

**EDIVAN MOREIRA ARÊDES**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE MATÉRIA SECA E DE QUALIDADE DO  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BENEFICIADO E ARMAZENADO EM  
IMPORTANTES MUNICÍPIOS PRODUTORES DA ZONA DA MATA MINEIRA  
E EM ALEGRE-ES**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2002

**EDIVAN MOREIRA ARÊDES**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE MATÉRIA SECA E DE QUALIDADE DO  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BENEFICIADO E ARMAZENADO EM  
IMPORTANTES MUNICÍPIOS PRODUTORES DA ZONA DA MATA MINEIRA  
E EM ALEGRE-ES**

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

APROVADA EM: 27 de fevereiro de 2002.

---

Prof. Paulo Roberto Cecon

---

Dr. Paulo Cesar Afonso Júnior

---

Prof. Paulo Cesar Corrêa  
(Conselheiro)

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Eliana L. R. de Queiroz  
(Conselheira)

---

Prof<sup>a</sup>. Lêda Rita D'Antonino Faroni  
(Orientadora)

“Há homens que lutam um dia e são bons.

Há outros que lutam um ano e são melhores.

Há os que lutam muitos anos e são melhores.

Há, porém, aqueles que lutam toda a vida. Estes são imprescindíveis.”

Bertholt Brecht

Aos que lutam incansavelmente por um mundo melhor,

dedico.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre me deu forças para não desanimar.

Aos meus pais e irmãs, que, mesmo longe, me deram apoio na difícil caminhada.

Aos grandes amigos Ana Paula, Rodolfo, Cláudio, Vanessa, Rafael e Consuelo, presentes nos momentos bons e transformadores dos momentos ruins.

Aos amigos José Leonardo, André, Fátima, Wederson, Silas, Ernandes, Flávio, Fabrício, Roberta e Marco Aurélio, pela amizade e ajuda.

Aos avós Wanda e Bubi, por tornarem melhores os dias longe de casa.

Aos tios Laudo e Climene, pelo exemplo de determinação.

Aos amigos Marcelo, Guto e sua esposa Ana Paula, pelo companheirismo durante todos esses anos.

À professora Lêda, pelo incentivo e pela amizade.

Aos professores Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz, Paulo César Corrêa e Paulo Cecon, que muito fizeram para que este trabalho fosse desenvolvido.

Ao Doutor Paulo César Afonso Júnior, por todo o conhecimento passado e a ajuda dispensada.

Às amigas Dilce, Kelly, Renata e Rosângela, pela ótima convivência e pelo apoio nos momentos difíceis.

À amiga Edina, presente em todos os momentos de burocracia, pela competência e pelo carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À Universidade Federal de Viçosa, cujas portas abriu para que eu chegasse até aqui.

## **BIOGRAFIA**

EDIVAN MOREIRA ARÊDES, filho de Ediná Moreira Arêdes e Ivam Lacerda de Arêdes, nasceu em Muriaé, Estado de Minas Gerais, no dia 15 de agosto de 1975.

Em março de 1995, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa e, em 1996, ingressou na atividade de Iniciação Científica em Fitopatologia (Virologia).

Em janeiro de 2000, graduou-se e, em fevereiro do mesmo ano, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na mesma Instituição, na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Vegetais, defendendo tese em 27 de fevereiro de 2002.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3.1. Obtenção dos dados climáticos .....	11
3.2. Determinação do teor de umidade .....	11
3.3. Avaliação da perda de matéria seca .....	11
3.3.1. Massa da matéria seca de mil grãos .....	12
3.4. Avaliação da qualidade .....	12
3.4.1. Classificação do café .....	12
3.4.2. Avaliação de cor .....	12
3.4.3. Teste de condutividade elétrica .....	13
3.4.4. Atividade enzimática da polifenoloxidase .....	14
3.5. Relação entre as perdas quantitativa e qualitativa do café .....	15
3.6. Análise estatística .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
4.1. Teor de umidade .....	16
4.2. Caracterização inicial dos lotes estudados .....	17
4.3. Perda quantitativa .....	18
4.4. Perda qualitativa .....	21
4.4.1. Classificação dos grãos .....	21
4.4.2. Cor .....	22
4.4.3. Condutividade elétrica .....	27
4.4.4. Atividade enzimática da polifenoloxidase .....	29
4.5. Relação entre as perdas quantitativa e qualitativa do café .....	32
5. CONCLUSÕES .....	34
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	35

## RESUMO

ARÊDES, Edivan Moreira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro, 2002. **Avaliação das perdas de matéria seca e de qualidade do café (*Coffea arabica* L.) beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES.** Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Conselheiros: Paulo Cesar Corrêa e Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz.

O armazenamento de café em condições inadequadas é considerado um dos principais fatores de perdas qualitativas e quantitativas. Por isso, muitos trabalhos que se destinam a avaliar a perda de qualidade e suas causas, nessa fase do processo produtivo, vêm sendo conduzidos. Esses trabalhos se justificam pelo fato de o preço do café ser baseado em parâmetros qualitativos, isto é, quanto melhor a qualidade do produto final, mais alto o seu valor comercial. No entanto, relatos sobre perda de matéria seca do café beneficiado durante o armazenamento e o seu efeito na qualidade não foram encontrados na literatura. Assim sendo, foram objetivos deste trabalho avaliar as perdas de matéria seca e de qualidade do café beneficiado, armazenado, por seis meses, em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES, e estabelecer uma possível relação entre as perdas. Para essa avaliação, utilizaram-se amostras provenientes das cidades de Alegre-ES, Caratinga-MG, Espera Feliz-MG, Realeza-MG e Viçosa-MG. As amostras foram coletadas a cada 30 dias. Para avaliação da perda de matéria seca, realizou-se a análise da massa de mil grãos. Para avaliação da qualidade do café beneficiado, as amostras foram classificadas quanto à bebida, pelo

teste de degustação (prova de xícara). Avaliaram-se, também, as variações da cor dos grãos pela colorimetria, o nível de deterioração celular pela condutividade elétrica da solução contendo os grãos e a variação da atividade enzimática da polifenoloxidase. De acordo com a análise dos dados e interpretação dos resultados, pôde-se concluir, sobre perda quantitativa, que houve perda de matéria seca apenas no café beneficiado e armazenado em Espera Feliz. Sobre perda qualitativa, concluiu-se que a perda da qualidade da bebida, de acordo com a prova de xícara, foi observada nos cafés armazenados em Caratinga e Realeza. Além disso, verificaram-se alterações na coloração em todos os cafés armazenados, de acordo com as coordenadas de Hunter (**L**, **a** e **b**). Constatou-se, também, que os cafés armazenados em Caratinga, Espera Feliz e Realeza apresentaram aumentos significativos nos valores de condutividade elétrica, durante o período de armazenamento avaliado, o que indica perda de qualidade. Ainda, a redução da atividade enzimática da polifenoloxidase, que também constitui um indicativo de perda qualitativa, foi verificada nos cafés armazenados em Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa. Sobre a relação entre as perdas quantitativa e qualitativa, só foi possível estabelecê-la para o café armazenado no município de Espera Feliz.



## ABSTRACT

ARÊDES, Edivan Moreira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2002. **Dry matter and quality evaluation of processed and stored coffee (*Coffea arabica* L.) in important producer districts of the Zona da Mata, Minas Gerais and in Alegre, Espírito Santo.** Advisor: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Committee members: Paulo Cesar Corrêa and Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz.

One of the main factors considered to be responsible for qualitative and quantitative loss in coffee are inadequate storage conditions. Numerous studies are therefore being dedicated to the evaluation of quality loss and its causes during this phase of the production process. These studies are justified by the fact that the coffee price is based on qualitative parameters; that is, the higher the quality of the end product, the higher its commercial value. Nevertheless, reports on dry matter loss of processed coffee during storage and its effect on quality have not been found in literature. The main goals of this study were therefore defined as the evaluation of processed coffee quality and dry matter loss during storage throughout six months in important producer districts of the Zona da Mata region, State of Minas Gerais and Alegre, State of Espírito Santo, as well as the investigation of a possible relationship between the losses. Samples from the townships Alegre - ES, Caratinga - MG, Espera Feliz - MG, Realeza - MG and Viçosa - MG, collected every 30 days, were used for the evaluation. For the evaluation of dry matter loss, the dry matter analysis of one thousand beans was carried out. For the quality evaluation of the processed coffee, samples were classified according to taste, by the degustation test (cup test). Moreover, bean color variations were evaluated by colorimetry, the cellular deterioration level by the electric lead capacity of the solution containing

the beans and the enzymatic activity variation of the polyphenoloxidase. According to the data analysis and result interpretation, the conclusion can be drawn that in relation to quantitative loss, dry matter loss occurred only in the processed and stored coffee in Espera Feliz. In relation to qualitative loss, taste quality loss was discovered, according to the cup test, in the coffee stored in Caratinga and Realeza. Besides, alterations in coloring were verified in all stored coffees, according to the coordinates of Hunter (**L**, **a** and **b**). The coffees stored in Caratinga, Espera Feliz and Realeza also presented significant increases of electric conductivity values during the evaluated storage period, which indicates quality loss. Furthermore, a reduction of the polyphenoloxidase enzymatic activity was found in the coffees stored in Caratinga, Espera Feliz, Realeza and Viçosa, which also represents an indicative for quality loss. An interrelation between quantitative and qualitative loss could only be established for the coffee stored in the district of Espera Feliz.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância do café na economia mundial é relatada desde o início do século XIX, quando esteve freqüente nas pautas de exportação/importação de grande número de países que o tinha como principal fonte de divisas (CAIXETA, 1999). O autor salienta ainda que o café é um produto mundial de exportação e representa, para 30% dos países produtores, mais da metade da arrecadação com exportações e, para o restante, cerca de 25%. A atividade cafeeira movimenta mundialmente cerca de 35 bilhões de dólares por ano e, embora distribuída em todos os continentes, tem os dois maiores produtores e exportadores situados na América do Sul: o Brasil, com 22,4% da produção e 23,1% da exportação mundial, e a Colômbia, com 11,4% da produção e 14% das exportações mundiais, em 1998.

O Brasil, além de maior produtor e exportador no mercado internacional, segundo dados do INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR (1999), é o segundo maior consumidor mundial de café. Ainda de acordo com esse Instituto, houve uma queda nas exportações brasileiras ao longo dos anos. Cita, como exemplo, que, em 1961, o Brasil era responsável por 36,8% da exportação mundial e, em 1998, por apenas 23,1%.

O Estado de Minas Gerais ocupa lugar de destaque na produção brasileira de café, tendo contribuído, em 1999, com 14,8 milhões de sacas de café beneficiado, em um total de 30 milhões, ou seja, 49,3% (CAFÉ..., 2000). No mesmo ano, o Estado do Espírito Santo aparece como segundo maior produtor, com 5,5 milhões de sacas (18,3%). As estimativas, de acordo com esse periódico, para as safras 2000 e 2001 são, respectivamente, 31,6 e 37,3

milhões de sacas, sendo 14,8 e 18,1 milhões advindas de Minas Gerais (46,8 e 48,5%) e 7,1 e 9,0 milhões do Espírito Santo (22,5 e 24,1%).

