



**MATHEUS LEONARDO BENTO**

**MORFOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO  
PONTO DE MATURAÇÃO DO COCO MACAÚBA  
(*Acrocomia aculeata*)**

**LAVRAS - MG  
2023**

**MATHEUS LEONARDO BENTO**

**MORFOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PONTO DE  
MATURAÇÃO DO COCO MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael Peron Castro  
Orientador  
Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2023**

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

Bento, Matheus Leonardo.

Morfologia de frutificação e determinação do ponto de maturação do coco macaúba (*Acrocomia aculeata*) / Matheus Leonardo Bento. - 2023.

35 p.

Orientador(a): Rafael Peron Castro.

Coorientador(a): Heloisa Oliveira dos Santos.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.  
Bibliografia.

1. Macaúba. 2. Óleo. 3. Frutos. I. Castro, Rafael Peron. II. Santos, Heloisa Oliveira dos. III. Título.

**MATHEUS LEONARDO BENTO**

**MORFOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PONTO DE  
MATURAÇÃO DO COCO MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)**

**FRUITING MORPHOLOGY AND DETERMINING THE MATURATION POINT OF  
THE MACAÚBA COCONUT (*Acrocomia aculeata*)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 28 de novembro de 2023.  
Msc. Franklin Daniel Inácio - UFLA  
Msc. Christina Maria de Freitas Grupioni - UFLA

---

Prof. Dr. Rafael Peron Castro  
Orientador

---

Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Luiz e Janete, e meu irmão, Gabriel, por todos os ensinamentos e por tornar tudo isso possível.

A minha namorada, Luana, pelo cuidado e companheirismo em todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Rafael Peron Castro, pela excelente orientação.

Ao CNPq, pela oportunidade de ser bolsista e me desenvolver como pessoa e como profissional.

A FAPEMIG, pela oportunidade de integrar ao projeto.

Aos colegas da república Mata Burro, pela irmandade nestes anos de graduação.

## RESUMO

A macaúba (*Acrocomia Aculeata*) é considerada uma planta alinhada às novas diretrizes internacionais de descarbonização e desenvolvimento sustentável. Nativa do Brasil e de ampla aptidão edafoclimática, esta palmeira tem alto potencial produtivo, consegue sobreviver às queimadas que acometem a região do cerrado, promove reflorestamento natural em regiões de pastejo extensivo e possui uso difundido pelos seres humanos devido à vasta gama de derivados que oferece aos usos do homem. A macaúba atinge a maturidade fisiológica a partir do 5º ano de desenvolvimento, quando começa a apresentar cachos protegidos por uma espata tomentosa, onde são produzidos centenas de frutos do tipo drupa conhecidos como coco macaúba, coco baboso, ou coco de espinho. Estes frutos se desenvolvem por cerca de 12 (doze) meses, atingindo a maturação de maneira heterogênea. Frutos de macaúba são climatéricos e se degradam em poucos dias após a abscisão em função das características físico-químicas do óleo vegetal (azeite) que compõe sua polpa (mesocarpo). Este óleo que pode ser utilizado para fabricação de biodiesel e na indústria de cosméticos, e a torta proveniente de sua extração é rica em carboidratos e muito apreciada pelo gado, principal dispersor desta espécie. O coco macaúba possui um endocarpo altamente lignificado que protege sua amêndoa, que também tem aplicação energética como carvão vegetal não madeireiro ou ainda insumo para a bioconstrução. A semente, ou amêndoa, é rica em proteínas e oferece um óleo vegetal límpido e de boa qualidade, absorvido pelas indústrias alimentares e de cosmética. A definição de boas práticas de pós-colheita, como o estágio de desenvolvimento que representa a melhor qualidade de seus coprodutos, bem como o período de armazenamento ou secagem natural, têm sido os principais desafios para se obter um rendimento satisfatório da extração da polpa dos frutos, visto que, tal período influencia diretamente na eficiência da extração e nas características químicas do produto (azeite da polpa). Este trabalho tem o objetivo de compreender a morfologia reprodutiva de plantas de macaúba, bem como identificar o momento correto de efetuar a colheita e o processamento pós-colheita do coco macaúba. O experimento foi instalado na Plataforma de Energias Renováveis da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG – PLAER/UFLA, com frutos coletados nas suas proximidades, de plantas endêmicas da região. O experimento foi realizado com duas fontes de variação, a coloração dos frutos (verde, bege e marrom) e o tempo que estes ficaram submetidos ao processo de desidratação natural em ambiente protegido (3, 5, 7, 10 e 13 dias). Após realizados os tratamentos, os frutos foram despulpados em equipamento desenvolvido neste laboratório e de acordo com o rendimento da extração e a qualidade dos produtos obtidos.

