
ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ CEREJA DESCASCADO EM AMBIENTE REFRIGERADO

Roberta Jimenez de Almeida Rigueira¹, Adílio Flauzino de Lacerda Filho², Marcus Bochi da Silva Volk³, Paulo Roberto Cecon⁴.

RESUMO

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar o resfriamento como um método para prolongar o período de conservação do café (*Coffea arabica* L.) a fim de preservar as características qualitativas iniciais. Foram usados grãos de café cereja em pergaminho, com teor de água de $12 \pm 0,061\%$ b.u. Utilizou-se um experimento em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 3×7 e, nas subparcelas, sete avaliações, com três repetições. Adotaram-se três condições de armazenamento (em câmaras climáticas à $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $53 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar ambiental; $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar ambiental; e em armazém convencional ($25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $75 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar ambiental) e sete intervalos de tempo de armazenagem (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). Avaliaram-se possíveis alterações dos grãos em função das diferentes condições de armazenamento durante um intervalo de tempo, para as variáveis cor, tipo e bebida do café, contaminação por microrganismos, teor de água, peso de mil grãos, cinzas, nitrogênio total, teor de proteína (proteína bruta), potássio total, potássio lixiviado, fenol e condutividade elétrica. Concluiu-se que o método de resfriamento foi eficaz na preservação e conservação das características qualitativas iniciais de grãos de café cereja descascado, mantendo a qualidade da bebida, diminuindo a incidência e o desenvolvimento de microrganismos.

Palavras-chave: qualidade, resfriamento de grãos, microrganismos.

ABSTRACT

GREEN COFFEE BEAN STORAGE IN COOLED ENVIRONMENT

The objective this work was to evaluate cooling of stored green coffee bean parchment (*Coffea arabica* L.) to prolong storage period preserving its original quality. The study was done in the split-plot design, having the plots in the 3×7 factorial design and seven storage periods as sub-plots, with three replications. The beans with moisture content of $12 \pm 0.061\%$ w.b. were stored in environmental chambers cooled to $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $53 \pm 2\%$ relative humidity (rh) or to $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $80 \pm 2\%$ rh. The data were compared with the storage in a conventional shed at ambient temperature of $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $75 \pm 10\%$ rh. The sampling was done at 30-day interval for 180 days. The alterations in the color, type, coffee brew, fungal growth, moisture content, 1000 grain weight, ash, total nitrogen, total protein content, total potassium, leached potassium, phenols, and electrical conductivity were monitored. It was concluded that the cooling was effective for preservation and conservation of the qualitative characteristics of the green coffee beans and also maintained brew quality and reduced fungal incidence and development.

Keywords: quality, grain cooling, microorganisms.

Recebido para publicação em 04/02/2009.

Aprovado em 10/06/2009

¹ Pós-doutoranda, D.Sc., DEA, UFV. E-mail: roberta.rigueira@ufv.br

² Prof. Associado I, DEA, UFV. E-mail: alacerda@ufv.br

³ Doutorando, DEA, UFV. E-mail: marcus.volk@ufv.br

⁴ Prof. Adjunto, DPI, UFV. E-mail: cecon@ufv.br

INTRODUÇÃO

Durante o armazenamento de grãos, as interações entre fatores abióticos como temperatura, teor de água, concentração de gás, umidade relativa ambiente, tipo e condições do armazém e características do sistema de armazenagem e fatores bióticos como grãos, insetos, ácaros, fungos e bactérias fazem com que os grãos armazenados se tornem um ecossistema cuja dinâmica, dependendo dos níveis dos fatores e do grau das interações, podem levar ao processo de deterioração dos mesmos, com maior ou menor velocidade.

A manutenção da qualidade dos grãos armazenados está relacionada, principalmente, com o teor de água e temperatura do produto (DEVILLA, 2002) e, durante longo tempo, depende do controle de insetos, fungos e bactérias, que se reproduzem e se desenvolvem no meio (SUN & WOODS, 1997). A redução da temperatura da massa de grãos, abaixo de 15 °C tem sido eficiente para reduzir a atividade de água dos grãos e, conseqüentemente, a atividade de insetos e de fungos (SUN & BYRNE, 1998).

O teor de água de um produto exerce grande influência na variação de temperatura da massa de grãos durante a armazenagem (KHANKARI et al., 1994). Por isso, recomenda-se a secagem e a limpeza do produto antes do seu armazenamento, pois esses procedimentos diminuem a ação da microflora na massa de grãos, retardando a velocidade das trocas gasosas e o processo de deterioração natural.

Variações climáticas contribuem para a formação de gradientes de temperatura na massa de grãos armazenada. Gradientes de temperaturas na massa de grãos e diferenças de temperatura entre os ambientes internos e externos provocam correntes convectivas no interior dos silos e graneleiros que podem induzir à migração de umidade das áreas de alta para as de baixa temperatura. A migração de umidade pode potencializar o desenvolvimento de insetos, fungos e bactérias e iniciar a deterioração do produto (BROOKER et al., 1992; GONG et al., 1995).

Desta forma, para aumentar a produção de alimentos, são requeridas técnicas adequadas que reduzam, em níveis aceitáveis, o processo de deterioração que, por ser altamente dependente da temperatura e do teor de água

dos grãos, está relacionada com a respiração do produto e dos microrganismos que o acompanham (SAUER, 1992).

A aeração é uma técnica muito utilizada na prevenção ou solução de problemas de conservação dos grãos armazenados. Seus principais objetivos são: resfriar, uniformizar a temperatura, prevenir o aquecimento e o umedecimento e promover remoção de odores na massa de grãos (SILVA et al., 2000).

