328	9,00	0,312	11,00	0,326	9,00	0,369
12,00	0,321	10,00	0,304	12,00	0,319	10,00	0,361
14,00	0,305	11,00	0,297	14,00	0,303	11,00	0,353
16,00	0,291	12,00	0,290	16,00	0,289	12,00	0,346
18,00	0,278	14,00	0,281	18,00	0,281	14,00	0,331
22,00	0,261	16,00	0,269	20,00	0,270	16,00	0,319
25,00	0,253	18,00	0,258	23,00	0,260	18,00	0,305
27,00	0,244	20,00	0,246	25,00	0,254	22,00	0,289
29,00	0,237	23,00	0,234	27,00	0,246	26,08	0,281
31,00	0,230	26,00	0,225	29,00	0,239	28,08	0,274
33,00	0,223	27,00	0,222	31,00	0,232	30,08	0,268
35,00	0,216	29,00	0,216	35,00	0,219	32,08	0,261
40,00	0,202	31,00	0,210	38,00	0,209	34,08	0,255
45,00	0,189	33,00	0,204	44,00	0,195	39,00	0,244
49,00	0,177	34,00	0,201	48,00	0,181	45,00	0,226
51,00	0,172	49,00	0,166	51,00	0,175	49,08	0,218
55,00	0,164	51,00	0,163	53,00	0,171	51,08	0,214
57,00	0,159	53,00	0,160	55,00	0,167	53,08	0,210
59,00	0,155	55,00	0,156	57,00	0,163	55,08	0,207

QUADRO 1A, Cont.

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
62,00	0,147	57,00	0,153	59,00	0,159	57,08	0,203
65,00	0,144	58,00	0,152	63,00	0,152	59,08	0,200
68,00	0,141	62,00	0,146	68,00	0,142	64,00	0,194
70,00	0,137	68,00	0,138	74,00	0,134	68,00	0,187
		73,00	0,132			73,08	0,180
						75,08	0,178
						76,08	0,177
						78,08	0,175
						81,08	0,172
						82,08	0,169
						87,00	0,164
						93,00	0,159
						97,08	0,158
						99,08	0,157
						101,08	0,156
						103,08	0,155
						105,08	0,154
						106,08	0,153
						122,08	0,146
						124,08	0,146
						148,08	0,139
						172,08	0,135

QUADRO 2A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de frutos de café cereja, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 40 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,595	0,00	0,595	0,00	0,595	0,00	0,595
0,17	0,574	0,17	0,581	0,17	0,583	0,17	0,599
0,33	0,554	0,33	0,562	0,33	0,566	0,33	0,587
0,50	0,535	0,50	0,544	0,50	0,549	0,50	0,573
0,67	0,519	0,83	0,514	0,67	0,534	0,83	0,553
0,83	0,505	1,00	0,502	0,83	0,521	1,00	0,542
1,00	0,491	1,33	0,478	1,00	0,508	1,33	0,523
1,33	0,469	1,67	0,459	1,33	0,487	1,67	0,507
1,67	0,449	2,00	0,443	1,67	0,468	2,00	0,492
2,00	0,434	2,33	0,429	2,00	0,452	2,33	0,477
2,67	0,407	2,67	0,416	2,33	0,438	2,67	0,465
3,00	0,397	3,00	0,405	2,67	0,424	3,00	0,454
4,00	0,370	4,00	0,377	3,00	0,414	3,50	0,438
4,50	0,358	4,50	0,366	3,50	0,400	4,00	0,425
5,00	0,348	5,00	0,355	4,00	0,387	4,50	0,413
5,50	0,339	5,50	0,346	4,50	0,375	5,00	0,402
6,00	0,330	6,00	0,337	5,00	0,365	5,50	0,393
6,50	0,322	6,50	0,329	5,50	0,356	6,00	0,384
7,00	0,314	7,00	0,320	6,00	0,348	6,50	0,376
8,00	0,301	8,00	0,308	6,50	0,340	7,00	0,368
9,00	0,289	9,00	0,295	7,00	0,333	8,00	0,355
10,00	0,277	10,00	0,284	8,00	0,319	9,00	0,343
11,00	0,267	11,00	0,274	9,00	0,307	10,00	0,332
12,00	0,257	12,00	0,264	10,00	0,297	11,00	0,322
14,00	0,239	14,00	0,247	11,00	0,286	12,00	0,313
16,00	0,222	16,00	0,231	12,00	0,277	14,00	0,293
18,00	0,205	18,00	0,218	14,00	0,257	16,00	0,277
20,00	0,193	20,00	0,189	16,00	0,240	18,00	0,261
22,00	0,176	22,00	0,186	18,00	0,224	20,00	0,253
25,00	0,165	25,00	0,175	20,00	0,214	24,00	0,236
26,00	0,161	28,00	0,161	22,00	0,209	26,00	0,227
27,00	0,156	31,00	0,149	25,00	0,189	28,00	0,218
29,00	0,148	32,00	0,145	26,00	0,184	30,00	0,210
31,00	0,140	33,00	0,142	28,00	0,175	32,00	0,203
33,00	0,132	34,00	0,138	30,00	0,167	34,00	0,196
				32,00	0,159	38,00	0,187
				34,00	0,151	42,00	0,172
				38,00	0,144	48,00	0,163
				42,00	0,132	50,00	0,160
						52,00	0,156
						54,00	0,153
						56,00	0,151
						58,00	0,148
						62,00	0,147
						67,00	0,141
						72,00	0,136