**Palavras-chave:** Macaúba. Óleo. Polpa. Frutos.

## ABSTRACT

Macauba (*Acrocomia Aculeata*) is considered a plant in line with the new international guidelines for decarbonization and sustainable development. Native to Brazil and with a wide range of soil and climate suitability, this palm has a high production potential, can survive the fires that affect the cerrado region, promotes natural reforestation in regions of extensive grazing and is widely used by humans due to the wide range of derivatives it offers for human use. The macauba tree reaches physiological maturity from the 5th year of development, when it begins to produce bunches protected by a tomentose spathe, where hundreds of drupe-like fruits known as coco macaúba, coco baboso, or coco de espinho are produced. These fruits develop for around 12 (twelve) months, reaching maturity in a heterogeneous manner. Macauba fruits are climacteric and degrade within a few days of abscission due to the physical and chemical characteristics of the vegetable oil (azeite) that makes up their pulp (mesocarp). This oil can be used to make biodiesel and, in the cosmetics industry, and the cake that comes from its extraction is rich in carbohydrates and highly prized by cattle, the main dispersers of this species. The macaúba coconut has a highly lignified endocarp that protects its kernel, which also has an energy application as a non-timber charcoal or as an input for bio-construction. The seed, or kernel, is rich in protein and offers a high level of nutrition. absorbed by the food and cosmetics industries. The definition of good post-harvest practices, such as the stage of development that represents the best quality of its co-products, as well as the period of storage or natural drying, have been the main challenges in obtaining a satisfactory yield from the extraction of fruit pulp, since this period directly influences the efficiency of extraction and the chemical characteristics of the product (pulp oil). The aim of this study was to understand the reproductive morphology of macauba plants and to identify the correct time to harvest and post-harvest process macauba coconuts. The experiment was set up at the Renewable Energy Platform of the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras - MG - PLAER/UFLA, with fruit collected from nearby endemic plants in the region. The experiment was carried out with two sources of variation: the color of the fruit (green, beige and brown) and the length of time they were subjected to the natural dehydration process in a protected environment (3, 5, 7, 10 and 13 days). After the treatments had been carried out, the fruit was pulped using equipment developed in this laboratory, according to the extraction yield and the quality of the products obtained.

**Keywords:** Macaúba. Oil. Pulp. Fruit.

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Amadurecimento dos frutos de macaúba.....	17
<b>Figura 2</b> - Coleta de cachos utilizando serrote com cabo extensor (esquerda) em área de ocorrência natural localizada na região de Ijaci (direita). ....	18
<b>Figura 3</b> - Frutos armazenados em casa de vegetação.....	19
<b>Figura 4</b> - Máquina beneficiadora de frutos de macaúba. ....	20
<b>Figura 5</b> - Espata tomentosa (esquerda); Espata em processo de abertura (meio); Cacho aberto (direita). ....	22
<b>Figura 6</b> - Desenvolvimento das estruturas reprodutivas. ....	23
<b>Figura 7</b> - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 3 dias de armazenamento.....	25
<b>Figura 8</b> - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 3 dias de armazenamento. ....	25
<b>Figura 9</b> - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 3 dias de armazenamento. ....	25
<b>Figura 10</b> - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 3 dias de armazenamento. ....	26
<b>Figura 11</b> - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 5 dias de armazenamento.....	26
<b>Figura 12</b> - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 5 dias de armazenamento. ....	27
<b>Figura 13</b> - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 5 dias de armazenamento. ....	27
<b>Figura 14</b> - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 5 dias de armazenamento. ....	27
<b>Figura 15</b> - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 7 dias de armazenamento.....	28
<b>Figura 16</b> - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 7 dias de armazenamento. ....	28
<b>Figura 17</b> - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 7 dias de armazenamento. ....	28
<b>Figura 18</b> - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 7 dias de armazenamento. ....	28

<b>Figura 19</b> - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 10 dias de armazenamento.....	29
<b>Figura 20</b> - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 10 dias de armazenamento. ....	29
<b>Figura 21</b> - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 10 dias de armazenamento. ....	29
<b>Figura 22</b> - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 10 dias de armazenamento. ....	30
<b>Figura 23</b> - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 13 dias de armazenamento.....	30
<b>Figura 24</b> - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 13 dias de armazenamento. ....	30
<b>Figura 25</b> - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 13 dias de armazenamento. ....	31
<b>Figura 26</b> - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 13 dias de armazenamento.....	31

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tratamentos aplicados e quantidades amostrais.....	21
<b>Tabela 2</b> - Avaliação dos tratamentos.....	24
<b>Tabela 3</b> - Rendimento dos tratamentos. ....	24

