

## MORFOMETRIA CELULAR NA ANÁLISE DA QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ NAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO VIA ÚMIDA E DURANTE O ARMAZENAMENTO

Sílvia de Carvalho Campos<sup>1</sup>; Paulo Cesar Corrêa<sup>2</sup>; Luzimar Campos da Silva<sup>3</sup>; Fernando Mendes Botelho<sup>4</sup>; Davi de Sousa Lima Vasconcellos<sup>5</sup>; Fernanda Machado Baptestini<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora, D. Sc., Embrapa Agrossilvipastoral, Sinop-MT, silvia.campos@embrapa.br

<sup>2</sup> Professor, D. Sc., DEA/UFV, Viçosa-MG, copace@ufv.br

<sup>3</sup> Professora, D. Sc., DBV/UFV, Viçosa-MG, luzimar@ufv.br

<sup>4</sup> Professor, M. Sc., ICAA/UFMT, Sinop-MT, fernandobotelho@ufmt.br

<sup>5</sup> Graduando, Eng. Agrícola, UFV, Viçosa-MG, davi\_vasconcellos@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Mestranda, DEA/UFV, Viçosa-MG, fbaptestini@yahoo.com.br

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade do café (*Coffea arabica* L.), obtido de quatro etapas do processamento via úmida, utilizando-se morfometria celular (por análise da estrutura anatômica do endosperma), prova de xícara e características físicas dos grãos. Foi utilizado café da variedade Catuaí Vermelho, obtido de propriedade comercial da região da Zona da Mata de Minas Gerais e processado por via úmida. Procedeu-se uma limpeza retirando folhas, galhos e pedras misturados aos frutos e, em seguida, retirou-se uma quantidade de frutos de café para a composição da amostra “Lavador” (etapa 1). Em seguida, os frutos cerejas e verdes foram separados dos frutos bóias e outra amostra foi retirada, composta pelos frutos mais densos (cereja e verde), sendo denominada “Separador” (etapa 2). Na sequência, os frutos seguiram para o descascador e, após terem sido descascados, retirou-se a terceira amostra, “Descascador” (etapa 3). Os grãos de café cereja envolvidos apenas com o pergaminho e a mucilagem passaram pela desmucilagem mecânica por meio do atrito entre os grãos e entre os grãos e um cilindro metálico e foi obtido o café desmucilado, etapa denominada “Desmucilador” (etapa 4). Foram analisados o teor de água dos grãos, a qualidade da bebida, a estrutura anatômica do endosperma (quantificada pelo número de paredes celulares do endosperma rompidas), a integridade das paredes celulares pelo teste de condutividade elétrica, a massa específica aparente e o pH. A partir dos resultados obtidos concluiu-se que: não foi possível obter uma relação direta entre a etapa de processamento via úmida do café e o aumento do número de paredes celulares rompidas, quantificadas pela morfometria; a análise da morfometria celular refletiu a qualidade pelo teste de bebida sendo esta técnica útil para relacionar a estrutura anatômica do endosperma dos grãos com a qualidade; a bebida apresentou menor padrão de qualidade na etapa 1 (classificado como “Duro”) em relação às demais que apresentaram padrão “Mole” ou “Apenas mole”; a etapa que apresentou a melhor qualidade durante o armazenamento pelas características físicas (cor e massa específica aparente) e químicas (pH) foi a etapa 3 (“Descascador”).