QUADRO 3A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de frutos de café cereja, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 50 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,595	0,00	0,595	0,00	0,595	0,00	0,595
0,17	0,570	0,17	0,579	0,17	0,589	0,17	0,594
0,33	0,540	0,33	0,556	0,33	0,581	0,33	0,592
0,50	0,516	0,50	0,534	0,50	0,564	0,50	0,577
0,67	0,496	0,67	0,513	0,67	0,548	0,67	0,564
0,83	0,476	0,83	0,495	0,83	0,532	0,83	0,550
1,00	0,460	1,00	0,478	1,00	0,519	1,00	0,539
1,33	0,434	1,33	0,454	1,33	0,492	1,33	0,508
1,67	0,412	1,67	0,431	1,67	0,470	1,67	0,496
2,00	0,393	2,00	0,413	2,00	0,452	2,00	0,479
2,33	0,377	2,33	0,396	2,33	0,435	2,67	0,449
2,67	0,362	2,67	0,381	2,67	0,420	3,00	0,435
3,00	0,349	3,00	0,369	3,00	0,407	3,50	0,417
3,50	0,332	3,50	0,351	3,50	0,388	4,00	0,402
4,00	0,315	4,00	0,335	4,00	0,374	4,50	0,389
5,00	0,290	4,50	0,321	4,50	0,359	5,00	0,376
5,50	0,277	5,00	0,308	5,00	0,347	5,50	0,365
6,00	0,267	5,50	0,297	5,50	0,335	6,00	0,354
6,50	0,257	6,00	0,285	6,00	0,324	6,50	0,343
7,00	0,246	6,50	0,275	6,50	0,313	7,00	0,334
8,00	0,229	7,00	0,265	7,00	0,305	8,00	0,317
9,00	0,213	8,00	0,247	8,00	0,285	9,00	0,301
10,00	0,198	9,00	0,231	9,00	0,271	10,00	0,287
11,00	0,185	10,00	0,216	10,00	0,256	11,00	0,274
12,00	0,173	11,00	0,202	11,00	0,242	12,00	0,261
14,00	0,154	12,00	0,190	12,00	0,230	14,00	0,237
16,00	0,138	14,00	0,168	14,00	0,203	16,00	0,218
		16,00	0,153	16,00	0,186	18,00	0,203
		18,00	0,139	18,00	0,172	20,00	0,188
				20,00	0,158	23,00	0,174
				24,00	0,138	25,00	0,166
						27,00	0,158
						29,00	0,151
						31,00	0,146
						33,00	0,141
						35,00	0,137

QUADRO 4A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de frutos de café cereja, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 60 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,558	0,00	0,595	0,00	0,613	0,00	0,595
0,17	0,551	0,17	0,582	0,17	0,590	0,17	0,594
0,33	0,522	0,33	0,548	0,33	0,565	0,33	0,577
0,50	0,497	0,50	0,523	0,50	0,537	0,50	0,557
0,67	0,476	0,67	0,499	0,67	0,514	0,67	0,541
0,83	0,454	0,83	0,481	0,83	0,494	0,83	0,526
1,00	0,438	1,00	0,463	1,00	0,475	1,00	0,513
1,33	0,409	1,33	0,432	1,33	0,444	1,33	0,486
1,67	0,384	1,67	0,406	1,67	0,418	1,67	0,462
2,00	0,362	2,00	0,383	2,00	0,396	2,00	0,440
2,33	0,343	2,33	0,364	2,33	0,377	2,33	0,422
2,67	0,326	2,67	0,346	2,67	0,360	2,67	0,404
3,00	0,311	3,00	0,330	3,00	0,344	3,00	0,388
3,50	0,289	3,50	0,310	3,50	0,322	3,50	0,366
4,00	0,270	4,00	0,290	4,00	0,302	4,00	0,348
4,50	0,253	4,50	0,272	4,50	0,285	4,50	0,331
5,00	0,237	5,00	0,258	5,00	0,269	5,00	0,314
5,50	0,222	5,50	0,243	5,50	0,254	5,50	0,301
6,00	0,209	6,00	0,229	6,00	0,240	6,00	0,288
6,50	0,196	6,50	0,217	6,50	0,228	6,50	0,277
7,00	0,184	7,00	0,204	7,00	0,216	7,00	0,265
8,00	0,162	8,00	0,183	8,00	0,195	8,00	0,246
9,00	0,145	9,00	0,164	9,00	0,179	9,00	0,229
10,00	0,132	10,00	0,147	10,00	0,164	10,00	0,214
		11,00	0,134	11,00	0,150	11,00	0,202
				12,00	0,140	12,00	0,191
						14,00	0,164
						16,00	0,145
						18,00	0,130

QUADRO 5A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café descascado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 30 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,686	0,00	0,686	0,00	0,639	0,00	0,653
0,17	0,666	0,17	0,668	0,17	0,625	0,17	0,647
0,33	0,658	0,33	0,660	0,33	0,620	0,33	0,642
0,50	0,653	0,50	0,655	0,50	0,616	0,50	0,639
0,67	0,648	0,67	0,651	0,67	0,612	0,67	0,636
0,83	0,644	0,83	0,647	0,83	0,609	0,83	0,633
1,00	0,641	1,00	0,644	1,00	0,606	1,00	0,631
1,33	0,635	1,33	0,638	1,33	0,600	1,33	0,627
1,67	0,628	1,67	0,632	1,67	0,595	1,67	0,623
2,00	0,621	2,00	0,625	2,00	0,589	2,00	0,619
2,33	0,615	2,33	0,620	2,33	0,584	2,33	0,615
2,67	0,609	2,67	0,614	2,67	0,580	2,67	0,611
3,00	0,603	3,00	0,608	3,00	0,575	3,00	0,607
3,50	0,594	3,50	0,599	3,50	0,566	3,50	0,601
4,00	0,585	4,00	0,591	4,00	0,560	4,00	0,596
4,50	0,577	4,50	0,583	4,50	0,552	4,50	0,590
5,00	0,568	5,00	0,575	5,00	0,545	5,00	0,584
5,50	0,559	5,50	0,567	5,50	0,538	5,50	0,579
6,00	0,551	6,00	0,559	6,00	0,531	6,00	0,574
6,50	0,543	6,50	0,551	6,50	0,524	6,50	0,568
7,00	0,535	7,00	0,543	7,00	0,517	8,00	0,552
8,00	0,518	8,00	0,527	9,00	0,490	9,00	0,542
9,00	0,502	9,00	0,512	10,00	0,478	10,00	0,532
10,00	0,486	10,00	0,498	11,00	0,465	11,00	0,521
11,00	0,471	11,00	0,483	12,00	0,452	12,00	0,512
12,00	0,456	12,00	0,469	14,00	0,424	14,00	0,486
14,00	0,427	14,00	0,435	16,00	0,400	16,00	0,467
16,00	0,396	16,00	0,406	20,00	0,358	18,00	0,446
18,00	0,366	18,00	0,375	22,00	0,336	20,00	0,432
20,00	0,338	20,00	0,351	24,00	0,316	22,00	0,414
24,00	0,297	22,00	0,327	26,00	0,295	26,00	0,388
26,00	0,274	25,00	0,298	28,00	0,277	28,00	0,373
28,00	0,255	27,00	0,278	30,00	0,260	30,00	0,358
30,00	0,235	29,00	0,259	32,00	0,244	32,00	0,343
32,00	0,217	31,00	0,241	34,00	0,229	34,00	0,329
34,00	0,201	33,00	0,224	40,00	0,188	40,00	0,294
40,00	0,167	35,00	0,209	45,00	0,165	45,00	0,266
45,00	0,142	40,00	0,193	50,00	0,144	49,00	0,244
46,00	0,137	45,00	0,160	54,00	0,132	51,00	0,235
		48,00	0,136			52,00	0,231
						54,00	0,223
						56,00	0,215
						58,00	0,208
						62,00	0,195
						68,00	0,182
						73,00	0,169

QUADRO 5A, Cont.