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1</b>	<b>Morfologia</b> .....	14
<b>2.2</b>	<b>Fenologia</b> .....	14
<b>2.3</b>	<b>Usos</b> .....	14
<b>2.4</b>	<b>Distribuição Geográfica</b> .....	15
<b>2.5</b>	<b>Qualidade do óleo</b> .....	15
<b>2.6</b>	<b>Considerações ambientais</b> .....	16
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	17
<b>3.1</b>	<b>Determinação do ponto de colheita</b> .....	17
<b>3.2</b>	<b>Coleta de amostras</b> .....	18
<b>3.3</b>	<b>Método de armazenamento</b> .....	18
<b>3.4</b>	<b>Método de extração da polpa</b> .....	19
<b>3.5</b>	<b>Planejamento experimental</b> .....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira nativa do Brasil, alinhada às novas diretrizes internacionais de descarbonização e desenvolvimento sustentável, de ampla aptidão edafoclimática, distribuída no bioma do cerrado brasileiro, e reconhecida por suas características morfológicas, que conferem alta rusticidade, sendo resistente às queimadas que acometem este bioma, e pelo seu alto potencial produtivo, além de possuir usos difundidos pelo ser humano, pela vasta gama de derivados que oferece, e atua promovendo o reflorestamento natural em regiões de pastejo extensivo. Esta espécie vegetal tem sido objeto de estudo e interesse crescente nas últimas décadas, graças à sua diversidade de usos e suas qualidades singulares no contexto da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento econômico.

Morfologicamente, apresenta folhas longas e palmadas, que se erguem de um tronco espinhoso, ou seja, recoberto por acúleos, o que justifica o termo “aculeata”. Essa planta robusta é adaptável a diferentes climas, incluindo regiões semiáridas, pois possui um sistema radicular profundo e extenso, conferindo-lhe grande capacidade de sobreviver em solos pobres e condições adversas, o que a torna uma espécie notável em termos de resiliência ambiental. A macaúba é uma planta monoica protogínica, ou seja, a inflorescência masculina não fecunda a inflorescência feminina da mesma planta, isso se dá pela diferença temporal na maturação entre as inflorescências (BRITO, 2013). Ela atinge a maturidade fisiológica a partir do 5º ano de desenvolvimento, quando começa apresentar cachos protegidos por uma espata tomentosa, onde são produzidos centenas de frutos do tipo drupa, conhecidos como coco macaúba, coco baboso, ou coco de espinho.

Um aspecto que dificulta a extração em larga escala da polpa macaúba, para a produção de óleo, é o consenso entre o período em que os frutos devem ser armazenados, bem como as condições em que esse armazenamento deve ser feito, para alcançar maior rendimento do beneficiamento dos frutos e boa qualidade do azeite extraído. A quantidade de dias, e a temperatura de armazenamento dos frutos afeta significativamente o rendimento desta extração e as características químicas do azeite da polpa, e conseqüentemente, a qualidade do produto. O teor de óleo dos frutos aumenta ao longo do armazenamento e o índice de acidez e estabilidade oxidativa são influenciados pelo período em que os frutos permanecem armazenados (GOULART, 2014). Essa característica é particularmente importante a ser compreendida, uma vez que impacta diretamente a produção, beneficiamento, a qualidade do óleo, e o estabelecimento de um sistema de produção e práticas de pós-colheita consolidados.

Além de suas características morfológicas significativas, a macaúba também é conhecida por seu potencial em uma variedade de aplicações. A polpa dos frutos da macaúba é rica em óleo, que pode ser extraído e utilizado em diversas indústrias, incluindo a de biocombustíveis, devido à sua composição química. A torta da polpa, subproduto da extração do azeite da polpa, pode ser utilizada na formulação de ração animal, especialmente para ruminantes (RIGUEIRA et al., 2017). O endocarpo, parte mais interna do fruto, que separa a polpa da amêndoa, pode ser utilizada para fabricação de carvão vegetal (EVARISTO et al., 2016). A amêndoa do fruto, que também é rica em óleo, pode ser utilizada na indústria de cosméticos, e seu subproduto, a torta da amêndoa, na formulação de farinhas para consumo humano, pois contém alto valor nutricional, assim como a torta da polpa (NASCIMENTO, 2019). Além disso, suas folhas e fibras podem ser aproveitadas na produção de artesanato, papel e outros produtos.

Existem diversos usos dos produtos e coprodutos gerados pelo processamento dos frutos da macaúba, contudo, o cultivo desta palmeira possui aplicações positivas no âmbito do desenvolvimento sustentável, como a recuperação de pastagens degradadas, e o sequestro de carbono da atmosfera. A utilização de um sistema de integração lavoura-pecuária se mostra eficiente na redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa. Este sistema melhora a qualidade do solo: propriedades químicas, físicas e biológicas; na quebra do ciclo de pragas e doenças; no controle de plantas invasoras; no aproveitamento dos subprodutos; pastejo de outono em pastagens anuais; melhorando e mantendo a produção animal e de grãos; com fluxo de caixa mais frequente ao produtor; criando empregos, e dando maior sustentabilidade a produção agropecuária (MACEDO et al., 2013).

