

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ
BENEFICIADO EM EMBALAGENS
HERMÉTICAS COM INJEÇÃO DE CO₂**

FABIANA CARMANINI RIBEIRO

2010

FABIANA CARMANINI RIBEIRO

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ
BENEFICIADO EM EMBALAGENS
HERMÉTICAS COM INJEÇÃO DE CO₂**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Meira Borém

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Fabiana Carmanini.

Armazenamento de café beneficiado em embalagens herméticas com injeção de CO₂ / Fabiana Carmanini Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2010.

110 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. Qualidade. 2. Embalagem. 3. *Coffea arabica* L. 4. Pós-colheita. 5. Dióxido de carbono. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7368

FABIANA CARMANINI RIBEIRO

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ BENEFICIADO
EM EMBALAGENS HERMÉTICAS COM INJEÇÃO DE CO₂**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. Evandro de Castro Melo

UFV

Pesquisador Dr. Gerson Silva Giomo

IAC

Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima

UFLA

Prof. Dr. Flávio Meira Borém

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, pelo dom da vida, saúde e presença constante em minha
caminhada.

Aos meus pais, Antônio e Terezinha, exemplos de perseverança e
dedicação incondicional.

Aos meus irmãos, familiares e amigos, pelo apoio e incentivo.

Ao Gervásio, pelo companheirismo, paciência, confiança e amor.

DEDICO

“É justamente a possibilidade de realizar um sonho que torna a vida
mais interessante.”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado o que tenho de mais importante: a vida e por sempre iluminar a minha caminhada.

Aos meus pais, pelo exemplo de força e perseverança, pela educação, pelo apoio e amor incondicional e presença constante em minha vida.

Ao meu namorado, Gervásio, pelo amor, paciência e compreensão, mesmo nos momentos de estresse; pelo incentivo nos momentos de desânimo, companheirismo até mesmo nas idas à SAAG, pelas sugestões e ajuda constante na condução do experimento.

Ao professor e orientador Flávio Meira Borém, pela orientação e pelos muitos conhecimentos passados e que, certamente, contribuíram muito para o meu crescimento profissional, meus sinceros agradecimentos.

Ao pesquisador Gerson Silva Giomo, pela excelente orientação, pelos ensinamentos, paciência e confiança. Ao professor Renato Ribeiro de Lima, pela competente orientação nas análises estatísticas.

Agradeço aos amigos Gerson e Luisa, pelas sugestões e ajuda constante na montagem e na condução do experimento. Obrigado, pela grande colaboração e também por essa grande amizade que criamos.

Agradeço a valiosa contribuição de todos os amigos e colegas do laboratório: Eder, Flávia, Francile, Ivan, Juliana, Letycia, Luisa, Mariela, Pedro, Renan, Reni, Samuel, Valquíria e Willie. Ao funcionário da UFLA Sr. Edson, pela dedicação e carinho que sempre recebi. Ao pesquisador da Epamig Marcelo e ao laboratorista Samuel, pelo apoio e ajuda nas análises laboratoriais.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa.

Agradeço às empresas SAAG e Germinas, por fornecerem as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Importância do café no Brasil.....	4
2.2 Qualidade do café.....	5
2.2.1 Avaliação da qualidade.....	9
2.3 Armazenamento.....	12
2.3.1 Métodos para armazenamento dos grãos de café.....	13
2.3.2 Armazenamento em atmosfera artificial.....	15
2.4 Alterações da qualidade do café no armazenamento.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Caracterização e implantação do experimento.....	24
3.2 Amostragem.....	26
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.4 Caracterização da qualidade.....	28
3.4.1 Teor de água.....	29
3.4.2 Massa específica aparente.....	29
3.4.3 Massa de mil grãos.....	29
3.4.4 Avaliação da cor.....	30
3.4.5 Acidez titulável total.....	30
3.4.6 Acidez graxa.....	30
3.4.7 Condutividade elétrica.....	31
3.4.8 Lixiviação de potássio.....	31
3.4.9 Açúcares totais, redutores e não-redutores.....	32

3.4.10 Polifenóis.....	32
3.4.11 Análise sensorial.....	32
3.4.12 Análise qualitativa.....	33
3.5 Análise estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Caracterização do ambiente de armazenamento.....	36
4.2 Determinação da concentração de dióxido de carbono.....	37
4.3 Análises físicas.....	41
4.3.1 Teor de água.....	41
4.3.2 Massa específica aparente e massa de mil grãos.....	43
4.4 Análises químicas.....	46
4.4.1 Condutividade elétrica.....	46
4.4.2 Lixiviação de potássio.....	50
4.4.3 Acidez graxa.....	52
4.4.4 Acidez titulável total.....	55
4.4.5 Açúcares totais, não-redutores e redutores.....	56
4.4.6 Polifenóis.....	59
4.5 Avaliação quantitativa da cor.....	61
4.6 Análise sensorial.....	66
4.7 Avaliação qualitativa da cor e do sabor.....	72
5 CONCLUSÕES.....	76
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
7 ANEXO.....	89

RESUMO

RIBEIRO, Fabiana Carmanini. **Armazenamento de café beneficiado em embalagens herméticas com injeção de CO₂**. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O conhecimento de novas formas de acondicionamento que permitam prolongar o tempo de armazenamento dos grãos de cafés preservando sua qualidade é de extrema importância. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade física, química e sensorial dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiado submetido a diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do armazenamento. O café foi armazenado no período de outubro de 2008 a setembro de 2009, no armazém da Sociedade de Armazenamento e Agricultura LTDA (SAAG), em Santana da Vargem, na região sul de Minas Gerais. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no tempo, em esquema fatorial 2x3, com três repetições, com dois tratamentos adicionais (saco de juta e saco de juta revestido internamente). Foram estudados dois acondicionamentos em big-bag revestido internamente hermeticamente com injeção de até 60% de CO₂ (atmosfera controlada) e sem injeção de injeção de CO₂ (atmosfera modificada), três posições de amostragens (superior, mediana e inferior), com cinco épocas de avaliação. A primeira amostragem foi feita no início da armazenagem e as demais, em intervalos de três meses. O acondicionamento dos grãos de café beneficiado em big-bag hermético com atmosfera modificada e controlada apresentou-se como alternativa viável para o armazenamento durante 12 meses. Observou-se que a qualidade física, química e sensorial foi preservada, a coloração verde dos grãos intensificada. Além disso, mesmo após 12 meses de armazenamento, a bebida do café foi classificada como de safra atual. A análise sensorial do café acondicionado em atmosfera controlada apresentou as maiores notas para a posição mediana, mostrando que a injeção de CO₂ apresenta elevado potencial para a preservação da qualidade sensorial dos grãos de café durante o armazenamento.

Palavras chave: qualidade, atmosfera controlada, *Coffea arabica* L.

¹ Comitê orientador: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG - UFLA (orientador); Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima – UFLA e Pesquisador Dr. Gerson Silva Giomo – IAC.

ABSTRACT

RIBEIRO, Fabiana Carmanini. **Storage of processed coffee in airtight containers with CO₂ injection.** 2010. 110 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Knowledge of new packaging that allows for the storage prolongation of coffee beans preserving their quality is of paramount importance. This study aimed to evaluate the physical, chemical and sensory analysis of green coffee beans (*Coffea arabica* L.) submitted to different types of packaging, during storage. The coffee was stored in the period from October 2008 to September 2009, in a warehouse of the Storage and Agriculture Association LTDA (SAAG), in Santana da Vargem in the South of Minas Gerais. The experiment was installed in a completely randomized design in a split time 2x3 factorial design with three replications, and two additional treatments (jute sack and internally coated jute sack). There were two big-bag containers, hermetically coated internally with injection of 60% CO₂ (controlled atmosphere) and without CO₂ injection (modified atmosphere), three sampling locations (upper, middle and bottom) with five evaluation times. The first sampling was done immediately at the beginning of storage, and the others every 3 months. The packaging of processed coffee beans in hermetic big-bags with modified and controlled atmosphere presented as a viable storage alternative for 12 months. It was observed that the physical, chemical and sensory quality was preserved and the green color of the grains increased. Moreover, even after 12 months of storage, the coffee drink was classified as current crop. The sensory analysis of coffee packaged in a controlled atmosphere showed the highest scores for the middle position, showing that injection of CO₂ has a high potential for preservation of sensory quality of coffee beans during storage.

Keywords: quality, controlled atmosphere, *Coffea arabica* L.

¹ Guidance Committee: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – UFLA (Adviser), Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima – UFLA and Researcher Dr. Gerson Silva Giomo – IAC.

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas cujo preço é baseado em parâmetros qualitativos, variando significativamente o valor com a melhoria de sua qualidade. No mercado mundial, cresce cada vez mais a demanda por cafés especiais em proporções maiores do que os cafés “commodity” indicando a preferência dos consumidores por cafés de qualidade que tenham atributos diferenciados. A qualidade da bebida do café, caracterizada principalmente pelo seu sabor e aroma, é determinada pelos precursores presentes no grão cru, inerentes aos fatores genéticos, ambientais e tecnológicos envolvidos nos processos de produção, época de colheita, método de secagem, processamento e práticas de armazenamento.

Contudo, a preservação desses atributos sensoriais desejáveis depende essencialmente das condições de armazenagem do café. Sendo uma das etapas que sucedem a produção e está fortemente presente na comercialização dos grãos de café, o armazenamento é considerado uma das mais importantes etapas para a manutenção da qualidade do produto final, além de suprir demandas na entressafra e/ou assegurar ao produtor melhor preço no mercado.

O café, normalmente, tem suas características iniciais alteradas, podendo ocorrer transformações físicas, químicas e sensoriais que se intensificam com o tempo, dependendo das condições de armazenamento e das variações ambientais.

O armazenamento de café no Brasil é tradicionalmente realizado em sacos de juta. Por ser de fácil adaptabilidade ao comércio de pequena escala e melhor individualização e inspeção dos lotes, é o mais utilizado. Como algumas de suas desvantagens, apresenta elevado custo operacional e favorece a rápida alteração na qualidade do café, quando disposto nos armazéns sem nenhum

controle sobre do ambiente. Outra forma de acondicionamento que vem sendo utilizada nos armazéns são embalagens denominadas de big-bag, as quais apresentam, como principais vantagens, a facilidade de adaptação ao manuseio mecanizado e a redução do custo operacional em escala. Entretanto, da mesma forma que nos sacos de juta, os big-bag apresentam a desvantagem de serem permeáveis ao ar ambiente.

Surgiram, recentemente, no mercado, sacos plásticos impermeáveis (GrainPro™) utilizados em adaptação ao saco de juta, empregados principalmente durante o transporte marítimo para exportação à longa distância e por períodos prolongados. No entanto, esse tipo de embalagem, além do elevado custo, tem capacidade de apenas 60 kg e não apresentam resistência à tração mecânica, chegando, muitas vezes, aos países importadores danificados e com perfurações.

Algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café já vêm utilizando o acondicionamento a vácuo com sucesso, entretanto, ele tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (Borém et al., 2008). O armazenamento do café sob atmosfera artificial pode promover a preservação da qualidade por um período mais longo, mantendo a aparência e a diferenciação do produto no mercado.

Nesse contexto, o conhecimento dos fatores envolvidos no armazenamento e o advento de novas formas de acondicionamento que permitam prolongamento do tempo de armazenamento dos cafés, preservando sua qualidade, assegurando ao cafeicultor maior período de comercialização e garantindo melhor preço, é de suma importância. Sendo assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de propor e avaliar um novo sistema de acondicionamento de café beneficiado sob atmosfera controlada e modificada com injeção de CO₂ em big-bag revestido hermeticamente, em escala comercial,

visando à preservação da qualidade física, química e sensorial dos grãos, durante o armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do café no Brasil

O café é um dos produtos agrícolas de maior importância para o estado de Minas Gerais, para o Brasil e para o comércio internacional. De acordo com a International Coffee Organization – ICO (2008), o consumo mundial de café cru foi da ordem de 130,7 milhões de sacas, podendo chegar a 140 milhões em 2014. O Brasil é o maior produtor de café do mundo e o segundo mercado consumidor, tendo consumido, no ano de 2007 cerca de 16,9 milhões de sacas de 60 kg, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que consumiu cerca de 20 milhões de sacas/ano (Associação Brasileira da Indústria de Café – Abic, 2009).

Os maiores canais de comercialização e formação de preço dos cafés “commodities” no contexto mundial são as bolsas de mercadorias de Nova York e Londres. Já o alternativo mercado de cafés especiais de alta qualidade, que se formou fora desse mecanismo das bolsas de mercadorias, permite que o produtor conquiste compradores que estejam dispostos a pagar mais por um produto com características diferenciadas (Nobre et al., 2007).

No entanto, os cafés do Brasil, às vezes, são ainda conhecidos internacionalmente como cafés comuns, de qualidade inferior, com pouca diferenciação e, conseqüentemente, recebem um menor valor de mercado, quando comparados aos originados de países da América Central, África e Ásia, que são conhecidos por seus atributos sensoriais diferenciados, classificados como cafés especiais (Androcioli et al., 2003).

A demanda por cafés especiais no mercado mundial é crescente e em proporções muito maiores do que a dos cafés comuns. Por essa razão, campanhas visando ao aumento do consumo e à melhoria da qualidade do café

brasileiro têm sido lançadas, resultando na criação de associações, como Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACCCER) e Associação de Cafeicultura Orgânica (ACOB) que, aliadas a uma política de “marketing”, procuram reverter esse quadro de inferioridade em relação aos compradores internacionais (Leme, 2007; Malta et al., 2003).

Segundo Alves (2007), o Brasil possui qualidades competitivas, devido às diferenças regionais de caráter social, econômico, cultural e edafoclimático, não encontradas em nenhum outro país produtor, o que eleva muito o potencial competitivo brasileiro na produção de cafés com ampla variedade de sabores e aromas.

2.2 Qualidade do café

A qualidade de um produto é um fator fundamental na conquista de novos mercados. No mercado consumidor de café, existe crescente exigência quanto à qualidade da bebida, à origem e às formas de preparo (Malta et al., 2003). O sabor e o aroma formados durante a torração do café, a partir de precursores presentes no grão cru, constituem os principais atributos da qualidade de bebida. A formação e a presença desses precursores nos grãos de café dependem de fatores genéticos, ambientais e tecnológicos (Farah et al., 2006; Alpizar & Bertrand, 2004).

A fim de se obter um café de qualidade superior, os cuidados com a colheita e o manejo pós-colheita tornaram-se fundamentais para a comercialização e aumento do lucro do cafeicultor (Favarin et al., 2004). A determinação da qualidade do café é baseada na avaliação das suas características físicas e sensoriais, por meio da classificação por peneira, tipo, análise da bebida e pelo aspecto visual (Brasil, 2003).

Segundo Della Lúcia et al. (2006), um produto pode apresentar excelentes características químicas, físicas e microbiológicas, porém, é imprescindível que as características sensoriais atendam aos anseios e às necessidades do consumidor. O perfil sensorial é, assim, um fator determinante da qualidade dos cafés especiais, principalmente em termos de sabor e aroma, uma vez que a qualidade de um alimento ou produto implica também na satisfação do consumidor. Segundo Illy (2002), um provador de café precisa possuir sensibilidade olfativa e gustativa para poder diferenciar nuances especiais formadas na bebida, identificando com precisão sua qualidade.

Barca (1998), referindo-se à tradicional prova de xícara descrita na Instrução Normativa nº 8 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (Brasil, 2003), afirma que a subjetividade dessa metodologia não está bem fundamentada, visto que as diferenças entre os tipos de bebida são bem acentuadas, não permitindo que degustadores treinados e experientes tenham dúvida quanto à sua classificação.

A tradicional prova de xícara, segundo a metodologia da Classificação Oficial Brasileira do café (COB), adotada no Brasil desde 1917, é largamente empregada para a classificação dos cafés commodities em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado, rio e rio zona (Brasil, 2003). Com o crescimento do mercado de cafés especiais, têm sido adotados, com maior frequência, métodos de análises sensoriais descritivas, pelas quais os provadores atribuem notas a cada atributo sensorial da bebida. Atualmente, destacam-se as metodologias da Specialty Coffee Association of America (SCAA) e da Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA).

O método da SCAA tem como objetivo identificar o potencial de qualidade e de utilização de um determinado café e preconiza a utilização de protocolos para a realização da análise sensorial, nos quais são descritos

detalhadamente todos os procedimentos que devem ser utilizados para uma adequada avaliação das suas propriedades organolépticas. São atribuídas notas de 0 a 10 pontos na avaliação dos 10 principais atributos que compõem o perfil sensorial do café, como fragrância/aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, sabor residual, equilíbrio e impressão geral do café. A somatória das notas individuais de todos os atributos constitui a nota final, que representa a qualidade global do café, sendo considerados como especiais os cafés que apresentam notas acima de 80 pontos (Leloup et al., 2004; Howell, 1998; Lingle, 1993). Conjuntamente, é feita a descrição das principais características organolépticas da bebida, valorizando os atributos favoráveis e penalizando os desfavoráveis à qualidade da bebida do café.

Os protocolos da SCAA visam à padronização de procedimentos e de rotina para a realização das análises e devem ser adotados obrigatoriamente em qualquer laboratório em que sejam realizadas as análises sensoriais, proporcionando a obtenção de resultados mais representativos, sem a interferência de preferências pessoais. Como é realizada por uma equipe de degustadores devidamente treinados e certificados pela própria SCAA, essa metodologia proporciona alto grau de repetibilidade e reprodutibilidade na execução das análises sensoriais, sendo, por isso, uma das mais utilizadas nos principais países produtores de cafés especiais, tanto na produção quanto na indústria. Portanto, para que os resultados sejam validados, segundo essa metodologia, dois requisitos básicos devem ser atendidos: constituição do painel sensorial por juízes certificados e utilização dos protocolos de análise.

O método da SCAA utiliza a metodologia do *Cup of Excellence* (CoE), indicada por Howell (1998), na qual cada provador atribui notas de 0 a 8 pontos a cada um dos 8 principais atributos, como xícara limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, sabor residual, equilíbrio e impressão geral. A somatória das notas dos

atributos individuais corresponde à classificação final da bebida, em que podem ser acrescentados até 36 pontos, referentes à presença/ausência de defeitos, para a obtenção da nota final (Brazilian Specialty Coffee Association – BSCA, 2008).

Devido ao fato de a análise sensorial do café ser uma classificação subjetiva, várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de relacionar as características sensoriais da bebida com características químicas e físico-químicas, com o objetivo de complementar/auxiliar a interpretação dos resultados obtidos na análise sensorial (Marques et al., 2008; Alpizar & Bertrand, 2004; Malta et al., 2003; Carvalho et al., 1994). No entanto, considerando que a maioria das análises químicas é feita com grãos crus e que a análise sensorial é feita com grãos torrados, nem sempre os resultados obtidos podem ser facilmente correlacionados. Essencialmente, isso se deve ao fato de que o processo de torra dos grãos de café promove inúmeras alterações e/ou transformações dos componentes químicos originais dos grãos crus, originando outros compostos que não existiam anteriormente. Também pode ser que a composição química dos grãos, em termos de concentração de elementos, seja menos importante que o equilíbrio entre os compostos e as substâncias presentes nos grãos torrados.

A qualidade do café, relacionada às características dos grãos quanto à cor, aspecto, número de defeitos, aroma e gosto da bebida, depende de vários fatores, entre eles a composição química do grão, que é determinada por fatores genéticos, sistema de cultivo, época de colheita, preparo, armazenamento e torração (Pimenta et al., 2008). Dentre os constituintes químicos, destacam-se os compostos voláteis, fenólicos, como ácidos clorogênicos, ácidos graxos, proteínas, açúcares, ácidos orgânicos, bem como a degradação de parede celular dos grãos, com consequentes alterações em seus constituintes, e algumas

enzimas, cuja presença, teores e atividade conferem ao café sabor e aroma peculiares (Pimenta, 2003).

Segundo Afonso Júnior (2001), a constituição química dos grãos, intimamente relacionada com a qualidade do café, poderá ser modificada durante os processos de pós-colheita, ou seja, dependerá muito das condições de processamento, secagem e armazenamento.

2.2.1 Avaliação da qualidade

Os atuais procedimentos para a avaliação do café comercial, isto é, os grãos crus, que recebem a denominação de “café verde”, baseiam-se em uma série de análises e determinações subjetivas. Nas avaliações, consideram-se as características físicas, como forma, tamanho, cor, uniformidade dos grãos e tipo de bebida. Em razão de estar diretamente relacionada à qualidade de bebida, a cor do grão cru tem grau de importância superior à do tamanho, sendo também uma das características que mais chamam a atenção durante a comercialização (Monteiro, 2002).