Para suprir as demandas durante a entressafra ou então para esperar que o produto adquira um melhor preço, grande parte dessa produção passa por um período de armazenamento. Embora alguns trabalhos (GIÚDICE et al., 1969; JORDÃO et al., 1970; JORDÃO et al., 1971) tenham sido realizados com o intuito de avaliar as vantagens do armazenamento do café a granel, no Brasil esse produto vem sendo armazenado em sacarias (sacos de juta). Esse sistema de armazenagem, que está intimamente relacionado com a preservação da qualidade final do produto, deve ser mantido e melhorado em função do grande número de armazéns já construídos e em funcionamento no País.

Entretanto, nesse sistema de armazenamento, o estágio de maturação na colheita, o tipo de pré-processamento (via seca e via úmida), a temperatura e a umidade relativa do ar, a iluminação do armazém e outras condições de armazenamento são fatores que afetam a qualidade do café durante esta etapa do processo produtivo (CARVALHO et al., 1997; GODINHO et al., 2000; COELHO et al., 2001; GODINHO et al., 2001). Se esses fatores não forem bem observados e manejados, o produto pode sofrer perdas quantitativas e qualitativas.

Sendo o café um dos poucos produtos agrícolas cujo preço é baseado em parâmetros qualitativos, variando significativamente o valor com a melhoria de sua qualidade (CORRÊA et al., 2000; GRANDI et al., 2000; LOPES et al., 2000b), o conhecimento das técnicas de produção com qualidade e de sua preservação no período pós-colheita é indispensável para a inserção ou permanência no exigente mercado da cafeicultura moderna. Assim, realizaram-se muitos trabalhos destinados a avaliar a perda de qualidade e suas causas no processo de armazenamento do café. Contudo, não foram encontrados na literatura relatos sobre as perdas quantitativas e o seu efeito na qualidade do café beneficiado no armazenamento, embora estudos que avaliam os efeitos da temperatura, da umidade relativa do ar, do teor de umidade do grão e dos danos mecânicos sobre essa perda no milho vêm sendo conduzidos desde a década de 60 (SAUL e STEELE, 1966; STEELE et al., 1969; NG et al., 1998; WILCKE et al., 1998).

Em face do exposto, desenvolveu-se este trabalho com os objetivos específicos de:

1. quantificar a perda de matéria seca em café beneficiado e armazenado, por um período de seis meses, em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES;
2. avaliar a qualidade desse café durante o armazenamento;
3. estabelecer uma possível interação entre as perdas de matéria seca e de qualidade do café beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Qualidade do café**

O armazenamento do café beneficiado em condições inadequadas é considerado um dos principais fatores determinantes de perdas qualitativas e quantitativas (COELHO et al., 2001). De acordo com WIEZEL (1981) e DAUSTER (1988), para a sobrevivência da cafeicultura nacional, o Brasil tem que seguir o caminho da qualidade. Segundo CHALFOUN e CARVALHO (1997), uma classificação como de pior tipo e de baixo padrão de qualidade da bebida promoverá redução no valor do produto final. Assim sendo, a produção de café com qualidade e sua manutenção no período de pós-colheita são indispensáveis.

Além da avaliação da cor dos grãos de café, que, segundo AMORIM et al. (1976), é a característica que mais chama a atenção na comercialização do produto, é realizada também uma classificação quanto ao tipo e à qualidade da bebida. Todavia, os procedimentos dessa classificação são de caráter subjetivo e, portanto, se faz necessário estabelecer uma relação entre os componentes físico-químicos e químicos do grão com o intuito de substituir o teste de degustação (prova de xícara) por testes mais objetivos. Nesse sentido, são propostos, entre outros, o teste de condutividade elétrica da solução em que os grãos ficam submersos, que indica o nível de deterioração celular, e a avaliação da atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO). Entretanto, a complexidade da avaliação da atividade enzimática da polifenoloxidase e a subjetividade da prova de xícara dificultam a avaliação da qualidade do café.

Nesse sentido, metodologias simples, objetivas e de fácil execução são altamente desejáveis no processo de avaliação de perda qualitativa. A perda de matéria seca durante o período de armazenamento pode constituir um parâmetro de qualidade desde que as perdas quantitativa e qualitativa mantenham entre si uma relação. Assim, pode ser a redução da massa de matéria seca de mil grãos um indicativo a mais para a avaliação da perda de qualidade.

### **2.1.1. Cor**

Os grãos de café armazenados ficam sujeitos ao fenômeno de descoloração ou branqueamento. O processo tem origem em diferentes pontos do grão e, posteriormente, se alastra por toda a superfície, reduzindo, consideravelmente, o valor comercial do produto (BACCHI, 1962). Ainda de acordo com esse autor, o branqueamento do café é mais acentuado em locais de armazenamento em que a umidade relativa do ar é superior a 80%.

De acordo com WILBAUX e HAHN (1966) e MENCHÚ (1967), o branqueamento do café tem início quando os grãos atingem o teor de umidade de 12%, sendo 11% o valor máximo de teor de água para se ter um armazenamento seguro (RIGITANO et al., 1964).

STIRLING (1975) afirmou que temperaturas entre 10 e 17 °C são eficientes na preservação da aparência dos grãos, além de manter a qualidade da bebida por um período superior a um ano de armazenamento. No entanto, Hara (1972), citado por LOPES et al. (2000a), estudando o efeito da luz sobre os grãos de café em função da temperatura e da umidade relativa do ar, observou que os grãos expostos à luz e armazenados à temperatura de 5 °C e umidade relativa de 61% foram os que apresentaram melhor aparência. AFONSO JÚNIOR (2001), ao estudar os aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento, também verificou que frutos e grãos de café armazenados em ambiente com temperatura controlada de 15 °C apresentaram melhor coloração, quando comparados com os armazenados em ambiente não controlado, independentemente da forma de preparo avaliada.

Analisando as alterações ocorridas na coloração e na composição química dos cafés em coco e beneficiado, GODINHO et al. (2000) observaram

que, dentre os fatores que afetam sua estabilidade e qualidade no armazenamento, está, além da temperatura, a umidade relativa do ar. Nesse sentido, VILELA et al. (2000) estudaram o efeito dessas variáveis no branqueamento de grãos de café beneficiado, combinando os níveis do fator temperatura (10, 20, 30 e 40 °C) com os do fator umidade relativa (52, 67, 75 e 85%). Esses autores verificaram que a perda de cor acentuou-se à medida que as condições de umidade relativa e temperatura do ar ambiente foram elevadas.

A descoloração dos grãos de café, além da depreciação pelo aspecto visual, pode levar à perda da qualidade da bebida (WOOTTON, 1970). MAZZAFERA et al. (1984) afirmaram ser este fenômeno um bom indicativo de que os processos oxidativos endógenos ocorreram ou estão ocorrendo em altas taxas, o que leva à queda de qualidade da bebida provocada por alterações dos constituintes que contribuem para o seu aroma e sabor. CARVALHO et al. (1994) e LEITE et al. (1998) também observaram essa relação entre a perda de cor e redução na qualidade de bebida.

### **2.1.2. Deterioração celular**

Trabalhos para avaliar a qualidade dos grãos de café baseados na degeneração das membranas celulares foram desenvolvidos por PRETE (1992). O autor verificou alto valor de condutividade elétrica, ou elevadas concentrações de determinados íons, principalmente o potássio, na solução em que os grãos de pior qualidade ficaram submersos, indicando alto nível de deterioração e rompimento da membrana celular desses grãos.

Em estudos posteriores, PEREIRA (1997) e GODINHO et al. (2000) verificaram a relação entre a deterioração celular e a lixiviação de íons, medida com auxílio do teste de condutividade elétrica, que tem como princípio avaliar o aumento da permeabilidade da membrana à medida que o grão deteriora, pela modificação da resistência elétrica da água em que os grãos ficam submersos devido à lixiviação de eletrólitos dos tecidos desses grãos. COELHO et al. (2001), avaliando a qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens, afirmaram que qualquer fator ambiental que altere a estrutura da membrana celular pode provocar uma



rápida deterioração do café. Observaram, ainda, que os teores de íons de potássio lixiviados aumentaram significativamente durante o armazenamento.

### 2.1.3. Atividade enzimática da polifenoloxidase

As primeiras correlações entre a qualidade do café e a atividade enzimática da polifenoloxidase foram feitas por AMORIM e SILVA (1968), os quais observaram maior atividade da enzima em extratos de cafés de melhor qualidade. De acordo com esses autores, explica-se o fato pela má compartimentalização da enzima em cafés de pior qualidade, o que promove seu contato com o substrato encontrado naturalmente no grão e uma alta atividade “in vivo”. Essa alta atividade leva ao acúmulo de quinonas, que inibem a atuação da enzima “in vivo” e, posteriormente, “in vitro”.

Trabalhos posteriores também demonstraram a relação entre alguns componentes químicos do grão beneficiado e a qualidade do café. Ficou então comprovado que esses componentes, que tendem a melhorar a qualidade do produto, proporcionam maior atividade enzimática da polifenoloxidase (ARCILA-PULGARIN e VALENCIA-ARISTIZÁBAL, 1975; OLIVEIRA et al., 1976).

CARVALHO et al. (1994), ao estudarem a relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café, também observaram que a atividade enzimática da polifenoloxidase é tanto maior quanto melhor a qualidade do produto. Nesse sentido, elaboraram uma classificação complementar à prova de xícara, que possibilita enquadrar os cafés nas diferentes classes de bebida segundo a atividade da enzima.

Quadro 1 - Atividade da polifenoloxidase (PPO) em cafés previamente classificados pela prova de xícara ( $\text{U min}^{-1} \text{g}^{-1}$ )

<b>Classificação pela prova de xícara</b>	<b>Atividade da PPO (Faixa de variação)</b>
Estritamente mole	67,66 - 74,66
Mole	64,16 - 67,66
Apenas mole	62,99 - 66,94
Dura	55,99 - 62,99
Riada	37,33 - 53,66
Rio	36,16 - 47,83

Embora haja concordância entre vários autores de que é possível a separação do café por classe de bebida com base na atividade da enzima polifenoloxidase, observa-se, de acordo com VITORINO et al. (2000), que há grandes variações na amplitude da atividade quando se consideram frutos em diferentes estágios de maturação.

## **2.2. Perda quantitativa**

Estudos que avaliam a perda de matéria seca em milho vêm sendo conduzidos desde a década de 60. SAUL e STEELE (1966) e STEELE et al. (1969) estudaram os efeitos do teor de umidade, temperatura e danos mecânicos na deterioração de grãos de milho, determinada pela produção de CO<sub>2</sub>. Nesses trabalhos, foi usado o modelo de combustão de carboidratos (carboidratos + oxigênio = água + CO<sub>2</sub> + energia) para calcular a perda de matéria seca. Posteriormente, THOMPSON (1972) desenvolveu um modelo de simulação, incluindo condições variáveis na expressão de STEELE (1969), obtida sob condições padronizadas de temperatura, teor de umidade e danos mecânicos. WILCKE et al. (1998) avaliaram o efeito de temperaturas variáveis na deterioração de grãos de milho e compararam a perda de matéria seca medida com aquela predita pela equação de THOMPSON (1972). Para tanto, trabalharam com grãos de milho com teores de umidade iguais a 18, 22 e 26%, variaram a temperatura entre 15 e 25 °C e verificaram que as perdas medidas e obtidas pela equação foram similares. NG et al. (1998) também realizaram um trabalho com o objetivo de relacionar, em milho, perda de matéria seca e níveis de danos mecânicos.