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
						75,00	0,166
						77,00	0,163
						79,00	0,159
						81,00	0,157
						98,00	0,141
						128,00	0,132

QUADRO 6A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café descascado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 40 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,686	0,00	0,686	0,00	0,686	0,00	0,686
0,17	0,666	0,17	0,670	0,17	0,675	0,17	0,681
0,33	0,654	0,33	0,659	0,33	0,664	0,33	0,672
0,50	0,646	0,50	0,651	0,50	0,656	0,50	0,666
0,67	0,640	0,67	0,645	0,67	0,650	0,83	0,661
0,83	0,633	0,83	0,639	0,83	0,644	1,00	0,657
1,00	0,627	1,00	0,633	1,00	0,639	1,33	0,652
1,33	0,614	1,33	0,622	1,33	0,629	1,67	0,643
1,67	0,602	1,67	0,611	1,67	0,618	2,00	0,634
2,00	0,590	2,00	0,600	2,00	0,608	2,33	0,618
2,33	0,579	2,33	0,589	2,33	0,597	2,67	0,609
2,67	0,567	2,67	0,578	2,67	0,587	3,00	0,601
3,00	0,556	3,00	0,568	3,50	0,561	4,00	0,578
3,50	0,538	3,50	0,551	4,00	0,548	4,50	0,566
4,00	0,522	4,00	0,537	4,50	0,533	5,00	0,553
4,50	0,506	4,50	0,521	5,00	0,520	5,50	0,543
5,00	0,489	5,00	0,506	5,50	0,506	6,00	0,532
5,50	0,473	5,50	0,491	6,00	0,492	6,50	0,520
6,00	0,457	6,00	0,476	6,50	0,479	7,00	0,509
6,50	0,441	6,50	0,462	7,00	0,465	8,00	0,487
7,00	0,426	7,00	0,448	8,00	0,439	9,00	0,467
8,00	0,396	8,00	0,420	9,00	0,414	10,00	0,447
9,00	0,366	9,00	0,393	10,00	0,389	11,00	0,427
10,00	0,340	10,00	0,367	11,00	0,365	12,00	0,408
11,00	0,313	11,00	0,343	12,00	0,344	14,00	0,376
12,00	0,289	12,00	0,319	14,00	0,312	16,00	0,348
14,00	0,254	14,00	0,283	16,00	0,280	18,00	0,315
16,00	0,225	16,00	0,252	18,00	0,252	20,00	0,291
18,00	0,183	18,00	0,225	20,00	0,224	22,00	0,263
20,00	0,153	20,00	0,198	22,00	0,195	26,00	0,221
23,00	0,134	22,00	0,172	26,00	0,147	28,00	0,206
		26,00	0,136	28,00	0,135	30,00	0,193
						32,00	0,182
						34,00	0,173
						35,00	0,169
						40,00	0,145
						45,00	0,138
						49,00	0,141
						51,00	0,139
						53,00	0,138
						60,00	0,137
						65,00	0,136

QUADRO 7A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café descascado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 50 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,683	0,00	0,683	0,00	0,686	0,00	0,653
0,17	0,656	0,17	0,670	0,17	0,684	0,17	0,649
0,33	0,637	0,33	0,652	0,33	0,667	0,33	0,644
0,50	0,624	0,50	0,639	0,50	0,655	0,50	0,634
0,67	0,611	0,67	0,628	0,67	0,646	0,67	0,623
0,83	0,598	0,83	0,617	0,83	0,637	0,83	0,615
1,00	0,586	1,00	0,606	1,00	0,629	1,00	0,606
1,33	0,561	1,33	0,586	1,33	0,611	1,33	0,593
1,67	0,538	1,67	0,565	1,67	0,596	1,67	0,580
2,00	0,514	2,00	0,546	2,00	0,580	2,00	0,566
2,33	0,490	2,33	0,526	2,33	0,564	2,67	0,553
3,00	0,445	2,67	0,506	2,67	0,549	3,00	0,541
3,50	0,414	3,00	0,487	3,50	0,512	3,50	0,529
4,00	0,380	3,50	0,460	4,00	0,490	4,00	0,510
5,00	0,351	4,00	0,433	4,50	0,470	4,50	0,491
5,50	0,322	4,50	0,407	5,00	0,449	5,00	0,472
6,00	0,295	5,00	0,382	5,50	0,429	5,50	0,456
6,50	0,266	5,50	0,358	6,00	0,410	6,00	0,439
8,00	0,222	6,00	0,334	6,50	0,392	6,50	0,422
9,00	0,181	6,50	0,311	7,00	0,373	7,00	0,406
10,00	0,148	7,00	0,291	8,00	0,340	8,00	0,390
11,00	0,121	8,00	0,252	9,00	0,310	9,00	0,359
		9,00	0,217	10,00	0,282	10,00	0,331
		10,00	0,187	11,00	0,259	12,00	0,261
		11,00	0,162	12,00	0,238	14,00	0,229
		12,00	0,141	14,00	0,205	16,00	0,200
		13,00	0,129	16,00	0,176	18,00	0,183
				18,00	0,156	22,00	0,152
				20,00	0,139	24,00	0,139
				21,00	0,137	25,00	0,136