A variação na cor dos grãos crus de café constitui um forte indicativo de ocorrência de processos oxidativos e transformações bioquímicas de natureza enzimática que irão alterar a composição dos precursores do sabor e aroma dos grãos, resultando na queda de qualidade da bebida (Nobre, 2005; Corrêa et al., 2003; Afonso Júnior, 2001; Vilela et al., 2000). Carvalho et al. (1994), trabalhando com cafés de diferentes qualidades de bebida, observaram que o índice de coloração dos grãos diminuía à medida que piorava a qualidade do café.

Segundo Pimenta et al. (2000), os polissacarídeos presentes nos grãos de café, advindos da degradação do amido, podem ser metabolizados e produzir o dióxido de carbono (CO₂). Tal fato pode causar perda de massa durante o

armazenamento e produção de alguns ácidos prejudiciais à qualidade do produto. Assim, a redução da massa de matéria seca dos grãos é um indicativo a mais para a avaliação da perda de qualidade.

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio têm se apresentado como indicadores da relação entre a desorganização das membranas celulares e a perda de constituintes dos grãos (Malta et al., 2005; Prete, 1992; Marcos Filho et al., 1990). Estas análises têm apresentado correlação com a qualidade da bebida do café, em que o aumento da quantidade de exsudados determinados na água de embebição corresponde à perda de qualidade do produto (Coradi et al., 2007; Reinato et al., 2007; Malta et al., 2005; Coelho et al., 2001; Prete, 1992; Amorim, 1978).

Vários autores consideram a operação de secagem como uma das etapas que mais afetam a qualidade do café. Trabalhando com diferentes temperaturas de secagem dos grãos de café, Marques et al. (2008), Borém et al. (2006) e Coradi et al. (2007) encontraram valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio significativamente maiores, quando utilizaram temperatura de 60°C, em relação à temperatura de 40°C.

Os grãos com membranas mal estruturadas, desorganizadas ou danificadas por insetos, microrganismos, máquinas, secagem ou devido a períodos prolongados de armazenamento lixiviam maior quantidade de solutos na água de imersão, apresentando maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (Krzyzanowsky et al., 1991).

Segundo Selmar et al. (2004), a avaliação fisiológica dos grãos de café pode se tornar uma valiosa ferramenta para avaliar a qualidade da bebida. Em estudos realizados, observaram alterações bioquímicas, durante o processamento, relacionadas ao metabolismo da germinação, cujo efeito variou conforme o tratamento utilizado, se via úmida ou via seca.

Os açúcares têm relação direta com a qualidade da bebida, pois contribuem com a doçura, uma das características de sabor mais desejável no café. Eles participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração do café e que estão relacionadas com a qualidade final do produto, como a formação de compostos resultantes da reação de Maillard que originam compostos responsáveis pela formação da cor, do sabor e do aroma peculiar da bebida. Borém et al. (2006) observaram uma associação positiva entre os níveis de açúcares redutores e não-redutores e a qualidade da bebida.

Segundo Pimenta (2003), o teor de açúcar aumenta gradativamente com a evolução da maturação dos frutos. Condições climáticas e regiões de cultivo também são fatores determinantes nos teores dos açúcares nos grãos.

Os compostos fenólicos são de grande relevância no café, tanto por sua contribuição para o sabor e aroma da bebida quanto por seus potenciais benefícios à saúde humana, sendo encontrados, principalmente, na forma de ácidos clorogênicos (Farah et al., 2005). Amorim (1978) observou maiores concentrações de fenólicos em cafés de qualidade inferior, enfatizando que o mecanismo de oxidação de compostos fenólicos por enzimas, como a polifenoloxidase, pode ser um dos principais eventos bioquímicos que induzem a depreciação da qualidade do café.

A acidez em grãos de café tem sido apontada como um bom indicativo da qualidade do produto, sendo necessárias pequenas quantidades de ácidos orgânicos para conferir acidez essencial à bebida do café. O teor de diferentes ácidos orgânicos pode variar de acordo com os níveis de fermentação ocorridos nos grãos e também com o estado de maturação dos mesmos (Pimenta, 2003). Segundo Rogers et al. (1999), durante a maturação dos frutos do cafeeiro, há uma redução do teor dos ácidos acético, fórmico, málico, quínico e oxálico, e um aumento substancial do teor de ácido cítrico.

Carvalho et al. (1994), visando correlacionar a acidez titulável total dos grãos com qualidade da bebida, observaram um crescente aumento da acidez com a diminuição da qualidade do café, assim como Franca et al. (2005), que encontraram acidez elevada, associada à pior qualidade por causa do aumento do número de defeitos. Ressalta-se que os valores de acidez titulável total podem variar também em função das características intrínsecas das cultivares, da forma de processamento e do ambiente de produção.

Segundo Coradi et al. (2008) e Jordão et al. (1974), a variação do teor de ácidos graxos durante o armazenamento constitui um importante parâmetro para avaliar a qualidade do café, pois, sob condições adversas de manejo pós-colheita, uma das primeiras reações que ocorrem é a formação de ácidos graxos livres. Durante o armazenamento, a hidrólise do material graxo inicia-se antes da hidrólise de carboidratos ou proteínas e, à medida que o período de armazenagem do café aumenta, a maior acidez do óleo é correlacionada com a pior qualidade do produto.

2.3 Armazenamento

O armazenamento de grãos tem a finalidade de manter a qualidade do produto estocado por um período que se estende da colheita até a comercialização, permitindo, assim, a adequada distribuição e abastecimento de diferentes mercados consumidores (Borém, 2008).

As interações entre fatores abióticos, como temperatura, teor de água, concentração de gases, umidade relativa do ar, tipo e condições do armazém, 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 de interações, podem levar ao processo de deterioração dos mesmos, com maior ou menor velocidade (Rigueira et al., 2009).

Segundo Harris & Miller (2008), um dos desafios na exportação dos grãos de café é que, durante o transporte marítimo a longa distância, por períodos prolongados, o produto chega ao seu destino com alterações na qualidade inicial. Devido, principalmente, ao tempo prolongado de armazenamento do café em condições inadequadas, acondicionado nos tradicionais sacos de juta, os grãos ficam susceptíveis às variações das condições ambiente, como temperatura e umidade relativa e, muitas vezes, produtos químicos voláteis são carregados perto dos contêineres de cafés, proporcionando diversas alterações, principalmente na cor e nas propriedades organolépticas.

2.3.1 Métodos para armazenamento dos grãos de café

Para um adequado armazenamento, o processo deve se iniciar na propriedade, logo após a secagem. O café é armazenado em coco ou em pergaminho, em tulhas de alvenaria, recobertas ou não de madeira, para que haja uma estabilização interna de seus componentes químicos e homogeneização do teor de água do produto (Tosello, 1967).

Segundo Borém (2008), o método de armazenamento é classificado de acordo com a forma de acondicionamento e manuseio do produto: o café armazenado em sacos de juta refere-se ao armazenamento convencional e, no armazenamento a granel, o café é estocado e manuseado sem sacaria.

Segundo Corrêa et al. (2003) e Vieira et al. (2001), a maior parte do café brasileiro é armazenada no sistema convencional, ou seja, em sacos de juta, no qual o produto, normalmente, fica susceptível à perda de qualidade por causa da variação do teor de água dos grãos e suas interações com o ar ambiente. Tal fato ocorre em razão do grande número de armazéns convencionais já construídos e

em funcionamento no país, além das dificuldades de comercialização e transporte do café que, na maioria das vezes, é feito em pequenas quantidades.

Segundo Borém (2008), além dos sacos de juta, vêm sendo utilizadas embalagens denominadas big-bags, com capacidade de até 1.200 kg. Esses big-bags apresentam a vantagem de se adaptarem facilmente ao manuseio mecanizado, minimizando o uso da mão-de-obra. Como desvantagem, destaca-se que ocorre uma redução da capacidade estática do armazém, devido à limitação da altura máxima de empilhamento.

Vieira et al. (2001), estudando o armazenamento de cafés a granel em silos metálicos, não-herméticos, com e sem aeração, concluíram que, embora tenha ocorrido variação nos valores médios dos componentes químicos e aumento do teor de água, houve manutenção da qualidade do produto e melhor preservação, se comparado ao armazenamento tradicional de sacaria.

Segundo Borém et al. (2008), algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café já vêm utilizando o acondicionamento hipobárico com sucesso na preservação da qualidade dos grãos. Entretanto, tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores.

Borém et al. (2008) e Nobre et al. (2007) afirmam que o armazenamento em sistemas herméticos, que permitam a modificação ou o controle da atmosfera, apresenta-se como alternativa viável na preservação da qualidade dos grãos de café, principalmente para a linha de cafés diferenciados, de alta qualidade e maior valor agregado, para os quais são aceitáveis certos gastos adicionais para a preservação de sua qualidade. Atendendo a uma demanda crescente por novas embalagens para grãos de café, recentemente surgiram, no mercado, sacos plásticos impermeáveis ao CO₂, denominados GrainProTM, os quais estão sendo utilizados para revestir os tradicionais sacos de juta para acondicionamento do café beneficiado (Trubey et al., 2005).

2.3.2 Armazenamento em atmosfera artificial

O uso da atmosfera artificial teve início com os egípcios, que já armazenavam cereais em recipientes hermeticamente fechados. Atualmente, é uma técnica largamente utilizada no armazenamento e no transporte de diversos produtos agrícolas.

Seu princípio de funcionamento baseia-se na modificação da concentração de gases na atmosfera natural, fazendo com que os produtos apresentem drástica redução nos processos metabólicos, conseqüentemente, mantendo suas características iniciais por períodos mais prolongados (Borém et al., 2008; Jayas, 2000; Moreno et al., 2000).

Segundo Chitarra & Chitarra (1990), a temperatura, a umidade relativa e a concentração de certos gases podem ser alteradas empregando-se atmosfera controlada, atmosfera modificada, atmosfera hipobárica, uso de filmes plásticos semipermeáveis e geração de gases inertes.

A atmosfera controlada baseia-se na modificação e no monitoramento periódico da concentração dos gases como CO₂, N₂ e O₂ no ambiente de armazenamento. Já a atmosfera modificada é aquela formada em recipiente hermeticamente fechado, criada ao redor do produto, devido à impermeabilidade da embalagem e à respiração do produto e demais organismos vivos ali presentes, porém, sem controle das concentrações dos gases formados ou existentes (White & Leesch, 1996). Já o armazenamento hipobárico, segundo Chitarra & Chitarra (1990), corresponde ao armazenamento sob vácuo parcial, devido à redução na pressão parcial de O₂.

Vários autores indicam que o armazenamento hermético de grãos é uma forma básica e eficaz de controlar a infestação por insetos (Santos, 2008; Jayas & Jeyamkondan, 2002; Moreno et al., 2000; Tomé et al., 2000; Donahaye et al., 1996). Elias (2002) reforça que o armazenamento hermético de grãos secos é

baseado na redução do oxigênio disponível no ecossistema de armazenamento a níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados, podendo essa redução ser obtida espontaneamente por meio do processo respiratório dos grãos e organismos existentes.

Segundo Nobre (2005), o café cereja descascado acondicionado em embalagens impermeáveis, como sacos de náilon com 40% de CO₂, sacos aluminizados a vácuo e sacos de náilon sem CO₂, apresentou os melhores resultados quanto à preservação da composição química, da cor e das características sensoriais, respectivamente.

Almeida & Morais (1997) observaram que o tipo de embalagem interfere na longevidade e na qualidade fisiológica de sementes de amendoim ao longo do armazenamento. Segundo estes autores, a embalagem impermeável com atmosfera modificada é superior à semi-impermeável e à permeável.

Tomé et al. (2000) concluíram que a utilização da atmosfera controlada com CO₂ e N₂ no controle de insetos não alterou as características tecnológicas do feijão, tais como, teor de água, capacidade de absorção de água, tempo de cozimento e índice de cor.

Segundo Marçallo (2006), a eficiência da atmosfera controlada com dióxido de carbono na manutenção do vigor e na germinação das sementes de milho depende do tempo de exposição e das concentrações do gás. As sementes de milho armazenadas por 45 dias sob atmosfera modificada com 90% e 75% de dióxido de carbono apresentaram, respectivamente, o melhor vigor e a melhor porcentagem de germinação. Já as sementes armazenadas por 60 dias sob atmosfera com 75% de dióxido de carbono tiveram o melhor vigor e potencial de germinação.

Na Argentina, Cardoso et al. (2007), Clemente et al. (2004) e Pozollo et al. (2005) vêm estudando uma nova técnica de armazenamento hermético com o

uso de silos tipo bolsa para vários produtos, como soja, milho, trigo e arroz. Já concluíram que ela proporciona a manutenção da qualidade dos grãos, mesmo quando armazenados com teores de água mais alto que o recomendando, uma vez que reduz a capacidade de reprodução e o desenvolvimento de insetos e fungos, bem como a própria atividade metabólica dos grãos, favorecendo a sua conservação.

Estudos realizados por Faroni et al. (2009) indicam que os silos tipo bolsa são uma alternativa viável para a armazenagem de grãos de soja com teor de água entre 13% e 17% (b.u.), sem causar alterações qualitativas no óleo obtido a partir desses grãos.

2.4 Alterações da qualidade do café no armazenamento

Aos cuidados tomados nas fases de pré e pós-colheita, devem-se somar cuidados especiais na fase de armazenamento dos grãos beneficiados, uma vez que os mesmos estão sujeitos a alterações físicas e químicas comprometedoras de sua qualidade (Leite et al., 1996).

São muitos os fatores que contribuem para a perda de qualidade e de quantidade dos alimentos. Dentre eles, destacam-se: características da espécie e da variedade, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e procedimento de colheita, método de secagem, processamento e práticas de armazenamento (Brooker et al., 1992). Segundo Khankari et al. (1994), a manutenção da qualidade dos grãos armazenados está relacionada, principalmente, com o teor de água do produto que exerce grande influência na variação de temperatura da massa de grãos.

A perda de matéria seca está associada à atividade respiratória dos grãos e pode estar intimamente relacionada à sua perda qualitativa. Segundo Alves et al. (2003), o aumento do teor de água induz ao aumento na taxa respiratória e na

taxa metabólica dos fungos presentes na superfície e no interior desses grãos, além da energia liberada, na forma de calor, que proporciona o aumento na temperatura da massa do produto.

Ribeiro et al. (2007) realizaram trabalho com o objetivo de quantificar a produção de CO₂ e a perda de matéria seca em função do teor de água dos grãos de café *Coffea arabica* L., armazenados em diferentes temperaturas. Estes autores concluíram que a produção de CO₂ e a perda de matéria seca tendem a crescer com o aumento do teor de água e da temperatura de armazenamento.

Coelho et al. (2001) avaliaram a qualidade do café em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens: sacos de polietileno, sacos de aniagem e recipientes herméticos de alumínio. Estes autores afirmaram que qualquer fator ambiente que altere a estrutura da membrana celular pode provocar rápida deterioração dos grãos. Concluíram que, quando os grãos são armazenados em sacos de aniagem, ocorre maior variação do teor de água e também maiores perdas de matéria seca durante o armazenamento.

A mudança de coloração que ocorre nos grãos de café durante o armazenamento é um fenômeno conhecido como branqueamento, no qual a cor verde-azulada muda gradualmente para verde-amarelada, amarela ou totalmente esbranquiçada. A intensidade do branqueamento está diretamente relacionada com as condições ambientes e fatores, como injúrias sofridas pelos grãos, luz, umidade relativa, temperatura, teor de água, tempo de armazenagem e tipo de embalagem (Nobre, 2005; Afonso Júnior & Corrêa, 2003; Godinho et al., 2000; Leite et al., 1999; Teixeira et al., 1977; Bacchi, 1962).

Vilela et al. (2000), estudando a alteração da cor de grãos de café durante o armazenamento, combinando níveis de temperatura (10°, 20°, 30° e 40°C) com umidade relativa de (52%, 67%, 75% e 85%), verificaram perda de cor à

medida que houve aumento de umidade relativa e da temperatura do ar ambiente.

Segundo Rigueira et al. (2007), a ausência de luz durante o período de armazenamento contribui para a manutenção da qualidade, principalmente no que se refere à bebida. Lopes et al. (2000) analisaram, durante o armazenamento, a influência da luz sobre a cor dos grãos e a qualidade de bebida de café beneficiado e verificaram que nem todos os comprimentos de onda têm efeito maléfico na qualidade. Somente no café exposto à luz branca e à luz transmitida nos comprimentos de onda da faixa do violeta-azul é que se podem verificar alterações na cor e na qualidade da bebida do café.

Em estudos sobre o efeito do tempo de armazenamento e de recipientes sobre a qualidade da bebida do café beneficiado, Teixeira et al. (1977) não notaram efeitos de embalagem nas amostras até o período de cinco meses de armazenamento. Nos demais períodos, em que o armazenamento se excedeu por 21 meses, notaram-se diferenças significativas, obtendo melhores resultados, quanto à cor dos grãos, para as amostras conservadas em sacos de plástico, que são impermeáveis ao vapor d'água e gases (CO₂ e O₂).

Vários autores (Rigueira et al., 2009; Nobre, 2005; Godinho et al., 2000; Afonso Júnior & Corrêa, 2003; Leite et al., 1999) observaram que, durante o período de armazenamento de cafés em coco e em pergaminho, houve menor variação na cor, quando comparados com o café beneficiado, pelo fato de os grãos não beneficiados estarem protegidos das variações ambientais.

Segundo Borém (2008), a cor dos grãos de café tem importância, do ponto de vista econômico, pois os grãos descoloridos recebem menor preço no mercado. Também, uma vez alterada a cor dos grãos de café, ele dificilmente retornará às características desejáveis iniciais. Deve-se, portanto, ter um rigoroso controle das condições ambientais com um sistema adequado de ventilação e

monitoramento do teor de água do café. Sempre que possível, o ambiente do armazém deve permanecer com umidade relativa abaixo de 70% e com a menor temperatura possível.

Em estudos realizados por Nobre (2005), foi observado que o uso da atmosfera artificial, comparativamente ao acondicionamento em sacos de juta, preservou a cor original do café por um ano, em embalagens a vácuo ou enriquecidas com CO₂.

Diversos pesquisadores têm utilizado, com frequência, análises físico-químicas e sensoriais, com o objetivo de avaliar as alterações da qualidade do café durante o armazenamento (Rigueira et al., 2009; Coradi et al., 2008; Reinato et al., 2007; Nobre et al., 2007; Afonso Júnior, 2001; Coelho et al., 2001; Godinho et al., 2000, Leite et al., 1996; Prete, 1992; Teixeira et al., 1977). Dependendo da temperatura e da umidade relativa do ambiente, do tipo de café e da forma de acondicionamento dos grãos, podem ocorrer diversas alterações durante o armazenamento. Merecem destaque o teor de açúcares, o teor de polifenóis, a acidez graxa, a acidez titulável total, os sólidos solúveis, assim como a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, indicadores da integridade da membrana.

Segundo Borém et al. (2008), Coradi et al. (2008) e Afonso Júnior (2001), a qualidade da bebida do café poderá ser afetada durante o armazenamento, devido à degradação dos compostos químicos e à geração de substâncias que conferem características indesejáveis ao paladar, afetando negativamente alguns atributos sensoriais (acidez, sabor, doçura e corpo).

As alterações que depreciam o café são mais acentuadas quando os grãos são acondicionados em sacos de juta, intensificando-se com o período de armazenamento e o aumento da temperatura e umidade relativa do ambiente (Nobre et al., 2007; Coelho et al., 2001; Vieira et al., 2001; Bacchi, 1962).

Alves et al. (2003), avaliando a qualidade de grãos de café durante o armazenamento, em várias localidades, verificaram queda de qualidade de bebida do café com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento.

Segundo Selmar et al. (2008), grãos de café com pergaminho armazenados em caixas herméticas mantêm a qualidade da bebida por até um ano de armazenamento. Harris & Miller (2008) verificaram que o armazenamento dos grãos beneficiados em sacos herméticos (GrainPro) ou em armazéns com controle das variáveis ambientais é eficaz na preservação da qualidade do café a longo prazo.

Borém et al. (2008) observaram que o acondicionamento do café em embalagens impermeáveis (sacos de náilon, sacos de náilon com 40% de CO₂ e sacos aluminizados a vácuo) apresentou capacidade de preservar a qualidade de bebida do café cereja descascado por 360 dias. Já os cafés acondicionados em embalagens permeáveis (sacos de juta e sacos de juta com casca de café picada) apresentaram alterações sensoriais que depreciaram a sua qualidade.

Alguns autores que já estudaram a variação dos açúcares durante o armazenamento relatam um decréscimo desses compostos ao longo do tempo (Coradi et al., 2007; Reinato et al., 2007; Afonso Júnior, 2001; Godinho et al., 2000). Uma das hipóteses prováveis para a redução dos teores de açúcares ao longo do armazenamento é a de que parte desses compostos seja metabolizada por microrganismos. Dessa maneira, espera-se que, quanto maior a deterioração do produto, maior será o consumo de açúcares, causando sua redução ao longo do armazenamento.

