

**Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Curso de Engenharia de Energia**

**QUALIDADE DO ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA APÓS  
TRATAMENTO DE PÓS-COLHEITA**

**Autora: Blenda Rodrigues da Silva  
Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patrícia Regina Sobral Braga**

**Brasília, DF**

**2019**



**BLEND A RODRIGUES DA SILVA**

**QUALIDADE DO ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA APÓS  
TRATAMENTO DE PÓS-COLHEITA**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patrícia  
Regina Sobral Braga

**Brasília, DF**

**2019**



## **QUALIDADE DO ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA APÓS TRATAMENTO DE PÓS-COLHEITA**

**Blenda Rodrigues da Silva**

Monografia submetida como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, [em 04 de julho de 2019], apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Profª Drª Patrícia Regina Sobral Braga, UnB/FGA**

Orientadora

---

**Profª Drª Andréia Alves Costa, UnB/FGA**

Membro

---

**Drª Simone Palma Favaro, Embrapa Agroenergia**

Membro

**Brasília, DF**

**2019**

Dedicado a Deus,  
Dono de meu respirar  
E aos meus pais, Nilson e Maurisia,  
Pelo amor sublime.

## AGRADECIMENTOS

Deus, o Todo-poderoso, me fez caminhar cada dia para concluir este sonho. Mesmo quando os dias me pareciam sombrios. Sou eternamente grata a Ele.

Aos meus pais, Nilson e Maurisia e à minha irmã Lilian, que foram em toda minha vida a minha base bem fundada e completa de amor.

Aos meus docentes, que compartilharam conhecimento, e que foram vivência e repreensão quando necessário. Especialmente à professora Patrícia Sobral, que me ensinou a amar laboratórios e a respeitar a pesquisa científica. Também por ter aceitado ser minha orientadora neste trabalho, mesmo com a correria da maternidade. Também à professora Eneida Gonzalez, que me encorajou, através do desenho técnico, a continuar na academia.

Aos amigos, grandes parceiros que a Universidade me apresentou. Especialmente ao Gustavo Alves, que me abençoou com sua amizade nas incansáveis horas dentro da Universidade e dos laboratórios da Embrapa. E também ao Rennan Gladson e ao Vitor Rossi, pela parceria do estágio.

Aos meus orientadores de estágio, engenheiros Wesley Usida (ANEEL) e Emerson Schultz (EMBRAPA) e à Engenheira Agrônoma Simone Palma Favaro (EMBRAPA), pela oportunidade de aprender com suas experiências. Que o destino nos apresente em outras oportunidades de emprego.

À minha banca examinadora, professora Andréia Alves e Simone Favaro, por terem avaliado meu trabalho e contribuído para sua finalização.

Gratidão à vida, por me mostrar arduamente que cursar engenharia significava muito mais que vontade. Mas que era preciso ter coragem, humildade e abnegação.

Pelas tantas pessoas e experiências serei eternamente agradecida.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2. 1 OBJETIVO GERAL .....	3
2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
3. 1 MACAÚBA [ <i>Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart]</i> .....	4
3. 2 ESPECIFICAÇÕES PARA ÓLEOS VEGETAIS SEGUNDO A LEGISLAÇÃO .....	6
3. 3 ÓLEOS VEGETAIS .....	7
3. 4 ÁCIDOS GRAXOS .....	7
3. 5 PESQUISAS COM MACAÚBA NA EMBRAPA .....	9
<b>4. METODOLOGIA DO TRABALHO .....</b>	<b>11</b>
4. 1 SELEÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS DE MACAÚBA .....	11
4. 2 DESPOLPAGEM DA MACAÚBA .....	12
4. 3 LIOFILIZAÇÃO .....	13
4. 4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO .....	13
4. 5 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA FRESCA DA MACAÚBA .....	15
4.5. 1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE .....	15
4.5. 2 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ ) .....	15
4.5. 3 TEOR DE ÓLEO .....	16
4.6 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO OBTIDO APÓS EXTRAÇÃO.....	16
4.6.1 ACIDEZ TITULÁVEL .....	16
4.6.2 ABSORTIVIDADE MOLAR .....	17
4.6.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	17
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA FRESCA DE MACAÚBA .....	18
5.1. 1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE .....	18
5.1. 2 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ ).....	19
5.1. 3 TEOR DE ÓLEO .....	21

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO OBTIDO APÓS EXTRAÇÃO .....	21
5.2. 1 ACIDEZ TITULÁVEL .....	21
5.2. 2 ABSORTIVIDADE MOLAR .....	22
5.2. 3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS .....	23
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>27</b>

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)



## RESUMO

O considerável aumento pela demanda mundial de energia e a escassez dos recursos naturais se tornaram assuntos preocupantes. Por causa disso, fez-se necessário a geração de energia através da biomassa, e entre elas, a macaúba (*Acrocomia aculeata*), uma espécie oleaginosa capaz de gerar biocombustível, alimento para nutrição animal e humana ou mesmo carvão vegetal. A presença de ácidos graxos insaturados torna o óleo da polpa (mesocarpo) da macaúba muito interessante para a indústria. Entre esses ácidos, o ácido oleico é o de maior predominância (52,57%). Entretanto, para obter um óleo de boa qualidade, a macaúba precisa de condições específicas de armazenamento pós-colheita, pois por ser um fruto com elevada umidade, favorece o crescimento de microrganismos que diminuem a qualidade dos frutos e, conseqüentemente, do óleo da polpa. Neste trabalho, frutos de macaúba foram armazenados em sistemas com e sem aeração por três e dez dias. Da polpa fresca foram realizadas as análises: determinação da umidade, atividade de água e teor de óleo. Do óleo obtido foram avaliados a acidez titulável, a absorvidade molar e perfil de ácidos graxos. Os resultados mostraram que a umidade variou de uma média de 46,19% para três dias e 42,30% para dez; atividade de água apresentaram valores médios próximos a 1; teor de óleo com máximo de 58,08% para três dias e de 53,88% para dez dias. Em relação à acidez titulável, os valores estão próximos ao aceitável para amostras com três dias de armazenamento e acima do aceitável para as amostras com dez dias. Além disso, análise de absorvidade molar revelou que o armazenamento com aeração forçada favoreceu a degradação oxidativa do óleo. Na cromatografia gasosa, os ácidos graxos com maiores concentrações foram oleico, palmítico e linoleico, com 51,89%, 14,18% e 11,79%, respectivamente. Dessa forma, os resultados obtidos mostraram ineficiência no armazenamento com aeração forçada para a melhoria da qualidade do óleo.