QUADRO 8A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café descascado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 60 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,686	0,00	0,686	0,00	0,653	0,00	0,653
0,17	0,657	0,17	0,673	0,17	0,650	0,17	0,666
0,33	0,638	0,33	0,649	0,33	0,625	0,33	0,638
0,50	0,617	0,50	0,628	0,50	0,607	0,50	0,620
0,67	0,600	0,67	0,610	0,67	0,591	0,67	0,605
0,83	0,583	0,83	0,593	0,83	0,574	0,83	0,593
1,00	0,565	1,00	0,579	1,00	0,560	1,00	0,580
1,33	0,529	1,33	0,547	1,33	0,530	1,33	0,557
1,67	0,495	1,67	0,515	1,67	0,501	1,67	0,531
2,00	0,462	2,00	0,485	2,00	0,475	2,00	0,507
2,33	0,433	2,33	0,455	2,33	0,447	2,33	0,484
2,67	0,403	2,67	0,428	2,67	0,423	2,67	0,463
3,00	0,374	3,00	0,401	3,00	0,398	3,00	0,441
3,50	0,334	3,50	0,363	3,50	0,364	3,50	0,411
4,00	0,298	4,00	0,329	4,00	0,331	4,00	0,381
4,50	0,265	4,50	0,297	4,50	0,302	4,50	0,354
5,00	0,236	5,00	0,267	5,00	0,275	5,00	0,329
5,50	0,211	5,50	0,242	5,50	0,250	5,50	0,306
6,00	0,188	6,00	0,219	6,00	0,228	6,00	0,284
6,50	0,169	6,50	0,206	6,50	0,206	6,50	0,265
7,00	0,152	7,00	0,183	7,00	0,189	7,00	0,247
7,50	0,138	8,00	0,155	8,00	0,158	8,00	0,216
		9,00	0,134	9,00	0,136	9,00	0,191
						10,00	0,171
						11,00	0,157
						12,00	0,145
						13,00	0,136

QUADRO 9A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café despulpado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 30 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,645	0,00	0,681	0,00	0,645	0,00	0,618
0,17	0,626	0,17	0,665	0,17	0,632	0,17	0,613
0,33	0,619	0,33	0,656	0,33	0,626	0,33	0,609
0,50	0,613	0,50	0,651	0,50	0,621	0,50	0,606
0,67	0,610	0,67	0,646	0,67	0,617	0,67	0,603
0,83	0,606	0,83	0,642	0,83	0,614	0,83	0,601
1,00	0,602	1,00	0,638	1,00	0,611	1,00	0,599
1,33	0,595	1,33	0,631	1,33	0,605	1,33	0,594
1,67	0,588	1,67	0,625	1,67	0,599	1,67	0,590
2,00	0,582	2,00	0,618	2,00	0,594	2,00	0,587
2,33	0,576	2,33	0,611	2,33	0,588	2,33	0,583
2,67	0,570	2,67	0,605	2,67	0,583	2,67	0,579
3,00	0,564	3,00	0,598	3,00	0,578	3,00	0,575
3,50	0,555	3,50	0,589	3,50	0,571	3,50	0,570
4,00	0,546	4,00	0,579	4,00	0,563	4,00	0,565
4,50	0,538	4,50	0,570	4,50	0,555	4,50	0,559
5,50	0,521	5,00	0,562	5,00	0,547	5,00	0,554
6,00	0,512	5,50	0,552	5,50	0,540	5,50	0,549
6,50	0,504	6,00	0,544	6,00	0,533	6,00	0,544
7,00	0,496	6,50	0,535	6,50	0,526	6,50	0,539
8,00	0,480	7,00	0,526	7,00	0,519	8,00	0,523
9,00	0,465	8,00	0,509	9,00	0,491	9,00	0,513
10,00	0,449	9,00	0,491	10,00	0,477	10,00	0,503
11,00	0,435	10,00	0,475	11,00	0,463	11,00	0,493
12,00	0,420	11,00	0,459	12,00	0,451	12,00	0,484
14,00	0,390	12,00	0,443	14,00	0,422	14,00	0,463
16,00	0,361	14,00	0,413	16,00	0,396	16,00	0,439
18,00	0,331	16,00	0,375	18,00	0,363	18,00	0,419
20,00	0,306	18,00	0,349	20,00	0,342	20,00	0,396
22,00	0,284	20,00	0,318	22,00	0,321	22,00	0,374
25,00	0,254	24,00	0,280	26,00	0,290	26,00	0,366
27,00	0,236	26,00	0,256	28,00	0,273	28,00	0,352
29,00	0,219	28,00	0,237	30,00	0,256	30,00	0,338
31,00	0,204	30,00	0,218	32,00	0,240	32,00	0,324
33,00	0,190	32,00	0,200	34,00	0,225	34,00	0,311
35,00	0,178	34,00	0,184	40,00	0,195	40,00	0,276
40,00	0,156	40,00	0,151	45,00	0,170	45,00	0,247
45,00	0,136	43,00	0,135	50,00	0,144	49,00	0,233
				54,00	0,133	51,00	0,225
						52,00	0,221
						54,00	0,215
						56,00	0,208
						58,00	0,202
						65,00	0,186
						70,00	0,172
						73,00	0,168

QUADRO 9A, Cont.

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
						75,00	0,165
						77,00	0,162
						79,00	0,160
						81,00	0,157
						98,00	0,144
						128,00	0,136

QUADRO 10A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café despulpado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 40 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645
0,17	0,627	0,17	0,630	0,17	0,634	0,17	0,639
0,33	0,615	0,33	0,618	0,33	0,625	0,33	0,632
0,50	0,604	0,50	0,611	0,50	0,617	0,50	0,626
0,67	0,599	0,67	0,604	0,67	0,611	0,67	0,621
0,83	0,592	0,83	0,598	0,83	0,605	0,83	0,616
1,00	0,587	1,00	0,592	1,00	0,600	1,00	0,611
1,33	0,575	1,33	0,580	1,33	0,589	1,33	0,603
1,67	0,562	1,67	0,568	1,67	0,578	1,67	0,594
2,00	0,550	2,00	0,556	2,00	0,568	2,00	0,586
2,33	0,539	2,33	0,545	2,33	0,558	2,33	0,578
2,67	0,527	2,67	0,534	2,67	0,547	2,67	0,569
3,00	0,516	3,00	0,523	3,50	0,524	3,00	0,561
3,50	0,499	3,50	0,506	4,00	0,509	3,50	0,549
4,00	0,483	4,00	0,491	4,50	0,495	4,00	0,537
4,50	0,466	4,50	0,474	5,00	0,481	4,50	0,525
5,00	0,450	5,00	0,460	5,50	0,467	5,00	0,514
5,50	0,434	5,50	0,444	6,00	0,453	5,50	0,502
6,00	0,418	6,00	0,429	6,50	0,441	6,00	0,491
6,50	0,403	6,50	0,414	7,00	0,428	6,50	0,480
7,00	0,388	7,00	0,399	8,00	0,402	7,00	0,469
8,00	0,359	8,00	0,371	9,00	0,378	8,00	0,448
9,00	0,328	9,00	0,344	10,00	0,356	9,00	0,428
10,00	0,304	10,00	0,320	11,00	0,334	10,00	0,408
11,00	0,279	11,00	0,296	12,00	0,313	11,00	0,390
12,00	0,256	12,00	0,274	14,00	0,280	12,00	0,372
14,00	0,221	14,00	0,240	16,00	0,251	14,00	0,340
16,00	0,190	16,00	0,211	18,00	0,226	16,00	0,313
18,00	0,155	18,00	0,188	20,00	0,202	18,00	0,287
20,00	0,132	20,00	0,168	22,00	0,184	20,00	0,263
		22,00	0,152	26,00	0,149	22,00	0,245
		24,00	0,138	28,00	0,140	26,00	0,203
				30,00	0,133	28,00	0,190
						30,00	0,180
						32,00	0,171
						34,00	0,164
						35,00	0,161
						40,00	0,154
						45,00	0,142
						49,00	0,138
						51,00	0,137
						53,00	0,136