Afonso Júnior (2001) observou redução dos teores de açúcares não-redutores dos grãos de café com o aumento do período de armazenamento, relatando uma intensificação desta tendência de redução a partir de 12 meses, independente das condições de armazenamento. Silva et al. (2001) verificaram

teores mais altos de açúcares redutores no café armazenado em coco em relação ao armazenado beneficiado, cujos teores declinaram a partir do quarto mês de armazenamento. Os teores de açúcares totais e não redutores não variaram com o armazenamento entre os cafés em coco e beneficiado.

Os compostos fenólicos contribuem de maneira altamente significativa para o sabor do café, sendo responsáveis pelo sabor adstringente. Segundo Afonso Júnior (2001), a armazenagem dos grãos de café em ambiente com temperatura controlada de 15°C não apresentou vantagens, tendo os teores dos compostos fenólicos totais aumentado com o tempo de armazenagem. Entretanto, Rigueira et al. (2009) verificaram que, na condição de resfriamento, a 15°C, os compostos fenólicos dos grãos de café foram mantidos durante o período de 180 dias.

Leite et al. (1996) notaram que os compostos fenólicos decresceram aos quatro meses de armazenamento e aumentaram aos sete meses, tornando-se constantes até o final do período de armazenagem. Essa variação foi atribuída à variação do teor de água, ou seja, no sétimo mês, quando o teor de água do café aumentou, houve um aumento no teor desses compostos. Godinho et al. (2000) observaram também flutuações nos valores dos compostos fenólicos durante o período de armazenamento, não havendo diferenças entre o café armazenado em coco e o beneficiado.

Segundo Coradi et al. (2008), a condição de armazenamento com temperaturas e umidades relativas mais elevadas provoca maior deterioração do café, causando perda de qualidade da bebida devido à elevação da acidez graxa, quando o café foi armazenado em ambiente com umidade relativa de 80%.

Nobre et al. (2007) avaliaram os valores de acidez titulável total do café beneficiado e com pergaminho e concluíram que os cafés beneficiados, acondicionados em embalagens a vácuo, apresentaram os menores valores,

enquanto os cafés com pergaminho, acondicionados em sacos de juta, foram os que apresentaram os maiores valores ao final do armazenamento.

Ao estudarem o efeito do armazenamento em café beneficiado acondicionados em sacos de polietileno, sacos de anagem e recipientes herméticos de alumínio, Coelho et al. (2001) concluíram que ocorreu acidificação dos grãos de café armazenados, com queda nos valores de pH e aumento nos valores de acidez titulável e aumento no teor de potássio lixiviado, indicando provável degeneração de paredes celulares.

Observando o comportamento da lixiviação de potássio e condutividade elétrica, durante o armazenamento, vários autores concluíram que ocorre uma maior deterioração das membranas celulares com o aumento do tempo de armazenagem, tendo como consequência, um aumento significativo das quantidades de íons lixiviados (Rigueira et al., 2009; Rodrigues, 2009; Nobre et al., 2007; Corrêa et al., 2003; Coelho et al., 2001; Silva et al., 2001) Rigueira et al. (2009) avaliaram a condutividade elétrica dos grãos de café armazenados em pergaminho e concluíram que os valores se mantiveram constantes durante o período de armazenamento na condição de resfriamento a 15°C, enquanto que, a 25°C, aos 150 dias, a condutividade elétrica aumentou. Os valores de potássio lixiviado em grãos armazenados a 15°C, foram significativamente menores quando comparados à condição de armazém convencional.

Segundo Nobre et al. (2007), cafés em pergaminho acondicionados a vácuo apresentaram os menores valores de lixiviação de potássio ao final do armazenamento. Os cafés beneficiados acondicionados em embalagens impermeáveis apresentaram os menores valores de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio, após 270 dias de armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no armazém da Sociedade de Armazenamento e Agricultura Ltda. (SAAG), na cidade de Santana da Vargem, na região Sul de Minas Gerais.

Foi utilizado um lote de café (*Coffea arabica* L.) da safra 2008, cedido pela SAAG, caracterizado como café de boa qualidade, peneiras 17 e 18, tipo 3 quanto à classificação por defeitos e bebida com nota mínima de 80 pontos, conforme a escala da “Specialty Coffee Association of America” (SCCA).

3.1 Caracterização e implantação do experimento

Os grãos de café foram acondicionados em diferentes embalagens saco de juta convencional com capacidade de 60 kg, saco de juta revestido internamente com saco plástico (GrainPro™) com capacidade de 60 kg, e big-bag revestido internamente (“Bolsas herméticas, patente depositada no INPI sob o nº 014090004178”) sem injeção de CO₂ e com injeção de até 60% de CO₂.

Para se garantir a hermeticidade do saco de juta revestido, a extremidade do saco plástico “GrainPro™” foi devidamente lacrada.

O big-bag revestido hermético, com capacidade de 840 kg, foi confeccionado a partir de big-bag convencionais, colocando no interior destes um revestimento com lona plástica de alta resistência constituída por duas camadas de polietileno de alta densidade e uma camada de PVC (conforme especificado na patente depositada no INPI sob o nº 014090004178) que conferem impermeabilidade a água e gases como dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂). O revestimento interno foi confeccionado nas dimensões de 1,00 x 1,10 x 1,30m e tinham sistema de válvulas para a injeção, distribuição, monitoramento e reposição do dióxido de carbono (CO₂), até

atingir o nível de 60% de CO₂ no seu interior. Além da impermeabilidade conferida pelo revestimento interno, o big-bag hermético apresentava resistência à tração mecânica, conferida pelo revestimento externo de náilon (Figura 1).

O dióxido de carbono (CO₂) foi injetado na posição inferior dentro do big-bag revestido, de forma que expulsava progressivamente para o exterior o ar intergranular, até que a concentração de CO₂ atingisse o nível desejado de 60%, medido pelo equipamento Anagas - CD98 (Figura 2).

O monitoramento da concentração de CO₂ foi realizado quinzenalmente em todos os tratamentos. No big-bag hermético com injeção de CO₂, a reposição era realizada sempre que se detectava redução do nível do gás, mantendo-se, assim, constante a concentração da atmosfera dentro do big-bag revestido.

O café foi armazenado por 12 meses e os valores da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente foram registradas diariamente, por meio de um termo-higrógrafo instalado no interior do armazém, próximo à área do experimento.



FIGURA 1 Área experimental: (a) distribuição do big-bag revestido com sistema de injeção de CO₂; (b) big-bag revestido sem injeção de CO₂; (c) pilha contendo sacos de juta e sacos de juta revestido; (d) termo-higrógrafo.



FIGURA 2 Saco de juta revestido internamente com saco plástico (GrainPro™), com capacidade de 60 kg.

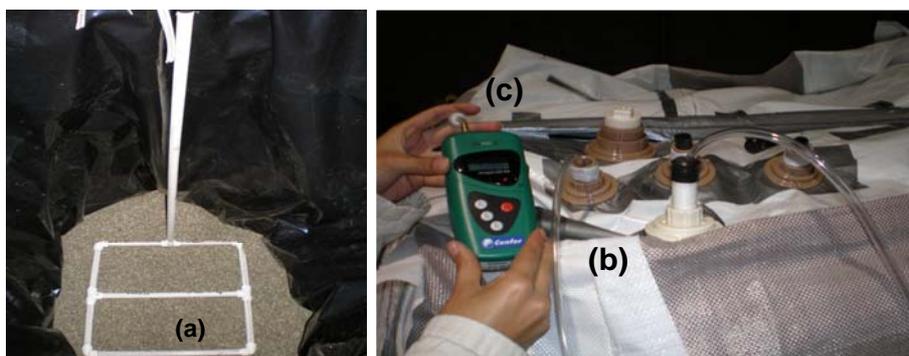


FIGURA 3 Sistema de válvulas para distribuição do CO₂ (a); monitoramento e reposição da concentração de CO₂ no interior do big-bag revestido (b); anagás (c).

3.2 Amostragem

A amostragem foi realizada nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento. No saco de juta, a amostragem foi realizada com calorador simples, perfurando-se a embalagem em pontos determinados lateralmente na parte mediana e nos extremos da embalagem (Figura 3a). Para a amostragem dos sacos de juta revestidos, foi necessário, inicialmente, posicionar os sacos na vertical, retirar o lacre, para então ser introduzido o calorador composto

verticalmente no centro e nas diagonais (Figura 3b). A amostragem nos big-bag revestidos (com e sem injeção de CO₂) foi realizada em dois pontos extremos da diagonal da superfície superior, com calador composto introduzido em três posições (camada), a 0,30 m (superior), a 0,60 m (mediana) e a 1,00 m (inferior) de profundidade. As amostras compostas foram formadas pelas amostras simples coletadas dentro da respectiva posição de cada big-bag. A quantidade amostrada para a realização de todas as análises foi em torno de 600 g para cada embalagem.

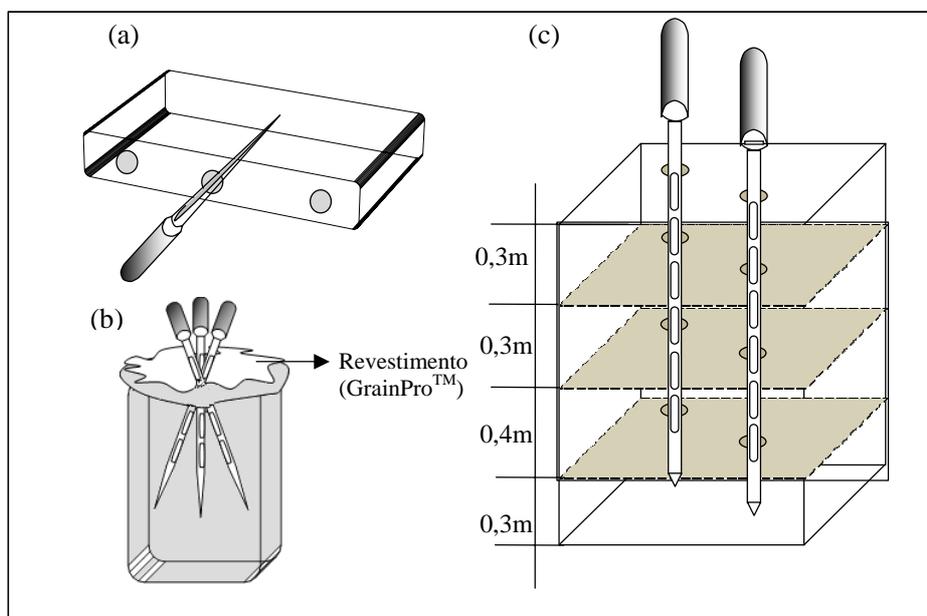


FIGURA 4 Ilustração da amostragem em saco de juta (a), saco de juta revestido (b) e big-bag revestido (c).

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Neste trabalho foi estudado o efeito do método de acondicionamento de café beneficiado grão cru com o tempo de armazenamento. O experimento foi

instalado segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas constituíram-se de um esquema fatorial 2 x 3 (big-bag revestido internamente com e sem injeção de CO₂ e três posições de amostragem: superior, mediana e inferior). Além dos tratamentos referentes ao fatorial, foram estudados dois tratamentos adicionais: armazenamento em saco de juta revestido e armazenamento em sacos de juta convencional. Assim, foi estudado o efeito de oito tratamentos, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 Tratamentos para avaliação da qualidade do café ao longo do armazenamento.

Tratamentos em esquema fatorial		
Embalagem	Posição	CO ₂
Big-bag revestido	superior	Com
Big-bag revestido	mediana	Com
Big-bag revestido	inferior	com
Big-bag revestido	superior	sem
Big-bag revestido	mediana	sem
Big-bag revestido	inferior	sem
Tratamentos adicionais		
Saco de juta convencional		
Saco de juta revestido		

3.4 Caracterização da qualidade

A qualidade do café foi avaliada por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e as análises químicas e sensoriais no Laboratório de Qualidade do Café da Epamig em Lavras, MG e no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café da UFLA.

As análises foram realizadas em laboratório, com triplicatas retiradas das parcelas experimentais.

Todas as análises foram realizadas nas porções das amostras de grãos classificados em peneira 17 e 18, descartando-se grãos mocas e grãos defeituosos (brocado, verde, concha, miolo de concha, quebrado), evitando-se, assim, a interferência de efeitos externos aos tratamentos aplicados.

A avaliação das variáveis físicas, químicas e sensoriais foi realizada nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, com exceção da variável química teor de acidez graxa que foi analisada apenas nos tempos 0, 6 e 12 meses.

3.4.1 Teor de água

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado pelo método de estufa, a $105\pm 1^\circ\text{C}$, por $16\pm 0,5$ horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (International Organization for Standardization – ISO, 1999).

3.4.2 Massa específica aparente

A massa específica aparente dos grãos de café beneficiado, em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, foi determinada por meio de uma balança de peso hectolítrico com capacidade para um quarto de litro, com resolução de 0,01 g (Rodrigues, 2009).

3.4.3 Massa de mil grãos

Para quantificar a perda de matéria seca durante o armazenamento, foi utilizada a metodologia da massa de 1.000 grãos, descrita nas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992).

3.4.4 Avaliação da cor

A cor dos grãos crus de café foi determinada pelo colorímetro Minolta modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b, conforme descrito por Nobre (2005). As amostras foram colocadas em placas de Petri e, para cada repetição, foram realizadas cinco leituras nos quatro pontos cardeais e uma no ponto central da placa. As determinações da cor foram realizadas por ocasião de cada tempo de avaliação do experimento.

3.4.5 Acidez titulável total

A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, adaptando-se à metodologia citada pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990). Foram pesados dois gramas da amostra de café moído e adicionados 50 ml de água destilada, agitando-se por uma hora. Em seguida, realizou-se a filtração em papel de filtro e retiraram-se 5 ml da solução filtrada, colocando-a em um erlenmeyer, com cerca de 50 ml de água destilada. Acrescentaram-se três gotas de fenolftaleína e, em seguida, titulou-se até a viragem com NaOH 0,1N. O resultado foi expresso em ml de NaOH 0,1N, por 100g de amostra

3.4.6 Acidez graxa

A acidez graxa foi determinada por titulação, de acordo com o método descrito pela American Association of Cereal Chemists – AACC (1995). Foram pesados 40g da amostra de café moído e adicionados 100 mL de tolueno, colocando-se para agitar durante 1 hora e 30 minutos. Em seguida, realizou-se a filtração com papel de filtro. Misturaram-se, em um erlenmeyer, 25 mL da solução filtrada com 25 mL de etanol (95% v/v) mais fenolftaleína (0,04% m/v) e, em seguida, titulou-se a solução com (KOH), na concentração de 0,025 mol.L⁻¹

¹, até atingir o ponto de virada. O resultado do teor da acidez graxa foi expresso em mL de KOH⁻¹ 100g de MS, calculado de acordo com as equações 1 e 2.

$$MS = [(1 - U) \times 40g] \quad (1)$$

$$AG = [(V \times 100) / MS] \quad (2)$$

em que

MS - massa da amostra seca (g);

U - teor de água em base úmida (%)

V - volume gasto de KOH na titulação (extrato + indicador), em mL;

AG - acidez graxa (mL de KOH/100 g de MS).

3.4.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Krzyzanowsky et al. (1991). Foram utilizados 50 grãos de cada parcela, os quais foram pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água destilada no interior de copos plásticos de 180mL de capacidade. Em seguida, esses recipientes foram levados à estufa com ventilação forçada regulada para 25°C, por cinco horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da água de embebição em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de grãos.

3.4.8 Lixiviação de potássio

A lixiviação de íons de potássio foi realizada nos grãos crus, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado. A leitura foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002.

Com os dados obtidos, foi calculada a quantidade de potássio lixiviado, expressando-se o resultado em ppm.

3.4.9 Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinado pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). Os açúcares não-redutores foram determinados pela diferença entre os açúcares totais e os redutores.

3.4.10 Polifenóis

Os polifenóis foram extraídos pelo método de Goldstein & Swain (1963), utilizando como extrator o metanol 50% (U/V) e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem na matéria seca.

3.4.11 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por Juízes Certificados pela SCAA. Foi utilizado o protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (1986), para avaliação sensorial de cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, uniformidade, xícara limpa, balanço e impressão global. Foi utilizada torra moderadamente leve, com coloração correspondente a 58 pontos da escala Agtron, para o grão inteiro, e 63 pontos para o grão moído, com tolerância de ± 1 ponto.

A torra das amostras foi realizada com 100g de grãos peneira 17 e 18, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torração não fosse inferior a

8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação.

O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 Escala de classificação, baseada na nota final da análise sensorial, segundo protocolo da SCAA.

Pontuação total	Descrição especial	Classificação
95-100	Exemplar	Especialidade <i>Super Premium</i>
90-94	Excepcional	Especialidade <i>Premium</i>
85-89	Excelente	Especialidade
80-84	Muito bom	Especial
75-79	Bom	Qualidade boa normal
70-74	Fraco	Qualidade média

Em cada avaliação sensorial foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada amostra, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição, totalizando três repetições por tratamento. Os resultados finais da avaliação sensorial foram constituídos pela soma de todos os atributos.

3.4.12 Análise qualitativa

Ao final do experimento, com o objetivo de validar comercialmente os resultados da pesquisa, após 12 meses de armazenamento, foi realizada uma avaliação qualitativa da cor e sensorial dos grãos de café nos seguintes tratamentos: big-bag revestido com e sem injeção de CO₂ na posição superior e mediana, e adicionais saco de juta e juta revestido.

A avaliação qualitativa da cor foi realizada por um grupo de 13 classificadores treinados que atribuíram as denominações verde-azulada, verde, amarelada, manchada e branqueada às amostras codificadas.

O painel sensorial foi composto por um grupo de 13 degustadores treinados, juízes da SCAA, que atuam comercialmente em diferentes regiões produtoras de café do Brasil. Foram utilizadas denominações de safra atual e safra remanescente para café velho, termos adotados comercialmente na análise sensorial de café, em que as características mais frequentes na identificação de amostras com sabor de safra remanescente são palha, madeira e papel.

3.5 Análise estatística

Para cada variável estudada, foram efetuadas duas análises de variância, considerando o esquema fatorial $(2 \times 3) + 1$ para cada tratamento adicional, com o tempo na subparcela, conforme esquema apresentado na Tabela 3. No caso de interações significativas, procedeu-se ao desdobramento das mesmas. Quando necessário, foi utilizado o teste de Tukey no estudo do fator posição. Para os tempos de avaliação, foram ajustadas curvas de regressão para cada variável, em função do período de armazenamento. Na comparação das embalagens (big-bag revestido com e sem CO₂), o teste F da análise de variância foi suficiente, pois este fator tem apenas dois níveis.

Na descrição dos resultados da análise qualitativa da coloração e avaliação sensorial do sabor do café, foram utilizados gráficos de frequência.

TABELA 3 Esquema da análise de variância das variáveis estudadas para ambos os tratamentos adicionais.

Fonte de variação	GL
Embalagem (E)	1
Posição (P)	2
E x P	2
Fatorial x Adicional	1
Tempo (T)	4
E x T	4
P x T	8
E x P x T	8
(Fatorial x Adicional) x T	4
Erro	(104)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do ambiente de armazenamento

As variações da temperatura e de umidade relativa do ambiente de armazenamento, durante o período do experimento, podem ser observadas no gráfico da Figura 5.

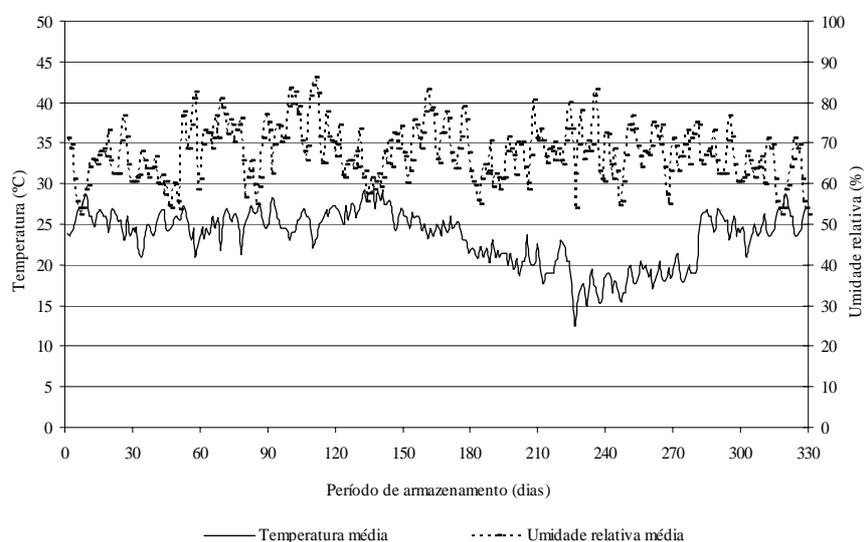


FIGURA 5 Valores médios diários da temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento. SAAG, Santana da Vargem, MG, outubro de 2008 a setembro de 2009.