O uso da aeração em uma massa de grãos armazenada, com o objetivo de reduzir a temperatura, é de fundamental importância para manter a qualidade do produto. A temperatura e o teor de água podem ser reduzidos com a aeração, tendo-se como consequência menor índice de deterioração dos grãos (OLIVEIRA et al., 2007).

O resfriamento de grãos durante a armazenagem, por meio da ventilação com ar ambiente, possibilita o controle e a prevenção do desenvolvimento de insetos e fungos e auxilia na redução dos níveis de aplicação de inseticidas (WILKIN et al., 1990).

Estudos demonstram que o resfriamento pode, inicialmente, paralisar o desenvolvimento de insetos-praga e, quando utilizado durante maior tempo, reduz substancialmente o nível de infestação. Portanto, o resfriamento pode ser considerado um importante componente para a estratégia do manejo integrado de pragas permitindo maior seletividade no uso de pesticidas (FIELDS, 1992).

Sharp (1982) e Brooker et al. (1992) empregaram técnicas de simulação em camada espessa para descrever a transferência de calor e umidade durante o resfriamento de grãos. A transferência de umidade tem grande efeito sobre o resfriamento em função do calor latente de vaporização.

Sun & Woods (1997) utilizaram um modelo de simulação para o controle da ventilação através da medição da temperatura, a fim de prevenir o desenvolvimento de insetos. Estes pesquisadores observaram que o resfriamento de grãos está sujeito ao risco de reumedecimento, envolvendo o processo de absorção que favorece o desenvolvimento de fungos e perdas na capacidade germinativa.

Portanto, o conhecimento da variação de temperatura e do teor de água em diferentes locais de uma massa de grãos, ao longo de um processo de aeração, pode ser uma ferramenta importante no desenvolvimento e na avaliação de estratégias de controle para manter os grãos sadios e

reduzir o custo com tratamento químico, direcionado para insetos e fungos.

Este conhecimento pode, também, ser usado em simulações matemáticas para validar modelos de transferência de calor e de massa em grãos armazenados. Uma vez validado, por meio de simulação (processo rápido, eficiente e de baixo custo) pode-se obter a resposta do sistema, ao ser submetido a diferentes condições.

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar o resfriamento como um método para prolongar o período de conservação do café (*Coffea arabica* L.) a fim de preservar as características qualitativas iniciais.

Especificamente, avaliou-se possíveis alterações dos grãos em função das diferentes condições de armazenamento durante um intervalo de tempo, para as variáveis cor, tipo e bebida do café, contaminação por microrganismos, teor de água, peso de mil grãos, cinzas, nitrogênio total (N_t), teor de proteína (proteína bruta), potássio total (K_t), potássio lixiviado ($K_{\text{lixiviado}}$), fenol e condutividade elétrica (CE).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados grãos de café (*Coffea arabica* L.) cereja em pergaminho, provenientes do município de Araponga – MG, com teor de água de $12 \pm 0,061\%$ b.u.. O produto foi embalado em saco de papel kraft, com capacidade de 1,0 kg, e envolto em saco plástico, devidamente lacrado e identificado. As embalagens foram armazenadas em câmaras climáticas, enquanto que em armazém convencional foram utilizados sacos de ráfia com capacidade de 30 kg.

Foi utilizado um experimento em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 3×7 e, nas subparcelas, sete avaliações, com três repetições.

Utilizaram-se três condições de armazenamento:

Tratamento 1 – câmara climática à 25°C e $80 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar ambiental;

Tratamento 2 – câmara climática à 15°C e $53 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar ambiental;

Tratamento 3 – armazenamento em armazém convencional à $25 \pm 5^\circ\text{C}$ e $75 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar ambiental, utilizando-se 2 sacos de ráfia com capacidade de 30 kg, dispostos aleatoriamente nas pilhas, submetidos às variações diárias da temperatura ambiente.

Os sete intervalos de tempo de armazenagem foram: 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Com o experimento avaliou-se possíveis alterações dos grãos em função das diferentes condições de armazenamento durante um intervalo de tempo, para as variáveis cor, tipo e bebida do café, contaminação por microrganismos, teor de água, peso de mil grãos, cinzas, nitrogênio total (N_t), teor de proteína (proteína bruta), potássio total (K_t), potássio lixiviado ($K_{\text{lixiviado}}$), fenol e condutividade elétrica (CE).

Os grãos foram encaminhados a Plantar Produtos Agrícolas, situada em Viçosa, MG, para a realização da prova de xícara e de classificação (tipo) de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Cru, instituído por meio da Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003). A classificação quanto ao tipo foi equivalente ao número de defeitos encontrados e identificado de acordo com a sua posição na tabela de classificação do café (BRASIL, 2003).

As amostras, constituídas de 300 g de café, foram submetidas à análise no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, para a detecção e identificação de fungos de acordo as técnicas descritas por Dhingra & Sinclair, (1996).

Foi utilizado o método de plaqueamento em caixas gerbox, utilizando-se papel tipo Blotter umedecidos com água salina a 7,5%, nas quais foram incubados 100 grãos obtidos aleatoriamente de cada teste experimental, dispostos em três placas de PETRI com meio de cultura, após esterilização da superfície do grão (imersão em solução de hipoclorito de sódio), sob a temperatura de 25°C , durante sete dias. Depois desse período, as placas foram examinadas em microscópio estereoscópico para identificação de fungos toxigênicos, com ênfase nas espécies *A. ochraceus*, *A. carbonarius* e *P. verrucosum* (= *P. viridicatum*).