QUADRO 11A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café despulpado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 50 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645
0,17	0,625	0,17	0,637	0,17	0,643	0,17	0,643
0,33	0,609	0,33	0,620	0,33	0,632	0,33	0,640
0,50	0,593	0,50	0,606	0,50	0,622	0,50	0,638
0,67	0,580	0,67	0,596	0,67	0,612	0,67	0,630
0,83	0,568	0,83	0,585	0,83	0,605	0,83	0,621
1,00	0,556	1,00	0,575	1,00	0,596	1,00	0,614
1,33	0,531	1,33	0,555	1,33	0,581	1,33	0,600
1,67	0,508	1,67	0,534	1,67	0,565	1,67	0,586
2,00	0,486	2,00	0,515	2,00	0,550	2,00	0,575
2,33	0,464	2,33	0,496	2,33	0,534	2,67	0,561
2,67	0,438	2,67	0,476	2,67	0,520	3,00	0,549
3,00	0,418	3,00	0,458	3,00	0,505	3,50	0,537
3,50	0,388	3,50	0,431	3,50	0,484	4,00	0,518
4,00	0,357	4,00	0,405	4,00	0,464	5,00	0,483
4,50	0,328	4,50	0,380	4,50	0,444	5,50	0,465
5,00	0,299	5,00	0,356	5,00	0,423	6,00	0,448
5,50	0,275	5,50	0,333	5,50	0,406	6,50	0,430
6,00	0,249	6,00	0,310	6,00	0,387	8,00	0,374
6,50	0,227	6,50	0,288	6,50	0,370	9,00	0,338
7,00	0,207	7,00	0,268	7,00	0,354	10,00	0,311
8,00	0,169	8,00	0,232	8,00	0,322	12,00	0,265
9,00	0,140	9,00	0,199	9,00	0,295	14,00	0,230
9,50	0,132	10,00	0,171	10,00	0,271	16,00	0,200
		11,00	0,147	11,00	0,249	18,00	0,182
		11,50	0,134	12,00	0,230	20,00	0,163
				14,00	0,198	23,00	0,145
				16,00	0,174	25,00	0,142
				18,00	0,153	27,00	0,139
				20,00	0,141		
				22,00	0,130		

QUADRO 12A- Valores médios de teores de umidade (base seca) observados durante a secagem de grãos de café despulpado, para diferentes valores de umidade relativa e temperatura do ar de secagem de 60 °C

Umidade Relativa do Ar de Secagem (%)							
30		40		50		60	
Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)	Tempo (h)	U (b.s.)
0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645	0,00	0,645
0,17	0,636	0,17	0,649	0,17	0,658	0,17	0,659
0,33	0,613	0,33	0,625	0,33	0,635	0,33	0,641
0,50	0,594	0,50	0,606	0,50	0,615	0,50	0,625
0,67	0,574	0,67	0,587	0,67	0,599	0,67	0,613
0,83	0,556	0,83	0,570	0,83	0,584	0,83	0,600
1,00	0,540	1,00	0,553	1,00	0,568	1,00	0,587
1,33	0,504	1,33	0,520	1,33	0,539	1,33	0,563
1,67	0,469	1,67	0,487	1,67	0,510	1,67	0,538
2,00	0,435	2,00	0,455	2,00	0,480	2,00	0,515
2,33	0,402	2,33	0,425	2,33	0,453	2,33	0,492
2,67	0,371	3,00	0,366	2,67	0,425	2,67	0,470
3,00	0,340	3,50	0,326	3,00	0,401	3,00	0,445
3,50	0,297	4,00	0,289	3,50	0,361	4,00	0,386
4,00	0,258	4,50	0,255	4,00	0,329	4,50	0,355
4,50	0,223	5,00	0,223	4,50	0,295	5,00	0,330
5,00	0,193	5,50	0,194	5,00	0,266	5,50	0,305
5,50	0,165	6,00	0,169	5,50	0,237	6,00	0,281
6,00	0,140	6,50	0,147	6,00	0,211	6,50	0,259
6,50	0,119	7,00	0,128	6,50	0,189	7,00	0,239
				7,00	0,168	8,00	0,202
				8,00	0,133	9,00	0,171
						10,00	0,147
						11,00	0,128