A perda de matéria seca em trigo armazenado foi estudada por White et al. (1982), citado por WHITE et al. (1982). Nesse estudo, a produção de CO<sub>2</sub> foi usada para calcular a perda de massa do trigo armazenado, assumindo que apenas ocorreu metabolismo de carboidrato e que todas as reações foram aeróbicas.

Contudo, não foram encontrados na literatura relatos sobre a perda de matéria seca e o seu efeito na qualidade do café beneficiado no armazenamento.

### **2.3. Relação entre as perdas de matéria seca e de qualidade**

A perda de matéria seca pode estar associada à perda qualitativa. Em milho, GUPTA et al. (1998) estudaram as relações entre a perda de matéria seca e de qualidade dos grãos em diferentes teores de umidade e de danos mecânicos, tendo em vista a determinação do índice máximo de perda de matéria seca dos grãos de milho que ainda permitisse a obtenção de um produto de qualidade aceitável. Para tanto, os grãos permaneceram armazenados até que a perda de matéria seca atingisse os níveis desejados (0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1%). Os autores verificaram que milho com 18% de umidade pode apresentar perda de matéria seca superior a 1%, em casos de grãos isentos de danos mecânicos, e ainda ser considerado de qualidade aceitável. Admitindo o mesmo nível de dano mecânico, se o teor de umidade é elevado para 22%, a perda de matéria seca não pode ser maior que 0,25% para se ter um produto final dentro do padrão de qualidade exigido pelo mercado. Dois anos mais tarde, PIMENTA et al. (2000), avaliando o peso, a acidez, os sólidos solúveis, os açúcares e os compostos fenólicos de cafés colhidos em diferentes estádios de maturação, levantaram a hipótese de que os polissacarídeos presentes nos grãos de café, advindos da degradação do amido, podem ser metabolizados e produzir o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esses autores sugeriram que tal fato levaria à perda de peso no armazenamento e à produção de alguns ácidos prejudiciais à qualidade do produto. Enfim, a ausência de estudos sobre as perdas de matéria seca do café beneficiado e o seu efeito na qualidade é que motivaram a realização deste trabalho.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pré-Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas, do Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), e no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química, todos localizados no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizadas amostras de café beneficiado provenientes da Cooperativa Agrícola dos Pequenos Produtores do Vale do Paraíso LTDA. (COAVAP), de Alegre-ES; da Cooperativa Agrícola dos Pequenos Produtores do Vale do Paraíso LTDA. (COAVAP), de Espera Feliz; da INCOFEX Armazéns Gerais LTDA., de Viçosa; dos Armazéns Gerais Caratinga LTDA., de Caratinga; e da propriedade rural do sr. José Fialho, de Realeza. Em cada unidade experimental (armazém), selecionou-se um lote de 20 sacas de café da safra 2001, que, depois de identificado, permaneceu armazenado pelo período de seis meses. Os lotes foram armazenados no período de junho a dezembro, exceto o de Viçosa, que foi no período de julho a janeiro de 2002, tendo em vista o atraso na colheita do café. Para obtenção das amostras, todos os sacos de café foram amostrados, conforme recomendação da ISO 4.072 (1982), logo após a identificação do lote e a cada 30 dias, até 180 dias de armazenamento. As amostras recolhidas eram homogeneizadas e, após divisões sucessivas, obtinham-se três subamostras de 1 kg. Para efeito de análise estatística, consideraram-se três determinações.

### 3.1. Obtenção dos dados climáticos

As condições diárias de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de armazenamento foram obtidas em estações meteorológicas localizadas nos municípios onde se desenvolveu o trabalho. No caso de Espera Feliz e Realeza, onde não existem estações meteorológicas, os dados climáticos foram obtidos na estação de Caparaó, localizada entre os dois municípios. Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa foram calculados utilizando-se as equações 1 e 2, respectivamente:

$$T_{MD} = \frac{(T_{12} + 2 \times T_{24} + T_{\max} + T_{\min})}{5} \quad (1)$$

$$UR_{MD} = \frac{(UR_{12} + UR_{18} + 2 \times UR_{24})}{4} \quad (2)$$

em que  $T_{MD}$  = temperatura média diária;

$T_{12}$  e  $T_{24}$  = temperatura do ar às 12 e às 24h, respectivamente;

$T_{\max}$  e  $T_{\min}$  = temperatura máxima e mínima do ar, respectivamente;

$UR_{MD}$  = umidade relativa média diária;

$UR_{12}$ ,  $UR_{18}$  e  $UR_{24}$  = umidade relativa do ar às 12, 18 e 24h, respectivamente.

Os valores médios mensais de temperatura e umidade relativa foram calculados utilizando-se a média aritmética dos valores médios diários de cada período de 30 dias.

### 3.2. Determinação do teor de umidade (% base úmida)

Utilizou-se o método padrão de estufa, conforme as recomendações das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

### 3.3. Avaliação da perda de matéria seca

Para quantificar a perda de matéria seca do café beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES, utilizou-se a avaliação da massa de matéria seca de mil grãos.

### 3.3.1. Massa da matéria seca de mil grãos

Para avaliação dessa massa utilizou-se metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992). A porcentagem de perda de matéria seca foi calculada pela equação 3:

$$PMS = \frac{m_{(i)} - m_{(t)}}{m_{(i)}} 100 \quad (3)$$

em que PMS = Porcentagem de perda de matéria seca;

$m_{(i)}$  = massa de matéria seca de mil grãos da amostra inicial;

$m_{(t)}$  = massa de matéria seca de mil grãos da amostra no tempo t.

### 3.4. Avaliação da qualidade

Para avaliação da qualidade do café beneficiado, as subamostras foram classificadas quanto à bebida, pelo teste de degustação (prova de xícara), e quanto ao tipo. Avaliaram-se, também, a variação de cor dos grãos, pela colorimetria, o nível de deterioração celular, pela condutividade elétrica da solução de embebição dos grãos, e a variação da atividade enzimática da polifenoloxidase.

#### 3.4.1. Classificação do café

Os grãos de café foram classificados quanto ao tipo e quanto à bebida (prova de xícara) no Laboratório de Classificação e Degustação da INCOFEX Armazéns Gerais LTDA., em Viçosa, pelo técnico da Delegacia Federal de Agricultura em Minas Gerais/DFA-MG, José Leonardo da Silva Araújo, classificador e degustador oficialmente habilitado no Ministério da Agricultura.

#### 3.4.2. Avaliação de cor

A quantificação da cor dos grãos de café foi efetuada com o auxílio do colorímetro tristímulo Mini Scan<sup>TM</sup> XE Plus. Os valores de cor usados neste aparelho são relativos aos valores absolutos de uma perfeita reflexão difusa, medida em algumas condições geométricas, recomendadas pela Commission Internationale d'Éclairage (C.I.E). Os testes foram realizados em três repetições

com cada subamostra de grãos inteiros e limpos, obtendo-se, então, os valores das coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema Hunter para avaliação da cor (Figura 1).

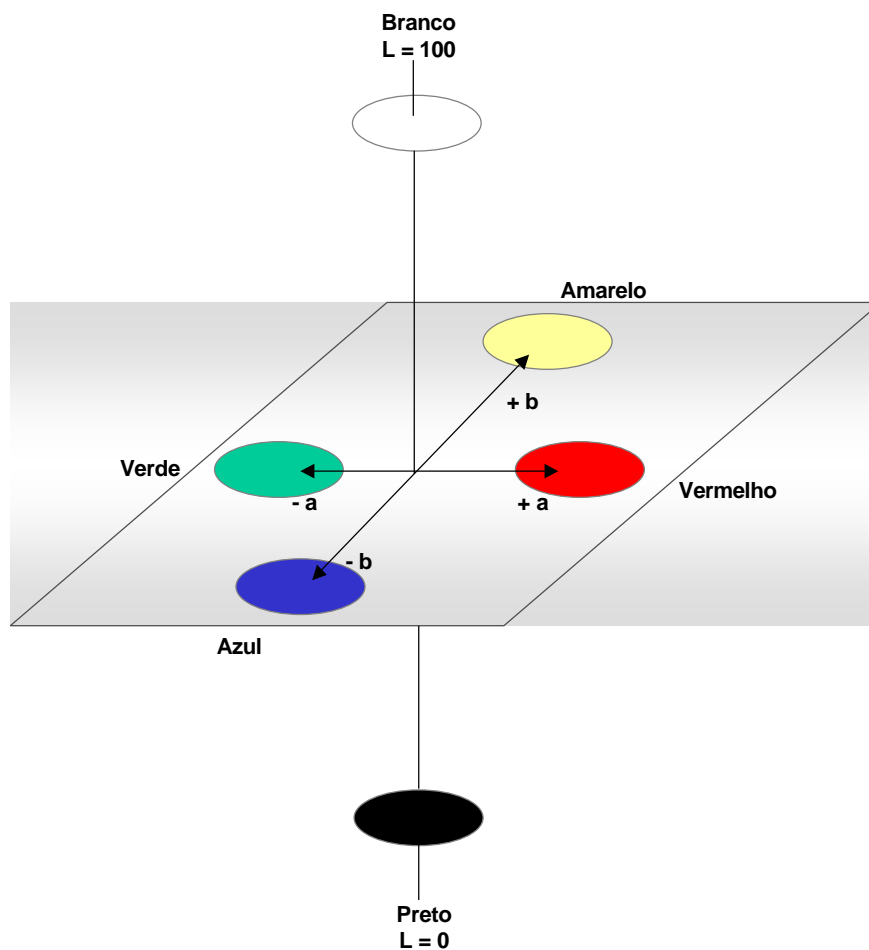


Figura 1 - Sistema de Coordenadas de Hunter (L, a, b).

### 3.4.3. Teste de condutividade elétrica

A condutividade elétrica da solução contendo os grãos de café foi medida utilizando-se o “Sistema de copo” ou “Condutividade de massa” (VIEIRA, 1994). Os testes foram realizados em quatro repetições de 50 grãos, com todas as subamostras. Os grãos foram pesados em uma balança com precisão de 0,01 g e colocados em copos plásticos de 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Em seguida, os copos foram colocados em um germinador à temperatura de 25 °C, por um período de 24 horas. Imediatamente após este período, os copos foram retirados do germinador para a realização das medições da condutividade elétrica da solução contendo os grãos. As leituras foram feitas em um medidor de condutividade elétrica da marca Digimed, modelo CD-21, com ajuste para compensação da temperatura

e eletrodo com constante da célula de  $1,09 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com solução-padrão de cloreto de sódio, de condutividade elétrica conhecida, à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . O valor de condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) fornecido pelo aparelho foi então dividido pela massa (g) dos 50 grãos, obtendo-se o valor de condutividade elétrica expresso, com base na massa da amostra, em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

#### **3.4.4. Atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO)**

Com o objetivo de obter maior rendimento das análises, foi feita uma adaptação do processo de extração descrito por DRAETTA e LIMA (1976). As amostras de café beneficiado foram moídas em um moinho da marca Pulverisette, modelo 14. Em seguida, pesou-se 1 g da amostra moída, ao qual adicionaram-se 4,0 mL de solução tampão de fosfato de potássio  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , em pH 6,0. Este material foi agitado durante 15 minutos à temperatura de, aproximadamente,  $5^{\circ}\text{C}$  e, em seguida, centrifugado a  $9500 \times g$  (4000 rpm), por 15 minutos. Posteriormente, o sobrenadante obtido na centrifugação foi passado por um filtro de papel Whatman nº 1. Depois da obtenção do extrato enzimático, retirou-se uma amostra de 50  $\mu\text{L}$  e adicionaram-se 1,20 mL de solução tampão fosfato de sódio 0,1 M, pH 6,0 e 0,8 mL de solução com o substrato L-DOPA (L-3,4 dihidroxifenilalanina). A solução controle foi composta apenas pelo extrato (50  $\mu\text{L}$ ) e pela solução tampão (2,0 mL). As leituras de absorvância foram realizadas a cada minuto, por um período de 15 minutos, em um espectrofotômetro da marca HITACHI, modelo U1100, ajustado ao comprimento de onda de 475 nm. Os resultados foram obtidos calculando-se a diferença entre as leituras de absorvância da amostra e do controle. Com cada amostra analisada, foram feitas três repetições. A amostra obtida com o tampão e o L-DOPA constituiu o branco, usado com o intuito de eliminar o efeito dos dois componentes no processo de absorvância.