A amostra de trabalho para essa determinação foi proveniente de oito subamostras de 100 grãos, pesadas em gramas, com o mesmo número de casas decimais. O peso de 1.000 sementes foi calculado utilizando-se a equação 1.

$$\text{Peso de 1.000 sementes} = \frac{\text{Peso da amostra} \times 1.000}{\text{Número total de sementes}} \quad (1)$$

Foram calculadas a variância, o desvio padrão e o

coeficiente da variação dos valores obtidos nas pesagens das oito subamostras de 100 sementes. Quando o coeficiente de variação não excedeu a 4 ou 6%, o resultado da determinação foi calculado multiplicando-se por 10 o peso obtido das subamostras de 100 grãos.

Quando o coeficiente de variação excedeu os limites já mencionados, outras oito subamostras de 100 sementes foram contadas e pesadas e, logo após, calculou-se o desvio padrão das 16 repetições. Foram desprezadas todas as que apresentaram divergência média maior do que o dobro do desvio padrão obtido. Multiplicou-se por 10 o peso obtido entre as demais subamostras de 100 grãos, sendo este o resultado do teste.

O resultado foi expresso em gramas com o número de casas decimais correspondente às utilizadas nas pesagens menos uma, fazendo-se a devida aproximação final (BRASIL, 1992).

O teor de água do café beneficiado foi monitorado utilizando-se o método direto, em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 2 °C, durante 72 horas, com três repetições, com amostras contendo aproximadamente 30 g, conforme às normas estabelecidas pela "American Association of Cereal Chemists – AACC", citado por Lacerda Filho, 1986.

Para a determinação do teor de cinzas, foram utilizadas cápsulas de porcelana, mufla à 550 °C, estufa à 105 °C, balança analítica e dessecador. Foram pesadas amostras de 3 g e colocadas em cápsulas de porcelana. As amostras foram previamente aquecidas em estufa a 105 ± 2 °C e resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, para a posterior pesagem. A seguir, as amostras foram carbonizadas em baixa temperatura e incineradas em mufla à temperatura de 550 °C e resfriada em dessecador, até a temperatura ambiente, antes da pesagem final (SILVA, 2002). O cálculo do percentual de cinzas foi efetuado por meio da equação 2.

$$\% \text{ Cinzas a } 550 \text{ °C} = \frac{100 * S}{P} \quad (2)$$

em que

S = massa de cinzas (g);

P = massa da amostra (g).

Determinou-se a porcentagem de proteína bruta por:

Proteína bruta (%) = $N_{\text{total}} \times 6,25$ (SILVA, 2002).

A quantificação do N_{total} avaliada pelo método Kjeldahl envolveu três etapas:

- digestão da amostra para converter o N da amostra em NH_4^+ e, posteriormente, em amônia (NH_3);
- destilação da NH_3 ;
- titulação da NH_3 recolhida na destilação.

O resultado da concentração de nitrogênio na matéria seca das amostras foi utilizado para calcular o nitrogênio total (equação 3).

$$N_{\text{total}} (\%) = \frac{[(V_{ga} - V_{gb}) N.f. 14.1000 \left(\frac{1}{m}\right) (1 + U)]}{10000} \quad (3)$$

em que

V_{ga} = volume gasto da amostra (mL);

V_{gb} = volume gasto do branco (mL);

N = normalidade da solução ácida - 0,02 mol_c L⁻¹;

f = fator de correção;

m = massa de material utilizada (g);

U = conteúdo de água na amostra (decimal b.s.).

Para a determinação do teor de potássio, foram colocadas 0,2 g de amostra moída em tubo digestor, adicionando-se 10 mL de ácido nítrico concentrado e deixado em repouso durante, aproximadamente, 12 horas. Depois, foram adicionados mais 30 mL de ácido nítrico e inserido o tubo no bloco digestor à temperatura de aproximadamente 95 °C. Depois de observar que o material estava parcialmente digerido, isto é, quando a suspensão adquiria tonalidade mais clara e o volume do ácido atingiu a metade do volume inicial, foram adicionados 20 mL de ácido perclórico p.a. 70%, aumentando-se gradativamente a temperatura até a aproximadamente 150 °C. Em seguida diminuiu-se a temperatura para 130 °C e transferiu-se o conteúdo para um balão de 50 mL, completando-se com água destilada.

Foi preparada uma curva (0; 2,5; 5; 7,5; 10) de K para leitura no espectrofotômetro de chama. Após a calibração do aparelho, as leituras foram realizadas para as soluções preparadas para a obtenção da curva. A concentração de potássio nas amostras foi determinada utilizando-se a equação 4, (MATOS, 2004).

$$K_{\text{total}} (\text{mg L}^{-1}) = \frac{C \times V_{sd}}{m} \quad (4)$$

em que

C = concentração calculada com o uso da curva concentração real como função da concentração lida (mg L⁻¹);

V_{sd} = volume da solução gerada após a digestão nítrico-perclórica (50 mL);

m = massa da amostra (g)

As metodologias de determinação da condutividade elétrica e lixiviação de potássio nos grãos de café foram realizadas segundo adaptação da metodologia proposta por Prete (1992).

Três amostras de 50 grãos inteiros e sadios de cada parcela foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada e colocadas em ambiente com circulação de ar à 25 °C.