APÊNDICE B

QUADRO 1B- Valores de germinação (G) e vigor, pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE), de sementes de café descascado logo depois da secagem e durante o armazenamento em ambiente não controlado, para diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Período (dias)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
0	30	20	1	87,50	59,0	74,63
0	30	20	2	82,53	51,2	98,89
0	30	20	3	83,00	54,1	83,40
0	30	40	1	87,50	56,6	55,83
0	30	40	2	85,45	54,4	67,87
0	30	40	3	89,53	58,2	58,93
0	40	20	1	80,16	49,9	62,58
0	40	20	2	86,31	55,6	89,73
0	40	20	3	84,50	54,5	57,09
0	40	40	1	88,54	57,3	52,75
0	40	40	2	89,50	58,5	75,57
0	40	40	3	83,00	51,2	56,06
0	50	20	1	67,77	37,9	113,60
0	50	20	2	64,50	33,5	100,60
0	50	20	3	62,00	33,1	113,70
0	50	40	1	68,50	38,5	61,61
0	50	40	2	69,32	39,7	66,50
0	50	40	3	62,00	31,9	53,31
0	60	20	1	2,67	0,0	182,13
0	60	20	2	2,67	0,0	249,23
0	60	20	3	1,50	0,0	236,25
0	60	40	1	7,50	0,0	98,11
0	60	40	2	4,50	0,0	163,68
0	60	40	3	6,00	0,0	146,52
60	30	20	1	62,67	33,7	57,75
60	30	20	2	64,00	34,2	51,87
60	30	20	3	64,77	34,6	56,94
60	30	40	1	60,67	30,7	51,89
60	30	40	2	64,13	34,0	42,29
60	30	40	3	66,67	36,7	42,66
60	40	20	1	55,33	25,3	60,86
60	40	20	2	58,67	28,7	55,12
60	40	20	3	55,33	23,4	88,98
60	40	40	1	58,67	28,7	63,37
60	40	40	2	56,00	26,0	68,75
60	40	40	3	60,54	30,5	51,01
60	50	20	1	32,00	2,0	80,90
60	50	20	2	34,33	4,7	91,19
60	50	20	3	30,12	0,0	97,87
60	50	40	1	36,18	5,9	53,80

QUADRO 1B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
60	50	40	2	38,00	7,7	57,31
60	50	40	3	35,33	5,3	74,29
60	60	20	1	0,67	0,0	214,59
60	60	20	2	2,00	0,0	264,54
60	60	20	3	1,33	0,0	231,55
60	60	40	1	2,67	0,0	208,01
60	60	40	2	2,67	0,0	199,70
60	60	40	3	2,00	0,0	198,41
120	30	20	1	31,33	1,3	138,68
120	30	20	2	30,67	0,7	157,42
120	30	20	3	31,33	1,3	141,57
120	30	40	1	36,67	6,7	125,23
120	30	40	2	32,00	2,0	118,59
120	30	40	3	34,67	4,7	126,38
120	40	20	1	22,67	0,0	163,06
120	40	20	2	28,67	0,0	130,17
120	40	20	3	17,33	0,0	148,02
120	40	40	1	26,00	0,0	117,95
120	40	40	2	22,67	0,0	130,75
120	40	40	3	29,33	0,0	136,11
120	50	20	1	4,67	0,0	155,89
120	50	20	2	2,67	0,0	176,10
120	50	20	3	2,67	0,0	168,87
120	50	40	1	5,33	0,0	137,80
120	50	40	2	4,00	0,0	151,65
120	50	40	3	6,67	0,0	147,78
120	60	20	1	0,00	0,0	283,40
120	60	20	2	0,00	0,0	269,57
120	60	20	3	0,00	0,0	276,32
120	60	40	1	0,00	0,0	238,00
120	60	40	2	0,00	0,0	224,92
120	60	40	3	0,00	0,0	221,64
180	30	20	1	11,33	0,0	163,87
180	30	20	2	10,67	0,0	157,90
180	30	20	3	11,33	0,0	171,57
180	30	40	1	16,67	0,0	150,52
180	30	40	2	12,00	0,0	147,21
180	30	40	3	14,67	0,0	147,19
180	40	20	1	5,67	0,0	199,48
180	40	20	2	6,67	0,0	174,51
180	40	20	3	7,33	0,0	156,58
180	40	40	1	6,00	0,0	157,61
180	40	40	2	7,67	0,0	157,67
180	40	40	3	9,33	0,0	158,48
180	50	20	1	0,00	0,0	177,10
180	50	20	2	0,00	0,0	229,76
180	50	20	3	0,00	0,0	170,63
180	50	40	1	0,00	0,0	155,40
180	50	40	2	0,00	0,0	154,45

QUADRO 1B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
180	50	40	3	0,00	0,0	192,91
180	60	20	1	0,00	0,0	282,99
180	60	20	2	0,00	0,0	278,86
180	60	20	3	0,00	0,0	280,76
180	60	40	1	0,00	0,00	268,20
180	60	40	2	0,00	0,00	280,33
180	60	40	3	0,00	0,00	279,00

QUADRO 2B- Valores de germinação (G) e vigor, pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de café descascado logo depois da secagem e durante o armazenamento em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Período (dias)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
0	30	20	1	87,50	59,0	74,63
0	30	20	2	82,53	51,2	98,89
0	30	20	3	83,00	54,1	83,40
0	30	40	1	87,50	56,6	55,83
0	30	40	2	85,45	54,4	67,87
0	30	40	3	89,53	58,2	58,93
0	40	20	1	80,16	49,9	62,58
0	40	20	2	86,31	55,6	89,73
0	40	20	3	84,50	54,5	57,09
0	40	40	1	88,54	57,3	52,75
0	40	40	2	89,50	58,5	75,57
0	40	40	3	83,00	51,2	56,06
0	50	20	1	67,77	37,9	113,60
0	50	20	2	64,50	33,5	100,60
0	50	20	3	62,00	33,1	113,70
0	50	40	1	68,50	38,5	61,61
0	50	40	2	69,32	39,7	66,50
0	50	40	3	62,00	31,9	53,31
0	60	20	1	2,67	0,0	182,13
0	60	20	2	2,67	0,0	249,23
0	60	20	3	1,50	0,0	236,25
0	60	40	1	7,50	0,0	98,11
0	60	40	2	4,50	0,0	163,68
0	60	40	3	6,00	0,0	146,52
60	30	20	1	74,67	45,7	63,81
60	30	20	2	76,00	47,1	74,53
60	30	20	3	71,33	42,4	79,92
60	30	40	1	78,89	49,9	53,24
60	30	40	2	78,67	49,7	57,15
60	30	40	3	77,33	48,4	70,14
60	40	20	1	62,45	33,5	74,59
60	40	20	2	60,00	31,1	74,43
60	40	20	3	65,33	36,4	79,92
60	40	40	1	69,33	40,4	74,79
60	40	40	2	65,33	36,4	50,81
60	40	40	3	68,67	39,7	66,94
60	50	20	1	44,67	15,7	93,40
60	50	20	2	42,67	13,7	119,39
60	50	20	3	41,33	12,4	138,74
60	50	40	1	45,33	16,4	83,31
60	50	40	2	48,00	19,1	86,20
60	50	40	3	46,67	17,7	70,93
60	60	20	1	1,50	0,0	264,27
60	60	20	2	1,33	0,0	228,61
60	60	20	3	0,00	0,0	259,34