#### **3.5. Relação entre as perdas quantitativa e qualitativa do café**

Utilizaram-se correlações de Pearson entre a massa de matéria seca de mil grãos (parâmetro quantitativo) e as coordenadas **L**, **a** e **b** de Hunter, e condutividade elétrica e atividade enzimática da polifenoloxidase (parâmetros



qualitativos) para estabelecer uma relação entre as perdas de matéria seca e de qualidade do café ao longo do período de armazenamento.

### **3.6. Análise estatística**

A perda de matéria seca e dos parâmetros de qualidade do café, em função do período de armazenamento, foi avaliada por meio de análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste de “t” a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar as perdas de matéria seca e de qualidade do café beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES. Os resultados da avaliação dessas perdas, bem como os teores de umidade dos grãos e as condições médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar no período de armazenamento, são apresentados a seguir.

### 4.1. Teor de umidade (% b.u.)

Apresentam-se no Quadro 2 os valores médios dos teores de umidade dos cafés ao longo do armazenamento.

Quadro 2 - Valores médios de teor de umidade (% b.u.) de cafés armazenados em Alegre (ES), Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa (MG)

Município	Período de armazenamento (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
<b>Alegre-ES</b>	11,1	11,2	11,2	11,2	11,5	12,4	11,6
<b>Caratinga</b>	10,7	11,1	10,9	11,1	11,4	12,3	12,0
<b>Espera Feliz</b>	11,8	12,2	12,0	12,1	12,6	13,2	12,5
<b>Realeza</b>	11,8	12,6	12,3	12,5	13,0	13,4	13,2
<b>Viçosa</b>	11,5	11,8	11,7	12,0	12,2	11,9	12,1

Verifica-se, pelos resultados apresentados, que ocorreu acréscimo de umidade ao longo do período de armazenamento. A razão principal desse acréscimo é o fato de os grãos terem atingido o teor de umidade de equilíbrio

com o ambiente. A temperatura média e a umidade relativa média no mesmo período tenderam a um aumento em todos os municípios onde o café foi armazenado (Quadro 3). É importante ressaltar que os teores de umidade encontram-se dentro da faixa adequada para armazenagem segura, isto é, entre 11 e 13%, aproximadamente (VILELA, 1997).

Quadro 3 - Valores médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar, no período de armazenamento avaliado

Período de Tempo	Alegre-ES		Caratinga		Caparaó		Viçosa	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
0 – 30	21,3	70	18,5	75	15,6	79	17,8	74
30 – 60	21,4	67	19,9	66	16,3	78	19,4	75
60 – 90	22,9	69	21,0	69	18,4	74	19,4	77
90 – 120	22,7	77	21,2	72	19,0	79	21,4	77
120 – 150	24,2	79	23,2	74	21,1	78	22,3	77
150 – 180	25,6	76	22,9	76	21,8	78	23,1	84

#### 4.2. Caracterização inicial dos lotes estudados

No Quadro 4 são apresentados os valores médios da massa de matéria seca de mil grãos e dos parâmetros de qualidade dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa no início do período de armazenamento.

Quadro 4 - Valores médios dos parâmetros de qualidade dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa no início do período de armazenamento

Parâmetros qualitativos	Município				
	Realeza	Caratinga	Alegre-ES	Viçosa	Espera Feliz
Prova de xícara	Mole	Ap. mole	Dura	Dura	Riada
L	38,3	37,5	40,3	35,8	35,0
A	1,5	1,9	1,5	2,0	1,8
B	10,5	11,3	12,0	10,6	10,5
Condutividade elétrica	198,5	138,3	316,9	205,0	230,4
Atividade da ppo ( $\times 10^{-7}$ )	6,2	7,8	3,1	3,8	6,7

Ap.: Apenas.

A cor dos grãos, que, segundo AMORIM et al. (1976), é a característica que mais chama a atenção na comercialização do produto, não constituiu um

bom indicativo para predizer quais eram, inicialmente, os melhores e os piores cafés. Notou-se que os cafés armazenados em Alegre-ES, Espera Feliz e Viçosa deveriam apresentar valores das coordenadas de Hunter (L, a e B) mais elevados uma vez que, desta forma, seriam mais claros e estariam mais distantes das cores verde e azul desejáveis aos bons cafés (GODINHO et al., 2001). No entanto, verificaram-se, à exceção do café armazenado em Alegre-ES, valores absolutos mais baixos quando comparados com os cafés de melhor qualidade (Realeza e Caratinga).

Observou-se que os cafés armazenados em Caratinga e Realeza apresentaram, inicialmente, qualidade de bebida superior, de acordo com o teste de degustação (prova de xícara). Verificou-se também que estes cafés apresentaram, no mesmo instante, valores de condutividade elétrica mais baixos que os cafés armazenados nos outros municípios em estudo, indicando menor nível de deterioração e, conseqüentemente, melhor qualidade (PRETE, 1992). Pôde-se constatar, ainda, que estes cafés apresentaram valores de atividade enzimática da polifenoloxidase mais altos, o que, de acordo com AMORIM e SILVA (1968) e CARVALHO et al. (1994), observa-se em cafés de melhor qualidade. Os cafés armazenados em Alegre-ES e em Viçosa contribuem para validar a afirmação desses autores, uma vez que apresentaram, em relação aos melhores cafés, valores de condutividade elétrica mais elevados e valores de atividade enzimática da polifenoloxidase inferiores.

No caso do café armazenado em Espera Feliz, apesar de ser de pior qualidade quanto à bebida, de acordo com a prova de xícara, não se verificaram baixos valores de atividade enzimática da polifenoloxidase, como se esperava. Entretanto, o nível de deterioração celular apresentado por este café, de acordo com o teste de condutividade elétrica, é maior que o nível de deterioração de todos os outros cafés armazenados, à exceção do café de Alegre-ES.

### **4.3. Perda quantitativa**

No Quadro 5 são apresentadas as equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação, que relacionam o período de

armazenamento e a massa de matéria seca de mil grãos dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa.

Quadro 5 - Equações de regressão ajustadas para massa de matéria seca de mil grãos dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa em função do período de armazenamento, e respectivos coeficientes de determinação

Município	Equações ajustadas	r <sup>2</sup>
<b>Alegre</b>	y = 126,42	
<b>Caratinga</b>	y = 109,98	
<b>Espera Feliz</b>	y = 120,569 - 0,023373*X	0,62
<b>Realeza</b>	y = 114,93	
<b>Viçosa</b>	y = 110,93	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O efeito do período de armazenamento sobre a perda de matéria seca do café beneficiado armazenado em Alegre-ES e nos municípios da Zona da Mata mineira é mostrado na Figura 2. Observa-se que ocorreu perda significativa de matéria seca apenas no café armazenado em Espera Feliz, o qual apresentou, ao final do período de armazenamento, uma perda de 4,1%.

Embora não haja estudos que revelem o máximo de matéria seca que o café beneficiado pode apresentar e ainda manter sua qualidade aceitável, sabe-se que, de acordo com SAUL e STEELE (1966) e STEELE et al. (1969), o milho pode ter sua classificação alterada de U.S. nº 2 para U.S. nº 3 (classificação americana) caso apresente perda de matéria seca igual a 0,5%. Supõe-se que o maior nível de deterioração desse café, confirmado pela má qualidade inicial da bebida na prova de xícara e pelo alto valor inicial da condutividade elétrica (Quadro 4), tenha contribuído para o aumento da taxa respiratória e, conseqüentemente, para a perda quantitativa. Além disso, junto à coleta mensal das amostras e dentro do próprio armazém, transportava-se todo o lote armazenado para efetuar pesagem e coletar as amostras. Sugere-se que o fato também tenha contribuído para a ocorrência da perda.

De acordo com THOMPSON (1972) o histórico da cultura, a umidade de colheita, os danos mecânicos devido à colheita, a temperatura e a umidade inicial dos grãos e, principalmente, as condições climáticas podem influenciar a taxa respiratória e, conseqüentemente, a perda de matéria seca desses grãos no armazenamento.

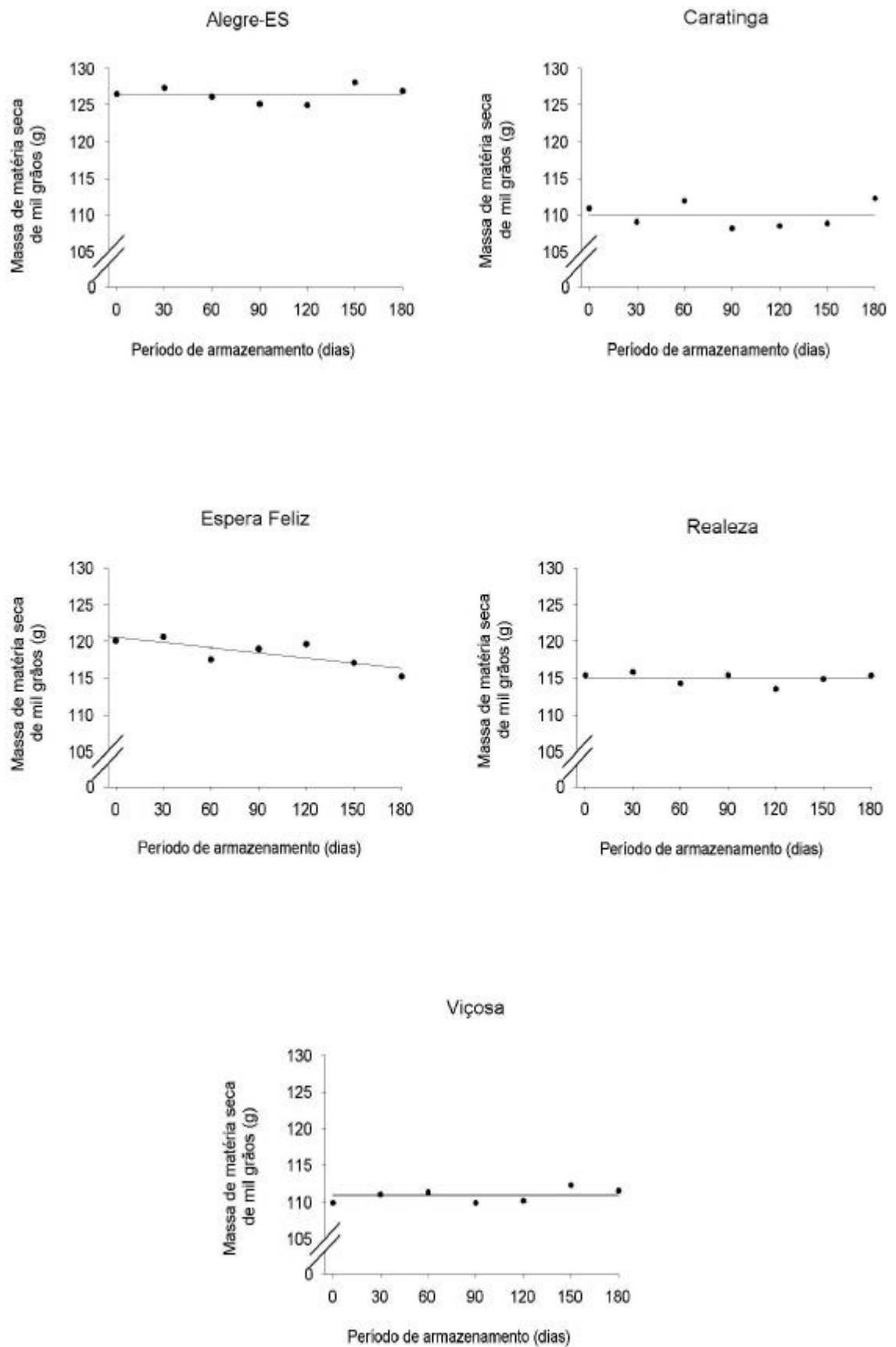


Figura 2 - Massa de matéria seca de mil grãos dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

#### 4.4. Perda qualitativa

A perda de qualidade do café beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata mineira e em Alegre-ES foi avaliada pela classificação do produto quanto à bebida, pela alteração na coloração do grão, pelo aumento da condutividade elétrica da solução em que os grãos ficaram submersos e pela redução da atividade enzimática da polifenoloxidase.