O armazenamento ocorreu em condições naturais, sem qualquer controle sobre as características do ar ambiente, observando-se que a temperatura e a umidade relativa variaram naturalmente em decorrência das variações climáticas (Figura 5). Nos primeiros 180 dias de armazenamento, ocorreram os valores

mais elevados de temperatura e umidade relativa (outubro de 2008 a abril de 2009). Nesse período, a temperatura média ambiente oscilou entre 22° e 30°C e a umidade relativa entre 60% a 85%. Para essas condições, segundo Borém (2008), o teor de água de equilíbrio para o café beneficiado pode variar entre 9,9% (b.u), correspondendo à condição ambiental de 30°C e 60% UR, a 18,7%, que corresponde à condição ambiental de 25°C e 80% de UR.

No período seguinte, entre 180 e 270 dias, foram observadas temperaturas mais baixas, em média inferiores a 20°C e a umidade relativa oscilou entre 60% e 80%. Para um mesmo valor de umidade relativa ambiente, quanto menor a temperatura maiores serão os valores do teor de água de equilíbrio.

No mês de setembro de 2009, correspondendo aos últimos 30 dias do experimento, as condições ambientais retomaram as mesmas características do início do armazenamento.

Como o trabalho envolveu o estudo de embalagens permeáveis e impermeáveis à água, esperava-se que o teor de água do café beneficiado variasse, durante o armazenamento, distintamente para cada tipo de embalagem, em decorrência das variações das condições ambientais, com maior proteção nas embalagens impermeáveis.

4.2 Determinação da concentração de dióxido de carbono

Os valores médios mensais da concentração de dióxido de carbono (CO₂) dentro do big-bag revestido com injeção de CO₂, durante o período de armazenamento, está representado no gráfico da Figura 6.

A atmosfera controlada aplicada neste trabalho, com injeção de CO₂ até atingir a concentração de 60% no interior do big-bag revestido, baseia-se na redução dos níveis de O₂ e no aumento dos níveis de CO₂. Dessa maneira, reduz

a taxa de respiração do produto e, conseqüentemente, a perda de qualidade dos grãos de café, durante o período de armazenamento.

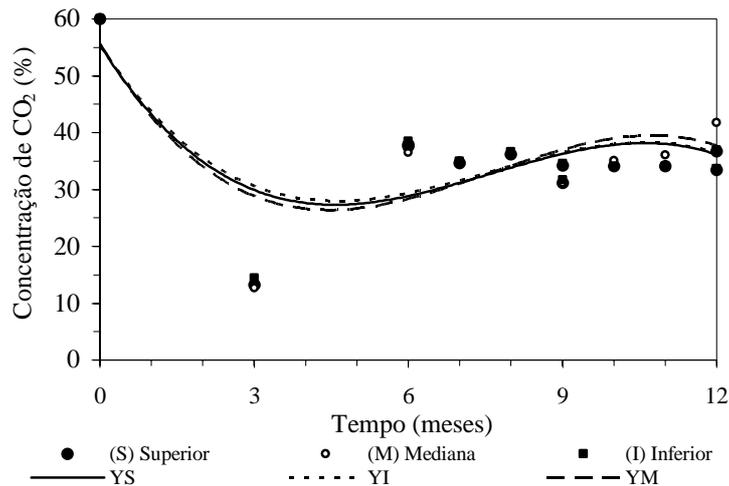


FIGURA 6 Representação gráfica das concentrações de dióxido de carbono nas posições superior (S), mediana (M) e inferior (I) do big-bag revestido com injeção de CO₂, durante o armazenamento.

No gráfico da Figura 6 verifica-se que ocorreram pequenas variações nos valores das concentrações de dióxido de carbono (CO₂), para as três posições, no interior do big-bag com injeção de CO₂, durante o armazenamento. Observa-se uma queda na concentração do gás no início até o terceiro mês de armazenamento, e uma estabilização, em torno de 40% até o final do período de armazenamento. Porém, nota-se que, a partir do nono mês de armazenamento, a posição mediana passou a apresentar valores superiores de dióxido de carbono, em torno de 2,00% a mais que as demais posições. Segundo White Martins (2009), uma propriedade físico-química relevante é a densidade do CO₂ em

relação ao ar, e um gás mais denso que o ar tende se acumular em níveis mais baixos. O dióxido de carbono é um gás incolor, inodoro e levemente ácido.

Apesar da hermeticidade do big-bag revestido não foi possível manter a concentração de CO₂ a 60% durante o armazenamento. A aparente redução e depois uma ligeira estabilização na concentração CO₂ verificado neste trabalho pode estar associada à sorção de CO₂ pelos grãos e algum vazamento do gás, já que o big-bag revestido é uma embalagem protótipo. Segundo Shunmugam et al. (2005) e Cofie-Agblor et al. (1995), quantidades significativas de CO₂ são sorvidas por grãos de trigo, canola e cevada e as taxas de sorção diminuem com o tempo até ocorrer um equilíbrio entre a concentração de CO₂ intra e intergranular, sendo esse equilíbrio dependente da concentração inicial de CO₂, do tipo de grão, da temperatura e do teor de água.

Os valores médios mensais da concentração de dióxido de carbono (CO₂) dentro do big-bag revestido sem injeção de CO₂, durante o período de armazenado, estão representados no gráfico da Figura 7.

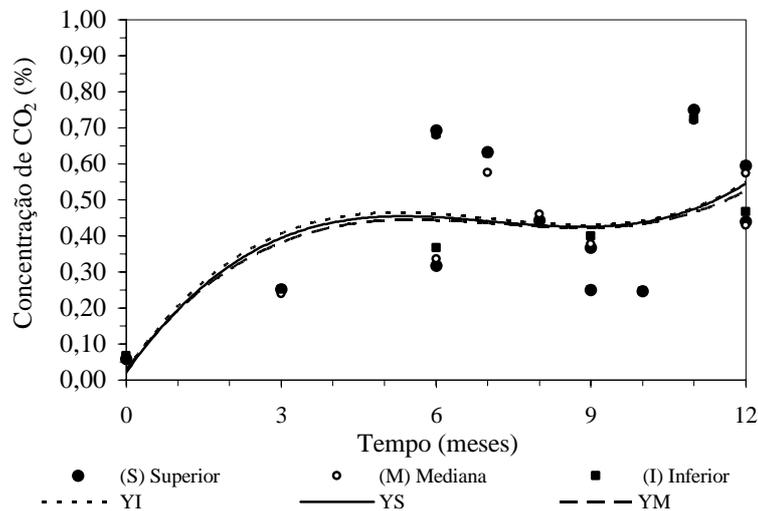


FIGURA 7 Representação gráfica das concentrações de dióxido de carbono nas posições superior (S), mediana (M) e inferior (I) do big-bag revestido sem injeção de CO₂, durante o armazenamento.

Pelo gráfico da Figura 7 verifica-se que, em geral, ocorreu elevação da concentração de dióxido de carbono no interior do big-bag revestido sem injeção de CO₂, independente da posição. Observa-se um aumento na concentração do gás no início do armazenamento, em média, de 0,05% para 0,45% e, a partir do terceiro mês, ligeira estabilização das concentrações até o nono mês de armazenamento. Posteriormente, na fase final do armazenamento, a concentração do gás aumenta, em média, para 0,55%.

O sistema aplicado no presente estudo foi a atmosfera modificada, na qual a atmosfera ao redor do produto se modifica lentamente durante o armazenamento, devido à impermeabilidade do big-bag revestido e à respiração dos grãos de café, tendo o mesmo objetivo da atmosfera controlada, qual seja, evitar a deterioração do produto e manter a qualidade dos grãos durante o armazenamento.

Pode-se verificar, no gráfico da Figura 7, que a concentração de CO₂ no interior do big-bag revestido foi, em média, 18 vezes maior que a de dióxido de carbono determinada na atmosfera natural, em torno de 0,03%.

4.3 Análises físicas

Os resultados da análise de variância para as variáveis teor de água, massa específica aparente e massa de mil grãos podem ser observados nas Tabelas 1A a 6A, no Anexo.

4.3.1 Teor de água

Na Figura 8 encontram-se os valores médios do teor de água dos grãos de café, em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento.

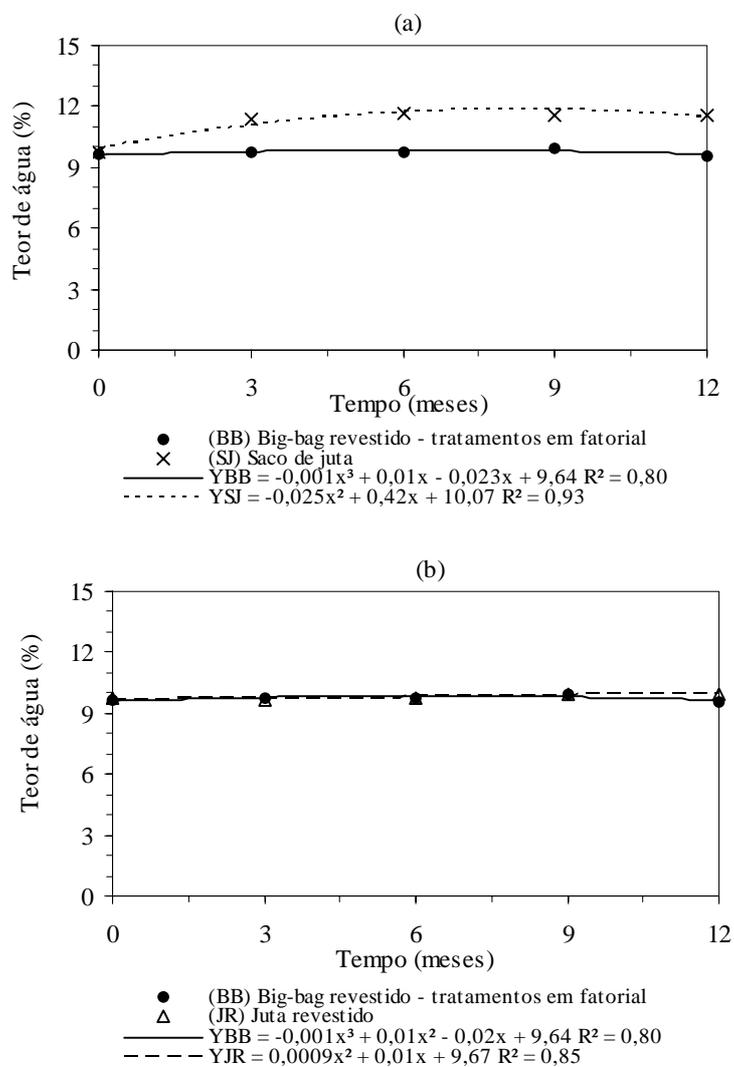


FIGURA 8 Representação gráfica das equações de regressão para o teor de água dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

Verifica-se, no gráfico da Figura 8a, que os grãos acondicionados em saco de juta apresentaram até o sexto mês de armazenamento, elevação no teor de água, aumentando, em média, de 9,80% para 11,40% (b.u.), mantendo-se em equilíbrio com a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente. Já no acondicionamento com embalagens impermeáveis, o teor de água manteve-se estável ao longo do armazenamento, em torno de 10% (Figura 8b). Esses valores encontram-se dentro da faixa aceitável de 10%-11% (b.u) apontada por Harris & Miller (2008) para armazenagem segura dos grãos de café. Esses autores verificaram que o café armazenado em GrainProTM (saco de juta revestido), durante quatro meses, foi eficiente na manutenção do teor de água dos grãos. Entretanto, os resultados deste estudo demonstram que é possível manter estável o teor de água dos grãos no armazenamento em big-bag revestido ou saco de juta revestido, por doze meses.

A elevação do teor de água no café beneficiado armazenado em sacos de juta pode comprometer sua qualidade. Segundo Vilela et al. (2000), o aumento do teor de água dos grãos de café durante o armazenamento proporciona alterações negativas na composição físico-química dos grãos.

4.3.2 Massa específica aparente e massa de mil grãos

A determinação da massa específica é um parâmetro para avaliação de qualidade adotado para padrões de classificação de alguns grãos agrícolas, principalmente na indústria de alimentos, como um indicador do rendimento no processamento e na qualidade final do produto.

Os valores médios da massa específica aparente dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 9.

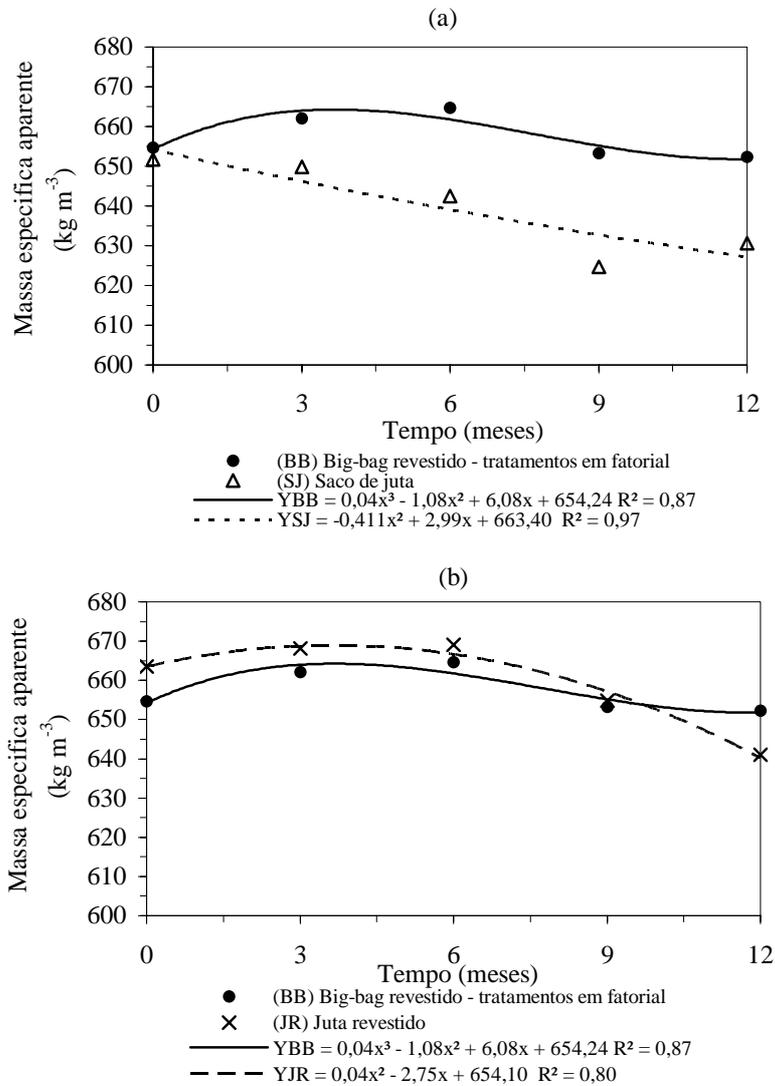


FIGURA 9 Representação gráfica das equações de regressão para a massa específica aparente dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

No gráfico da Figura 9a, verifica-se que a massa específica aparente do café acondicionado em saco de juta reduziu linearmente durante o armazenamento, variando de 651,80 a 630,66 kg.m⁻³. Nos sacos de juta revestido, a variação da massa específica foi melhor descrita por uma equação de segundo grau, com redução do valor inicial de 663,46 kg.m⁻³ para o valor final de 641,06 kg.m⁻³, após 12 meses (Figura 9b). No entanto, para o big-bag revestido, não houve redução relevante ao longo do período de armazenamento. Em média, os cafés armazenados em big-bag revestido apresentaram valores iniciais de 655,80 kg.m⁻³ e finais de 653,36 kg.m⁻³.

A massa específica aparente de grãos agrícolas geralmente diminui com o aumento do teor de água. Esse comportamento pode ser observado na comparação entre os gráficos da Figura 8a e o da Figura 9a.

Na Tabela 4 está representado o valor médio da massa de mil grãos de café, ao final do armazenamento.

TABELA 4 Valores médios, em g, da massa seca de mil grãos de café.

Tratamentos	Médias
Tratamentos em esquema fatorial	13,11 ^a
Tratamento adicional (saco de juta)	12,91 ^b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Observa-se, pelos dados da Tabela 4, que o valor médio da massa de mil grãos de café armazenado em big-bag revestido com e sem CO₂ apresentou maior valor, quando comparado ao produto acondicionado em saco de juta, na condição de armazenagem convencional. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho et al. (2001), verificando-se as maiores perdas de massa para os grãos de café armazenados em sacos de aniagem, quando comparado aos armazenados em embalagens impermeáveis.

A manutenção da qualidade do café está diretamente ligada ao metabolismo dos grãos, o qual será tanto mais intenso quanto maiores forem a temperatura, a umidade relativa do ambiente e os teores de água do produto (Afonso Júnior et al., 2004; Alves et al., 2003; Arêdes et al., 2002). Muir & White (2001) descrevem a importância do processo de respiração dos grãos e da microflora como fator determinante na deterioração do produto, visto que parte da matéria seca dos grãos é consumida durante o armazenamento.

As maiores reduções na massa específica e na massa seca de 1.000 grãos ocorreram nos tratamentos adicionais, especialmente no café acondicionado em sacos de juta, que apresentou menor barreira às trocas de umidade e de gases com o ambiente, além de menor proteção contra as variações da temperatura do ambiente de armazenamento.

A hermeticidade do método de armazenamento em big-bag revestido, provavelmente, promoveu a redução da atividade respiratória aeróbica dos grãos e, conseqüentemente, menor perda de matéria seca.

4.4 Análises químicas

Os resultados da análise de variância para condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez graxa, acidez titulável total, teor de açúcares totais, não-redutores e redutores e polifenóis estão apresentados nas Tabelas 7A a 22A, do Anexo.

4.4.1 Condutividade elétrica

Os valores médios da condutividade elétrica dos grãos de café, armazenados durante 12 meses e acondicionados em diferentes tipos de embalagens, estão representados nos gráficos das Figuras 10 e 11.

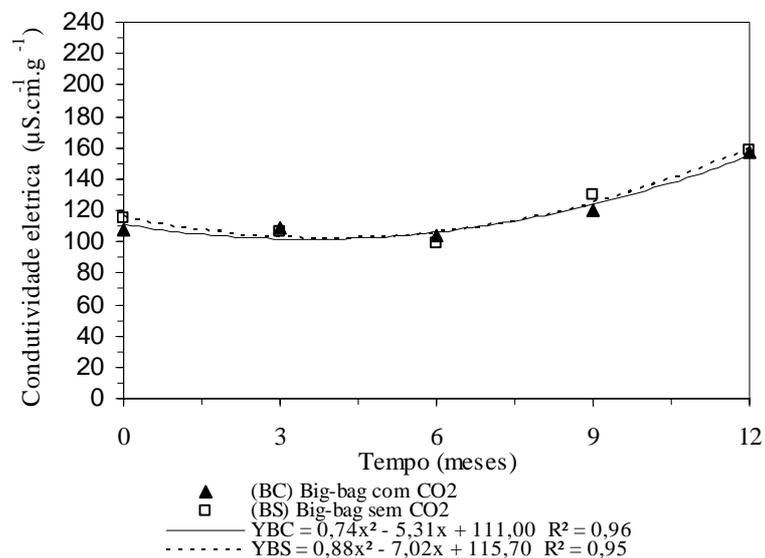


FIGURA 10 Representação gráfica e equações de regressão para a condutividade elétrica dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com e sem CO₂, durante o armazenamento.

Observa-se, na Figura 10, que o aumento dos valores médios da condutividade elétrica, durante todo o período de armazenamento, não dependeu do uso do CO₂ no big-bag revestido e que, a partir do sexto mês de armazenamento, os valores médios aumentaram significativamente em relação aos valores iniciais (Tabela A35, Anexo).