QUADRO 2B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
60	60	40	1	2,11	0,0	198,68
60	60	40	2	2,67	0,0	239,58
60	60	40	3	2,67	0,0	234,43
120	30	20	1	50,67	21,7	95,67
120	30	20	2	64,13	35,2	117,52
120	30	20	3	51,33	22,4	88,38
120	30	40	1	60,67	31,7	77,54
120	30	40	2	65,33	36,4	72,62
120	30	40	3	64,00	35,1	90,77
120	40	20	1	42,00	13,1	71,51
120	40	20	2	45,33	16,4	70,56
120	40	20	3	46,00	17,1	67,83
120	40	40	1	53,33	24,4	60,74
120	40	40	2	54,67	25,7	66,81
120	40	40	3	50,00	21,1	53,11
120	50	20	1	18,18	0,0	127,27
120	50	20	2	25,33	0,0	116,74
120	50	20	3	20,54	0,0	119,65
120	50	40	1	30,00	0,0	99,26
120	50	40	2	29,33	0,0	99,79
120	50	40	3	34,67	0,0	103,69
120	60	20	1	0,00	0,0	273,47
120	60	20	2	0,00	0,0	241,66
120	60	20	3	0,00	0,0	258,26
120	60	40	1	0,00	0,0	255,08
120	60	40	2	0,00	0,0	225,81
120	60	40	3	0,00	0,0	209,83
180	30	20	1	50,67	21,7	114,10
180	30	20	2	57,33	28,4	94,08
180	30	20	3	42,67	13,7	99,00
180	30	40	1	29,33	12,0	79,61
180	30	40	2	44,00	15,1	84,51
180	30	40	3	38,00	9,1	78,60
180	40	20	1	34,00	5,1	87,68
180	40	20	2	35,33	6,4	167,52
180	40	20	3	40,67	11,7	120,76
180	40	40	1	38,00	9,1	84,15
180	40	40	2	26,89	8,0	94,20
180	40	40	3	35,33	6,4	84,66
180	50	20	1	10,67	0,0	142,62
180	50	20	2	10,13	0,0	173,33
180	50	20	3	16,67	0,0	150,51
180	50	40	1	19,33	0,0	89,64
180	50	40	2	16,00	0,0	117,66
180	50	40	3	13,33	0,0	134,67
180	60	20	1	0,00	0,0	291,86
180	60	20	2	0,00	0,0	282,34
180	60	20	3	0,00	0,0	309,57

QUADRO 2B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
180	60	40	1	0,00	0,00	238,38
180	60	40	2	0,00	0,00	221,34
180	60	40	3	0,00	0,00	303,20

QUADRO 3B- Valores de germinação (G) e vigor, pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE), de sementes de café despulpado logo depois da secagem e durante o armazenamento em ambiente não controlado, para diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Período (dias)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)
0	30	20	1	91,50	62,6	54,97
0	30	20	2	87,00	58,1	59,25
0	30	20	3	85,54	56,6	43,52
0	30	40	1	91,50	62,6	31,60
0	30	40	2	92,50	63,6	37,08
0	30	40	3	92,00	63,1	36,12
0	40	20	1	83,50	54,6	66,22
0	40	20	2	84,11	55,2	63,46
0	40	20	3	80,50	51,6	77,53
0	40	40	1	91,50	62,6	47,52
0	40	40	2	88,89	60,0	42,30
0	40	40	3	89,00	60,1	42,64
0	50	20	1	67,13	38,2	76,70
0	50	20	2	67,50	38,6	88,31
0	50	20	3	64,50	35,6	71,65
0	50	40	1	72,50	43,6	58,50
0	50	40	2	70,50	41,6	66,91
0	50	40	3	70,00	41,1	40,90
0	60	20	1	3,33	0,0	160,84
0	60	20	2	2,00	0,0	243,00
0	60	20	3	3,50	0,0	157,74
0	60	40	1	5,50	0,0	115,34
0	60	40	2	6,00	0,0	128,95
0	60	40	3	9,50	0,0	150,90
60	30	20	1	74,67	45,7	52,85
60	30	20	2	70,78	41,9	52,26
60	30	20	3	70,67	41,7	52,43
60	30	40	1	76,00	47,1	47,73
60	30	40	2	76,48	47,6	39,29
60	30	40	3	76,67	47,7	46,50
60	40	20	1	62,89	34,0	64,02
60	40	20	2	56,00	27,1	66,05
60	40	20	3	62,54	33,6	55,27
60	40	40	1	66,67	37,7	43,89
60	40	40	2	63,33	34,4	44,30
60	40	40	3	69,13	40,2	47,83
60	50	20	1	45,45	16,5	94,57
60	50	20	2	47,33	18,4	101,23
60	50	20	3	40,00	11,1	81,99
60	50	40	1	52,67	23,7	57,54
60	50	40	2	48,00	19,1	51,19
60	50	40	3	49,33	20,4	79,90
60	60	20	1	0,00	0,0	226,53
60	60	20	2	1,33	0,0	192,47
60	60	20	3	3,22	0,0	181,30

QUADRO 3B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
60	60	40	1	3,62	0,0	142,18
60	60	40	2	3,29	0,0	184,23
60	60	40	3	5,54	0,0	162,90
120	30	20	1	50,89	22,0	123,74
120	30	20	2	54,67	25,7	111,85
120	30	20	3	52,76	23,8	124,51
120	30	40	1	57,33	28,4	105,94
120	30	40	2	56,67	27,7	92,27
120	30	40	3	56,58	27,7	85,05
120	40	20	1	37,13	8,2	130,55
120	40	20	2	32,67	3,7	132,72
120	40	20	3	29,33	0,4	136,41
120	40	40	1	37,33	8,4	119,08
120	40	40	2	36,00	7,1	127,97
120	40	40	3	38,00	9,1	116,10
120	50	20	1	4,00	0,0	150,53
120	50	20	2	4,32	0,0	157,51
120	50	20	3	3,33	0,0	137,47
120	50	40	1	6,67	0,0	127,78
120	50	40	2	6,54	0,0	133,68
120	50	40	3	4,00	0,0	132,31
120	60	20	1	0,00	0,0	236,88
120	60	20	2	0,00	0,0	208,12
120	60	20	3	0,00	0,0	218,69
120	60	40	1	0,00	0,0	231,75
120	60	40	2	0,00	0,0	207,56
120	60	40	3	0,00	0,0	205,09
180	30	20	1	20,67	0,0	201,47
180	30	20	2	24,60	0,0	194,36
180	30	20	3	22,89	0,0	186,24
180	30	40	1	27,33	0,0	159,72
180	30	40	2	26,67	0,0	170,90
180	30	40	3	26,58	0,0	179,29
180	40	20	1	17,33	0,0	192,85
180	40	20	2	12,67	0,0	207,45
180	40	20	3	19,11	0,0	211,47
180	40	40	1	17,45	0,0	172,32
180	40	40	2	16,12	0,0	115,18
180	40	40	3	18,00	0,0	168,48
180	50	20	1	0,00	0,0	192,92
180	50	20	2	0,00	0,0	219,53
180	50	20	3	0,00	0,0	185,41
180	50	40	1	0,00	0,0	156,00
180	50	40	2	0,00	0,0	184,04
180	50	40	3	0,00	0,0	168,44
180	60	20	1	0,00	0,0	316,08
180	60	20	2	0,00	0,0	205,68
180	60	20	3	0,00	0,0	313,83