**Palavras-Chave:** *Coffea arabica*, parede celular, qualidade de bebida

## CELLULAR MORPHOMETRY IN ANALYSIS OF COFFEE BEANS QUALITY OF THE WET PROCESSING STAGES AND DURING STORAGE

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the influence of the wet processing stages over the quality and drying of coffee (*Coffea arabica* L.). Catuaí Vermelho variety was used, obtained from a commercial property located at Zona da Mata region of Minas Gerais state and processed at the pilot unity of coffee berries processing, Viçosa (MG). The beginning of the processing consisted in the removal of leaves, sticks and rocks among the fruits. Afterwards, an amount of coffee fruits was retrieved in order to compose the “Lavador” sample (stage 1). Further, green and mature fruits were separated and another sample was created, denominated “Separador” (stage 2). In the sequence, the fruits were dehulled and in this process were retrieved green fruits composing the third sample, “Descascador” (stage 3). Dehulled coffee was lead to mechanical equipment in order to remove the mucilage by means of the friction among the grain and a metallic cylinder. After this procedure, coffee without mucilage was acquired and the stage was denominated “Desmucilador” (stage 4). Moisture content, drink test, endosperm anatomic structure, integrity of cell walls by means of electrical conductivity test, bulk density and pH were analyzed in order to evaluate the influence of the wet processing stages and storage period over the coffee quality. It was concluded that: a direct relationship between wet processing stages of coffee and the number increase of ruptured cells, quantified by morphometric, was not observed, however, the morphometric data reflected the coffee quality by means of drink test; morphometric technique was useful to relate anatomic structure of coffee grain endosperm with quality; drink test varied between stage 1 and the remaining stages, being classified as an inferior standard at first stage; in general, stage 3 presented lowest values of electrical conductivity; it was verified a reduction of coffee quality measured by physical (bulk density) and chemical (pH) characteristics.

**Key words:** *Coffea arabica*, cell wall, beverage quality

## INTRODUÇÃO

O café desempenha importante papel na sociedade e economia brasileiras. Somente nos quatro primeiros meses de 2010, o Brasil exportou 531.504 toneladas de café verde (aumento de 17,51 % em comparação com o mesmo período do ano anterior), com faturamento de US\$ 1,380 bilhão (CAFÉ, 2010).

O processamento do café é tanto mais eficaz ao longo de todas as operações pós-colheita, quanto mais homogêneo for o lote colhido. A escolha do modo de processamento do café é decisiva na rentabilidade da atividade cafeeira, e depende de diversos fatores tais como: condições climáticas da região; disponibilidade de capital; tecnologia e equipamentos; exigências do mercado consumidor quanto às características do produto; outorga do uso da água; disponibilidade de tecnologia para o tratamento das águas residuárias. Assim, pode-se dizer que três aspectos são fundamentais na escolha do método de processamento do café: relação custo/benefício do método de processamento; a necessidade de atendimento à legislação ambiental; e o padrão desejado de qualidade (BORÉM, 2008).

Conforme sugerido por Amorim (1978), a qualidade do café está relacionada à integridade das membranas celulares, uma vez que sua estrutura e permeabilidade quando afetadas, levam o café a se deteriorar física e organolepticamente. Neste sentido, diversos autores tentaram relacionar a estrutura das membranas celulares, por meio de testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, principalmente, com a qualidade do café (FAVARIN et al., 2004; MALTA et al., 2002).

Afonso Júnior et al. (2004) observaram diferença significativa na integridade das membranas celulares causada pelo processamento via úmida do café, medido pelo teste de condutividade elétrica, entre o café cereja, descascado e desmucilado, processados via úmida e secados mecanicamente a 40 °C. Goulart et al. (2007), avaliando aspectos morfológicos, verificou paredes celulares do endosperma mais íntegras nos grãos de qualidade superior.

De acordo com Carvalho et al. (1994), é necessário o complemento de métodos objetivos juntamente com as classificações tradicionais pela prova de xícara já existentes proporcionando, assim, uma avaliação mais segura da qualidade deste produto. Neste sentido, utilizando técnicas de microscopia eletrônica de varredura, Borém et al. (2008) observaram que os grãos secados a 40 °C não apresentaram danos ultra-estruturais nas membranas. Entretanto, com o aumento da temperatura de secagem foi possível observar pontos de rompimento nas membranas, sendo que a secagem a 60 °C causou grandes danos à estrutura celular, o que foi confirmado por um maior extravasamento de solutos.

Assim, objetivou-se com este trabalho verificar a influência das etapas do processamento via úmida e do período de armazenamento na qualidade do café (*Coffea arabica* L.), por meio de análises de morfometria, propriedades físicas e qualidade de bebida.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de café (*Coffea arabica* L.) usadas em cada etapa do pré-processamento foram obtidas na Unidade Piloto de Processamento Coletivo de Café Cereja, Viçosa-MG. Os frutos, provenientes de única fazenda produtora, da região de Viçosa, foram colhidos manualmente por derriça no pano e, no mesmo dia da colheita, transportados para a Unidade de Processamento sendo processados por via úmida, em um equipamento próprio marca Pinhalense.