**Palavras-chave:** Macaúba, *Acrocomia aculeata*, óleo vegetal, espécies oleaginosas, pós-colheita.

## ABSTRACT

The considerable increase for global energy and the scarcity of natural resources have become a matter of concern. For this reason, it was necessary to generate energy through biomass, and among them is the macaúba (*Acrocomia aculeata*), an oleaginous species capable of generating biofuel, food for animal nutrition, or even charcoal. The presence of fatty acids, saturated and unsaturated, makes the macaúba pulp oil (mesocarp oil) very interesting for the industry. Among these acids, oleic acid is the most predominant (52.57%). However, to obtain an oil of good quality, the macaúba needs specific storage conditions post-crop, because as it is a moist fruit, favors the growth of microorganisms which decrease the quality of the fruits and as a consequence the pulp oil quality. In this work, fruits of macaúba were stored in systems with and without aeration for three and ten days. From the fresh pulp the analyzes were carried out: determination of moisture, water activity and oil content. From the oil obtained, titratable acidity, molar absorptivity and fatty acid profile were evaluated. The results showed that the humidity varied from a mean of 46.19% for three days and 42.30% for ten; water activity presented mean values close to 1; oil content with a maximum of 58.08% for three days and from 53.88% for ten days. Regarding the titratable acidity, the values are close to those acceptable for samples with three days of storage and above the acceptable values for samples with ten days. Moreover, analysis of molar absorptivity revealed that storage with forced aeration favored oxidative degradation of the oil. In gas chromatography, fatty acids with higher concentrations were oleic, palmitic and linoleic, with 51.89%, 14.18% and 11.79%, respectively. Thus, the results obtained showed inefficiency in the storage with forced aeration to improve the oil quality.

**Keywords:** Macaúba, *Acrocomia sppa*, vegetable oil, oleaginous species, post-harvest.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Palmeira da macaúba do sistema de cultivo EMBRAPA Cerrados (CPAC).	5
Figura 2: Fórmula química de um representante de ácido graxo. ....	8
Figura 3: Sistemas (A) sem aeração e (B) com aeração forçada.....	11
Figura 4: Extrator <i>Soxhlet</i> marca Tecnal, modelo TE-188/6.....	14
Figura 5: Rotaevaporador da marca Buchi, modelo R-210 e banho a 45 °C.....	14
Figura 6: Equipamento Pawkit analisador de atividade de água e cápsula contendo amostra: A) vista do visor e B) vista do sensor. ....	15
Figura 7: Absortividades molares para frutos frescos: (a) sem aeração (SA) e (b) com aeração (CA). ....	22
Figura 8: Cromatograma do óleo da polpa de macaúba para a Amostra 1.....	24
Figura 9: Cromatograma do óleo da polpa de macaúba para a Amostra 6.....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações de acidez para óleos segundo resolução 270 da ANVISA [13]. .....	7
Tabela 2: Nomenclatura, número de carbono e insaturações e ponto de fusão de alguns ácidos graxos [Adaptado de 15]. .....	8
Tabela 3: Identificação das amostras de macaúba por tempo de armazenamento e tipo. ....	12
Tabela 4: Determinação de umidade da polpa de macaúba. ....	18
Tabela 5: Média da atividade de água para amostras de frutos de macaúba. ....	19
Tabela 6: Valores obtidos para a caracterização do teor de óleo das amostras. ....	20
Tabela 7: Valores obtidos para a caracterização da acidez titulável das amostras...21	

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$A_w$  – Atividade de água

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CAC – Com aeração central

CAL – Com aeração lateral

CG – Cromatografia gasosa

CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FINEP – Empresa Brasileira de Inovação e Pesquisa

DOU – Diário Oficial da União

PROBIODIESEL – Programa brasileiro do biodiesel.

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SAC – Sem aeração central

SAL – Sem aeração lateral

UR – Umidade relativa

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que a população mundial cresce, aumenta consideravelmente a demanda por energia. Entretanto, a escassez dos recursos naturais torna-se cada vez mais próxima e inevitável, o que compromete o suprimento desse consumo. A necessidade de prolongar o tempo de vida do planeta Terra e de seus habitantes tem feito com que pesquisadores atuem em diversas frentes de trabalho, a fim de desenvolver fontes renováveis de energia, mais limpas e seguras [1].

Uma das formas de obtenção de energia é a partir da biomassa oriunda dos frutos da palmeira conhecida como macaúba (*Acrocomia aculeata*). Nativa das savanas e florestas tropicais da América, a macaúba é uma espécie oleaginosa que sugere usos desde a produção de óleos e farinhas por meio da sua amêndoa e polpa, até o uso das suas folhas para nutrição animal e produção de carvão vegetal com seu endocarpo. Os óleos obtidos da polpa de macaúba podem ser utilizados para produção de biocombustível, matéria-prima para a indústria alimentícia e farmacêutica e o óleo obtido da amêndoa de macaúba é muito útil para indústria cosmética [2].

O fruto da macaúba também é conhecido como bocaiuva ou coco-de-espinho e tem grande potencial energético para, por exemplo, gerar biodiesel a partir do óleo do fruto e também produzir carvão ativado a partir do endocarpo [3, 4]. Sua ocorrência se dá em todo território nacional, com uma produtividade de óleo do mesocarpo estimada em aproximadamente 5.000 kg ha<sup>-1</sup> [3,5].

Entretanto, quando madura, a polpa do fruto de macaúba apresenta altas taxas de umidade, o que significa que o fruto é bastante perecível, principalmente quando sua casca se rompe. Nessas condições, é necessário que, após a colheita dos frutos, o armazenamento correto seja realizado. Isso porque quando os frutos caem da palmeira e são coletados do chão, já existe uma deterioração microbiana, o que reduz a qualidade final do óleo da polpa de macaúba, bem como reduz seu valor comercial, tornando a palmeira pouco competitiva frente a outras fontes de biomassa oleaginosas [2,3].

Além do mais, a taxa de respiração de um fruto é um ótimo indicador de sua atividade metabólica, logo, um considerável critério para se determinar o seu poder de ser armazenado [6]. Assim como alguns frutos considerados climatéricos, a

macaúba tem um aumento na taxa respiratória durante o seu amadurecimento [7]. Por isso é tão importante considerar o tratamento de pós-colheita dos frutos, pois como ainda amadurecem após colhidos, também continuam produzindo óleo.

Armazenar frutos de macaúba para gerar quaisquer tipos de subprodutos é sempre um grande desafio, principalmente por ser um fruto que apresenta alta umidade. A presença de água no fruto pode estar diretamente ligada aos integrantes sólidos, não tendo nenhum fim utilizável e só servindo para promover o crescimento de microrganismos. Conhecer a quantidade de água presente na macaúba permite prever o quanto o fruto é estável e seguro para garantir uma produção que seja rentável e comercialmente competitiva [3, 4, 5].

A comunidade científica tem se preocupado com as questões ambientais e olhado com outros olhos para o desenvolvimento de novas fontes de energia através de matérias-primas renováveis. Entretanto a palmeira de macaúba carece de estudos que deem base para estabelecer uma metodologia de colheita que seja eficaz, tanto técnica quanto economicamente [2].

É importante frisar que o processo de obtenção de óleos vegetais oriundos da macaúba para produzir os produtos que servem como biocombustíveis e matéria-prima para indústria farmacêutica inclui o processo de extração, seguidos do processo de refino do óleo. O processo de extração pode ser realizado por extração mecânica com prensas ou por extração com solventes [8]. Já o processo do refino inclui etapas que objetivam eliminar completa ou parcialmente, substâncias que afetam a cor, estabilidade, aroma e sabor dos óleos. Na sequência, tem-se: degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização [9].

O Brasil necessita de mais estudos relativos ao tratamento de pós-colheita dos frutos da palmeira de macaúba. Por isso, este trabalho analisou duas formas de armazenagem dos frutos inteiros de macaúba para avaliar se a diferença do armazenamento em sistema com e sem aeração forçada alteram a qualidade final do óleo da polpa de macaúba e também se os frutos produziram mais óleo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade do óleo de polpa de frutos de macaúba armazenados com e sem aeração forçada.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a umidade, atividade de água e teor de óleo da polpa dos frutos de macaúba recém-colhidos.
- Avaliar as características do óleo de polpa de macaúba no fruto recém-colhido, após 3 e 10 dias de armazenamento com e sem aeração forçada através das seguintes análises: índice de acidez, absortividade molar a 232 nm e 268 nm e perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa.



### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3. 1 MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), popularmente conhecida como bocaiuva, coco-de-espinho, coco-baboso e entre outros é uma palmeira oleaginosa e nativa das florestas tropicais e savanas das Américas Central e do Sul [2] (Figura 1).

Essa palmeira arborescente chega a atingir 16 metros de altura e seus frutos nascem em cachos que podem pesar até 60 kg, podendo medir 80 cm de comprimento. Sua polinização é realizada principalmente por besouros e pelo vento. Considera-se que o fruto da macaúba seja uma drupa comestível com formas arredondadas e constituído por: casca (epicarpo), polpa (mesocarpo), envoltório duro (endocarpo) e amêndoa. Sua coloração quando na fase madura é amarela alaranjada [7, 10,11].

Os frutos de macaúba são destinados à produção de óleo vegetal para geração de biodiesel, geração de coprodutos como farinha comestível, torta da polpa para alimentação animal, além dos óleos para utilização doméstica e matéria-prima para a indústria. Do endocarpo do fruto também pode ser produzido o carvão vegetal [2,11].



**Figura 1:** Palmeira da macaúba do sistema de cultivo EMBRAPA Cerrados (CPAC).

O início do desenvolvimento dos frutos se dá na finalização do período chuvoso e é no período da seca que eles atingem o ápice de seu desenvolvimento. Entretanto, os mesmos começam a cair do pé durante os meses de novembro e dezembro, que é o período em que os frutos atingem sua fase de maturidade [4]. A grande problemática encontrada na cultura da macaúba se apresenta pela heterogeneidade dos frutos em condições naturais, pois há grande variação genética entre eles [11].

A produtividade de óleo dos frutos de macaúba em quilograma por hectare pode ser comparada somente à produção do óleo de dendê. Apesar disso, as exigências edafoclimáticas para os dois são diferentes. A macaúba é mais tolerante a climas secos e suporta longos períodos de estiagem, que é a configuração ideal ao Cerrado. Contudo, seu plantio também pode ser realizado em regiões com climas amenos, que haja ocorrência, por exemplo, de geadas [4].

Relacionado à umidade, a macaúba aceita climas abaixo de 30% de umidade, enquanto que o dendê necessita de umidade relativa (UR) acima disto,

comprovando, mais uma vez, que a palmeira da macaúba é mais adaptável às diversas regiões do país [4].

Associando os fatores clima e umidade, os óleos vegetais são potencialmente comprometidos durante seus armazenamentos e processamentos. Isso por causa das reações oxidativas que são influenciadas por temperatura ambiente, irradiação, reações enzimáticas endógenas e exógenas [12].

### **3.2 ESPECIFICAÇÕES PARA ÓLEOS VEGETAIS SEGUNDO A LEGISLAÇÃO**

O órgão responsável por regulamentar as questões relativas aos óleos vegetais e demais produtos brasileiros é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a qual tem a finalidade de promover a proteção da saúde dos brasileiros e realizar o controle sanitário dos produtos comercializados no Brasil e/ou que chegam através de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegários [13]. A ANVISA estabelece a definição de óleos vegetais e gorduras vegetais:

*Óleos Vegetais e Gorduras Vegetais: são os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécie (s) vegetal (is). Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. Os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25 °C e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25 °C [13].*

Segundo a Resolução RDC nº 270 da ANVISA [14] são estabelecidas as características mínimas de qualidade para óleos e gorduras vegetais ou creme vegetal, sendo essas características (acidez e quantidade de peróxidos) apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Especificações de acidez para óleos segundo resolução 270 da ANVISA [13].

<b>Tipos</b>	<b>Acidez (máximo de mg KOH g<sup>-1</sup>)</b>
Óleos e gorduras refinados	0,6
Óleos prensados a frio e não refinados	4,0
Óleo de palma virgem	10,0

### 3. 3 ÓLEOS VEGETAIS

Cerca de 2/3 dos produtos alimentícios é composto por óleos vegetais, que são extraídos das plantas. Isso demonstra que eles são, de forma significativa, parte integrante da dieta humana, sendo indispensável seu consumo [13, 15]

Os óleos vegetais são substâncias hidrofóbicas, formados por ésteres de triacilgliceróis, que é resultante da esterificação entre ácidos graxos e glicerol. Em sua composição também podem ser encontrados ácidos graxos livres, antioxidantes, proteínas, vitaminas, esteróis e diglicerídeos [13,15].

Possuindo de uma a quatro insaturações em sua cadeia carbônica, os óleos vegetais expressam menor ponto de fusão e nos casos de possuírem maior número de insaturações, não precisam de grandes variações de temperatura para atingir seu ponto de fusão [15].

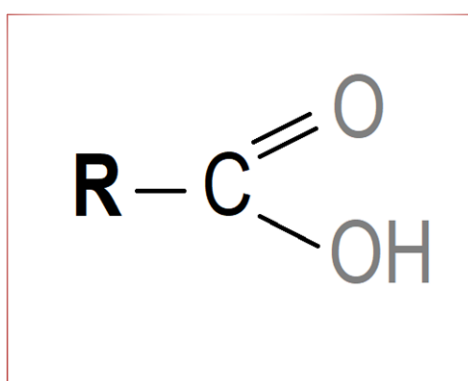
O consumo de óleos vegetais é altíssimo em todo o mundo, isto porque ele é fonte de energia e de ácidos graxos essenciais [16]. E além dos ácidos graxos, componente essencial para funções básicas do organismo, os óleos vegetais também são compostos por teores significantes de carotenoides, fitoesteróis, tocoferóis e compostos fenólicos [17].

Seu uso tem diversas finalidades, entre elas: alimentícias, cosméticas, combustíveis e terapêuticas. Destaca-se as novas pesquisas para uso do óleo vegetal como lubrificante, pois torna esse produto ambientalmente favorável, biodegradável e com um ótimo desempenho de lubrificação [18].

### 3. 4 ÁCIDOS GRAXOS

Ácidos graxos também podem ser considerados como ácidos carboxílicos que são aqueles os quais possuem ao final de sua cadeia carbônica uma ligação de

carbono ligado a um grupo hidroxila (OH) e uma ligação dupla a um oxigênio (O). Estes podem ser de cadeia longa, livres ou esterificados. Quando possuem apenas ligações simples entre os carbonos, ou seja, saturados, eles sofrem pouca reatividade química. No entanto, os insaturados, com mais de uma ligação química dupla ou tripla entre seus carbonos, são mais reativos e também mais suscetíveis a termo-oxidação [15]. Na Figura 2 é possível observar a exemplificação de um ácido carboxílico.



**Figura 2:** Fórmula química de um representante de ácido graxo.

Grande parte dos ácidos graxos de óleos comestíveis é constituída com uma cadeia carbônica de 16 a 18 carbonos [15] e alguns desses ácidos graxos que são encontrados em óleos vegetais estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Nomenclatura, número de carbono e insaturações e ponto de fusão de alguns ácidos graxos [Adaptado de 15].

