

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES DE  
MONTES CLAROS - UNIMONTES**

**DESENVOLVIMENTO, ACÚMULO DE  
ÓLEO E ARMAZENAMENTO DE  
COCOMACAÚBA**

**FLÁVIO HENRIQUE LEAL DE ALMEIDA**

**2014**

**FLÁVIO HENRIQUE LEAL DE ALMEIDA**

**DESENVOLVIMENTO, ACÚMULO DE ÓLEO E  
ARMAZENAMENTO DE COCO MACAÚBA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**Orientador**  
**Prof. D.Sc. Wagner Ferreira da Mota**

**JANAÚBA**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2014**

R484a Almeida, Flávio Henrique Leal de.  
Desenvolvimento, acúmulo de óleo e armazenamento de frutos da  
macaúba, [manuscrito] / Flávio Henrique Leal de Almeida. –  
Janaúba, 2014.  
83 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros  
- Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no  
Semiárido/PPGPVSA, 2014.

Inclui bibliografia por capítulo.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota.

Coorientador: Pesq. Dra. Ariane Castricini.

1. *Acrocomia aculeata*. 2. Crescimento do fruto. 3. Qualidade do  
óleo. 4. Pós-colheita. I. Mota, Wagner Ferreira. II. Castricini, Ariane.  
III. Universidade Estadual de Montes Claros. IV. Título.

Catálogo: Biblioteca Setorial de Janaúba

**FLÁVIO HENRIQUE LEAL DE ALMEIDA**

**DESENVOLVIMENTO, ACÚMULO DE ÓLEO E  
ARMAZENAMENTO DE COCO MACAÚBA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**Aprovada em 31 de março de 2014.**

Prof. D.Sc. Wagner Ferreira da MotaPesq. D.Sc. Ariane Castricini  
UNIMONTES EPAMIG – Nova Porteirinha  
(Orientador) (Coorientadora)

Prof. D.Sc. Gisele Polete Mizobutsi Prof. D.Sc. Leonardo Duarte Pimentel  
UNIMONTES UFV

Prof. D.Sc. Edson Hiydu Mizobutsi  
UNIMONTES

**JANAÚBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014**

*A Deus,*

*AGRADEÇO*

*Aos meus pais:  
João José do Nascimento,  
Nilda Pinto de Almeida.  
Ao meu irmão Fábio Leal,  
pelo apoio e incentivo,*

*DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus caminhos e por me dar força e sabedoria para a concretização deste sonho.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, pela contribuição na minha formação acadêmica.

À PETROBRAS SA, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

À minha família e amigos, pelo apoio incondicional, carinho, incentivo e confiança. Amo vocês.

Ao meu orientador professor D.Sc. Wagner Ferreira da Mota, pela oportunidade, orientação, exemplo, credibilidade e ensinamentos transmitidos. Serei sempre grato.

À Pesquisadora D. Sc. Ariane Castricini, por todo o apoio e incentivo, pelos ensinamentos, paciência e contribuição para a realização deste trabalho.

Aos professores José Antônio Saraiva Grossi e Leonardo Duarte Pimentel, pela confiança depositada, apoio, conselhos, pela liberdade para realização dos trabalhos.

Estendo os agradecimentos a todos os funcionários e colegas da EPIMIG – Nova Porteirinha pelo apoio e auxílio na execução desse trabalho.

A todos da Fazenda Caiçara, pelo fornecimento da área experimental, apoio e hospitalidade.

A todos que, de alguma forma, participaram desta **importante etapa de minha vida, MUITO OBRIGADO!**

**“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”**

**(Arthur Schopenhauer)**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	1
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	3
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	5
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	7
<b>2.1A macaúba</b> .....	7
<b>2.2Distribuição geográfica</b> .....	7
<b>2.3Descrição botânica</b> .....	8
<b>2.4Potencial para exploração econômica</b> .....	10
<b>2.5Óleos vegetais</b> .....	10
<b>2.6Armazenamento de frutos de macaúba</b> .....	12
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I – DESENVOLVIMENTO E ACÚMULO DE ÓLEO EM COCO MACAÚBA</b> .....	18
<b>RESUMO</b> .....	19
<b>ABSTRACT</b> .....	20
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>2.1 Área experimental e coleta de frutos</b> .....	23
<b>2.2 Composição dos tratamentos e parcelas</b> .....	24
<b>2.3 Características avaliadas</b> .....	25
<b>2.4 Análise estatística</b> .....	27
<b>3. RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>3.1 Desenvolvimento do fruto</b> .....	29
<b>3.2 Diâmetro e comprimento</b> .....	31
<b>3.3 Massa fresca e seca do fruto</b> .....	32
<b>3.4 Cor do epicarpo</b> .....	34
<b>3.5 Massa fresca e seca do epicarpo, mesocarpo e endocarpo</b> .....	35
<b>3.6 Parâmetros de cor no mesocarpo</b> .....	39
<b>3.7 Massa fresca e seca da amêndoa</b> .....	41



<b>3.8 Composição percental do desenvolvimento das partes do coco</b> .....	42
<b>3.9 Teor de óleo no mesocarpo</b> .....	44
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47
<b>CAPÍTULO II - ARMAZENAMENTO DO COCO MACAÚBA</b> .....	49
<b>RESUMO</b> .....	50
<b>ABSTRACT</b> .....	51
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	52
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	54
<b>2.1 Coleta e montagem do experimental</b> .....	54
<b>2.2 Composição dos tratamentos e parcelas</b> .....	54
<b>2.3 Características avaliadas</b> .....	56
<b>2.4 Análise estatística</b> .....	58
<b>3. RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	59
<b>3.1 Parâmetros de cor no mesocarpo</b> .....	61
<b>3.2 Umidade do mesocarpo</b> .....	67
<b>3.3 Firmeza no mesocarpo</b> .....	70
<b>3.4 Acidez</b> .....	72
<b>3.5 Teor de óleo no mesocarpo</b> .....	75
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	79
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	80
<b>ANEXOS</b> .....	85
<b>Anexo A</b> .....	85
<b>Anexo B</b> .....	88

## RESUMO GERAL

Almeida, Flávio Henrique Leal de. Desenvolvimento, acúmulo de óleo e armazenamento de coco macaúba. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG<sup>1</sup>

A macaúba tem potencial para se tornar umas das principais culturas na produção de óleo vegetal, porém, ainda é explorada de forma extrativista, com pouca ou nenhuma informação sobre pré e pós-colheita do fruto. Os objetivos deste trabalho foram: fazer caracterização física e química do desenvolvimento do fruto da macaúba; verificar se existe diferença significativa entre os estágios de maturação dos frutos dentro de um mesmo cacho; determinar o ponto de colheita; avaliar o efeito dos métodos de armazenamento sobre a qualidade do fruto e do óleo do mesocarpo. Para isto, foram conduzidos dois experimentos. No experimento I, para o estudo do desenvolvimento do fruto, foram selecionadas dez plantas, em que cada planta constituiu uma repetição. O experimento foi montado no delineamento em parcelas subdivididas no tempo, sendo a posição no cacho (ápice, meio e base) o fator das parcelas e as épocas de colheita as subparcelas. As características avaliadas foram: diâmetro e comprimento do fruto, cor do epicarpo e mesocarpo, massa fresca e seca do fruto e suas partes, teor de óleo no mesocarpo e proporção da distribuição da massa do fruto durante seu desenvolvimento. Como resultados, observou-se que o fruto se desenvolve primeiro em tamanho e volume, com crescimento rápido nos 90 dias após o florescimento. Porém, o acúmulo de óleo no mesocarpo se dá no final do ciclo de frutificação, que é de pelo menos 360 dias. A maior concentração de óleo é observada nos frutos quando se desprendem do cacho com facilidade (maturação fisiológica). Observou-se ainda que os frutos apresentam desenvolvimento homogêneo dentro do mesmo cacho, independentemente da posição, o que indica que a colheita pode ser realizada de uma só vez. No experimento II, para avaliação do efeito dos métodos de armazenamentos, foram coletados aproximadamente 20.000 frutos no ponto de maturação fisiológica, os quais foram distribuídos em quatro métodos recipientes (tambor de 200 litros, caixas plásticas, sacos de raschel e frutos amontoados), permanecendo armazenados por 60 dias. O delineamento experimental utilizado foi parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições para características físicas e três para as características químicas. Foram avaliados a umidade do mesocarpo, a firmeza do mesocarpo, o teor de acidez, o teor de óleo e a cor do mesocarpo. Como resultados, observou-se que a acidez no óleo do mesocarpo se elevou em

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Wagner Ferreira da Mota – UNIMONTES (Orientador), Ariane Castricini – EPAMIG – Nova Porteira (Coorientadora).

todos os sistemas de armazenamentos. Houve pouca variação na cor e qualidade dos frutos durante o armazenamento. O armazenamento em sacos de raschel apresentou melhor característica visual e uma rápida redução na umidade, sendo o método mais promissor para conservação do fruto e óleo. Adicionalmente, observou-se incremento nos teores de óleo do mesocarpo dos frutos durante o armazenamento, o que indica que o fruto não paralisa o metabolismo após a colheita.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, crescimento do fruto, qualidade do óleo, pós-colheita.

## GENERAL ABSTRACT

Almeida, Flavio Henrique Leal de. Development, oil accumulation and storage of coconut macaúba. 2014. Dissertation (MSc in Crop Production in Semi-Arid) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG<sup>2</sup>

The macaúba has the potential to become one of the main crops in the production of vegetable oil, but still exploited and extractive way with little or no information about pre and post-harvest fruit. The objectives of this study were: do physical and chemical characterization of fruit development macaúba; check whether there is significant difference between the stages of fruit maturation within the same cluster; determine the point of harvest; evaluate the effect of storage methods on fruit quality and oil mesocarpo. Para Two experiments were conducted. In the first experiment for the study of fruit development, ten plants, each plant constituted a replicate were selected. The experiment was arranged in split plot design in time, with the position in the bunch (apex, middle and base) factor of plots and subplots harvest seasons. The characteristics evaluated were: diameter and fruit length, color of the epicarp and mesocarp, fresh and dry fruit and parts, oil content in the mesocarp and proportion of the mass distribution of the fruit during its development. As a result, it was observed that the fruit develops first in size and volume, with rapid growth in the 90 days after flowering. However, the accumulation of oil in the mesocarp occurs at the end of the fruiting cycle, which is at least 360 days. The highest concentration of oil is observed on fruits when detached from the bunch with ease (physiological maturity). Obsevou even if the fruit development have homogeneous within the same cluster, regardless of position, which indicates that harvesting can be carried out once. In experiment II, for the purpose of rating methods of storage, fruits were collected aproximadamente 20,000 at the point of physiological maturity, which were divided into four methods containers (200 liter drum, plastic boxes, bags and piled raschel fruit), remaining stored for 60 days. The experimental design was split plot with five replications for physical characteristics and three for chemical characteristics. Moisture from the mesocarp, the firmness of the flesh, the acid content, oil content and color of the mesocarp were evaluated. As a result, it was observed aacidez in mesocarp oil rose in all storage systems. There was little variation in color and fruit quality during storage. The storage bags raschel showed better visual carcterisca and a rapid decrease in humidity, the most promising method for preserving fruit and oil. Additionally, there was an increase in the oil content of the fruit flesh during

---

<sup>2</sup>Steering Committee: Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES (Advisor), Ariane Castricini - EPAMIG - Nova Porteira (Co-Advisor).

storage indicating that the product does not freeze up after harvesting metabolism.

Keywords: *Acrocomia aculeata*, fruit growth, oil quality, postharvest.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart) é uma palmeira nativa das Florestas Tropicais. Apresenta grande dispersão no Brasil e em países vizinhos como Colômbia, Bolívia e Paraguai. No Brasil, ocorrem povoamentos naturais em quase todo território, com as maiores concentrações localizadas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Henderson *et al.*, 1995).

Os frutos são compostos pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa, com teor de óleo no mesocarpo e amêndoa na faixa de 50-60% em base seca, com potencial de produtividade de até 6000 kg de óleo por hectare (RETTORE e MARTINS, 1983). Assim, a macaúba pode ser considerada uma promissora fonte de óleos vegetais para produção de energia, alimentos, cosméticos e fármacos (CANO ANDRADE *et al.*, 2006). O coco desta palmeira apresenta, em cada 100g, cerca de 240 calorias. Na sua composição são encontradas vitaminas A, B1, B2, C, ferro, fósforo e proteínas (RAMOS, 2008).

A principal utilidade econômica do coco macaúba, no entanto, é a produção de óleos (MOURA, 2010). O óleo da polpa de macaúba caracteriza-se pelo seu alto percentual de insaturação, tendo o ácido oléico como o componente majoritário.

A colheita e beneficiamento dos frutos de macaúba é um dos principais gargalos ao crescimento da cultura. Estas etapas são muito importantes para a definição da qualidade e rendimento. Entretanto, informações sobre ponto de colheita e formas adequadas de armazenagem dos frutos são escassas, o que contribui para perdas quantitativas e qualitativas nas indústrias do setor.

Uma colheita precoce, em que o fruto apresenta-se imaturo, reflete em baixo rendimento de óleo. Por outro lado, o manejo pós-colheita inadequado pode conduzir a uma rápida deterioração da qualidade dos frutos e, conseqüentemente, do óleo, o que limita o mercado e reduz o preço do

produto final. Essa degradação pode estar relacionada à atividade microbiana, que, por sua vez, pode ser acelerada pelo armazenamento inadequado dos produtos agrícolas, ocasionando perdas de matéria seca, por meio da utilização de carboidratos, proteínas e lipídeos como fonte de energia durante a respiração, que em frutos oleaginosos aumenta a acidez do óleo. Além disso, pode alterar a digestibilidade, no caso de produtos alimentícios e produzir compostos voláteis, gerando mau cheiro (MAGAN e ALDRED, 2007).

Logo, é importante estudar o desenvolvimento fenológico do fruto e verificar se há diferença no grau de maturação dos frutos dentro de um mesmo cacho. Soma-se isto à necessidade de avaliar os métodos de armazenamento empregados atualmente para se propor melhorias no processo produtivo e, conseqüentemente, viabilizar a produção do óleo de qualidade em larga escala.

O objetivo deste trabalho foi realizar caracterização física e química do desenvolvimento do fruto de macaúba, verificar se existe diferença significativa entre os estágios de maturação dos frutos dentro de um mesmo cacho e avaliar o efeito do sistema de armazenamento sobre a qualidade do óleo do mesocarpo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A macaúba**

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.) é uma palmeira arborescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais, tipicamente brasileira e com ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o sul do México até ao sul do Brasil, Paraguai e Argentina (MORCOTERIOS e BERNAL, 2001). O termo *Acrocomia* deriva do grego “Akron” (ápice) e “Kome” (cabeleira) sugerindo que as folhas estão dispostas no formato de uma coroa (NOVAES, 1952). São palmeiras monóicas que, embora autocompatíveis, realizam fecundação cruzada, revelando sistema reprodutivo misto (SCARIOT *et al.*, 1995; ABREU *et al.*, 2012).

No Brasil, nomes populares são atribuídos de acordo com a região. São conhecidas popularmente por bocaiúva, chiclete-de-baiano, cocobaboso, coco-de-catarro, coco-de-espinho, macacauba, macaiba, macaibeira, macajuba, macaúba, macaúva, mucaia, mucaja e mucajaba (AMARAL, 2007).

Existem relatos da utilização dessa palmeira pelo homem desde a pré-história (cerca de 9.000 anos a.C.), citado por Morcote-Rios & Bernal (2001). Ainda hoje, todo coco de macaúba utilizado é oriundo do extrativismo de plantas ou populações naturais.

### **2.2 Distribuição geográfica**

A macaúba é uma palmeira de vasta distribuição geográfica, que se estende do México à Argentina, embora sua ocorrência seja mais abundante nas Antilhas, Costa Rica, Paraguai e Brasil. No Brasil, é considerada como a palmeira de maior dispersão, com ocorrência de povoamentos naturais em quase todo o território. Suas maiores concentrações estão localizadas, principalmente, nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Tocantins, sendo amplamente disseminada pelas



áreas do Cerrado e Pantanal (RATTER *et al.*, 2003; BORA *et al.*, 2004; LORENZI, 2006; AMARAL, 2007).

Embora a presença da macaúba seja verificada em quase todas as regiões do território brasileiro, os povoamentos naturais mais densos da palmeira localizam-se notadamente nas áreas menos colonizadas (MOTTA *et al.*, 2002). Mas é em Minas Gerais onde se verificam as maiores concentrações da macaúba, cuja população distribui-se predominantemente em três microrregiões do Estado – Abaeté, Jaboticatubas e Brasília de Minas (RODRIGUES, 2008).

### **2.3 Descrição botânica**

As palmeiras estão entre as primeiras famílias das Angiospermas e as primeiras Monocotiledôneas de que se tem registro. Moore e Uhl (1982) sugerem que as palmeiras podem ser originárias do oeste de Gondwana, região supostamente onde se localiza, atualmente, a América do Sul, no início do Cretáceo, há mais de 150 milhões de anos.

A macaúba é uma palmeira nativa das florestas tropicais cujo estipe atinge de 10 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro. A região dos nós é coberta de espinhos escuros, pontiagudos, com cerca de 10 cm de comprimento. Frequentemente, o estipe é coberto pelas bases dos pecíolos, que permanecem aderidas a este por muitos anos. As folhas verdes, ordenadas em diferentes planos dando um aspecto plumoso à copa, são pinadas com comprimento variando de 4 a 5 m, apresentando, aproximadamente, 130 folíolos de cada lado e espinhos na região central (MIRANDA *et al.*, 2001; LORENZI *et al.*, 1992).