Ao chegarem à unidade de processamento, os frutos foram depositados na moega do equipamento de onde seguiram para as grades de separação, caracterizada pela retirada de impurezas que vieram do campo de cultivo junto com os frutos, como galho, folhas, torrões e separação dos cafês mais leves (bóias) dos mais densos (frutos cerejas e verdes), “Lavador” (etapa 1). Ao final da separação, outra amostra foi retirada composta pelos frutos mais densos (cereja e verde) e denominada “Separador” (etapa 2). Na sequência, os frutos verdes e os frutos cerejas passaram pelo cilindro janelado tipo gaiola do equipamento onde, por regulagem de pressão, os cerejas são descascados. Descascados, os grãos de café cereja agora envolvidos apenas com o pergaminho, passam pelo crivo do cilindro juntamente com as cascas, enquanto os verdes são separados lateralmente. Dos grãos que passaram pelo cilindro foi retirada outra amostra, sendo denominada “Descascador” (etapa 3). O desmucilamento mecânico ocorre por atrito entre os grãos e entre os grãos e o cilindro metálico. Após essa etapa, foi obtido o café desmucilado e a etapa denominada “Desmucilador” (etapa 4).

Os frutos e grãos foram transportados ao Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Grãos, localizado no CENTREINAR, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, para a secagem e realização das análises. Foram retirados os grãos verdes da amostra “Separador” para que a mesma fosse composta basicamente por cerejas, como as demais etapas.

Os frutos e grãos foram dispostos em bandejas de alumínio com fundo perfurado e levadas a estufa de circulação forçada, regulada a 40 °C para a secagem. A perda de água foi acompanhada por diferença de massa, pelo método gravimétrico até atingir o teor de água de 11 %. Em seguida, foi embalado em sacos de juta, com capacidade para 60 kg e mantido armazenado em condições ambiente para a realização das análises, iniciando logo após a secagem e a cada 3 meses, até completar 12 meses.

Avaliaram-se: Teor de água: determinado empregando-se o método da estufa, a  $105 \pm 3$  °C durante 24 h; Análise sensorial: por meio da prova de xícara, realizada por provadores da Cafeteria Incofex – Viçosa, MG, segundo a Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003); Morfometria da parede celular: 100 grãos inteiros e sadios de cada etapa foram descascados manualmente e fixados em FAA 70, por 72 h. Após a fixação, imersos em uma solução

de etilenodiamina 20 %. Dez grãos de cada etapa foram desidratados em série etilica crescente (50 % a 100 %) e incluídos em parafina purificada com DMSO (Histosec<sup>®</sup>). Cortes transversais dos grãos incluídos em parafina, com 15 µm de espessura, foram obtidos em micrótopo rotativo de avanço manual e as secções distendidas em banho maria a 40 °C, aderidas em lâminas histológicas e submetidas à dupla coloração com Safranina e Azul de Astra (KRAUS & ARDUIN, 1997). As fotomicrografias foram obtidas com auxílio de fotomicroscópio equipado com sistema U-photo e câmera digital acoplada. Para análise micromorfológica foi realizada a contagem do número de paredes celulares rompidas, com auxílio do software Image-Pro Plus versão 4.5 para Windows<sup>®</sup>; Condutividade elétrica: uma amostra de 50 grãos de café foi pesada, imersa em 75 mL de água deionizada (no interior de copos plásticos com capacidade para 180 mL) e mantida em câmara do tipo BOD, a 25 °C por 24 h (BRASIL, 1992). Após este período, foi medida a condutividade elétrica da solução, utilizando condutivímetro calibrado com solução KCl. Foram realizadas cinco repetições por tratamento, além de um “branco”; Massa específica aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ ): foi determinada utilizando-se uma balança analítica, com resolução 0,01 g, e um recipiente com capacidade de 1 L, em cinco repetições para cada tratamento; pH: Três amostras de 5 g de café, por tratamento, foram moídas, peneiradas em peneira de 20 mesh e colocadas em um erlenmeyer com 37,5 mL de álcool etílico 80 %. A solução permaneceu no erlenmeyer por 16 h. Posteriormente, foi filtrada em papel Whatman nº 1 e o pH do extrato filtrado medido utilizando-se um pHmetro digital.

O experimento foi instalado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as etapas de processamento e nas subparcelas os períodos de armazenamentos no delineamento inteiramente casualizado com número de repetições diferente para cada variável analisada. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo (etapa) foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5 % de probabilidade. Para o fator quantitativo (períodos) os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” adotando-se o nível de 10 %, no coeficiente de determinação,  $R^2$  (obtido pela divisão da soma de quadrado da regressão pela soma de quadrado do tratamento) e no comportamento biológico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento foi utilizado café de alta qualidade, classificado como “Mole” no início do armazenamento para todas as etapas, exceto para a etapa 1, que mostrou padrão inferior “Apenas mole”. A presença de grãos verdes ou bóias na etapa 1 (Lavador) possivelmente contribuiu para que essa etapa não tenha atingido o padrão “Apenas mole”. A presença de grãos verdes, ardidos e pretos altera significativamente a qualidade do café cru e torrado (COELHO & PEREIRA, 2002).