Depois do período de embebição de 24 horas, as soluções, sem os grãos de café, foram vertidas para outro recipiente, onde se realizou a leitura da condutividade elétrica em condutivímetro. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra.

Imediatamente após a leitura da condutividade elétrica, realizou-se a leitura do potássio lixiviado na solução em fotômetro de chama. Os resultados da quantidade de potássio lixiviado foram expressos em ppm g^{-1} .

Foi utilizado o método espectrofotométrico (Método oficial de análise da Association of Official Analytical Chemists – AOAC, 1990). Na fase de extração foram pesadas 10 g de amostra, adicionados 100 mL de metanol (álcool metílico) a 80% e colocado em chapa aquecedora, deixado em refluxo por 15 minutos, após o início da fervura. Posteriormente foi filtrado em papel de filtro (ou algodão), lavado com metanol 80% (± 10 mL) e colocado o filtrado para secar em chapa até atingir ± 5 mL. A amostra foi acondicionada em balão de 50 mL e completado o volume com água destilada.

Para a preparação da curva padrão foi adicionado, em tubos de ensaio, solução padrão de ácido tânico (foi dissolvido 100 mg de ácido tânico em 1 L de água destilada, preparada no dia) 0; 0,5; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2 mL, correspondendo as concentrações de 0; 5; 7; 8; 9, 10 e 12 mg L^{-1} , completando o volume para 8,5 mL de água destilada, 0,5 mL do reagente Folin-Denis e 1,0 mL de solução saturada de Na_2CO_3 , totalizando 10 mL (Quadro 1).

Quadro 1. Pontos da curva padrão

Concentração	Sol. padrão (mL)	H ₂ O dest. (mL)	Folen Denis (mL)	Car.de sódio (mL)
Branco	0,0	8,5	0,5	1,0
5 ppm	0,5	8,0	0,5	1,0
7 ppm	0,7	7,8	0,5	1,0
8 ppm	0,8	7,7	0,5	1,0
9 ppm	0,9	7,6	0,5	1,0
10 ppm	1,0	7,5	0,5	1,0
12 ppm	1,2	7,3	0,5	1,0

Para a dosagem dos compostos fenólicos foi colocado em tubo de ensaio: 8,5 mL de amostra; 0,5 mL de Folen Denis e 1,0 mL de carbonato de sódio. Depois de agitado em agitador mecânico e após por 30 minutos, foi realizada a leitura dos padrões (obtenção da curva-padrão com a absorbância em função de mg de ácido tânico por mL de amostra) e das amostras em U.V a 760 nm. O cálculo do teor de fenóis foi realizado utilizando-se a equação 5:

Compostos fenólicos (mg L^{-1} de ácido tânico) =

$$\frac{(C \times 10)}{V_{am}} \quad (5)$$

em que

C = concentração calculada com uso da curva concentração como função da absorbância (mg L^{-1});

V_{am} = volume de amostra (mL).

As análises de cor foram realizadas no Laboratório de Secagem e Pigmentos Naturais do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pertencente ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

A quantificação da cor dos grãos de café, inteiros e beneficiados, foi efetuada pela leitura direta de reflectância das coordenadas **L**, **a** e **b**, utilizando o espectrofotômetro de bancada, modelo ColorFlex 45/0, geometria 45/0, com área de leitura de 25 mm. Para cada repetição, de todos os tratamentos estudados, foi utilizada a média de três determinações.

Os resultados foram analisados de acordo com funções trigonométricas, sendo θ (ângulo de matiz) = $\tan^{-1} b/a$, e $\text{croma} = (a^2+b^2)^{1/2}$ (LITTLE, 1975).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer de 180 dias foram avaliadas as alterações dos grãos em função das diferentes condições de armazenamento, para as variáveis tipo e bebida, contaminações por microorganismos, peso de mil grãos, teor de água, cinzas, teor de proteína bruta, potássio total, condutividade elétrica, potássio lixiviado, compostos fenólicos e cor.

O café beneficiado, grão cru, foi classificado em tipo 5

em função do número de defeitos observados nas amostras das condições de armazenamento à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional. A bebida do café manteve-se entre mole e dura, destacando-se o ambiente refrigerado (15 °C) com melhor conservação da qualidade quando comparado aos demais tratamentos (Quadro 2).

O *Acremonium* sp. é um fungo endofítico, considerado de campo, detectado na fase inicial, tempo zero, em grãos de café cereja na condição em pergaminho (Figura 1); entretanto, sem o pergaminho não houve contaminação (Figura 2).

Quadro 2. Avaliação da bebida do café no decorrer de 180 dias de armazenamento nas condições à 15 °C, 25 °C e em armazém convencional

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	0	30	60	90	120	150	180
Armazém convencional	mole	mole	dura	dura	dura	dura	dura
25 °C	mole	mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	dura
15 °C	mole	mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	mole

O *Acremonium* sp. pode influenciar na produção ou inibição de metabólitos com função de defesa, conferindo ao vegetal vantagens como resistência à infestação por insetos

(AZEVEDO et al., 2000) e produção de antimicrobianos contra microorganismos fitopatogênicos (ARNOLD et al., 2003; SELOSSE et al., 2004; BANDARA et al., 2006).