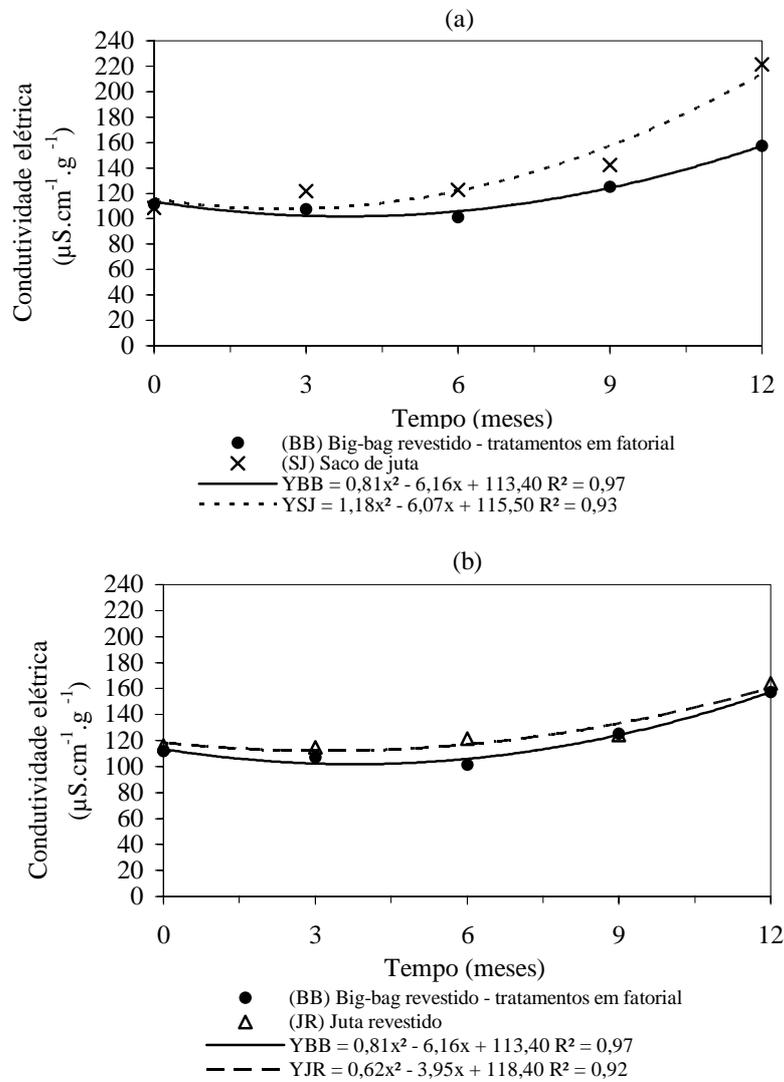


FIGURA 11 Representação gráfica das equações de regressão condutividade elétrica para a massa específica aparente dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

Entretanto, na Figura 11(a) e 11(b), observa-se que os valores médios da condutividade elétrica do café armazenado em saco de juta variaram significativamente em relação ao armazenado em sacos de juta revestida e big-bag revestido, sendo a principal variação observada a partir do sexto mês de armazenamento.

No início do armazenamento, os grãos de café de todos os tratamentos estudados, apresentavam valores de condutividade elétrica próximos de $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Entretanto, após 12 meses de armazenamento, enquanto nos acondicionamentos impermeáveis a condutividade elétrica atingiu valores próximos de $160 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, nos sacos de juta, eles foram superiores a $220 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Apesar de os resultados semelhantes na variação da condutividade elétrica das amostras de café armazenadas em big-bag revestido e sacos de juta revestidos (Figura 11b), os big-bag revestidos apresentam outras vantagens. Algumas dessas vantagens são a capacidade de armazenar até 1.200 kg de grãos e a conseqüente redução do custo operacional, maior resistência à tração mecânica e adaptação ao manuseio mecanizado, além da redução na necessidade de mão-de-obra no armazém.

O incremento da condutividade elétrica evidência a desorganização das membranas celulares com a subsequente perda de controle da permeabilidade e extravasamento de solutos, o que caracteriza a deterioração do café e perda de sua qualidade (Malta et al., 2005). Resultados semelhantes foram observados por Nobre et al. (2007), que relataram menores valores de condutividade elétrica ao final do armazenamento para os cafés beneficiados acondicionados em embalagens impermeáveis.

4.4.2 Lixiviação de potássio

Os valores médios de lixiviação de potássio dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento, estão representados nos gráficos das Figuras 12 e 13.

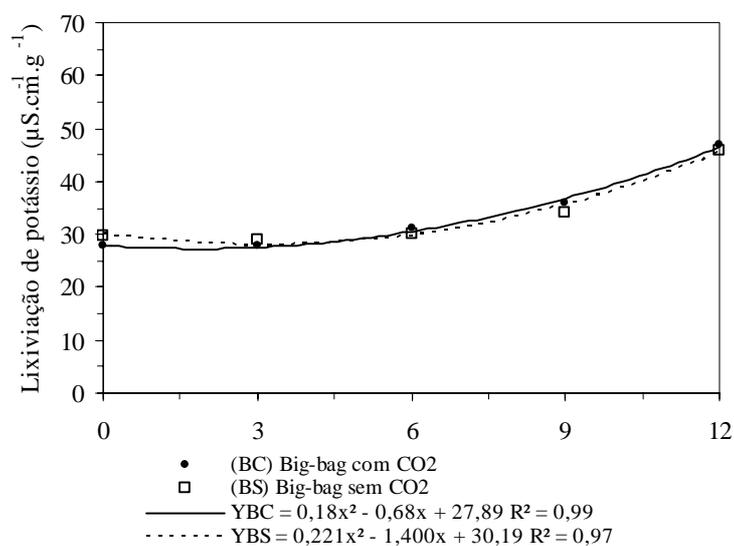


FIGURA 12 Representação gráfica e equações de regressão para a lixiviação de potássio dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com e sem CO₂, durante o armazenamento.

Verifica-se que os valores de lixiviação de potássio do café acondicionado em big-bag revestido aumentaram, independentemente do uso do dióxido de carbono, seguindo uma tendência quadrática ao longo do armazenamento, com o valor máximo observado aos 12 meses (Figura 12).

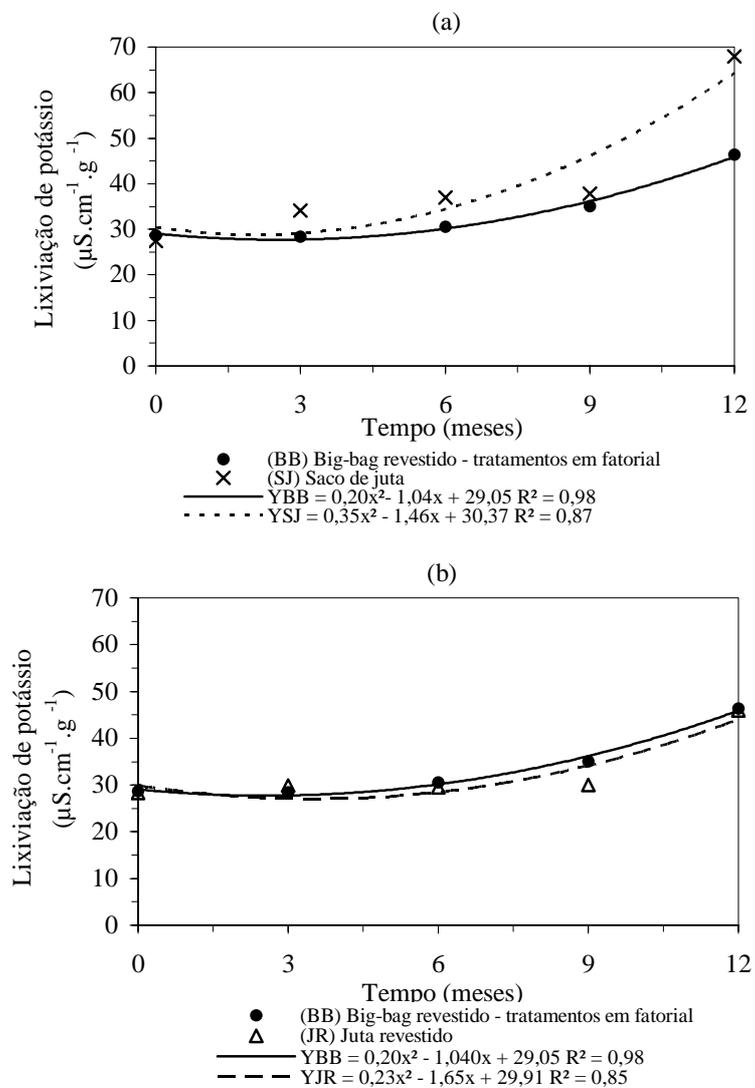


FIGURA 13 Representação gráfica das equações de regressão para a lixiviação de potássio dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

Observa-se, no gráfico da Figura 13, que, a partir do terceiro mês de armazenamento, ocorreu aumento nos valores de lixiviação em todos os tipos de acondicionamento. Porém, nota-se que, ao final do período do armazenamento, o café armazenado em saco de juta apresentou os maiores valores de lixiviação de potássio (Figura 13a). Esses resultados assemelham-se aos obtidos no teste de condutividade elétrica.

O teste de lixiviação de potássio, assim como o de condutividade elétrica, indica possíveis danos ao sistema de membranas celular (Prete, 1992). Nas embalagens permeáveis, por permitirem a absorção de água pelos grãos, podem ocorrer maiores níveis da atividade metabólica e, por consequência, maiores valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica, que estão relacionados com o processo de deterioração do café e sua perda de qualidade (Nobre et al., 2007; Coelho et al., 2001).

4.4.3 Acidez graxa

Os valores médios da acidez graxa dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento, estão representados nos gráficos das Figuras 14 e 15.

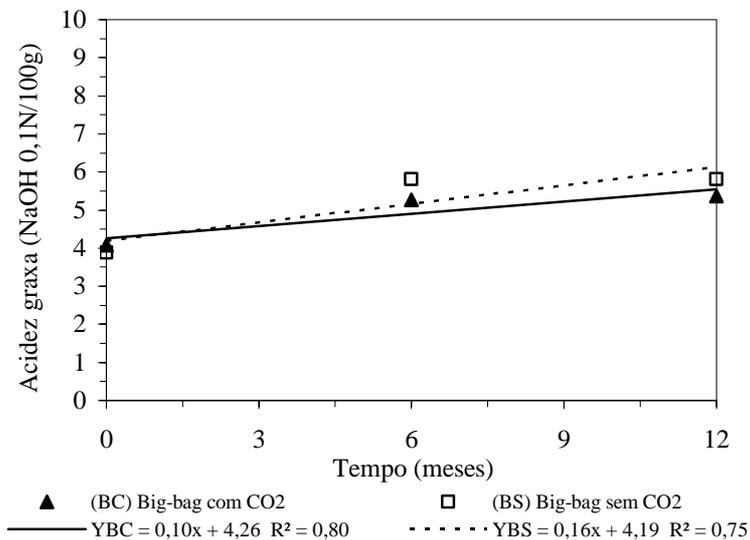


FIGURA 14 Representação gráfica e equações de regressão para a acidez graxa dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com e sem CO₂, durante o armazenamento.

No acondicionamento em big-bag revestido com ou sem CO₂ (Figura 14), verifica-se que a acidez graxa aumentou linearmente ao longo do armazenamento e, a partir do sexto mês, observaram-se, no big-bag sem CO₂, aumentos significativos (Tabela 38A em anexo) maiores em relação ao big-bag revestido com CO₂.

O teste de acidez graxa tem sido utilizado como indicador de alterações na qualidade de grãos, tendo em vista que os óleos são um dos primeiros compostos a serem oxidados nos grãos deteriorados (Coradi et al., 2008). Assim, os menores valores observados após 12 meses de armazenamento no big-bag revestido com injeção de CO₂ indicam melhor preservação do café.

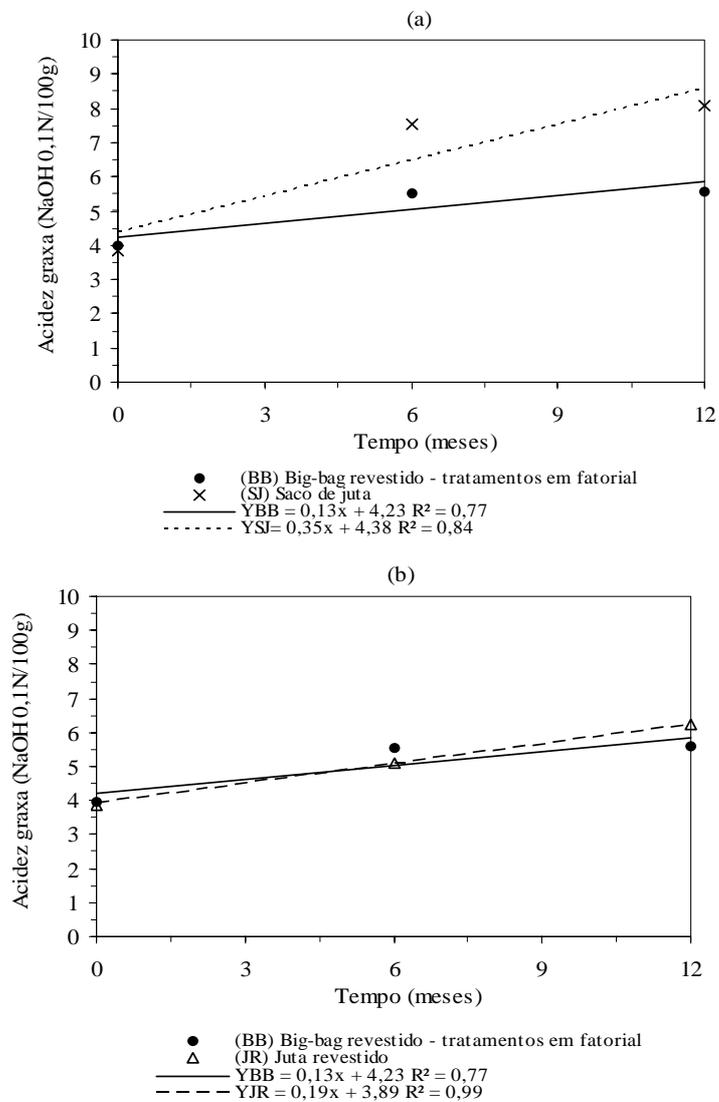


FIGURA 15 Representação gráfica das equações de regressão para a acidez graxa dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

Na Figura 15, verifica-se variação significativamente distinta dos valores médios da acidez graxa do café armazenado em sacos de juta em relação aos observados para os cafés armazenados em embalagens impermeáveis, de tal forma que, ao final do experimento, os grãos acondicionados em big-bag revestido apresentaram os menores valores de acidez graxa. Esses resultados indicam elevada viabilidade técnica do uso dessas embalagens na manutenção da qualidade do café ao longo do armazenamento.

4.4.4 Acidez titulável total

Os valores médios da acidez titulável total dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 16.

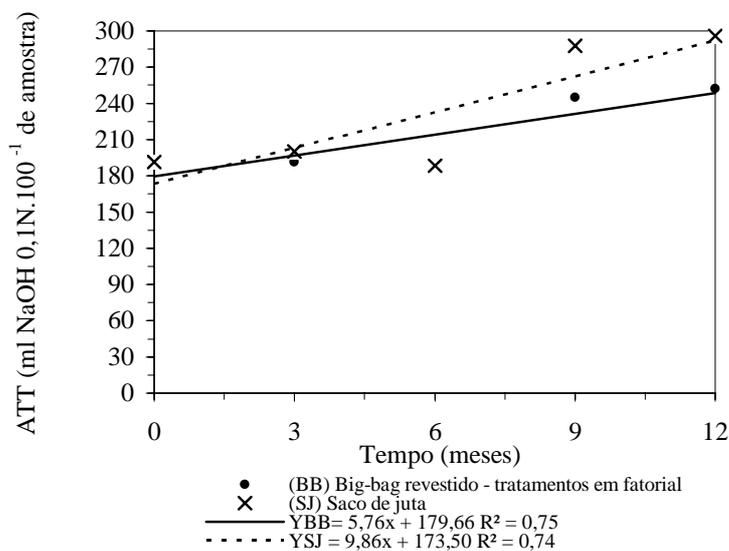


FIGURA 16 Representação gráfica e equações de regressão para a acidez titulável total dos grãos de café acondicionado em em big-bag (tratamentos em esquema fatorial) e saco de juta.

Segundo Coelho et al. (2001), o aumento nos índices de acidez titulável total durante o armazenamento pode ser indicativo da ocorrência de alterações indesejáveis durante o período de estocagem.

No gráfico da Figura 16 observa-se, para o big-bag revestido, aumento linear dos valores da acidez titulável total com o tempo. No entanto, verifica-se que os valores da acidez titulável total do café armazenado em saco de juta apresentou um aumento significativamente mais acentuado nos valores de acidez total ao longo do período de armazenamento, comparativamente aos valores observados no café armazenado em big-bag revestido.

Provavelmente, os maiores valores de acidez titulável total observado ao longo do período de armazenamento para o saco de juta está relacionado com o aumento da atividade metabólica decorrente da elevação do teor de água verificado nesse tipo de acondicionamento. Resultados semelhantes foram observados por Leite et al. (1996), concluindo que a acidez titulável total eleva-se com as trocas de umidade entre os grãos e o ambiente de armazenamento, promovendo alterações químicas no café armazenado.

4.4.5 Açúcares totais, não-redutores e redutores

Os valores médios dos teores de açúcares totais, não-redutores e redutores dos grãos de café armazenados em big-bag revestido durante 12 meses estão representados nos gráficos das Figuras 17, 18 e 19.

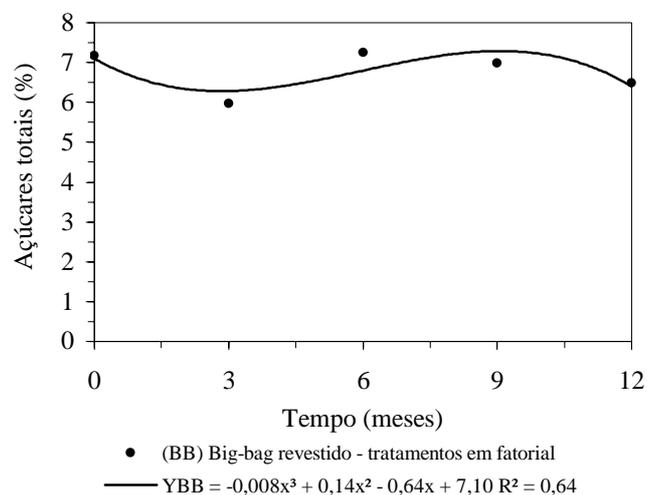


FIGURA 17 Representação gráfica e equações de regressão para os teores de açúcares totais dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), durante o armazenamento.

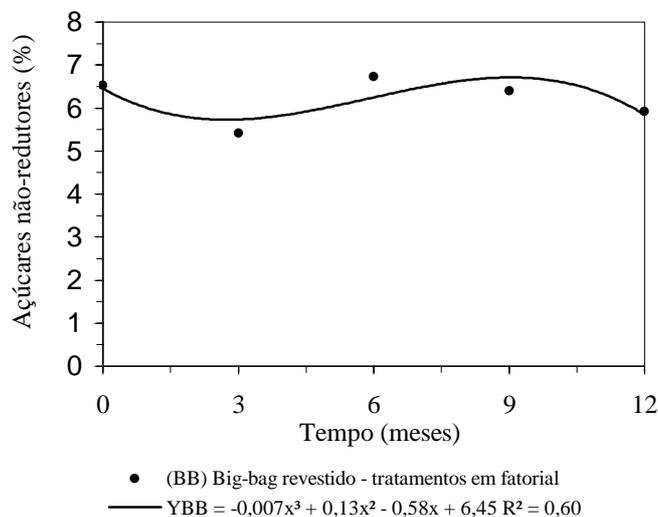


FIGURA 18 Representação gráfica e equações de regressão para os teores de açúcares não-redutores dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), durante o armazenamento.

Nos gráficos das Figuras 17 e 18 observa-se que os teores de açúcares totais e açúcares não-redutores apresentaram pequenas oscilações ao longo do armazenamento, não sendo possível estabelecer uma relação de aumento ou diminuição dessas variáveis com o modo de acondicionamento. Os valores determinados encontram-se dentro das faixas normais de variação, de 5% a 10% para os açúcares totais (Prete, 1992; Leite et al., 1996; Njoroge, 1987) e de 1,9% a 10% para não-redutores (Lopes, 2000; Abraham, 1992; Tressl et al., 1983).

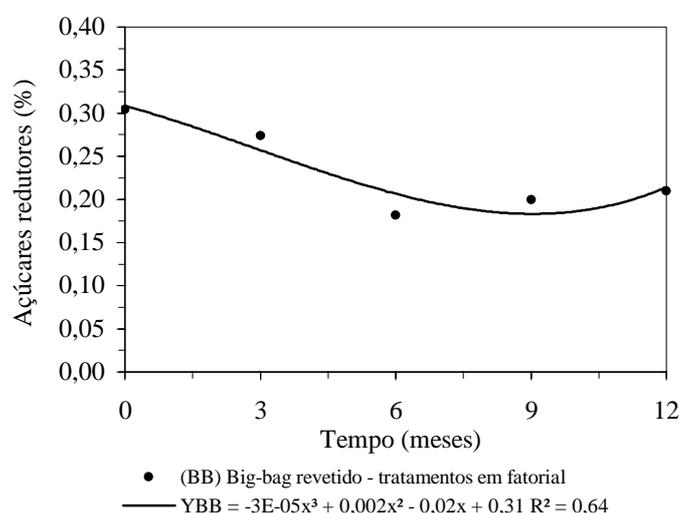


FIGURA 19 Representação gráfica e equações de regressão para os teores de açúcares redutores dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), durante o armazenamento.