Ácido Graxo	nº de C:quantidade de insaturações	Ponto de fusão (°C)
Butírico (butanóico)	4:0	-4,2
Capróico (hexanóico)	6:0	-3,4
Caprílico (octanóico)	8:0	16,7
Cáprico (decanóico)	10:0	31,6
Láurico (dodecanóico)	12:0	44,2
Mirístico (tetradecanóico)	14:0	54,4
Palmítico (hexadecanóico)	16:0	62,9
Esteárico (octadecanóico)	18:0	69,6

Araquídico (eicosanóico)	20:0	75,4
Behênico (docosanóico)	22:0	80,0
Lignocérico (tetracosanóico)	24:0	84,2
Oléico (octadecenóico)	18:1	16-17
Linoléico (octadecadienóico)	18:2	5,0
Linolênico (octadecatrienóico)	18:3	11,0

A análise de cromatografia gasosa (CG) é muito utilizada para diferenciar os ácidos graxos contidos em uma mistura. Muitos dos ácidos graxos demonstrados na Tabela 2 são benéficos à saúde. Como exemplo, o ácido linoléico é o ácido graxo poliinsaturado com propriedades hipocolesterolêmicas [15]. Segundo a literatura, o óleo do mesocarpo tende a ser rico em ácido oleico (mono-insaturado) e palmítico (saturado) [19].

O ácido oleico é bastante utilizado na indústria cosmética como aditivo em base de sabões, sabonetes e cremes emolientes. Também é visado por possuir qualidades para lubrificantes, sendo elas: baixa volatilidade, alta viscosidade e boa lubricidade, além de serem não tóxicos e biodegradáveis [20].

### 3. 5 PESQUISAS COM MACAÚBA NA EMBRAPA

A EMBRAPA Cerrados (CPAC), localizada na BR-020, km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza, na região administrativa de Planaltina – DF, possui extensão de aproximadamente 3.500 hectares, onde nessa área são desenvolvidas pesquisas de manejo de solos, irrigação, recursos naturais, pastagens, entre outras, nos chamados Sistemas de Produção [21].

Nesse contexto, o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) desenvolve o sistema de cultivo de macaúba, onde toda a fase de vida da planta pode ser acompanhada, desde o plantio até a colheita dos frutos. Logo, quando coletados, os frutos da palmeira são encaminhados para a EMBRAPA Agroenergia para processamento e usos dos mesmos, seguido de análises da qualidade dos frutos. [21].

Segundo o pesquisador Leo Duc Haa Carson Schwartzaupt, o sistema de produção CPAC vai completar 10 anos de plantio no ano de 2018. Dentre as variáveis estudadas no sistema de produção da macaúba estão adubação e irrigação.

Os projetos de plantio da macaúba em andamento na EMBRAPA são financiados pela Empresa Brasileira de Inovação e Pesquisa (FINEP), EMBRAPA e Petrobras, e primordialmente objetiva a seleção de genótipos de macaúba de alta produtividade em cachos, mas que também apresentem maior rendimento em mesocarpo (polpa amarela) e alto teor de óleo [14].

## 4. METODOLOGIA DO TRABALHO

### 4.1 SELEÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS DE MACAÚBA

Os frutos da macaúba para a realização experimental deste trabalho foram coletados do sistema de produção EMBRAPA CPAC. Dessa amostra, aproximadamente 90% dela foi coletada diretamente dos cachos que ainda estavam no pé e 10% coletada do solo, ou seja, de frutos já caídos. Estes foram colhidos de várias árvores que fazem parte do sistema de plantio. As amostras foram encaminhadas para a EMBRAPA Agroenergia para seu armazenamento diretamente nos sistemas planejados para o estoque. Metade dos frutos foi armazenada no sistema com aeração e a outra metade no sistema sem aeração, aleatoriamente.

Após três e dez dias de armazenamento, amostras dos frutos foram recolhidas dos dois sistemas dos pontos centrais e laterais do local onde estavam para devidas análises, sendo comparadas com amostra que não foi armazenada, amostra denominada BRANCO. Na Figura 3 é possível verificar como funcionam os sistemas com e sem aeração forçada.



**Figura 3:** Sistemas (A) sem aeração e (B) com aeração forçada.



Após serem retirados dos sistemas, os frutos foram descascados e despolidos mecanicamente e cada uma das partes do fruto obtidas (casca, polpa, endocarpo e amêndoa) foram devidamente separadas, identificadas e congeladas em *freezer*. Toda a polpa foi liofilizada para garantir a retirada de água. As seguintes análises foram realizadas: (i) determinação de umidade, (ii) atividade de água, e (iii) teor de óleo. Já a extração do óleo foi realizada com solvente n-hexano usando extrator *Soxhlet*. O óleo extraído foi avaliado pelas análises de acidez titulável, absorvidade molar e perfil de ácidos graxos.

#### 4. 2 DESPOLPAGEM DA MACAÚBA

Para preparar as amostras da macaúba, alguns frutos selecionados para cada amostra foram descascados e despolidos em despolidora de macaúba, marca RM Indústria, equipamentos da EMBRAPA Agroenergia. De forma a identificar corretamente as amostras, foi construída a Tabela 3. A amostra zero não foi armazenada após sua colheita. As amostras localizadas nos dois sistemas e nos dois pontos de coleta foram nomeadas como: Sem aeração central (SAC); Sem aeração lateral (SAL); Com aeração central (CAC); Com aeração lateral (CAL).

**Tabela 3:** Identificação das amostras de macaúba por tempo de armazenamento e tipo.

<i>Amostra</i>	<i>Armazenamento (dias)</i>	<i>Tipo da Amostra</i>
0	0	BRANCO
1	3	SAC
2	3	CAL
3	3	SAL
4	3	CAC
5	10	SAC
6	10	CAL
7	10	SAL
8	10	CAC

### **4. 3 LIOFILIZAÇÃO**

A polpa fresca foi liofilizada com Liofilizador Liotop modelo K120. A técnica garantiu a eficácia na conservação da polpa da macaúba, pois por meio dela a água foi retirada do material por sublimação, e isso aconteceu porque a amostra foi congelada em *freezer* a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e posteriormente inserida em equipamento com controle de vácuo e redução da pressão, por aproximadamente 72 h.

### **4. 4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO**

O óleo foi extraído com n-hexano por refluxo em aparelho extrator de óleos e graxas, tipo *Soxhlet*, marca Tecnal, modelo TE-188/6, de potência de 2400 W (Figura 4). A temperatura do extrator foi mantida constante, superior à temperatura de ebulição do n-hexano ( $68,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Um resfriador de líquidos da marca Fisatom, modelo 850, foi acoplado à coluna de condensação do extrator, o qual foi operado a temperatura próxima de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com a finalidade de garantir a total condensação do solvente em ebulição. O tempo de extração foi de 4 h. O solvente foi recuperado em rotaevaporador da marca Buchi, modelo R-210, em banho a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Figura 5).



**Figura 4:** Extrator *Soxhlet* marca Tecal, modelo TE-188/6.



**Figura 5:** Rotaevaporador da marca Buchi, modelo R-210 e banho a 45 °C.

## 4. 5 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA FRESCA DA MACAÚBA

### 4.5.1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Para verificar a quantidade de água nas amostras, o método utilizado foi de secagem direta em estufa a 105 °C. A amostra foi pesada e permaneceu em estufa por 6 h. Logo que retirada, ela resfriou por cerca de 20 min em dessecador e foi pesada novamente. O cálculo se deu da forma da Equação 1 [22].

$$\frac{[\text{massa inicial da amostra (g)} - \text{massa amostra seca (g)}] * 100}{\text{massa inicial da amostra (g)}}$$

Equação (1)

### 4.5.2 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

Para análise da atividade de água (água livre) presente na amostra, o equipamento utilizado foi o analisador de atividade de água portátil, marca Decagon, modelo Pawkit. Para cada amostra a análise foi realizada em triplicata. O equipamento foi calibrado com solução de NaCl para estabelecer a curva de calibração padrão 0,76.