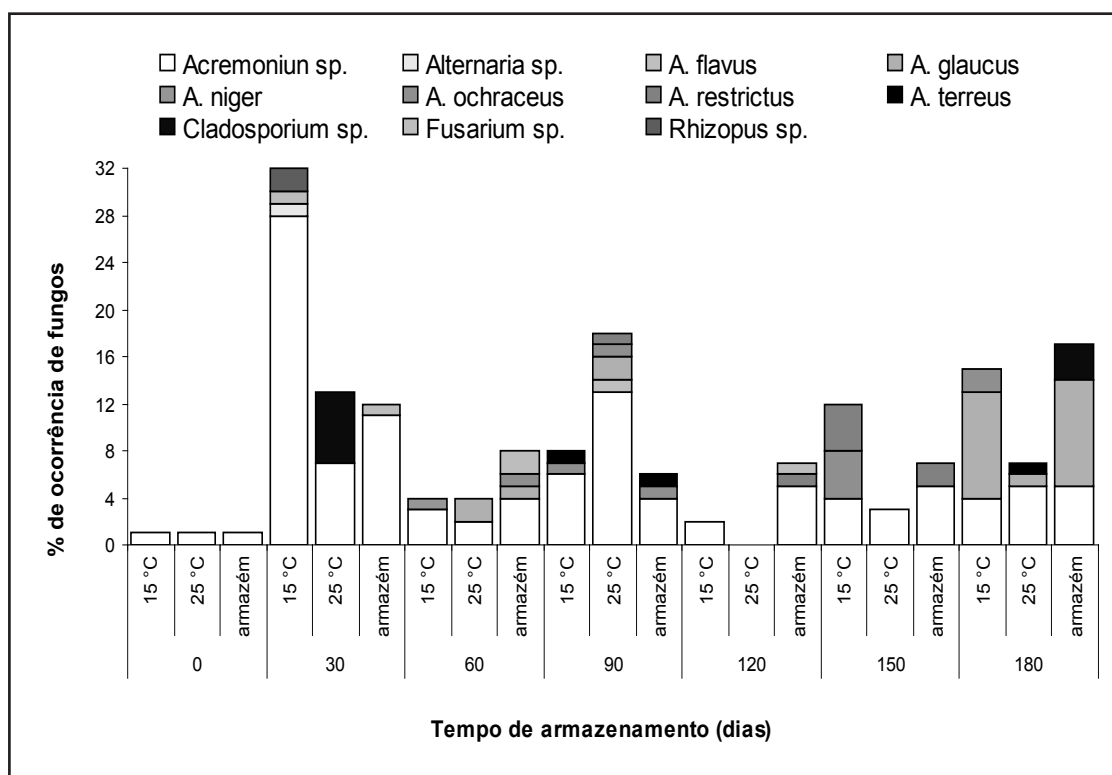


Figura 1. Representação gráfica dos valores médios percentuais da detecção e identificação de fungos, em grãos de café com pergaminho avaliados durante 180 dias de armazenamento nas condições de armazenamento à 15 °C, 25 °C e em armazém convencional.

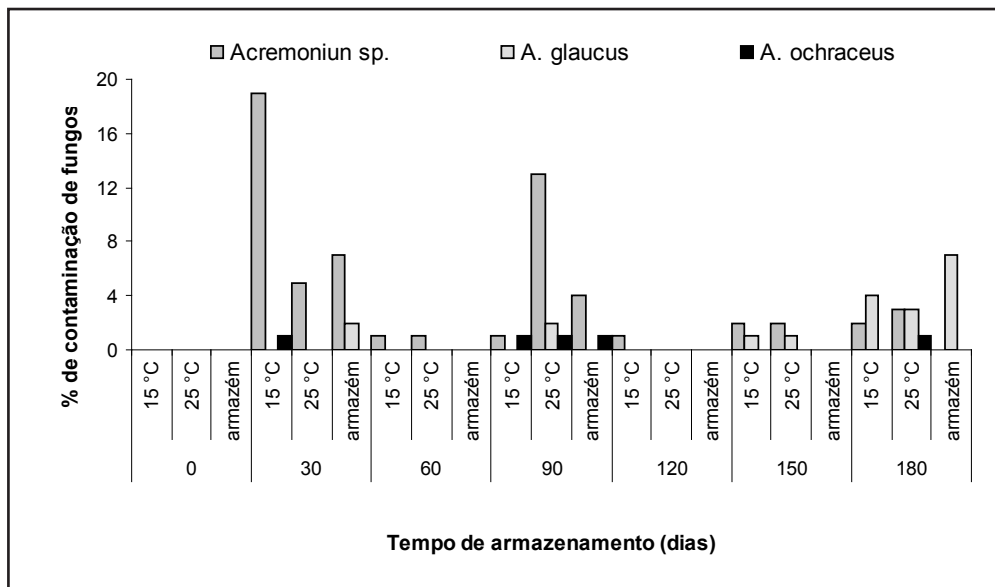


Figura 2. Representação gráfica dos valores médios percentuais da detecção e identificação de fungos, em grãos de café descascados avaliados durante 180 dias de armazenamento nas condições de armazenamento à 15 °C, 25 °C e em armazém convencional.

Os gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp. são os mais freqüentemente associados a micotoxinas que ocorrem naturalmente em grãos e sementes em níveis que tornam os alimentos impróprios para o consumo (APHA, 2001). A contaminação por *Aspergillus ochraceus* foi verificada aos 60, 90, 150 e 180 dias de armazenamento, para grãos de café cereja em pergaminho (Figura 1); aos 30, 90 e 180 dias para café cereja descascado (Figura 2); com percentuais de ocorrência abaixo do nível tolerado, por isso, insuficientes para causar prejuízo à qualidade dos grãos.