Observa-se, no entanto, que os teores médios dos açúcares redutores (Figura 19) foram, gradativamente, reduzidos até o sexto mês para, em seguida, serem estabilizados até o final do armazenamento. Esses açúcares estão diretamente relacionados com a atividade respiratória dos grãos durante o armazenamento. Assim, a redução nos teores dos açúcares redutores está de

acordo com os resultados anteriores, que descrevem elevação da condutividade elétrica, lixiviação de potássio e acidez graxa, e redução da massa específica e massa de 1000 grãos. Tendo em vista que os valores encontram-se dentro da faixa de 0,1% a 1,0% (Pinto et al., 2002; Afonso Júnior, 2001; Njoroge, 1987), ainda que pequenas quantidades sejam consumidas na respiração, essas puderam ser notadas no teor total desses açúcares.

Lopes et al. (2000) afirmam que os açúcares estão associados à qualidade do café por estarem, juntamente com os aminoácidos e proteínas, correlacionados com a origem de vários compostos voláteis no café torrado. Porém, segundo Selmar et al. (2008), a perda progressiva do aroma do café, durante o armazenamento prolongado, pode estar correlacionado com a perda da viabilidade dos grãos e não com as mudanças na composição de açúcares e aminoácidos.

4.4.6 Polifenóis

Os valores médios dos compostos fenólicos dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 20.

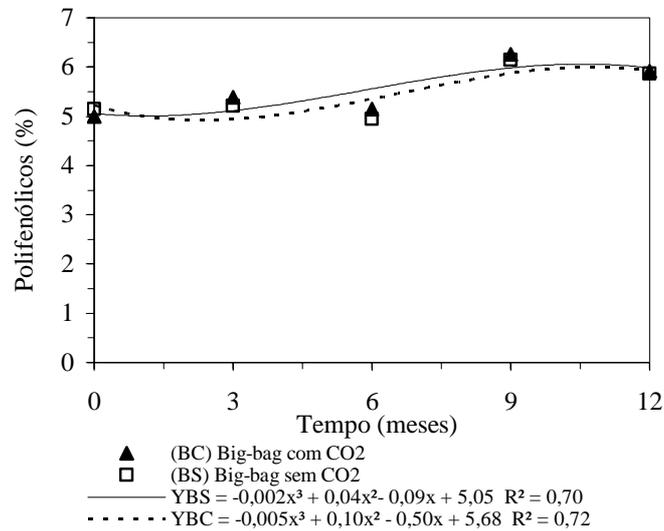


FIGURA 20 Representação gráfica e equações de regressão para os polifenólicos dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com e sem CO₂, durante o armazenamento.

No gráfico da Figura 20 observa-se que o acondicionamento com ou sem CO₂ apresentou a mesma tendência ao longo do armazenamento. Nota-se que, a partir do terceiro mês, ocorreu pequeno aumento nos valores médios dos polifenóis até o nono mês, mantendo-se, em seguida, constantes até o final do armazenamento.

Os valores de polifenóis verificados no final do período de armazenamento se manteve próximo ao valor quantificado no tempo zero. Vários autores também verificaram oscilações nos valores dos compostos fenólicos durante o período de armazenamento (Leite et al., 1996; Godinho et al., 2000; Rigueira et al., 2009), sem, no entanto, indicarem qualquer razão para essa observação.

4.5 Avaliação quantitativa da cor

Os resultados da análise de variância para as variáveis quantitativas da cor, coordenada (L), coordenada (a) e coordenada (b) podem ser observados nas Tabelas 23A a 28A, no Anexo.

Coordenada (L)

Os valores médios de luminosidade (L) dos grãos de café acondicionamento em big-bag revestido, ao longo do período de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 21.

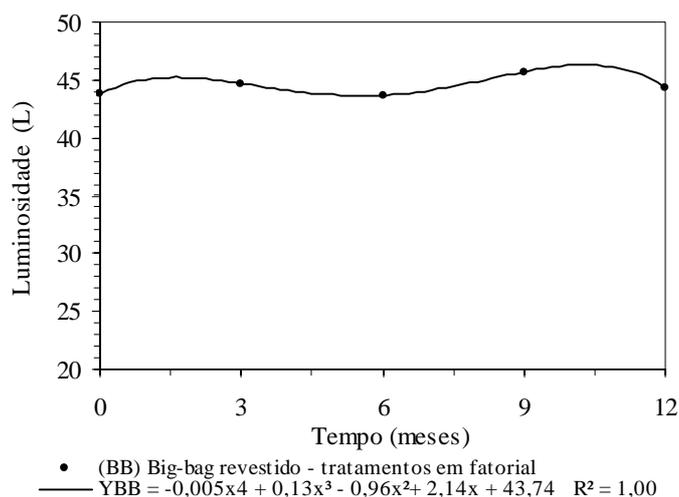


FIGURA 21 Representação gráfica e equações de regressão para a luminosidade dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), durante o armazenamento.

O branqueamento é um fenômeno conhecido durante o armazenamento dos grãos de café beneficiados e explicado pelo aumento da coordenada L (Bacchi, 1962).

No gráfico da Figura 21, observam-se pequenas oscilações nos valores de luminosidade ao longo do armazenamento. Nota-se que, aos 12 meses de armazenamento, o valor da coordenada (L) apresentou-se próximo ao determinado no início, indicando que grãos de café armazenados em big-bag revestido estão protegidos do branqueamento.

Segundo alguns autores (Nobre, 2005; Afonso Júnior & Corrêa, 2003; Godinho et al., 2000; Lopes et al., 2000), quando o café é armazenado com casca, esse fenômeno pode não ser observado, uma vez que os revestimentos externos do fruto contribuem para a sua proteção, reduzindo os possíveis efeitos ambientais. Entretanto, o armazenamento do café na sua forma em coco não é um método adotado comercialmente pelas cooperativas e armazéns gerais.

Coordenada (a)

Os valores médios da coordenada (a) dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 22.

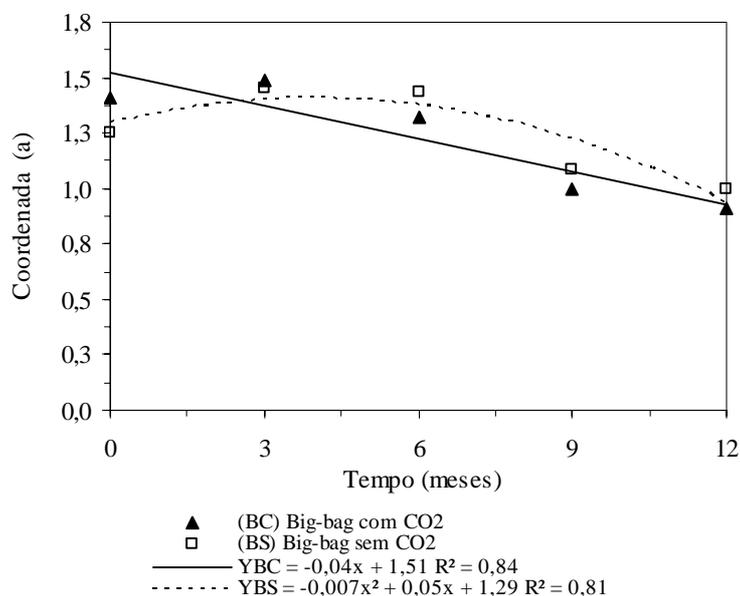


FIGURA 22 Representação gráfica e equações de regressão para a coordenada (a) dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com e sem CO₂, durante o armazenamento.

Observa-se, no gráfico da Figura 22, que o acondicionamento em big-bag sem CO₂ apresentou um pequeno aumento dos valores da coordenada (a) no início do armazenamento e, a partir do terceiro mês, redução até o final do período de armazenamento. Já o big-bag com CO₂ apresentou tendência linear e decrescente ao longo do período de armazenamento. Observa-se que, apesar da diferença significativa dos valores no tempo zero (Tabela 32A em anexo), aos 12 meses não houve diferença entre os acondicionamentos com e sem CO₂.

Neste trabalho, o acondicionamento em big-bag revestido promoveu um aumento na intensidade da cor verde dos grãos de café ao longo do armazenamento, indicado pela redução nos valores da coordenada (a). A manutenção ou a intensificação da coloração verde dos grãos de café durante o

armazenamento são de extrema importância, característica visual que muitas vezes determina maior aceitação do produto na comercialização.

Coordenada (b)

Os valores médios da coordenada (b) dos grãos de café em diferentes tipos de acondicionamento, ao longo do período de armazenamento, estão representados no gráfico da Figura 23.

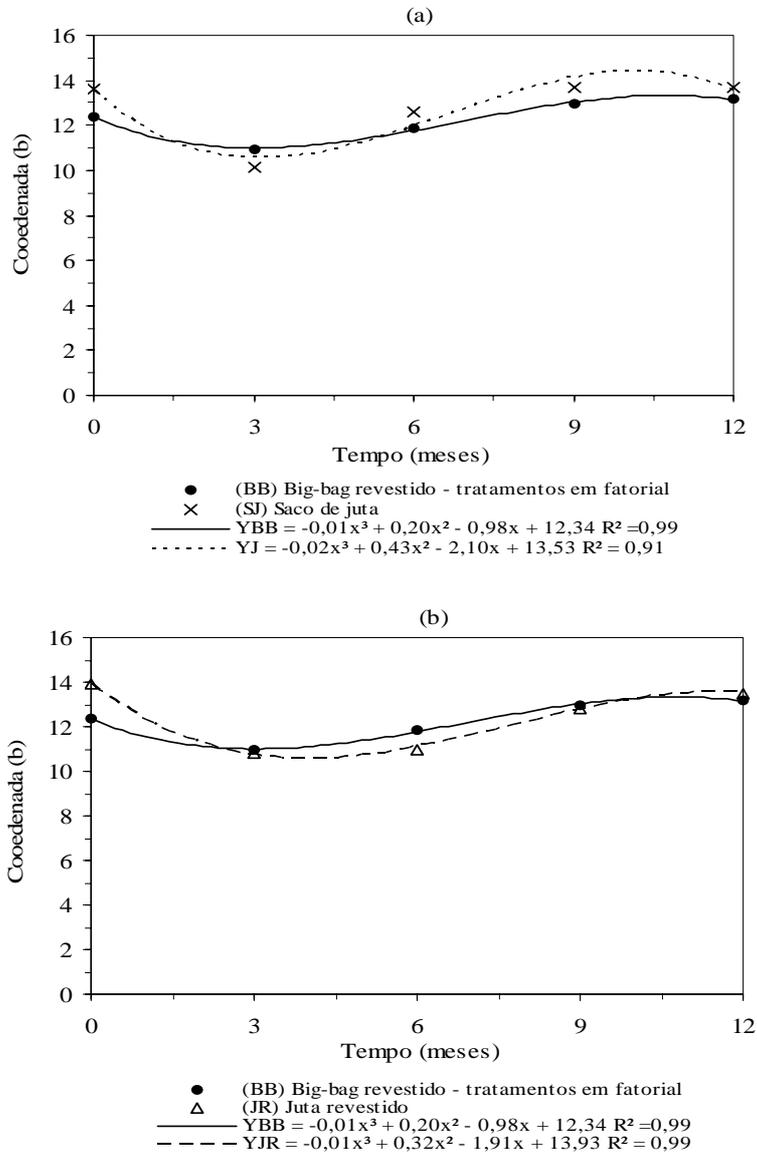


FIGURA 23 Representação gráfica das equações de regressão para a coordenada (b) dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

O aumento da coordenada (b) indica perda da cor azulada (Afonso Júnior & Corrêa, 2003). No gráfico da Figura 23 observa-se um pequeno aumento dos valores da coordenada (b) no acondicionamento em big-bag revestido, variando de 12 a 13,5 ao longo do armazenamento. No entanto, no gráfico da Figura 23a verifica-se que os valores médios da coordenada (b) do acondicionamento em saco de juta apresentaram oscilações significativamente maiores ao longo do período de armazenamento. De forma geral, observa-se que os grãos acondicionamento em saco de juta revestido apresentaram uma redução nos valores até os 6 meses, seguida de aumento até os 12 meses (Figura 23b). A perda da coloração azulada nos grãos é indesejável para a qualidade do café. Considerando-se as variações em conjunto das coordenadas (a) e (b), pode-se afirmar que, comparativamente ao café armazenado nos sacos de juta, o café armazenado em big-bag revestido apresentou-se mais esverdeado e azulado ao final de 12 meses de armazenamento.

Segundo Amorim (1978), a mudança de cor ocorre, principalmente, em razão da desestruturação das membranas celulares. Neste trabalho, verificou-se que o café acondicionado em saco de juta apresentou os maiores valores de extravamento de solutos (Figuras 11a e 13a). Portanto, os resultados sugerem que a maior perda da coloração azulada, ao final do período de armazenamento, ocorreu neste tratamento, comparados aos demais.

4.6 Análise sensorial

Os resultados da análise de variância para a variável sensorial podem ser observados nas Tabelas 29A e 30A, no Anexo.

Os valores médios das notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionados em big-bag revestido com injeção de CO₂, armazenados durante 12 meses, estão representados no gráfico da Figura 24.

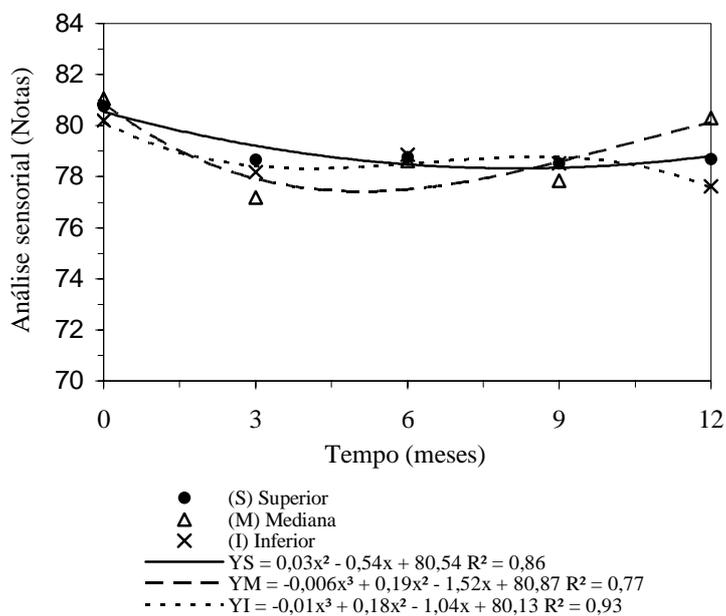


FIGURA 24 Representação gráfica e equações de regressão para as notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido com CO₂, durante o armazenamento.

Na Figura 24, observam-se variações nos valores das notas no acondicionamento em “big-bag” revestido com injeção de CO₂ para as diferentes posições, ao longo do armazenamento. Verifica-se que, aos 12 meses de armazenamento, ocorreu uma diferença significativa (Tabela 33A em Anexo) entre a posição mediana e inferior.

No início do armazenamento, o valor das notas para as três posições era superior a 80 pontos, classificado, segundo a SCAA, como café muito bom ou especial. Após 12 meses de armazenamento, apenas a posição mediana manteve-se com nota acima de 80 pontos, ou seja, mantendo a classificação de especial.

Entretanto, verifica-se que a nota da análise sensorial para as posições superior e inferior aos 12 meses foi de, aproximadamente, 78 pontos, sendo

classificado como café de boa qualidade, porém, não suficiente para atingir a categoria de cafés especiais.

Os valores médios das notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionados em big-bag revestido sem injeção de CO₂, armazenados durante 12 meses, estão representados no gráfico da Figura 25.

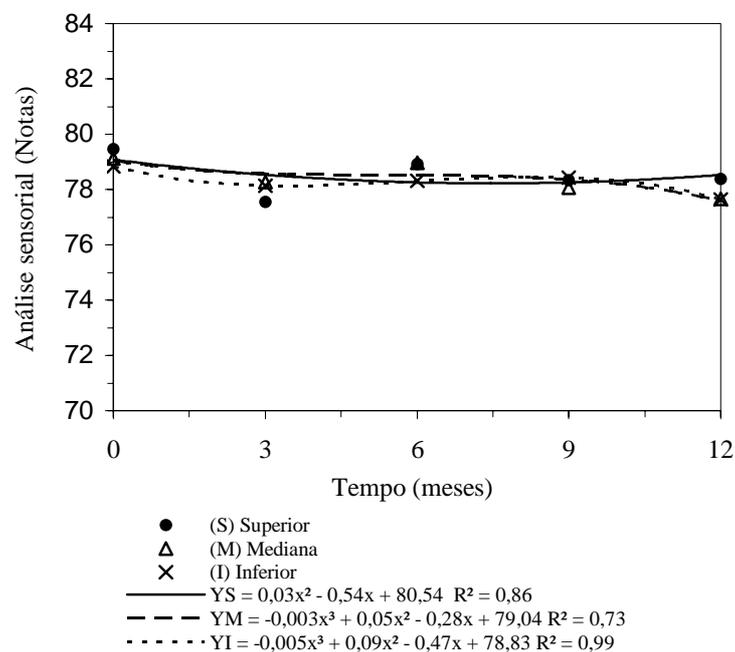


FIGURA 25 Representação gráfica e equações de regressão para as notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionado em big-bag revestido sem CO₂, durante o armazenamento.

Na Figura 25, verificam-se pequenas variações nos valores das notas da análise sensorial no acondicionamento em big-bag sem CO₂. Observa-se que as notas variam de, aproximadamente, 79 a 77 pontos ao longo do período de armazenamento, para as três diferentes posições. Conforme classificação da

SCAA, após 12 meses de armazenamento, foi possível manter a classificação como café de boa qualidade (café normal).

A análise comparada dos gráficos das Figuras 24 e 25 permite inferir que a atmosfera da embalagem sem a injeção de CO₂ apresentou-se mais uniforme do ponto de vista sensorial, uma vez que as notas obtidas entre as posições superior, mediana e inferior, não se distinguiram entre si. Entretanto, a injeção de CO₂ provocou alterações nos resultados observados para as diferentes posições, ocorrendo as melhores notas na posição mediana. As notas para o café armazenado na embalagem sem CO₂, no mesmo nível, foi menor. Assim, a injeção de CO₂ mostra elevado potencial para a preservação da qualidade sensorial do café.

Os valores médios das notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionados em diferentes tipos de embalagens, armazenados durante 12 meses, estão representados no gráfico da Figura 26.

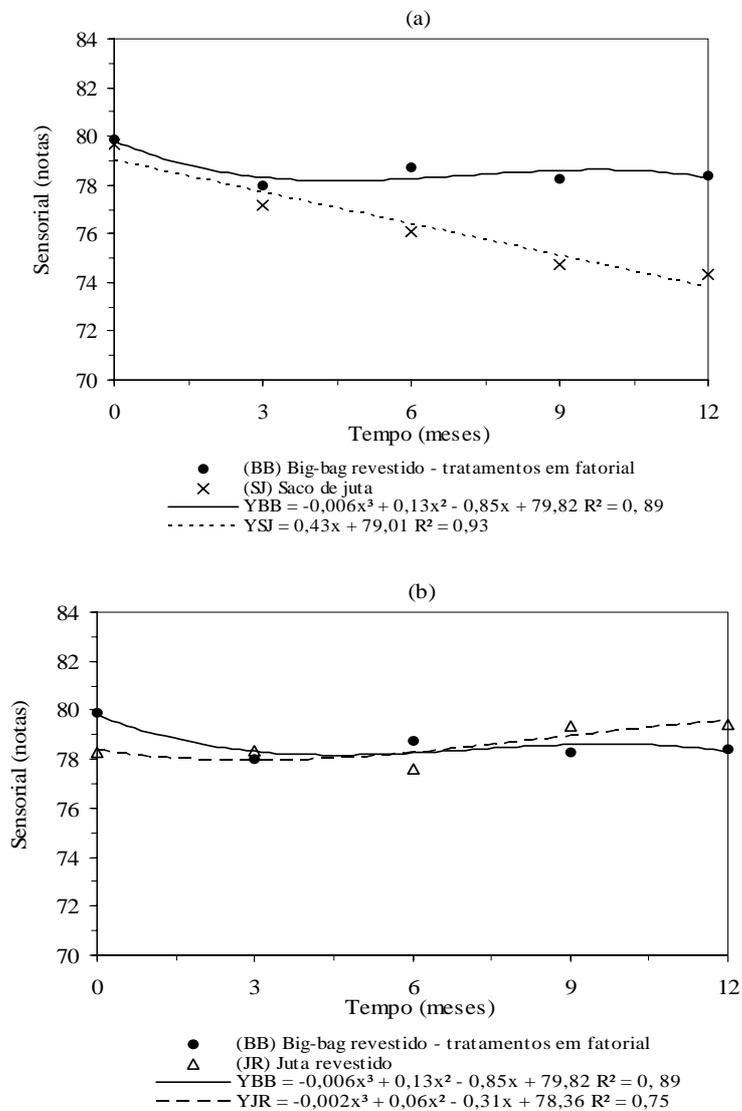


FIGURA 26 Representação gráfica das equações de regressão para as notas finais da análise sensorial dos grãos de café acondicionado em big-bag (tratamentos em esquema fatorial), saco de juta (a) e juta revestido (b), durante o armazenamento.