A macaúba emerge, assim, como um recurso valioso que pode contribuir significativamente para a busca de soluções ambientalmente conscientes e economicamente viáveis, visando atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável, visto que, é possível sequestrar carbono da atmosfera, gerar renda e fonte de alimento de maneira alternativa para a agricultura familiar. O desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a potencialidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades, podendo ainda ser empregado com o significado de melhoria da qualidade de vida humana dentro dos limites da capacidade de suporte dos ecossistemas (ALMEIDA; ARAÚJO, 2013).

Desta maneira, o estudo das formas de armazenamento, bem como de suas estruturas de frutificação desempenha um papel fundamental na compreensão de seu ciclo de vida e na maximização de seu potencial para uma produção em larga escala. Este trabalho tem o objetivo

de explorar o período de armazenamento, e a influência da secagem na pós-colheita e no rendimento de extração de azeite da polpa de macaúba, como também, identificar e caracterizar as estruturas de reprodução desta palmeira.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A palmeira macaúba é uma espécie de grande importância socioeconômica, cujos estudos abrangem diversos aspectos, desde a morfologia, fenologia, distribuição geográfica, usos e a qualidade do óleo produzido. Este referencial teórico tem por objetivo, sintetizar as principais contribuições da literatura nessas áreas.

### **2.1 Morfologia**

O estudo da morfologia desta palmeira oferece uma melhor compreensão da anatomia e estrutura da planta, e esta análise é fundamental para entender a fisiologia e seu papel em ecossistemas naturais e sistemas de produção agrícola. Pesquisas como a de Brito (2013) exploram aspectos como altura, diâmetro do tronco, número e disposição das folhas, e características das flores e frutos. O tronco da macaúba é robusto, podendo atingir alturas significativas, e as folhas são palmadas, formando uma copa característica. A presença de espinhos ao longo do tronco e nas bases das folhas consiste em uma adaptação defensiva. As flores desta palmeira são pequenas e unissexuadas, agrupadas em inflorescências do tipo espádice, este que é protegido por uma bráctea espinhosa, o que confere proteção e reduz riscos de danos causados por predadores.

### **2.2 Fenologia**

O estudo da fenologia da macaúba, abordado por Brito (2013), além de diversos pesquisadores, contribui para o entendimento dos padrões de crescimento, reprodução e frutificação da planta ao longo do ano, sendo crucial para o planejamento de sistemas de produção, coleta de frutos e estratégias de conservação. A fenologia da palmeira macaúba é influenciada por disponibilidade de água e temperatura, e seu ciclo abrange fases como o desenvolvimento vegetativo, a floração, a frutificação e a dispersão das sementes.

### **2.3 Usos**

Estudos como o de Lôbo et al. (2013) apresentam uma abordagem abrangente sobre a utilização dos frutos de macaúba em comunidades do estado de Minas Gerais. Aborda aspectos econômicos, como a importância deste fruto na economia local, pois representa uma fonte de

potencial de renda para as comunidades. Aspectos culturais e alimentares, pois os cocos de macaúba são amplamente utilizados na culinária destas comunidades. Aspectos industriais também são apontados por este estudo, que explora os processos de extração dos óleos e destaca características destes óleos que são favoráveis à utilização deles em diversas indústrias, como a de cosméticos, biodiesel e alimentícia.

## **2.4 Distribuição Geográfica**

A distribuição geográfica da macaúba é de suma importância para compreendermos a adaptação da espécie em diferentes ambientes. Pesquisas como a de Lima (2016) oferecem informações sobre a presença desta palmeira em diferentes regiões do Brasil, o que contribui para a identificação de áreas de maior incidência, inferindo em áreas de conservação e potenciais zonas para se estabelecer um sistema de produção. A palmeira macaúba é amplamente distribuída no território brasileiro, abrangendo os biomas do cerrado e da caatinga, o que nos dá a percepção de sua alta capacidade adaptativa. A variabilidade da temperatura, pluviosidade e tipo de solo são determinantes na diversidade genética e em sua ampla distribuição.

## **2.5 Qualidade do óleo**

O estudo de Goulart (2014) aborda aspectos sobre o amadurecimento pós-colheita dos frutos e sua influência na qualidade do óleo destinado à produção de biodiesel, o que é de grande importância para a compreensão dos fatores que impactam a composição e as propriedades do óleo extraído desta palmeira. O óleo, ou azeite da macaúba possui uma boa proporção de ácidos graxos saturados e insaturados, e o processo de amadurecimento pós-colheita é crucial para a qualidade deste óleo. Fatores como a estabilidade oxidativa pode afetar a durabilidade do biodiesel produzido, e esta pesquisa aponta estratégias para otimizar essa estabilidade e, conseqüentemente, melhorar a qualidade deste produto. Este estudo aborda também como a compreensão da qualidade do óleo impacta a indústria de biodiesel e contribui para a busca de fontes de energia mais sustentáveis.