A etapa 3, composta por grãos descascados e não desmucilados, manteve a melhor bebida, em relação às demais etapas, até 270 dias de armazenamento. Santos et al. (2009), avaliando alguns indicadores de qualidade de cafés bóia, descascado e desmucilado, concluíram que o café cereja descascado, obtido via úmida, apresentou o maior número de indicadores positivos de qualidade.

Ao final do tempo de armazenamento, todas as etapas apresentaram o padrão de bebida “Duro”, exceto a etapa 3, classificada como “Apenas Mole”. De acordo com a Tabela Oficial de Classificação do Café Quanto à Bebida (Brasil, 2003), a bebida “Mole” apresenta aroma e sabor agradáveis, brandos e adocicados, a “Apenas mole” apresenta sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar e a “Dura” sabor acre, adstringente e áspero, porém sem paladares estranhos. Assim, nota-se que para todas as amostras analisadas, houve uma queda qualitativa deste atributo. A partir da classificação das amostras pelo teste de bebida, verifica-se que a danificação mecânica causada ao café pelo processamento via úmida não foi suficiente para alterar a qualidade da bebida, pelo tempo de armazenamento analisado. Essa prática, entretanto, é indispensável para gerar lotes de café homogêneos e livres de grãos verdes e bóias, causadores das principais alterações na qualidade que são agentes que causam depreciação dos parâmetros qualitativos.

A análise microscópica dos grãos permitiu verificar a estrutura íntegra ou rompida das paredes das células que compõem o endosperma (Figura 1).

Paredes rompidas das células do endosperma favorecem a liberação de gotas lipídicas e a perda do aroma e sabor característicos do café. Por meio da quantificação do rompimento das células dos grãos de café, em cada tempo de armazenamento, não foi possível obter uma relação direta entre o nível de danificação celular dos grãos obtidos nas etapas do processamento via úmida e o tempo de armazenamento. De um modo geral, observou-se a presença de células rompidas nos grãos em todas as etapas do processamento. Entretanto, como não houve diferença significativa entre as etapas, pode-se inferir que o processamento via úmida não alterou significativamente o nível de danificação dos grãos. O rompimento da parede celular pode ter ocorrido em diferentes fases anteriores ao processamento, sendo causados por alguns fatores como condição fisiológica da cultura, estágio de maturação dos frutos e grãos, estresse hídrico ou danificação no momento da colheita e na secagem, impossibilitando identificar a etapa causadora do rompimento.

Assim, não foi possível concluir que somente as etapas pós-colheita afetaram negativamente a integridade das paredes. Estas, no entanto, podem ter potencializado os rompimentos iniciados durante o desenvolvimento e colheita do produto.

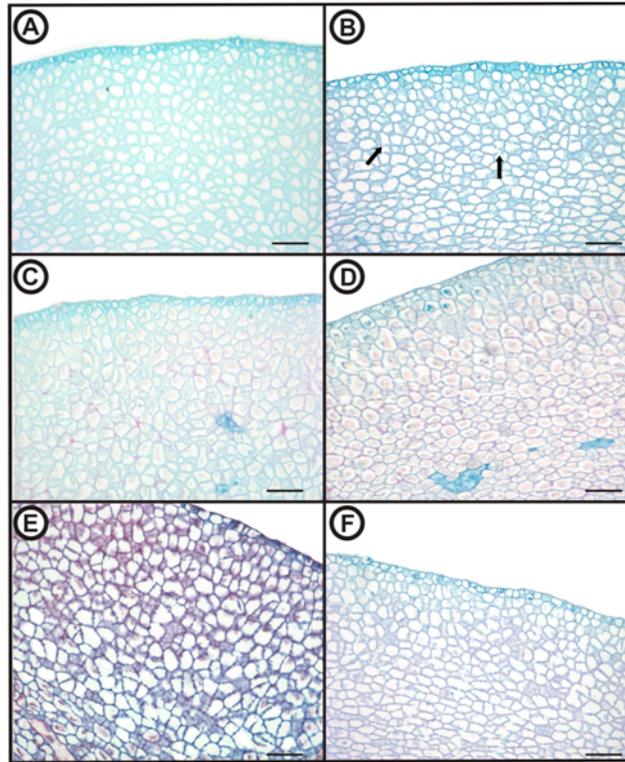


Figura 1. Endosperma intacto (A) e danificado (B) de grãos de café (*C. arabica*) da etapa 2 aos 180 dias de armazenamento e das etapas 1 - Lavador (C), 2 - Separador (D), 3 - Descascador (E) e 4 - Desmucilador (F) no início do armazenamento.