No gráfico da Figura 26b observa-se que os cafés acondicionados nas embalagens impermeáveis apresentaram pequenas variações nas notas durante o período de armazenamento, mantendo a classificação sensorial de cafés de boa qualidade, ao longo do armazenamento.

Entretanto, para o saco de juta, observa-se que houve uma redução linear das notas ao longo do armazenamento, tendo a nota inicial de 79,5, no tempo zero caído para 74 pontos após 12 meses de armazenamento (Figura 26a). Portanto, conforme a classificação da SCAA, após 12 meses de armazenamento, o café armazenado em sacos de juta foi classificado como fraco e de qualidade média.

O resultado obtido neste experimento está de acordo com os obtidos por vários autores que descrevem a redução da qualidade do café armazenado em saco de juta (Rigueira et al., 2009; Corrêa et al., 2003; Arêdes et al., 2002). Entretanto, neste trabalho, os cafés acondicionados em embalagens do tipo big-bag revestido e saco de juta revestido tiveram a qualidade da bebida preservada por 12 meses. Resultados semelhantes foram observados por Borém et al. (2008), no armazenamento dos grãos de café em embalagem impermeável, em escala laboratorial. Porém, o experimento desta pesquisa foi realizado em escala comercial, confirmando a viabilidade técnica do uso de embalagens herméticas, como o big-bag revestido, na manutenção da qualidade do café em período prolongando de armazenamento.

A viabilidade econômica deverá ser considerada de acordo com as características de gestão e logística de cada unidade armazenadora, bem como as oportunidades do mercado.

4.7 Avaliação qualitativa da cor e do sabor

O resultado da avaliação qualitativa da coloração de amostras de café acondicionadas em diferentes tipos de embalagens, após 12 meses de armazenamento, está representado no gráfico da Figura 27. A identificação das amostras avaliadas encontra-se na Tabela 5.

TABELA 5 Identificação das amostras avaliadas.

BC-S	Big-bag revestido com CO ₂ /posição superior
BC-M	Big-bag revestido com CO ₂ /posição mediana
BS-S	Big-bag revestido sem CO ₂ /posição superior
BS-M	Big-bag revestido sem CO ₂ /posição mediana
SJ	Saco de juta
JR	Juta revestido

A avaliação dos tratamentos em big-bag com e sem injeção de CO₂/posição inferior não foi realizada devido a limitação no número de amostras a serem avaliadas num único dia, se tornaria cansativo para o grupo de degustadores. E por apresentar durante o experimento nos tempos de avaliação da análise sensorial notas semelhantes com as amostras da posição superior, estabelecendo os tratamentos apresentados na Tabela 5.

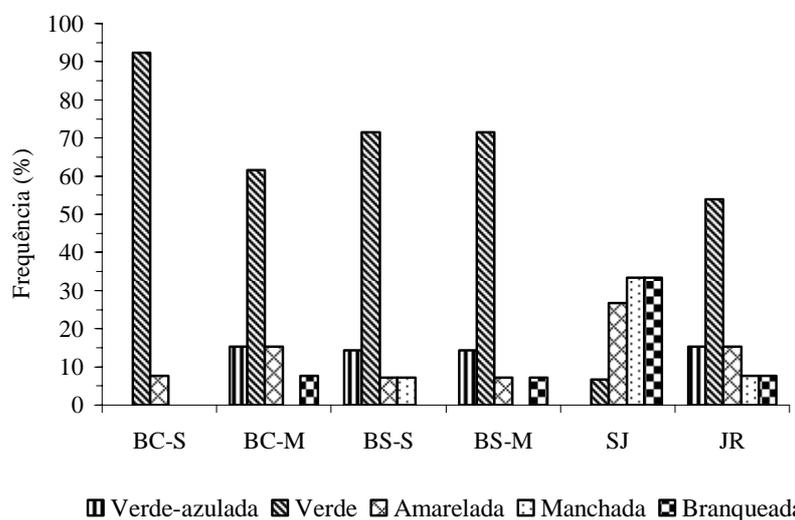


FIGURA 27 Frequência para os atributos de coloração para os cafés em diferentes tipos de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento.

No gráfico da Figura 27, observa-se que a maior frequência de coloração verde foi atribuída ao café acondicionado em big-bag revestido, com CO₂/posição superior (BC-S) e a menor frequência, para o café acondicionado em saco de juta (SJ). Por outro lado, a maior frequência das colorações amarelada, manchada e branqueada foi verificada no café acondicionado em saco de juta (SJ). Os cafés acondicionados em big-bag revestido com CO₂/posição mediana, big-bag revestido sem CO₂/posição superior, “big-bag” revestido sem CO₂/posição mediana e saco de juta revestido (BC-M, BS-S, BS-M e JR) apresentaram coloração verde-azulada, com frequências variando de 14% a 16%.

Esses resultados validam a viabilidade técnica comercial do uso de embalagens herméticas, com destaque para aquelas que aplicaram CO₂, uma vez que proporcionaram melhor conservação da coloração dos grãos de café durante

12 meses de armazenado. Isso pode ser verificado nos valores de frequências acima de 60% dos avaliadores atribuindo coloração verde e ausência ou baixas frequências das colorações amarelada, manchada e branqueada para o acondicionado dos grãos nessas embalagens.

O resultado da avaliação qualitativa da bebida de amostras de café acondicionados em diferentes tipos de embalagens, após 12 meses de armazenamento, está representado na Figura 28.

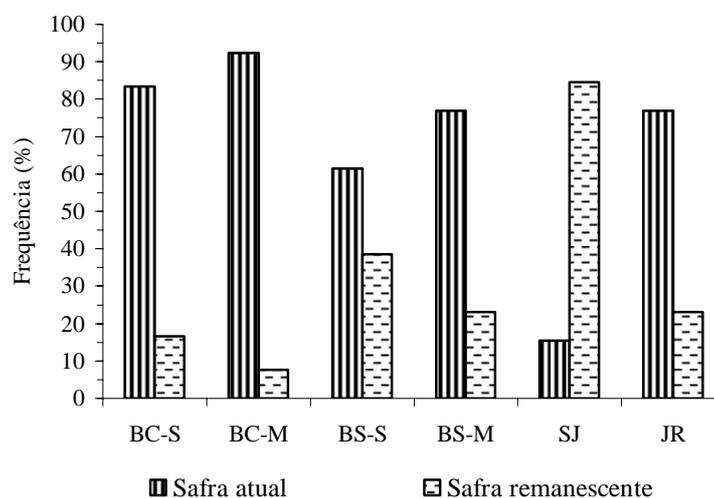


FIGURA 28 Frequência para os atributos de sabor predominante para os cafés em diferentes tipos de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento.

No gráfico da Figura 28 nota-se que o café acondicionado em big-bag revestido, com CO₂/posição mediana (BC-M) apresentou a maior frequência de classificação como safra atual, enquanto a maior frequência de classificação safra remanescente foi verificada no café acondicionado em sacos de juta (SJ). Esses resultados confirmam as análises sensoriais anteriores e validam a

proposição de se preservar a qualidade sensorial do café em embalagens impermeáveis com a injeção de CO₂.

As denominações de safra atual ou remanescente são adotadas comercialmente na análise sensorial pelos degustadores de café. As características mais frequentes na identificação de amostras com sabor de safra remanescente são: palha, madeira e papel, descritos como cafés “velhos”. Portanto, como se pode observar neste trabalho, o acondicionamento dos grãos de café em big-bag revestido e saco de juta revestido, após 12 meses de armazenamento, manteve as características no sabor como café de safra atual. No acondicionamento em big-bag revestido e com injeção de CO₂, mais de 80% dos provadores afirmaram que o café apresentava sabor de safra atual.

5 CONCLUSÕES

O acondicionamento de grãos de café beneficiado em big-bag revestido com atmosfera modificada e controlada (sem e com injeção de até 60% de CO₂, respectivamente), em escala comercial, apresentou-se como alternativa viável para o armazenamento durante 12 meses.

As avaliações físicas, químicas e sensoriais dos grãos acondicionados em big-bag revestido com atmosfera modificada e controlada, acrescido da preservação da qualidade, demonstraram intensificação da coloração verde dos grãos durante o período de armazenamento, e classificação do café como safra atual após 12 meses de armazenamento.

A análise sensorial do café acondicionado em atmosfera controlada apresentou as maiores notas para a posição mediana, mostrando elevado potencial para a preservação da qualidade sensorial dos grãos de café.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, K. O. **Guide on food products**. Bombay: Spelt Trade, 1992. v. 2, p. 1-14.

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; SILVA, F. S. da. Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 29, n. 08, p. 46-53, 2004. Edição Especial.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, nov./dez. 2003.

ALMEIDA, F. de A. C.; MORAIS, J. de S. Efeitos do beneficiamento, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 2, n. 22, p. 27-33, 1997.

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore-India: ASIC, 2004. 1 CD-ROOM.

ALVES, M. Metodologia tradicional de avaliação de qualidade de café vs. métodos eletrônicos alternativos In: SALVA, T. de J. G.; GUERREIRO FILHO, O.; THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C. (Ed.). **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 389-410.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R.; CORREA, P. C.; PARIZZI, F. C.; PIMENTEL, M. A. Influência do processamento e do período de armazenamento na perda de matéria seca em café (*Coffea arabica* L.) beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 7, p. 122-127, jul. 2003. Especial Café.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Methods 02-02A**: fat acidity: rapid method, for grain. Saint Paul, 1995. v. 1.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ANDROCIOLI FILHO, A.; LIMA FILHO, F. B.; TRENTO, E. J.; CARNEIRO FILHO, F.; CARAMORI, P. H.; SCHOLZ, M. B. S. Caracterização da qualidade de bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 256-257.

ARÊDES, E. M.; FARONI, L. R. D’A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, M. E. L. R. de; CECON, P. R.; GONELI, A. L. D. 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. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 5, p. 44-54, 2002. Especial Café.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Café**: consumo no Brasil cresce 4,15% e chega a 18,39 milhões de sacas em 2009. 2009. Disponível em: <http://www.abic.com.br/noticias/nota_indicadores_280110.html>. Acesso em: 20 out. 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990.

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

BARCA, A. A. L. **Classificação do café**. Lavras: UFLA, 1998. 70 p. Notas de curso.

BORÉM, F. M. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; FERNANDES, S. M.; FERNANDES, M. (Ed.). **Armazenamento do café**. Lavras, MG: UFLA, 2008. 631 p.

BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, nov./dez. 2008.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, D. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; ROSA, S. D. V. F.; MORIAS, A. R. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006.

BRASIL. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, p. 22-29. 13 jun. 2003. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras de Análises de Sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. 2008. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2009.

BROOKER, D. B.; BARKER ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oil seeds**. Westport: AUI, 1992. 450 p.

CARDOSO, M. L.; BARTOSIK, R. E.; RODRÍGUES, J. C. **Monitoreo de la calidad de granos almacenados en silo-bolsa**. Entre Rios: INTA, 2007. 9 p. (Información).

POZOLLO, O.; HIDALGO, R.; FERRARI, H.; CURRÓ, C. **Conservación de arroz a diferentes humedades em silo-bag, efecto de la media sombra**. Concepción del Uruguay: INTA, 2005. 6 p. (Información INTA, 18).

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BORTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 445-449, mar. 1994.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CLEMENTE, G.; CASINI, C.; PAGLIERO, M.; QUARTUCCI, J. Efecto de la temperatura sobre la atmosfera interior del silo-bag. **Agromercado**, Cuadernillo de Fierros, n. 81, p. 12-16, ene. 2004.

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-MG, n. 2, p. 22-27, 2001. Volume Especial.

COFIE-AGBLOR, R.; MUIR, W. E.; SINICIO, R.; CENKOWSKI, S.; JAYAS, D. S. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. **Journal of Stored Products Ressearch**, Oxford, v. 31, n. 4, p. 317-324, 1995.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; SAATH, R.; MARQUES, E. R. Efeito das condições de secagem e armazenamento sobre a qualidade do café natural e despulpado. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, jan./jun. 2007.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; SILVA, F. S.; RIBEIRO, D. M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 7, p. 137-147, 2003. Especial Café.

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V. P. R. M.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MININ, V. P. R. M. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 225 p.

DONAHAYE, E. J.; NAVARRO, S.; RINDNER, M.; AZRIELI, A. The combined influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 32, n. 3, p. 225-232, 1996.

ELIAS, M. C. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 311-359.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FARAH, A.; PAULIS, T. de; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 5, p. 1505-1513, mar. 2005.

FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R. de; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p. 91-100, jan./mar. 2009.

FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. L. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 187-192, fev. 2004.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDOÇA, J. C. F.; SILVA, X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 1/2, p. 89-94, Mar./Apr. 2005.

GODINHO, R. P.; VILELA, E. R.; OLIVEIRA, G. A.; CHAGAS, S. J. R. Variações na cor e na composição química do café (*Coffea arabica* L.) armazenado em coco e beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 1, p. 38-43, 2000. Edição Especial.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-382, Dec. 1963.

HARRIS, R. L.; MILLER, A. Storing & preserving green coffee – part 2. **Roast Magazine**, New York, p. 31-38, July/Aug. 2008. Disponível em: <<http://www.roastmagazine.com/backissues/julyaug2008/keepingitreal.html>>. Acesso em: 30 out. 2009.

HOWELL, G. **SCAA Universa cupping form & how to use it**. In: ANNUAL CONFERENCE & EXHIBITION “PEAK OF PERFECTION”, 10., 1998, Dever. **Presentation Handouts...** Denver-Colorado: [s.n.], 1998.

ILLY, E. A. A saborosa complexidade do café. **Scientific American**, New York, v. 286, n. 6, p. 48-53, June 2002.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **News from the executive director**. 2008. Disponível em: <<http://www.ico.org>>. Acesso em: 20 out. 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee – determination of loss mass at 105°C: ISO 6673: 2003**. Switzerland, 1999.

JAYAS, D. Controlling insects in stored grain using modified atmospheres of elevated carbon dioxide. **L' Actualité chimique canadienne**, Ottawa, v. 52, n. 7, p. 10-24, July 2000.

JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**, London, v. 82, n. 3, p. 235-251, 2002.

JORDÃO, B. A.; GARRUT, R. S.; ANGELUCCI, E.; TANGO, J. S.; TOSELO, Y. Armazenamento de café a granel em silo com ventilação natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MIC-IBC, 1974. p. 385.

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.

KRZYŻANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

LEITE, I. P.; VILELA, E. R.; CARVALHO, V. D. de. 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. de A.; REIS, F. P.; OLIVEIRA, T. T. de. Avaliação por métodos físicos da qualidade do café (*Coffea arábica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida” durante dez meses de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 7, n. 2, p. 106-115, abr./jun. 1999.

LELOUP, V.; GANGEL, C.; LIARDON, R.; RYTZ, A.; PITHON, A. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

LEME, P. H. M. V. **Os pilares da qualidade**: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC) no mercado de café torrado e moído do Brasil. 2007. 1110 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LINGLE, T. R. **The basics of cupping coffee**. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 1993. 57 p.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper’s handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee’s flavor. 2. ed. Washington: Coffee Development Group, 1986. 32 p.

LOPES, L. M. V. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 25, p. 3-8, 2000. Especial 1.

LOPES, R. P.; HARA, T.; SILVA, J. S.; RIEDEL, B. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café beneficiados (*Coffea arábica* L.) durante a armazenagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 25, p. 9-17, 2000. Especial 1.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. de R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial Café.

MALTA, M. R.; PEREIRA, G. F. A.; CHAGAS, S. J. de R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, set./out. 2005.

MARÇALLO, F. A. **Armazenamento de sementes de milho em atmosfera modificada com dióxido de carbono**. 2006. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. D. A.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, dez. 1990.

MARQUES, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; BIAGGIONI, M. A. M. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, set./out. 2008.

MONTEIRO, M. A. M. **Caracterização da bebida de café (*Coffea arabica* L.): análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e testes afetivos**. 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORENO, M. E.; JIMENEZ, A. S.; VAZQUEZ, M. E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal Stored Product Research**, Oxford, v. 36, p. 25-36, jan./mar. 2000.

MUIR, W. E.; WHITE, N. D. G. Microorganisms ind stored grain. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation piosystems**. [S.l.]: Manitoba, 2001. p. 28-42.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 75-84, Apr. 1944.

NJOROGE, S. M. Notes on the chemical basis of coffee quality. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 52, p. 152-154, Ago. 1987.

NOBRE, G. W. **Alterações qualitativas do café cereja descascado durante o armazenamento.** 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.

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-MG, n. 1, p. 23-30, 2000. Especial Café.

PIMENTA, C. J.; PEREIRA, M. C.; CHALFOUN, S. M.; ANGÉLICO, C. L.; CARVALHO, G. L. de; MARTINS, R. T. Composição química e avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 10, p. 29-35, 2008. Especial Café.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café.** Lavras: UFLA, 2003. 304 p.

PINTO, N. A. V. D.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M.; THÉ, P. M.; CARVALHO, V. D. Caracterização dos teores de polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café (*Coffea arabica* L.) cru e torrado do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 4, p. 52-58, 2002. Especial Café.

POZOLLO, O.; HIDALGO, R.; FERRARI, H.; CURRÓ, C. **Conservación de arroz a diferentes humedades em silo-bag, efecto de la media sombra.** Concepción del Uruguay: INTA, 2005. 6 p. (Información INTA, 18).

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, P. S. da; OLIVEIRA, E. C. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreno, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, jan./jun. 2007.

RIBEIRO, R. M.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; COUTO, C. N. B.; TOTOLA, M. R. Avaliação de diferentes temperaturas e teores de umidade na taxa respiratória de grãos de café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Resumos...** Bonito: CONBEA, 2007. 1 CD-ROM.

RIGUEIRA, R. J. de A.; LACERDA, F. A. F. de; SILVA, J. S.; CECON, P. R.; PALACIN, J. J. F. Caracterização da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes condições de secagem e armazenagem. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 15, n. 2, p. 151-167, abr./jun. 2007.

RIGUEIRA, R. J. de A.; LACERDA, F. A. F. de; VOLK, M. B. S.; CECON, P. R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 17, n. 4, p. 323-333, jul./ago. 2009.

RODRIGUES, A. P. L. **Avaliação dos constituintes voláteis do café submetido a diferentes tratamentos pós-colheita pela análise de suas características físicas, químicas e sensoriais.** 2009. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROGERS, W. J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*Coffea arabica*) coffees. **Plant Science**, Shannon, v. 149, n. 2, p. 115-123, 1999.

SANTOS, S. B. dos. **Determinação da perda de matéria seca e avaliação qualitativa de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas.** 2008. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E.; BRADBURY, A.; WILKENS, J.; BECKER, R. Biochemical insights into coffee processing: quality and nature of green coffee are interconnected with an active seed metabolism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. **Annals of Botany**, London, v. 101, n. 1, p. 31-38, 2008.

SHUNMUGAM, G.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. Diffusion of carbon dioxide through grain bulks. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, n. 2, p. 131-144, 2005.

SILVA, R. P. G.; VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; BORÉM, F. M. Qualidade de grãos de café (*coffea arabica* l.) armazenados em coco, com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 3, p. 03-10, 2001. Especial Café 3.

TEIXEIRA, A. A.; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, A. Qualidade da bebida do café: efeito do acondicionamento e do tempo de conservação. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 7, p. 103-108, 1977.

TOMÉ, P. H. F.; SANTOS, J. P.; CABRAL, L. C.; CHANDRA, P. K.; GONÇALVES, R. A. Uso da atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 25, n. 16, p. 16-22, 2000.

TOSELLO, A. Beneficiamento e armazenamento. In: GRANER, E. A.; GODOY JUNIOR, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. cap. 10, p. 247-257.

TRESSL, R.; ROLZER, M.; KAMPERSCHROER, H. Bildung von aromastoffen in röstkaffee in abhängigkeit vom gehalt an freien aminosäuren and reduzierten zuckern. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CHEMISTRY OF COFFEE, 10., 1983, Salvador. **Proceeding...** Salvador: ASIC, 1983. p. 279-292.