## **2.6 Considerações ambientais**

A abordagem de Tolêdo (2010) oferece uma análise abrangente das implicações ambientais associadas à produção de biodiesel a partir da palmeira macaúba, abordando aspectos como a sustentabilidade na produção de biodiesel, pois a busca por fontes de energia renovável é uma resposta estratégica para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, o uso eficiente dos recursos naturais, mitigação de emissões de gases do efeito estufa, pelo sequestro de carbono pelas plantas, e perspectivas para o desenvolvimento sustentável, destacando práticas que promovam a resiliência ambiental e viabilidade econômica da macaúba a longo prazo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Plataforma de Energias Renováveis – PLAER da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de compreender a morfologia reprodutiva de plantas de macaúba, bem como identificar o momento correto de efetuar a colheita e o processamento pós-colheita do coco macaúba, além de correlacionar a coloração da casca com o rendimento de despulpagem e com a maturidade fisiológica. Os frutos foram coletados nas proximidades da cidade de Lavras-MG, entre os meses de outubro e novembro de 2023. Após a coleta, os cocos de macaúba foram separados em lotes de 500 frutos cada, de acordo com o período de armazenamento. Antes da extração da polpa, os frutos foram separados, visualmente, entre as cores verde, bege e marrom, pesados e despulpados. Ao final das extrações, as amostras foram pesadas novamente, para avaliar o rendimento da máquina despulpadora de acordo com o tempo de secagem e coloração dos frutos. Uma amostra de 3 (três) frutos, de acordo com a coloração, foi selecionada para cada período de armazenamento, e serrados ao meio, a fim de observar a maturação interna de cada fruto, com o intuito de avaliar a correlação do tempo de armazenamento, e coloração dos frutos, no estágio de maturação e no rendimento da máquina despulpadora.

#### 3.1 Determinação do ponto de colheita

As palmeiras de macaúba foram monitoradas entre os meses de julho e setembro de 2023, nas proximidades da cidade de Lavras – MG, para que garantir o maior número de frutos maduros. A identificação visual da coloração e firmeza da casca dos frutos, e o conhecimento da sazonalidade das palmeiras de macaúba na região, permitem colher frutos mais próximos da maturidade fisiológica (Figura 1).

**Figura 1** - Amadurecimento dos frutos de macaúba.



Fonte: Montoya et al. (2016).

### 3.2 Coleta de amostras

Os frutos de Macaúba foram coletados entre os meses de outubro e novembro de 2023, na fazenda Limeira, localizada no anel rodoviário de Lavras no município de Ijaci no estado de Minas Gerais, latitude  $21^{\circ}15'01.6''\text{S}$  e longitude  $44^{\circ}55'28.5''\text{W}$ . As palmeiras de onde se retirou os cachos são plantas espontâneas presentes em propriedade privada, e se desenvolveram em clima e condições de solo semelhantes (Figura 2).

**Figura 2** - Coleta de cachos utilizando serrote com cabo extensor (esquerda) em área de ocorrência natural localizada na região de Ijaci (direita).



Fonte: Do Autor (2023).

### 3.3 Método de armazenamento

Após coletados, os frutos foram retirados dos cachos e separados em lotes de 500 frutos cada, selecionados aleatoriamente, onde foram armazenados em casa de vegetação sobre grade, que permite a passagem de ar, por 3, 5, 7, 10 e 13 dias (Figura 3). Após os períodos de armazenamento, os frutos foram selecionados por cor (verde, bege e marrom), pesados e submetidos à despôlpa mecanizada de maneira individual.

**Figura 3 - Frutos armazenados em casa de vegetação.**



Fonte: Do Autor (2023).

### **3.4 Método de extração da polpa**

Após o período de armazenamento de acordo com cada tratamento, e a separação dos frutos pela cor, dentro dos lotes de tratamento de período de armazenagem, os frutos foram despulpados em processo mecanizado, foi utilizada a máquina despulpadora desenvolvida na PLAER para o beneficiamento do coco macaúba (Figura 4), constituída de um disco rotativo horizontal com 4 facas equidistantes sobre o qual as amostras foram lançadas e comprimidas. Foi mensurado o peso inicial das amostras, e o peso final após a extração.

**Figura 4 - Máquina beneficiadora de frutos de macaúba.**



Fonte: Do Autor (2023).

### **3.5 Planejamento experimental**

O experimento foi conduzido segundo um esquema fatorial de 3x5, compondo 3 tipos de cor (verde, bege e marrom) e 5 períodos de armazenamento (3, 5, 7, 10 e 13 dias), contendo 500 frutos cada tratamento, totalizando 2500 frutos. As amostras foram selecionadas de maneira aleatória e, após a separação por cor, foram pesadas e submetidas à despolpa. Após realizar a despolpa mecanizada, os frutos foram submetidos à novas pesagens, para avaliar a porcentagem de peso representativo da polpa, e o rendimento da máquina beneficiadora.