Utilizou-se o teste de Dunnett, ao nível de 5% de significância, para comparar as médias do teor de água

observadas durante o período de armazenamento, utilizando como testemunha a condição de armazém convencional. Observou-se que os grãos armazenados à 15 °C diferiram significativamente dos armazenados em armazém convencional. A diminuição do teor de água à 15 °C ocorreu em função das condições estáveis de umidade relativa de equilíbrio, em valor médio, de 55%, conforme resultados encontrados por Silva et al. (2008).

De acordo com o Quadro 3, a menor oscilação do teor de água foi para a condição de resfriamento (15 °C), indicando ser o mais adequado para a manutenção das características iniciais do café armazenado.

Quadro 3. Valores médios de teor de água (% b.u.) de grãos de café cereja descascado, armazenados em armazém convencional, à 25 e 15 °C por um período de 180 dias

Período de armazenamento	Condições de armazenamento		
	15 °C	25 °C	Armazém convencional
0	12,02	12,02	12,02
30	12,37	12,40	12,50
60	12,13*	12,77	12,80
90	11,73*	12,17*	12,50
120	11,50*	12,47*	12,67
150	11,53*	12,37*	12,60
180	11,87*	12,63	12,57

Valores com asterisco (*) diferem da testemunha (armazém convencional) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica, expressa em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, assim como a lixiviação de íons de potássio, ppm g^{-1} , na condição à 15 °C e à 25 °C foram significativamente diferentes da testemunha (armazém convencional), pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade (Quadros 4 e 5). Tal comportamento é consequência do baixo nível de deterioração dos grãos durante o período de armazenamento para a condição de resfriamento

(15 °C), enquanto que a 25 °C, aos 150 dias, a condutividade aumentou. Este aumento é indicativo de maior intensidade de degradação das paredes celulares.

Prete (1992) constatou que quanto menor o teor de água dos grãos de café, maiores foram os valores da condutividade elétrica obtidos; isso pode ser observado na condição de armazenamento à 15 °C, segundo os valores contidos nos Quadros 3 e 4.

STORAGE

Quadro 4. Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de grãos de café cereja descascado, armazenados em armazém convencional, à 25 e 15 °C por um período de 180 dias

Período de armazenamento	Condições de armazenamento		
	15 °C	25 °C	Armazém convencional
0	85,57	85,57	85,57
30	45,47	50,87	50,67
60	44,23*	57,96	77,07
90	68,07	69,73	61,60
120	80,80*	98,53	108,27
150	103,67*	198,67*	140,67
180	164,33*	181,33	178,00

Valores com asterisco (*) diferem da testemunha (armazém convencional) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

O teste de lixiviação de potássio tem sido utilizado como um indicador da integridade da membrana celular, mostrando ser um índice rápido de avaliação do vigor de sementes de algumas espécies (VANZOLINI e NAKAGAWA, 2003). Os valores médios em ppm g^{-1} de potássio lixiviado em

grãos de café cereja descascado, armazenados à 15 °C, foram significativamente menores quando comparado a condição de armazém convencional, indicando menor comprometimento do vigor e melhor manutenção da integridade da membrana celular (Quadro 5).

Quadro 5. Valores médios de potássio lixiviado (ppm g^{-1}) de grãos de café cereja descascado, armazenados em armazém convencional, à 25 e 15 °C por um período de 180 dias

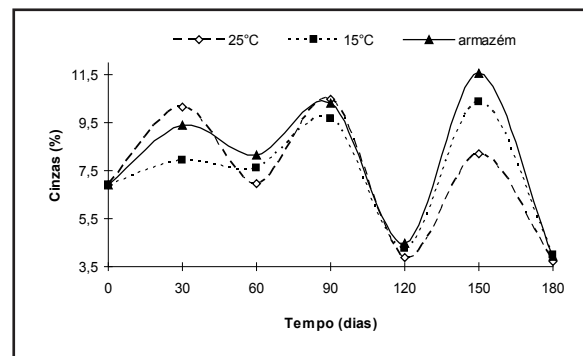
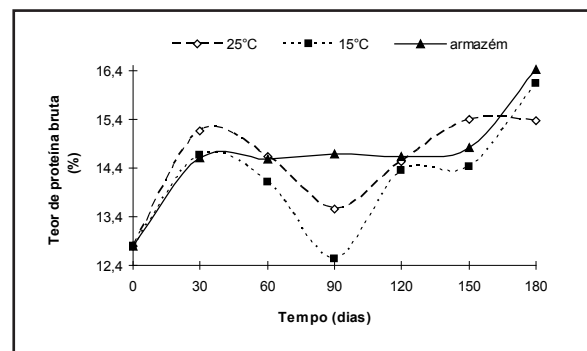
Período de armazenamento	Condições de armazenamento		
	15 °C	25 °C	Armazém convencional
0	53,33	53,33	53,33
30	52,37*	49,80*	56,17
60	24,40*	28,63*	36,43
90	38,40	43,33*	37,50
120	41,50*	58,90*	55,77
150	31,30*	47,73*	43,30
180	47,80*	80,00*	51,07

Valores com asterisco (*) diferem da testemunha (armazém convencional) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Por meio do teste de Dunnett observou-se não haver diferença significativa, ao nível de 5%, para grãos de café cereja descascado, para as médias das condições à 15 e 25 °C para as variáveis teor de cinzas, teor de proteína bruta, peso de mil grãos, potássio total e compostos fenólicos em relação às médias da condição armazém convencional. As Figuras 3 a 7 contêm o comportamento destas variáveis, no decorrer de 180 dias.