TRUBEY, R.; RAUDALES, R.; MORALES, A. Café britt hermetic cocoon storage trial II report. Beneficio Pataliyo, Costa Rica: **Mesoamerican Development Institute Corp**, 2005. 14 p.

VIEIRA, G.; SILVA, J. N. da; VILELA, E. R.; SILVA, J. de S. E. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo com e sem aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2001.

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

WHITE MARTINS. **Dióxido de carbono (CO₂)**. 2009. Disponível em: <http://www.whitemartins.com.br/site/catalogo/dioxido_carbono.html>. Acesso em: 25 out. 2009.

WHITE, N. D. G.; LEESCH, J. G. Chemical control. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Decker, 1996. p. 287-330.

7 ANEXO

ANEXO A	Página
TABELA 1A Análise de variância dos valores de teores de água dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	93
TABELA 2A Análise de variância dos valores de teores de água dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	93
TABELA 3A Análise de variância dos valores de massa específica aparente dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	94
TABELA 4A Análise de variância dos valores de massa específica aparente dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	94
TABELA 5A Análise de variância dos valores de perda de matéria seca dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	95
TABELA 6A Análise de variância dos valores de perda de matéria seca dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.	95
TABELA 7A Análise de variância dos valores de condutividade elétrica dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	96
TABELA 8A Análise de variância dos valores de condutividade elétrica dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	96

TABELA 9A	Análise de variância dos valores de lixiviação de potássio dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	97
TABELA 10A	Análise de variância dos valores de lixiviação de potássio dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	97
TABELA 11A	Análise de variância dos valores de acidez graxa dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	98
TABELA 12A	Análise de variância dos valores de acidez graxa dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	98
TABELA 13A	Análise de variância dos valores de acidez titulável total dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	99
TABELA 14A	Análise de variância dos valores de acidez titulável total dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	99
TABELA 15A	Análise de variância dos valores de açúcares totais dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	100
TABELA 16A	Análise de variância dos valores de açúcares totais dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	100
TABELA 17A	Análise de variância dos valores de açúcares não-redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	101

TABELA 18A	Análise de variância dos valores de açúcares não-redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	101
TABELA 19A	Análise de variância dos valores de açúcares redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	102
TABELA 20A	Análise de variância dos valores de açúcares redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	102
TABELA 21A	Análise de variância dos valores de polifenóis dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	103
TABELA 22A	Análise de variância dos valores de polifenóis dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	103
TABELA 23A	Análise de variância dos valores da coordenada (L) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	104
TABELA 24A	Análise de variância dos valores da coordenada (L) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	104
TABELA 25A	Análise de variância dos valores da coordenada (a) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	105
TABELA 26A	Análise de variância dos valores da coordenada (a) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	105

TABELA 27A	Análise de variância dos valores da coordenada (b) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	106
TABELA 28A	Análise de variância dos valores da coordenada (b) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	106
TABELA 29A	Análise de variância dos valores da análise sensorial dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.....	107
TABELA 30A	Análise de variância dos valores da análise sensorial dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.....	107
TABELA 31A	Teor de água.....	108
TABELA 32A	Coordenada (a).....	108
TABELA 33A	Análise sensorial.....	108
TABELA 34A	Massa específica aparente.....	109
TABELA 35A	Condutividade elétrica.....	109
TABELA 36A	Lixiviação de potássio.....	109
TABELA 37A	Polifenóis.....	110
TABELA 38A	Acidez graxa.....	110

TABELA 1A Análise de variância dos valores de teores de água dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0041 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0073 ^{n.s}
E x P	2	0,0306 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	28,8606**
Erro (a)	14	0,0250
Tempo (T)	4	0,7785**
E x T	4	0,0794*
P x T	8	0,0092 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0235 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	1,1701**
Erro (b)	56	0,0249

CV(%) = 1,58; Média geral = 9,95;**Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 2A Análise de variância dos valores de teores de água dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0041 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0073 ^{n.s}
E x P	2	0,0306 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0723 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0195
Tempo (T)	4	0,3488**
E x T	4	0,0794**
P x T	8	0,0092 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0235 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0725*
Erro (b)	56	0,0219

CV(%) = 1,51; Média geral = 9,74;**Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 3A Análise de variância dos valores de massa específica aparente dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	3,9332 ^{n.s}
Posição (P)	2	42,4817 ^{n.s}
E x P	2	142,1012 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	3935,9766**
Erro (a)	14	98,8844
Tempo (T)	4	905,0421**
E x T	4	312,9268**
P x T	8	77,2553 ^{n.s}
E x P x T	8	232,6666**
(Fat vs Adc) x T	4	230,0219**
Erro (b)	56	48,9216

CV(%) = 1,03; Média geral = 727,25; **Significativo, a 1% de probabilidade.

TABELA 4A Análise de variância dos valores de massa específica aparente dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	3,9332 ^{n.s}
Posição (P)	2	42,4817 ^{n.s}
E x P	2	142,1012 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	45,7583 ^{n.s}
Erro (a)	14	85,5851
Tempo (T)	4	945,9084**
E x T	4	312,9268**
P x T	8	77,2553 ^{n.s}
E x P x T	8	232,6666**
(Fat vs Adc) x T	4	172,1627*
Erro (b)	56	56,6867

CV(%) = 1,13; Média geral = 728,70; **Significativo, a 1% de probabilidade.

TABELA 5A Análise de variância dos valores de perda de matéria seca dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0063 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0481 ^{n.s}
E x P	2	0,1503 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,2034*
Erro (a)	14	0,0438
Tempo (T)	4	0,0725 ^{n.s}
E x T	4	0,0744 ^{n.s}
P x T	8	0,0532 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0325 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0457 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,0336

CV(%) = 1,27; Média geral = 14,43 *Significativo, a 5% de probabilidade.

TABELA 6A Análise de variância dos valores de perda de matéria seca dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0063 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0481 ^{n.s}
E x P	2	0,1503 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,1559 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0581
Tempo (T)	4	0,0734 ^{n.s}
E x T	4	0,0744 ^{n.s}
P x T	8	0,0532 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0325 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0819 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,035

CV(%) = 1,30; Média geral = 14,40; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 7A Análise de variância dos valores de condutividade elétrica dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	93,189 ^{n.s}
Posição (P)	2	20,0894 ^{n.s}
E x P	2	24,3302 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	6632,0971**
Erro (a)	14	23,0453
Tempo (T)	4	13606,0749 ^{n.s}
E x T	4	185,5919**
P x T	8	22,8488 ^{n.s}
E x P x T	8	16,2527 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	1578,6709**
Erro (b)	56	38,5541

CV(%) = 5,01; Média geral = 123,85; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 8A Análise de variância dos valores de condutividade elétrica dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	93,189*
Posição (P)	2	20,0894 ^{n.s}
E x P	2	24,3302 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	746,3137**
Erro (a)	14	19,8326
Tempo (T)	4	10148,2907**
E x T	4	185,5919**
P x T	8	22,8488 ^{n.s}
E x P x T	8	16,2527 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	156,4418**
Erro (b)	56	37,40551

CV(%) = 5,02; Média geral = 121,70; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 9A Análise de variância dos valores de lixiviação de potássio dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1211 ^{n.s}
Posição (P)	2	2,9450 ^{n.s}
E x P	2	4,6079 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	643,7952**
Erro (a)	14	4,9445
Tempo (T)	4	1566,9425 ^{n.s}
E x T	4	11,5499**
P x T	8	1,5881 ^{n.s}
E x P x T	8	1,5725 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	192,5657**
Erro (b)	56	2,8407

CV(%) = 4,84; Média geral = 34,81; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 10A Análise de variância dos valores de lixiviação de potássio dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1211 ^{n.s}
Posição (P)	2	2,9450 ^{n.s}
E x P	2	4,6079 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	15,1817 ^{n.s}
Erro (a)	14	5,4708
Tempo (T)	4	1170,1204**
E x T	4	11,5499**
P x T	8	1,5881 ^{n.s}
E x P x T	8	1,5725 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	14,9813**
Erro (b)	56	2,8286

CV(%) = 4,99; Média geral = 33,65; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 11A Análise de variância dos valores de acidez graxa dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,9146*
Posição (P)	2	0,0180 ^{n.s}
E x P	2	0,0194 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	16,2074**
Erro (a)	14	0,1282
Tempo (T)	2	25,8710**
E x T	2	0,7404**
P x T	4	0,0090 ^{n.s}
E x P x T	4	0,0151 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	2	4,8891**
Erro (b)	28	0,0687

CV(%) = 5,00; Média geral = 5,24; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 12A Análise de variância dos valores de acidez graxa dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,9146*
Posição (P)	2	0,0180 ^{n.s}
E x P	2	0,0194 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0122 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1492
Tempo (T)	2	18,4909**
E x T	2	0,7404**
P x T	4	0,0090 ^{n.s}
E x P x T	4	0,0151 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	2	0,7808**
Erro (b)	28	2,4154

CV(%) = 5,00; Média geral = 5,24; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; n.s Não significativo.

TABELA 13A Análise de variância dos valores de acidez titulável total dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	349,2481 ^{n.s}
Posição (P)	2	17,6827 ^{n.s}
E x P	2	72,3876 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	4375,0662**
Erro (a)	14	152,9055
Tempo (T)	4	25312,3553**
E x T	4	79,4347 ^{n.s}
P x T	8	92,6429 ^{n.s}
E x P x T	8	77,0859 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	1336,6599**
Erro (b)	56	213,0339

CV(%) = 6,73; Média geral = 216,85; **Significativo, a 1% de probabilidade; n.s Não significativo.

TABELA 14A Análise de variância dos valores de acidez titulável total dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	349,2481 ^{n.s}
Posição (P)	2	17,6827 ^{n.s}
E x P	2	72,3876 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	247,3975 ^{n.s}
Erro (a)	14	149,0215
Tempo (T)	4	21080,7357**
E x T	4	349,2481 ^{n.s}
P x T	8	17,6827 ^{n.s}
E x P x T	8	72,3876 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	247,3975 ^{n.s}
Erro (b)	56	191,4787

CV(%) = 6,47; Média geral = 213,59; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 15A Análise de variância dos valores de açúcares totais dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1738 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,1645 ^{n.s}
E x P	2	0,1113 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,1104 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1059
Tempo (T)	4	5,5269**
E x T	4	0,0417 ^{n.s}
P x T	8	0,1385 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0844 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,6123 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,3129

CV(%) = 8,27; Média geral = 6,76; **Significativo, a 1% de probabilidade; n.s Não significativo.

TABELA 16A Análise de variância dos valores de açúcares totais dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1738 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,1645 ^{n.s}
E x P	2	0,1113 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,5358 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1703
Tempo (T)	4	4,7871**
E x T	4	0,0417 ^{n.s}
P x T	8	0,1385 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0844 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,8196 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,3663

CV(%) = 8,89; Média geral = 6,80; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 17A Análise de variância dos valores de açúcares não-redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1061 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,1324 ^{n.s}
E x P	2	0,1021 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,1386 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0960
Tempo (T)	4	5,3021**
E x T	4	0,0511 ^{n.s}
P x T	8	0,1308 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0689 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,5644 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,2836

CV(%) = 8,61; Média geral = 6,18; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 18A Análise de variância dos valores de açúcares não-redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,1061 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,1324 ^{n.s}
E x P	2	0,1021 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,285 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1423
Tempo (T)	4	4,6243**
E x T	4	0,0511 ^{n.s}
P x T	8	0,1308 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0689 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,8115 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,3346

CV(%) = 9,30; Média geral = 6,21; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 19A Análise de variância dos valores de açúcares redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0054*
Posição (P)	2	0,0005 ^{n.s}
E x P	2	0,00002 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0035 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0009
Tempo (T)	4	0,0477**
E x T	4	0,0020 ^{n.s}
P x T	8	0,0014 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0009 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0009 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,0733

CV(%) = 14,32; Média geral = 0,25; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 20A Análise de variância dos valores de açúcares redutores dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0054*
Posição (P)	2	0,0005 ^{n.s}
E x P	2	0,00002 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0288 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0011
Tempo (T)	4	0,0502**
E x T	4	0,0020 ^{n.s}
P x T	8	0,0014 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0009 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0030 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,0014

CV(%) = 14,76; Média geral = 0,25; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 21A Análise de variância dos valores de polifenóis dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0072 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0623 ^{n.s}
E x P	2	0,1006 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,3854 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1212
Tempo (T)	4	5,5987**
E x T	4	0,5336*
P x T	8	0,0175 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0482 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,2347 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,2018

CV(%) = 8,12; Média geral = 5,52; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 22A Análise de variância dos valores de polifenóis dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0072 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0623 ^{n.s}
E x P	2	0,1006 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,244 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,2187
Tempo (T)	4	5,1267**
E x T	4	0,5336*
P x T	8	0,0175 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0482 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,1120 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,1883

CV(%) = 7,79; Média geral = 5,57; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 23A Análise de variância dos valores da coordenada (L) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,4802 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,3883 ^{n.s}
E x P	2	0,7112 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	1,0067 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,7852
Tempo (T)	4	13,7793**
E x T	4	0,5328 ^{n.s}
P x T	8	0,4639 ^{n.s}
E x P x T	8	0,6580 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	1,8964 ^{n.s}
Erro (b)	56	73,8828

CV(%) = 2,58; Média geral = 44,48; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 24A Análise de variância dos valores da coordenada (L) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,4802 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,3883 ^{n.s}
E x P	2	0,7112 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0116 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,5927
Tempo (T)	4	13,9774**
E x T	4	0,5328 ^{n.s}
P x T	8	0,4639 ^{n.s}
E x P x T	8	0,6580 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,9709 ^{n.s}
Erro (b)	56	1,1318

CV(%) = 2,39; Média geral = 44,44; **Significativo, a 1% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 25A Análise de variância dos valores da coordenada (a) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0123 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0309 ^{n.s}
E x P	2	0,0444 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0093 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0266
Tempo (T)	4	1,0763**
E x T	4	0,0575*
P x T	8	0,0284 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0092 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0265 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,0212

CV(%) = 11,84; Média geral = 1,23; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 26A Análise de variância dos valores da coordenada (a) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	0,0123 ^{n.s}
Posição (P)	2	0,0309 ^{n.s}
E x P	2	0,0444 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0278 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,0278
Tempo (T)	4	1,0012**
E x T	4	0,0575*
P x T	8	0,0284 ^{n.s}
E x P x T	8	0,0092 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	0,0199 ^{n.s}
Erro (b)	56	0,0219

CV(%) = 11,92; Média geral = 1,24; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 27A Análise de variância dos valores da coordenada (b) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	1,0341*
Posição (P)	2	0,0492 ^{n.s}
E x P	2	0,0044 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	2,9755**
Erro (a)	14	0,2207
Tempo (T)	4	19,9711**
E x T	4	0,7210 ^{n.s}
P x T	8	0,2497 ^{n.s}
E x P x T	8	0,1359 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	1,5223**
Erro (b)	56	0,3144

CV(%) = 4,54; Média geral = 12,32; **Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 28A Análise de variância dos valores da coordenada (b) dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	1,0341*
Posição (P)	2	0,0492 ^{n.s}
E x P	2	0,0044 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,3049 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,1495
Tempo (T)	4	18,6211**
E x T	4	0,7210 ^{n.s}
P x T	8	0,2497 ^{n.s}
E x P x T	8	0,1359 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	2,0939**
Erro (b)	56	0,3214

CV(%) = 4,61; Média geral = 12,27; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 29A Análise de variância dos valores da análise sensorial dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (saco de juta), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	5,4846*
Posição (P)	2	1,0114 ^{n.s}
E x P	2	0,0643 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	61,841**
Erro (a)	14	0,7642
Tempo (T)	4	16,0796**
E x T	4	2,1479*
P x T	8	0,9146 ^{n.s}
E x P x T	8	1,4649*
(Fat vs Adc) x T	4	6,3557**
Erro (b)	56	37,3967

CV(%) = 1,04; Média geral = 78,36; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 30A Análise de variância dos valores da análise sensorial dos grãos de café dos tratamentos em esquema fatorial e tratamento adicional (juta revestido), durante o armazenamento.

Fonte de variação	GL	QM
Embalagem (E)	1	5,4846*
Posição (P)	2	1,0114 ^{n.s}
E x P	2	0,0643 ^{n.s}
Fatorial x Adicional	1	0,0910 ^{n.s}
Erro (a)	14	0,7617
Tempo (T)	4	7,6351*
E x T	4	2,1479**
P x T	8	0,9146 ^{n.s}
E x P x T	8	1,4649 ^{n.s}
(Fat vs Adc) x T	4	4,0556**
Erro (b)	56	41,615

CV(%) = 1,09; Média geral = 78,66; **Significativo, a 1% de probabilidade; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 31A Teor de água.

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
Big-bag revestido					
Com CO ₂	9,69a	9,78a	9,80a	9,85a	9,58a
Sem CO ₂	9,55a	9,72a	9,72a	10,05b	9,60a
Tratamentos adicionais					
Saco de juta	9,96	11,34	11,69	11,60	11,60
Juta revestido	9,71	9,67	9,79	9,95	9,95

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).

TABELA 32A Coordenada (a).

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
Big-bag revestido					
Com CO ₂	1,40a	1,48a	1,32a	0,99a	0,90a
Sem CO ₂	1,25b	1,45a	1,43a	1,08a	0,99a
Tratamentos adicionais					
Saco de juta	1,25	1,52	1,30	1,15	0,82
Juta revestido	1,30	1,46	1,43	1,23	0,98

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).

TABELA 33A Análise sensorial.

Tempo	Big-Bag revestido	Posição		
		Superior	Mediana	Inferior
0	Com CO ₂	80,77aA	81,06aA	80,19aA
	Sem CO ₂	79,45aA	79,12aA	78,84aA
3	Com CO ₂	78,66aA	77,18aA	78,18aA
	Sem CO ₂	77,56aA	78,27aA	78,14aA
6	Com CO ₂	78,77aA	78,62aA	78,87aA
	Sem CO ₂	78,93aA	78,97aA	78,31aA
9	Com CO ₂	78,52aA	77,85aA	78,52aA
	Sem CO ₂	78,33aA	78,06aA	78,43aA
12	Com CO ₂	78,68aA	80,31aA	77,62aB
	Sem CO ₂	78,38aA	77,66aA	77,64aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste F e Tukey, respectivamente ($p>0,05$).

TABELA 34A Massa específica aparente

Tempo	Big-Bag revestido	Posição		
		Superior	Mediana	Inferior
0	Com CO ₂	651,07aA	657,84aA	658,16aA
	Sem CO ₂	657,60aA	654,07aA	651,55aA
3	Com CO ₂	667,69aA	663,99aA	664,84aA
	Sem CO ₂	655,63bA	663,35aA	655,04aA
6	Com CO ₂	670,99aA	665,38aA	665,77aA
	Sem CO ₂	667,14aA	659,61aA	658,84aA
9	Com CO ₂	648,65aA	648,42aA	656,86aA
	Sem CO ₂	660,11aA	648,74aA	650,33aA
12	Com CO ₂	626,85aA	660,16aB	652,81aB
	Sem CO ₂	666,58bA	651,85aA	661,91aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste F e Tukey, respectivamente ($p>0,05$).

TABELA 35A Condutividade elétrica.

Acondicionamento Big-bag revestido	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
Com CO ₂	108,23a	108,32a	104,00a	120,24a	157,17a
Sem CO ₂	115,12b	106,30a	98,51a	130,42b	156,78a
Tratamentos adicionais					
Saco de juta	108,52	121,76	122,76	142,36	221,23
Juta revestido	116,26	114,94	121,52	124,39	164,06

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).

TABELA 36A Lixiviação de potássio.

Acondicionamento Big-bag revestido	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
Com CO ₂	27,72a	27,70a	31,05a	35,91a	46,83a
Sem CO ₂	29,63b	29,02a	30,10a	34,09b	45,99a
Tratamentos adicionais					
Saco de juta	27,47	34,16	36,95	37,83	68,01
Juta revestido	28,33	29,91	29,46	29,98	45,93

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).

TABELA 37A Polifenóis.

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
Big bag revestido					
Com CO ₂	4,99a	5,39a	5,14a	6,26a	5,91a
Sem CO ₂	5,62b	5,21a	4,95a	6,14a	5,86a
Tratamentos adicionais					
Saco de juta	5,05	4,79	4,67	6,35	6,03
Juta revestido	5,14	5,31	5,29	6,52	6,18

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).

TABELA 38A Acidez graxa.

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	6	12
Big-bag revestido			
Com CO ₂	4,08 a	5,27 a	5,35 a
Sem CO ₂	3,87a	5,80 b	5,81 b
Tratamentos adicionais			
Saco de juta	3,86	7,53	8,06
Juta revestido	3,87	5,12	6,24

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste F ($p>0,05$).