As técnicas de microscopia têm sido utilizadas em diversas pesquisas com café (GOULART et al., 2007; BORÉM et al., 2008; CARDONA et al., 2008; SAATH et al., 2010). Esses trabalhos relacionaram a qualidade da bebida de café às alterações da estrutura celular por meio de análises qualitativas das imagens obtidas. Entretanto, sobre a utilização de ferramentas estatísticas (morfometria) aliada à análise das imagens ainda há resultados para café.

A morfometria foi uma ferramenta segura para indicar os rompimentos das paredes celulares do endosperma do café. Alguns autores que relacionaram respostas anatômicas a fatores externos, como por exemplo, poluentes e herbicidas, obtiveram sucesso a partir de avaliações quantitativas (SANT'ANNA-SANTOS et al., 2006, 2007; TUFFI-SANTOS et al., 2008; PITA-BARBOSA et al., 2009).

A condutividade elétrica da solução de embebição e a variação do pH dos grãos de café das quatro etapas do processamento são apresentadas na Figura 2.

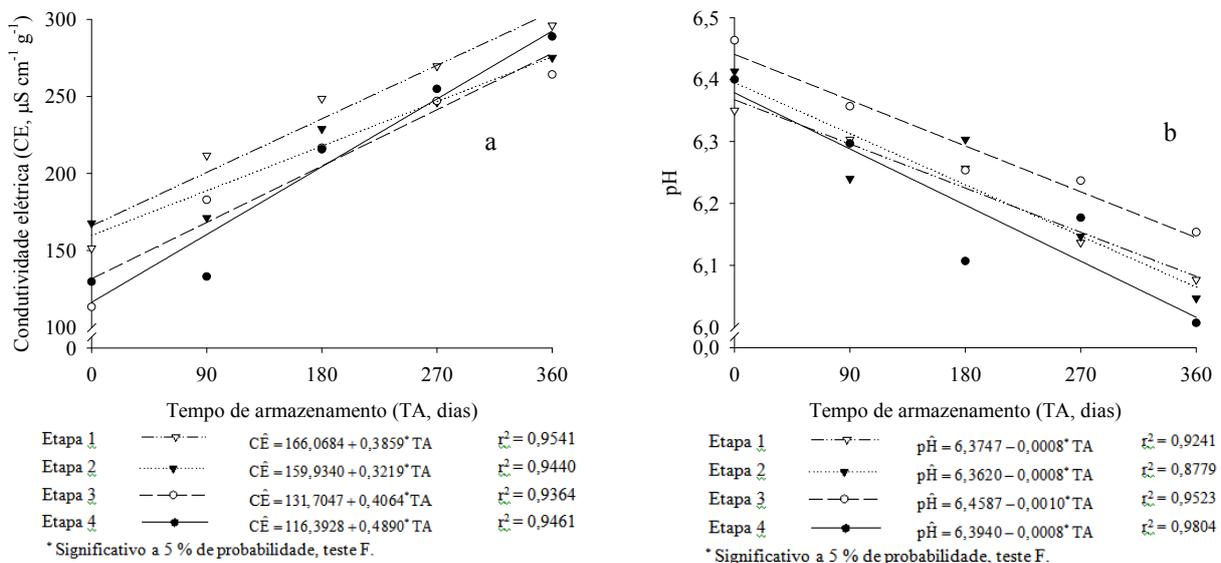


Figura 2. Condutividade elétrica (a) e variação do pH (b) dos grãos de café, obtido de diferentes etapas do processamento via úmida, durante o armazenamento (etapa 1: Lavador; 2: Separador; 3: Descascador; 4: Desmucilador).