O teor de cinzas, de proteína bruta e o peso de mil grãos, à 25 °C e à 15 °C, resultaram em menores perdas quando comparada ao armazém convencional (Figuras 3 a 5).

O teor de cinzas diz respeito à maior preservação dos minerais e o teor de proteína à forma marcante quanto ao sabor do café, por meio dos produtos de sua decomposição nas reações de pirólise durante a torração (CARVALHO et al., 1997). Portanto, a condição de resfriamento mostrou-se um método eficiente para prolongar o período de conservação dos grãos de café e na preservação das características qualitativas iniciais.

**Figura 3.** Porcentual médio de cinzas em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias**Figura 4.** Porcentual médio do teor de proteína em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias

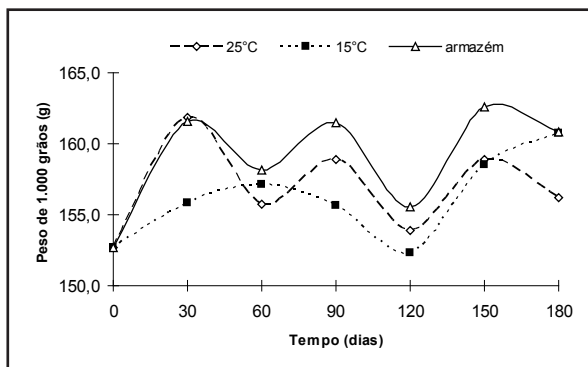


Figura 5. Porcentual médio do peso de mil grãos em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias

Observou-se menor perda de potássio total e compostos fenólicos no armazenamento resfriado à 15 °C, quando comparado a armazenagem a 25 °C e em armazém convencional (Figura 6 e 7).

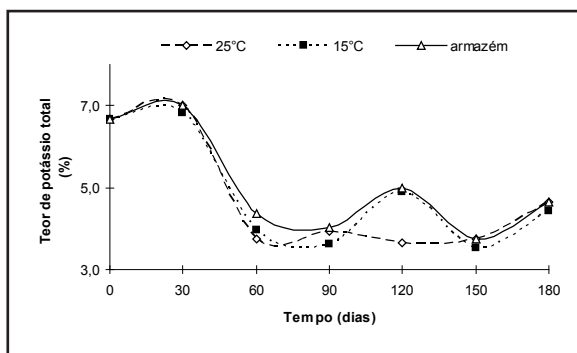


Figura 6. Valores médios percentuais de teor de potássio total em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias

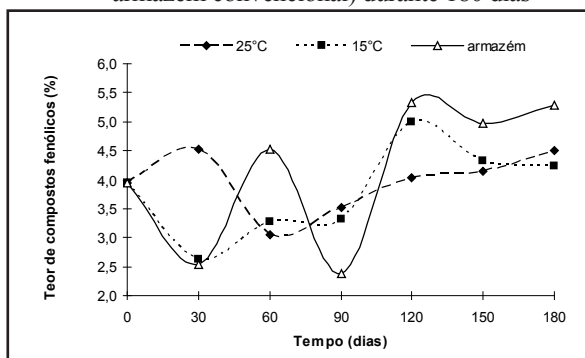


Figura 7. Valores médios percentuais de teor de compostos fenólicos em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias

Quadro 6. Valores médios de cromas de grãos de café cereja descascado, armazenados em armazém convencional, à 25 e 15 °C por um período de 180 dias

Período de armazenamento	Condições de armazenamento		
	15 °C	25 °C	Armazém convencional
0	10,13	10,50	9,92
30	9,97	9,66	10,73
60	9,96	10,77	10,43
90	9,97	9,49	9,34
120	9,74	11,03*	9,43
150	10,59	11,13	10,46
180	9,91	11,80*	10,03

Valores com asterisco (*) diferem da testemunha (armazém convencional) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

O teor de potássio total foi observado com o intuito de investigar quaisquer influências na qualidade da bebida do café, entretanto não houve correlação entre os tratamentos estudados.

Os compostos fenólicos contribuem de maneira altamente significativa para o sabor do café, sendo responsáveis pelo sabor adstringente. Na condição de resfriamento, à 15 °C, os grãos de café mantiveram-se próximos do valor quantificado no tempo zero, indicando haver menor oscilação na perda destes compostos durante o período de 180 dias de armazenamento em relação aos demais tratamentos (Figura 7).

A cor dos grãos de café, medida por meio do índice de saturação (croma), no armazenamento à 25 °C, diferiu da testemunha, significativamente, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade (Quadro 6). Este aumento apresentado nos valores do croma, consequentemente da saturação dos grãos, indicam a ocorrência de embranquecimento no período de 120 e 180 dias, respectivamente.

Em virtude dos tratamentos terem sido acondicionados em local protegido da luz, houve uma pequena variação na matiz dos grãos de café, mas não significativo quando aplicado o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, em relação ao armazém convencional. Este comportamento pode ser observado na Figura 8, no qual a variável matiz variou entre 1,39 e 1,45 nas condições de armazenamento à 15 °C, 25 °C e armazém convencional durante 180 dias. Como a matiz é a cor em si mesma, conseguida através da mistura entre as primárias (sem adição de cinzas, branco ou preto), os grãos de café cru mantiveram-se com características semelhantes durante 180 dias de armazenamento. A diferença nas leituras do matiz no tempo zero foi devido a heterogeneidade dos lotes analisados nas diferentes condições de armazenagem.

