



**FERNANDO AUGUSTO SALES RIBEIRO**

**DANOS MECÂNICOS EM GRÃOS DE CAFÉ DURANTE A  
PÓS-COLHEITA E EFEITOS NO ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS - MG  
2023**

**FERNANDO AUGUSTO SALES RIBEIRO**

**DANOS MECÂNICOS EM GRÃOS DE CAFÉ DURANTE A PÓS-COLHEITA E  
EFEITOS NO ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora:

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

**LAVRAS - MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados  
pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ribeiro, Fernando Augusto Sales.

Danos Mecânicos em grãos de café durante a  
pós-colheita e no armazenamento / Fernando Augusto  
Sales Ribeiro. - 2022.

58 p.

Orientador(a): Sttela Dellyzete Veiga Franco da  
Rosa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade  
Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Café especial. 2. Qualidade de bebida. 3.  
Danos mecânicos. I. da Rosa, Sttela Dellyzete Veiga  
Franco. II. Título.

**FERNANDO AUGUSTO SALES RIBEIRO**

**DANOS MECÂNICOS EM GRÃOS DE CAFÉ DURANTE A PÓS-COLHEITA E  
EFEITOS NO ARMAZENAMENTO**

**MECHANICAL DAMAGE TO COFFEE BEANS DURING POST-HARVEST AND  
EFFECTS ON STORAGE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de dezembro de 2022

Prof Dra. Dalysse Toledo Castanheira  
Dr. André Dominghetti Ferreira  
Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

UFLA  
EMBRAPA  
UFLA/EMBRAPA

**LAVRAS - MG  
2023**

## AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos, pelas oportunidades e por ter me capacitado até aqui.

Aos meus pais, Geraldo Magela Ribeiro e Stela Mares Pereira Ribeiro e a minha irmã Débora.

À minha noiva Júlia pelo carinho e apoio durante todo o período.

Agradeço, em especial, à minha orientadora, Dra. SttelaDellyzete Veiga Franco da Rosa, pela paciência, dedicação, ensinamento, confiança e apoio.

Aos professores do Setor de Sementes, Édila Vilela de Resende von Pinho, Raquel Pires, Éverson Carvalho e Heloísa Oliveira, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Ao pesquisador da EPAMIG, Marcelo Ribeiro Malta, pelas contribuições ao longo do trabalho.

À Fazenda Samambaia, na pessoa da gerente Daniela, pela doação do café utilizado nesta pesquisa.

Aos pós graduandos do Setor de Sementes, em especial, as pesquisadoras de pós-doutorado Ana Luiza e Janaína, pela ajuda no trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica e aos estagiários do Laboratório.

Aos funcionários do laboratório de sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, Jaqueline, Geraldo, Rose e demais que auxiliaram nas pesquisas.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de realização do trabalho.

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

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo financiamento das análises laboratoriais.

À Marli, secretária do programa de pós graduação do Departamento de Agricultura, pela atenção e ajuda.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho,

**MUITO OBRIGADO !**

## RESUMO

A precificação do café está diretamente relacionada à qualidade dos grãos, o que varia de acordo com seus atributos, principalmente os sensoriais. Isto ocorre devido às novas exigências dos consumidores que requerem cada vez mais diferentes nuances de sabores e aromas e não apenas uma boa pontuação final na análise sensorial ou teores de cafeína. Entretanto, é sabido que em geral, grãos são muito sensíveis às operações na pós-colheita, por estarem suscetíveis aos danos físicos que interferem nos atributos fisiológicos, químicos e bioquímicos. No caso de grãos de café, tais danos podem propiciar bebidas de pior qualidade que por consequência, reduzem o valor agregado e causam prejuízos econômicos aos produtores. O objetivo neste trabalho foi avaliar danos mecânicos durante o processamento, secagem e beneficiamento de café, identificando as etapas de maior risco e os efeitos durante o armazenamento. Foram realizados dois estudos no fluxo de máquinas e equipamentos de um cafeicultor da região de Santo Antônio do Amparo, MG. No primeiro estudo foram investigados danos mecânicos em grãos de café durante o processamento e o beneficiamento, sendo coletadas amostras após cada uma das etapas. No segundo estudo foi realizado um comparativo entre o café obtido no fluxo de máquinas e equipamentos envolvidos no beneficiamento mecanizado, e um café processado de forma manual e que não passou pelo fluxo. As amostras de café de ambos os estudos foram submetidas à avaliação de danos imediatos após processados e, a cada três meses, durante um ano de armazenamento, a fim de diagnosticar possíveis danos latentes. Conclui-se, no primeiro estudo, que as operações antes da secagem causam menos danos aos grãos quando comparada às operações que compreendem as etapas de secagem ao ensaque. Foi observado também, que as fases de secagem em terreiro e a retirada do pergaminho, na beneficiadora, são as etapas mais prejudiciais à qualidade dos grãos de café. No segundo estudo, conclui-se que o café que passou por todo o fluxo da fazenda apresentou melhor qualidade, se comparado ao café que não foi submetido à essas etapas. Dos resultados, infere-se que alterações na beneficiadora e mais cuidados na secagem em terreiro podem contribuir para melhor qualidade da bebida de cafés considerados especiais.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L. Qualidade Sensorial. Beneficiamento Operações pós-colheita.

## ABSTRACT

Coffee pricing is directly related to the quality of the beans, which varies according to their attributes, especially sensory ones. This is due to the customer's new demands who increasingly require different nuances of flavors and aromas and not just a good final score in the sensory analysis or caffeine levels. However, it is known that, in general, grains are very sensitive to post-harvest operations, as they are susceptible to physical damage that interfere with physiological, chemical and biochemical attributes. In case of coffee beans, such damage can lead to poorer quality beverages, which consequently reduce the added value and cause economic losses to producers. Thus, the objective of this work was to evaluate mechanical damage during processing of coffee, identifying the stages of greatest risk and the effects during storage. Two studies were carried out on the flow of machines and equipment of a coffee grower in the region of Santo Antônio do Amparo, MG. In the first study, mechanical damage to coffee beans during processing was investigated, with samples being collected after each step. In the second study, a comparison was made between the coffee obtained from the flow of machines and equipments and a manually processed coffee that did not go through the flow. Coffee samples from both studies were subjected to damage assessment immediately after processing and every three months during one year of storage in order to diagnose possible latent damage. It is concluded, in the first study, that the operations before drying cause less damage to the grains than after this step until bagging. It was also observed that the drying phases in the yard and the removal of the parchment, in the processing plant, are the most harmful steps to the quality of the coffee beans. In the second study, it was concluded that the coffee that went through the entire flow of the farm had better quality, according to the scores of the sensory analysis and chemical evaluation of the samples, when compared to the coffee that was not submitted to these steps. From the results, it is inferred that changes in the parchment removal machine and more care in drying on the patio can contribute to a better quality of the drink of coffees considered specialty.

**Keywords:** Coffea arábica L. Sensory Quality. Mechanical Damage. Post-harvest operations.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
2.1 Café e sua importância econômica .....	10
2.2 Qualidade do café .....	11
2.3 Pós-colheita .....	12
2.4 Armazenamento.....	14
2.5 Avaliações da qualidade do café .....	15
2.5.1 Avaliação fisiológica .....	15
2.5.2 Avaliação sensorial .....	16
2.5.3 Aspectos físicos.....	17
2.5.4 Análises químicas.....	18
2.5.5 Análises bioquímicas .....	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1 Local e material vegetal.....	20
3.2 Caracterização do experimento.....	20
3.3 Primeiro estudo .....	20
3.3.1 Etapas do fluxo de Pós-colheita .....	20
3.3.2 Coleta de amostras do primeiro estudo .....	21
3.4 Segundo estudo.....	23
3.4.1 Coleta de amostras do segundo estudo .....	23
3.5 Armazenamento das amostras.....	24
3.6 Avaliação da qualidade do café .....	24
3.6.1 Determinação do teor de água .....	24
3.6.2 Análise Sensorial.....	24
3.6.3 Avaliação Química.....	25
3.6.4 Avaliação da cor.....	26
3.6.5 Avaliação fisiológica .....	26
3.7 Avaliação de danos mecânicos.....	27
3.7.1 Teste de tetrazólio modificado .....	27
3.7.2 Teste de hipoclorito de sódio - Lercafé .....	27
3.8 Análise bioquímica.....	28
3.8.1 Eletroforese de isoenzimas .....	28
3.9 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
3.10 Resultados do primeiro estudo .....	29

<b>4.1.1</b>	<b>Análise de danos mecânicos .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.1.2</b>	<b>Teste de hipoclorito de sódio – Ler café .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Condutividade elétrica e lixiviação de potássio.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Análise de cor .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Teor de água .....</b>	<b>38</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Análise Bioquímica .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.5.1</b>	<b>Atividade da enzima Catalase .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.5.2</b>	<b>Atividade da enzima Esterase.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados do segundo estudo .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Análises Químicas.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Análise Sensorial.....</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO A.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A precificação do café para a comercialização está diretamente relacionada à qualidade dos grãos, o que varia de acordo com seus atributos, principalmente os sensoriais. Isto ocorre devido às novas exigências dos consumidores que requerem cada vez mais diferentes nuances de sabores e aromas, não apenas uma boa pontuação final na análise sensorial ou baixos teores de cafeína, o qual acentua o amargor da bebida. Sendo assim, a qualidade se tornou um fator de suma importância e que depende de um bom manejo de toda a cadeia produtiva que envolve desde o plantio, estendendo até a pós-colheita.

Entretanto, é sabido que em geral os grãos são muito sensíveis às operações na pós-colheita, por estarem suscetíveis aos danos físicos que interferem nos atributos fisiológicos, químicos e bioquímicos. No caso de grãos de café, tais danos podem propiciar bebidas de pior qualidade que por consequência, reduzem o valor agregado e causam prejuízos econômicos aos produtores. Por isso, se atentar para um bom manejo dos grãos nessas etapas é essencial para a manutenção da qualidade do produto final, conferindo atributos sensoriais que agradam o paladar do consumidor. Entretanto, durante as etapas do processamento e beneficiamento do café, podem ocorrer danos aos grãos que na maioria das vezes não são diagnosticados, podendo ocasionar muitas perdas, principalmente no que se refere aos cafés especiais.

Torna-se importante, portanto, investigar os danos que podem ocorrer no fluxo de processamento e beneficiamento, os quais reduzem a qualidade dos grãos de café, comprometendo a obtenção dos melhores atributos sensoriais.

Assim, o objetivo nessa pesquisa foi diagnosticar danos durante o processamento, secagem e beneficiamento de café especial, identificando as etapas de maior risco e seus efeitos durante o armazenamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Café e sua importância econômica

O café é uma planta dicotiledônea da família Rubiaceae e do gênero *Coffea*. Diversas espécies são conhecidas, entretanto, destaca-se a produção das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, exercendo uma grande importância econômica na cadeia produtiva (CONAB, 2019). Quanto ao consumo de café, apesar da anormalidade causada pela pandemia do novo corona vírus, uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Torrefação e Moagem de Café (ABIC) mostra que em 2021, o brasileiro consumiu mais de 21 milhões de sacas de café, registrando um crescimento de 1,71% comparado ao ano anterior.

O Brasil tem se destacado como o maior produtor e exportador de café desde o final do século XIX. De acordo com o relatório de exportações do mês de agosto de 2022, foram exportadas mais de 2 milhões de sacas de 60kg, que renderam mais de 650 milhões de dólares (CECAFÉ, 2022). Além disso, como aponta o último relatório da CONAB (2022), no ano de 2022 os cafeicultores deverão colher 50,38 milhões de sacas na safra, e o volume estimado representa um aumento de 5,6% comparado ao ciclo de 2021.

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de café no Brasil e em 2022 a cafeicultura mineira tem a produção estimada em 22 milhões de sacas, com um leve recuo de 0,5% quando comparado ao ano anterior (CONAB, 2022). O crescimento foi limitado pela falta de chuvas e pelas geadas ocorridas ainda em 2021 no estado.

De acordo com o MAPA (2018) e CONAB (2022), pelo menos 1900 municípios brasileiros são considerados produtores de café, representando mais de 300 mil produtores em uma área de aproximadamente 2,242 milhões de hectares. Entretanto, embora a cafeicultura brasileira siga em êxito há alguns anos, muito tem se falado na demanda dos consumidores, pela qual a qualidade da bebida tem sido muito mais requerida. Por isso, a produção de cafés de alta qualidade, é cada vez mais evidenciada e incentivada na atual perspectiva.

Neste contexto, para a manutenção da cafeicultura brasileira, o Brasil deve seguir o caminho da qualidade (WIEZEL, 1981) e por esta razão, o amplo conhecimento das técnicas de produção de um café de alta qualidade é fundamental para uma cafeicultura moderna (CARVALHO *et al.*, 1997, VILELLA, 2002).

## 2.2 Qualidade do café

A qualidade de produtos agrícolas, assim como do café, é dependente de fatores que englobam atributos desde aspectos físicos até aspectos ambientais e sociais, como os sistemas de produção e as condições de trabalho da mão de obra cafeeira (BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION, 2018).

Entretanto, a qualidade da bebida depende também das práticas aplicadas antes do processamento, como o estágio de maturação do grão em que a colheita é realizada, o tipo de colheita e a secagem a campo do café (CLIFFORD, 1985). Além disso, fatores ambientais também podem influenciar na qualidade como por exemplo a ação de microrganismos nos frutos, que neste caso, podem causar malefícios aos grãos e conseqüentemente alterar a qualidade da bebida (CLIFFORD, 1985).

A concorrência do mercado mundial promoveu maiores cuidados no processo de produção de cafés justamente pelas novas exigências dos consumidores e a procura por cafés especiais está diretamente relacionada à essas mudanças no padrão de consumo (ZAIDAN, et al., 2016). Estas novas exigências estão ligadas às características não apenas sensoriais como também ao aroma, a cor, aos atributos físicos e até mesmo a história de onde foi produzido o café. O consumidor busca saber todas as características em busca da melhor experiência, realçando o melhor sabor, aroma e textura.