Entre as folhas, destacam-se a espata de até 2 m de comprimento, as inflorescências amarelas e os cachos de frutos de tom marrom-amarelado. A inflorescência é em espádice, com 50 a 80 cm de comprimento, pendente, protegida por espata de acúleos castanhos. As flores de coloração amarelo-claro são unissexuais e ambos os sexos aparecem numa mesma inflorescência. As flores femininas nascem na base da inflorescência e as

masculinas no topo. Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicarpo (casca) rompe facilmente quando maduro. O mesocarpo (polpa) é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarelo ou esbranquiçado, comestível. O endocarpo é fortemente aderido à polpa (mesocarpo), com parede óssea enegrecida e a amêndoa oleaginosa, comestível e revestida de uma camada fina de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura. Os frutos são formados por cerca de 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa. (SILVA, 1994; HENDERSON *et al.* 1995; FARIA, 2010; LORENZI, 2006; CETEC, 1983).

A frutificação ocorre durante todo o ano e os frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006). Os principais polinizadores são coleópteros das famílias Curculionidae, Nitidulidae e Escarabaeidae. A inflorescência é visitada pelas abelhas do grupo *Trigona*, que coletam o pólen das flores masculinas e polinizam as flores femininas (HENDERSON *et al.*, 1995; SCARIOT, 1998).

Esta palmeira tem forte interação com a fauna, seus frutos integram a dieta de araras, capivaras, antas, emas, búfalos, entre outros animais, os quais são os dispersores das sementes (POTT; POTT, 1994). A macaúba se desenvolve em áreas abertas e com alta incidência solar, adapta-se a solos arenosos e com baixo índice hídrico. Porém, desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis (LORENZI, 2004).

Sob o ponto de vista botânico, a macaúba tem a seguinte classificação:

Reino: Vegetal; Divisão: Angiospermae; Classe: Monocotyledoneae ; Sub-classe: Espadiciflorae; Tribo: Coccoideae; Família: Palmae ; Sub-família: Coccoideae; Ordem: Principes; Super Ordem: Arecanae; Gênero: *Acrocomia*; Espécie: *aculeata*; Nome científico : *Acrocomia aculeata* ( Jacq) Loddiges ex Mart (GRIN, 2014).

## **2.4 Potencial para exploração econômica**

Apesar de sua abundante frutificação e tantas outras qualidades, as palmeiras brasileiras do gênero *Acrocomia* são selvagens e encontradas em maciços nativos. Em quase todo o território nacional, esta espécie têm sido explorada de forma rudimentar e doméstica, bem aquém de sua potencialidade econômica.

SILVA *et al.* (2006) enfatizam que os extensos palmares existentes em várias regiões brasileiras constituem um verdadeiro patrimônio, em estado potencial, à espera de exploração agrícola-industrial bem orientada. Imensas reservas naturais de palmáceas, como no caso do dendê, do indaiá, do babaçu e da macaúba, apresentam-se muito promissoras pelo alto rendimento energético por unidade cultivada, e por se desenvolverem em áreas competitivas com a agricultura de sobrevivência.

A maioria das palmeiras é rica em óleo e a macaúba é citada como promissora fonte de óleo vegetal no Brasil, que tem potencial para produção de biodiesel. Convém lembrar que a planta começa a produzir após quatro ou cinco anos que foi plantada. A título de comparação, deve ser citado que culturas anuais como a soja, principal fonte de óleo do Brasil, produz apenas 420 litros, o girassol 890 litros e mesmo a mamona, somente 1.320 litros por hectare, enquanto a macaúba tem potencial para produzir mais de 4.000 litros por hectare (CESAR, 2003).

## **2.5 Óleos vegetais**

A utilização de óleos vegetais para diversos fins industriais depende de que sua qualidade esteja assegurada, existindo para este fim testes de avaliação química e física da qualidade do óleo. O óleo extraído da polpa dos frutos de macaúba vem sendo beneficiado por saboarias em razão do rápido aumento da acidez, devido ao seu alto teor de água, à sua

característica de maturação fisiológica e à ação de microrganismos lipolíticos (BRASIL, 2005).

O valor elevado do índice de acidez do óleo bruto inviabilizaria, *a priori*, a produção de biodiesel utilizando a rota de transesterificação etélica com catálise alcalina, que é o método comumente utilizado pelas usinas no país (RAMOS *et al.*, 2003). Para a utilização deste óleo é necessário adicionar mais uma etapa, neutralização, à produção de biodiesel, o que elevaria o custo do processamento e a produção de resíduos (MEHER, 2006).

Os maiores problemas de qualidade dos óleos estão relacionados com reações de oxidação, hidrólise, polimerização e pirólise. Dentre estes fatores, a hidrólise e a oxidação são as principais causas da deterioração destes. A ocorrência de ácidos graxos livres em óleos e gorduras é resultado da reação de hidrólise física ou enzimática dos triglicerídeos. Um alto teor de ácidos graxos livres em óleos não só causa aumento das perdas, como também é um indicador de sua baixa qualidade, do manuseio e armazenamento impróprios ou de uma extração em condições inapropriadas. A causa mais comum da rancificação é a reação de oxidação, que pode ser química, foto e auto-oxidação, ou enzimática (BOBBIO e BOBBIO, 2001; ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004).

O aumento da acidez em óleos e gorduras é explicado por dois mecanismos distintos: hidrólise física e atuação de enzimas (BOBBIO & BOBBIO, 2001; ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004). Durante o armazenamento, os triglicerídeos são hidrolisados na presença de água e de temperatura elevada, sendo que a secagem acelera estas reações de decomposição térmica, proporcionando rupturas das ligações oxigênio-carbono, liberando ácidos graxos. Os óleos e gorduras também podem ser hidrolisados por enzimas, como: lipases e fosfolipases, presentes naturalmente nos grãos ou produzidas pela microflora contaminante (BOBBIO e BOBBIO, 2001; CARVALHO *et al.*, 2003; ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004).

Lipases estão frequentemente presentes, em múltiplas formas, em produtos agrícolas e diferem em especificidade de acordo com a origem (CARVALHO *et al.*, 2003; ARAÚJO, 2004). Como a polpa dos frutos de macaúba é rica em carboidratos (BORA e ROCHA, 2004; HIANE *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008), o aumento da acidez também pode ser explicado pela produção de ácidos devido à sua fermentação pela flora microbiana contaminante.

## **2.6 Armazenamento de frutos de macaúba**

O armazenamento é considerado uma das etapas mais importantes para manutenção do equilíbrio entre mercado distribuidor e consumidor. Após a colheita, o transporte dos frutos até a usina de processamento deve ser feito o mais rapidamente possível. Outros cuidados complementares devem ser tomados, como evitar a ruptura das cascas e acelerando a fermentação da polpa, bem como evitar o contato com impurezas, como terra, areia, barro etc.

Os frutos de macaúba possuem grande capacidade para fornecer matéria-prima para as indústrias de óleo e biodiesel. Apesar do grande potencial, há poucas pesquisas sobre seu armazenamento, o que pode tornar-se um gargalo para o cultivo racional e em grande escala. (CAMPOS *et al.*, 2008).

Em muitos casos, a qualidade da matéria-prima está diretamente ligada à qualidade de seus produtos, como: farinhas, óleos etc. Durante o armazenamento em diferentes temperaturas, Alencar (2006), trabalhando com grãos de soja, encontrou uma relação direta entre os parâmetros de avaliação qualitativa dos grãos e a qualidade do seu óleo bruto.

Um manejo pós-colheita inadequado pode conduzir a uma rápida deterioração da qualidade dos frutos e, conseqüentemente, do seu óleo. A atividade microbiana pode causar efeitos indesejáveis aos produtos agrícolas, como perdas de matéria seca, por meio da utilização de carboidratos, proteínas e lipídeos como fonte de energia durante a respiração. Além disso,

pode alterar a digestibilidade, no caso de produtos alimentícios, e produzir compostos voláteis, gerando mau cheiro (MAGAN e ALDRED, 2007).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. G. ; PRIOLLI, R. H. G.; AZEVEDO-FILHO, J. A. ; NUCCI, S. M. ; ZUCCHI, M. I.; COELHO, R. M. ; COLOMBO, C. A. . The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Biology** v. 35, p. 116-121, 2012.

ALENCAR, E.R. **Efeitos das Condições de Armazenagem Sobre a Qualidade da Soja (*Glycine max*) e do Óleo Bruto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 102 p. (Dissertação de Mestrado).

AMARAL, F.P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**- Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp. 2007. 66p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. UFV, 2. ed., 2004. 416 p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do Processamento de Alimentos**. Livraria Varela, 3. ed., 2001. 143 p.

BORA, P. S., ROCHA, R. V. M.. Macaúba palm: Fatty and amino acids composition of fruits. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 4, p. 158-162, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270, de 22 setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2012.

CAMPOS, M.; JÚNIOR, S.; PEREZ, R.; SIQUEIRA, J. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de uma Unidade de Extração de Óleo de Macaúba. In: **V Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**, CD ROM, Lavras, 2008.

CANO ANDRADE, M.H.; ANDRADE, M.H.C. ; VIEIRA, A. S. ; AGUIAR, H. F. ; CHAVES, J. F. N.; NEVES, R.M.P.S.; MIRANDA, T. L S; SALUM, A. Óleo do Fruto da Palmeira Macaúba Parte I: Uma Aplicação Potencial Para Indústrias de Alimentos, Fármacos e Cosméticos. Anais do II ENBTEQ - **Encontro Brasileiro sobre Tecnologia na Indústria Química**. São Paulo: ABEQ, 2006. v. 1.

CARVALHO, P.O.; CAMPOS, P.R.B.; NOFFS, M.D.; OLIVEIRA, J.G.; SHIMIZU, M.T; SILVA, D.M. Aplicação de lipases microbianas na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v. 26, p. 75-80, 2003.

CESAR, E. **Biodiesel no tanque**. Pesquisa fapesp, 94 ed., 2003

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa energia. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte, 1983. 152 p.  
de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v. 26, p. 75-80, 2003.

FARIAS, T. M.; **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (acrocomia sp) para a produção de óleos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GRIN – Germplasm Resources Information Network. Taxonomia das plantas da GRIN. Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?1388>> .Acesso em: 15/02/2014.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. Field Guide to the Palms of the Americas. New Jersey: **Princeton University**, p.166-167., 1995.

HIANE, P.A; BALDASSO, P.A; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 683-689, 2006.

LORENZI, G. M. A. C., **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. – Areaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Curitiba, 2006, 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; COSTA, J. T. M.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. 416p.

MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 119, p. 131-139, 2007.

MEHER, L.C.; VIDYA SAGAR, D.; NAIK, S.N. Technical Aspects of Biodiesel Production by transesterification, A Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 10 (2006) 248, 268.

MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT INPA, 2001. p. 7-10.

MOORE, Junior H.E. & UHL, N.W. Major trends of evolution in palms. **The botanical Review**, V. 48; p. 1-69, 1982.

MORCOTE-RIOS, G. & BERNAL, R. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World: a review. **The Botanical Review**, New York, v.67, p.309-350, 2001.



MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.37, n.7, p.1023-1031, 2002.

NOVAES, R. F. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. Piracicaba, 1952, 85f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1952.

O'BRIEN, R.D. *Fats and Oils Formulating and Processing for Applications*. Florida: CRC Press, Boca Raton, 2004. 616 p.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1994. 320p.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. A. S. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, V.28, P. 90 - 94, 2008.

RAMOS, L.P.; KUCEK, K.; DOMINGOS, A.K.; WILHEM, H.M. BIODIESEL: Um Projeto de Sustentabilidade Econômica e Sócio-Ambiental para o Brasil. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*. V. 31, p.37. 2003.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v.53, p.153-180, 1996.

RETTORE, R.P.; MARTINS, H. (1983) “**Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais**”, Projeto da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, Belo Horizonte, vol.1.

RODRIGUES, H.S. **Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino Americana macaúba *Acrocomia aculeata*. Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 2007. 236p. (Tese, Doutorado em Ciências).**

RODRIGUES, P.M.S.; NUNES Y. R. F.; BORGES G. R. A.; RODRIGUES D. A.; VELOSO M. D. M. **Fenologia reprodutiva e vegetativa da *acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. EX MART. (ARECACEAE).** IX Simpósio Nacional Cerrado. 2008.

SCARIOT, A. Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata*. **Principes**, Brasília, v.42, p.5-8, 1998.

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropical**, Washington, v.27, p. 168-173, 1995.

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, Washington, v.23, p. 12-22, 1991.

SILVA, J. C.; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **Endocarpos de babaçu e macaúba comparados à madeira de *Eucalyptus grandis* para produção de carvão vegetal.** <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr34/cap04.pdf>, (25 set. 2006).

SILVA, J.C. **Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial.** Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 41 p.

SILVA, M.R.; LACERDA, D.B.C.L; SANTOS, G.G. MARTINS, D.M.O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1790-1793, 2008.

**CAPÍTULO I – DESENVOLVIMENTO E ACÚMULO  
DE ÓLEO NO FRUTO DA MACAÚBA**

## RESUMO

Almeida, Flávio Henrique Leal de. Desenvolvimento e acúmulo de óleo em coco macaúba. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>3</sup>

A macaúba é uma cultura promissora como fonte de óleo vegetal para produção de biodiesel. Entretanto, dados sobre a fenologia e acúmulo de óleo nos frutos são escassos, dificultando a identificação do ponto de colheita, o que caracteriza um gargalo o desenvolvimento desta cadeia produtiva. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o desenvolvimento do fruto da macaúba, quanto aos parâmetros físicos e químicos e verificar se existe diferença significativa entre os estágios de maturação dos frutos dentro de um mesmo cacho para determinar o ponto de colheita. O experimento foi conduzido na Fazenda Caiçara localizada no município de Coração de Jesus/MG. As análises físico-químicas foram realizadas na fazenda Experimental da EPAMIG, em Nova Porteira, MG. Para este estudo, foram selecionadas dez plantas e o experimento foi montado no delineamento em parcelas subdivididas no tempo, sendo a posição de coleta no cacho (ápice, meio e base) o fator das parcelas e as épocas de colheita as subparcelas; as épocas de coleta foram realizadas entre os 45 e 428 dias após o florescimento. Foram avaliados: o diâmetro e comprimento do fruto, cor do epicarpo e mesocarpo, massa fresca e seca do fruto e suas partes, teor de óleo no mesocarpo e proporção da distribuição da massa do fruto durante seu desenvolvimento. Os dados foram submetidos à análise de variância para dados desbalanceados no programa SAS, os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base na capacidade de explicar o fenômeno biológico. Observou-se efeito significativo apenas para épocas de coleta, indicando que os frutos apresentam desenvolvimento homogêneo no cacho. O epicarpo imaturo apresenta cor verde e, na maturação, cor amarelo, enquanto o mesocarpo, inicialmente, possui cor branca e, no final do ciclo, cor amarelo. O fruto se desenvolve primeiro em tamanho e volume para depois acumular massa seca. O fruto acumula óleo no mesocarpo até o final do ciclo. Conclui-se que o fruto apresenta desenvolvimento homogêneo dentro do cacho, podendo ser colhido de uma só vez. O acúmulo de óleo no mesocarpo se dá no final do ciclo produtivo, sendo que o ponto de

---

<sup>3</sup>Comitê Orientador: Wagner Ferreira da Mota – UNIMONTES (Orientador), Ariane Castricini – EPAMIG–Nova Porteira (Coorientadora).

maturação fisiológica indicado para colheita é quando os frutos iniciam o desprendimento natural do cacho.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, crescimento do fruto, biometria, teor de óleo.

## ABSTRACT

Almeida, Flavio Henrique Leal de. Development and oil accumulation in coconut macaúba. 2014. Dissertation (MSc in Crop Production in Semi-Arid) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>4</sup>

The macaúba is a promising and high potential for the production of vegetable oil in industrial scale culture. However data on the phenology of the fruit are scarce, making it difficult to identify the point of harvest becoming a bottleneck in the production chain macaúba. The objective of this work is the physical and chemical characterization of the development of the coconut macaúba, check if there is significant difference between the stages of maturation within the same cluster and determine its point of harvest. The experiment was conducted at Fazenda Caicara localized in the Heart of Jesus and MG analyzed in EPAMIG in Nova Porteira. For this study, ten plants were selected and the experiment was a split plot design in time, being in the position of collecting bunch (apex, middle and base) factor of plots and subplots harvest seasons, the collection times were performed between 45 and 428 days after flowering. The analyzes were carried diameter and fruit length, color of the epicarp and mesocarp, fresh and dry fruit and parts, oil content in the mesocarp and proportion of the mass distribution of the fruit during its development. Data were subjected to analysis of variance for unbalanced data in SAS program models to fit equations were chosen based on their ability to explain the biological phenomenon. All variables significant effect only for collecting periods showing that the fruits have homogeneous development in the bunch. Immature green epicarp features and maturation yellow color, while the mesocarp has initially white and yellow color at the end of the cycle. The fruit develops first in size and volume and then accumulate dry matter. The fruit mesocarp oil accumulates until the end of the cycle. It is concluded that the present homogeneous product development within the cluster, may be collected at once. The fruit develops first in size and volume with growth until 90 days after flowering where it stabilizes. The mesocarp mass accumulates until the end of the cycle. The accumulation of oil in the mesocarp occurs at the end of the production cycle. The Physiological ripeness when the fruit is detached from the bunch with ease.

---

<sup>4</sup>Steering Committee: Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES (Advisor), Ariane Castricini - EPAMIG - Nova Porteira (Co-Advisor).

Keywords : *Acrocomia aculeata* , fruit growth , biometrics , oil content .

## 1. INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) destaca-se entre as plantas oleaginosas promissoras para produção de biodiesel. Segundo Silva (1994), a macaúba tem possibilidade de se tornar comercialmente a palmeira oleaginosa mais importante no contexto brasileiro, destacando-se não só pelo seu potencial oleaginoso considerável, mas também por ser uma espécie nativa do Brasil, que ocorre em grandes maciços naturais em grande parte do território nacional.