##### 4.4.1. Classificação dos grãos

No Quadro 6 é apresentada a classificação dos grãos dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa quanto à bebida, o que indica perda de qualidade apenas nos cafés de Caratinga e Realeza. É válido destacar que o café armazenado em Realeza apresentava, inicialmente, bebida mole e, ao final do período avaliado (seis meses), bebida dura, demonstrando perda de qualidade mais acentuada. Uma possível explicação para esta perda de qualidade é que pode estar associada a uma maior adsorção de água pelos grãos de café armazenados nesse município, conforme apresentado no Quadro 2, pois, segundo GODINHO et al. (2000), teores de umidade mais elevados promovem perda de qualidade da bebida. Uma classificação em pior tipo e, principalmente, baixo padrão de qualidade de bebida, de acordo com CHALFOUN et al. (1997), promoverá uma redução no valor do produto final. Em contrapartida, o café armazenado em Espera Feliz apresentou, a partir do 5<sup>o</sup> mês de armazenamento, uma melhoria na qualidade da bebida, passando de Rio para Riada. Uma possível explicação para este fato é que a presença de grãos verdes pode mascarar o teste de degustação.

Quadro 6 - Classificação da bebida (prova de xícara) dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa

Município	Período de armazenamento						
	0	30	60	90	120	150	180
<b>Alegre</b>	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura
<b>Caratinga</b>	Ap. mole	Ap. mole	Ap. mole	Ap. mole	Ap. mole	Ap. mole	Dura
<b>Espera Feliz</b>	Riada	Rio	Rio	Rio	Rio	Riada	Riada
<b>Realeza</b>	Mole	Mole	Mole	Mole	Mole	Ap. mole	Dura
<b>Viçosa</b>	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura

Ap.: Apenas.

#### 4.4.2. Cor

No Quadro 7 são apresentadas as equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação que relacionam o período de armazenamento e as coordenadas **L**, **a** e **b** do sistema de Hunter dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa.

Quadro 7- Equações de regressão ajustadas para as coordenadas de Hunter (**L**, **a**, **b**) dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento, e respectivos coeficientes de determinação

Município	Coordenadas de Hunter	Equações ajustadas	r <sup>2</sup>
Alegre	L	$y = 39,854 + 0,0228916 * X$	0,84
Caratinga	L	$Y = 37,68$	
Espera Feliz	L	$y = 35,1908 + 0,00717064 * X$	0,85
Realeza	L	$y = 38,0192 + 0,0112209 * X$	0,79
Viçosa	L	$y = 35,6272 + 0,0101495 * X$	0,72
Alegre	a	$y = 1,55433 + 0,00205423 * X$	0,95
Caratinga	a	$y = 1,89472 + 0,00150661 * X$	0,94
Espera Feliz	a	$y = 1,79258 + 0,00211243 * X$	0,77
Realeza	a	$y = 1,59$	
Viçosa	a	$y = 1,94512 + 0,00284259 * X$	0,95
Alegre	b	$y = 11,8601 + 0,00589683 * X$	0,76
Caratinga	b	$Y = 11,46$	
Espera Feliz	b	$Y = 10,88$	
Realeza	b	$y = 10,399 + 0,00432011 * X$	0,91
Viçosa	b	$y = 10,6775 + 0,00419577 * X$	0,71

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Apresentam-se, nas Figuras 3, 4 e 5, os resultados da avaliação da cor dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa. Observa-se, na Figura 3, que, à exceção do café armazenado em Caratinga, houve uma tendência ao clareamento dos grãos de acordo com o aumento da coordenada **L**. Da mesma forma, na Figura 4, constata-se alteração na coloração dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz e Viçosa, baseando-se no aumento da coordenada **a** de Hunter, que indica perda da cor verde. Já na Figura 5 verifica-se mudança na coloração dos cafés armazenados em Alegre-ES, Realeza e Viçosa, devida à perda da



cor azul e, conseqüentemente, tendência à cor amarela (> **b**). Do exposto, pode-se inferir que os cafés armazenados em Alegre-ES e em Viçosa foram os que apresentaram, em relação às suas características iniciais, alteração mais acentuada na coloração, uma vez que todas as coordenadas aumentaram significativamente ao longo do período de armazenamento. A perda de cor observada nos cafés armazenados em Espera Feliz e Realeza foi menos acentuada que nos cafés armazenados em Alegre-ES e em Viçosa, pois apenas perderam a cor verde (coordenada **a**) e a cor azul (coordenada **b**), respectivamente, e tenderam ao clareamento de acordo com o aumento da coordenada de luminosidade dos grãos. Possíveis explicações para a ocorrência da perda de coloração podem estar relacionadas com as condições de pré-processamento e de armazenamento às quais os cafés foram submetidos, pois, segundo CARVALHO et al. (1997) e GODINHO et al. (2001), são fatores que afetam a qualidade final do produto.

O café armazenado em Caratinga (Figuras 3, 4 e 5) foi o que apresentou mudança menos acentuada na coloração, uma vez que não apresentou alterações em duas das três coordenadas analisadas (**L** e **b**). Vale ressaltar que o café armazenado nesse município permaneceu, durante todo o período de armazenamento, coberto por uma lona plástica translúcida, o que pode ter minimizado a exposição do lote às variações climáticas no local. A menor exposição do lote pode ter contribuído para a perda menos acentuada de cor, pois, segundo GODINHO et al. (2000), temperatura e umidade relativa do ar são fatores que afetam a coloração dos grãos de café.

De modo geral, observaram-se alterações na coloração de todos os cafés analisados (Figuras 3, 4 e 5). Vale destacar que, em todos os locais de armazenamento, o produto atingiu teores de umidade superiores a 12% (Quadro 2), o que, segundo WILBAUX e HAHN (1966) e MENCHÚ (1967), são níveis a partir dos quais os grãos iniciam o branqueamento. Além disso, VILELA et al. (2000) concluíram que temperaturas acima de 20 °C e umidades relativas maiores que 67% promovem perda acentuada de cor. Assim, pode-se verificar que esses níveis de temperatura e umidade relativa foram atingidos, ou até mesmo superados, durante parte do período avaliado (Quadro 3). No entanto, AFONSO JÚNIOR (2001) relatou que a perda de cor de café, ou seja, aumento das coordenadas **L**, **a** e **b**, a partir do 4<sup>o</sup> mês de armazenamento, é notada independente da forma de preparo e da temperatura de armazenagem.

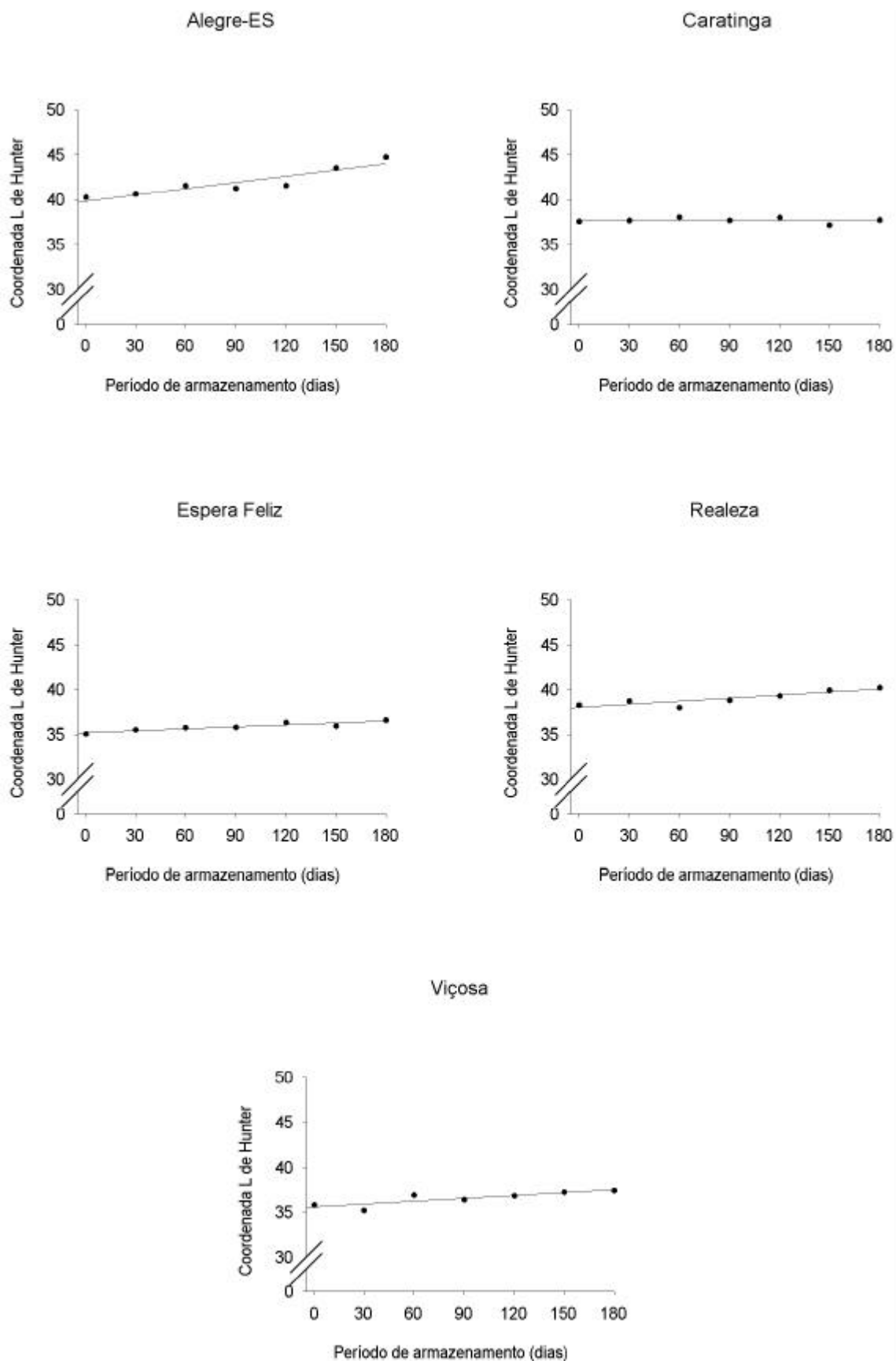


Figura 3 - Coordenada L de Hunter dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