Essa demanda por cafés de alta qualidade tem provocado o que tem sido denominado de "descomoditização", pelo qual o preço do café passa a ser negociado pelos atributos de qualidade que ele possui, e por esta razão, atentar-se para produção de cafés de qualidade superior se tornou muito importante na cadeia produtiva. O consumidor está cada vez mais apto a apreciar e reconhecer sabores e nuances que antes não eram tão valorizadas. Essa mudança, caracteriza a "terceira onda", onde o café é consumido avaliando não apenas o teor de cafeína, mas a qualidade como um todo (SILVA; GUIMARÃES, 2012).

Para tornar viável o comércio internacional, foi necessário criar padrões de qualidade dentro do Brasil e, por ser considerado o maior produtor e exportador de café, possui suas próprias regras. A COB (Classificação Oficial Brasileira) é uma importante ferramenta para determinar estes padrões de qualidade e degustação no Brasil.

De acordo com a BSCA (Brazilian Specialty Coffee Association) (2021), os atributos de qualidade do café cobrem uma ampla gama de conceitos que vão desde características físicas, como origens, variedades, cor e tamanho até preocupações de ordem ambiental e social como os sistemas de produção e as condições de trabalho da mão de obra cafeeira.

O Brasil possui grande destaque na produção de cafés especiais, cuja produção cresce a cada ano (GONÇALVES, 2018). De acordo com um levantamento da Federação dos Cafeicultores do Cerrado (2022), o consumo de cafés especiais no Brasil tem registrado um aumento médio anual de 15%. De acordo com o órgão, das 47 milhões de sacas produzidas no país em 2021, cerca de 8 milhões (17%) eram de grãos com qualidade superior.

De acordo com a metodologia de avaliação sensorial da SCA (SpecialityCoffeeAssociation), usada em todo o mundo, um café especial é aquele que atinge 80 pontos ou mais na escala de pontuação, sendo avaliados diversos atributos como, fragrância e aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização e harmonia.

Existe ainda, uma diferenciação dentro da classificação de cafés especiais. Cafés pontuados entre 80 e 84 pontos são considerados "muito bons", aqueles que possuem pontuação superior a 85 pontos, são os cafés "excelentes", e os cafés acima de 90 pontos são considerados "excepcionais". De acordo com esta classificação, o café é valorizado proporcionalmente à sua pontuação das quais cafés excepcionais possuem um alto valor agregado e pode ser vendido a preços mais elevados (DI DONFRANCESCO; GUTIERREZ GUZMAN; CHAMBERS, 2014).

Por outro lado, o "Cup of Excellence" nos esclarece sobre a qualidade de alguns dos cafés especiais produzidos. Este concurso é organizado com o apoio da BSCA (BrazilSpecialityCoffeeAssociation), da SCA (SpecialityCoffeeAssociation) e da SCAE (SpecialityCoffeeAssociationofEurope). Este é um dos principais concursos de qualidade de café do mundo e acontece desde o ano de 2000 (BSCA, 2021).

De modo geral, a produção de cafés especiais está intimamente ligada a 3 fases: pré-plantio, condução da cultura e pós-colheita. A primeira fase envolve a escolha da cultivar, onde deve-se atentar para o potencial de produção e aspectos sensoriais de bebida; a segunda fase, é onde o produtor deve providenciar para a planta todas as condições ideais para extrair o maior potencial produtivo da cultivar; e na terceira fase, é preciso se atentar para minimizar ao máximo os danos que são comumente causados na pós-colheita. (BARBOSA, 2018)

### **2.3 Pós-colheita**

Após a colheita dos frutos o café pode ser processado por via seca ou úmida. Na via seca, o fruto é secado da mesma forma em que foi colhido, ou seja, integralmente, com casca e mucilagem, dando origem aos cafés denominados coco, de terreiro ou natural. A via úmida tem como produtos os cafés despulpados, desmucilados e os cereja descascado (SILVA, 1999). Nos despulpados e desmucilados, há a retirada da casca (exocarpo) e da mucilagem (mesocarpo) do fruto maduro por fermentação ou mecanicamente, respectivamente (PEREIRA *et al.*, 2002).

Enquanto no cereja descascado (CD) é retirada apenas a casca do fruto, permanecendo o fruto e a mucilagem aderidas ao pergaminho.

De acordo com Souza (2000), o preparo por via úmida com a remoção da mucilagem, parte do fruto que pode favorecer o desenvolvimento de fermentações microbianas e secagem mais lenta, pode impedir que características desejáveis sejam transmitidas da mucilagem para o grão. O café cereja descascado (CD) produz cafés com um bom nível de acidez, sabor adocicado e aroma intenso, o que confere a este preparo cafés com grande potencial de mercado (OLIVEIRA, *et al.*, 2005).

Segundo Villela (2002), o café natural apresenta, em relação ao despulpado, maiores teores de açúcares redutores, açúcar total, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e menor acidez. Segundo ao autor, sugere-se então, por meio da análise sensorial, que os cafés processados por via úmida possuem melhor qualidade de bebida.

Em suma, o método de processamento interfere diretamente na composição química dos grãos impactando na qualidade final da bebida (BYTOF *et al.*, 2005; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006) por alterar significativamente o conteúdo de açúcares nos grãos crus (DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010).

As unidades de processamento de café são compostas por máquinas e equipamentos, operando num fluxo contínuo, desde a recepção, lavagem e separação dos frutos até o beneficiamento para a retirada do pergaminho ou parte remanescentes dos frutos. Nesse fluxo, a etapa de beneficiamento dos grãos de café consiste na remoção de todas as partes constituintes do fruto (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) restando apenas o grão, e das etapas constituintes neste processo podem-se citar o recebimento, a limpeza, o descascamento e a seleção preliminar (ABREU, 2015).

Danos físicos podem ocorrer aos grãos de café em todas as etapas do processamento e beneficiamento, sendo que danos mecânicos são considerados um dos mais relevantes durante o processo. Estes são causados principalmente por choques às superfícies mais rígidas que podem causar trincas, quebras, arranhões e até mesmo danos ao material integralmente (FESSEL *et al.*, 2003; OBANDO-FLOR *et al.*, 2004). De acordo com Bunzen e Haese (2006), estes danos são considerados uma abertura para incidência de fungos durante a fase de armazenamento ocasionando assim perda de valor econômico.

Estas quebras evidenciam danos relacionados a todas as etapas do beneficiamento descaracterizando assim o produto que resulta em um menor valor comercial que geram prejuízos diretos na qualidade da bebida e financeiros ao produtor (KOZEN, 2012). Entretanto,

mesmo sendo um problema muito evidenciado nos últimos anos em diversos países, a quantificação de perdas não é levada em consideração pela maioria deles (REZENDE, 2003).

Dessa forma, estudos devem ser realizados a fim de diagnosticar danos na etapa de beneficiamento, secagem e processamento do café, detectando onde estão as maiores causas desses danos e qual a melhor maneira de solucionar o problema.

## 2.4 Armazenamento

O armazenamento tem o objetivo de preservar a qualidade de um produto após a colheita até a comercialização, abastecendo os consumidores de maneira adequada e eficaz (BORÉM, *et al.*, 2008). Entretanto, diversos fatores podem provocar uma diminuição na qualidade do produto como o teor inicial de água, as condições ambientais do armazém e o tempo de armazenamento. Estes, atuam promovendo a degradação de compostos químicos que geram substâncias que não são agradáveis ao paladar do consumidor, prejudicando a qualidade final do grão.

Preservar os grãos desde a colheita até a industrialização é de vital importância para toda a cadeia produtiva pois o preço é diretamente proporcional à qualidade do produto final (PONCIANO *et al.*, 2003; ALENCAR *et al.*, 2009) e para Santos (2006) é muito importante aprimorar as condições de armazenagem e a capacidade armazenadora para manter a qualidade dos grãos que obtiveram bons níveis de produtividade a campo.

De acordo com Borém (2008), o armazenamento do café pode ser classificado como convencional quando o produto é armazenado em sacaria e a granel quando o café é estocado e armazenado sem o auxílio da sacaria.

Durante o armazenamento, oxidações lipídicas nos grãos podem evidenciar algumas alterações na qualidade da bebida (BORÉM, *et al.*, 2013). Entretanto, os compostos específicos que são oxidados e as substâncias que são formadas ainda não são completamente conhecidos. Segundo Jaet (2010) metabolômica em grãos crus de café que envolvam compostos pouco estudados na literatura pode ser uma ferramenta útil para entender as alterações na bebida de café ocorridas nos grãos durante o armazenamento.

Vários estudos demonstram variações nos valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio de grãos de cafés ao longo do armazenamento. Isto pode ser explicado pela maior deterioração das membranas celulares durante o tempo de armazenagem, em razão do aumento da quantidade de íons lixiviados (COELHO; PEREIRA; VILELA, 2001; CORRÊA *et al.*, 2003;

GODINHO et al., 2000; NOBRE et al., 2007; RIGUEIRA et al., 2009; RODRIGUES, 2009; SAATH, 2010; SILVA et al., 2001).

A redução da qualidade da bebida do café é determinada pela análise sensorial. É muito comum entre os produtores de café, referirem-se a cafés da safra anterior como inferiores em aroma e sabor, comparados ao da safra atual. Entretanto, mesmo se o café for da atual safra, se não armazenado de maneira adequada, podem perder qualidade e em contrapartida, cafés da safra anterior que foram armazenados de maneira correta, são capazes de proporcionar aroma e sabor ideais para o consumidor final (BORÉM, *et al.*, 2013).

## **2.5 Avaliações da qualidade do café**

Diversas análises são utilizadas para avaliar a qualidade de grãos de café para aferir aspectos físicos, químicos, fisiológicos e bioquímicos, em consonância com a avaliação sensorial dos grãos torrados.

### **2.5.1 Avaliação fisiológica**

Em diversos trabalhos de pesquisas foi demonstrada a associação entre a qualidade fisiológica e aspectos sensoriais, de modo que grãos com alta qualidade sensorial, geralmente apresentam boas características fisiológicas (OLIVEIRA, 2010; SAATH, 2010; TAVEIRA et al. 2012; FREITAS, 2013; ABREU, 2015). Os grãos com membranas danificadas e mal estruturadas lixiviam maior quantidade de solutos e apresentam maiores índices de lixiviação de potássio e condutividade elétrica (KRZYZANOWSKY et al, 1991). A desorganização e o rompimento das membranas celulares causam o extravasamento dos ácidos graxos que estão situados dentro das células, causando reações oxidativas ou catalíticas que são extremamente prejudiciais ao grão de café (BORÉM, 2008).

Em pesquisas sobre as alterações na condutividade elétrica e lixiviação de potássio, durante o armazenamento de grãos de café, vários autores concluíram que ocorre maior deterioração das membranas celulares com o aumento do tempo de armazenamento, aumentando de forma significativa a quantidade de íons lixiviados (RIGUEIRA et al., 2009; NOBRE et al., 2007; CORRÊA et al., 2003; COELHO et al., 2001; SILVA et al., 2001; ABREU, 2015).

Observa-se que grãos de café apresentam altos valores de condutividade elétrica após armazenamento de 12 meses, quando comparados às avaliações realizadas antes do

armazenamento, como também existe uma relação inversamente proporcional entre o teste de condutividade elétrica e análise sensorial (SAATH, 2010).

### **2.5.2 Avaliação sensorial**

A avaliação sensorial é caracterizada pela interação dos órgãos dos sentidos, principalmente paladar e olfato e o resultado dessa interação é uma sensação usada para medir a qualidade dos alimentos (PAIVA, 2005). Entretanto, segundo Teixeira (1995), é extremamente importante o controle do processo de avaliação, como ponto de torra e temperatura da água, a fim de reduzir a possibilidade de erros que possam prejudicar a análise sensorial.

Segundo Paiva (2005), durante degustação de cafés especiais, algumas precauções devem ser tomadas quanto à temperatura de preparo das bebidas, pela ocorrência de variações nos atributos qualitativos, ressaltando ou anulando determinada característica. Os atributos avaliados são: doçura, fragrância e aroma, acidez, corpo, uniformidade, sabor, sabor residual, xícara limpa, balanço e impressão global.

Em geral, nos cafés considerados refinados, não se adiciona açúcar e podem ser apreciados quanto à doçura. Quando o amargor se apresenta forte, pode ser em consequência de uma torra exagerada. Podem ser consideradas características de bons cafés o aroma perceptível, lembrando aromas florais, cítricos, frutados, dentre outros. A acidez pode ser desejada desde que seja até um certo ponto. O “corpo” da bebida é uma característica relacionada à sensação de preenchimento e à permanência na cavidade bucal do degustador; o sabor residual, como o próprio nome sugere, representa o sabor que permanece na boca, após a degustação da bebida. Em suma, o sabor do café é a sensação causada pela percepção dos compostos químicos da bebida (PAIVA, 2005).

Atualmente, métodos de análises sensoriais descritivas têm sido adotadas, onde os provadores atribuem notas a cada um dos atributos sensoriais da bebida. O método que mais se destaca é o proposto pela Specialty Coffee Association (SCA). Este método é baseado em uma análise sensorial descritiva quantitativa da bebida, realizada por uma equipe de provadores qualificados e treinados, que fazem averiguar a fragrância do pó, corpo da bebida, aroma, amargor, defeitos, sabor, sabor residual, adstringência (HOWELL, 1998).

### 2.5.3 Aspectos físicos

Mesmo em condições ideais, podem ocorrer alterações físicas, como na cor dos grãos durante o armazenamento (SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008; SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006), ocorrendo o branqueamento, fenômeno onde a tonalidade verde-azulada passa à marrom-clara e esbranquiçada. Devem ser considerados os fatores como danos sofridos pelo produto, luz, umidade relativa, teor de água, tempo de armazenagem e tipo de embalagem (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; BORÉM et al., 2013; CORADI; BORÉM, 2009; GODINHO et al., 2000; ISMAIL; ANUAR; SHAMSUDIN, 2013; NOBRE, 2005).

Vários autores demonstraram a relação entre a coloração dos grãos e a qualidade da bebida de cafés armazenados em diferentes ambientes (CORADI; BORÉM, 2009; RIGUEIRA et al., 2009; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000). Nesses trabalhos foi relatado que as alterações na coloração dos grãos de cafés são altamente influenciadas pela temperatura e a umidade relativa do ar de armazenagem.