Observou-se que houve incremento na condutividade elétrica (Figura 2a) para todas as etapas ao longo do armazenamento, sendo que a etapa 1 apresentou valores superiores as demais em todos tempos analisados, confirmando a menor qualidade dos grãos desta etapa, como apresentado pelo teste de bebida. De modo geral, entre as etapas do processamento, observa-se que a etapa 3 apresentou os menores valores de condutividade elétrica na solução de embebição, exceção apenas ao tempo 270 dias de armazenamento. Essa etapa foi a que apresentou o melhor resultado para o teste de bebida além dos menores valores de rompimento das paredes celulares. As amostras das etapas 1 e 2 apresentaram os maiores valores iniciais de condutividade elétrica. Entretanto, a maior perda da permeabilidade se deu pelas amostras das etapas 3 e 4 o que é evidenciado pelo coeficiente angular das curvas de regressão.

De acordo com Bewley & Black (1985) membranas mal estruturadas, desorganizadas e danificadas por insetos, mecanicamente e, ou por ação do armazenamento prolongado estão, geralmente, associadas ao processo de deterioração, o que favorece o extravasamento de solutos da célula para a solução de embebição e aumenta a condutividade elétrica.

Pela variação do pH dos grãos de café apresentada na Figura 2b, observou-se que a acidez dos grãos aumentou durante o armazenamento para todas as etapas do processamento. De acordo com Carvalho et al. (1994), a acidez do café é inversamente proporcional à sua qualidade e tende a aumentar ao longo do armazenamento. A etapa 3 apresentou, em todos os tempos de armazenamento, os maiores valores de pH caracterizando um produto de melhor qualidade, concordando com o teste de bebida. Em todas as etapas do processamento, houve redução dos valores de pH ao longo do tempo de armazenamento, caracterizando aumento na acidez do produto e conseqüentemente redução da qualidade.

O teor de água dos grãos de café aumentou principalmente até os 180 dias de armazenamento, permanecendo praticamente constante a partir deste ponto para todas as etapas (Figura 3a). O menor valor do teor de água observado foi de 10,2 % e o maior de 12,7 %. O acréscimo no teor de água do produto ocorreu em função da propriedade de ceder ou adsorver água, que todo material higroscópico, inclusive o café, possui, tendendo a manter uma relação de equilíbrio entre o seu teor de água e a umidade relativa do ar ambiente. Observou-se ainda que o teor de água do produto se manteve dentro da faixa aceitável para o armazenamento do café e que a presença ou não da casca nas amostras não afetou o teor de água dos grãos.

A variação da massa específica dos grãos está apresentada na Figura 3b. A massa específica aparente é um parâmetro que depende do teor de água do produto. Para a maioria dos grãos agrícolas, incluindo-se o café beneficiado, este índice diminui com o aumento do teor de água (RESENDE et al., 2008; RODRIGUES, 2009). Esse comportamento foi observado neste trabalho, em que a partir dos 180 dias de armazenamento observou-se um aumento mais acentuado do teor de água do café e, assim, conseqüente decréscimo dos valores da massa específica aparente. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com Rodrigues (2009) que observou os maiores valores de massa específica aparente dos grãos de café quando o produto foi submetido ao processo de secagem descascado, em relação ao secado em coco. Também, trabalhando com café descascado e natural, Nogueira (2009) observou que a massa específica aparente, durante 180 dias de armazenamento, do café descascado foi superior à do café natural. Portanto, a etapa de retirada da casca dos frutos de café parece ter contribuído positivamente para a manutenção da qualidade do produto avaliada a partir dessa propriedade.