O óleo extraído da macaúba tem sido utilizado nas indústrias de cosméticos, óleos e farinhas, utilizadas na alimentação humana e, recentemente, como matéria-prima na produção do biodiesel. Do ponto de vista ecológico, produz, anualmente, grande quantidade de frutos, que são consumidos por várias espécies de animais (MOTTA *et al.*, 2002).

Os frutos de macaúba possuem grande capacidade para fornecer matéria-prima para as indústrias de óleo e biodiesel devido à sua alta produtividade de óleo por hectare; adaptabilidade a regiões com restrições hídricas em certa época do ano; é uma cultura perene e nativa; seu cultivo pode ser considerado para reflorestamento e recuperação de áreas degradadas; há possibilidade de consórcio com pecuária, gramíneas e leguminosas e seus frutos podem ser completamente aproveitados (CAMPOS *et al.*, 2008).

Mas, apesar de sua importância, estudos fenológicos de espécies nativas do Cerrado são escassos, principalmente quando se diz respeito à família Arecaceae (NUNES *et al.*, 2005). Durante o desenvolvimento dos frutos, ocorrem importantes alterações físicas e químicas. Algumas das mudanças físicas, como largura, comprimento, volume, diâmetro, coloração, textura, entre outros, permitem, em alguns casos, estimar o estágio de maturação dos frutos (MONTROYA, 2013). Adicionalmente às características

biométricas do fruto, podem fornecer subsídios para seleção de sementes, aproveitamento das partes comestíveis e estudos de viabilidade econômica dos seus frutos, visando a subsidiar o uso sustentável dessa espécie (CHUBA *et al.*, 2008; CARVALHO *et al.*, 2003).

A caracterização física e química dos frutos é importante para a geração de conhecimentos nas áreas de botânica, agronomia e de processamento (engenharia). Esse conhecimento pode ser utilizado para diversos fins, como: a diferenciação entre espécies e cultivares; formas de propagação; fisiologia da formação e amadurecimento dos frutos; determinação do ponto ideal de maturação e colheita; fisiologia dos frutos pós-colheita; desenvolvimento de tecnologias de transporte, conservação e armazenagem; desenvolvimento de processos, técnicas e equipamentos para o processamento industrial e comercialização de produtos (FARIA, 2010).

O objetivo deste trabalho é a caracterização física e química do desenvolvimento do coco macaúba, verificar se existe diferença significativa entre os estágios de maturação dentro de um mesmo cacho e determinar seu ponto de colheita.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área experimental e coleta de frutos**

O experimento foi conduzido na Fazenda Caiçara (16°29'8" S 44°04'1"W), localizada no município de Coração de Jesus –MG (próximo a Montes Claros).

Para o estudo dos padrões fenológicos, foram selecionadas 10 plantas, as quais foram monitoradas quinzenalmente, ou de acordo com desenvolvimento dos cachos, para avaliação do crescimento dos frutos. Para a seleção dos indivíduos, foram consideradas a idade reprodutiva e as condições fitossanitárias das plantas. Foi selecionado um cacho em cada planta após a fecundação das flores, e, no início de seu desenvolvimento, aos 45 dias após a fecundação, começaram as avaliações. Para isto, foram coletados de um a dois frutos em cada posição do cacho (base, meio e ápice) (FIGURA 1 B).

A coleta dos frutos foi realizada utilizando-se escada, uma de alumínio de 12 metros (FIGURA 1 A). Para segurança individual, utilizou-se óculos, capacete, cinto de segurança ‘tipo paraquedista’ e fitas para escalada (FIGURA 1 D). Após a colheita e identificação, os frutos foram transportados para a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Nova Porteira, onde foram realizadas as análises físico-químicas.





A - Fazenda Caiçara (Coração de Jesus)

B - Coleta de frutos marcados



C - Frutos maduros (alto teor de óleo)

D - Cachos colhidos

**FIGURA 1.** Colheita dos Frutos na Fazenda Caiçara ( $16^{\circ}29'8''$  S  $44^{\circ}04'1''$  W), localizada no município de Coração de Jesus - MG.

## 2.2 Composição dos tratamentos e parcelas

O experimento foi montado em delineamento em parcelas subdivididas no tempo, sendo a posição no cacho (ápice, meio e base) o fator das parcelas e as épocas de colheita (28 épocas) as subparcelas. Foram selecionadas 10 plantas, onde cada uma constituiu uma repetição. As épocas

de coleta foram realizadas aos 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 180, 187, 194, 201, 208, 223, 238, 253, 268, 283, 298, 313, 328, 343, 358, 388, 398, 408, 418 e 428 dias após o florescimento.

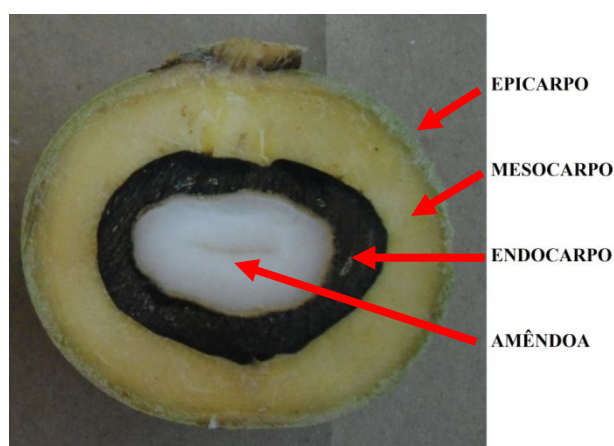
### **2.3 Características avaliadas**

Durante as 28 épocas de coleta, ou seja, entre os 45 e 428 dias após o florescimento, avaliou-se:

- Diâmetro (obtida na região mediana do fruto) e comprimento (obtido a partir da região do pedúnculo à extremidade oposta) do fruto com auxílio de um paquímetro digital expresso em mm.
- Parâmetros de cor no epicarpo: foi utilizado o Colorímetro Minolta, modelo Chroma meter CR 400, em sistema L C H. A luminosidade ( $L^*$ ), que oscila entre 0 (cor preta) e 100 (cor branca) associado à luminosidade/brilho, percepção de claro/escuro, relacionada com a refletância do objeto. O ângulo de tonalidade ou cor verdadeira ( $^{\circ}$ Hue) mostra a cor dos objetos, que varia entre  $0^{\circ}$  e  $360^{\circ}$ , sendo que o ângulo  $0^{\circ}$  corresponde à cor vermelha,  $90^{\circ}$  cor à amarela,  $180^{\circ}$  à cor verde,  $270^{\circ}$  à cor azul. A cromaticidade ou pureza da cor ( $C^*$ ) mostra a saturação ou tom da cor.
- Massa fresca do fruto todo: utilizou-se balança semianalítica e valores em gramas.
- Massa seca do fruto todo: os frutos foram colocados em sacos de papel Kraft e levados para estufa de ventilação forçada a  $65^{\circ}\text{C}$  por 144 horas para secagem e, em seguida, pesados em balança semianalítica e valores em gramas.

Durante o desenvolvimento do fruto da macaúba, somente foi possível proceder à separação de suas partes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) aos 120 dias após o florescimento e se procedeu com as seguintes análises, entre 120 e 428 dias após o florescimento:

- Massa fresca do epicarpo, mesocarpo e endocarpo pesados em balança semianalítica e valores em gramas.
- Massa seca do epicarpo, mesocarpo e endocarpo que foram colocados em sacos de papel Kraft e levados para a estufa de ventilação forçada a 65°C por 144 horas para secagem e, em seguida, pesados em balança semianalítica e valores em gramas.
- Parâmetros de cor do mesocarpo, segundo metodologia de cor usada para o epicarpo.



**FIGURA 2.**Partes constituintes do Fruto de macaúba.

A amêndoa foi a última parte a se conseguir separar, somente após 180 dias após o florescimento, pois, somente a partir daí, houve consistência para ser extraída do endocarpo. Para esta avaliação, utilizou-se a mesma metodologia para massa fresca e seca das partes do fruto. Inicialmente, para a separação das partes, foi utilizada uma faca inox para separação, posteriormente, quando os frutos apresentavam-se mais resistentes ao corte com faca, o endocarpo foi quebrado com auxílio de uma pedra.

O teor de óleo começou a avaliar a partir dos 208 até 428 dias após o florescimento. Para a determinação do início do acúmulo de óleo, usou a massa seca do mesocarpo, sendo esta triturada em moinho para análises de vegetais e levada para extração no extrator de óleos e gorduras tipo “Soxhlet”, utilizando o Hexano como solvente. Para isto, utilizou-se 4 g de

polpa, as quais foram enroladas em papel filtro e levadas ao Soxhlet por duas horas à temperatura de 150°C. Após este processo, as amostras foram colocadas em dissecadores por 24 horas e pesadas para determinação do teor de óleo com base na massa seca.

## 2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância para dados desbalanceados, pois, após a época de 355 dias, algumas plantas iniciaram a queda natural dos frutos, caracterizando, assim, a perda de repetições. O ajuste dos modelos para as equações foram escolhidos com base na capacidade de explicar o fenômeno biológico, no coeficiente de determinação e na significância dos modelos de regressão e seus parâmetros. Os modelos de regressão escolhidos foram o linear (lineares ou quadráticos) e o não linear (sigmóide com 3 parâmetros), conforme a equação:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-b(x-x_0)}}$$

onde:

a = valor de máximo acúmulo;

x = valor de x, em dias após o florescimento para início da inflexão da curva (ponto de inflexão, onde ocorre a taxa de máximo crescimento ou de acúmulo de matéria fresca e seca);

b = amplitude no valor de x, em dias após o florescimento, em que ocorre a maior variação de y (crescimento, teor de óleo ou acúmulo de massa fresca e seca).

Por meio do modelo sigmóide ajustado, estimou-se a taxa de máximo crescimento ou acúmulo (TMC), que correspondeu ao início da inflexão das curvas de acúmulo de crescimento do fruto, massa fresca e seca ou teor de óleo do fruto e suas partes, em função dos dias após o florescimento.

Utilizando as partes do fruto (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa), realizou a composição da porcentagem das partes do fruto em

relação à sua massa fresca e seca entre os 120 e 428 dias após o florescimento.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que, para todas as variáveis estudadas (diâmetro e comprimento do fruto, massa fresca e seca do fruto e suas partes constituintes, cor/brilho/cromaticidade do epicarpo e mesocarpo), observou-se diferença significativa somente entre as épocas de colheita, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (ANEXO A). Não houve efeito significativo para posição dos frutos no cacho nem da interação época x posição. Estes resultados mostram que os frutos apresentam desenvolvimento homogêneo no cacho, ou seja, o cacho pode ser colhido de uma só vez, pois os frutos apresentam desenvolvimento e maturação uniforme dentro do cacho.

#### 3.1 Desenvolvimento do fruto

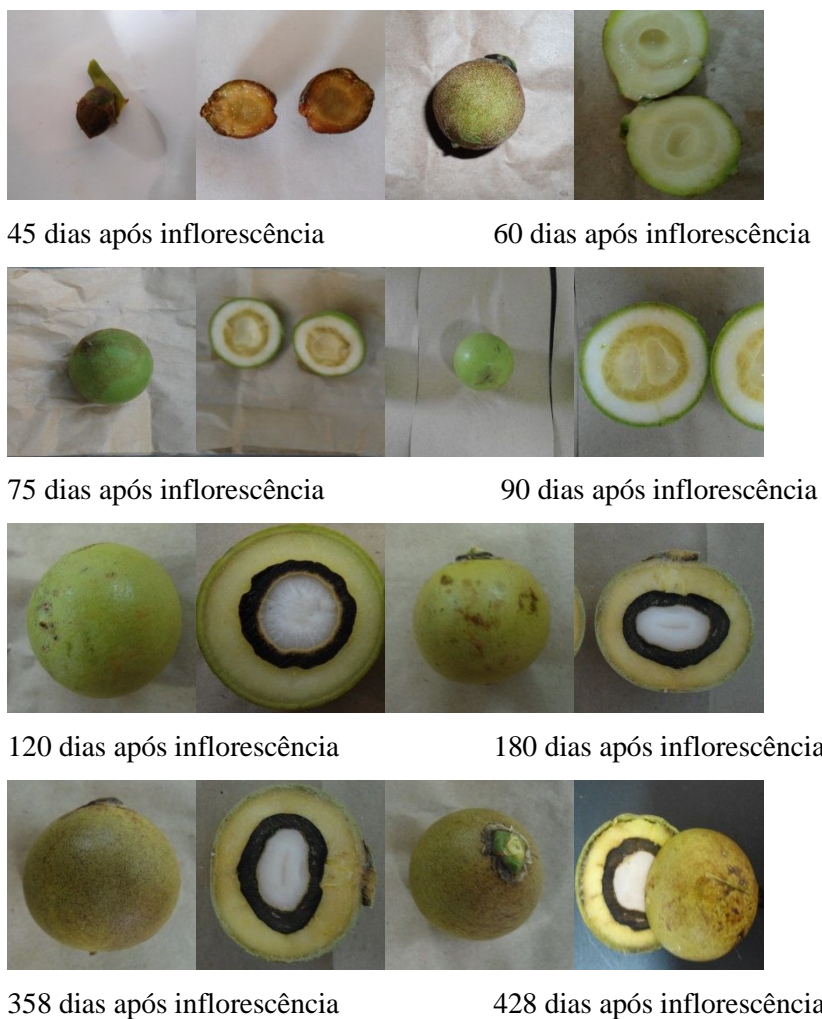
A figura 3 representa o estágio de desenvolvimento dos frutos após o lançamento da inflorescência e cortes transversais para observação da formação e organização interna dos frutos.

Como podem ser observados aos 45 dias após o florescimento (FIGURA 3), os frutos de macaúba sofreram um escurecimento em relação às demais coletas, pois foram colhidos e armazenados em baixas temperaturas sofrendo “chilling”. Assim, os frutos imaturos devem ser colhidos e avaliados o mais breve possível, não sendo recomendado o armazenamento de frutos imaturos de macaúba em baixas temperaturas.

Até aproximadamente 90 dias após o florescimento (FIGURA 3), o coco macaúba apresenta o mesocarpo e endocarpo mucilaginoso de cor branca e amêndoa líquida; a partir daí, o mesocarpo tornou-se fibroso e amarelo enquanto o endocarpo tornou-se maciço, duro e denso.

O epicarpo ou casca, logo após a fecundação, é verde coberto por pêlos de coloração marrom que caem naturalmente após os dias, após o florescimento; esses pêlos podem ter características de proteção inicial do

fruto, já que o epicarpo é pouco desenvolvido, tanto para ataque de pragas quanto a proteção contra perda de umidade e proteção da insolação.



**FIGURA 3.** Estádios de desenvolvimento dos frutos em diferentes épocas de colheita.

A amêndoa líquida inicia o processo de solidificação em torno dos 120 dias após o florescimento (FIGURA 3), onde se percebe que, no centro da amêndoa, há uma coloração branca e um halo claro em torno do centro. A amêndoa totalmente solidificada apresenta-se rígida de cor branca, como

observada aos 180 dias após o florescimento. A amêndoa é recoberta por uma película bastante fina de coloração marrom escuro ou negro, essa película se forma simultaneamente à amêndoa, porém, adquire coloração escura à negra somente após a maturação e queda dos frutos.

### 3.2 Diâmetro e comprimento

O diâmetro e o comprimento do fruto tiveram um rápido crescimento nos primeiros 90 dias após o florescimento, onde seu crescimento sofre estabilização até ofinal do ciclo (FIGURA 4). O comprimento obteve a máxima taxa de crescimento, aproximadamente, aos 50 dias após o florescimento, com taxa de crescimento de  $0,843 \text{ mm.dia}^{-1}$  (TABELA 1). O diâmetro do fruto teve comportamento semelhante, onde teve seu ponto de máximo crescimento aos 55 dias após o florescimento, com taxa de crescimento de  $0,907 \text{ mm.dia}^{-1}$  (TABELA 1).

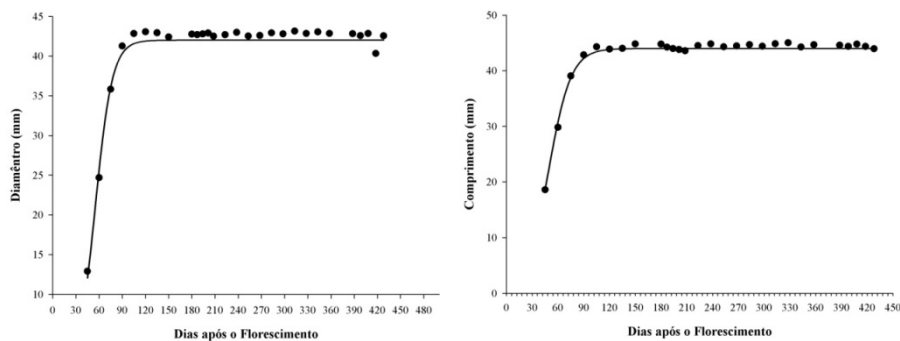
O crescimento do fruto da macaúba ocorreu com 90 dias após o florescimento. O crescimento ocorreu de maneira tardia quando comparados com frutos de dendê, como reportados por Oo *et al.* (1985) e Hartley, (1988) onde o crescimento dos frutos de Dendê ocorre em duas semanas após florescimento.

**TABELA 1.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado de regressão não linear sigmóide e taxa de máximo crescimento (TMC) para características (CT) de crescimento do comprimento (COMP) e diâmetro (DIAM) do fruto durante seu desenvolvimento.

CT	Estimativas dos parâmetros			PI	R <sup>2</sup>	TMC
	A	X0	b			
COMP	44.45 **	49.74 **	13.17 **	49.74	0.99	0.843 mm.dia <sup>-1</sup>
DIAM	42.73 **	55.58 **	11.78 **	55.58	0.99	0.907 mm.dia <sup>-1</sup>

\*\* , ns Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.