Durante a pós-colheita os grãos de café estão sujeitos ao estresse causado pelo beneficiamento, realizado mecanicamente para a remoção do pericarpo e endocarpo. Esta operação pode causar trincas ou danos latentes que serão evidenciados posteriormente no armazenamento. Estes danos mecânicos podem provocar a desestruturação de membranas celulares e desorganização celular, promovendo a redução na qualidade (AMORIM, 1978; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008).

Tendo em vista a importância dos danos físicos para a perda da qualidade de sementes e grãos, alguns testes são utilizados para detectar e quantificar esses danos. Alguns testes são utilizados para a avaliação de danos mecânicos em sementes, como o teste do verde rápido (fast green) e a tintura de iodo para sementes de milho, o teste de tetrazólio para sementes de soja, além das análises digitais de imagem digital, como o raio-x e o sistema Groundeye. O teste de tetrazólio tem sido utilizado para avaliar danos em sementes e grãos de café (FREITAS et al, 2020), além do teste de lercafé (VIEIRA et al., 1998). Em estudo realizado em sementes de café, Reis (2004) verificou que o teste LERCAFÉ é eficiente para estimar a viabilidade das mesmas. Nesses estudos, o autor verificou que determinadas concentrações de hipoclorito de sódio utilizadas como solução de embebição reagem com partes deterioradas do endosperma, ocorrendo o aparecimento de uma coloração verde nessas áreas. Assim, a exemplo do teste de tetrazólio, acredita-se poder utilizar o teste LERCAFÉ para detectar, por meio dessa coloração, diferentes tipos de danos encontradas em grãos de café. Além disso, o teste mostrou-se muito

promissor devido ao seu baixo custo, pequena demanda de mão de obra e facilidade na execução e interpretação dos resultados.

#### **2.5.4 Análises químicas**

A forma de processamento utilizada influencia diretamente na composição química dos grãos de café (BORÉM, 2008; BYTOF; KNOPP; SELMAR, 2006), causando impactos nas características que conferem maior qualidade.

Algumas pesquisas apontam o decréscimo nos teores de açúcar ao longo do armazenamento (AFONSO JÚNIOR, 2001; CORADI et al., 2007; GODINHO et al., 2000; REINATO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2011). Isso acontece em razão do conteúdo de açúcar estar diretamente relacionado com a atividade respiratória dos grãos quando estão armazenados. Os grãos tendem a consumir mais açúcar quando estão em maior atividade respiratória, causando a deterioração do produto durante o armazenamento (AFONSO JÚNIOR, 2001). Entretanto, Nobre et al. (2007) constatou que os teores de açúcares totais sofrem oscilações quando armazenados em pergaminho e beneficiados.

Em várias pesquisas tem sido demonstrado que acidez e qualidade de bebida estão relacionadas, sendo observado um aumento da acidez no café beneficiado de qualidade inferior (CARVALHO et al., 1994; CHAGAS et al., 1997; LEITE, 1991). Um aumento nos valores de acidez foi observado à medida em que aumenta o tempo de armazenamento (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; SAATH et al., 2012), e o tipo processamento do café influencia estes valores, sendo menores para o café despulpado (SAATH et al., 2012), comparado ao café natural.

Um dos atributos mais importantes quando se trata de cafés especiais é a doçura, pois participa de importantes reações químicas como a reação de Maillard, originando compostos responsáveis pela formação da cor, do sabor e do aroma peculiar da bebida (SALVA; LIMA, 2007). Portanto, os grãos de café com maior qualidade parecem estar relacionados com maiores teores de açúcares totais (BORÉM; REINATO, 2006; LOPES, 2000; RIBEIRO et al., 2003).

### 2.5.5 Análises bioquímicas

Os resultados da avaliação da qualidade dos grãos, como a análise sensorial e testes fisiológicos, químicos e físicos, são amplamente associados aos das análises bioquímicas. As enzimas associadas ao processo de proteção ou eventos deteriorativos são as mais estudadas para este tipo de correlação (CARVALHO et al., 2006; HENNING et al., 2009; ROSA et al., 2005; TAVEIRA et al., 2012).

A eletroforese é uma excelente ferramenta para a avaliação bioquímica de proteínas e isoenzimas que podem se relacionar com as mudanças na qualidade fisiológica de sementes e grãos (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION- ISTA, 1992). Durante a eletroforese as moléculas com carga negativa migram para o polo positivo e as moléculas com carga positiva migram para polo negativo.

Alterações na expressão enzimática em grãos e sementes quando são expostas a condição de estresse explicam o avanço do processo deteriorativo (DUSSERT et al., 2006; SHARMA et al., 2012). Essas ações deteriorativas, quando identificadas e erradicadas do processo produtivo garantem a conservação da qualidade de grãos ao longo do armazenamento.

As principais enzimas envolvidas no sistema de proteção contra deteriorações são as enzimas catalase (CAT), peroxidase (PO), superóxido dismutase (SOD) e a polifenoloxidase (PFO) que atuam como removedoras de espécies reativas de oxigênio (EROs) (BERJAK, 2006). Esses radicais livres causam alterações na função das membranas, promovendo a peroxidação de lipídios, inativação de enzimas e a degradação de ácidos nucleicos (GREGGAINS et al., 2000). Sendo assim, Berjak (2006) afirma que a deterioração dos grãos se deve a baixa atividade de enzimas removedoras de peróxidos, que aumenta a sensibilidade do mesmo a estresses oxidativos.

A catalase (CAT) é uma enzima encontrada em peroxissomos, sendo responsável por consumir e produzir o peróxido de hidrogênio produzido em condições de estresse e remoção de radicais livres (DUBEY, 2011), decompondo o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio. Esta enzima atua em conjunto com a SOD, e sua ausência pode inativar a função enzimática da superóxido dismutase (FRIDOVICH, 1995).

Outra enzima importante na avaliação de sementes é a esterase (EST), que está presente nas membranas celulares e que participa de reações de hidrólise de ésteres podendo ter ação sobre o metabolismo de lipídeos (SANTOS; MENEZES; VILLELA, 2005; COELHO et al., 2015). O aumento da atividade desta enzima resulta em maior grau de prevenção da

peroxidação lipídica, promovendo a liberação de ácidos graxos para o processo respiratório. Saathet al. (2014) concluíram que esta enzima é indicativa de deterioração em grãos de café.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local e material vegetal**

Nos estudos foram utilizados frutos de café da cultivar Topázio MG1190, colhidos em lavoura da Fazenda Samambaia, em Junho/2021, os quais foram processados na Unidade de Processamento e armazenados na Cooperativa Sancoffee Brasil, localizadas no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais. Os experimentos foram realizados no Laboratório Central de Análise de Sementes, do Departamento de Agricultura, ESAL, Universidade Federal de Lavras (UFLA) e no Laboratório de Pós-Colheita, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

#### **3.2 Caracterização do experimento**

Foram realizados dois estudos, sendo que no primeiro foram investigados danos mecânicos em grãos de café durante as etapas do processamento e beneficiamento. No segundo estudo foi realizado um comparativo entre o café obtido do processamento mecânico na Fazenda Samambaia e um café processado manualmente e que não passou por mecanização. Os cafés de ambos os estudos foram submetidos à avaliação de danos imediatos após processamento e, a cada três meses, durante um ano de armazenamento, a fim de diagnosticar possíveis danos latentes.

#### **3.3 Primeiro estudo**

##### **3.3.1 Etapas do fluxo de Pós-colheita**

Após a colheita, os frutos foram lavados, descascados e passados por máquinas, equipamentos, e secagem em terreiro, conforme descrição abaixo.

*Lavador:* o lavador-separador de café promove a remoção de impurezas do café colhido, tais como gravetos, terra e pedras, e a separação dos grãos por densidade. O café é processado inicialmente em peneira vibratória, que elimina parte das impurezas e, posteriormente, passa por separação hidráulica, que separa o café cereja e verde do café bóa, eliminando as demais impurezas.

*Descascador*: trata-se do maquinário formado por um conjunto de navalhas metálicas giratórias e fixas que removem a casca do café e segregam os frutos verdes.

*Desmucilador*: máquina que promove a remoção mecânica da mucilagem do café cereja-descascado, por meio da fricção utilizando água para lubrificação e lavagem dos grãos.

*Centrífuga*: extrai de forma instantânea o excesso de líquidos externos ao grão de café.

*Secagem em terreiro*: após as etapas citadas anteriormente, o café é esparramado e seco em terreiro convencional, durante 14 dias e revolvido por meio de motocicleta.

*Beneficiadora*: máquina responsável pela retirada do pergaminho de forma mecânica que têm por princípio a fricção dos grãos em uma peça com furos de bordos cortantes e, posteriormente o café é selecionado seguindo critérios de qualidade.

Após o beneficiamento, os grãos de café foram encaminhados para a Sancoffee, onde passaram por uma segunda etapa, conforme o fluxo de máquinas descrito abaixo.

*Catador de pedras*: as impurezas mais pesadas que os cafés são eliminados por um sistema “airfloat”.

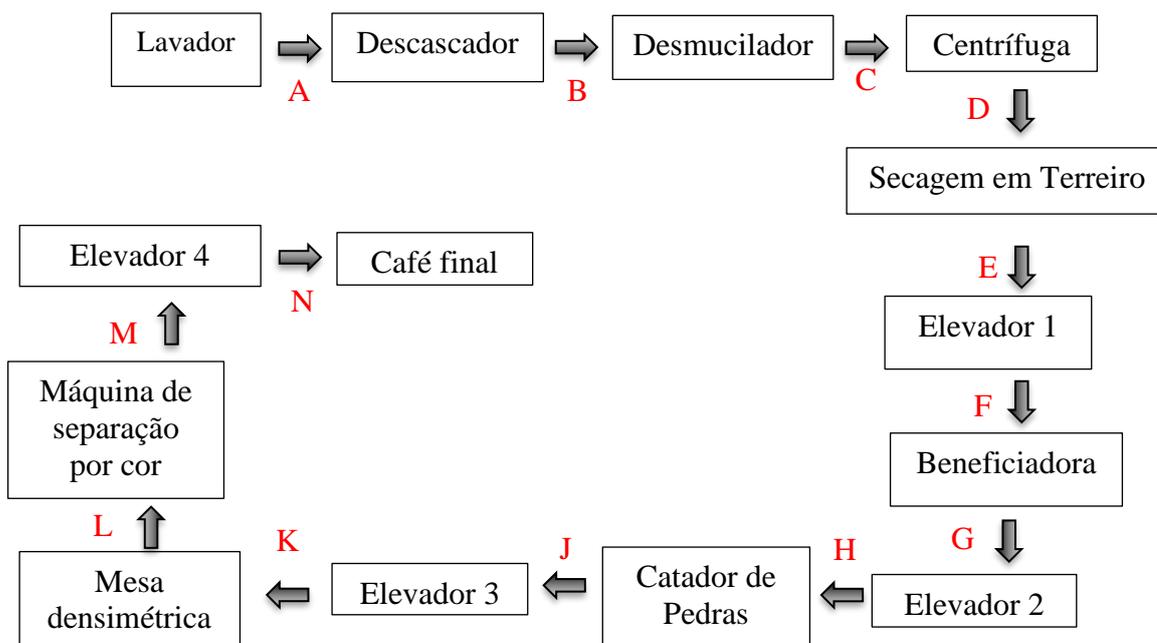
*Mesa densimétrica*: atua com base na separação por diferença de densidade, sendo constituída por uma mesa perfurada e escamada, sobre a qual um colchão de ar estratifica a massa de grãos de café que flui sobre ela, permitindo que os grãos de maior densidade permaneçam próximos a mesa.

*Máquina de cor*: propicia a seleção eletrônica complementar, onde os grãos defeituosos são identificados pela cor e posteriormente eliminados.

### **3.3.2 Coleta de amostras do primeiro estudo**

Para avaliação de danos físicos que os grãos de café podem ter potencialmente sofrido, amostras foram coletadas em todo o fluxo, totalizando 13 pontos de amostragem, conforme ilustrado na Figura 1. Parte do processamento do café foi realizada nas instalações da Fazenda Samambaia, onde foram coletadas as amostras A até H. Após a beneficiadora (ponto G), o café foi encaminhado para a Sancoffee, onde passou por outro fluxo de mecânico, sendo coletadas as amostras de H até N. Após coleta, parte das amostras foi submetida à imediata avaliação da qualidade sensorial, física e parte foi armazenada para ser avaliada a cada três meses, durante o armazenamento. As amostras de A até E (lavador até secagem em terreiro), obtidas em pergaminho, foram beneficiadas à mão para a avaliação de danos físicos causados em cada etapa do fluxo. A retirada manual dos pergaminhos foi realizada para não agregar aos grãos de café, danos adicionais e alheios às operações de processamento, que se deseja medir neste estudo. As demais amostras, e F até N, foram coletas já beneficiadas.

**Figura 1**–Esquema de amostragem no fluxo de processamento e beneficiamento do café na Fazenda Samambaia e Cooperativa SanCoffee.



**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos

Amostra	Localização Etapa do Processamento	Especificação do equipamento
A	Lavador	Fabricante: Monte Alegre; Capacidade: 2.000 l/h; 2018
B	Descascador	Fabricante: Penagos; Capacidade: 6.000 l/h; 2018
C	Desmucilador	Fabricante: Penagos; Capacidade: 6.000 l/h; 2018
D	Centrífuga	Fabricante: Origem do Brasil; 20.000 l/h; 2018
E	Secagem em terreiro	Terreiro de asfalto
F	Elevador 1	Elevador de canecas que transporta os grãos para a beneficiadora
G	Beneficiadora	Fabricante: Pinhalense; Capacidade: 25 a 35 sacos/hora; 2018
H	Elevador 2	Elevador de canecas que transporta os grãos para o ensaque
J	Catador de pedras	Fabricante: Pinhalense
K	Elevador 3	Elevador de canecas que transporta os grãos para a mesa densimétrica
L	Mesa densimétrica	Fabricante: Pinhalense
M	Máquina de separação por cor	Fabricante: Selgron; Modelo: AlfaScan II
N	Elevador 4	Elevador de canecas que transporta os grãos para o ensaque

As amostras coletadas nas diferentes fases do processamento e beneficiamento foram avaliadas pelas seguintes análises que serão descritas mais adiante: danos físicos pelos testes de tetrazolio e LERCAFÉ, condutividade elétrica e lixiviação de potássio, análise de cor e análise bioquímica pelas enzimas catalase e esterase.