Na Tabela 1 estão organizados os tratamentos e as quantidades amostrais.

**Tabela 1** - Tratamentos aplicados e quantidades amostrais.

<b>Tratamento</b>	<b>Período de armazenamento</b>	<b>Cor</b>	<b>Número de frutos por tratamento</b>
T1	3 dias	Verde / bege / marrom	500
T2	5 dias	Verde / bege / marrom	500
T3	7 dias	Verde / bege / marrom	500
T4	10 dias	Verde / bege / marrom	500
T5	13 dias	Verde / bege / marrom	500

Fonte: Do Autor (2023).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfologia das estruturas reprodutivas da macaúba é singular, e se dá pela emissão da espata tomentosa, que consiste em uma folha modificada e pode atingir até 2 metros de comprimento, onde se desenvolve o cacho, que possui as inflorescências masculinas e femininas. Esta estrutura se abre, expondo as estruturas de reprodução para a fecundação. A inflorescência é pendente e possui um eixo principal, denominado de raque, e vários eixos de segunda ordem, as ráquilas (Figura 5).

**Figura 5** - Espata tomentosa (esquerda); Espata em processo de abertura (meio); Cacho aberto (direita).



Fonte: Do Autor (2023).

As inflorescências possuem em média 250 ráquilas, com comprimento variando de 10 a 36cm de comprimento, com flores pistiladas e estaminadas. As flores pistiladas são organizadas em tríade, ocupando a porção basal do cacho, ladeadas por duas flores estaminadas. As flores estaminadas se concentram na porção mediana à apical da ráquila, e cada uma contém em média 300 flores estaminadas. Na inflorescência completa é constatado que há cerca de 750 flores pistiladas e 75.000 flores estaminadas (BRITO, 2013).

A inflorescência feminina se torna viável antes da masculina, o que caracteriza o fenômeno de protoginia, causando a autogamia desta palmeira, e conseqüentemente, alta variabilidade genética, o que explica a diferença na coloração da casca dos frutos de uma planta para outra. O cacho é formado por um eixo central, a raque, estrutura que comporta os pendões com ambas as inflorescências, denominados de ráquilas, sendo geralmente 3 estruturas

femininas, que darão origem aos frutos, ou seja, cada ráquila do cacho dará origem à cerca de 3 frutos. Após esta etapa, ocorre o desenvolvimento dos frutos e dessecação das estruturas masculinas (Figura 6).

**Figura 6 - Desenvolvimento das estruturas reprodutivas.**



Fonte: Do Autor (2023).

A seguir estão demonstrados os valores de peso inicial, peso final da polpa após extração e peso final dos frutos após despulpamento na máquina beneficiadora (Tabela 2), e o rendimento da máquina beneficiadora de frutos de macaúba (Tabela 3).

**Tabela 2 - Avaliação dos tratamentos.**

<b>Peso (Kg)</b>	<b>Verde</b>	<b>Bege</b>	<b>Marrom</b>
<b>Frutos</b>			
3 dias	1.220	13.440	9.065
5 dias	1.750	17.139	5.125
7 dias	1.560	10.655	8.855
10 dias	0.835	14.665	9.545
13 dias	0.670	8.125	7.510
<b>Polpa após extração</b>			
3 dias	0.328	2.900	1.673
5 dias	0.225	3.090	0.995
7 dias	0.110	1.865	1.070
10 dias	0.080	1.420	0.875
13 dias	0.065	0.795	0.555
<b>Frutos após extração</b>			
3 dias	0.892	10.540	7.393
5 dias	1.350	12.820	4.130
7 dias	1.255	6.900	6.540
10 dias	0.715	11.805	8.060
13 dias	0.365	7.040	6.690

Fonte: Do Autor (2023).

**Tabela 3 - Rendimento dos tratamentos.**

<b>Rendimento dos tratamentos (%)</b>	<b>Verde</b>	<b>Bege</b>	<b>Marrom</b>
3 dias	26.9	21.6	18.5
5 dias	18.9	18.0	19.4
7 dias	7.0	17.5	12.0
10 dias	9.0	9.7	9.2
13 dias	9.7	9.8	7.4

Fonte: Do Autor (2023).

No terceiro dia de armazenamento (T1), antes de realizar a despolpa, uma amostra representativa de cada fruto foi serrada ao meio para avaliar a maturação interna, e foi observado neste período, que os frutos de coloração de casca bege se mostraram mais maduros, com a coloração do mesocarpo amarelada, o que indica a maior maturação nos cocos de macaúba (Figuras 7-10).

**Figura 7** - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 3 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 8** - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 3 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 9** - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 3 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 10** - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 3 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento do despulpamento mecanizado foi calculado de acordo com o peso inicial e o peso representativo da polpa após a extração. Este rendimento para os frutos de coloração de casca verde, bege e marrom foi de 26,9%, 21,6% e 18,5%, respectivamente.