**FIGURA 4.** Diâmetro e comprimento do fruto de macaúba em 28 épocas de coleta, resultados obtidos em gramas.

### 3.3 Massa fresca e seca do fruto

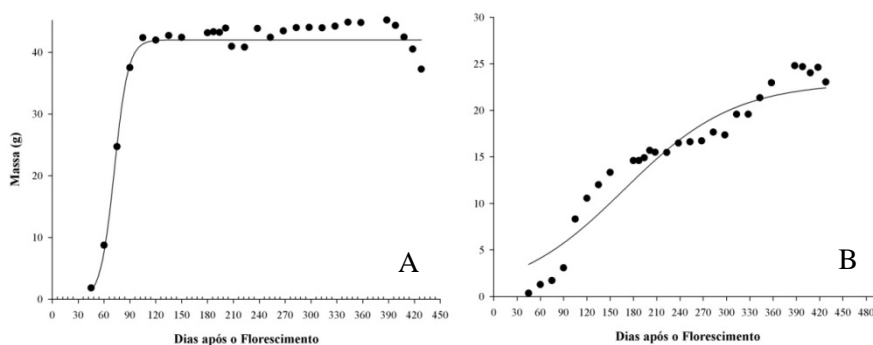
O acúmulo de massa fresca tem uma rápida taxa de crescimento nos primeiros 105 dias após o florescimento (FIGURA 5 A), período após o qual não ocorreu ganho efetivo, apresentando um valor médio de 42,91 g. Este valor encontra-se entre os limites mínimo e máximo de 12,4 g e 66 g obtidos por CETEC (1983), Rastegar (2010), Ciconini *et al.*, (2012) e Montoya (2013).

A massa fresca obteve a maior taxa de acúmulo aos 72 dias após o florescimento, com taxa de crescimento de  $1.19 \text{ g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  (TABELA 2). Esta alta taxa de crescimento está relacionada com a divisão e expansão celular que demandam grandes quantidades de energia e água. O ganho de massa fresca envolve o crescimento de todas as partes constituintes do fruto, a qual é fortemente vinculada à ação de reguladores de crescimento, como o ácido indolacético (AIA), como reportado para frutos da palmeira *Phoenix dactilifera* (RASTEGAR *et al.*, 2011).

**TABELA 2.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado de regressão não linear sigmóide e taxa de máximo crescimento (TMC) para características (CT) de massa fresca (MFF) e seca (MSF) do fruto durante seu desenvolvimento.

CT	Estimativas dos parâmetros			PI	R <sup>2</sup>	TMC
	A	X0	b			
MFF	43.0 **	72.3 **	9.0 **	72.3 **	0.97	1.19 g.fruto <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>
MSF	23.7 **	168.3 **	71.8 **	168.3 **	0.91	0.083 g.fruto <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>

\*\* , ns Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.



**FIGURA 5.** Massa fresca (A) e seca (B) do fruto de macaúba em 28 épocas de coleta, resultados obtidos em gramas.

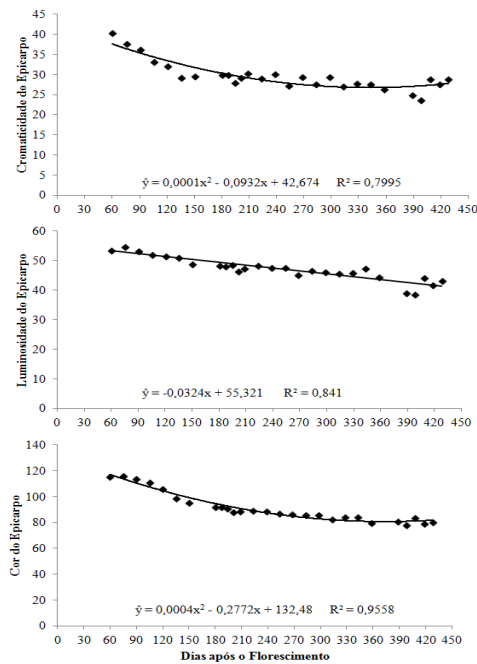
A massa seca do fruto sofre incremento durante todo o ciclo (FIGURA 5 B). Percebe que a massa seca pode sofrer uma estabilização de acúmulo, como ocorre na massa fresca (FIGURA 5 A), somente após os 388 dias após o florescimento, com valores médios de 24,32 g de massa seca por fruto. O pico de maior acúmulo de massa seca do fruto ocorre aos 168 dias após o florescimento, com taxa de acúmulo de 0,083 g.fruto<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>(TABELA 2).

Depois dos 360 dias após o florescimento do fruto, acompanhando a tendência dos dados, observa que o fruto começa a sofrer uma redução da sua massa fresca. Este fato ocorre devido aos frutos atingirem a sua maturidade fisiológica. No processo de amadurecimento, pós deiscência, a

casca se desprende do mesocarpo (FARIA 2010), porém, foi identificada que muitas plantas com os frutos maduros demoram mais tempo para deiscência. Nestas plantas, os frutos têm uma tendência em sofrer redução na massa fresca, principalmente pela redução da umidade do epicarpo para desprendimento da polpa, tendência observada para epicarpo após os 388 dias o florescimento (FIGURA 5 B).

### **3.4 Cor do epicarpo**

A cromaticidade, o ângulo Hue e a luminosidade no epicarpo dos frutos vão reduzindo seus valores até a maturação. Os frutos analisados apresentaram coloração no epicarpo no período inicial de desenvolvimento, cor verde amarelo, com valores de 115° (FIGURA 6); a cor do epicarpo foi diminuindo durante o ciclo da cultura passando pela cor amarelo esverdeado e, no fim, adquirindo cor amarela com valores de 80°, dados que corroboram com Pimentel (2011) que reporta que a coloração do epicarpo durante o desenvolvimento do fruto vai de verde-amarela, amarela ou castanhos quando maduro, esta variação está condicionada à região de ocorrência e da planta. A cor do epicarpo vem das xantofilas, porém, nos frutos, a xantofila aparece à medida que esses amadurecem, sobrepondo-se à clorofila (CETEC, 1983).



**FIGURA 6.** Parâmetros do colorímetro no epicarpo, L (luminosidade ou brilho), C (cromaticidade) e H (°Hue cor propriamente dita) em 28 épocas de coleta.

A cromaticidade do epicarpo inicia com valores 40 e, no fim do ciclo, com valor de 28 (FIGURA 6). Essa redução da cromaticidade indica que ocorre perda da saturação dos pigmentos que formam a cor do epicarpo; essa perda na pigmentação do epicarpo está relacionada à degradação das xantofilas no epicarpo. O maior valor de cromaticidade indica que os frutos verdes apresentaram cores mais vívidas que quando maduros (ADRIANO *et al.*, 2011).

A redução da luminosidade no epicarpo (FIGURA 6) mostra que os frutos vão tornando-se mais escuros. Com o desenvolvimento, a luminosidade apresenta valor inicial de 53 e final de 43.

### **3.5 Massa fresca e seca do epicarpo, mesocarpo e endocarpo**

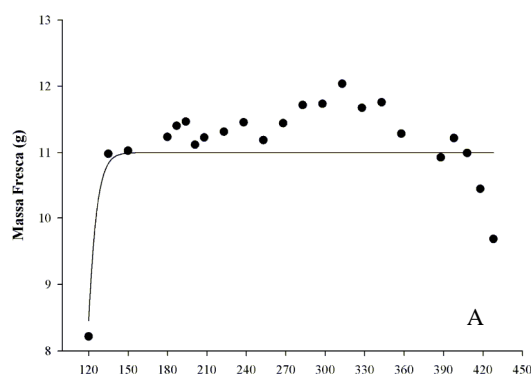
Os modelos sigmóides para acúmulo de massa fresca das partes dos frutos foram significativos (TABELA 3), porém, o parâmetro “b” não foi

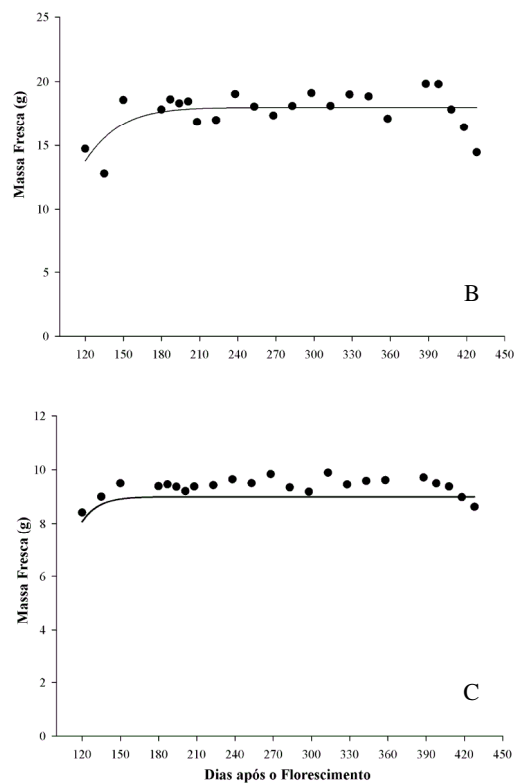
significativo para as massas frescas do epicarpo, mesocarpo e endocarpo. Esse parâmetro corresponde à amplitude no valor dos dias após o florescimento em que ocorre a maior variação da massa fresca (acúmulo de massa fresca no fruto), assim, o valor do  $R^2$  também foi baixo. Isto ocorreu pelo fato de não ser possível separar as partes do fruto (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) antes dos 120 dias após o florescimento, que, por sua vez, foi o período de maior taxa de acúmulo de massa fresca no fruto todo, que aconteceu aos 72 dias após o florescimento.

**TABELA 3.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado de regressão não linear sigmóide e taxa de máximo crescimento (TMC) para características (CT) de massa fresca das partes do fruto, epicarpo (MFEPI), mesocarpo (MFMES) e endocarpo (MFEND) e massa seca do endocarpo (MSEND) durante seu desenvolvimento.

CT	Estimativas dos parâmetros					PI	$R^2$	TMC		
	A	X0	b							
MFEPI	11.3	**	114.2	**	5.8	NS	114.2	0.64	0.48	$\frac{g \cdot \text{fruto}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}}{2}$
MFME S	18.1	**	94.3	**	22.4	NS	94.3	0.35	0.20	$\frac{g \cdot \text{fruto}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}}{2}$
MFEN D	9.4	**	94.2	**	12.4	NS	94.2	0.41	0.19	$\frac{g \cdot \text{fruto}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}}{1}$
MSEN D	7.4	**	118.4	**	31.8	**	118.4	0.91	0.58	$\frac{g \cdot \text{fruto}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}}{1}$

\*\* , ns Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.





**FIGURA 7.** Massa fresca das partes fruto de macaúba em 23 épocas de coleta, resultados obtidos em gramas. Epicarpo (A), Mesocarpo (B) e Endocarpo (C).

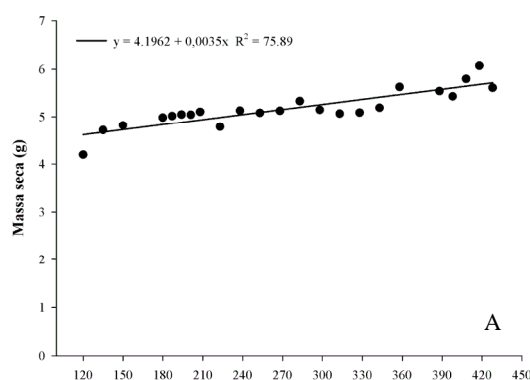
Observando a figura 7, percebe que o epicarpo, mesocarpo e endocarpo estão no estágio final de acúmulo da massa fresca quando se consegue proceder a separação do fruto em partes. Quando se verifica o ponto de inflexão (PI) da curva ( TABELA 3), mostra que para massa fresca do epicarpo, mesocarpo e endocarpo ocorreram aos 114, 94 e 94 dias após o florescimento, com taxas de máximo acúmulo de 0.482, 0.202 e 0.190  $\text{g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente, evidenciando que o ponto de maior acúmulo de massa fresca, na realidade, aconteceu antes de se conseguir separar o fruto em partes.

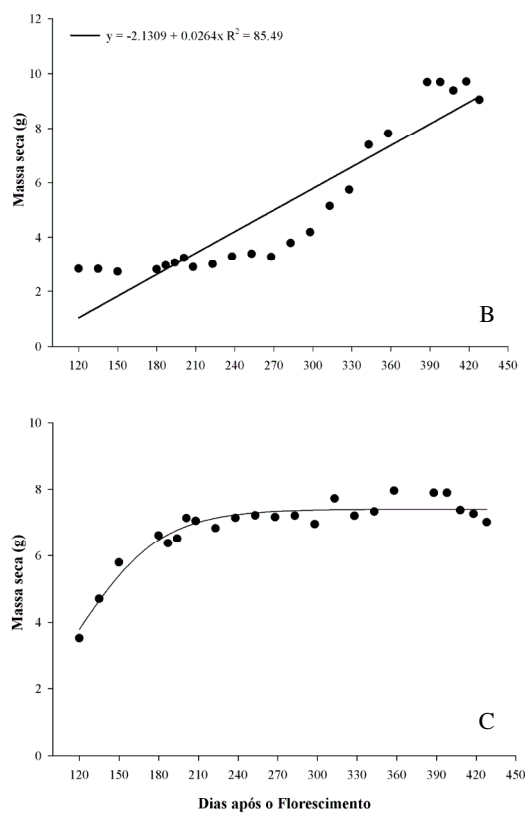
Em relação à massa seca das partes do fruto (FIGURA 8), notou-se que o epicarpo e o mesocarpo acumulam massa seca durante todo o seu desenvolvimento. O acúmulo de massa fresca no mesocarpo, inicialmente, é,

em sua maior parte, composta por água devido à expansão e multiplicação celular (FIGURA 8 B) para, posteriormente, acumular massa seca; ocorre um aumento de massa fresca após o florescimento que se estabiliza aproximadamente aos 180 dias após o florescimento, quando se inicia o acúmulo de massa seca no mesocarpo até o final do ciclo.

O endocarpo tem a maior taxa de acúmulo de massa fresca aos 118 dias com 0,581 g.fruto<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (TABELA 3), porém, logo após os 200 dias de desenvolvimento, estabiliza seu teor de massa seca com média de 7,31 g.

Aos 120 dias após o florescimento, o endocarpo se torna resistente adquirindo cor preta, marcando a fase onde se consegue a separação das partes do coco macaúba e onde ocorre o início da solidificação da amêndoa. O enrijecimento do endocarpo começa aos 75 dias após o florescimento, onde adquire coloração amarelo clara, corroborando com Montoya (2013), onde, aos 70 dias, os frutos tornaram-se moderadamente rígidos. Este enrijecimento ocorreu de maneira precoce quando comparados com o endocarpo dos frutos de dendê, os quais iniciaram seu enrijecimento 112 dias após o florescimento, (Oo *et al.*, 1985; SAMBANTHAMURTHI *et al.*, 2000).





**FIGURA 8.** Massa seca das partes do fruto de macaúba em 23 épocas de coleta, resultados obtidos em gramas. Epicarpo (A), Mesocarpo (B) e Endocarpo (C).

### 3.6 Paramêtros de cor no mesocarpo

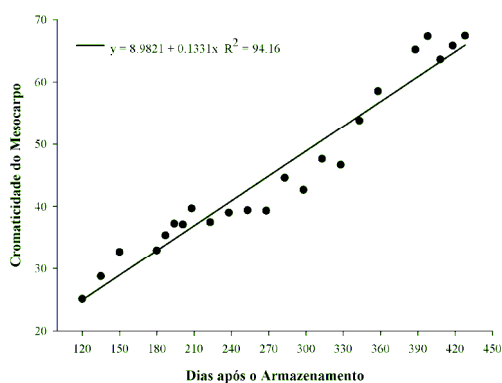
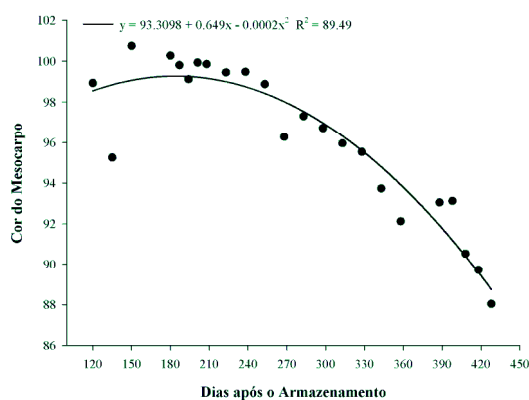
A cor do mesocarpo (FIGURA 9) no início do desenvolvimento do fruto é amarelo esverdeado, com valor próximo a 100 e, no fim do ciclo, apresenta cor amarela, essa cor amarela do mesocarpo é devido à presença e concentração de caroteno (CETEC, 1983).

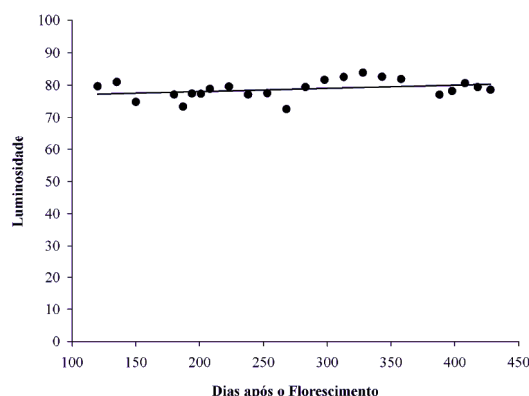
A cromaticidade do mesocarpo (FIGURA 9) foi aumentando sua tonalidade adquirindo uma cor mais intensa dos pigmentos constituintes durante o desenvolvimento. A luminosidade do mesocarpo não obteve modelo que se ajustasse, isso se deve pela pouca variação nos dados, inicial



79 e final 78, caracterizando a cor clara no mesocarpo até a maturação fisiológica.