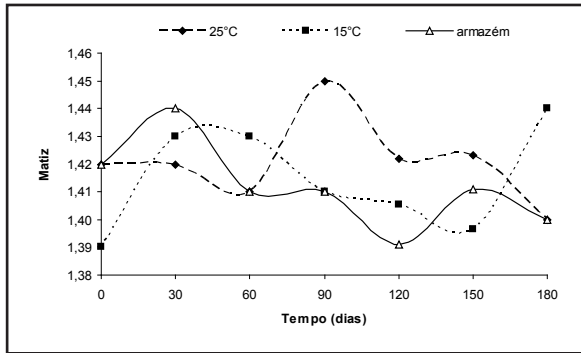


Figura 8. Valores médios percentuais de matiz (adimensional) em diferentes condições de armazenamento (à 15 °C, à 25 °C e em armazém convencional) durante 180 dias

CONCLUSÕES

□ Pode concluir que o método de resfriamento, utilizando-se temperatura de aproximadamente 15 °C é eficaz na preservação e conservação das características qualitativas iniciais de grãos de café cerejea descascado, comparado com as condições à 25 °C e à temperatura ambiente em armazém convencional.

□ O processo de resfriamento manteve a qualidade da bebida, diminuiu a incidência e desenvolvimento de microrganismos, manteve o teor inicial de água dos grãos por um período de 180 dias, além de contribuir para reduzir a perda de íons no que referiu à condutividade elétrica e à lixiviação de potássio.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de recursos para o desenvolvimento da pesquisa, Plantar Produtos Agrícolas e a Cooperativa Agropecuária Mista de Viçosa Ltda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. **Official methods of the association of official analytical chemists**. 15 d. Washington, 1990. 684p.

AmericanPublicHealthAssociation–APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.

ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.

Arnold, A.E.; Mejia, L.C.; Kylo, D.; Rojas, E.I.; Maynard, Z.; Robbins, N.; Herre, E.A. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v.100, p.15649-15654, 2003.

Azevedo, J.L.; Maccheroni Jr.; Pereira, J.O.; Araújo, W.L. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**. v.3, n.1, p.40-65, 2000.

Bandara, W.M.M.S.; Seneviratne, G; Kulasoorya, S.A. Interactions among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. **Journal of Biosciences**. v.31, n.5, p.645-650, 2006.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova a norma específica das características mínimas de qualidade para a classificação do café beneficiado. Instrução Normativa n. 8 de 11.06.2003, **Diário Oficial da União**. 13.06.03, Seção 1, p.4-6 11, Brasília, DF.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra para análise de sementes**. Brasília, D.F., 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.

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.

Devilla, I.A. **Simulação de deterioração e de distribuições de temperatura e teor de umidade em uma massa de grãos armazenados em silos com aeração**. Viçosa - MG: UFV, 2002. 97 p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

Dhingra, O.; Sinclair, J.B. **Basic Plant Pathology Methods** – Second edition, 434 p., CRC Press, 1996.

- Fields P. G. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v.28, p.89-118, 1992.
- Gong, Z.X.; Devahastin, S.; Mujumdar, A.S. A two-dimensional finite element model for kiln-drying of refractory concrete. **Drying Technology**, New York, v.13, n.3, p.585-605, 1995.
- Khankari, K.K.; Morey, R.V.; Patankar, S.V. Mathematical model for moisture diffusion in stored grain due to temperature gradients. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.37, n.5, p.1591-1604, 1994.
- Lacerda Filho, A.F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa - MG: UFV, 1986. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- Little, A.C. Off on a tangent. **Journal of Food Science**, v.40, p.410-411, 1975.
- Matos, A.T. Práticas de Manejo e Tratamento de resíduos agroindustriais. UFV: EAGRI/DEA. Série **Caderno Didático**, 32, 2004.
- Oliveira, F.A.; Khatchaturian, O.A.; Bihain, A. Estado térmico de produtos armazenados em silos com sistema de aeração: estudo teórico e experimental. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 27, n. 1, p. 247 – 258. 2007.
- Prete, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 125p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- Sauer, D.B. Storage of cereal grains and their products. St. Paul, **American Association of Cereal Chemists Inc.** 1992. 615p.
- Selosse, M.A.; Baudoin, E.; Vandenkoornhuysse, P. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. **Comptes Rendus Biologies**. v.327, n.7, p.639-648, 2004.
- Sharp J. R. A review of low temperature drying simulation models. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v.27, p.169-190. 1982.
- Silva, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- Silva, J.S.; Berbert, P.A.; Rufato, S.; Afonso, A.D.L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: Silva, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2008, 2 ed. p.88.
- Silva, J.S.; Lacerda Filho, A.F.; Devilla, I.A. Aeração de grãos armazenados. In: Silva, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p.261–277.
- Sun, D.W.; Byrne, C. Selection of EMC/ERH isotherm equations for rapeseed. **Journal Agricultural Engineering Research**, Silsoe, n.69, p.307-315, 1998.
- Sun, D.W.; Woods, J.L. Deep bed simulation of the cooling of stored grain with ambient air: A test bed for ventilation control strategies. **Journal of Stored Products Research**, London, v.33, p.299-312, 1997.
- Vanzolini, S.; Nakagawa, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. v.25, n.2, p.7-12, 2003.
- Wilkin D. R., Armitage D. M., Cogan P. M. and Thomas K. P. **Integrated Pest Control Strategy for Stored Grain**, HGCA Project Report n. 24. Home-Grown Cereals Authority, London. 1990.