Para realizar a análise as cápsulas AquaLab foram preenchidas até metade da sua capacidade com a amostra que se desejou analisar. A tampa do sensor foi aberta e o Pawkit posicionado sobre a cápsula de amostra, como pode ser observado na Figura 6, realizando a leitura em 5 min [25].



**Figura 6:** Equipamento Pawkit analisador de atividade de água e cápsula contendo amostra: A) vista do visor e B) vista do sensor.

### 4.5.3 TEOR DE ÓLEO

O teor de óleo da polpa fresca da macaúba foi determinado usando equipamento semiautomático denominado extrator de óleos e graxas, da marca ANKOM, modelo XT – 15. O solvente utilizado foi o éter de petróleo. As amostras foram colocadas em sacos de filtro específicos ANKOM XT4, com porosidade de três  $\mu\text{m}$ . O método utilizado foi o AOCS Am 5-04 (90 °C durante 60 min) [24].

O fruto de macaúba tem a característica de continuar sua produção de óleo depois de colhido [3].

## 4.6 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO OBTIDO APÓS EXTRAÇÃO

### 4.6.1 ACIDEZ TITULÁVEL

A acidez titulável foi realizada pelo método da titulação volumétrica potenciométrica, usando solução padrão de KOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. O KOH foi padronizado com biftalato de potássio. Inicialmente, o potenciômetro foi calibrado com soluções-tampão. Amostra de óleo de polpa de (1-3) g foi pesada em um béquer de 100 mL, diluída com 40 mL de água e agitada moderadamente. O eletrodo do potenciômetro foi colocado no béquer contendo a solução aquosa de óleo de polpa, que foi titulada com a solução de KOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> até uma faixa de pH entre 8,2-8,4 [22]. O software utilizado para obtenção dos dados foi o Tiamo 2.5.

Para o cálculo foi usada a Equação 2.

$$\text{Acidez titulável} = \frac{V \times f \times 10}{m} \quad \text{Equação (2)}$$

onde:

Acidez titulável = acidez em mL da solução a 1 M 100 g<sup>-1</sup> de óleo de polpa

V = volume da solução de KOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> gasto na titulação (mL)

f = fator de correção da solução de KOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>

m = massa da amostra (g)

#### 4.6.2 ABSORTIVIDADE MOLAR

As absorptividades molares a 232 nm e 268 nm foram medidas para verificar a formação eventual de qualquer dímero ou trímero resultante de reações de oxidação, de acordo com o método CH 5-91 (AOCS, 2003), utilizando espectrofotômetro UV/Visível e isoctano (2,2,4-trimetil pentano) como solvente [25].

#### 4.6.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

O perfil de ácidos graxos foi determinado usando um cromatógrafo gasoso CG-2010 Plus (Shimadzu), utilizando uma coluna capilar SP-2560 (100 m x 0,25 mm x 2  $\mu$ m), com detector de ionização de chama (FID). O fluxo do gás de arraste (Hélio) foi de 1 mL min<sup>-1</sup>. A temperatura da coluna foi programada para iniciar a 140 °C por 5 min, seguido por uma rampa de aquecimento a 4 °C min<sup>-1</sup> até 240 °C, mantendo-se nessa temperatura por 5 min. A temperatura do injetor foi de 260 °C com razão split de 50:1. Os parâmetros do detector FID foram: temperatura de 260 °C, fluxo de hidrogênio de 30 mL min<sup>-1</sup>, fluxo de ar sintético de 400 mL min<sup>-1</sup> e fluxo do *make up* de 25 mL min<sup>-1</sup>.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA FRESCA DE MACAÚBA

#### 5.1.1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

A detecção de umidade pelo método de secagem direta foi realizada para observar se o posicionamento dos frutos e o tempo de armazenamento influenciaram em sua quantidade de água. A análise apresentou os dados mostrados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Determinação de umidade da polpa de macaúba.

<i>Amostra</i>	<i>Armazenamento (dias)</i>	<i>Tipo da Amostra</i>	<i>Umidade média (%)</i>
0	0	BRANCO	51,94
1	3	SAC	47,70
2	3	CAL	46,33
3	3	SAL	47,39
4	3	CAC	43,35
5	10	SAC	40,95
6	10	CAL	40,51
7	10	SAL	45,31
8	10	CAC	42,45

A Tabela 4 mostra que todas as amostras apresentaram valores de umidade de água inferior a amostra BRANCO. A maioria das amostras que estiveram no sistema CA apresentou menor umidade em relação as demais amostras do sistema SA, o que pode indicar que a ventilação pode permitir que as amostras absorvam menos umidade do ambiente. Além disso, a mudança de posicionamento dos frutos (lateral ou central) não influenciou nessa análise, pois não se observam alterações consideráveis nos valores obtidos.

Na maior parte dos casos, as amostras apresentaram maior porcentagem de água quando armazenadas por 3 dias e após 10 dias, os valores de umidade reduziram [3,26,27].

Segundo Tapeti *et al.* (2013) [2], a porcentagem de umidade também demonstrou queda para diferentes tempos de permanência, sendo observado que a umidade de água diminuiu de 45% para 31% após 31 dias de armazenamento. Os autores sugerem que este comportamento pode ser devido ao maior grau de amadurecimento da fruta.

### 5.1.2 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

A água é um fator importante para a conservação da biomassa, pois esta indica a perecibilidade de materiais biológicos nos frutos de macaúba [28]. A  $a_w$  representa a forma de qualificação da disponibilidade de água, variando entre 0 e 1. Quanto maior esse valor, maior é a disponibilidade para reações bioquímicas e químicas e para a multiplicação microbiana. Logo, maior é a susceptibilidade aos fatores que podem trazer alterações indesejáveis à qualidade dos frutos [3,29].

Como forma de caracterizar a polpa fresca de macaúba foi realizada a análise de  $a_w$  para todas as amostras. A Tabela 5 apresenta a média dos dados obtidos.

**Tabela 5:** Média da atividade de água para amostras de frutos de macaúba.

<i>Amostra</i>	<i>Armazenamento (dias)</i>	<i>Tipo da Amostra</i>	<i><math>a_w</math> médio</i>
0	0	BRANCO	0,96
1	3	SAC	0,95
2	3	CAL	0,94
3	3	SAL	0,93
4	3	CAC	0,92
5	10	SAC	0,94
6	10	CAL	0,91
7	10	SAL	0,97
8	10	CAC	0,92

As amostras apresentaram valores próximos entre si e perto de 1 para a análise de atividade de água, significando maior possibilidade de degradação. Para Favaro *et al* (2008), que também armazenou frutos de macaúba com circulação forçada de ar, foi verificada a elevada atividade de água na polpa durante os primeiros 14 dias de armazenamento, sendo esses valores também próximos de 1, faixa que facilita tanto a multiplicação e o metabolismo microbiano como a



ocorrência de reações enzimáticas que podem levar à mudança da qualidade do óleo [28]. Em geral, esse valor próximo de 1 é o que se obtém para frutos armazenados que não passaram pelo processo de secagem, ou seja, frutos frescos.