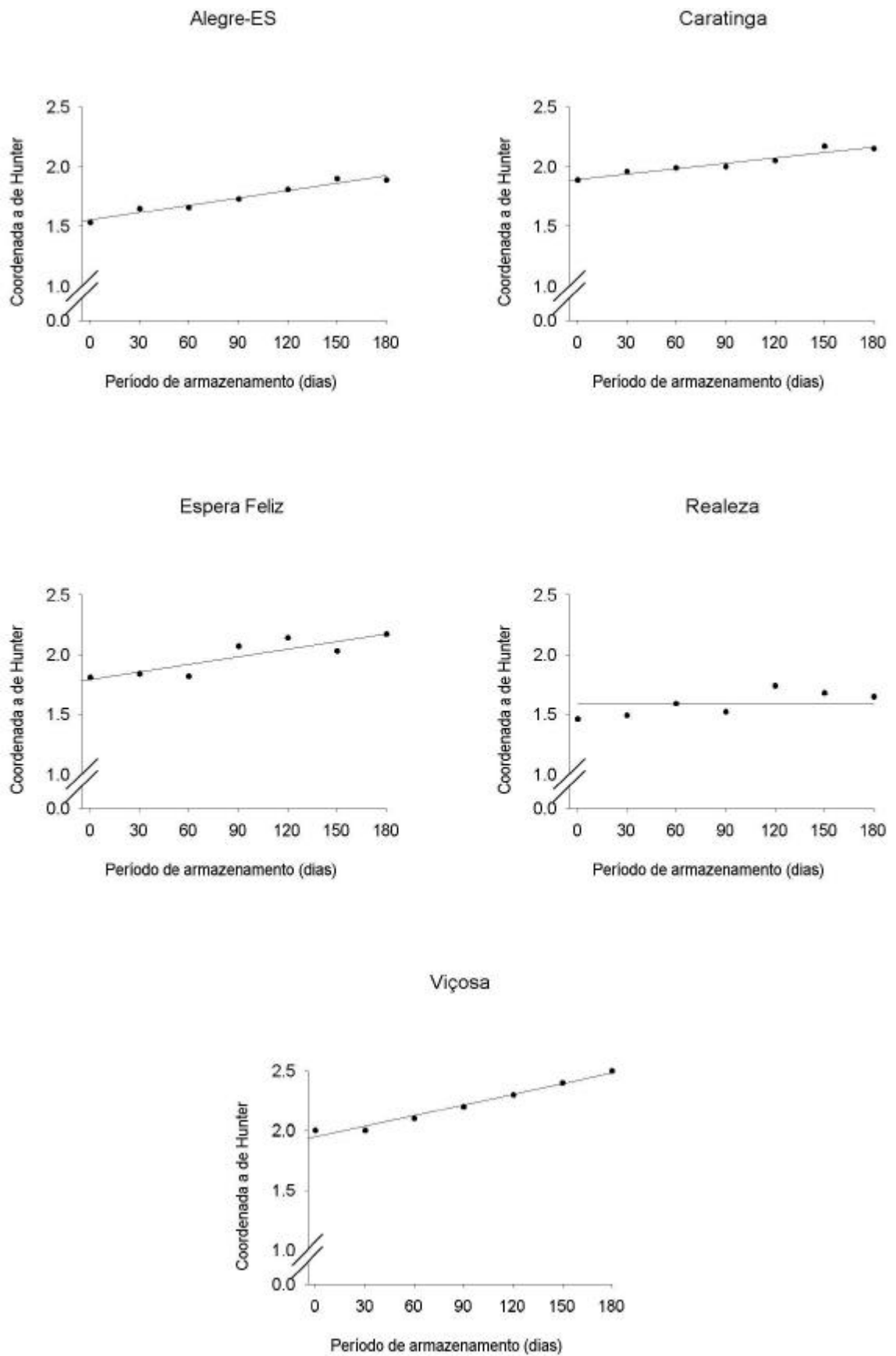


Figura 4 - Coordenada a de Hunter dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

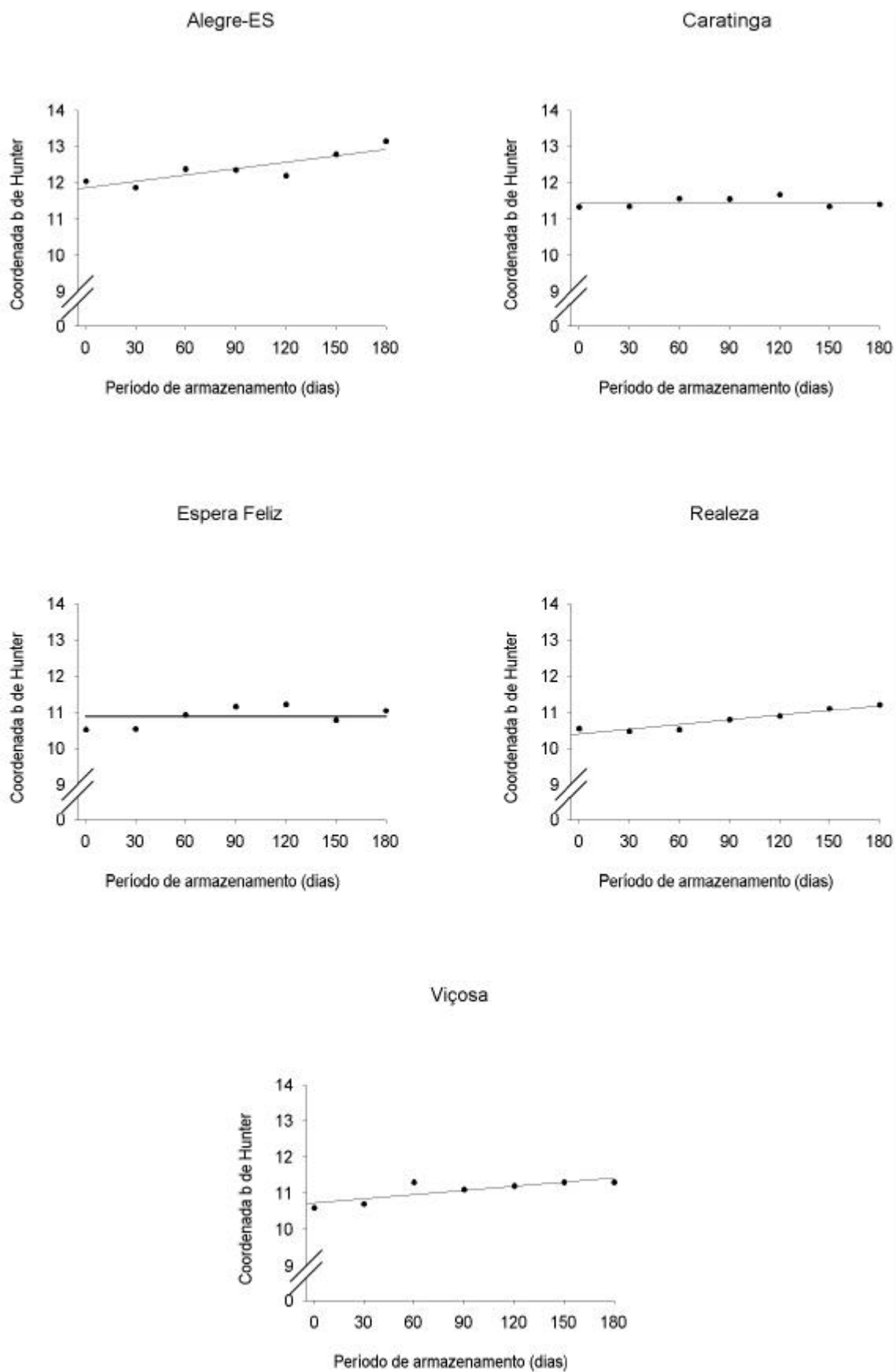


Figura 5 - Coordenada **b** de Hunter dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

É interessante destacar que a relação entre a alteração na coloração (Figuras 3, 4 e 5) e a perda de qualidade da bebida (Quadro 6) apenas foi verificada nos cafés armazenados em Caratinga e Realeza. Esta relação, proposta por vários autores (WOOTTON, 1970; MAZZAFERA et al., 1984), constitui um bom indicativo de que processos oxidativos endógenos ocorreram ou ocorrem em altas taxas, o que leva à queda de qualidade da bebida devida às alterações dos constituintes que contribuem para seu aroma e sabor.

#### 4.4.3. Condutividade elétrica

No Quadro 8, são apresentadas as equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação que relacionam o período de armazenamento e a condutividade elétrica dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa.

Quadro 8 - Equações de regressão ajustadas para a condutividade elétrica dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento, e respectivos coeficientes de determinação

<b>Município</b>	<b>Equações ajustadas</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>Alegre</b>	$y = 321,78$	
<b>Caratinga</b>	$y = 134,576 + 0,110537*X$	0,65
<b>Espera Feliz</b>	$y = 229,387 + 0,147229*X$	0,94
<b>Realeza</b>	$y = 198,726 + 0,219357*X$	0,81
<b>Viçosa</b>	$y = 207,46$	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Encontram-se, na Figura 6, os resultados de condutividade elétrica dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa. Constata-se que o aumento de condutividade elétrica ocorreu apenas nos cafés armazenados em Caratinga, Espera Feliz e Realeza. Sugere-se que esse aumento está relacionado com a perda de cor observada nesses cafés, pois, de acordo com GODINHO et al. (2001), as duas variáveis se encontram associadas.