QUADRO 3B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
180	60	40	1	0,00	0,00	275,61
180	60	40	2	0,00	0,00	258,50
180	60	40	3	0,00	0,00	253,56

QUADRO 4B- Valores de germinação (G) e vigor, pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de café despulpado logo depois da secagem e durante o armazenamento em ambiente com temperatura controlada de 15°C, para diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Período (dias)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
0	30	20	1	91,50	62,6	54,97
0	30	20	2	87,00	58,1	59,25
0	30	20	3	85,54	56,6	43,52
0	30	40	1	91,50	62,6	31,60
0	30	40	2	92,50	63,6	37,08
0	30	40	3	92,00	63,1	36,12
0	40	20	1	83,50	54,6	66,22
0	40	20	2	84,11	55,2	63,46
0	40	20	3	80,50	51,6	77,53
0	40	40	1	91,50	62,6	47,52
0	40	40	2	88,89	60,0	42,30
0	40	40	3	89,00	60,1	42,64
0	50	20	1	67,13	38,2	76,70
0	50	20	2	67,50	38,6	88,31
0	50	20	3	64,50	35,6	71,65
0	50	40	1	72,50	43,6	58,50
0	50	40	2	70,50	41,6	66,91
0	50	40	3	70,00	41,1	40,90
0	60	20	1	3,33	0,0	160,84
0	60	20	2	2,00	0,0	243,00
0	60	20	3	3,50	0,0	157,74
0	60	40	1	5,50	0,0	115,34
0	60	40	2	6,00	0,0	128,95
0	60	40	3	9,50	0,0	150,90
60	30	20	1	84,67	57,7	72,90
60	30	20	2	84,00	57,1	47,01
60	30	20	3	79,65	52,7	48,59
60	30	40	1	86,00	59,1	46,44
60	30	40	2	87,33	60,4	51,00
60	30	40	3	86,67	59,7	42,23
60	40	20	1	71,33	44,4	68,70
60	40	20	2	72,67	45,7	62,47
60	40	20	3	72,67	45,7	58,06
60	40	40	1	79,33	52,4	45,40
60	40	40	2	74,00	47,1	55,49
60	40	40	3	72,13	45,2	53,59
60	50	20	1	51,33	24,4	68,06
60	50	20	2	47,11	20,2	69,05
60	50	20	3	58,00	31,1	79,47
60	50	40	1	53,22	26,3	65,33
60	50	40	2	56,67	29,7	63,20
60	50	40	3	58,00	31,1	53,23
60	60	20	1	2,00	0,0	236,91
60	60	20	2	1,13	0,0	237,20
60	60	20	3	1,33	0,0	201,78

QUADRO 4B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
60	60	40	1	4,34	0,0	184,07
60	60	40	2	4,00	0,0	194,70
60	60	40	3	2,89	0,0	199,22
120	30	20	1	58,67	31,7	71,15
120	30	20	2	62,35	35,4	84,24
120	30	20	3	64,11	37,2	68,44
120	30	40	1	68,00	41,1	61,32
120	30	40	2	69,33	42,4	65,78
120	30	40	3	62,00	35,1	66,93
120	40	20	1	54,13	27,2	75,12
120	40	20	2	44,00	17,1	72,34
120	40	20	3	42,67	15,7	72,34
120	40	40	1	59,33	32,4	62,59
120	40	40	2	56,54	29,6	56,56
120	40	40	3	52,45	25,5	41,59
120	50	20	1	22,67	0,0	84,07
120	50	20	2	23,33	0,0	91,54
120	50	20	3	24,89	0,0	89,89
120	50	40	1	28,00	1,1	76,17
120	50	40	2	32,77	5,9	58,05
120	50	40	3	34,23	7,3	78,33
120	60	20	1	0,00	0,0	238,92
120	60	20	2	0,00	0,0	234,48
120	60	20	3	0,00	0,0	217,02
120	60	40	1	0,00	0,0	207,86
120	60	40	2	0,00	0,0	189,19
120	60	40	3	0,00	0,0	181,50
180	30	20	1	34,00	7,1	83,79
180	30	20	2	34,67	7,7	78,25
180	30	20	3	31,22	4,3	73,83
180	30	40	1	34,78	7,9	78,31
180	30	40	2	38,00	11,1	79,94
180	30	40	3	41,33	14,4	64,63
180	40	20	1	22,00	0,0	105,68
180	40	20	2	21,32	0,0	92,33
180	40	20	3	19,42	0,0	97,04
180	40	40	1	30,67	0,0	79,91
180	40	40	2	22,58	0,0	77,09
180	40	40	3	30,11	0,0	66,87
180	50	20	1	18,67	0,0	116,14
180	50	20	2	18,76	0,0	118,46
180	50	20	3	10,00	0,0	135,05
180	50	40	1	13,35	0,0	77,65
180	50	40	2	19,00	0,0	85,98
180	50	40	3	19,33	0,0	92,78
180	60	20	1	0,00	0,0	217,95
180	60	20	2	0,00	0,0	229,91
180	60	20	3	0,00	0,0	245,06

QUADRO 4B, Cont.

Período (meses)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Repetição	G (%)	Vigor	
					EA (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
180	60	40	1	0,00	0,00	205,73
180	60	40	2	0,00	0,00	188,67
180	60	40	3	0,00	0,00	202,12