### **3.4 Segundo estudo**

Nesse estudo parte do café obtido no final do processo descrito anteriormente, foi avaliado e os resultados das avaliações foram comparados às de um lote obtido na mesma colheita, porém não submetido ao fluxo de máquinas e equipamentos. Este lote avaliado, foi constituído por frutos processados mecanicamente e submetidos à secagem e ao beneficiamento conforme a seguinte descrição.

*Descascador:* remoção mecânica da mucilagem do café cereja-descascado por fricção utilizando água para lubrificação e lavagem dos grãos.

*Desmucilador:* após descascados, os grãos de café foram desmucilados por fermentação natural, em água a 30°C por 24h e, então, lavados em água corrente.

*Secagem:* após desmucilagem foi realizada a secagem em terreiro suspenso, sendo os cafés espalhados em camadas de 2cm e revolvidos em intervalos de 3 horas, até atingirem 12% de umidade.

*Beneficiadora:* o equipamento utilizado foi o descascador industrial de renda metálico, com capacidade de 30 kg/h, modelo DRC 2 da fabricante Pinhalense.

#### **3.4.1 Coleta de amostras do segundo estudo**

As amostras de segundo estudo correspondem aos pontos B e N do esquema de amostragem apresentado na Figura 1. Estas amostras foram submetidas à avaliação citada abaixo, imediatamente após a coleta e, também, a cada três meses, durante um ano de armazenamento em condições do ambiente.

As amostras coletadas foram avaliadas pela análise sensorial e análise química pela quantificação de açúcares, proteínas, lipídeos e atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), que serão melhor descritas adiante.

### **3.5 Armazenamento das amostras**

Todas as amostras, dos dois estudos, foram acondicionadas em sacos de juta, devidamente identificados, acondicionados em caixas de papelão e armazenados no armazém da Usina de Beneficiamento de Sementes do Setor de Sementes, DAG/ESAL, da UFLA. No tempo zero do armazenamento e a cada três meses, amostras de todos os tratamentos foram retiradas do armazém e submetidas às avaliações físicas, fisiológicas, químicas, sensoriais e bioquímicas, totalizando 5 amostragens, aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

### **3.6 Avaliação da qualidade do café**

As amostras coletadas antes e após cada máquina ou equipamento, que supostamente possa causar danos mecânicos aos grãos de café, foram submetidas às avaliações físicas, fisiológicas, químicas, bioquímicas e sensoriais, conforme a seguinte descrição.

#### **3.6.1 Determinação do 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 horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (International Organization for Standardization ISO, 1999).

#### **3.6.2 Análise Sensorial**

A análise sensorial foi realizada por três Juízes Certificados pela SCA, pelo protocolo da Associação de Cafés Especiais (SCA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (2001) para a 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. A torra foi 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  $\pm 1$  ponto. A torra foi realizada em 100g de grãos de café, peneira 16 acima, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torra 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 SCA e em cada avaliação sensorial foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada amostra, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição e totalizando

três repetições por tratamento. Os resultados finais (pontuação final) da avaliação sensorial foram constituídos pela soma dos seguintes atributos: fragrância, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização e equilíbrio.

### 3.6.3 Avaliação Química

#### *Quantificação de proteínas*

A quantificação de proteínas foi realizada pelo método de Bradford (Bradford, 1976), determinada por medição em espectrofotômetro, com leitura em comprimento de onda à 595nm, com os resultados expressos em porcentagem.

#### *Açúcares totais*

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinado pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944) e os resultados foram expressos em porcentagem.

#### *Atividade da Polifenoloxidase (PPO)*

A atividade da enzima PPO foi obtida pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948). A obtenção de extrato para a atividade da polifenoloxidase foi realizada, segundo a metodologia proposta por Mazzafera e Robinson (2000). O meio de extração foi composto de tampão fosfato de potássio 0,1M, pH 7,0, contendo 2% de ácido ascórbico e 20% de polivinilpirrolidona (PVPP) (peso/peso). Após agitação por 20 minutos, o extrato foi centrifugado a 36.000 g por 20 minutos, e o sobrenadante retirado. A atividade da enzima foi determinada, utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina), como branco. Foi realizada a curva padrão. A leitura da enzima polifenoloxidase foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e os resultados expressos em  $U \text{ min}^{-1} \cdot g^{-1}$  de grãos (U é a unidade de atividade enzimática equivalente a 0,001 da densidade ótica por minuto).

### *Quantificação de lipídeos*

Foi determinada em aparelho do tipo de Soxhlet, da marca Tecnal, segundo normas da AOAC (1990). A quantidade de extrato etéreo, presente em cada amostra, foi dada em percentual.

#### **3.6.4 Avaliação da cor**

A cor dos grãos crus de café foi determinada no 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 três leituras nos quatro pontos cardeais e uma no ponto central da placa.

#### **3.6.5 Avaliação fisiológica**

##### *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, pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água destilada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. Os recipientes permaneceram em estufa regulada para 25°C, por cinco horas e em seguida procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos foi calculada a condutividade elétrica e os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de grãos.

##### *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 e a leitura realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002. Com os dados obtidos, foi calculada a quantidade de potássio lixiviado e o resultado foi expresso em ppm.

### 3.7 Avaliação de danos mecânicos

#### 3.7.1 Teste de tetrazólio modificado

Para a avaliação dos danos mecânicos nos grãos de café coletados após cada máquina ou equipamento, por meio do teste de tetrazólio, foi utilizada a metodologia proposta por Deloucheet *al.*, (1976), com modificações. O teste foi realizado nos grãos de café inteiros, com três repetições de 15 grãos, os quais foram, inicialmente, embebidos por 24h em água a 30°C para facilitar a remoção da película prateada (espermoderma). Após este período, os grãos foram embebidos em solução de tetrazólio 1% utilizando frascos escuros e mantidos em temperatura de 30°C por 24 horas. A concentração do sal de tetrazólio e o tempo de embebição foram determinados por meio de pré-testes.

A avaliação dos danos nos grãos de café foi realizada por meio da escala de intensidade de coloração entre 0 e 5, em que: 0 = não houve coloração; 1 = 25% do grão colorido; 3 = 50% do grão colorido; 4 = 75% do grão colorido e 5 = 100% do grão colorido.

Os resultados foram calculados aplicando-se a fórmula descrita por McKinney (1923).

$$IC (\%) = [\sum(f.v)/[n.x]*100$$

Em que, IC = Intensidade de danos; f = número de grãos com determinada nota; v = nota observada; n = número total de grãos avaliados; x = grau máximo de intensidade na escala.

#### 3.7.2 Teste de hipoclorito de sódio - Lercafé

O teste de hipoclorito de sódio foi realizado pelo método do LERCAFÉ (2004) modificado. Três repetições de cada tratamento contendo 15 grãos de café inteiros, foram imersos em hipoclorito de sódio 2,5% em caixas do tipo *gerbox* e acondicionadas em BOD a 25°C por 3 horas. Após esse tempo, os grãos foram lavados em água corrente por 40 segundos e imersos em água destilada por 40 minutos.

Para a avaliação, cálculo e expressão dos resultados, foi utilizado o mesmo método descrito anteriormente, no teste de tetrazólio, McKinney (1923).

### **3.8 Análise bioquímica**

#### **3.8.1 Eletroforese de isoenzimas**

Amostras de 50 grãos, de cada tratamento, foram acondicionadas por 6 e 12 meses, identificadas e armazenadas em deep-freezer a  $-86^{\circ}\text{C}$ , para as análises de isoenzimas por meio da técnica de eletroforese. Os materiais foram macerados separadamente na presença de nitrogênio e PVP (polivinilpirrolidona) e armazenados em temperatura de  $-86^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises. Para a extração, foi utilizado o tampão adequado para cada enzima, na proporção de  $320\mu\text{L}$  por  $100\text{mg}$  de pó do material macerado. A solução foi homogeneizada em vórtex e mantida em geladeira por uma hora, seguido de centrifugação a  $14.000\text{ RPM}$  por 60 minutos, a  $4^{\circ}\text{C}$ . Foram aplicados  $50\mu\text{L}$  do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética ocorreu em um sistema descontínuo de géis de poliacrilamida (4,5% gel de concentração e 7,5% gel de separação) a  $150\text{V}$  durante 6 horas. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi o tris-glicina pH 8,9. Ao término da corrida, os géis foram revelados para as enzimas catalase (CAT) e esterase (EST) conforme metodologia descrita por Alfenas, (2006).

### **3.9 Delineamento experimental e análises estatísticas**

No primeiro estudo, na análise dos resultados de danos mecânicos em cada etapa do fluxo de processamento e beneficiamento, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Nesse delineamento, as unidades experimentais são dispostas a cada tratamento de forma inteiramente casual (sorteio). O delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $13$  (fontes de danos – máquinas ou equipamentos) X  $5$  (tempos de armazenamento dos grãos) foi utilizado para os dados de análises químicas, com três repetições, e parada condutividade elétrica, lixiviação de potássio, umidade e de análise de cor, com quatro repetições. Para a comparação das médias utilizou-se o teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade e, para os dados quantitativos do fator tempo de armazenamento realizou-se o estudo de regressão.

Para os testes de Tetrazólio modificado e Lercafé, foram feitas análises somente após as operações, não levando em consideração o tempo de armazenamento. Os resultados foram submetidos ao teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Já no segundo estudo, o delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial de  $2$  (dois diferentes cafés – café beneficiado à mão e café obtido no fluxo de processamento e beneficiamento), X  $5$  tempos de armazenamento, com três repetições.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.10 Resultados do primeiro estudo

#### 4.1.1 Análise de danos mecânicos

##### 4.1.1.1 Teste de tetrazólio modificado

De acordo com a análise de variância dos resultados do teste de tetrazólio, houve efeito significativo do fator etapas do processamento e beneficiamento, na variável resposta intensidade de danos.

Pelos resultados obtidos (Tabela 2) nota-se que os danos se intensificam ao longo das etapas de beneficiamento, com um relevante aumento a partir da etapa de secagem em terreiro. As maiores porcentagens de grãos danificados foram observadas nas duas últimas etapas, apresentando 71,96 e 83,4%, respectivamente, sendo semelhantes estatisticamente.

**Tabela 2** - Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste de tetrazólio, em grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.

TRATAMENTO	DANOS MECÂNICOS (%)	DANOS DIFERENCIAIS (%)
<b>LAVADOR</b>	2,22 A	
<b>DESCASCADOR</b>	2,21 A	0,42
<b>DESMUCILADOR</b>	1,66 A	-0,56
<b>CENTRÍFUGA</b>	9,20 A	2,65
<b>SECAGEM EM TERREIRO</b>	61,15 B	7,15
<b>ELEVADOR 1</b>	61,96 B	1,94
<b>BENEFICIADORA</b>	53,20 B	0,69
<b>ELEVADOR 2</b>	65,63 B	3,47
<b>CATADOR DE PEDRAS</b>	58,86 B	0
<b>ELEVADOR 3</b>	53,06 B	<b>0</b>
<b>ELEVADOR 4</b>	57,10 B	1,99
<b>MÁQUINA DE COR</b>	71,96 C	3,63
<b>ELEVADOR 5</b>	83,40 C	3,84
<b>CV (%)</b>	16,64	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O teste de tetrazólio é um teste bioquímico, que se baseia na atividade das enzimas desidrogenases, as quais catalisam as reações respiratórias no interior das mitocôndrias durante a glicólise e o ciclo de Krebs (FOGAÇA et al., 2011). Essas enzimas liberam íons de hidrogênio, os quais reagem com o sal 2, 3, 5 trifênil cloreto de tetrazólio, reduzindo-o e formando um

composto não difusível de cor vermelha, conhecido por trifenilformazan (DELOUCHE et al., 1976). Essa reação ocorre nos tecidos vivos dos embriões de café, indicando que as enzimas desidrogenases estão ativas, e conseqüentemente que há atividade respiratória nas mitocôndrias.

Neste teste, a intensidade da coloração é um aspecto muito relevante a ser analisado na interpretação, sendo que a coloração vermelha intensa pode também representar tecidos enfraquecidos. Esses tecidos mais deteriorados e enfraquecidos são identificados por colorir mais rapidamente e em tom mais escuro do que os tecidos normais, e com envelhecimento adicional, tendem a colorir mais fortemente (VIEIRA et al., 1998).

Neste contexto, aplicando a mesma interpretação do teste de tetrazólio em embriões de café ao endosperma dos grãos, é possível afirmar que os lotes de grãos de café que apresentam endosperma com coloração vermelho intenso podem refletir uma condição de estresse pela qual o grão possa ter sido submetido.

Segundo Vieira et al. (1998), produtos provenientes de microorganismos ou deterioração em reação com o sal de tetrazólio podem ocasionar a coloração vermelha em alguns endospermas dos grãos de café, pois altas concentrações de certos produtos tóxicos, metabólitos secundários que são armazenados dentro de vacúolos de células de tecidos normais, tendem a escapar em tecidos enfraquecidos.

No presente trabalho, fica evidente que à medida que o café avança no fluxo do beneficiamento, ocorrem danos medidos por meio do teste de tetrazólio, com uma intensificação que se acumula e apresenta os maiores percentuais após o último elevador que leva ao ensaque dos grãos. No entanto, ressalta-se que o acúmulo de danos nos grãos de café durante o fluxo não ocorre de forma uniforme, com alguns valores diferenciais negativos (Tabela 2), provavelmente devido à pequenas desuniformidades de tamanho na massa de grãos passando pelo fluxo de beneficiamento.

Cabe ressaltar que nem todos os elevadores presentes no fluxo de beneficiamento da fazenda foram amostrados, ou seja, danos provenientes destes elevadores estão acumulados aos danos das máquinas e equipamentos, o que pode influenciar na qualidade final dos grãos.

#### **4.1.1.2 Teste de hipoclorito de sódio – Ler café**

A intensidade de danos mecânicos avaliada por meio do teste de hipoclorito de sódio, também sofreu efeito significativo das diferentes etapas do beneficiamento, conforme Anava.