### 5.1.3 TEOR DE ÓLEO

A Tabela 6 apresenta os dados de teor lipídico dos frutos da macaúba.

**Tabela 6:** Valores obtidos para a caracterização do teor de óleo das amostras.

<i>Amostra</i>	<i>Armazenamento (dias)</i>	<i>Tipo da Amostra</i>	<i>Teor de Óleo médio (%)</i>
0	0	BRANCO	47,58
1	3	SAC	49,79
2	3	CAL	58,08
3	3	SAL	50,03
4	3	CAC	45,34
5	10	SAC	53,88
6	10	CAL	44,89
7	10	SAL	51,84
8	10	CAC	45,16

Pode-se observar que as amostras do sistema SA apresentaram valores de teor de óleo maiores que a amostra BRANCO, enquanto que o sistema CA demonstrou perda de teor de óleo quando também comparado ao BRANCO, exceto a Amostra 2. Também pode-se inferir da Tabela 6 que o posicionamento lateral ou central não influenciou no teor de óleo das amostras, visto que os valores das Amostras 5 e 7 são muito parecidos (53,88% e 51,84%, respectivamente). Além disso, o tempo de armazenamento de 3 dias para 10 dias permitiu um leve aumento do teor de óleo quando observado dentro do mesmo sistema (Amostras 1 e 5).

Para Ciconini (2012) [27], os mínimos e máximos de teor de lipídios encontrados em óleo de polpa de macaúba foram 14,96% e 45,43%, respectivamente. O autor também destaca que as características fenotípicas como massa e diâmetro do fruto não significa maior porcentagem de óleo na polpa, o que dificulta para se encontrar um ideal de fruto que produza mais óleo. Assim, quando comparados com dados de Ciconini (2012) [27], os frutos da EMBRAPA Cerrados

apresentaram maiores quantidades de óleo. Também pode-se inferir que a maioria dos frutos que produziram mais óleo foram os que estiveram armazenados.

Conforme observado pelo Cetec (1983) [30], os valores de óleo de polpa para frutos de macaúba frescos e recém colhidos em Jaboticatubas - MG podem chegar a 59,8% em base seca e 69,9% na cidade de Esmeraldas – MG. [31].

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO OBTIDO APÓS EXTRAÇÃO

### 5.2.1 ACIDEZ TITULÁVEL

Para acidez titulável do óleo de polpa de macaúba podem ser utilizadas as mesmas especificações do óleo de palma virgem, estabelecidas pela resolução 270 da ANVISA (máximo de 10,0 mg KOH g<sup>-1</sup>), visto que ainda não existem condições específicas para óleos de macaúba e os dois frutos possuem características semelhantes [9,13].

A análise de acidez titulável foi realizada em duplicata para cada amostra, de forma a avaliar a qualidade do óleo de polpa de macaúba após seu armazenamento, conforme mostrado na Tabela 7.

**Tabela 7:** Valores obtidos para a caracterização da acidez titulável das amostras.

<i>Amostra</i>	<i>Armazenamento (dias)</i>	<i>Tipo da Amostra</i>	<i>Acidez média (mg KOH g<sup>-1</sup>)</i>
0	0	BRANCO	1,65
1	3	SAC	5,01
2	3	CAL	14,87
3	3	SAL	9,21
4	3	CAC	9,24
5	10	SAC	10,85
6	10	CAL	23,76
7	10	SAL	23,78
8	10	CAC	11,17

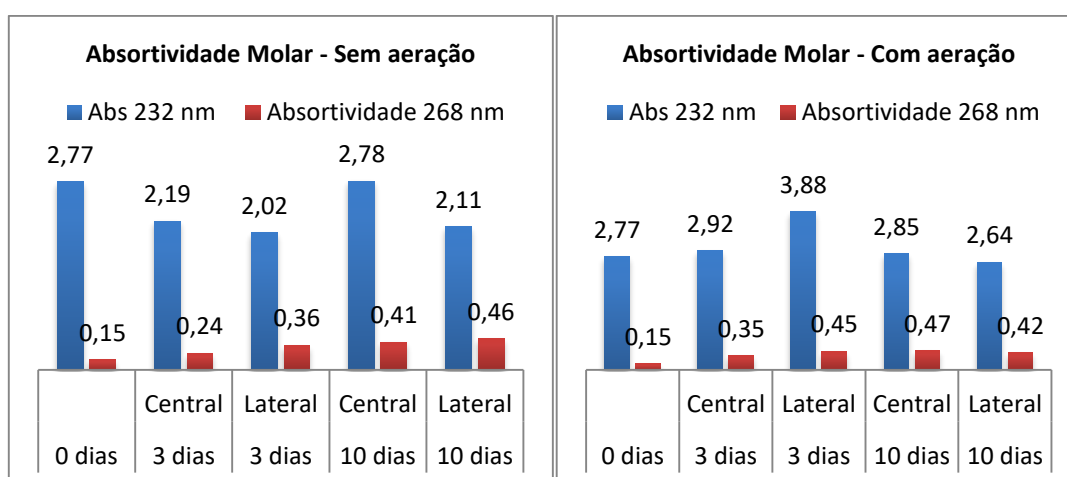
A Tabela 7 demonstra que todas as amostras apresentaram aumento da acidez titulável após armazenamento quando comparadas com a amostra BRANCO. Para as amostras com 3 dias de armazenamento, a maior parte delas esteve dentro

do valor recomendado pela ANVISA (máximo de  $10,0 \text{ mg KOH g}^{-1}$ ), com exceção da Amostra 2 que apresentou acidez de  $14,87 \text{ mg KOH g}^{-1}$ . Já para as amostras com 10 dias de armazenamento todas ultrapassaram o limite permitido.

A acidez titulável observada em experimentos de Ciconini (2012) [27] foi inferior a 1% para frutos coletados e que não passaram por processo de armazenamento. Já para Tapeti *et al.* (2013) [2], com frutos colhidos e analisados, a acidez titulável esteve próxima de 0,5% (% ácido oleico). Assim, o fruto da amostra BRANCO revelou acidez de 0,82% (% ácido oleico) para este trabalho, evidenciando que a amostra padrão já possui características de pequena degradação. Ainda segundo Tapeti *et al.* (2013) [2], o valor alcançou 7,24% após 31 dias de armazenamento para os frutos de macaúba. Assim, o aumento foi muito maior para as amostras deste experimento após 10 dias, se comparado às amostras de Tapeti *et al.* (2013) para 31 dias.

## 5.2.2 ABSORTIVIDADE MOLAR

Em relação à oxidação com possíveis formações de dímeros ou trímeros, foram medidas as absortividades molares a 232 nm e 268 nm. Na Figura 7 é possível observar os valores obtidos.



**Figura 7:** Absortividades molares para frutos frescos: (a) sem aeração (SA) e (b) com aeração (CA).

Para os frutos frescos no sistema CA, os valores de absortividade molar para 232 nm se mantiveram sempre elevados, se comparados ao experimento SA, o que

pode significar que a aeração pode favorecer processos de degradação oxidativa no óleo obtido. Para os dois casos de armazenamento, 3 e 10 dias, houve tendência no aumento da absorvidade molar a 268 nm, independente do posicionamento dos frutos (central ou lateral). Já para a absorvidade molar a 232 nm não houve uma constância nos dados obtidos em relação ao tempo de armazenamento, onde para 3 dias ou 10 dias os dados mostraram irregularidade.