Após o quinto dia de armazenamento (T2), antes da despolpa, uma amostra representativa de cada fruto com coloração de casca verde, bege e marrom, foi selecionada e serrada ao meio para avaliar o nível de maturidade interna destes frutos (Figuras 11-14). Foi observado que, após 5 dias de armazenamento, a quantidade de frutos com coloração de casca verde foi menor, e a maturação não se manteve de acordo com a escala de maturação baseada na coloração da casca, uma vez que, frutos com coloração da casca ainda com partes verdes, se mostraram mais maduros do que frutos com coloração de casca marrom.

**Figura 11** - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 5 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 12** - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 5 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 13** - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 5 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 14** - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 5 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento da despoldadora, avaliado de acordo com o peso inicial e peso final representativo da polpa para os frutos de coloração de casca verde, bege e marrom foi de 18,9%, 18% e 19,4%, respectivamente.

Após o sétimo dia de armazenamento (T3), após separar as amostras por coloração da casca, e despoldá-las de forma individual, um fruto representativo de cada coloração foi selecionado e serrado ao meio (Figuras 15-18). Foi observado que o fruto com casca marrom permaneceu imaturo após este período de armazenamento, com coloração da polpa esbranquiçada, enquanto o fruto que ainda possuía coloração verde na casca, ao contrário do tratamento de 5 dias, ainda estava imaturo. A única amostra que apresentou boa maturação em todos os tratamentos foram os frutos com coloração de casca bege.

**Figura 15** - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 7 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 16** - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 7 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 17** - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 7 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 18** - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 7 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento da máquina beneficiadora de frutos de macaúba, avaliado de acordo com o peso inicial e o peso representativo da polpa após a extração para os frutos de coloração de casca verde, bege e marrom, foi de 7%, 17,5% e 12%, respectivamente.

Após o décimo dia de armazenamento (T4), depois de separar as amostras por coloração de casca, e despulpá-las individualmente, um fruto representativo de cada coloração foi serrado ao meio afim de observar a maturidade interna dele (Figuras 19-22). Bem semelhante ao tratamento de 5 dias, os frutos com coloração de casca verde e marrom, permaneceram imaturos, apresentando coloração da polpa esbranquiçada, enquanto os frutos de coloração bege apresentaram boa maturação.

**Figura 19** - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 10 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 20** - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 10 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 21** - Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 10 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 22** - Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 10 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento da máquina despulpadora, avaliado de acordo com o peso inicial e o peso final da polpa após a extração, foi de 9%, 9.7% e 9.2%, para frutos de coloração de casca verde, bege e marrom, respectivamente.

Após o décimo terceiro dia de armazenamento (T5), depois de separar as amostras pela coloração da casca, e despulpá-las de maneira individual, uma amostra de cada fruto foi retirada e serrada ao meio para visualizar a maturidade interna dele (Figuras 23-26). Como nos tratamentos de 3, 7 e 10 dias, os frutos de coloração verde e marrom permaneceram imaturos, e os frutos de coloração bege foram determinados como maduros, pela coloração amarelada da polpa.

**Figura 23** - Frutos de coloração da casca verde (esquerda); bege (meio); marrom (direita) com 13 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 24** - Fruto de coloração da casca verde serrado ao meio com 13 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 25-** Fruto de coloração da casca bege serrado ao meio com 13 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

**Figura 26 -** Fruto de coloração da casca marrom serrado ao meio com 13 dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento da máquina despulpadora, avaliado de acordo com o peso inicial e o peso final da polpa após a extração, foi de 9.7%, 9.8% e 7.4%, para frutos de coloração de casca verde, bege e marrom, respectivamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pôde concluir que, a morfologia da palmeira macaúba é única, o que a torna de fácil identificação, bem como o entendimento de suas estruturas reprodutivas, que nos dá informações cruciais em seu desenvolvimento, floração e reprodução, contribuindo para o melhorando genético e domesticação desta planta. A observação dos frutos serrados ao meio selecionados a partir da coloração da casca é um fator que confirma a protoginia desta palmeira, uma vez que os frutos de coloração de casca marrom não apresentaram níveis de maturação avançados, diferente dos frutos de coloração bege, que apresentaram boa maturação nos 5 períodos de armazenamento aferidos. Isso pode ter ocorrido devido à variabilidade genética das plantas em um mesmo local, diferindo na coloração dos frutos e não demonstrando essa diferença de cores, na maturação das amostras.