Observa-se com os resultados apresentados na TABELA 3, que os danos se intensificam ao longo das etapas de beneficiamento. O relevante aumento de danos na etapa de secagem em terreiro, pode ser explicado pela grande movimentação de motocicletas para revolvimento e recolhimento dos cafés após conclusão da secagem, gerando atrito e potencializando a causa de danos físicos nos grãos.

**Tabela 3** - Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste de hipoclorito de sódio (Lercafê), nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.

TRATAMENTO	DANOS (%)	DANOS DIFERENCIAIS (%)
<b>LAVADOR</b>	2,77 A	
<b>DESCASCADOR</b>	3,33 A	1,03
<b>DESMUCILADOR</b>	25,53 B	4,66
<b>CENTRÍFUGA</b>	12,33 A	-13,21
<b>SECAGEM EM TERREIRO</b>	65,33 C	7,24
<b>ELEVADOR 1</b>	64,33 C	1,56
<b>BENEFICIADORA</b>	66,5 C	1,76
<b>ELEVADOR 2</b>	57,83 C	0
<b>CATADOR DE PEDRAS</b>	67,53 C	3,04
<b>ELEVADOR 3</b>	60,23 C	0,38
<b>MESA DENSIMÉTRICA</b>	65,96 C	2,12
<b>MÁQUINA DE COR</b>	65,33 C	1,82
<b>ELEVADOR 4</b>	79,23 C	3,56
<b>CV (%)</b>	17,58	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Carbonell et al. (1993) concluíram que o uso do hipoclorito de sódio para quantificação de danos mecânicos em sementes de soja é pouco oneroso e não requer longos períodos de tempo para avaliação, em comparação ao teste de tetrazólio, destacando que o teste do hipoclorito de sódio não requer grande emprego de mão de obra. Alguns autores constataram que testes como o do Lercafê têm se mostrado eficientes para avaliação de danos mecânicos dos grãos de café (REIS et al., 2010; ZONTA et al., 2008, 2009, 2010).

Neste estudo sobre danos mecânicos em grãos de café na etapa de beneficiamento, também foi possível avaliar e quantificar os danos causados nos grãos. Fica evidente pelos resultados da avaliação do Lercafê, uma elevação da intensidade de danificação ocorrida no desmucilador, elevação esta não detectada pelo teste de tetrazólio. Outra diferença é que as

amostras coletadas a partir da secagem apresentaram uma elevação na intensidade de danificação, permanecendo sem diferenças significativas até o ensaue.

#### 4.1.2 Condutividade elétrica e lixiviação de potássio

Diferentemente dos resultados da avaliação de danos mecânicos realizada imediatamente após o processamento e beneficiamento, os testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio foram realizados após beneficiamento e a cada três meses, durante um ano de armazenamento. Para estas variáveis resposta, foi verificada uma interação significativa dos fatores estudados, ou seja, tempo de armazenamento e etapas de beneficiamento de acordo com a análise de variância. Observa-se um aumento dos valores, com o avanço do tempo de armazenamento, como também no decorrer do fluxo de pós-colheita do café.

Ao longo das etapas do beneficiamento, com os resultados dos testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio, pode ser observado um aumento considerável dos valores em duas importantes etapas do processamento: a secagem em terreiro (E) e o beneficiamento (G) (Tabela 4 e Tabela 5). Além disso, os menores valores de ambos os testes foram registrados nas etapas iniciais de processamento (lavador, desmucilador e centrífuga), e os maiores, nas etapas finais, indicando também que os danos se acumulam durante fluxo. Estes resultados, corroboram de Bewley e Black (1994), indicando que os danos mecânicos apresentam efeitos cumulativos, isso significa que durante o processo de pós-colheita, os danos causados por impacto anterior somam-se ao de um novo impacto, provocando uma suscetibilidade maior da semente à danos mecânicos.

A máquina beneficiadora do café consiste na fricção dos grãos para a remoção do pergaminho. Ela se caracteriza por possuir um cilindro alojado em uma calha com fundo confeccionado em chapas perfuradas que retém os frutos não descascados, mas possibilita a passagem dos grãos descascados, pedaços de casca, pergaminho e películas. Ao fluxo destes materiais é submetido um fluxo de ar que arrasta os mais leves deixando fluir os grãos não beneficiados e beneficiados apropriadamente (SILVA et al., 2015). Essa fricção pode explicar o motivo do aumento dos valores de condutividade elétrica na etapa de benefício (G).

**Tabela 4** - Condutividade elétrica em grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento (tratamentos A até N) e avaliado durante o armazenamento.

TRATAMENTOS	ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO				
	0 MESES	3 MESES	6 MESES	9 MESES	12 MESES
LAVADOR	7,96 A	5,98 A	10,59 A	13,37 A	16,06 A

<b>DESCASCADOR</b>	66,95 D	143,00 G	182,46 F	193,83 G	207,04 E
<b>DESMUCILADOR</b>	65,00 D	55,78 C	140,50 D	71,86 C	87,21 C
<b>CENTRÍFUGA</b>	34,66 B	31,40 B	127,65 C	61,70 B	38,42 B
<b>SECAGEM EM</b>					
<b>TERREIRO</b>	51,48 C	67,27 D	104,87 B	144,78 E	159,25 D
<b>ELEVADOR 1</b>	55,60 C	68,40 D	131,81 C	135,77 D	160,01 D
<b>BENEFICIADORA</b>	98,38 F	112,32 E	185,14 F	194,03 G	203,28 E
<b>ELEVADOR 2</b>	99,77 F	126,65 F	194,00 G	196,57 G	228,57 F
<b>CATADOR DE</b>					
<b>PEDRAS</b>	106,25 F	141,36 G	197,51 H	216,71 H	248,35 G
<b>ELEVADOR 3</b>	91,62 E	137,87 G	204,61 H	223,15 H	241,63 G
<b>MESA</b>					
<b>DENSIMÉTRICA</b>	95,67 E	125,21 F	173,89 E	159,33 F	226,21 F
<b>MÁQUINA DE COR</b>	100,89 F	138,67 G	199,97 H	216,28 H	229,07 F
<b>ELEVADOR 4</b>	102,67 F	145,62 G	190,02 G	199,73 G	232,98 F
<b>CV</b>	4,00%				

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 5** - Lixiviação de potássio (ppm.g<sup>-1</sup> de amostra) nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento.

TRAT	ÉPOCA			
	0 MESES	3 MESES	9 MESES	12 MESES
A	6,77 A	7,33 A	7,70 A	7,23 A
B	36,39 D	61,16 E	85,52 F	36,03 C
C	25,62 C	25,82 C	26,26 C	24,44 B
D	14,38 B	14,04 B	16,85 B	11,26 A
E	23,66 C	26,15 C	42,58 D	42,48 D
F	23,92 C	27,71 C	48,97 D	44,14 D
G	36,97 D	45,77 D	85,02 F	67,19 E
H	40,35 D	51,69 D	91,95 G	72,78 E
J	45,36 D	51,22 D	85,92 F	83,29 F
K	42,92 D	56,26 E	94,12 G	72,21 E
L	38,06 D	48,15 D	79,52 E	86,36 F
M	38,72 D	58,88 E	96,03 G	76,86 E
N	41,97 D	53,88 D	88,82 F	86,44 F
<b>CV</b>	9,70%			

\*Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O tratamento A (pós lavagem), registrou os menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio entre as operações, e não houve diferença estatística entre as épocas de armazenamento, indicando que os grãos não submetidos às etapas do processamento e beneficiamento mantêm os sistemas de membranas preservados durante o período de um ano de armazenamento.

Estes resultados corroboram os dados obtidos nos testes de tetrazólio modificado e de hipoclorito de sódio (Lercafê), que indicaram menores porcentagens de danos físicos nos tratamentos iniciais, e maiores nos tratamentos finais.

O princípio básico do teste de condutividade elétrica é a medição da quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água de embebição. Essa quantidade é diretamente proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática e de sua permeabilidade (KRZYZANOWSKI et al., 1999; VIEIRA, 1994). O princípio do teste de lixiviação de potássio é semelhante ao do teste de condutividade elétrica, no entanto, objetiva-se determinar a quantidade de íons de potássio liberada pelas sementes durante a imersão (Dias e Marcos-Filho, 1995).

Alguns autores mostram a importância dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio como parâmetros de qualidade de bebida de café (ANGÉLICO et al., 2011; CHAGAS; MALTA; PEREIRA, 2005; OLIVEIRA, 2010; SAATH, 2010; TAVEIRA et al., 2012). Oliveira (2010), em estudos com microscopia eletrônica de varredura, observou que os grãos de cafés com maior qualidade apresentaram maior integridade de membrana celular, sem sinais de ruptura, com menor contração celular e espaços intracelulares vazios, enquanto os grãos com qualidade inferior mostraram rupturas e extravasamentos celulares evidentes.

O rompimento das membranas citoplasmáticas tem como consequência a liberação de ácidos graxos que estavam dentro da célula e, dessa forma, podem ocorrer reações catalíticas ou oxidativas, resultando em produtos não desejados que prejudicam a qualidade sensorial do café (BORÉM, 2008). Além disso, Prete (1992) observou que menores valores de condutividade elétrica indicam menor deterioração do produto, indicando melhor qualidade do café.

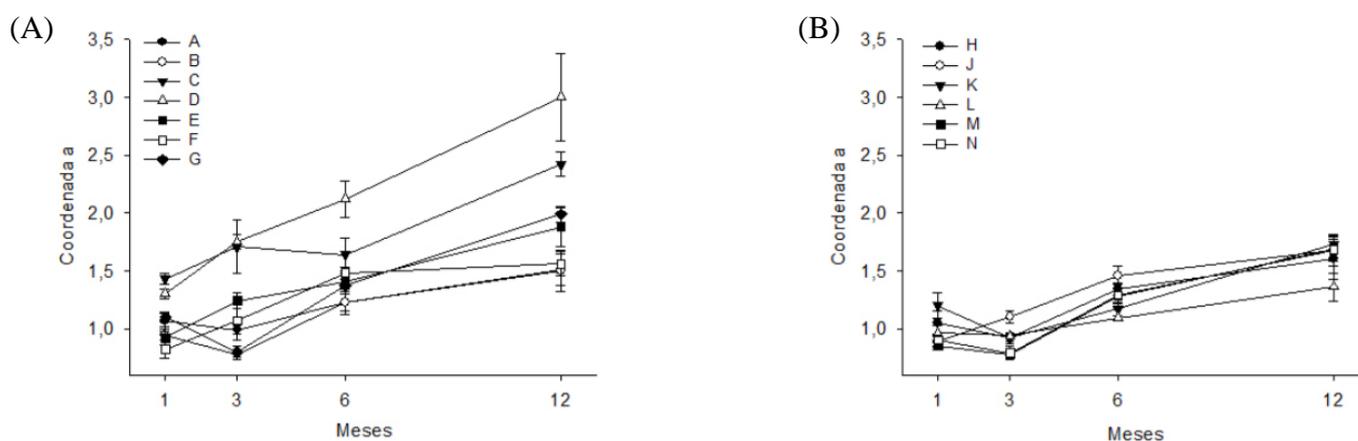
#### **4.1.3 Análise de cor**

Os resultados da avaliação quantitativa de cor dos grãos de café foram expressos em termos de coordenadas *L* (luminosidade), *a* e *b* (coordenadas de cromaticidade). Para todas as

coordenadas, foi verificado efeito significativo da interação entre os fatores (tempo de armazenamento e etapas do beneficiamento).

Para a coordenada  $a$ , considera-se que valores próximos a zero ou negativos tendem à cor verde nos grãos, enquanto os valores crescentes indicam a coloração vermelha indesejável. Os resultados mostram um aumento nos valores desta coordenada ao longo do armazenamento, indicando a tendência à coloração vermelha (Figura 6).

**Figura 6** – Coordenada  $a$  na análise de cor, de grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados no armazenamento. (A): de A até G; (B): de H até N.



**Tabela 6** – Coordenada  $a$ , na análise de cor, nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento.

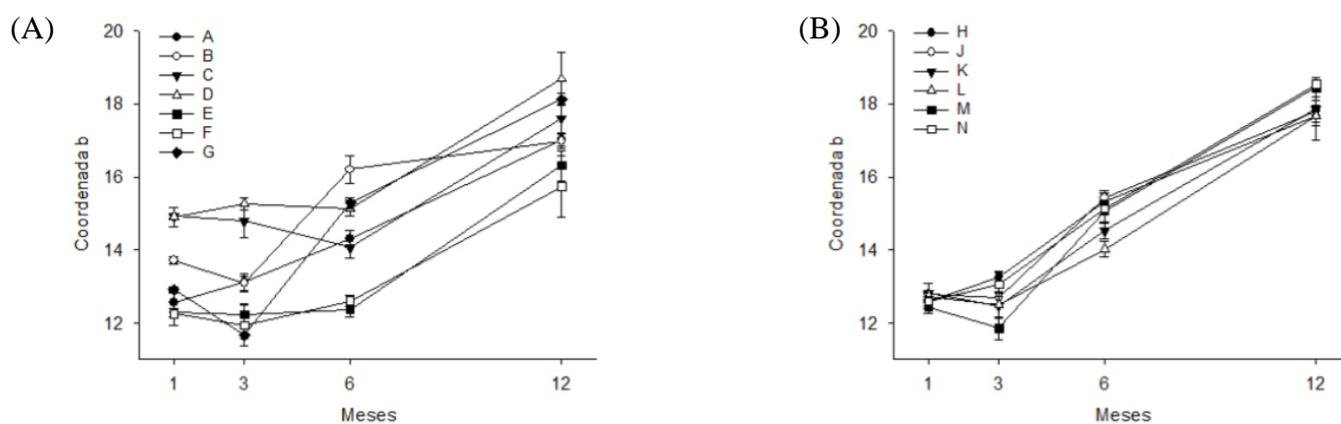
TRAT	ÉPOCAS			
	0 MESES	3 MESES	6 MESES	12 MESES
A	1,07 A	0,99 A	1,23 A	1,51 A
B	0,94 A	0,78 A	1,23 A	1,50 A
C	1,43 A	1,71 B	1,64 A	2,42 B
D	1,3 A	1,75 B	2,12 B	3,07 C
E	0,92 A	1,24 A	1,40 A	1,88 A
F	0,82 A	1,07 A	1,48 A	1,56 A
G	1,1 A	0,80 A	1,37 A	1,99 A
H	1,05 A	0,92 A	1,34 A	1,60 A
J	0,89 A	1,10 A	1,46 A	1,68 A
K	1,2 A	0,92 A	1,17 A	1,73 A
L	0,96 A	0,94 A	1,09 A	1,36 A
M	0,85 A	0,78 A	1,28 A	1,69 A
N	0,9 A	0,79 A	1,29 A	1,68 A
CV 22,31%				

\*Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, é possível observar que no início do armazenamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, a partir de três meses, os tratamentos C e D (desmuciladora e centrífuga) apresentaram maiores valores para a coordenada  $a$ .