Valores permitidos em óleo de polpa de macaúba não apresentam normas específicas, sendo utilizados dados relacionados ao azeite de oliva. Dessa forma, valores médios são de até 2,5 para  $\lambda = 232$  nm e de 0,22 para  $\lambda = 270$  nm [27]. Assim, os dados apresentados pelas amostras EMBRAPA Cerrados estão maiores que os recomendados pela literatura.

Entretanto, estudos de Ciconini (2012) [27] mostraram valores de absorvidade molar a 232 nm com mínimo de 1,64 e máximo de 4,76. Para absorvidade molar em 270 nm, os valores obtidos foram de 0,40 e 0,79, respectivamente. Esses dados podem demonstrar que os dados obtidos neste trabalho evidenciaram início de formação de dienos/peróxidos/hidroperóxidos provenientes da oxidação do óleo ( $\lambda = 232$  nm) e pequena obtenção de trímeros/cetonas/aldeídos ( $\lambda = 268$  nm) [32].

### **5.2.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS**

Através da cromatografia gasosa (CG) obtiveram-se os cromatogramas do óleo da polpa da macaúba, caracterizando-se a composição dos ácidos graxos (%) de maior predominância. As amostras não apresentaram diferenças consideráveis de quantificação nos tipos de ácidos graxos observados. Logo, dois cromatogramas de amostras representativas podem ser observados nas Figuras 9 e 10, sendo eles das Amostras 1 e 6, respectivamente.

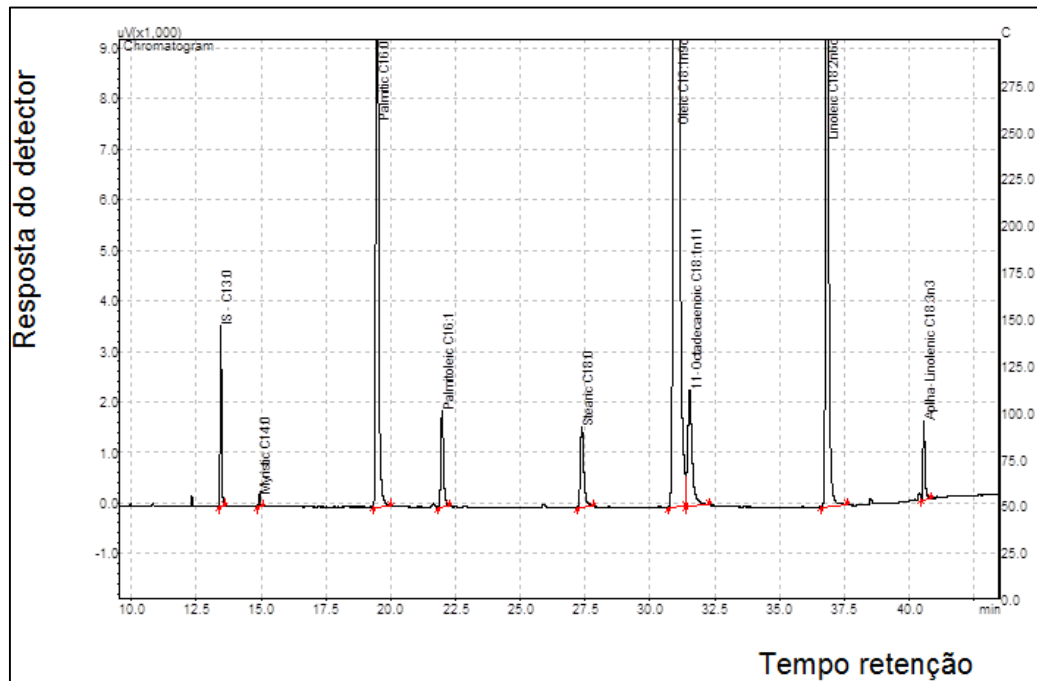


Figura 8: Cromatograma do óleo da polpa de macaúba para a Amostra 1.

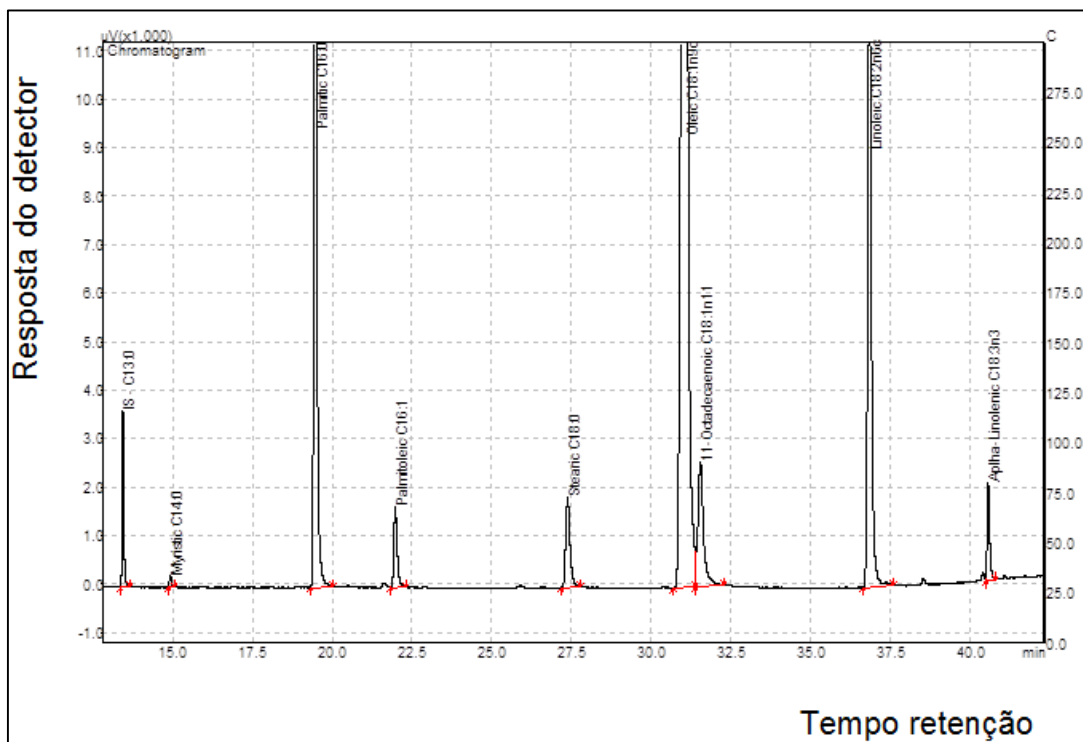


Figura 9: Cromatograma do óleo da polpa de macaúba para a Amostra 6.

Os picos apresentados pelo CG revelaram que os ácidos palmítico ( $t_r \approx 19\text{min}$ ), oleico ( $t_r \approx 31\text{min}$ ) e linoleico ( $t_r \approx 37\text{min}$ ) foram obtidos em maior concentração, sendo 14,18%, 51,89% e 11,79%, respectivamente. Esses dados estão de acordo com os estabelecidos por Amaral (2007) [29], que analisou frutos de macaúba coletados na região de Botucatu com ácidos graxos apresentando: (i) oleico com 69,07%, (ii) palmítico com 12,18% e (iii) linoleico com 6,77%.