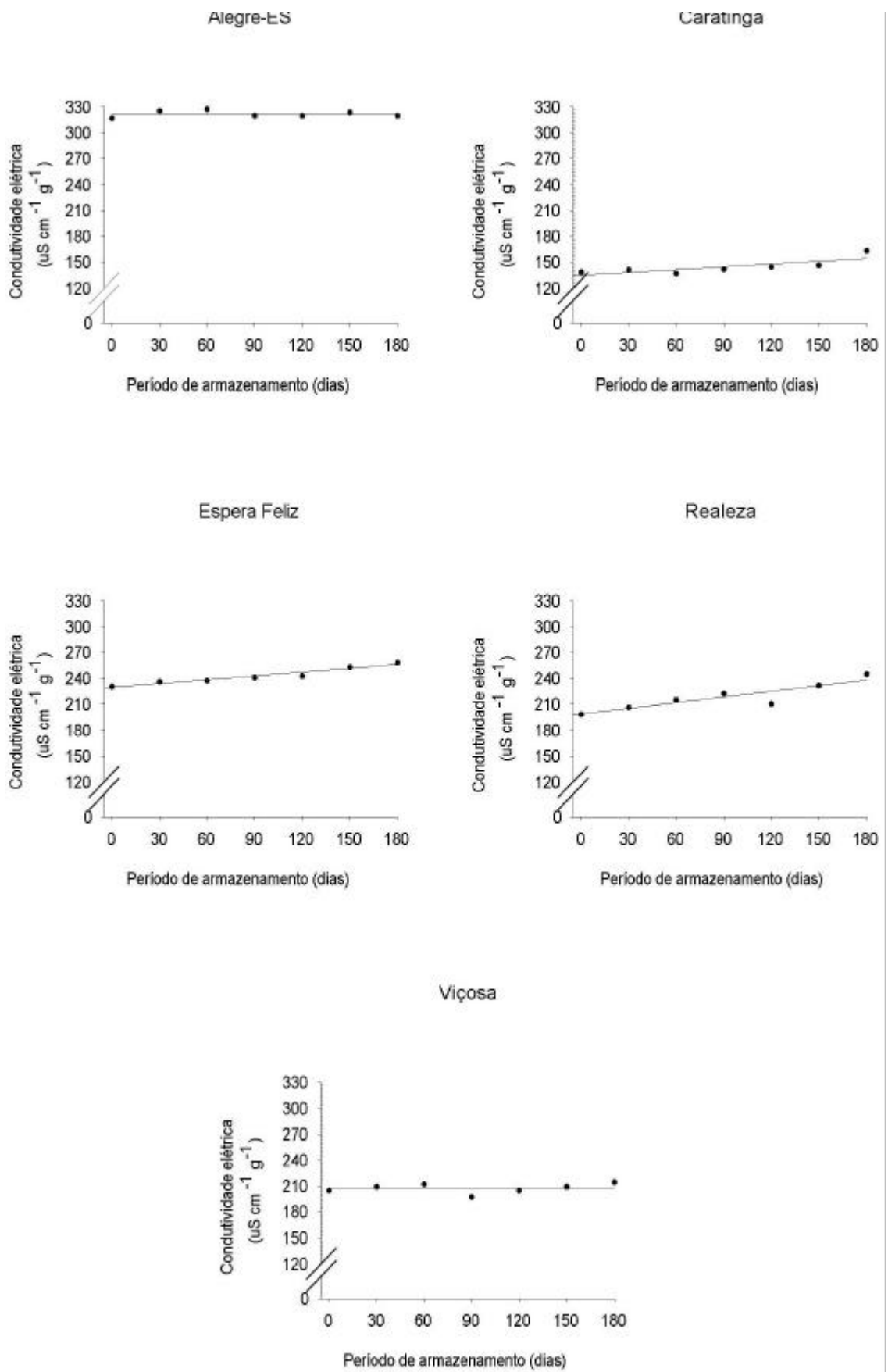


Figura 6 - Condutividade elétrica dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

É interessante destacar que os cafés que apresentaram aumento significativo nos valores de condutividade elétrica, indicativo de perda qualitativa, foram os mesmos que perderam em qualidade de bebida, de acordo com o teste de degustação, exceto o de Espera Feliz (Quadro 6). O fato confirma ser o teste de condutividade elétrica um indicativo a mais para avaliação de qualidade, uma vez que, de acordo com PRETE (1992), os valores de condutividade elétrica ou concentrações de íons, principalmente o potássio, tendem a aumentar à medida que a qualidade do produto se torna inferior devido ao maior nível de deterioração e rompimento das membranas celulares dos grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por GODINHO et al. (2000) ao relacionarem nível de deterioração celular e lixiviação de íons de potássio em café medida com auxílio do teste de condutividade elétrica. Os autores verificaram, em seus trabalhos, um aumento significativo nos valores de condutividade elétrica obtidos ao longo do armazenamento. COELHO et al. (2001) também concluíram, ao analisar a lixiviação de potássio com o auxílio do mesmo teste, que a condutividade elétrica aumentou significativamente em café beneficiado e armazenado, por treze meses, em saco de aniagem.

Os cafés armazenados em Alegre-ES e em Viçosa (Figura 6) não apresentaram aumento significativo nos valores de condutividade elétrica, o que indica melhores condições de armazenamento ou até mesmo maiores cuidados no preparo desses cafés, que impediram a desestruturação da membrana celular dos grãos.

#### **4.4.4. Atividade enzimática da polifenoloxidase**

No Quadro 9, são apresentadas as equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação, que relacionam o período de armazenamento e a atividade da enzima polifenoloxidase dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa.

Quadro 9 - Equações de regressão ajustadas para atividade enzimática da polifenoloxidase dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento e os respectivos coeficientes de determinação

<b>Município</b>	<b>Equações ajustadas</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>Alegre</b>	$y = 2,18$	
<b>Caratinga</b>	$y = 7,31091 - 0,02995115*X$	0,92
<b>Espera Feliz</b>	$y = 6,31809 - 0,0185333*X$	0,93
<b>Realeza</b>	$y = 5,30607 - 0,0165119*X$	0,82
<b>Viçosa</b>	$y = 3,45571 - 0,00780952*X$	0,83

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Apresentam-se, na Figura 7, resultados da atividade enzimática da polifenoloxidase dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa. Observa-se que houve redução da atividade enzimática da polifenoloxidase dos cafés armazenados em Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa. Constata-se também que esses cafés, à exceção dos cafés de Viçosa e Espera Feliz, apresentaram redução na qualidade de bebida de acordo com os resultados da prova de xícara (Quadro 6). A relação existente entre a redução da atividade da enzima e a perda de qualidade de bebida dos cafés armazenados em Caratinga e Realeza confirma a observação de vários autores (AMORIM e SILVA, 1968; MELO et al., 1980; CARVALHO et al., 1994). A redução da atividade enzimática observada nos cafés de Caratinga, Espera Feliz e Realeza pode estar associada ao aumento da condutividade elétrica verificada nestes cafés (Figura 6), o que indica deterioração dos grãos e possível rompimento de membranas celulares. Além disso, verificam-se alterações na coloração destes cafés (Figuras 3, 4 e 5), que, por se tratar de um evento provocado pela deterioração celular (Amorim, 1978, citado por AFONSO JÚNIOR, 2001), constitui também uma justificativa para a menor ação enzimática da polifenoloxidase, uma vez que as quinonas formadas devido à oxidação dos compostos fenólicos agem como inibidores da enzima. Os resultados obtidos concordam com os encontrados por LEITE et al. (1996), que, ao analisarem o efeito do armazenamento na composição física e química dos grãos de café secados em terreiro e em secador, observaram que a atividade enzimática da polifenoloxidase decresce ao longo do armazenamento à medida que o café sofre alterações em suas membranas celulares levando as enzimas a entrarem em contato com seus substratos.



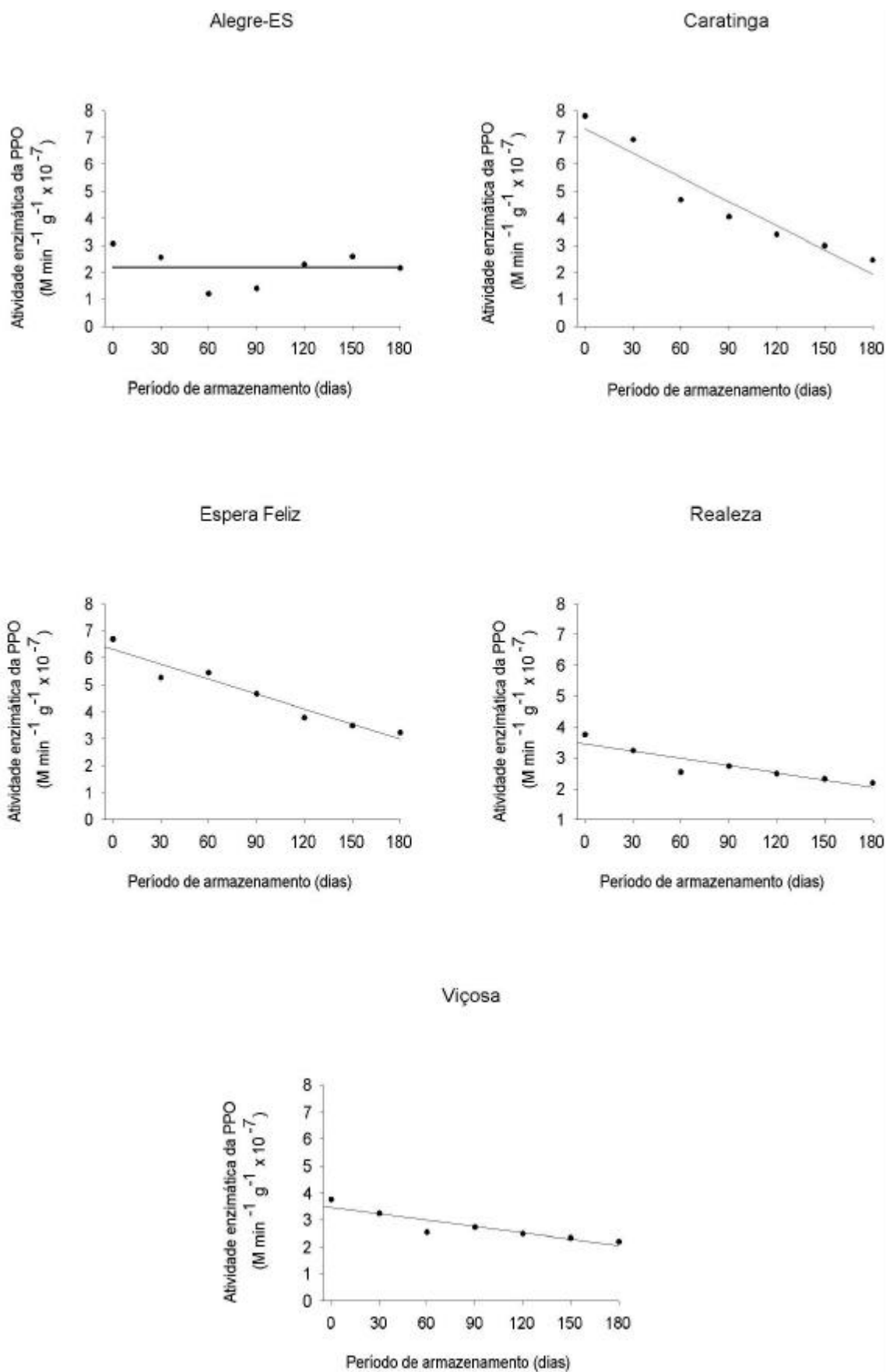


Figura 7 - Atividade enzimática da polifenoloxidase dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa, em função do período de armazenamento (Valores estimados e observados).

Segundo AFONSO JÚNIOR (2001), o período de armazenamento também contribui para a redução da atividade enzimática da polifenoloxidase, independentemente das condições de armazenagem. Entretanto, COELHO et al. (2001), ao estudarem o efeito do período de armazenamento e da embalagem sobre a qualidade do café, não observaram redução na atividade enzimática da polifenoloxidase no período de armazenamento avaliado (treze meses).

O café armazenado em Alegre-ES (Figura 7) não apresentou redução na atividade enzimática da polifenoloxidase, o que sugere maiores cuidados no pré-processamento, que evitaram rompimento da membrana celular. A justificativa pode ser confirmada pela não-ocorrência de aumento significativo nos valores de condutividade elétrica verificada nesse café (Figura 6).

#### 4.5. Relação entre as perdas quantitativa e qualitativa do café

Os coeficientes de correlação entre as perdas de matéria seca e de qualidade dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa encontram-se no Quadro 10.