Os parâmetros de cor no mesocarpo apresentam variações durante o ciclo, ou seja, o mesocarpo seria mais indicado para aferir o grau de maturação dos frutos. Entretanto, nos estádios finais de desenvolvimento, as mudanças de cor são menos intensas e é justamente nesta fase que ocorre a maior taxa de acúmulo de óleo e massa seca nos frutos. Por isso, os parâmetros de cor individualmente não são conclusivos para inferir sobre o grau de maturação dos frutos. Mas, percebe que, quando os frutos atingem o ponto de maturação fisiológica, se desprendem do cacho com facilidade, servindo como indicador prático do ponto de colheita.





**FIGURA 9.** Parâmetros do colorímetro no mesocarpo, L (luminosidade ou brilho), C-EPI (cromaticidade) e H (°Hue cor propriamente dita) em 23 épocas de coleta

### 3.7 Massa fresca e seca da amêndoa

Para a massa fresca da amêndoa, se ajustou um modelo linear (FIGURA 10). Derivando sua equação, obtém taxa de incrementos diários de  $0,0017 \text{ g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . A grande variação nos dados pode ter ocorrido pelo método da retirada da amêndoa, outro problema que causa essa variação são frutos com mais de uma semente, que são de alta ocorrência na região.

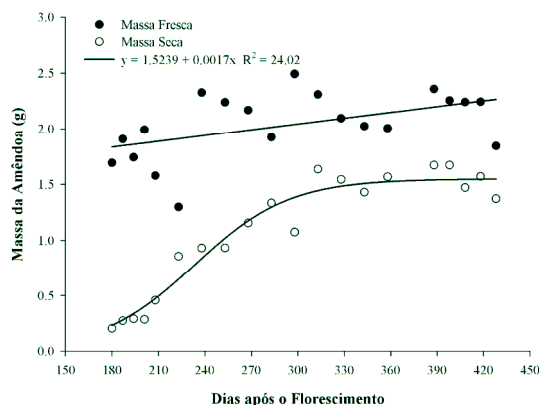
Para a massa seca da amêndoa, obteve-se maior taxa de acúmulo de  $0,126 \text{ g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  aos 233 dias após o florescimento (TABELA 4). Esses valores de massa seca estão relacionados ao teor de óleo na amêndoa, como revelado por Silva *et al.* (2013), onde o acúmulo de óleo na semente de macaúba inicia-se previamente ao acúmulo no mesocarpo.

**TABELA 4.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado de regressão não linear sigmóide e taxa de máximo crescimento (TMC) para características (CT) de massa seca da amêndoa (MSA) durante seu desenvolvimento.

CT	Estimativas dos parâmetros	PI	R <sup>2</sup>	TMC
----	----------------------------	----	----------------	-----

	A	X0	b	
MSA	1.6 **	233.0 **	30.6 **	233.0 0.94 0.126 g.fruto <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>

\*\* , ns Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.



**FIGURA 10.** Massa fresca e seca da amêndoa em 20 épocas de coleta.

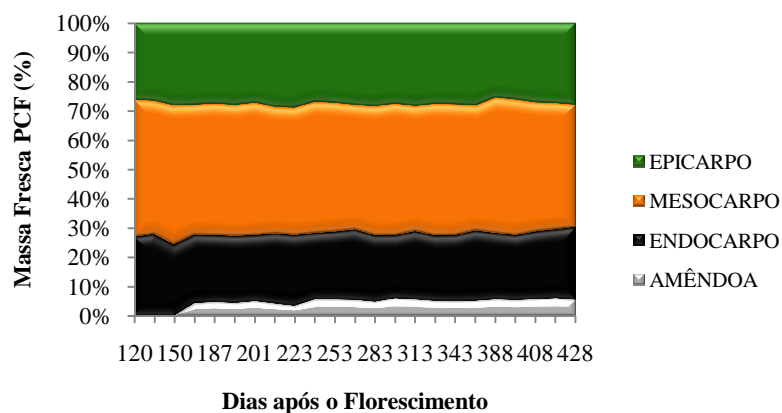
### 3.8 Composição percental do desenvolvimento das partes do coco

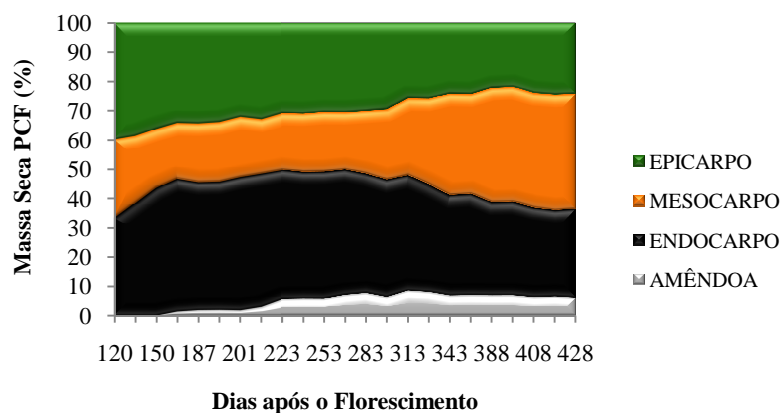
A constituição das partes do coco macaúba para a massa fresca é pouco variável durante todo o desenvolvimento do fruto (FIGURA 11). Aos 120 dias após florescimento ou da solidificação completa da amêndoa, o coco tem massa fresca média de 35,22 g e a proporção média de seus constituintes de 28,5% (10,07 g) de epicarpo, 43,5% (15,35 g) de mesocarpo e 28% (9,8 g) de mesocarpo. Após a solidificação da amêndoa ou 180 dias após o florescimento, a proporção se altera apenas pelo motivo da sua quantificação, ficando o fruto com massa fresca média de 40,72 gramas e as seguintes proporções médias de suas partes constituintes: 27,7% (11,26 g) de epicarpo, 44,1 % (17,99 g) de mesocarpo, 23,2 % (9,42) de endocarpo e 5,0 % (2,03) de amêndoa.

Resultados semelhantes a este trabalho sobre proporção das partes constituintes de frutos de macaúba para massa fresca com valores obtidos pela média de frutos são reportados tanto para diferentes subespécies quanto para locais de coleta, onde Santos *et al.* (2013), com frutos coletados em

Contagem - MG (*A. aculeata* sub. *Sclerocarpa*) e em Paranavaí - PR (*A. aculeata* sub. *totali*) foram, respectivamente, 34,60% e 19,12% (23,14g e 3,76g) para o epicarpo; 46,50% e 53,33% (31,05g e 10,49g) para o mesocarpo; 15,70% e 20,59% (10,48g e 4,05g) para o endocarpo e 3,13% e 6,96% (2,09g e 1,37g) para a amêndoa. Enquanto Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011), com frutos colhidos nos municípios de Dourados - MS e Presidente Epitácio - SP, o mesocarpo representou aproximadamente 42% (8,98 g) do fruto inteiro, a casca 20% (4,54 g), o endocarpo 31% (8,31 g) e a amêndoa 7% (1,35 g).

Já para a massa seca do coco macaúba, os teores são variáveis durante o seu desenvolvimento. Aos 180 dias após o florescimento, a massa seca do coco apresenta uma média de 14,60 gramas, a maior quantidade no epicarpo e endocarpo, com 34,13% (4,98 g) e 45,25% (6,60 g) respectivamente; isso acontece pelo fato de o epicarpo e o endocarpo se desenvolverem previamente, por serem estruturas de proteção do fruto.





**FIGURA 11.** Massa fresca e seca das partes constituintes do fruto (PCF) em relação aos dias após o florescimento.

A partir dos 283 dias após o florescimento, o mesocarpo passa a aumentar a porcentagem de massa seca, devido à sua taxa de acúmulo de massa seca começar aos 180 dias e durar todo o ciclo, se mostrando com principal compartimento do fruto em armazenar massa seca.

O fruto de macaúba aos 428 dias após o florescimento apresentava massa seca total de 23,04 gramas e a proporção das partes constituintes com valores no epicarpo de 24,34% (5,60 g), mesocarpo com 39,27% (9,04 g), endocarpo com 30,44% (7,01 g) e amêndoa com 5,95% (1,32 g).

O mesocarpo foi o que apresentou a maior distribuição de massa fresca e seca no ponto de maturação fisiológica, aumentando, assim, a capacidade de exploração do fruto em relação à polpa, tanto na produção de óleo quanto para alimentação humana e animal.

### 3.9 Teor de óleo no mesocarpo

O teor de óleo apresenta incrementos a partir dos 208 dias após o florescimento (FIGURA 12), obtendo taxa máxima de acúmulo de 0,49 % (TABELA 4) no teor de óleo presente no mesocarpo do fruto por dia aos 336 dias após o florescimento. A máxima taxa de acúmulo no teor de óleo é próximo ao final do ciclo da cultura, que é de 365 dias, e, mesmo após essa

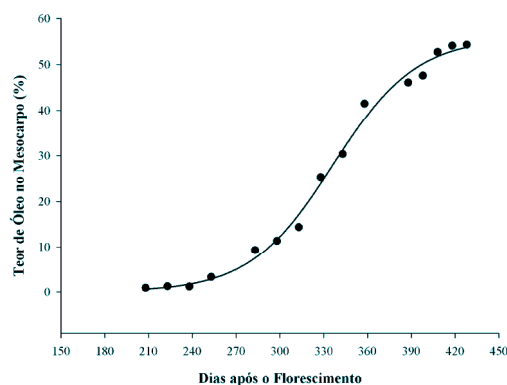
data, o teor de óleo no mesocarpo continua aumentando, mostrando que colheitas antecipadas podem impedir os frutos de atingir todo seu potencial referente a teor de óleo presente no mesocarpo.

O teor de óleo do mesocarpo sofre aumento até o final do ciclo da cultura, de forma semelhante ao acúmulo de massa seca, assim, o incremento em massa seca do mesocarpo está relacionado à síntese e acúmulo de ácidos graxos, corroborando com Montoya (2013).

**TABELA 10.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado de regressão não linear sigmóide e taxa de máximo crescimento (TMC) para características (CT) de teor de óleo (TO) no mesocarpo do fruto durante seu desenvolvimento.

CT	Estimativas dos parâmetros			PI	R <sup>2</sup>	TMC
	A	X0	b			
TO	55.9 **	336.2 **	28.5 **	336.2	0.99	0.49 %óleo.fruto <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>

\*\* , ns Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.



**FIGURA 9.** Teor de óleo no mesocarpo em 15 épocas de coleta.

O teor de óleo no mesocarpo aos 313 dias era de 14,3% (FIGURA 11) e sofreu um aumento de mais de 40% em 75 dias, passando para 46,01% aos 388 dias após o florescimento. Resultados de aumento no teor de óleo no

mesocarpo de macaúba também são citados por Silva (2013), onde o teor de óleo triplicou nas três semanas que antecedem a queda natural dos frutos.

#### **4. CONCLUSÕES**

O fruto apresenta desenvolvimento homogêneo dentro do cacho, podendo ser colhido de uma só vez.

O fruto se desenvolve primeiro em tamanho e volume, com crescimento inicial rápido até os 90 dias após o florescimento, onde se estabiliza. No mesocarpo, o acúmulo de massa seca ocorre até o final do ciclo.

O acúmulo de óleo no mesocarpo se dá no final do ciclo produtivo, indicando que colheitas precoces podem acarretar baixo rendimento de óleo.

As variações de cor do epicarpo dos frutos observadas neste trabalho foram relativamente pequenas, o que dificulta a caracterização do ponto de colheita pelos parâmetros de cor. Mas, o ponto de maturação fisiológica ocorre quando frutos se desprendem do cacho com facilidade.

## REFERÊNCIAS

ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier Em dois estádios de maturação. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. 541-545, 2011

CAMPOS, M.B.N.; JÚNIOR, A.G.S.; PEREZ, R.; SIQUEIRA, J. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de uma Unidade de Extração de Óleo de Macaúba. In: **V Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**, Lavras, 2008. CD ROOM.

CARVALHO, J.E.U.; NAZARÉ, R.F.R.; OLIVEIRA, W.M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia Insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p.326-328, 2003.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa energia. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte, 1983. 152 p.



CHUBA, C. A. M.; TOMMASELLI, M. A. G.; SANTOS, W. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Parâmetros biométricos dos cachos e frutos da bocaiúva. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, v. 20., 2008. Vitória, Incaper. Anais CD-ROM.

CICONINI, G., PALMA, S., F., ROSCOE, R. (2012) Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

FARIAS, T. M.; **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (acrocomia sp) para a produção de óleos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HARTLEY, C. W. S. (1988). **The Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)**, 3rd edition, pp: 207–210. Harlow: Longman Scientific and Technical Company.

MONTOYA, S. G. **Caracterização do desenvolvimento do fruto da palmeira macaúba**. 2013. 44p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOTTA, P. E. F. et al. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1023-1031, 2002.

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R.M.; DOMINGUES, E.B.S.; ALMEIDA, H.S.; GONZAGA, A.P.D. Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, v.6, p. 99-105, 2005.

OO, K. C., TEH S. K., KHOR H.T.; AUGUSTINE S.H.O., (1985). Fatty acid synthesis in the oil palm (*Elaeis guineensis*): incorporation of acetate by tissue slices of the developing fruits. **Lipids**, v. 4, p. 205–209.

RASTEGAR, S. A.; RAHEMI, M.; BAGHIZADEHB, A.; GHOLAMI, M. (2012). Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening. **Food Chemistry**. V. 134, p. 1279–1286.

SAMBANTHAMURTHI, R., K. SUNDRAM AND Y. TAN. (2000). Chemistry and biochemistry of palm oil. **Prog. Lipid Res.**, v. 39, p. 507–558.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J & CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Rev. Brasileira de Fruticultura.** v. 33, n. 3, 1023-1028, 2011.

SILVA, J.C. **Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial.** Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 44p.

## **CAPÍTULO II - ARMAZENAMENTO DO COCO MACAÚBA**

## RESUMO

Almeida, Flávio Henrique Leal de. Armazenamento de coco macaúba. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>5</sup>

A produção de coco macaúba (*Acrocomia aculeata*) concentra-se no período do verão, o que reflete em alta taxa de ociosidade das usinas beneficiadoras fora deste período. Neste sentido, é fundamental avaliar métodos de armazenamento de baixo custo para ampliar o período de funcionamento das usinas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos métodos de armazenamento sobre a qualidade do fruto e do óleo do mesocarpo do coco macaúba. Foram avaliados quatro métodos de armazenamento (tambor de 200 litros, caixas plásticas, sacos de raschel e frutos amontoados), durante 60 dias de armazenamento, no delineamento em parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições para características físicas e três para as características químicas. Foram avaliados a umidade do mesocarpo, a firmeza do mesocarpo, o teor de acidez, o teor de óleo e a cor do mesocarpo. Houve aumento no teor de óleo durante o armazenamento. Por outro lado, os tratamentos não foram eficientes no controle da acidificação do óleo ao longo do armazenamento. A cor do mesocarpo inicia em amarelo para todos os métodos; no final do período de armazenagem, a cor muda para amarelo-laranja para amontoados, caixas plásticas e sacos de raschel, enquanto não se altera quando armazenado no tambor. A umidade no mesocarpo reduz durante o armazenamento nos métodos amontoados, caixas plásticas e sacos

---

<sup>5</sup> Comitê Orientador: Wagner Ferreira da Mota – UNIMONTES (Orientador), Ariane Castricini – EPAMIG – Nova Porteira (Coorientadora).

de raschel com valores finais menores que 2%. No armazenamento em tambor, a umidade foi crescente com valor final de 35%, o que, provavelmente, gera alta firmeza no mesocarpo dos frutos nos métodos com baixa umidade. Conclui que o teor de óleo no mesocarpo dos frutos foi crescente em todos os métodos, mostrando que, após a colheita no ponto de maturação, os frutos continuam a aumentar seu teor de óleo. A acidez no óleo do mesocarpo se elevou em todos os sistemas de armazenamentos. Houve pouca variação na cor e qualidade dos frutos durante o armazenamento. O armazenamento em sacos de raschel apresenta melhor característica visual e uma rápida redução na umidade, sendo promissor para conservação do fruto e óleo.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, qualidade de óleo, pós-colheita do coco macaúba.

### ABSTRACT

Almeida, Flavio Henrique Leal de. Storage of coconut macaúba. 2014. Dissertation (MSc in Crop Production in Semi-Arid) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>6</sup>

The coconut production macaúba (*Acrocomia aculeata*) focuses on the summer period which reflects in high rate of truancy hulling plants outside this period. In this sense, it is essential to evaluate methods of low-cost storage to extend the period of operation of the plants. Thus the aim of this study was to evaluate the effect of storage methods on the quality of the fruit and coconut oil mesocarp macaúba. Four methods of storage (200 liter drum, plastic boxes, bags and piled raschel fruit) were evaluated during 60 days of storage, the design was a split plot with five replications for physical characteristics and three for chemical characteristics. Moisture from the mesocarp, the firmness of the flesh, the acid content, oil content and color of the mesocarp were evaluated. An increase in the oil content during storage, on the other hand, treatments were not effective to control acidification of the oil during storage. The color of the mesocarp starts in yellow for all methods at the end of the storage period the color changes to yellow-orange to pile, plastic boxes and bags of raschel pending changes when stored in the drum. The moisture in the mesocarp during storage reduces the heap methods, plastic boxes and bags of raschel with final values lower than 2%, the storage drum moisture increased with the final value of 35%, which generates high provavelmente firmness of mesocarp fruits in methods with low humidity. Concludes that the oil content in the mesocarp of the fruit was growing in all methods, showing that after harvest ripeness in the fruit continue to increase their oil content. The acidity in the mesocarp oil rose in all storage systems. There was little variation in color

---

<sup>6</sup> Steering Committee: Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES (Advisor), Ariane Castricini - EPAMIG - Nova Porteira (Co - advisor).

and fruit quality during storage. The storage bags raschel presents better visual carcterisca and a rapid decrease in humidity , being promising for preserving fruit and oil.