## 6. CONCLUSÃO

Na proposta da realização deste trabalho o armazenamento de frutos de macaúba frescos e pós-colhidos em sistemas diferenciados, com aeração forçada e sem aeração, apresentou alguns dados após análises qualitativas e quantitativas.

Na análise de umidade dos frutos, que é comumente realizada para este tipo de oleaginosa, os dados mostraram que os frutos foram perdendo umidade à medida que passaram mais tempo armazenados, e perceptivelmente as amostras que permaneceram no sistema CA absorveram menos umidade.

Os frutos apresentaram uma redução pouco considerável no valor de atividade de água após 10 dias de armazenamento. Entretanto não houve diferenciação nos valores quanto ao tipo de armazenamento, se central ou se lateral.

Quando avaliados sobre a produtividade de óleo a partir da polpa de macaúba, os frutos que permaneceram armazenados por três dias chegaram a apresentar uma média de 58,08% de teor lipídico, bem dentro do esperado quando comparados a outros experimentos relatados na literatura.

Para dez dias de armazenamento, esses valores de teor lipídico tiveram quase sempre um aumento, entretanto não o bastante para ser considerado favorável o armazenamento com mais dias, visto que os frutos foram se degradando ao longo do tempo, chegando a apresentar acidez de 23,78 mg KOH g<sup>-1</sup>.

A análise de absortividade molar demonstrou que o processo de aeração forçada favoreceu a degradação oxidativa do óleo, entretanto quando comparados em relação ao tempo de armazenamento, se três ou dez dias, os dados foram irregulares.

Para a cromatografia gasosa, o tempo de armazenamento dos frutos também não interferiu na quantidade de cada ácido graxo encontrado no óleo e os dados foram reais com o esperado.

A proposta de armazenamento em sistemas com aeração forçada para frutos frescos de macaúba não se mostrou eficiente frente aos dados obtidos nas análises realizadas, e pode inclusive ter favorecido o processo oxidativo de alguns frutos. Examinando-se cuidadosamente, o óleo obtido de frutos que permaneceram nos sistemas sem aeração durante três dias possui melhor qualidade para a indústria alimentícia, pois permanece dentro dos padrões de qualidade exigidos pela legislação brasileira.

## 7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1. GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. Estudos avançados, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998.
2. TAPETI, C. F.; FAVARO, S. P.; RENATA, R. M. **Sistema Coletor de Frutos de Macaúba**. In: Congresso Brasileiro de Macaúba, Patos de Minas, MG. Consolidação da cadeia produtiva: anais. Brasília, DF: MAPA, 2013.
3. FAVARO, S.P *et al.* **Armazenamento e processamento da macaúba: contribuições para manutenção da qualidade e aumento do rendimento de óleo da polpa**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. ISSN 2177- 0395. Nov./2018.
4. SEHNEN, C. C.; CORRÊA, T. R.; GROSSI, J. A.; RIBEIRO, J. A. **Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: Colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 32, n. 265, p. 41 – 51 nov. /dez. 2011.
5. SANJINEZ-ARGANDONA, E.J.; CHUBA, C. A. M. **Biometrical, physical and chemical characterization of bocaiuva (Acrocomia aculeata (jacq.)Lodd.ex Mart) Palm fruits**. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal, v. 33, nº 3, p. 1023-1028, 2011.
6. WILLS, R. B. H. *et al.* **Postharvest**. 5th ed. Sydney: UNSW, 2007. 227p.
7. GOULART, S.M. **Amadurecimento pós-colheita de frutos de macaúba e qualidade do óleo para a produção de biodiesel**. Dissertação (Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, fev. de 2014.
8. BERGMANN, J.C *et al.* **Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks, Renewable and Sustainable Energy**. Reviews, v. 21, p. 411-420, 2013.
9. NUNES, A. A.; FAVARO, S.P.; MENDONÇA, S. **Processo de refino do óleo de polpa de macaúba: propriedades de identidade e qualidade**. In: I Congresso Brasileiro de Macaúba, 2013, Patos de Minas. Anais do I Congresso Brasileiro de Macaúba, 2013.
10. EVARISTO, A. B. **Conservação pós-colheita e potencial bioenergético de frutos de macaúba (Acrocomia aculeata)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2015.



11. NOBRE, D. *et al.* **Macaúba (Acrocomiaaculeata): Palmeira de extração sustentável para biocombustível.** Revista Colloquium Agrariae, v.10, n. 2, p. 92-105, Jul-Dez. 2014.
12. SILVA, L. M. **Determinação da estabilidade de óleos e de compostos com atividade anti-aterosclerótica do azeite durante o processamento de alimentos.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, novembro, 2008.
13. PORTAL ANVISA. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_270\\_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_270_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b) acessado em 30, jan, 2018.
14. ANTONIASSI, R *et al.* **Variabilidade de genótipos de macaúba quanto às características físicas de fruto e rendimento em óleo.** Congresso Brasileiro De Fruticultura, 22., 2012. Bento Gonçalves, 2012.
15. DOSSIÊ ÓLEOS. Pág. 38 – 40. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/416.pdf> acessado em 30, jan, 2018.
16. SINGH, T. C. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos.** Tese de Doutorado. São José do Rio Preto - SP, 2015.
17. ETTINGER, S. **Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídios.** Revista Alimentos, nutrição e dietoterapia; p. 31 – 63. 10ª Ed São Paulo: Roca, 2002.
18. FOX, N.J; Stachowiak, G.W. **Vegetable oil-based lubricants—A review of oxidation.** Tribology Laboratory, School of Mechanical Engineering, University of Western Australia, Crawley, WA 6009, Australia.
19. CLEMENTE, C. R.; PÉREZ, L. L.; VAN, L. J. **O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas.** Revista Agrociências, v. 9, n. 1 – 2, p. 67 – 71. Montevideu, 2005.
20. NICOLAU, A. **Polímeros obtidos a partir do ácido oleico: obtenção e caracterização físico-química no estado sólido e em solução.** Tese (Doutorado em 2009), Porto Alegre - RS.

21. SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento de unidades experimentais: caso de estudo da Embrapa Cerrados**. ISSN 1517 – 5111; 90. Planaltina, DF, agosto, 2003.
22. INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4<sup>a</sup> ed. – 1<sup>a</sup> ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
23. PORTAL AQUALAB. Disponível em: <  
<http://aqualab.decaagon.com.br/produtos/analísadores-de-atividade-de-agua/pawkit/>> acessado em 28, mar, 2018.
24. GALVANI, D. B.; MARTINS, T. P. **Comunicado técnico 142, ISSN 1676-7675**. Sobral -CE, 2015.
25. Método CH 5-91: AOCS Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 5. ed. AOCS: Champaign, 2003.
26. EVARISTO, A. B. *et al.* **Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes**. Industrial Crops and Products, v. 85, p. 63-73, 2016.
27. CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, 2012.
28. FAVARO, S. P. *et al.* **Acidificação e atividade de água em frutos de macaúba armazenados sob ventilação**. Natal–Rio Grande do Norte, 2016.
29. GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 511 p.
30. CETEC. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Volume 1: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC. Belo Horizonte, 1983.
31. AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. ex Mart]**. Dissertação (Mestrado em 2007 ). Botucatu – SP.
32. FERRARI, R. A., & SOUZA, W. L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes. Química Nova, v. 32, p. 106-111, 2009.