Quadro 10 - Estimativa dos coeficientes de correlação entre a massa de matéria seca de mil grãos e as Coordenadas de Hunter (**L**, **a**, **b**), a condutividade elétrica (CE) e a atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Espera Feliz, Realeza e Viçosa

Parâmetros de qualidade	Massa de matéria seca de mil grãos				
	Alegre-ES	Caratinga	Espera Feliz	Realeza	Viçosa
<b>L</b>	0,3341 <sup>ns</sup>	0,0897 <sup>ns</sup>	-0,5062*	0,1168 <sup>ns</sup>	0,4285*
<b>A</b>	0,1286 <sup>ns</sup>	-0,0709 <sup>ns</sup>	-0,2523 <sup>ns</sup>	-0,3147 <sup>ns</sup>	0,4170*
<b>B</b>	0,2339 <sup>ns</sup>	-0,2583 <sup>ns</sup>	-0,2499 <sup>ns</sup>	0,0434 <sup>ns</sup>	0,5301*
<b>CE</b>	0,3603 <sup>ns</sup>	0,2553 <sup>ns</sup>	-0,7517*	-0,0818 <sup>ns</sup>	0,2674 <sup>ns</sup>
<b>PPO</b>	-0,1854 <sup>ns</sup>	0,4293 <sup>ns</sup>	0,4424 <sup>ns</sup>	0,4044 <sup>ns</sup>	0,1808 <sup>ns</sup>

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

<sup>ns</sup> Não significativo.

Constata-se, no Quadro 10, que não houve correlação entre a massa de matéria seca de mil grãos e os parâmetros de qualidade dos cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga e Realeza, o que demonstra não haver relação linear entre as perdas quantitativa e qualitativa. Justifica-se o fato pela

não-ocorrência de perda de matéria seca nos cafés armazenados nesses municípios. O café armazenado em Viçosa, embora não tenha apresentado perda de matéria seca no período avaliado, mostrou correlação significativa entre a massa de matéria seca de mil grãos e os parâmetros de qualidade relacionados à cor. Entretanto, a correlação não indica associação entre as perdas quantitativa e qualitativa, uma vez que a redução da massa de matéria seca de mil grãos deveria promover um aumento dos valores das coordenadas **L**, **a** e **b** (correlação negativa) e o que se verifica é uma correlação positiva.

Observa-se, ainda, que o café armazenado em Espera Feliz apresentou correlação entre a massa de matéria seca de mil grãos e alguns parâmetros de qualidade (Coordenada **L** e condutividade elétrica), indicando haver relação entre as perdas em estudo. É fato que esse café, além de ser o único a apresentar perda de matéria seca, foi o café em que se verificou perda de qualidade, baseando-se na perda de coloração, no aumento significativo dos valores de condutividade elétrica e na redução da atividade enzimática da polifenoloxidase, o que possivelmente justifica a interação verificada.

## 5. CONCLUSÕES

No período de armazenamento avaliado e nas condições climáticas e de armazenamento em que o experimento foi conduzido, a interpretação dos resultados obtidos permitiu concluir que:

- ✓ os cafés armazenados em Alegre-ES, Caratinga, Realeza e Viçosa não apresentaram perda de matéria seca, que foi verificada apenas no café armazenado em Espera Feliz;
- ✓ apenas os cafés armazenados em Realeza e Caratinga apresentaram, a partir do 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> meses de armazenamento, respectivamente, queda na qualidade da bebida de acordo com os resultados do teste de degustação (prova de xícara);
- ✓ a alteração na coloração ocorreu em todos os cafés analisados, de acordo com as coordenadas de Hunter (**L**, **a** e **b**);
- ✓ apenas os cafés armazenados em Caratinga, Espera Feliz e Realeza apresentaram aumento significativo nos valores de condutividade elétrica, o que indica deterioração dos grãos e, conseqüentemente, perda de qualidade;
- ✓ a redução da atividade enzimática da polifenoloxidase, que também reflete em perda de qualidade, não foi observada apenas no café armazenado em Alegre-ES;
- ✓ apenas foi possível estabelecer relação entre a perda de matéria seca e alguns parâmetros de qualidade (Coordenada L de Hunter e condutividade elétrica) no café armazenado em Espera Feliz.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AFONSO JÚNIOR, P.C. **Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. Viçosa: UFV, 2001. 384p. (Tese de Doutorado)

AMORIM, H. V.; CRUZ, A.R.M.; BASSO, L.C.; COSTA, J.D.; OLIVEIRA, A.J.; TEIXEIRA, A.A. Relação entre a coloração do grão e da película prateada do café e a presença de enzimas oxidativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4, 1976, Caxambu, M.G. **Resumos...** Caxambu: MIC/IBC/GERCA, 1976. p.133-135.

AMORIM, H.V.; SILVA, O.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, London, v.219, p.381-382, sept. 1968.

ARCILA-PULGARIN, J.; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relación entre la actividad de la polifenoloxidas (PFO) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida del café. **Cenicafé**, Chinchina, v.26, n.2, p.55-71, abr./jun. 1975.

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, S.P., Instituto Agrônômico, v.21, n.28, p. 467-484, abr. 1962.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra para análise de sementes**. Brasília, D.F., 1992. 365p.

CAFÉ beneficiado-Produção Brasileira. **Agrianual 2001**. São Paulo: FNP, [2000]. p.231.

CAIXETA, G.Z.T. Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas. In: I ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 14 e 15 set. 1999, Viçosa. **Livro de palestras...**Viçosa: UFV, 1999. p.3-21.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L. Efeito de microrganismos na qualidade da bebida do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.21-26, 1997.

COELHO, K.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; VILELLA, E.R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial-café, n.2, p.22-27, 2001.

CORRÊA, P.C.; SAMPAIO, C.P.; REGAZZI, A.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-café, n.1, p.18-22, 2000.

DAUSTER, J. Sobrevivência da cafeicultura depende de melhor qualidade. **Cooparaíso Informativo**, São Sebastião do Paraíso, v.2, n.9, p.4, nov. 1988.

DRAETTA, I.S.; LIMA, D.C. Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.7, p.13-28, jun. 1976.

GIÚDICE, P.M.; AZEVEDO, J.M.P.; COELHO, D.T.; HARA, T.; PINHEIRO, F.J.B.; PUZZI, D. Primeiro curso intensivo sobre manuseio, armazenamento e secagem de café. Viçosa, M.G., Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1969. 282p. 2v.

GODINHO, R.P.; VILELLA, 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-café, n.1, p.38-43, 2000.

GODINHO, R.P.; VILELLA, E.R.; OLIVEIRA, G.A.; CHAGAS, S.J.R. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco, com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. especial-café, n.3, p.03-10, 2001.

GRANDI, A.M.; MELO, E.C.; BERBERT, P.A.; MACHADO, M.C. Avaliação das diferenças de teor de umidade e temperatura nas câmaras de secagem de um secador de camada fixa vertical com revolvimento mecânico durante a secagem de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial-café, n.1, p.54-59, 2000.

GUPTA, P.; WILCKE, W.F.; MOREY, R.V.; MERONUCK, R.A. Effect of dry matter loss on corn quality. **1998 ASAE Annual International Meeting**. Paper n. 986042.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. O café no Brasil. Paraná - P.R. 45p., 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4.072:1982**; green coffee in bags-sampling. França, 1982. 3p.

JORDÃO, B.A.; GARRUTTI, R.S.; ANGELUCCI, E.; TANGO, J.S.; TOSELLO, Y. Armazenamento de café beneficiado a granel, em silo com ventilação natural. **Col. Inst. Tec. Alim.** (São Paulo), v.3, p.253-281, 1970.

JORDÃO, B.A.; GARRUTTI, R.S.; COSTA, S.I.; ANTUNES, A.J.; TOSELLO, Y.; FIGUEIREDO, I.B.; TANGO, J.S. Armazenamento de café em silos e em sacos nos armazéns. **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, S.P., 1971. 62p. (Relatório Final Preparado para o Instituto Brasileiro do Café - IBC - São Paulo).

LEITE, I.P.; VILELA, V.R., CARVALHO, V.D. Efeito do armazenamento na composição física e química do grão de café em diferentes processamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.3, p.159-163, mar. 1996.

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.

LOPES, L.M.V.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G.; VILELLA, E.R.; CARVALHO, V.D. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial-café, n.1, p.3-8, 2000b.

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-café, n.1, p.9-17, 2000a.

MAZZAFERA, P.; GUERREIRO F., O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde de grãos de café: Determinação de flavonóides e clorofilas. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 11., Londrina, P.R. Resumos. MIC/IBC, 1984. p.178-181.

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. Parte 2. Causas y orígenes de sus defectos. **Agricultural de las Americas**, Kansas City, Missouri, v.16, n.6, p.38-40, jun. 1967.

NG, H.F.; WILCKE, W.F.; MOREY, R.V.; MERONUCK, R.A.; LANG, J.P. Mechanical damage and corn storability. **Transactions of the ASAE**, v.41, n.4, p.1095-1100, 1998.

OLIVEIRA, J.C.; AMORIM, H.V.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. **Científica**, v.4, n.2, p.114-119, 1976.

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).

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 estágios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial-café, n.1, p.23-30, 2000.

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 Agronomia).

RIGITANO, A.; TOSELLO, A.; SOUZA, O.F.; GARRUTTI, R.S.; JORGE, J.P.N. Observações preliminares sobre armazenamento de café beneficiado a granel. **Bragantia**, Campinas, S.P., Instituto Agrônômico, v.23, n.4, p.39-43, jan. 1964.

SAUL, R.A.; STEELE, J.R. Why damaged shelled corn costs more to dry. **Agricultural Engineering**, v.47, n.6, p.326-329, 337, June 1966.

STEELE, J.L.; SAUL, R.A.; HUKILL, W.V. Deterioration of shelled corn as measured by carbon dioxide production. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.5, p.685-689, 1969.

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.

THOMPSON, T. L. Temporary storage of high-moisture shelled corn using continuous aeration. **Transaction of the ASAE**, v.15, n.2, p.333-337, 1972.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p.103-132.

VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.55-63, 1997.

VILELA, E.R.; CHANDRA, P.K.; OLIVEIRA, G.A. Efeito da temperatura e da umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial-café, n.1, p.31-37, 2000.



VITORINO, P.F.P.G.; ALVES, J.D.; MAGALHÃES, M.M.; PURCINO, R.P.; LIMA, L.C.O. Isolamento e características cinéticas da polifenoloxidase em diferentes tipos de amostras de grãos de *Coffea arabica*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL (1.:2000: Poços de Caldas, M.G.). **Resumos expandidos...** Brasília, D.F.: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000, 2v. (1490p.), p.705-708.

WHITE, N.D.G.; SINHA, R.N.; MUIR, W.E. Intergranular Carbon dioxide as an indicator of deterioration in stored rapeseed. **Canadian Agricultural Engineering**, v.24, n.1, p.43-49, 1982.

WIEZEL, J.B.C. **Qualidade da bebida de café**. Piracicaba, ESALQ, Curso de Pós-Graduação - Fitotecnia. 24p., 1981.

WILBAUX, R.; HAHN, D. Contribution a l'étude desphénomènes intervenant au cours de la conservation du café vert. **Café cacao Thé**, Paris, v.10, n.4, p.342-367, oct./dec. 1966.

WILCKE, W.F.; GUPTA, P.; MOREY, R.V.; MERONUCK, R.A. Effect of changing temperature on deterioration of shelled corn. **ASAE Annual International Meeting**, Orlando, 1998. Paper n. 986041.

WOOTTON, A.E. The storage of parchment coffee. **Kenya Coffee**, v.35, p.144-147, 1970.