Keywords: *Acrocomia aculeata*, oil quality, post-harvest coconut macaúba.

## 1. INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma planta perene, da família Areceaceae (Palmae), que se destaca entre as plantas oleaginosas pela sua produtividade. Segundo Silva *et al* (2008), a macaúba poderá se tornar uma das principais fontes de matéria-prima de óleo vegetal no Brasil, pois, além do seu potencial oleaginoso, é uma espécie nativa de ampla adaptabilidade no território nacional. O óleo extraído do fruto (polpa e semente) da macaúba tem sido utilizado nas indústrias de cosméticos, saboarias, alimentação e energia (biodiesel), enquanto que os coprodutos do processamento (tortas e cascas) são utilizados na alimentação humana e animal, além da produção de carvão (RAMOS 2008, AMARAL 2011, SILVA 2008).

Por outro lado, para que a macaúba se estabeleça como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel, é preciso superar gargalos da cadeia produtiva, como o aumento da oferta, que deverá ser resolvido com a transição do sistema de produção extrativista por cultivos agrônômicos. Do ponto de vista industrial, é importante desenvolver sistemas de armazenamento para ampliar o período de processamento e reduzir a ociosidade das usinas, visto que a safra da macaúba se concentra nos quatro meses do verão. Entretanto, pouco se sabe sobre a conservação pós-colheita

do fruto da macaúba, o que requer estudos para viabilizar o processo de armazenamento mantendo a qualidade do óleo. Atualmente, as usinas extrativistas armazenam o coco de maneira empírica, amontoando em galpão coberto sem nenhum controle ou avaliação, o que resulta na má qualidade do óleo extraído (elevada acidez).

Para superar estas dificuldades, é preciso realizar estudos visando a desenvolver e implementar novas estratégias para a conservação pós-colheita e obtenção do óleo com qualidade. Diferentes métodos químicos e físicos podem ser empregados com a finalidade de diminuir a atividade metabólica e minimizar o processo de deterioração dos frutos, aumentando a vida pós-colheita do produto. Existem perdas qualitativas e quantitativas durante o armazenamento, pois os frutos e o óleo estão constantemente submetidos a fatores externos e internos. Esses fatores podem ser físicos, como temperatura e teor de água, químicos, como fornecimento de oxigênio e presença de enzimas, e biológicos, como bactérias, fungos, insetos e roedores (BROOKER *et al.*, 1992).

O conhecimento dos efeitos do sistema de armazenamento e tempo de secagem na qualidade do óleo extraído de frutos de macaúba é de suma importância no desenvolvimento da cadeia produtiva da macaúba, ligando à produção de óleo vegetal, o que permitirá a definição de melhores condições para manter a qualidade dos frutos e do óleo por maior tempo durante o armazenamento, podendo oferecer um óleo de melhor qualidade e maior valor agregado ao mercado.

Diante do exposto, objetivou com este trabalho avaliar o efeito dos métodos de armazenamento sobre a qualidade do fruto e do óleo do mesocarpo da macaúba.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta e montagem do experimental**

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental do Gorutuba da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Nova Porteira, MG. Os frutos utilizados no experimento foram coletados na Fazenda Caiçara (16°29'8" S e 44°04'1"W), localizada no município de Coração de Jesus - MG. Foram coletados em uma única colheita cachos maduros de diversas plantas no período de verão em fevereiro de 2013, coincidindo com o pico da safra da região. Em seguida, os frutos foram transportados para a estação experimental da EPAMIG, onde o experimento foi montado.

### **2.2 Composição dos tratamentos e parcelas**

Para avaliar o efeito do armazenamento do coco, o experimento foi montado no delineamento em parcelas subdivididas no tempo, sendo que, nas parcelas, avaliou-se os métodos de armazenamento e, nas subparcelas, os períodos de armazenamento. Para as avaliações físicas, adotou-se cinco repetições e três para análises químicas.

O tratamento principal (parcela) consistiu de quatro métodos de armazenamento: tambor de aço, 200 litros, tampa removível (testemunha, pois simula o processo de pubagem adotado pelos produtores locais), caixas plásticas (tipo hortifrúti vazada de polietileno, com volume de 60 litros),

sacos de raschel (sacos de plástico engrazados para frutas e vegetais, com volume de 20 kg) e frutos amontoados sobre o piso dentro de uma sala simulando armazenamento em galpões.

Para tanto, os frutos foram acondicionados dentro do tambor. Em seguida, lacrou-se o tambor com um plástico escuro, amarrado com uma liga, impedindo, assim, as trocas gasosas. O tambor foi deixado em local arejado com luminosidade. No armazenamento em caixas plásticas e sacos de raschel, após o enchimento deles com os frutos, foi feito o empilhamento e deixados em local com luminosidade e arejado, e, por fim, foram amontoados frutos sobre o piso dentro de uma sala simulando armazenamento em galpões, em local arejado e menor iluminação.



**FIGURA 1.** Métodos de armazenamentos; tambor 200 l, caixas plásticas, sacos raschel e amontoados, respectivamente.

Em cada método de armazenamento, foram utilizados aproximadamente 5000 frutos, simulando uma situação real de armazenamento com volume expressivo e garantindo que a quantidade de frutos retirada para avaliação não reduzissem significativamente o volume da massa de frutos armazenada.

Os períodos de avaliação ao longo do armazenamento foram: 0, 4, 8, 12, 16, 23, 30, e 60 dias. Para cada avaliação, foram amostrados 25 frutos divididos em cinco repetições, os quais foram retirados aleatoriamente do ponto central da massa de frutos armazenada e levados ao Laboratório de Pós-Colheita para realização das análises físico-químicas.



### 2.3 Características avaliadas

As características físicas avaliadas foram firmeza da polpa, cor da polpa, umidade do mesocarpo e as características químicas, teor de óleo em base seca e acidez em ácido oleico.

A firmeza da polpa foi obtida com auxílio de um penetrômetro digital para frutas modelo Soil Control com ponteira lisa, acoplado à bancada para penetrômetro, com os frutos descascados. Quando a ponteira encostava-se à polpa do fruto, procedeu um giro na alavanca de 540° para uniformizar a penetração na polpa e evitar valores discrepantes, sendo os resultados expressos em Newton (N). Para a determinação da cor, foi utilizado o Colorímetro Minolta, modelo Chroma meter CR 400, em sistema L C H. A luminosidade (L\*), que oscila entre 0 (cor preta) e 100 (cor branca), associado à luminosidade/brilho, percepção de claro/escuro, é relacionada com a refletância do objeto. O ângulo de tonalidade ou cor verdadeira (°Hue) mostra a cor dos objetos, que varia entre 0° e 360°, sendo que o ângulo 0° corresponde à cor vermelha, 90° cor à amarela, 180° à cor verde, 270° à cor azul. A cromaticidade ou pureza da cor (C\*) mostra a saturação ou tom da cor.

Depois de feitas as características de firmeza da polpa e cor do mesocarpo, procederam-se com determinação da umidade do mesocarpo, onde os frutos foram despulpados e acondicionados em sacos de papel tipo “Kraft”, os quais foram pesados em uma balança semianalítica para determinação da massa úmida e, posteriormente, levada à estufa de ventilação forçada a 65°C por 144 horas, para determinação da massa seca. A umidade é expressa em porcentagem, calculada pela fórmula:

$$X = [(M_i - M_s)/M_i] * 100$$

Onde: X é umidade em %,

M<sub>i</sub> é a massa inicial, em g,

M<sub>f</sub> é a massa final, em g.

Para a determinação do teor de óleo em base seca, usou as amostras da massa seca do mesocarpo, triturando-as e, em seguida, retornando-as à estufa por mais 24 horas. Simultaneamente, procedeu com a secagem dos cartuchos de papel filtro que foram usados no extrator de óleos e gorduras (soxhlet), posteriormente à secagem, os cartuchos foram pesados em uma balança de precisão e anotados seu valor (obteve o peso P). Após as 24 horas de secagem, transferiram-se as amostras para os cartuchos devidamente identificados e seguiu-se com uma nova pesagem antes da extração, em balança de precisão (obteve o peso P1). Após a pesagem, os cartuchos com as amostras foram introduzidos no extrator de óleos e gorduras para realizar a extração do óleo com sucessivas lavagens na massa em *n-hexano* durante o processo de extração do óleo (aproximadamente 5 horas). Posteriormente, os cartuchos contendo a amostra foram transferidos para estufa ventilada onde permaneceram por 18 horas a 65°C para evaporar o excesso de *n-hexano* na amostra, em seguida, pesou em balança de precisão (obteve o P2). Logo, o teor de óleo em porcentagem foi calculado pela seguinte fórmula:  $TO(\%) = [(P1-P2)/(P1-P)]*100$

Em que: TO(%) = teor de óleo em porcentagem;.

P = peso do cartucho;

P1 = peso do cartucho contendo a amostra antes da extração do óleo

P2 = peso do cartucho contendo a amostra após a extração do óleo.

A determinação de acidez em ácido oleico foi realizada por meio da acidez titulável, conforme metodologia padronizada pelo IAL (1985). O óleo da polpa dos frutos foi extraído por prensagem mecânica. Os frutos foram despulpados e as polpas colocadas em estufa por 24 horas para retirada da umidade. Em seguida, as amostras foram colocadas em prensa hidráulica para extração do óleo da polpa. O óleo retirado foi armazenado em frascos fechados de 40 ml envoltos por papel alumínio e armazenados em freezer até que se procedesse às análises químicas do óleo.

A acidez foi determinada pela titulação do óleo com solução de hidróxido de sódio a 0,1 mol/L até o ponto de viragem (indicador Fenolfitaleína). A acidez em ácido oleico foi calculada pela seguinte forma:

% Acidez em ácido oleico (m/m) =  $v \times f \times 100 \times F/p$ , em que:

$v$  = quantidade em ml da solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> N gasto na titulação;

$f$  = fator de correção da solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> N;  $p$  = peso da amostra em gramas;

$F$  = Fator de conversão do ácido oleico (0,00282).

## **2.4 Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo computacional SISVAR. Procedeu-se a análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando observada diferença estatística, realizou-se o teste de Tukey para métodos de armazenamento e regressão linear para os períodos de armazenamento, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

Houve efeito significativo para a interação métodos de armazenamento (ARM) X Períodos de armazenamento (PA) para todas as características avaliadas (ANEXO B).

A figura 2 mostra o estágio de conservação dos frutos em função dos métodos e períodos de armazenamento ao longo tempo, onde mostra que os métodos de armazenamento em sacos de raschel apresentou a melhor característica visual ao longo do período de armazenagem. Enquanto os frutos nos métodos em caixas plásticas e amontoado apresentaram alta incidência de fungos e os frutos no tambor apresentaram a polpa muito degradada.



**FIGURA 2.** Mesocarpo de frutos armazenados amontoados (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor (D) durante 60 dias. Valores em dias.

### **3.1 Parametros de cor no mesocarpo**

A cor do mesocarpo, inicialmente (TABELA 3), em todos os métodos de armazenamento, apresentou cor amarela, medida pelo ângulo da tonalidade das cores “Hue”, onde todos os valores foram próximos de 90°. Os cocos armazenados em tambor tiveram valores sempre próximos de 90° durante todo o período de armazenamento, mantendo a cor amarela, enquanto os métodos amontoado, caixa plástica e saco de raschel, aos 60 dias, apresentaram valores próximos do 67°, estando com coloração amarelo-laranja.

A tonalidade amarela dos cocos no método em tambor pode ter sido influenciada, porque foi o único tratamento onde os frutos não estavam na presença de luz e ambiente com reduzidas trocas gasosas com o meio externo. Estes fatores citados anteriormente podem interferir diretamente ou indiretamente na manutenção da pigmentação amarela. Pode atuar diretamente, pois forma um ambiente com concentração reduzida de oxigênio no interior, limitando seu metabolismo, ou de forma indireta, onde cria um ambiente desfavorável aos microorganismos que degradam o mesocarpo, mantendo a cor conservada por períodos de armazenamento prolongado. A cor laranja aos 60 dias é esperada nos métodos amontoado, caixa plástica e sacos de raschel, porque mantêm os frutos em condição ambiente, assim, a maturação do fruto ocorre normalmente.

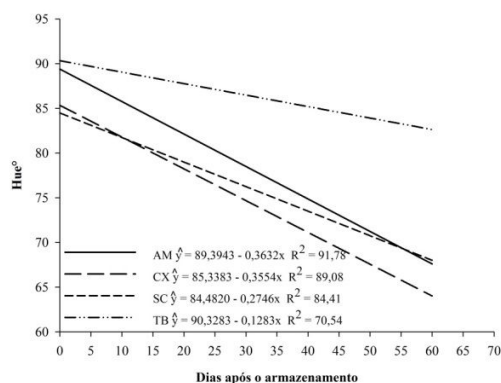
**TABELA 3.** Tonalidade da cor do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em Graus.

ARM	Períodos de armazenamento							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	89 a	90 a	87 a	84 a	83 b	83 b	74 b	69 b
CX	86 a	87 a	85 a	77 b	77 b	78 ab	74 b	65 b
SC	87 a	85 a	84 a	77 b	78 b	76 c	78 b	69 b
TB	88 a	90 a	89 a	88 a	90 a	90 a	87 a	81 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Todos os métodos de armazenamento se ajustaram ao modelo linear, mostrando que a cor amarela tende a mudar para cor amarela-laranja a laranja com o passar dos dias de armazenamento (FIGURA 3), mas, analisando as equações de cada modelo e fazendo a derivada de cada equação correspondente, pode se verificar que, para o armazenamento em tambor, apresenta menor perda da cor amarela (0,1283° por dia de perda da cor amarela) quando comparado com os métodos amontoado (0,3632°), caixas plásticas (0,3554°) e de sacos de raschel (0,2746°). Os sacos de raschel e o tambor são os métodos que conservam a pigmentação amarela por maior período de tempo armazenado, ou seja, conserva as características visuais do fruto (FIGURA 2).

A manutenção da cor amarela é importante, pois a utilização do mesocarpo na alimentação humana vem sendo amplamente utilizado e a manutenção da cor é de grande importância para manutenção das características visuais do alimento.



**FIGURA 3.** A cor propriamente dita do mesocarpo em função do tempo de armazenamento, para os métodos de armazenamento amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SR) e tambor de 200 L (TB). Resultados obtidos em Graus.

A luminosidade do mesocarpo não mudou nos frutos em todos os métodos de armazenamento até os oito dias (TABELA 4), com valores acima de 70, mostrando que o mesocarpo possui cor mais clara, neste caso, amarelo claro. A luminosidade indica o brilho da cor. Analisando os métodos aos 60 dias, percebe-se que a coloração do mesocarpo está próxima ou abaixo de 50, mostrando que a cor se torna escura, este fato se dá, principalmente, por ataque de microorganismos no mesocarpo, como pode ser observado na figura 2, principalmente, em frutos nas caixas plásticas apresentando a menor luminosidade entre os métodos com valor de 40, onde visualmente percebe-se o aparecimento de micélios de fungos na superfície do mesocarpo.

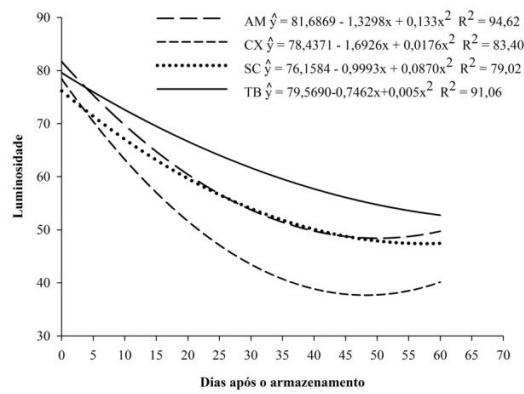


**TABELA 4.** Luminosidade do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em Graus.

ARM	Períodos de armazenamento							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	79 a	78 a	75 a	64 a	67 a	60 ab	51 ab	50 a
CX	76 a	78 a	73 a	51 b	49 b	54 b	46 b	40 b
SC	74 a	77 a	74 a	55 b	64 a	59 ab	55 ab	47 ab
TB	76 a	80 a	77 a	69 a	71 a	65 a	59 a	53 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os modelos que melhor se ajustaram para a luminosidade foram os modelos quadráticos (FIGURA 4) para todos os métodos de armazenamento, mostrando que, no início do período de armazenagem, o mesocarpo tinha alta luminosidade, ou seja, cor clara; durante o período de armazenamento, foi perdendo gradativamente sua luminosidade e adquirindo cores mais escuras. Comparando a derivada dos modelos quadráticos, os métodos amontoado, caixas plásticas, sacos de raschel apresentam redução diária da luminosidade de 0.266, 0.0352, 0.174 e 0.01. O método que manteve a cor mais clara durante todo o período de armazenagem foi o método em tambor, apesar de o armazenamento em caixas plásticas possuir alta luminosidade nos períodos de armazenagem (TABELA 4) e baixa perda de luminosidade diária 0.0352 é um falso indicativo, pois o crescimento do micélio branco na superfície do fruto (FIGURA 2) gera valores de luminosidade que não representam o estado real do mesocarpo.



**FIGURA 4.** Luminosidade do mesocarpo em função do tempo de armazenamento para os métodos de armazenamento amontoado (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor de 200 L (D).