O rendimento da máquina beneficiadora foi maior, para frutos de coloração de casca verde, com 3 dias de armazenamento (26,9%), e menor com 7 dias de armazenamento (7%). Este rendimento pode ser explicado pelo fato de que, houve uma queda no número de frutos verdes ao longo dos dias de armazenamento, podendo estar relacionada com o rendimento, uma vez que a máquina de beneficiamento pode ter seu rendimento reduzido quando a quantidade de amostras comprimidas for pequena. A hipótese de que os cocos de macaúba são frutos climatéricos também entra em vigor, pela redução da quantidade de amostras com casca verde ao longo dos dias de armazenamento. O rendimento da despolpa foi maior, para frutos de casca bege, no período de 3 dias de armazenamento (21,6%), manteve valores próximos com 5 (18%) e 7 dias (17,5%) e apresentou uma queda aos 10 e 13 dias de armazenamento, sendo de 9.7% e 9.8%, respectivamente. O rendimento da máquina beneficiadora foi maior, para frutos de coloração de casca marrom, com 5 dias de armazenamento (19,4%). Valores próximos foram encontrados com 3 dias de armazenamento (18,5%) e os menores valores de rendimento foram obtidos com 7, 10 e 13 dias, sendo de 12%, 9.2% e 7.4%, respectivamente. Houve uma queda no rendimento da máquina beneficiadora aos 10 e 13 dias de armazenamento, com exceção do tratamento de frutos verdes, todos os frutos obtiveram o menor rendimento comparado aos outros períodos, sendo de 9.7% e 7%, para frutos de coloração de casca bege e marrom, respectivamente. Os frutos com coloração de casca verde apresentaram queda no rendimento (9%), contudo, ainda foi maior que no período de armazenamento de 5 dias.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Alessandra Bagno F. R. de; ARAÚJO, Marinella Machado. O direito ao desenvolvimento sustentável e a dimensão simbólica de sua aplicação. In: REZENDE, Élcio Nacur; CARVALHO, Valdênia Geralda de (Orgs.). **Direito ambiental e desenvolvimento sustentável**: edição comemorativa dos dez anos da Escola Superior Dom Helder Câmara. Belo Horizonte: Escola Superior Dom Helder Câmara, 2013. p. 11-51.
- BRITO, Ana Carla. **Biologia reprodutiva de macaúba**: floração, polinizadores, frutificação e conservação de pólen. 2013. 47 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1373>.
- EVARISTO, Anderson Barbosa; MARTINO, Daniela Correia; FERRAREZ, Adriano Henrique; DONATO, Danilo Barros; CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira; GROSSI, José Antônio Saraiva. Potencial energético dos resíduos do fruto da macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 571–577, 2016. DOI: 10.5902/1980509822757. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22757>.
- GOULART, Samuel de Melo. **Amadurecimento pós-colheita de frutos de macaúba e qualidade do óleo para a produção de biodiesel**. 2014. 84 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4633>.
- LIMA, Natácia Evangelista De. **Distribuição da variação genética e histórica demográfica da Macaúba (Acrocomia spp.: Areaceae)**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002927205>.
- LÔBO, Camilla Ferreira; SOUSA, Tito Carlos Rocha De; AGUIAR, Jozeneida Lúcia Pimenta De; CONCEIÇÃO, Leo Duc Haa Carson Schwartzhaupt Da; JUNQUEIRA, Nilton Tadeu Vilela. Caracterização de coletores e da utilização dos frutos de Macaúba em comunidades do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 1., 2013, Patos de Minas, MG. **Anais** [...]. Brasília, DF: MAPA, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1025994>.
- MACEDO, Manuel Claudio M.; ZIMMER, Ademir Hugo; KICHEL, Armindo Neivo; ALMEIDA, Roberto Giolo De; ARAÚJO, Alexandre Romeiro De. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013. Ribeirão Preto, SP. **Anais** [...]. Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158–181. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/976514>.
- MONTOYA, Sebastián Giraldo; MOTOIKE, Sérgio Yoshimitsu; KUKI, Kacilda Naomi; COUTO, Adriano Donato. Fruit development, growth, and stored reserves in macauba palm (*Acrocomia aculeata*), an alternative bioenergy crop. **Planta**, [S. l.], v. 244, n. 4, p. 927–938, 2016. DOI: 10.1007/s00425-016-2558-7. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00425-016-2558-7>.
- NASCIMENTO, Welda Gonçalves Do. **Composição bromatológica e coeficientes de hidrólise enzimáticas de resíduos da palmeira macaúba (Acrocomia Aculeata)**. 2019. 36

p. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019. Disponível em: <http://umbu.uft.edu.br/handle/11612/3013>.

RIGUEIRA, João Paulo Sampaio; MONÇÃO, Flávio Pinto; SALES, Eleuza Clarete Junqueira De; REIS, Sidnei Tavares Dos; ALVES, Dorismar David; AGUIAR, Ana Cássia Rodrigues De; ROCHA JÚNIOR, Vicente Ribeiro; CHAMONE, Julieta Alencar. Composição química e digestibilidade in vitro de tortas da macaúba. **Revista Unimontes Científica**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 62–72, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/1180>.

TOLÊDO, Diego de Paula. **Análise técnica, econômica e ambiental de macaúba e de pinhão-manso como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel**. 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/handle/123456789/2513>.