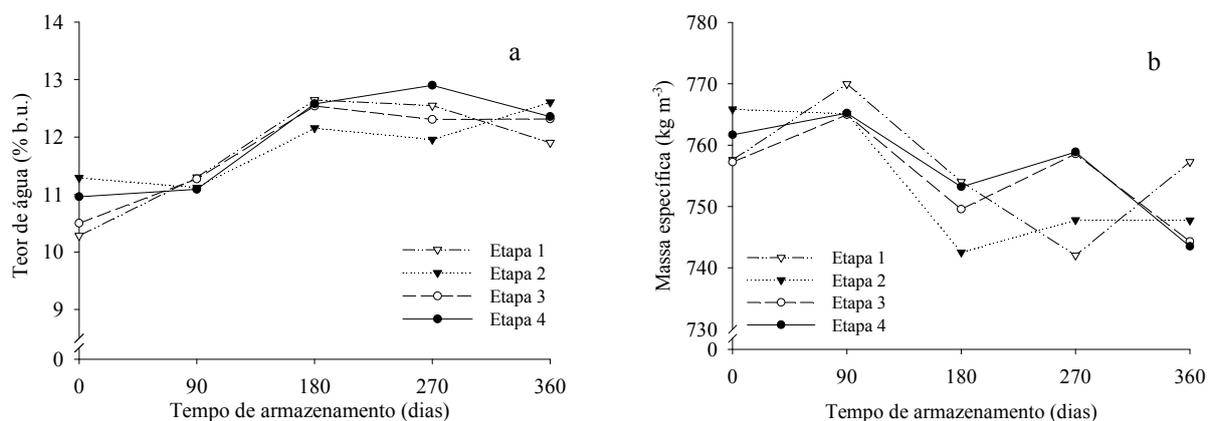


Figura 3. Teores de água dos grãos de café (a) e variação da massa específica aparente (b) dos grãos de café obtidos de diferentes etapas do processamento via úmida, durante o armazenamento (etapa 1: Lavador; 2: Separador; 3: Descascador; 4: Desmucilador).

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que: não foi obtida uma relação crescente entre a etapa de processamento do café e o número de células rompidas por grão; por meio da morfometria, foi possível relacionar a estrutura anatômica do endosperma dos grãos de café com a

qualidade, aferida pelo teste de bebida; o café da etapa 1 (Lavador) apresentou qualidade inferior ao café das demais etapas pelo teste de bebida, além dos maiores valores de condutividade elétrica ao longo do armazenamento; de modo geral, a etapa 3 (Descascador) apresentou os menores valores de danos estruturais e condutividade elétrica, além dos maiores valores de pH. A etapa 3 foi a que manteve por mais tempo a qualidade do produto

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; SILVA, F. S. Contribuição das etapas de pré-processamento para a qualidade do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial Café, n. 8, p. 46 - 53, 2004.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão do café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. Piracicaba, 1978. 85p. (Livre-Docência, ESALQ/USP).
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367 p.
- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 631 p.
- BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis of drying damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, v. 99, p. 62 - 66, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico da identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Disponível em: [http://www.abic.com.br/arquivos/abic\\_nm\\_al\\_d\\_inst\\_normativa08.pdf](http://www.abic.com.br/arquivos/abic_nm_al_d_inst_normativa08.pdf). Acesso em 02 abr. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra para Análise de Sementes**. Brasília, D. F, 1992. 155p.
- CAFÉ – Revista Cafeicultura. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=32534&exportacao-brasileira-de-cafe-verde-teve-aumento-de-17-51-.html>. Acesso em 15 jun. 2010.
- CARDONA, Y. P.; OLIVEROS, C. E.; ARIAS, D. F. ALVAREZ, F.; DEVI, A. Epicarp characterization of coffee fruits by atomic force microscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 2, p. 167 - 171, 2008.
- CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449 - 454, 1994.
- COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 375 - 384, 2002.
- FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. L. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO-NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 187 - 192, 2004.
- GOULART, P. F. P.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; FRIES, D. D.; MAGALHÃES, M. M.; MELO, H. C. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 662 - 666, 2007.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédica: Edur. 1997.
- MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1385 - 1390, 2002.
- NOGUEIRA, B. L. **Características físicas, químicas e biológicas do café (*Coffea arabica* L.) natural e descascado**. Viçosa, 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PITA-BARBOSA, A., SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SILVA, K. L. F.; AZEVEDO, A. A.; ROCHA, D. I. Efeitos fitotóxicos do fluoreto na morfoanatomia foliar de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae). **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, n. 4, p. 1027 - 1033, 2009
- RESENDE, O.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 225 - 230, 2008.
- RODRIGUES, A. P. L. **Avaliação dos constituintes voláteis do café submetido a diferentes tratamentos pós-colheita pela análise de suas características físicas, químicas e sensoriais**. Viçosa, 2009. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SAATH, R.; BORÉM, F. M.; ALVES, E.; TAVEIRA, J. H. S.; MEDICE, R.; CORADI, P. C. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 196 - 203, 2010.
- SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A.; AGUIAR, R. Effects of simulated acid rain on leaf anatomy and micromorphology of *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 313 - 321, 2006.
- SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição, físico-química e química do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 213 - 218, 2009.
- TUFFI-SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, E. F. S. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta daninha**, v. 26, n. 1, p. 9 - 16, 2008.