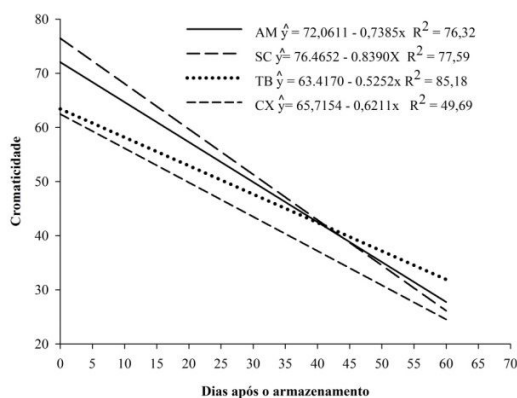
Os valores cromaticidade ou saturação da cor (TABELA 5) indica a saturação da cor pelos pigmentos, onde todos os tratamentos, inicialmente, tinham cores mais intensas e, no final do período de armazenamento, ambos possuíam cores cinza pelo baixo valor de cromaticidade apresentado. Valores de cromaticidade perto de zero mostra cores cinzentas ou sem saturação. Aos 60 dias após o armazenamento, todos os métodos mostram baixa saturação da cor devido à perda natural da pigmentação de mesocarpo por processos fisiológicos ou por ação de microorganismos.

**TABELA 5.** Cromaticidade do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em Graus.

ARM	Períodos de armazenamento							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	64 a	68 ab	73 ab	66 a	72 a	53 a	36 a	31 a
CX	75 a	72 ab	75 ab	39 b	47 b	42 a	42 a	38 a
SC	76 a	78 a	81 a	56 a	70 a	47 a	43 a	33 a
TB	70 a	60 b	63 b	50 ab	53 b	50 a	46 a	35 a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a cromaticidade do mesocarpo, o modelo linear ajustou-se a todos os métodos. Mostram que houve perda da tonalidade da cor durante o período de armazenamento para todos os métodos (FIGURA 5), analisando a derivada das equações para amontoado, caixas plásticas, sacos de raschel e tambor com mudança diária na tonalidade da cor de 0,7385, 0,8390, 0,6211 e 0,5252 respectivamente.



**FIGURA 5.** A cromaticidade do mesocarpo em função do tempo de armazenamento, para os métodos de armazenamento amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (CX) e tambor de 200 L (TB).

Os métodos com a menor mudança diária da tonalidade da cor foram em caixas plásticas e o tambor com redução, mas, observando a figura 2, o método em caixas sofre ação de fungos, cobrindo grande parte do fruto por uma camada esbranquiçada interferindo nos resultados, já o método em tambor mostra boa conservação da tonalidade da cor amarela no mesocarpo.

Os parâmetros de cor (Hue, luminosidade e cromaticidade) foram altamente influenciados pelo ataque de microorganismos. Segundo Faria (2010), os microorganismos penetram pelas áreas susceptíveis do fruto, em geral, orifícios ou pontos de ruptura, infestam gradualmente toda a polpa e causam alterações na sua estrutura, cor, sabor, cheiro e composição química.

As características visuais do fruto e os parâmetros de cor mostram que os armazenamentos em sacos de raschel e tambor apresentam melhores características visuais no final do período de armazenagem do coco macaúba.

### **3.2 Umidade do mesocarpo**

A análise do desdobramento de métodos de armazenamento dentro de cada nível dos períodos de armazenamento mostra que o tambor proporcionou maior umidade na polpa (TABELA 6), o que resultou em frutos com avançado estágio de degradação e forte odor (desagradável). Por outro lado, no armazenamento em sacos de raschel, observaram-se os menores valores de umidade no mesocarpo entre os oito e 30 dias.

O armazenamento em tambor propicia um ambiente fechado que evita as trocas gasosas, assim, a respiração dos frutos eleva o vapor de água no interior e, conseqüentemente, a umidade do mesocarpo.

A umidade exerce influência em outros atributos de qualidade da matéria-prima, tais como cor, textura, massa específica e outros. O teor de umidade está diretamente relacionado com a atividade biológica e com os

processos de degradação da matéria-prima (CHITARRA & CHITARRA, 2005; GUSTONE *et al*, 2007; MORETTO & FETT, 1998).

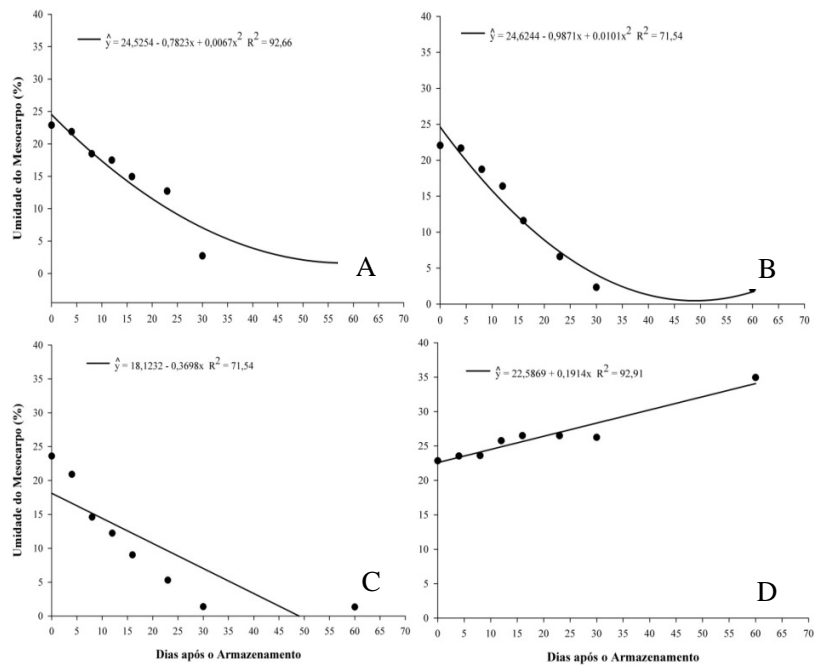
**TABELA 6.** Umidade do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Valores em porcentagem.

ARM	Períodos de armazenamento								
	0	4	8	12	16	23	30	60	
AM	23 ab	22 b	19 b	15 b	15 c	13 c	3 b	2 b	
CX	22 b	22 b	19 b	16 b	12 b	7 b	2 bc	2 b	
SC	24 a	21 b	15 c	12 c	9 d	5 d	1 c	1 b	
TB	23 ab	24 a	24 a	26 a	27 a	27 a	26 a	35 a	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os métodos de armazenamento (FIGURA 6) amontoado (A), caixa plástica (B) e sacos de raschel (C) mostrou redução na umidade do mesocarpo. Com o passar dos dias, após o armazenamento de 0.134%, 0.0202% e 0.3698% ao dia, respectivamente. Sendo a maior redução vista no método armazenado por sacos. A maior velocidade na perda de água pelo saco de raschel pode ser explicada pela maior facilidade de aeração que os sacos proporcionam, facilitando, assim, a retirada da umidade do mesocarpo.

Os resultados também indicam que, para todos os tratamentos, exceto tambor, independentemente da umidade inicial, a umidade final da polpa converge para um valor de mesma magnitude, 1 a 2%. Comportamento similar é apresentado na literatura por Faria (2010) que, trabalhando com macaúba, encontra aos 30 dias após o armazenamento umidade variando entre 7,2-7,3% no mesocarpo e, segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), os frutos tendem a perder umidade até atingir um ponto denominado “Umidade de equilíbrio”.



**FIGURA 6.** Umidade do mesocarpo em função do tempo de armazenamento, para os métodos de armazenamento amontoado (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor de 200 L (D). Resultados obtidos em porcentagem.

O método em tambor (FIGURA 6 D) apresenta o contrário dos demais métodos, onde sua umidade é crescente. Esse fator se deve pelo fato de o tambor não permitir trocas gasosas, assim, a umidade tende a aumentar no interior do recipiente fazendo com que a firmeza do mesocarpo acompanhe esta tendência.

O armazenamento em tambor simula um método de armazenamento feito por pequenos produtores que enterram o tambor no solo, enchendo de frutos e o tampando para aumentar a umidade da polpa e facilitar a extração do óleo por eles. Segundo Faria (2010), a principal causa da redução da umidade é a evapotranspiração dos frutos, que é desfavorecida pelo acúmulo de umidade no interior do tambor.

Para a extração mecânica de óleos, a secagem é uma das operações de pré-tratamento mais crítica, pois auxilia na redução da umidade e no aumento da temperatura do material a ser prensado, facilitando, assim, sua extração. Porém, a condução inadequada desta etapa pode comprometer a qualidade final do produto (SILVA, 2009). Logo, um método de armazenamento que proporcione baixo teor de umidade na etapa de secagem vai gerar economia e eficiência do processo, garantindo boa qualidade do óleo e subprodutos. Segundo Wiesenborn *et al.* (2001), o processamento convencional de polpas oleaginosas por prensagem mecânica requer uma umidade específica para cada matéria-prima e é um fator decisivo na eficiência de extração.

### **3.3 Firmeza no mesocarpo**

A firmeza do mesocarpo (TABELA 7), inicialmente, não difere entre os métodos de armazenamento, mas, a partir do quarto dia, o efeito dos métodos de armazenamento se pronuncia, onde os sacos de raschel sempre proporcionou a maior firmeza do mesocarpo que os demais, exceto aos 60 dias após o armazenamento, onde sacos de raschel e amontado se igualaram com 95 e 83 N (Newtons) de firmeza do mesocarpo. Os elevados valores de firmeza do mesocarpo, aos 60 dias para os métodos sacos de raschel e amontado, foram favorecidos pelos baixos valores de umidade do mesocarpo aos 60 dias (TABELA 6), com valores de 1% e 2%, respectivamente. Para o método em caixas plásticas, apesar da baixa umidade no mesocarpo aos 60 dias, com 2%, sofreu ataque de microorganismos, principalmente fungos (FIGURA 2), onde o mesocarpo sofreu uma “isoporação”, formando um aspecto de esponja.

**TABELA 7.** Firmeza do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em Newtons.

ARM	Períodos de armazenamento							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	84 a	85 a	86 ab	46 b	43 ab	26 b	35 ab	83 a
CX	96 a	83 ab	67 b	44 b	43 ab	64 a	29 b	51 b
SC	83 a	87 a	94 a	68 a	58 a	64 a	52 a	95 a
TB	90 a	64 b	78 ab	40 b	37 b	37 b	25 b	9 c

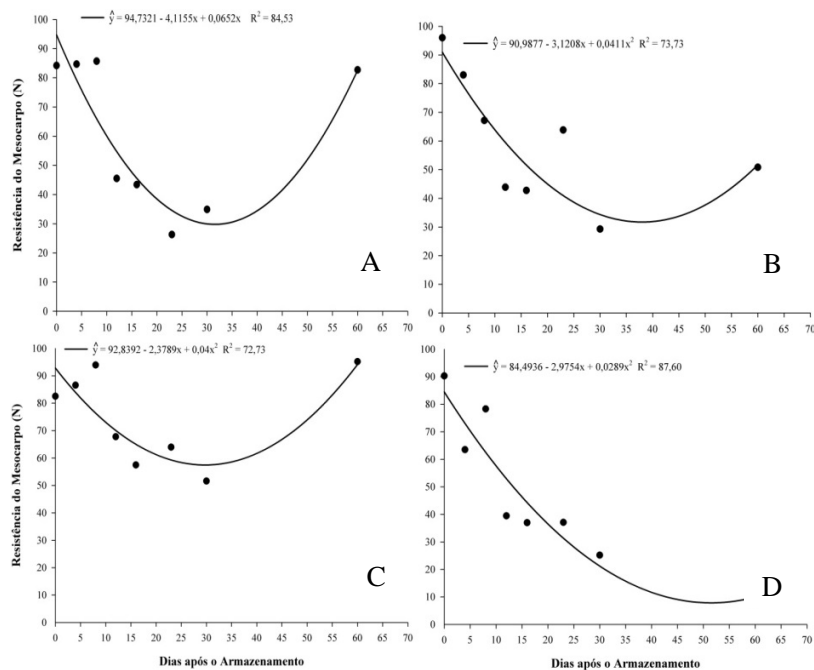
\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os frutos armazenados em tambor obtiveram a menor firmeza do mesocarpo aos 60 dias após o armazenamento, com 9 N (TABELA 7), comparado com os demais, provavelmente, pelo maior teor de água na polpa e no interior do tambor, tornando o ambiente propício para a infestação de microorganismos, propiciando variações físicas, químicas e fisiológicas, acarretando em mesocarpo com baixa firmeza e aspecto aquoso.

O teor de umidade exerce influência em outros atributos de qualidade da matéria-prima, tais como: cor, textura, massa específica e outros (FARIA, 2010). Assim, a umidade influencia na firmeza da polpa, que também está relacionada com a atividade biológica e com os processos de degradação do mesocarpo por microorganismos, como pode ser observado na figura 2.

Os métodos de armazenamento se ajustaram a modelos quadráticos. A firmeza do mesocarpo vai reduzindo até os 30 dias para métodos amontoados, caixas plásticas e sacos de raschel. Devido ao amadurecimento do fruto, o mesocarpo reduz sua firmeza; após os 30 dias, a redução na umidade (FIGURA 6) acarreta em aumento da firmeza pela secagem do mesocarpo.





**FIGURA 7.** Firmeza do mesocarpo em função do tempo de armazenamento para frutos de macaúba, nos métodos de armazenamento amontoado (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor de 200 L (D). Resultados obtidos em Newton.

### 3.4 Acidez

Quanto à acidez no óleo extraído do mesocarpo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos até os 16 dias de armazenamento (TABELA 8). A partir dos 23 dias de armazenamento, os efeitos dos métodos de armazenamento influencia a acidez, onde o armazenamento em tambor e amontoado apresentou menor acidez aos 60 dias. Entretanto, estes tratamentos apresentaram aspecto visual negativo do fruto, o que, provavelmente, esteja relacionado ao ataque de microrganismos e consumo da matéria seca do fruto.

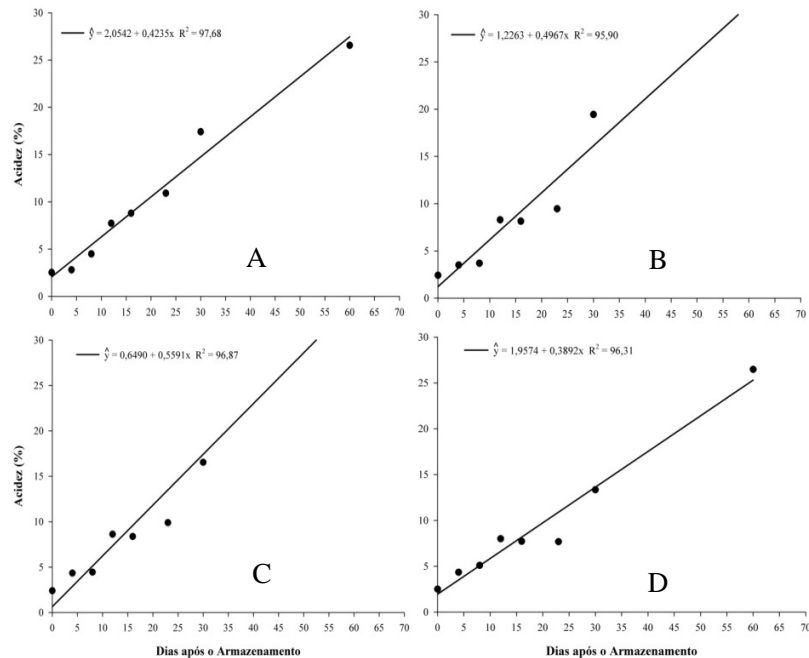
**TABELA 8.**Acidez do óleo do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em Graus. Resultados em porcentagem.

ARM	PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	3 A	3 A	4 A	8 A	9 A	11 A	17 B	27 C
CX	2 A	4 AB	4 A	8 A	8 A	9 A	19 A	31 B
SC	2 A	4 B	4 A	9 A	8 A	10 A	17 B	36 A
TB	3 A	4 B	5 A	8 A	8 A	7 B	13 C	26 C

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

Para o teor de acidez no mesocarpo (FIGURA 8), todos os modelos mostraram um teor de acidez crescente com passar dos dias após o armazenamento. Pode-se verificar pelos modelos matemáticos ajustados que ocorre incremento diário no teor da acidez do óleo do mesocarpo de 0,4235 % para amontoado, 0,4967% para as caixas plásticas, 0,5591% para os sacos de raschel e 0,3892% para o tambor. Os dados de acidez corroboram com os encontrados por Faria (2010), onde frutos de macaúba sem tratamento prévio aumentaram sua acidez durante o período de armazenamento e aos 30 dias tinham 19% de acidez no óleo do mesocarpo.

A elevada acidez indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas, com a produção de ácidos graxos livres, e conseqüentemente, de diglicerídeos, que ocorre devido à presença de água, temperatura e enzimas (CELLA *et al*, 2002).



**FIGURA8.** O teor de acidez do óleo extraído do mesocarpo em função do tempo de armazenamento. Armazenamento de frutos amontoado (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor de 200 L (D).

A constante elevação da acidez pelas reações hidrolíticas em todos os métodos de armazenamento pode ser bioquímicos e químicos, essa reação de hidrólise enzimática é catalisada pelas lipases. Segundo Hayma (2003), as lipases estão presentes, naturalmente, nas matérias-primas graxas, porém, são produzidas em grandes quantidades quando são atacadas por insetos e microorganismos.

Este fato explica o motivo dos métodos amontoados, caixas plásticas e sacos de raschel, onde se observa ataque de microorganismos, sofrerem aumento na acidez. Já no método em tambor, a acidez se torna crescente, principalmente, pelo excesso de umidade, que favorece a hidrólise não enzimática que ocorre

através da presença de água, produzindo também ácidos graxos livres (RUPOLLO *et al*, 2004; AZEREDO, 2004; BELITZ, 2009).

O fato de a acidez ser crescente em todos os métodos mostra que somente os métodos de armazenamento não foram capazes de controlar o aumento da acidez, que ocorre naturalmente durante a pós-colheita da macaúba. Porém, com associação a outros métodos para inibição da atividade das lipases por meios físicos ou químicos, os métodos mais frequentemente utilizados são: calor, inibidores químicos, redução do pH (BERLITZ, 2009; AZEREDO, 2004). Pode tornar possível um armazenamento que proporcione boa qualidade dos frutos e do óleo.