Menores valores da coordenada  $b$  indicam a tendência a coloração azul, o que significa uma característica de um café de melhor qualidade. Neste estudo, os menores valores para esta coordenada foram apresentados pelos cafés não armazenados (época zero meses), e estes valores aumentam consideravelmente ao longo do armazenamento (Figura 7). Quanto aos efeitos das etapas de beneficiamento, o maior valor foi do tratamento N (café ensacado), indicando que ao longo do fluxo de beneficiamento os cafés perdem a coloração considerada desejável, com aumentos nesta coordenada no armazenamento (Tabela 7).

**Figura 7** – Coordenada  $b$  na análise de cor nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento. (A): de A até G; (B): de H até N.



**Tabela 7**–Coordenada  $b$ , na análise cor, nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento.

TRAT	ÉPOCAS			
	0 MESES	3 MESES	6 MESES	12 MESES
A	12,56 A	13,12 B	14,31 B	17,02 A
B	13,71 B	13,08 B	16,20 C	16,98 A
C	14,92 C	14,80 C	14,06 B	17,60 B
D	14,90 C	15,26 C	15,13 C	18,68 B
E	12,29 A	12,23 A	12,36 A	16,31 A
F	12,25 A	11,93 A	12,60 A	15,73 A

G	12,92 A	11,66 A	15,29 C	18,12 B
H	12,61 A	13,26 B	15,33 C	17,66 B
J	12,80 A	12,70 B	15,42 C	17,80 B
K	12,83 A	12,47 B	14,52 B	17,85 B
L	12,73 A	12,51 B	14,02 B	17,68 B
M	12,44 A	11,86 A	15,06 C	18,44 B
N	12,59 A	13,05 B	15,13 C	18,53 B

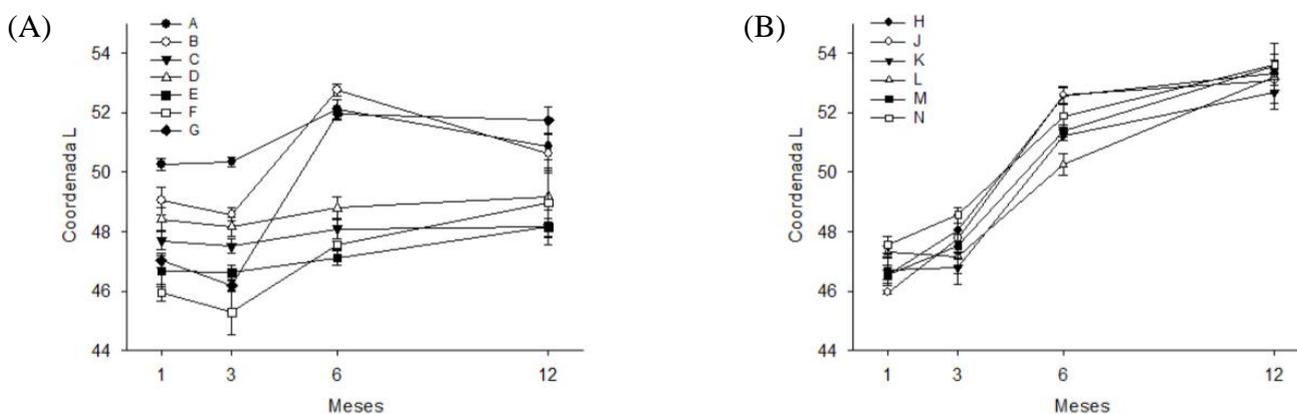
CV 5,75%

\*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Em alguns estudos foi relatado que os grãos processados por via úmida, se comparados aos da via seca, indicam maiores intensidades das cores verdes (menores valores da coordenada *a*) e azul (menores valores da coordenada *b*), e isso corresponde à característica de grãos de boa qualidade (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; CORRÊA et al., 2002).

A coordenada *L* corresponde a luminância dos grãos, indicando maior ou menor branqueamento e sua escala varia de 0 a 100, correspondendo o preto e ao branco, respectivamente. De acordo com a Figura 8, observa-se um aumento dos valores desta coordenada ao longo do tempo de armazenamento, o que indicam um efeito do tempo sobre o branqueamento dos grãos de café.

**Figura 8** – Coordenada *L*, na análise de cor, nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento. (A): de A até G; (B): de H até N.



Com relação aos efeitos das etapas de beneficiamento, o maior índice de branqueamento foi observado no tratamento N (café após o ensaque), aos 12 meses de armazenamento, indicando que os danos estão associados às etapas de beneficiamento e processamento (Tabela 8). Estes resultados corroboram Bacchi (1962), ao observar que os danos provenientes do beneficiamento são o principal motivo para o branqueamento dos grãos de café. Os resultados desta mesma pesquisa apontam que os grãos isentos de danos apresentam índices nulos ou reduzidos de branqueamento, enquanto os grãos que sofreram algum tipo de dano apresentam perda da cor característica de um café de boa qualidade. Segundo Amorim (1978), estes danos mecânicos responsáveis pelo branqueamento contribuem para o processo de deterioração, pois provocam a desestruturação das membranas celulares e, conseqüentemente, desorganização celular.

**Tabela 8**–CoordenadaL na análise de cor, nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento e avaliados durante o armazenamento.

TRAT	ÉPOCAS			
	0 MESES	3 MESES	6 MESES	12 MESES
A	50,25 B	50,33 B	52,11 C	50,84 B
B	49,04 B	48,57 B	52,76 C	50,63 B
C	47,69 A	47,51 B	48,09 A	48,15 A
D	48,42 B	48,17 B	49,79 B	49,18 A
E	46,67 A	46,62 A	47,11 A	48,14 A
F	45,94 A	45,29 A	47,55 A	49,96 A
G	47,03 A	46,17 A	51,95 C	51,73 C
H	46,54 A	48,04 B	52,56 C	53,31 C
J	45,96 A	47,77 B	52,58 C	53,06 C
K	46,7 A	46,78 A	51,23 C	52,68 C
L	47,31 A	47,14 A	50,26 C	53,19 C
M	46,35 A	47,51 B	51,39 C	53,56 C
N	47,56 A	48,55 B	51,88 C	53,60 C

CV=2,50%

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

#### 4.1.4 Teor de água

Observou-se que em todos os tratamentos, a umidade dos grãos de café seguiu um padrão semelhante ao longo do armazenamento (dados não apresentados), apresentando ganhos e perdas de umidade ao longo do tempo, com variação entre 8,51% e 12,68%. Isso se deve à higroscopicidade dos grãos, ou seja, o teor de água varia de acordo com a temperatura e

umidade relativa do ambiente. Isto é, se embalados em embalagens permeáveis, haverá interação dos grãos com o ambiente de armazenagem (NOBRE et al., 2007; RIBEIRO et al., 2011).

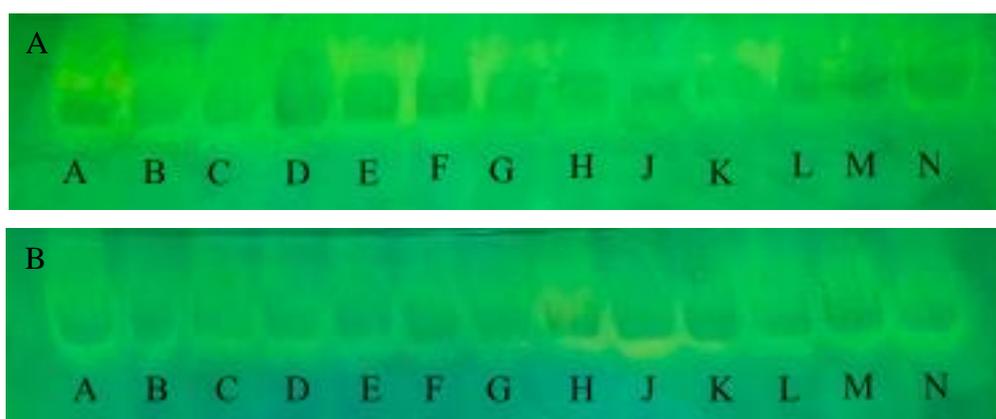
Segundo Borém et al. (2013), a alteração do teor de água depende das condições de armazenamento e do tipo de embalagem em que os grãos foram acondicionados, causando a aceleração da respiração e promovendo a redução da qualidade do café ao longo do armazenamento. Alguns estudos apontam que teores de água superiores à 11,5% provocam o aumento na taxa respiratória dos grãos, decomposição e consumo de compostos químicos do café (VENTURI et al., 2007; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000).

#### 4.5.1 Análise Bioquímica

##### 4.1.5.1 Atividade da enzima Catalase

De acordo com a análise do perfil eletroforético da isoenzima catalase (Figura 9) constatou-se uma possível distinção entre os tratamentos, em cada etapa de beneficiamento, com 6 meses de armazenamento (Figura 9A). Os grãos que foram submetidos a mais etapas de beneficiamento, potencialmente causando maiores danos físicos, a partir do tratamento G (máquina beneficiadora) apresentaram menores atividades desta enzima. Observou-se também que nas etapas J e K, em que foi observado a menor atividade dessa enzima se comparando aos demais tratamentos, houve maior lixiviação de exsudados encontrados no teste de condutividade elétrica, após 6 meses de armazenamento (Tabela 4). Esses resultados corroboram Brandão Júnior et al. (2002), que observaram uma diminuição na atividade da catalase em sementes de café que apresentaram menor desempenho fisiológico, resultante de dessecação.

**Figura 9** – Atividade da enzima catalase (CAT) em grãos de cafés submetidos a diferentes etapas de beneficiamento com 6 (A) e 12 (B) meses de armazenamento.



Fonte: do autor (2022)

Aos 12 meses de armazenamento, observou-se, de forma geral, uma menor atividade da enzima catalase, indicando, portanto, que houve evidência de maior deterioração do café com um ano de armazenamento. Além do mais, também nas etapas J e K foram observados menores expressões da enzima, provavelmente em decorrência de maior dano ocorrido nas membranas dos grãos, fato esse observado no teste de condutividade elétrica, o que diminuiu a qualidade fisiológicas dos grãos (Tabela 4).

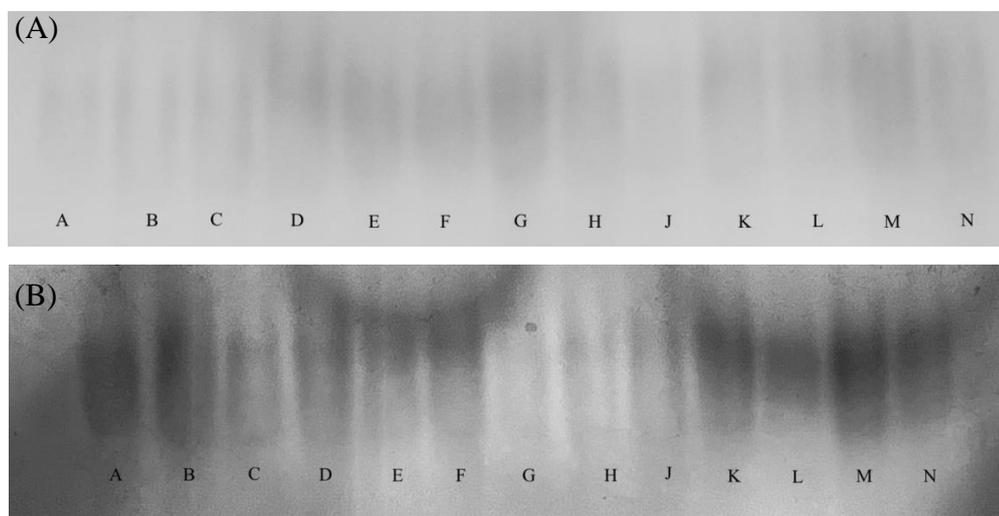
Saath et al. (2010) também observaram que o nível de deterioração dos grãos de café está diretamente relacionado com a atividade da enzima catalase, sendo que nos grãos mais deteriorados houve menor atividade, semelhante aos resultados deste trabalho. Esta deterioração acontece pelo fato da catalase ser responsável pela conversão de peróxido de hidrogênio em água e hidrogênio (Dubey, 2011), sendo um protetor celular contra a deterioração. Em sementes de café, a CAT tem sido amplamente pesquisada como um possível indicador de qualidade fisiológica. Entretanto, pode ser encontrado diferentes resultados, ora apresentando correlação positiva ora negativa com desempenho fisiológico (Abreu et al., 2014; Santos et al., 2014 Coelho et al., 2015; Coelho et al., 2017; Figueiredo et al., 2021). Nesses estudos, sementes com diferentes teores de umidade foram avaliados quanto à qualidade fisiológica e perfil proteico.

#### **4.1.5.2 Atividade da enzima Esterase**

Na Figura 10 é possível observar o efeito das diferentes etapas de beneficiamento nos grãos de café sob a atividade da enzima esterase. Após 6 meses de armazenamento, houve maior expressão da esterase após os grãos passarem pelas etapas D, E, F, G e M, que são, na maioria, após processos que envolvem a retirada de água dos grãos (Figura 10A). Essa retirada de água altera a conformação das membranas celulares, aumentando a atividade da enzima, uma vez que a esterase participa das reações de hidrólise de ésteres e pode, também, atuar sobre os fosfolípidios de membrana (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Brandão Júnior et al. (2002) observaram maior expressão dessa enzima em amostras provenientes de sementes de café secas, ou seja, que passaram por um maior estresse. Coelho et al. (2015), estudando secagem de sementes, observaram que a diminuição da qualidade fisiológica da semente está relacionada com o aumento da expressão da enzima esterase, de acordo com testes fisiológicos em diferentes velocidades de secagem.

**Figura 10** – Atividade da enzima esterase (EST) em grãos de cafés submetidos a diferentes etapas de beneficiamento com 6 (A) e 12 (B) meses de armazenamento.



Fonte: do autor (2022).

De forma geral, observou-se maior atividade dessa enzima após 12 meses de armazenamento quando comparado com o período de 6 meses, em quase todas as etapas de beneficiamento, o que pode indicar aumento da desestruturação das membranas durante o tempo. Estes resultados corroboram Saath et al. (2014), ao concluírem que o aumento da atividade dessa enzima representa uma redução da qualidade da semente, indicando que ocorreu deterioração ao longo do armazenamento.

De acordo com Henning et al. (2009), a redução da atividade da esterase impede que fosfolípidos das membranas estejam protegidos, comprometendo os sistemas de membrana de organelas, tornando os grãos mais suscetíveis aos efeitos indesejáveis de O<sub>2</sub>. Isso permite a maior produção de lixiviados, à medida que as sementes perdem a viabilidade.

## 4.2 Resultados do segundo estudo

### 4.2.1 Análises Químicas

De acordo com as análises de variância dos dados das análises químicas, foi constatado efeito significativo da interação entre os tipos de café, real e ideal, e o tempo de armazenamento, para todas as variáveis, atividade da enzima polifenoloxidase, açúcares, proteínas e lipídeos.

Observa-se nos dados da Tabela 11, um aumento da atividade da polifenoloxidase ao longo do tempo, independentemente do tipo de café (Figura 11). Segundo Carvalho et al. (1994), é possível avaliar a qualidade do café de acordo com atividade da isoenzima

polifenoloxidase, por terem uma relação diretamente proporcional. Observa-se maior atividade enzimática da polifenoloxidase para o café real, até 9 meses de armazenamento. Estes resultados corroboram Borém et al. (2007), ao verificarem maior atividade da polifenoloxidase nos grãos de cafés especiais, indicando menor ocorrência de danos físicos nas diversas fases de pós-colheita do café.

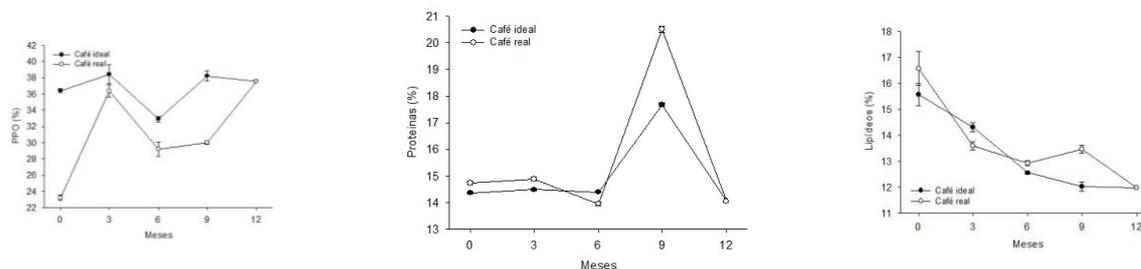
A polifenoloxidase é uma enzima cúprica que promove e cataliza a oxidação aeróbica de compostos fenólicos, os quais influenciam na qualidade, principalmente sabor e aroma do café e de outros produtos vegetais (AMORIM, 1968). No entanto, outros autores observaram que cafés de melhor qualidade de bebida possuem uma maior atividade da polifenoloxidase. Estes autores verificaram que é possível separar as classes de bebida por meio da atividade desta enzima, apontando assim que há um aumento significativo na atividade da polifenoloxidase à medida que o café se apresenta com uma qualidade superior (CARVALHO et al., 1994).

**Tabela 11**– Resultados das análises químicas nos grãos de café processados mecanicamente (real) ou manualmente (ideal) e armazenados por período de doze meses

Tipo de Café	Análises Químicas				
	Atividade da enzima polifenoloxidase (%)				
	0 Meses	3 Meses	6 Meses	9 Meses	12 Meses
Café ideal	36,40 Aa	38,44 Ab	32,91 Aa	38,23 Aa	37,58 Aa
Café real	23,22 Ba	36,36 Ab	29,20 Bc	30,00 Bc	37,55 Ab
Açúcares (%)					
	0 Meses	3 Meses	6 Meses	9 Meses	12 Meses
Café ideal	10,50 Aa	9,63 Ab	8,48 Ac	8,48 Ac	9,51 Ab
Café real	10,51 Aa	8,72 Bb	7,78 Bc	8,60 Ab	9,49 Ad
Proteínas (%)					
	0 Meses	3 Meses	6 Meses	9 Meses	12 Meses
Café ideal	14,37 Aa	14,49 Aa	14,40 Aa	17,68 Ab	14,06 Ac
Café real	14,74 Ba	14,89 Ba	13,96 Bb	20,51 Bc	14,05 Ad
Lipídeos (%)					
	0 Meses	3 Meses	6 Meses	9 Meses	12 Meses
Café ideal	15,57 Aa	14,31 Ab	12,56 Ac	12,04 Ac	11,96 Ac
Café real	16,57 Aa	13,60 Ab	12,93 Ab	13,46 Bb	11,98 Ac
CV 4,34%					

\*Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

**Figura 11** – Efeito do tempo de armazenamento nos resultados das análises químicas, nos grãos de café processados mecanicamente (real) ou manualmente (ideal).



Com relação à porcentagem de açúcar total, observou-se menores teores de açúcar no café real aos 3 e 6 meses de armazenamento, sendo que esses valores são significativamente iguais no final do armazenamento. Pimenta (1995), ao avaliar a composição química de grãos em frutos de café colhidos em diferentes estádios de maturação, observou que no estágio cereja apresentou as melhores características de qualidade, por possuir maiores teores de açúcar total.

Segundo Lima (2007), os açúcares presentes no endosperma participam de algumas reações, como a de *Maillard* e de caramelização, formando compostos que podem interferir no aroma dos cafés, dependendo dos compostos formados e das concentrações dos mesmos.

Com relação aos teores de proteína, também houve interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e tipos de café. Os resultados são expressos em porcentagem e os teores de proteína variaram entre 14,06 e 17,68% para o café ideal e entre 14,05 e 20,51% para o café real (Tabela 11). Esses resultados são superiores àqueles encontrados na literatura (11-13%) (Flamment, 2002).

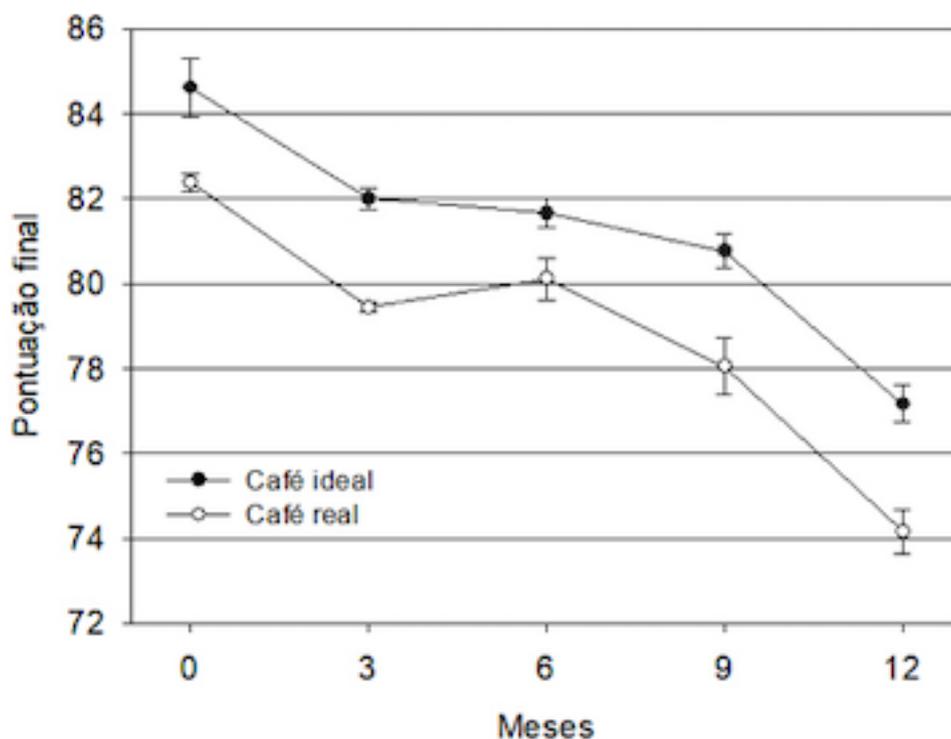
Já os lipídeos apresentaram diminuição dos teores ao longo do armazenamento e o café ideal apresentou valores sutilmente menores com o avanço do armazenamento (Figura 11 e Tabela 11). De acordo com Pimenta (2003) os lipídeos possuem um efeito benéfico na qualidade da bebida do café tanto no aroma como no sabor, sendo que durante a torração os mesmos concentram-se nas áreas externas formando uma camada protetora nos grãos, assim evitando as eventuais perdas durante esse processo. No entanto, neste estudo, é possível inferir que as operações de beneficiamento não interferiram nos teores de lipídeos dos grãos de café.

#### 4.2.2 Análise Sensorial

Não foi constatada interação significativa entre os fatores estudados, etapas do processamento e beneficiamento e tempo de armazenamento, sobre a pontuação final, na avaliação sensorial. Estes fatores, no entanto, apresentaram efeitos significativos nas análises estatísticas e foram analisados isoladamente.

Para os dois tipos de café, *real* e *ideal*, nota-se uma redução nas pontuações e, conseqüentemente, da qualidade da bebida, ao longo do armazenamento dos grãos de cafés (Figura 12).

**Figura 12** – Pontuação final na análise sensorial, dos cafés do tipo *real* e *ideal*, ao longo do período de armazenamento.



Ressalta-se que o café *ideal* manteve até os nove meses de armazenamento, pontuação acima de 80 pontos, que classifica como café especial, apesar da queda nos valores ao longo do período de armazenamento. É importante ressaltar que aos 9 meses de armazenamento, o café *real* perde a característica de café especial, enquanto que o café *ideal* ainda está com pontuação acima de 80. Sendo assim, é possível inferir que o café que não passou pelo fluxo de

beneficiamento da fazenda, consegue manter um maior valor agregado por mais tempo. Além disto, observa-se também, na Tabela 12, que apesar de seguirem a mesma tendência, o café *real* apresentou menores pontuações na análise sensorial, quando comparado ao café *ideal*, indicando que os danos físicos causados durante o fluxo de processamento e beneficiamento, causaram redução na qualidade da bebida. A depreciação da qualidade dos cafés corrobora com autores que associam tempo de armazenamento com a redução da qualidade de bebida (CORADI et al., 2008).

**Tabela 12** – Pontuação final na análise sensorial do “café ideal” e “café real”.

<b>Pontuação Final</b>	
Café ideal	81,24 A
Café real	78,93 B
CV	0,94%

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A deterioração do sistema de membrana dos grãos de café pode ser evidenciada por maiores valores de condutividade elétrica (MALTA et al., 2005), e, conseqüentemente, estabelecendo uma relação inversa com a qualidade de bebida e a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio nos exsudatos de grãos crus (OLIVEIRA et al., 2013). No presente trabalho, observou-se que o café ideal (B) possui menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio ao longo do tempo quando comparado ao café real (N).

A análise sensorial é utilizada oficialmente para diagnosticar os efeitos dos defeitos do café na qualidade. No entanto, análises complementares são fundamentais para assegurar a confiabilidade dos resultados. Neste trabalho, de acordo com as análises realizadas, é possível observar que as etapas do fluxo de beneficiamento do café promovem danos físicos nos grãos de café, diminuindo a sua qualidade. Algumas etapas são cruciais para a detecção destes danos, sendo elas a etapa de secagem em terreiro e beneficiamento (retirada do pergaminho), sendo assim, podemos inferir que a movimentação das motocicletas para revolvimento, assim como a fricção causada pelo equipamento de benefício, são potenciais causas de redução da qualidade do café. É importante ressaltar que estes danos se somam a cada etapa, se acumulando e provocando uma maior suscetibilidade à novos danos aos grãos de café.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos no presente trabalho, as etapas na pós-colheita, processamento, secagem e beneficiamento de café causam danos mecânicos aos grãos de café, reduzindo a sua qualidade.

Os maiores danos foram observados nas etapas de secagem em terreiro e no beneficiamento (retirada do pergaminho).

Os efeitos dos danos ficam mais evidentes no fluxo de processamento e beneficiamento, principalmente na secagem em terreiro, com aumento mais expressivo ao longo dos meses de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. F. de. **Aspectos sensoriais, fisiológicos e bioquímicos de grãos de café armazenados em ambiente refrigerado**, Lavras: UFLA, 2015. 162p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola).
- ABREU, L.A.S.; VEIGA, A.D.; VON PINHO, E.V.R.; MONTEIRO, F.F.; ROSA, S.D.V.F. Behavior of coffee seed to desiccation tolerance and storage. **Journal of Seed Science**, v.36, n.4, p.399-406, 2014. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41008>
- 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, 2001.
- 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, dez. 2003.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p.606 - 613, 2009.
- ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microorganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85 p. Tese (Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1978.
- AMORIM, H. V.; SILVA, O.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, London, v.219, p.381-82, 1968.
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com deterioração da qualidade**. 1978. 85p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1978.
- AMORIN, H. V.; CRUZ, A. R.; DIAS, R. M.; GUTIERREZ, S. E.; TEIXEIRA, A. A.; MELLO, M.; OLIVEIRA, G. D. (1977). Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade de café. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS**, 5., Guarapari, 1977. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, pp.15-18.
- AMORIN, H.V. ; SIL V A, O.M. Relationship between the polyfenoloxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, New York, v.219, n.5152, p.381-382, July 1968.
- ANGÉLICO, C. L. et al. Diferentes estádios de maturação e tempos de ensacamento sobre a qualidade do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 8- 19, jan./mar. 2011.
- ASSOCIAÇÃO DOS CAFEICULTORES DO CERRADO. Disponível em: <<https://expocaccer.com.br>>. Acesso em 5 de outubro de 2022.

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. *Bragantia*, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-468, 1962.

BARBOSA, Ivan de Paiva. **Avaliação de cultivares de Coffea arábica L. para cafés especiais na região das matas de minas**. Orientador: Ney SussumuSakiyama2018. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em genética e melhoramento. Departamento de Agronomia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/21482/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 4 de fevereiro de 2022.

BASAVARAJAPPA, B.S.; SHETTY, H.S.; PRAKASH, H.S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 19, n. 2, p. 279- 286, 1991.

BERJAK, P. Unifying perspectives of some mechanisms basic to desiccationtoleranceacrosslifeforms. **Seed Science Research**, Wallingford, v.16, p.115, 2006.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.

BORÉM, F. M. et al. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **JournalofStoredProductsResearch**, v. 52, p. 1-6, 2013.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; CHAGAS, S.J.R.; OLIVEIRA, E.C.; SILVA, P. **Característicasquímicas e físico-químicas do café (Coffeaarabica L.) secado em diferentes pavimentações e espessuras de camadas**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007. Águas de Lindóia. Resumos expandidos... Águas de Lindóia, SP:CBP&D/CAFÉ- EMBRAPA/CAFÉ. 2007.

BRADFORD, M. N. A rapide and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. **AnalyticalBiochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 167 p

BRASÍLIA, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, 2018. 32 p.

BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. Disponível em <<http://www.bsca.com.br/>>Acesso em 10 mai 2021.

BSCA. **Cafés Especiais**. Disponível em <[www.bsca.com.br](http://www.bsca.com.br/)>. Acesso em 11 de maio de 2021.

BÜNZEN, S.; HAESE, D. Controle de micotoxinas na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n.1, p.299-304, 2006.

CALLE, H. V. Bom ou mal café? **Boletim da superintendência dos serviços do café**, São Paulo, v. 31, n. 354, p. 51-52, ago. 1956.

CARVALHO VD, CHAGAS SJR & SOUZA SMC. Fatores que Afetam a Qualidade do Café. **Informe Agropecuário**, 18:5-20. 1997.

CARVALHO, D. et al. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (leguminosae caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n.1, p. 19-24, 2006.

CARVALHO, V. D. et al. 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

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.

CHAGAS, S. J. R. de. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**, Lavras: UFLA, 1994. 83p. (Dissertação Mestrado em Ciências dos Alimentos).

CHAGAS, S. J. R. et al. Análise da qualidade da bebida do café pelo método químico e pela “prova de xícara”. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, 23., 1997, Manhuaçu. Resumos... Rio de Janeiro: SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1997. p. 171-174.

CLEMENTE, A. C. S.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R.M. Suitability of the tetrazolium est methodology for recently harvested and stored coffee seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, p. 415-423, 2012.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. Coffee Botany, **Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. Beckenham (Kent): Croomhelm, 1985, cap. 13, p. 305-374.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; VILELA, E. R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 22-27, 2001. Especial café.

COELHO, S. V. B. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de café secas em sílica gel e soluções salinas saturadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 6, p. 483-491, 2015.

COELHO, S.V.B.; FIGUEIREDO, M.A.; CLEMENTE, A.C.S.; COELHO, L.F.S.; ROSA, S.D.V.F. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de café secas em sílica gel e soluções salinas saturadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.6, p.483-491, 2015. <https://www.scielo.br/j/pab/a/khQZSkWv7gq5p47JMxWdhYG/?format=pdf&lang=pt>

COELHO, S.V.B.; ROSA, S.D.V.F.; CLEMENTE, A.C.S.; PEREIRA, C.C.; FIGUEIREDO, M.A.; REIS, L.V. Tolerance of *Coffea arabica* L. seeds to sub zero temperatures. **Ciência e Agrotecnologia**, v.41, n.3, p.312-321, 2017a.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro. v-6- Safra 2020, n-1- Primeiro levantamento, Brasília. p. 1-62, janeiro 2020.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Disponível em <<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>> Acesso em 10 de maio de 2021.

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** (Online), v. 12, 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.

DE REZENDE CHAGAS, S. J.; MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Potencial da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais (I-Atividade da polifenoloxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, 2005.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS-FILHO, J. **Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: condutividade elétrica**. Informativo ABRATES, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DUBEY, R.S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Science Publishers**, v.9, p.178-203, 2011.

DUSSERT, S. et al. Oxidative stress, phospholipids loss lipid hydrolysis during and storage of intermediate seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 127, n. 2, p. 192-204, June 2006.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. (1990). An intermediate category of seed storage behavior? **Journal of Experimental Botany**, 41:1167-1174.

FERIA-MORALES AM (1990) Changes in cup quality when using innovative field practices. London: **International Coffee Organization**, p. 2-8. (Documento interno)

FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p.70-76, 2003.

FOGAÇA, C. A. et al. Teste de tetrazólio em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 895-904, jun. 2011.

FREITAS, M. N. **Métodos fisiológicos e análise de imagem para avaliar a qualidade do café**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FRIDOVICH, I. Superoxide radical and superoxide dismutases. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 64, p. 97-112, 1995.

GODINHO, R. P. et al. 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.

GREGGAINS, V. et al. Metabolism induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, Cambridge, v. 148, p. 267-276, 2000.

HENNING, F. A. et al. Qualidade fisiológica, sanitária e análise de isoenzimas de sementes de aveia-preta tratadas com diferentes fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 63-69, 2009.

HENNING, F.A. et al. Qualidade fisiológica, sanitária e análise de isoenzimas de sementes de aveia-preta tratadas com diferentes fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 63-69, 2009.

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

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

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING. **International rules for seed testing**. Zurich, 2007. 180 p

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of variety testing: electrophoresis testing**. Zürich, 1992.

ISMAIL, I.; ANUAR, M.S.; SHAMSUDIN, R. Effect on the physico-chemical properties of liberica green coffee beans under ambient storage. **International Food Research Journal**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 255–264, 2013.

ISTA (2004) International Seed Testing Association. International Rules for Testing Seeds 2004. **Seed Science and Technology** 32:403

J.B FRANÇA NETO and F.C KRZYZANOWSKI. Tetrazólio: um teste de importância para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes. **Journal of Seed Science**. v.41, n.3, p.359-366, 2019.

JOËT, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 118, n. 3, p. 693-701, Feb. 2010.

KAR, Manoranjan; MISHRA, Dinabandhu. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant physiology**, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KRZYZANOWSKY, 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. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (Coffea arabica L.)**. 1991. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

LIMA DIAS; SILVA. Teste de Tetrázólio em Semente de Café. 1. ed. IAPAR. **Boletim técnico**, 59. Londrina, 1998. 16p

LINGLE, T. R. The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 3. ed. Long Beach: **Specialty Coffee Association of America**, 2001. 47 p.

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

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. 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.

Marcella Nunes de Freitas, Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, Cristiane Carvalho Pereira, Marcelo Ribeiro Malta, Carlos Tadeu dos Santos Dias Identificação de parâmetros de análise fisiológica associados à qualidade da bebida de café. **Ciência e Agrotecnologia**, 44:e031019, 2020 2020 | Lavras | Editora UFLA. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044031019>

MATIELLO, J. B. (1991). O Café: do Cultivo ao Consumo. São Paulo: Globo. 320p.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, n. 5, p. 195-219, Nov. 1923.

MORAES, M. A C. **Métodos para avaliações sensorial dos alimentos**. 8 ed. Campinas, SP. UNICAMP, 1993. 93 p.

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

NOBRE, G. W. et al. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.

NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenya arabica coffee. Turrialba, San Jose, v.15, n.3, p.184-93, jul/set. 1965.

OBANDO-FLOR, E. P.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSK, F. C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

OLIVEIRA MDM, FILHO AAV, VEGRO CLR, MATTOSINHO PSV & MORICOCHI L (2005) Investimentos e rentabilidade na produção de café especial: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, 35:9.

OLIVEIRA, P. D. Aspectos ultraestruturais e fisiológicos associados à qualidade da bebida de café arábica submetido a diferentes métodos de processamento e secagem. 2010. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

OLIVEIRA, P. D. **Aspectos ultraestruturais e fisiológicos associados à qualidade da bebida de café arábica submetido a diferentes métodos de processamento e secagem.** 2010. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PAIVA, E. F. F. Análise sensorial dos cafés especiais do estado de Minas Gerais. 2005. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREIRA RGFA, VILELLA TC & ANDRADE ET (2002) Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: **2o Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Vitória, Anais..., p. 826-831.

PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*Coffea arábica* L.) originado de diferentes frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (Coffea arabica L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. DE; REZENDE, A. M. Entraves da comercialização à competitividade do milho brasileiro. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 104, p. 23-40, 2003.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **J. Seed Technol.**, Boise, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

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 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

REINATO, C. H. R. et al. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreiro, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, jan./jun. 2007.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. (Ed.). **Café arábica da pós-colheita ao consumo.** Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2011. v. 2. 734 p.

REZENDE, A. C. **Análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) em unidades armazenadoras de grãos a granel.** Campinas, São Paulo. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RIBEIRO, F. C. et al. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, 47, 341-348, 2011.

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.

ROSA, S. D. V. F. et al. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas lea associadas à tolerância de sementes de milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 91-101, 2005.

SAATH, R. et al. Activity of some isoenzymatic systems in stored coffee grains. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 15-24, 2014.

SAATH, R. et al. Alterações na composição química e sensorial de café (Coffea arabica L.) nos processos pós colheita. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 96-112, 2012.

SAATH, R. **Qualidade do café natural e despulpado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento.** 2010. 246 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2010.

SAATH, R.; BROETTO, F.; BIAGGIONI, M.A.M.; BORÉM, F.M.; ROSA, S.D.V.F.; TAVEIRA, H.S. Activity of some isoenzymatic systems in stored coffee grains. **Ciência e**

**Agrotecnologia**, v.38, n.1, p.15-24, 2014. <https://www.scielo.br/j/cagro/a/4DKG6R5TQpZb5MsVvVr g9fH/?format=pdf&lang=en>

SAES, M.S.M.; SILVA, C.L.; ESCUDEIRO, F.H. Estratégia de diferenciação no mercado brasileiro de café. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**(São Paulo. Impresso), v.8, p.24-31, 2006.

SAES, S. M. Diagnóstico sobre o Sistema AgroIndustrial de Cafés Especiais e Qualidade Superior do Estado de Minas Gerais. SEBRAE-MG do Pensa/USP, maio/julho de 2001.

SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 57- 59, 2007.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SANTOS, F.C.; ROSA, S.D.V.F.; VON PINHO, E.V.R.; CIRILLO, M.A.; CLEMENTE, A.C.S. Desiccationsensitivityfromdifferentcoffeeseedphenologicalstages. **Journal of Seed Science**, v.36, n.1, p.25-31, 2014. <https://www.scielo.br/j/jss/a/nGrxW8fDmzJJVzFBKHSmMnx/?format=pdf&lang=en>

SANTOS, J. P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 20 p. Dezembro, 2006. (CIRCULAR TECNICA, 84).

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

SERA, G. H.; MIGLIORANZA, É. Avaliação visual do potencial germinativo de sementes de café pelo formato e coloração do embrião. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 307-310, jul./dez. 2003.

SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, Oxford, p. 1- 26, 2012. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/jb/2012/217037/>>. Acesso em: 22 maio 2022.

SILVA JS (1999) Colheita, secagem e armazenagem do café. In: Zambolim, L. (ed.). I encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, UFV. p.39-80.

SILVA, E. C.; GUIMARÃES, E. R. A Terceira Onda do Consumo de Café. 2012. Disponível em <<http://www.icafebr.com.br/publicacao/Terceira%20Onda.pdf>> Acesso em 12 mai. 2021.

SOUZA SMS (2000) Produção de café de qualidade: II – Colheita, preparo e qualidade do café. Lavras, EPAMIG, 4p.

SOUZA, E.M.C. de. **O café (*Coffea arabica* L.) na região Sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais estruturais e tecnológicos**. Lavras: UFLA, 1996. 171p. Tese (Doutorado).

TAVEIRA, J. H. S. et al. Perfis proteicos e desempenho fisiológico de sementes de café submetidas a diferentes métodos de processamento e secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1413 – 1554, out. 2012.

TEIXEIRA, E. **Apostila de análise físico-sensorial**. Florianópolis, 1995. 105p.

VENTURI, L. et al. Water absorption of freeze-dried meat at different water activities: a multianalytical approach using sorption isotherm, differential scanning calorimetry, and nuclear magnetic resonance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 10572-10578, 2007.

VIDIGAL, D. S. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.31, n. 2, p. 129-136, 2009.

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.

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.

VILLELA TC (2002) **Qualidade do café despulpado, desmucilado, des- cascado e natural, durante o processo de secagem**. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Lavras, UFLA, 69p.

WIEZEL JBC (1981) **Qualidade da bebida do café**. Curso (Pós-Graduação em Fitotecnia), Piracicaba, ESALQ, 24p.

ZORZAL, A.Z. Teste do tetrazólio para estimativa da viabilidade de sementes. Natureza online – **Revista Científica da Escola Superior de São Francisco de Assis**. Espírito Santo. p. 149.

## ANEXO A

**Tabela 12** – Resumo da análise de variância para os testes de Condutividade Elétrica, Lixiviação de Potássio, Cor, Análise Sensorial e análises Químicas para os cafés provenientes de cada etapa de beneficiamento, em 12 meses de armazenamento

FV	Condutividade Elétrica	Lixiviação de Potássio	Cor			Análise Sensorial	Análises químicas			
			L	a	b		PPO	Proteína	Lipídeos	Açúcar Total
Etapas de Beneficiamento	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Época	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Etapas de Beneficiamento x Época	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	4	9,7	2,5	22,31	5,75	0,94			4,34	

\*Significativo ( $p > 0,05$ )

**Tabela 13** – Resumo da análise de variância para os testes de Tetrazólio e Lercafé para os cafés provenientes de cada etapa de beneficiamento.

FV	Tetrazólio	LerCafé
Etapas de beneficiamento	*	*
CV (%)	16,64	17,58

\*Significativo ( $p > 0,05$ )