Segundo Rettore e Martins (1983), para a obtenção do óleo da polpa da macaúba com um bom padrão de qualidade é indispensável o controle da acidez no óleo do fruto logo após a sua colheita, para evitar a ação prolongada da flora criptogâmica, cujas enzimas, principalmente, lipases, agem desencadeando o processo de rancidez hidrolítica, conferindo ao óleo um alto índice de acidez.

Para o dendezeiro (*Elaeis guineensis*), o óleo presente no fruto maduro é propenso à lipase. Assim que colhido, tem que ser processado quase que imediatamente, apesar da lipase não ser endógeno ao fruto, mas se origina a partir de leveduras (GUSTONE *et al*, 2007).

### **3.5 Teor de óleo no mesocarpo**

O teor de óleo, inicialmente, era diferente entre os métodos de armazenamento, variando entre 50 e 60% (TABELA 9). Entre os 12 e 16 dias após o armazenamento, todos os métodos estavam com o mesmo teor de óleo no mesocarpo, entre 60 e 70%. Aos 60 dias após o armazenamento, tinha uma estratificação mostrando o método que proporcionou o maior teor de óleo ao mesocarpo, seguindo a ordem decrescente dos tratamentos: tambor, sacos de raschel, amontoado, caixas plásticas, mostrando que os efeitos de

armazenamento tendem a se pronunciar mais claramente em períodos de armazenamento mais prolongados.

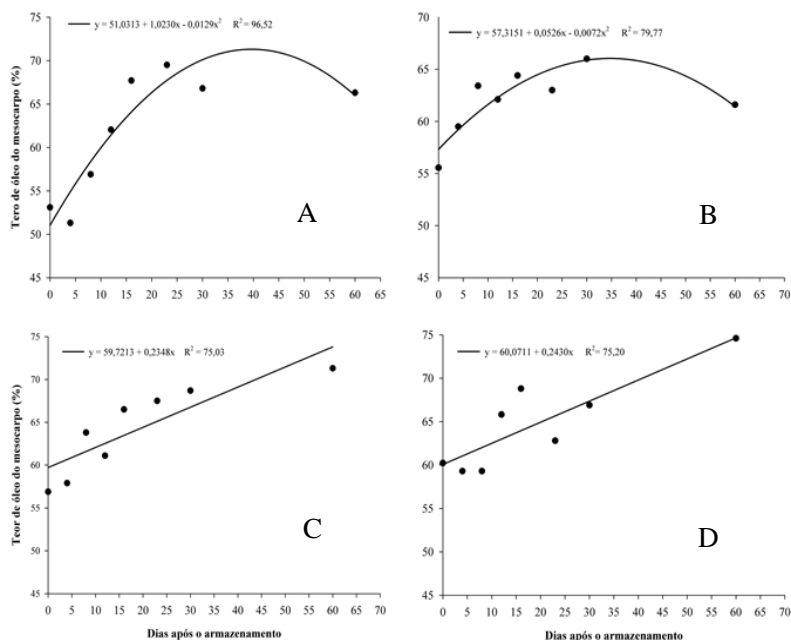
Oscilações no teor de lipídios do mesocarpo, durante o armazenamento da macaúba, também foram relatados por Faria (2010), enquanto que as diferenças em cada tratamento, inicialmente, no teor de óleo, pode ser devido à origem do fruto, estágio de maturação, qualidade dos frutos e variabilidade genética em cada maciço natural de cada região, em que trabalhos mostram valores de 59,8% (CETEC, 1981), 25% (HIANE, 2005) e 6,1% (AMARAL 2011).

**TABELA 9.** Teor de óleo do mesocarpo de macaúba em diferentes métodos de armazenamento (ARM) durante 60 dias. Métodos amontoado (AM), caixas plásticas (CX), sacos de raschel (SC) e tambor (TB). Resultados em porcentagem.

ARM	Períodos de armazenamento							
	0	4	8	12	16	23	30	60
AM	53 b	51 b	57 b	62 a	68 a	70 a	67 a	66 bc
CX	56 ab	60 a	63 a	62 a	64 a	63 b	66 a	62 c
SC	57 ab	58 a	64 a	61 a	67 a	68 ab	69 a	71 ab
TB	60 a	59 a	59 ab	66 a	69 a	63 b	67 a	75 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

Todos os métodos de armazenamento sofreram aumento no teor de óleo durante o armazenamento (FIGURA 9), os métodos em sacos de raschel e tambor se ajustaram ao modelo linear com incrementos diários de 0,2348 % e 0,2430 % ao dia, respectivamente, mostrando por que foram os métodos que obtiveram maiores valores aos 60 dias. Já os métodos amontoado e caixas plásticas se ajustaram ao modelo quadrático; essa perda em porcentagem no período final de armazenamento pode ser explicada pelo ataque de microorganismos ao mesocarpo, reduzindo seu teor de óleo.



**FIGURA 4.** O teor de óleo do mesocarpo em função do tempo de armazenamento para frutos de macaúba nos métodos de armazenamento amontoad (A), caixas plásticas (B), sacos de raschel (C) e tambor de 200 L (D). Resultados obtidos em porcentagem.

Entretanto, no método de armazenamento em tambor (testemunha), que é realizado por pequenos produtores, observou-se maior umidade no mesocarpo, o que resultou em menor firmeza da polpa. Além disso, este método apresentou cheiro desagradável (putrefação dos frutos), o que inviabiliza o óleo para fins nobres (alimentação humana, por exemplo). Visualmente, a polpa apresentava avançado estágio de degradação por microrganismos, que, por sua vez, resultou em baixo percentual relativo de matéria seca. Este fato pode estar relacionado ao alto teor de óleo encontrado no mesocarpo. Logo, houve visual perda de matéria seca, o que pode resultar em baixa quantidade de óleo extraída, apesar de o percentual de óleo medido ser elevado.

Os demais sistemas de armazenamento (caixas, sacos e amontoado) apresentaram frutos com características visuais menos negativa e não foi observado odor desagradável nestes tratamentos. Provavelmente, estes sistemas sejam mais indicados para uso em grande escala. Entretanto, faz-se necessário aprimorar este trabalho para verificar além do teor de óleo o conteúdo de óleo, uma vez que os diferentes sistemas de tratamento apresentaram visual perda de matéria seca (consumo da matéria seca por microrganismo).

## 4. CONCLUSÕES

O teor de óleo no mesocarpo dos frutos foi crescente em todos os métodos de armazenamento, mostrando que, após a colheita no ponto de maturação, os frutos continuam a aumentar seu teor de óleo. Aos 60 dias de armazenagem, os métodos que proporcionaram o maior teor de óleo no mesocarpo, seguindo a ordem decrescente, foram o tambor, sacos de raschel, amontoado e caixas plásticas. Porém, o tambor apresenta estado aquoso e odor de putrefação.

A acidez no óleo do mesocarpo se elevou em todos os sistemas de armazenamentos.

Houve pouca variação na cor e qualidade dos frutos durante o armazenamento, mas o armazenamento em sacos de raschel destaca a melhor característica visual e uma rápida redução no teor de umidade, mostrando-se promissor para conservação do fruto e óleo.

Estudos complementares são necessários para se obter dados com maior acurácia e elucidação de lacunas sobre a qualidade de fruto e óleo do mesocarpo durante o armazenamento.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O período de frutificação da macaúba variou de 358 dias (12 meses) até 428 dias (14 meses) nas plantas avaliadas. O fruto se desenvolve primeiro em tamanho e volume em função da formação das partes estruturais (epicarpo e endocarpo), enquanto as partes que contêm óleo (mesocarpo e amêndoa) têm seu desenvolvimento e acúmulo de massa seca do meio para o final do ciclo.

Mostrando que a macaúba desenvolve seus frutos em cinco meses, para, em seguida, iniciar a fase de acúmulo de massa seca e teor de óleo no mesocarpo e amêndoa, o mesocarpo é responsável por armazenar a maior quantidade de massa seca do fruto e seu teor de óleo sofre aumentos, principalmente, nos últimos dois meses antes da maturação e queda natural, ou seja, colheitas precoces realizadas antes da maturidade fisiológica acarretam baixo rendimento de óleo, além de que pode impedir que o acúmulo de óleo aconteça após a colheita.

O epicarpo imaturo apresenta cor verde e, no final do ciclo, cor amarelo, enquanto o mesocarpo, inicialmente, possui cor branca e, no final do ciclo, cor amarelo intenso. Os parâmetros de cor não apresentaram variações significativas no período de maturação fisiológica, mas pode-se observar no final do ciclo produtivo que outro indicativo do ponto de colheita surgiu, que é quando os frutos se desprendem do cacho com facilidade. Não é possível estipular em dias após o florescimento quando os frutos vão atingir a maturidade, pois, como as plantas se encontram em maços naturais, os ciclos são variados entre as plantas.

Pode-se observar uma característica muito interessante para o melhoramento genético explorar após a maturação dos frutos, mostrando uma ótima característica da macaúba, onde algumas plantas, mesmo após os frutos

atingirem sua maturação, não caem naturalmente do cacho por longos períodos, podendo, assim, uniformizar a colheita em cultivos extensivos.

Durante o armazenamento, a rápida perda da umidade do mesocarpo pode ser um indicativo para se conseguir armazenar frutos por longos. Umidades muito elevadas durante o armazenamento gera grande perda visual de massa seca; nesse sentido, a avaliação de incrementos do teor de óleo no mesocarpo com maior acurácia deve ser realizada juntamente com avaliação da quantificação da perda ou ganho de massa seca e umidade no mesocarpo.

A acidez não pode ser controlada neste trabalho apenas com os métodos de armazenamento utilizados, mas pode se fazer associações entre formas de armazenagem com métodos físicos ou químicos para que a acidez não se eleve durante o armazenamento.

Com este trabalho, tivemos informações importantes sobre a fenologia de desenvolvimento do fruto durante todo o ciclo da cultura e definição de uma forma de colheita do cacho e seu ponto de maturação, ambas descobertas eram gargalos importantes na cadeia produtiva da macaúba. Também abordamos o comportamento dos frutos na pós-colheita durante seu armazenamento, subsidiando informações básicas ainda desconhecidas, sendo um trabalho pioneiro na área de armazenamento de coco macaúba, servindo de norte para novos trabalhos visando à conservação do fruto e óleo de macaúba armazenados em grande escala por períodos longos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, F. P.; BROETTO, F.; BATISTELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Mart] coletada na região de Botucatu, SP. **Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 26, p.12-20, 2011.

AZEREDO, H. M. C.; Fundamento de estabilidade de alimentos. 1º Ed. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 195p. Fortaleza, 2004.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SHIERBERLE, P.; **Food Chemistry**. 4th

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

CELLA, R. C. F., REGITANO-D'ARCE, M. A. B., & SPOTO, M. H. F. (2002). Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 111-116.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa energia. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte, 1983. 152 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B.; **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**, 2º Ed., editora Atual, Lavras, 783p., 2005.ed., Springer, 1.114p., Berlin, 2009.

FARIAS, T. M.; **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*acrocomia sp*) para a produção de óleos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GUSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J.; **The lipid handbook**. 3<sup>rd</sup> Ed., CRC press, 783 p., New York, 2007.

HAYMA, J.; **The storage of tropicals agricultural products**. 4<sup>th</sup> ed., Stoas Digigraf, Wagenigen, 84p., 2003.

HIANE, P.A.; FILHO, M.M.R.; RAMOS, M. L.; MACEDO, M. L. B. Bocaiuva, *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. Pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition, **Journal Food Technology Journal Food Technology**, v.8, p. 256 - 259, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL), Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 4a edição, São Paulo: IMESP, v. 1, p. 116 – 118, 1985.

MORETTO, E.; FETT, R.; **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. Livraria Varela, 150p., 1998.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE. P. A.; BRAGA NETO. J. A.; SIQUEIRA. E. M. A. S. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** , V.28, P. 90 - 94, 2008.

RETTORE, R. P.; MARTINS, H.; **Produção de combustíveis Líquidos a Partir de Óleos Vegetais**. Relatório final, CETEC-MG, vol.1, Belo Horizonte, 1983.

RUPOLLO, G., GUTKOSKI, L. C., MARINI, L. J., & ELIAS, M. C. (2004). Sistemas de armazenamentos herméticos e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, V. 34, P. 1715-1722.

SILVA, I. C. C.; **Uso de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba**. 2009. 99p. Dissertação

(Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, M. A.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, 2008.

WIESENBORN, D., DODDAPANENI, R., TOSTENSON, K., KANGAS, N. Cooking Indices to predict screw-press performance for crambe seed. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 78, p. 467-471, 2001.

## ANEXOS

### Anexo A

**1A.** Resumo da análise de variância do comprimento (COMP), massa fresca do fruto (MFF), e dos parâmetros do colorímetro no epicarpo, L (luminosidade ou brilho), C (cromaticidade) e H (°Hue cor propriamente dita) considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	Quadrado Médio (QM)				
		COMP	MF	L	C	H
POS	2	11 <sup>NS</sup>	53 <sup>NS</sup>	33 <sup>NS</sup>	17 <sup>NS</sup>	85 <sup>NS</sup>
ERRO a	27	93	405	172	163	531
EP	27	917 <sup>*</sup>	3251 <sup>*</sup>	1077 <sup>*</sup>	649 <sup>*</sup>	3781 <sup>*</sup>
EPxPOS	54	3 <sup>NS</sup>	14 <sup>NS</sup>	4 <sup>NS</sup>	5 <sup>NS</sup>	13 <sup>NS</sup>
ERRO b	693	4	21	10	11	27
CV		5	12	7	11	6

\* ,ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

**2 A.** Resumo da análise de variância do diâmetro (DIAM), e massa seca do fruto (MSF) considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	QM	
		MSF	
POS	2	25.90	<sup>NS</sup>
ERRO a	27	63.22	
EP	27	1433.00	<sup>*</sup>
EPxPOS	52	3.39	<sup>NS</sup>
ERRO b	667	4.91	
		14.63	

\* , ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

**3 A.** Resumo da análise de variância do diâmetro (DIAM), considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	QM	
		DIAM	
POS	2	2.34	NS
ERRO a	27	57.99	
EP	27	1281.00	*
EPxPOS	54	1.93	NS
ERRO b	692	3.74	
		4.75	

\*, ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

**4A.** Resumo da análise de variância da massa fresca (gramas) do epicarpo (MFEPI), mesocarpo (MFMES), endocarpo (MFEND) e dos parâmetros do colorímetro no mesocarpo, L (luminosidade ou brilho), C (cromaticidade) e H (°Hue cor propriamente dita) considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	Quadrado médio											
		Massa fresca (MF)						L	C	H			
		EPI	MES	END									
POS	2	10.4	NS	15	NS	8	NS	6.0	NS	4.0	NS	3	NS
ERRO a	27	29.6		97		35		7.0		13.1		24	
EP	22	19.0	*	77	*	8	*	11.8	*	195	*	34	*
EPxPOS	44	0.6	NS	3	NS	2	NS	0.3	NS	0.5	NS	1	NS
ERRO b	558	1.1		7		2		0.4		1.4		1	
<b>CV</b>		9.5		15		13.5		11.3		24.9		13.6	

\*, ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

**5A.** Resumo da análise de variância da massa seca (gramas) do epicarpo (MSEPI), mesocarpo (MSMES), endocarpo (MSEND) considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	Quadrado médio					
		MSEPI		MSMES		MSEND	
POS	2	5.7	NS	4.3	NS	1.8	NS
ERRO a	27	6.2		13.1		21.5	
EP	22	3.2	*	197.8	*	24.5	*
EPxPOS	44	0.3	NS	0.5	NS	0.9	NS
ERRO b	530	0.3		1.5		0.9	
<b>CV</b>		10.8		24.83		13.4	

\*,ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

**6A.** Resumo da análise de variância das massas fresca (MFAM) e seca (MSAM) da amêndoa considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	QM			
		MFAM		MSAM	
POS	2	0.03	NS	0.02	NS
ERRO a	27	1.78		0.57	
EP	19	2.55	*	7.95	*
EPxPOS	38	0.12	NS	0.06	NS
ERRO b	477	0.15		0.08	
<b>CV</b>		19.33		28.08	

\*,ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.



**6A.** Resumo da análise de variância do teor de óleo no mesocarpo (TO) considerando épocas de coleta (EP) e posições do fruto (POS) no cacho.

FV	GL	QM	
		TO	
POS	2	6.56	NS
ERRO b	27	8.32	
EP	14	11441	*
EPxPOS	28	1.79	NS
ERRO b	342	5.69	
CV		9.97	

\*,ns Significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

## Anexo B

**1B.** Resumo da análise de variância da umidade do mesocarpo (UMI), firmeza do mesocarpo (FIR) e dos parâmetros do colorímetro L (luminosidade ou brilho), C (cromaticidade) e H (°Hue cor propriamente dita) considerando os métodos de armazenamento (ARM) e períodos de armazenamento (PA).

FV	GL	QUADRARADO MÉDIO				
		UMI	FIR	L	C	H
ARM	3	1918 **	15096 **	790 **	471 *	724 **
ERRO a	17	0.64	2142	67	76	13
PA	7	575 **	54508 **	2563 **	4214 **	617 **
ARM*PA	21	169 **	22424 **	73 **	269 **	39 **
ERRO b	112	0.47	16579	33	94	15
CV		4.28	20.04	9.00	17.23	4.74

\*\*, \* Significativo a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente

**2 B.** Resumo da análise de variância teor de acidez e teor de óleo considerando métodos de armazenamento (ARM) e períodos de armazenamento (PA).

FV	GL	QUADRARADO MÉDIO			
		ACIDEZ		T. ÓLEO	
ARM	3	16.12	**	68.84	**
ERRO a	8	0.21		1.27	
PA	7	987.64	**	470.36	**
ARM*PA	21	10.59	**	11.94	**
ERRO b	56	0.50		2.58	
CV		6.81		4.17	

\*\* \* Significativo a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente