

# Avaliação do Óleo de Macaúba: Rendimento Extrativo, Qualidade, Índices Nutricionais e Perfil Lipídico do Biodiesel

## Evaluation of Macaúba Oil: Extractive Yield, Quality, Nutritional Indexes, and Biodiesel Lipid Profile

Felipe Igor L. de Souza,<sup>a</sup> Kaly C. Lima,<sup>a</sup> Wanderson S. de Lima,<sup>a</sup> Regina M. Mendes Oliveira<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Maranhão, Coordenação de Ciência e Tecnologia, Centro de Ciências de Balsas, CEP 65800-000, Balsas-MA, Brasil.

\*E-mail: [regina.oliveira@ufma.br](mailto:regina.oliveira@ufma.br)

Recebido em: 4 de Junho de 2023

Aceito em: 1 de Agosto de 2023

Publicado online: 3 de Outubro de 2023

Vegetable oils have various industrial applications in the food, pharmaceutical, and bioenergy fields, but economic valorization is mainly associated with cultivation, extraction, and their physical, chemical, and biological properties. Thus, the aim of the study was to extract oil from the macaúba almond (*Acrocomia aculeata*), a native species from the cerrado region, at an advanced stage of ripeness (i.e., collected two months after the mature fruit has fallen to the ground) and investigate its physicochemical and anti-inflammatory characteristics, as well as its lipid and nutritional profile. Analytical methods used were based on AOCS (American Oil Chemists Society) standards and ANVISA recommendations and pharmacopoeial assays. The oil was obtained through artisanal extraction, with a yield of 26.18% relative to the almond mass, a value higher than what is generally reported for this raw material. Based on density, moisture content, refractive indices, acidity, peroxide, and saponification values, the oil meets quality parameters. The atherogenicity and thrombogenicity index values indicate that macaúba almond oil is less nutritionally suitable compared to fruit pulp and olive oils. Chromatographic data show that the oil contains a high content of saturated fatty acids (70.48%), indicating its economic value addition potential, especially in biodiesel production.

**Keywords:** *Acrocomia aculeata*; lipid profile; atherogenicity; thrombogenicity; anti-inflammatory; biofuel.

## 1. Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e abrange cerca de 30% da área total do estado do Maranhão, onde é encontrada uma variedade de plantas nativas oleaginosas, incluindo a *palmeira da macaúba* (*Acrocomia aculeata*), cujo extrativismo tem papel importante na formação econômico-social de pequenas comunidades tradicionais.<sup>1,2</sup> Estudos de Xavier e Costa<sup>3</sup> destacam que aplicações da macaúba podem contribuir com oportunidades para o Brasil ampliar o quantitativo de matérias-primas disponíveis para inovação tecnológica.

O uso de matérias-primas de origem natural para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos, cosméticos e biocombustíveis tem levado à expansão significativa do mercado nacional e internacional de óleos provenientes de plantas nativas.<sup>4</sup> A macaúba agrega também outros requisitos de sustentabilidade como o uso de coprodutos para cogeração de energia e carvão ativado<sup>5</sup> e apresenta balanço energético favorável e, conforme a Análise de Ciclo de Vida, possui reduzida emissão de gases de efeito estufa em cultivos organizados,<sup>6</sup> os quais também têm aptidão à Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.<sup>1</sup>

Há dois tipos de óleos no fruto da macaúba, em que o extraído da amêndoa representa cerca de 15% do total de óleo<sup>7</sup>, sendo rico em ácido láurico e oleico, com potencial para uso industrial nos setores alimentício, farmacêutico, cosmético e bioenergético.<sup>3,8,9</sup> Por exemplo, o ácido oleico é importante na síntese de hormônios e na prevenção do câncer de mama,<sup>10</sup> enquanto que o ácido láurico possui efeito hidratante na pele e antiacne pela ação antimicrobiana contra a bactéria *Propionibacterium acnes*,<sup>11</sup> além de possuir uma estrutura de cadeia curta que favorece a sua reação de conversão em ésteres na produção de biodiesel.<sup>12</sup>

Os outros 85% de óleo do fruto é extraído da polpa, apresentando alto teor de ácidos oleico e palmítico, carotenoides e tocoferóis,<sup>13</sup> mas apesar das boas características para o processamento industrial, apresenta sérios problemas de perda de qualidade com o armazenamento do fruto.<sup>14</sup> Segundo Favaro et al. (2018),<sup>15</sup> a presença de carboidratos mucilaginosos dissolvidos em água na polpa dificulta a extração do óleo de frutos recém-colhidos, havendo a necessidade de secagem prévia para favorecer o despolpamento e prensagem. No entanto, há relatos de desenvolvimento

de microrganismos e de ocorrência de reações de oxidação lipídica e acidificação em óleos da polpa de frutos de macaúba armazenados em local sem aeração adequada.<sup>14,16</sup> Além disso, por ser uma planta nativa, fatores ambientais como disponibilidade de água e nutrientes, temperatura e fotoperíodo podem contribuir para o aparecimento de variações na concentração e na composição do óleo de macaúba, fato que também pode ser consequência do estado de conservação da matéria-prima e do método utilizado na extração do óleo.<sup>17</sup>

No entanto, informações sobre o melhor estágio para colher frutos e o tempo máximo de permanência dos frutos maduros no solo, sem comprometimento da qualidade, ainda são escassos na literatura, bem como dados relacionados aos frutos nativos provenientes do cerrado maranhense e suas potencialidades. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar por métodos padrões se o óleo extraído da amêndoa do fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em estágio avançado de maturação (isto é, coletado após cinco meses do período regular de abscisão dos frutos maduros) atende aos parâmetros de qualidade e, a partir do seu perfil lipídico, avaliar o potencial nutricional e biocombustível e, assim contribuir com informações científicas do óleo, para fins de uso como matéria-prima na tecnologia de produtos nos segmentos alimentício e bioenergético, bem como com o agroextrativismo sustentável.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Coleta, seleção, higienização e caracterização biométrica dos frutos

A coleta dos frutos, em estágio avançado de maturação, ocorreu após cinco meses do período regular da ocorrência

de abscisão natural dos frutos maduros (de setembro a dezembro),<sup>18</sup> e da época reconhecida como o da safra da macaúba (outubro a dezembro).<sup>19</sup>

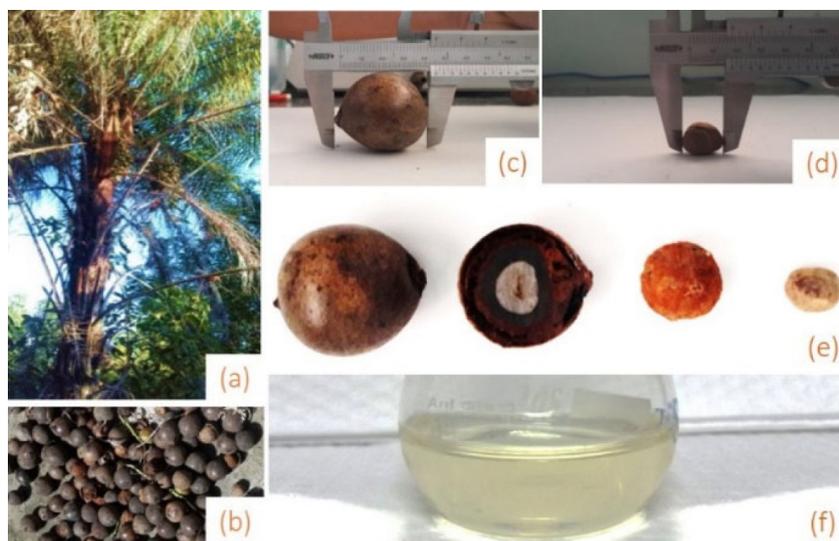
Os frutos coletados em maio de 2017, no município de Fortaleza dos Nogueiras-MA e levados para o laboratório de Química da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências de Balsas, foram selecionados, higienizados e secos à temperatura ambiente por 24 h. As Figuras 1(a) e 1(b) mostram um palmeira de Macaúba e os frutos colhidos, respectivamente.

A análise biométrica de frutos e sementes pode fornecer informações úteis para identificar variabilidade genética de vegetais da mesma espécie e distinguir espécies do mesmo gênero.<sup>20</sup> Para a caracterização biométrica, 10 unidades dos frutos *in natura*, selecionados aleatoriamente, foram visualmente analisados quanto a aparência e coloração, e depois pesados individualmente com o auxílio de uma balança analítica (da Even, modelo FA 2204B). Também, suas dimensões (longitudinal e transversal) foram mensuradas com um paquímetro (da Insize, modelo 1205). As Figuras 1(c) e 1(d) mostram as medições do comprimento longitudinal para o fruto inteiro e do comprimento transversal da amêndoa, respectivamente. A Figura 1(e) mostra o aspecto físico do fruto inteiro, em corte, da semente e da amêndoa. A quebra manual dos frutos foi utilizada para a retirada das amêndoas (endosperma) e determinação da sua massa, cujo rendimento percentual, R (%), foi calculado pela Equação 1:

$$\text{Rendimento da amêndoa (\%)} = \frac{\text{Massa da amêndoa}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.2. Extração e caracterização físico-química do óleo

Os experimentos e as análises também foram realizados no laboratório supracitado. O óleo foi extraído com base no



**Figura 1.** (a) Palmeira de Macaúba no local de coleta (Fazenda Jatobá, Fortaleza dos Nogueiras-MA); (b) frutos colhidos; (c) medição longitudinal do fruto inteiro; (d) medição transversal da amêndoa da macaúba; (e) aspecto físico do fruto inteiro, em corte, da semente e da amêndoa, indo da esquerda para a direita; (f) óleo extraído da amêndoa

método de extração aquosa descrito por Oliveira *et al.*,<sup>21</sup> como alternativa ao uso tradicional de hexano, em que a água é o solvente e a separação ocorre devido a insolubilidade do óleo nesse meio. Para extração do óleo, as amêndoas foram retiradas, higienizadas com água a 100 ppm de hipoclorito de sódio por 10 min, lavadas, secas e acondicionadas adequadamente. Depois, 391 g foram trituradas, divididas em duas porções equivalentes, colocadas em béqueres de 1000 mL contendo 500 mL de água destilada e, na sequência, o conjunto foi aquecido por 15 min à  $70 \pm 1$  °C, sob agitação periódica, seguido de 2 h de repouso à temperatura ambiente. Depois, o material foi centrifugado a 4.000 rpm, e o óleo extraído (Figura 1(f)) foi armazenado a 10 °C em frasco âmbar. O rendimento percentual do óleo foi calculado pela Equação 2:

$$\text{Rendimento da óleo (\%)} = \frac{\text{Massa da óleo}}{\text{Massa do amêndoa}} \times 100 \quad (2)$$

Nas análises físico-químicas, todas as medidas foram feitas em triplicata e consistiram na determinação do índice de refração (com uso de um refratômetro da ATAGO, modelo MASTER-RI) e dos parâmetros densidade, umidade, índice de acidez, teor de acidez em ácido oleico, índice de peróxido e índice de saponificação, seguindo os padrões descritos pela *American Oil Chemists' Society*,<sup>22</sup> e foram calculados a partir das equações 3 a 8, respectivamente:

$$\text{Densidade relativas, } D = \frac{\left( \text{Massa do recipiente} \right) - \left( \text{Massa do recipiente vazio} \right)}{\text{Massa da água à } 25 \text{ °C}} \quad (3)$$

$$\text{Teor da umidade, } U (\% \text{ H}_2\text{O, a } 105 \text{ °C}) = \frac{100 \times N}{P} \quad (4)$$

onde: N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g) e P = n° de gramas da amostra.

$$\text{Índice de acidez, } IAc (\text{em mg KOH/g de óleo}) = \frac{V \times f \times 0,561}{P} \quad (5)$$

onde: V = n° de mL da solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N gasto na titulação; f = fator da solução de NaOH; P = n° de g da amostra.

$$\text{Teor de acidez em ácido oleico (\%)} = \frac{IAc (\text{em mg KOH/g de óleo})}{1,99} \quad (6)$$

$$\text{Índice de peróxido, } IP (\text{em meq/kg de óleo}) = \frac{(A - B) \times N \times f}{P} \times 1000 \quad (7)$$

onde: A = n° de mL da solução de tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,01 N gasto na titulação; B = n° de mL da solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N gasto na titulação do branco; N = normalidade da solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; f = fator da solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; P = n° de g da amostra.

$$\text{Índice de saponificação, } IS (\text{em mg KOH/g de óleo}) = \frac{(B - S) \times N \times 56,1}{P} \quad (8)$$

onde: B = volume em mL de ácido clorídrico (HCl) 0,5 N para titular a solução do branco; S = volume em mL de HCl 0,5 N necessário para titular a amostra, N = normalidade da solução de HCl, P = n° de g da amostra.

### 2.3. Produção e caracterização do biodiesel metílico do óleo por análise cromatográfica

O biodiesel metílico foi obtido a partir da saponificação e esterificação das amostras do óleo, segundo método descrito por Hartman e Lago,<sup>23</sup> e foi analisado em triplicata em um cromatógrafo a gás (CG-2010) acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM QP2010 Plus), utilizando uma coluna capilar ZB-FFAP (30 mm × 0,25 mm × 0,25 μm), do Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental (NCCA)/CCET/UFMA. A velocidade linear do fluxo de gás de arraste (Hélio 99,99999%) foi de 30 cm/sec e fluxo da coluna de 1,0 mL/min. Os parâmetros da programação do forno foram: 120 °C por 2 min com rampa de aquecimento de 10 °C/min até 180 °C e permaneceu por 5 min, seguida de elevação de temperatura de 5 °C/min até 230 °C, permanecendo por 25 min. No injetor e na fonte de íons, as temperaturas foram 200 e 250 °C, respectivamente, com modo de injeção Split de 1/50. A partir da normalização das áreas dos picos fez-se a quantificação e, com base na biblioteca do equipamento NIST08 (*National Institute of Standards and Technology*) foi feita a identificação da composição química em termos de ácidos graxos presentes no óleo analisado.<sup>24</sup>

### 2.4. Determinação das massas molares do óleo e do biodiesel

As massas molares (em g/mol) do óleo ( $M_O$ ) e do seu biodiesel ( $M_B$ ) foram determinadas com base nos dados de composição centesimal obtidos por CG-EM<sup>23</sup> e calculadas a partir das Equações 9 e 10, respectivamente:

$$M_O (\text{g/mol}) = \sum [(3 \times M_{AG} - 3 \times M_H + 1 \times M_{FGL}) \times (\%AG / 100)] \quad (9)$$

$$M_B (\text{g/mol}) = \sum [(1 \times M_{AG} - 1 \times M_H + 1 \times M_{FALC}) \times (\%AG / 100)] \quad (10)$$

onde:  $M_{AG}$  é a massa molar em g/mol de cada ácido graxo presente na composição do óleo;  $M_H$  é a massa molar em g/mol do hidrogênio ácido que participa da composição do ácido graxo correspondente;  $M_{FGL}$  é a massa do fragmento do glicerol estruturador do triglicerídeo com contribuição de 3 carbonos e 5 hidrogênios, o que corresponde a 41 g/mol;  $M_{FALC}$  é a massa do fragmento alquila ( $-\text{CH}_3$ ) do álcool usado na transesterificação, com contribuição de um carbono e três hidrogênios, o equivalente a 15 g/mol; %AG é o teor de ácido graxo no óleo.

## 2.5. Avaliação da qualidade nutricional do óleo

Considerando que o perfil lipídico dos alimentos pode contribuir para o desenvolvimento de doenças coronarianas,<sup>25</sup> os dados de composição em ácidos graxos foram usados para avaliar a qualidade nutricional do óleo. O método proposto por Ulbricht e Southgate<sup>25</sup> permite avaliar o impacto de um óleo na ocorrência de aterosclerose e trombose, utilizando os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), calculados pelas equações 11 e 12, respectivamente, onde AGMI é referente aos ácidos graxos monoinsaturados:

$$IA = \frac{C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0}{\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3} \quad (11)$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6) + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6)} \quad (12)$$

O potencial de prevenção do aumento do colesterol sérico pode ser avaliado a partir da razão entre o teor de ácidos graxos que contribuem para a sua redução (hipocolesterolêmicos) e os que favorecem a sua elevação (hipercolesterolêmicos), H/H<sup>26</sup> calculado pela equação 13:

$$H/H = \frac{C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3}{C14:0 + C16:0} \quad (13)$$

## 2.6. Atividade anti-inflamatória

A atividade anti-inflamatória foi avaliada pelo método de desnaturação da albumina humana por degradação térmica,<sup>27</sup> em que a mistura reacional, constituída por diferentes concentrações do óleo, foi incubada a  $37 \pm 1$  °C por 15 minutos e, em seguida, mantida a 70 °C em banho-maria por 10 minutos e depois acompanhada por medidas espectrofotométricas em 660 nm.

A atividade foi calculada em termos de porcentagem de inibição a partir da Equação 14 (onde  $A_c$  = absorvância do controle e  $A_i$  = absorvância do ensaio com a amostra (óleo)).

$$\text{Inibição (\%)} = \frac{A_c - A_i}{A_c} \times 100 \quad (14)$$

## 2.7. Análise estatística

O teste t de Student foi utilizado nas análises estatísticas dos dados. Os cálculos foram efetuados utilizando o software Origin 2018, com intervalo de confiança de 95% ( $P < 0,05$ ).

# 3. Resultados e Discussão

## 3.1. Caracterização biométrica do fruto

Os valores médios do comprimento longitudinal do

fruto, da semente (endocarpo com amêndoa) e da amêndoa foram  $44,60 \pm 1,71$ ,  $22,90 \pm 1,37$  e  $15,50 \pm 1,43$  mm, respectivamente. Os valores médios do comprimento transversal do fruto, da semente e da amêndoa foram  $41,50 \pm 1,65$ ,  $25,20 \pm 1,23$  e  $18,30 \pm 1,06$  mm, respectivamente. Quanto ao peso médio do fruto, da semente e da amêndoa de macaúba obtidos foram  $16,05 \pm 1,92$ ,  $9,52 \pm 0,22$  e  $2,59 \pm 0,11$  g, respectivamente, de modo que os rendimentos percentuais da semente e da amêndoa foram de 59,33 e 16,15%, respectivamente. A semente e a amêndoa dos frutos analisados neste estudo possuem massa superior aos de frutos de macaúba provenientes de Dourados-MS e Presidente Epitácio-SP, que de maneira geral, apresentaram rendimento médio de 38% de semente e 7% de amêndoa em relação ao fruto inteiro.<sup>28</sup> Também, CETEC<sup>29</sup> e Ramos et al.<sup>30</sup> observaram rendimentos de 6,57% e 3,80% de amêndoas de macaúbas coletadas em Jaboticatubas-MG e Campo Grande-MS, respectivamente. As variações observadas na biometria do fruto podem estar associadas a fatores genéticos e ambientais, pois a genética de uma espécie determina as características morfológicas básicas do fruto,<sup>20</sup> enquanto as condições ambientais, como temperatura, umidade, luz solar e nutrientes do solo, influenciam seu desenvolvimento e tamanho.<sup>31</sup>

## 3.2. Rendimento extrativo e características físico-químicas do óleo

O rendimento do óleo extraído da amêndoa de macaúba foi de 26,18% (112,5 mL), superior ao valor médio relatado na literatura (15%)<sup>7</sup> para esse tipo de matéria-prima em estágio maduro do fruto. Souza et al.,<sup>32</sup> por exemplo, não obtiveram óleo de amêndoas de frutos de macaúba em estágio inicial de maturação, e associaram o fato a prováveis características individuais da bioquímica no processo de amadurecimento. O rendimento relativamente mais alto tanto pode estar associado à genética e ao cultivo da planta quanto à condição do fruto (seco) e à forma de extração do óleo (artesanal à 70 °C) empregada neste estudo. Em termos de condições do fruto, Favaro et al.<sup>15</sup> também identificaram o acúmulo de óleo na polpa de frutos maduros da macaúba após 49 dias da colheita e, de modo semelhante, Silva e Andrade,<sup>33</sup> ao observar maior rendimento de óleo obtido de frutos secos. A determinação da qualidade de um óleo envolve análises físico-químicas, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

O valor da densidade relativa foi de  $0,922 \pm 0,006$  g/mL a 25 °C, superior ao encontrado por Amaral<sup>34</sup> e CETEC<sup>29</sup> para óleo de amêndoa de macaúba proveniente do Botucatu-SP (0,9131 g/mL) e Esmeraldas-MG (0,9176), respectivamente, sugerindo diferenças no teor dos constituintes químicos do óleo.

O teor de umidade no óleo de amêndoa de macaúba foi de  $0,265 \pm 0,010\%$ , sendo ligeiramente menor do que os obtidos por Souza et al.<sup>31</sup> e Amaral<sup>34</sup>. Como o limite máximo de umidade que um óleo vegetal deve apresentar é de até

**Tabela 1.** Características físico-químicas do óleo extraído da amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*) coletada em Fortaleza dos Nogueiras-MA, em maio de 2017, e comparação com dados da literatura

Referências	Este estudo*	Souza et al. <sup>31</sup>	Coimbra e Jorge <sup>8</sup>	Amaral <sup>34</sup>	CETEC <sup>29</sup>	ANVISA <sup>35</sup>
<b>Origem da Planta</b>	Fortaleza dos Nogueiras-MA	Paraíso-TO	Centro Oeste-BR	Botucatu-SP	Esmeraldas-MG	-
<b>Estágio do fruto</b>	Envelhecido	Maduro	Maduro	Maduro	Maduro	Maduro
<b>Características</b>						
Densidade (g/cm <sup>3</sup> , a 25 °C)	0,922±0,006	-	-	0,913	0,9176	-
Índice de refração	1,455	-	1,448	1,456	-	-
Umidade (% H <sub>2</sub> O, a 105 °C)	0,260±0,010	0,27	-	0,275	-	≤ 0,5
Índice de acidez (mg KOH/g de óleo)	1,225±0,070	8,5	-	12,8	-	≤ 4,0
Teor de acidez em ácido oleico (%)	0,616±0,028	-	0,45 ± 0,00	-	-	-
Índice de peróxido (meq/Kg)	7,20±0,035	5,88	0,18 ± 0,00	15,57	9,4	≤ 15,0
Índice de saponificação (mg KOH/g de óleo)	196,35±1,05	193,27	201 ± 1,3	308,0	221	≤ 203,39

\*As análises foram realizadas em triplicata (n=3), e os resultados estão expressos em média ± desvio padrão.

0,5% para ser classificado como óleo industrial do tipo 1,<sup>35</sup> então o óleo obtido neste estudo atende a este parâmetro de qualidade. Outro aspecto positivo do baixo teor de umidade é o favorecimento para obtenção de maior rendimento na produção de biodiesel,<sup>34</sup> pois, caso contrário influenciaria na desativação de catalisadores básicos necessários no processo.

O índice de refração (IR) observado foi de 1,455 à 25 °C, sendo muito próximo ao encontrado por Amaral para óleo de amêndoa de macaúba proveniente do cerrado piauiense (1,456).<sup>34</sup> Como o índice de refração de um óleo geralmente aumenta à medida que o comprimento da cadeia hidrocarbônica e o grau de insaturação dos ácidos graxos aumentam,<sup>36</sup> o resultado indica que o óleo da amêndoa da macaúba possivelmente apresenta um teor relativamente menor de compostos com cadeia hidrocarbônica longa e/ou insaturados. Segundo estudos de Coimbra e Jorge,<sup>13</sup> o óleo das amêndoas apresenta índice de refração significativamente menor que as polpas devido à maior presença de compostos saturados, o que torna o óleo obtido neste estudo mais resistente à presença de ácidos graxos livres, à oxidação e ao tratamento térmico.

O resultado obtido para o índice de acidez foi de 1,225 ± 0,070 mg KOH/g de óleo. Segundo a AOCS<sup>22</sup>, o índice de acidez é um parâmetro relacionado à qualidade e ao grau de pureza do óleo, podendo ser afetado pelo nível de amadurecimento dos frutos, das condições de conservação da matéria-prima da qual o óleo é extraído,<sup>37</sup> do tipo de tratamento térmico<sup>38</sup> e do processo de refino.<sup>39</sup> Tais fatores podem alterar a acidez livre, decorrente da hidrólise parcial dos glicerídeos presentes no óleo,<sup>36</sup> considerando que a Resolução RDC n° 270 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA),<sup>35</sup> estabelece o limite máximo do índice de acidez de até de 4,0 mg NaOH/g de óleo. Com base neste parâmetro, o óleo obtido neste estudo pode ser classificado como tipo 1. Também, em termos de teor de acidez em ácido oleico, o óleo apresentou valor de 0,616 ± 0,028%,

o qual está bem abaixo do limite máximo de 2% permitido pela Resolução RDC n° 270 da ANVISA para maioria dos óleos vegetais brutos,<sup>35</sup> como soja por exemplo. Destaca-se este resultado como uma importante vantagem ao se tratar de aproveitamento da matéria-prima para produção de biodiesel, uma vez que um índice de acidez elevado encarece o produto por requerer tratamentos adicionais no processo.<sup>40</sup>

O índice de peróxido no óleo foi de 7,20 ± 0,035 mEq/kg. Conforme a Resolução RDC n° 270 da ANVISA,<sup>34</sup> este parâmetro é um critério de avaliação para rancidez proveniente da formação de peróxidos instáveis (geralmente dienos) em óleos e não deve exceder 15 mEq/kg, o mesmo valor estabelecido internacionalmente pela *Codex Alimentarius* para óleos vegetais não refinados.<sup>41</sup> Dado o fato de que até então inexistia norma específica para óleo de macaúba, considera-se também a Instrução Normativa n° 1, publicada pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 30 de Janeiro de 2012,<sup>42</sup> que estabelece valor abaixo de 20 mEq/Kg para o azeite de oliva extra virgem. Logo, o óleo obtido neste estudo atende a este parâmetro de qualidade, indicando que nem a matéria-prima (a amêndoa de macaúba) nem o óleo extraído sofreram tratamento inadequado durante o armazenamento e extração, isto é, do ponto de vista de deterioração oxidativa, a qualidade do óleo foi mantida em bom padrão. Nota-se que apesar do estágio avançado de maturação da macaúba, a amêndoa dentro do endosperma do fruto permaneceu protegida de fatores como luz, temperatura e oxigênio capazes de acelerar o processo de degradação dos constituintes químicos do óleo por via oxidativa e formação de peróxido.<sup>20</sup>

O valor do índice de saponificação foi de 196,35 ± 1,05 mg KOH/g de óleo, sendo menor que o encontrado por Amaral<sup>34</sup> e CETEC<sup>29</sup> para óleos de amêndoa de macaúba. Uma característica deste parâmetro é que quanto maior for o peso molecular dos ácidos graxos presentes no óleo, menor será o valor do índice de saponificação,<sup>36</sup> cuja

variação fica entre 181 e 265 mg KOH/g para maioria dos óleos vegetais consumidos no Brasil.<sup>35</sup> Nesse contexto, o óleo analisado neste estudo está dentro desta faixa.

Portanto, de acordo com os resultados das análises físico-químicas realizadas com o óleo da amêndoa de macaúba envelhecida, todos os parâmetros analisados neste estudo atendem aos critérios estabelecidos pela ANVISA,<sup>35</sup> indicando uma matéria-prima em potencial de qualidade e um processamento eficiente.

### 3.3. Caracterização do biodiesel metílico do óleo por análise cromatográfica

A reação de esterificação dos ácidos graxos resultou em rendimento de 91% em ésteres. A Figura 2 mostra o cromatograma do biodiesel metílico do óleo de amêndoa de macaúba e sua composição percentual de ácidos graxos é apresentada na Tabela 2, bem como dados comparativos da literatura<sup>13,17,43</sup> e as massas molares (calculadas pelas equações 9 e 10) do óleo e do seu biodiesel.

De acordo com a Tabela 2, doze ácidos graxos foram identificados, sendo que os saturados representaram 70,48% do teor total, em que o láurico (31,80%), o mirístico (13,89%) e o palmítico (12,43%) foram os principais, em conformidade com a literatura.<sup>13,17,43</sup> Os ácidos graxos insaturados representaram 29,52% do total, constituído principalmente por ácido oleico (24,97%) e linoleico (4,20%). O teor de compostos saturados no óleo da amêndoa de macaúba é em média o triplo do encontrado no óleo da polpa da fruta que, em geral, varia na faixa de 20,42 a 27,10%,<sup>13,17,43</sup> indicando que o óleo extraído neste estudo é menos suscetível à oxidação e apresenta maior estabilidade

oxidativa, como também constataram Coimbra e Jorge,<sup>13</sup> um fator considerado importante, inclusive, para a produção de biodiesel.

A massa molar média do óleo de amêndoas de macaúba obtido neste estudo ( $673,66 \text{ g mol}^{-1}$ ) é menor que o relatado para dendê ( $706 \text{ g mol}^{-1}$ ) e babaçu ( $698 \text{ g mol}^{-1}$ ),<sup>44</sup> indicando que a sua composição possui maior teor de ácidos graxos de cadeia curta, o que tende a reduzir sua viscosidade. Além disso, a massa molar média do biodiesel do óleo de amêndoa de macaúba extraído neste estudo ( $225,89 \text{ g mol}^{-1}$ ) é menor que dos biodieséis de óleos de mamona ( $311,39 \text{ g mol}^{-1}$ ), soja ( $292,26 \text{ g mol}^{-1}$ ), dendê ( $287,26 \text{ g mol}^{-1}$ ) e algodão ( $292,21 \text{ g mol}^{-1}$ ).<sup>44</sup> No que se refere aos biocombustíveis, um biodiesel com peso molecular mais baixo geralmente está associado a uma melhor fluidez e pode apresentar uma melhor mistura e solubilidade em combustíveis convencionais, como o diesel de petróleo, fator importante para permitir a utilização de misturas de biodiesel em diferentes proporções (como B5, B10, B20, por exemplo.) nos motores a diesel existentes.

### 3.4. Perfil nutricional e atividade anti-inflamatória do óleo

Entre os ácidos graxos presentes no óleo de amêndoa de macaúba, destacam-se o ácido oleico ( $\omega$ 9), inibidor da proliferação e migração de células de câncer de mama e ativador de genes supressores de tumor,<sup>10</sup> e o ácido linolênico ( $\omega$ 6), importante na regulação de vários processos biológicos, como a prevenção de doenças cardiovasculares e hiperinsulinemia,<sup>45</sup> por exemplo. Além disso, o óleo contém o ácido cáprico, útil na produção de soros antifúngicos.<sup>46</sup>

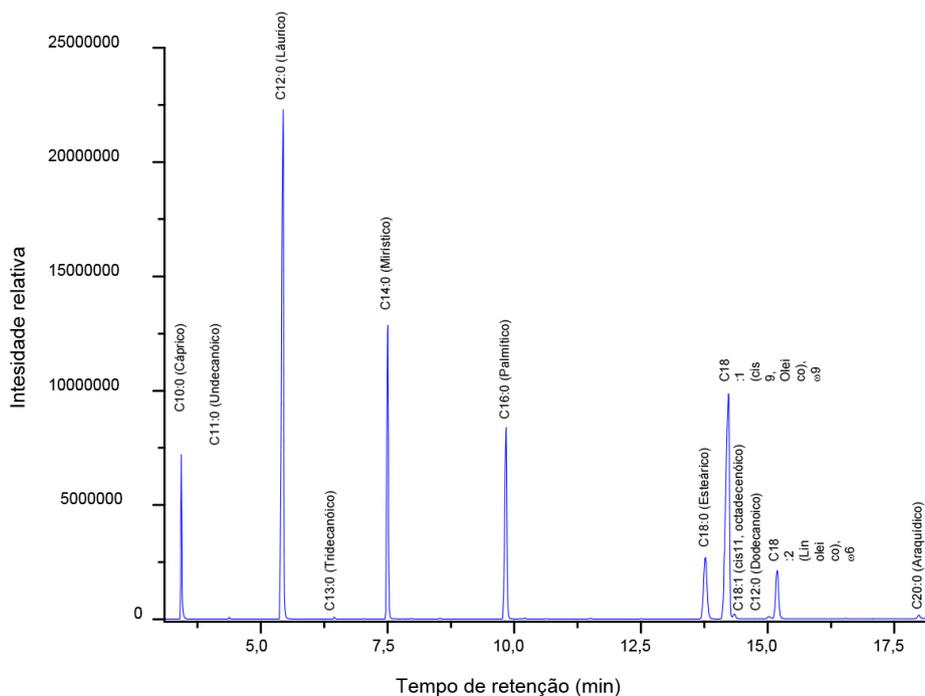


Figura 2. Cromatograma do biodiesel metílico do óleo de amêndoa de macaúba por CG-MS

**Tabela 2.** Composição de ácidos graxos (%) do óleo de macaúba e dados da literatura

Referências	Massa molar do ácido graxo	Este estudo	Amaral et al. <sup>17</sup>	Coimbra e Jorge <sup>13</sup>	Silva et al. <sup>43</sup>
<b>Ácidos Graxos</b>		<b>TEOR (%)</b>			
<b>Saturados (AGS)</b>	-	<b>70,48</b>	<b>71,05</b>	<b>59,92</b>	<b>77,90</b>
C8:0 (Caprílico)	144,21	ND*	5,22	3,67	2,15
C10:0 (Cáprico)	172,26	5,50	4,56	2,79	2,43
C11:0 (Undecanoico)	186	0,05	ND	ND	ND
C12:0 (Dodecanoico)	200,32	0,17	ND	ND	ND
C12:0 (Láurico)	200,32	31,80	44,14	32,58	43,92
C13:0 (Tridecanoico)	214,34	0,06	ND	ND	ND
C14:0 (Mirístico)	228,37	13,89	8,45	9,21	16,88
C16:0 (Palmítico)	256,42	12,43	6,57	8,25	10,14
C18:0 (Esteárico)	284	6,33	2,11	2,24	2,26
C20:0 (Araquídico)	312,53	0,25	ND	ND	0,12
<b>Monoinsaturados (AGMI)</b>	-	<b>25,32</b>	<b>25,76</b>	<b>36,27</b>	<b>19,45</b>
C16:1 (Palmitoleico)	254	ND	ND	ND	0,02
C18:1 ( <i>cis</i> 9, Oleico), $\omega$ 9	282,46	24,97	25,76	36,27	19,35
C18:1 ( <i>cis</i> 11, octadecenoico)	282,46	0,35	ND	ND	ND
C20:1 (Eicosenoico)	312,53	ND	ND	ND	0,08
<b>Poliinsaturados (AGPI)</b>	-	<b>4,20</b>	<b>3,19</b>	<b>3,82</b>	<b>2,65</b>
C18:2 (Linoleico), $\omega$ 6	280,00	4,20	3,19	3,82	2,65
Massa molar média do óleo (g mol <sup>-1</sup> )		673,66	-	-	-
<b>Massa molar média do biodiesel (g mol<sup>-1</sup>)</b>		<b>225,89</b>	-	-	-

\*ND = não detectado.

A partir da análise do perfil nutricional do óleo obteve-se os valores dos índices de aterogenicidade (IA = 3,39) e de trombogenicidade (IT = 2,21). O IA fundamenta-se na análise do impacto dos ácidos graxos sobre o colesterol, sobretudo na modulação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL - *low density lipoprotein*) e as de alta densidade (HDL - *high density lipoprotein*).<sup>25</sup> Já o IT indica o potencial dos lipídios em formar coágulos nos vasos sanguíneos,<sup>47</sup> avaliado a partir da relação entre o percentual de ácidos graxos saturados protrombóticos (mirístico, palmítico e esteárico) e o de monoinsaturados e poliinsaturados (linolênico,  $\omega$ 3; Linoleico,  $\omega$ 6) antitrombóticos. Neste estudo, os resultados de IA e IT indicam que o óleo de amêndoa de macaúba contém menor teor de ácidos graxos antitrombogênicos e antiaterogênicos do que os óleos de oliva extra virgem (IA = 0,20; IT = 0,45) e da polpa de macaúba (IA = 0,36; IT = 0,71),<sup>48</sup> uma vez que valores menores indicam menor potencial de um óleo em promover o acúmulo de placas de gordura nas artérias e a formação de coágulos sanguíneos.<sup>25</sup>

Quanto ao valor da razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos obtido (H/H = 1,11), este é menor que os relatados por Aouf<sup>48</sup> para óleos de oliva (4,87) e da polpa de macaúba (2,96). Quanto maior é o teor de ácidos graxos que reduzem o colesterol LDL (oleico, linoleico,  $\alpha$ -linolênico, eicosapentaenoico, docosapentaenoico e docosahexaenoico) em relação aos

contribuem para o seu aumento (mirístico e palmítico), mais elevado é o valor da razão H/H, indicando maior potencial do óleo em prevenir o aumento do colesterol LDL.<sup>24,49</sup> Nesse contexto, o óleo da amêndoa de macaúba é menos adequado nutricionalmente que o da polpa deste fruto e o de oliva.

A ação anti-inflamatória do óleo foi avaliada a partir do ensaio de interação com a albumina humana, já que a desnaturação proteica é um indicador do processo inflamatório em sistemas biológicos.<sup>27</sup> Observou-se que na concentração de 4,1 mg/mL o óleo de amêndoa de macaúba inibe a desnaturação da proteína em  $19,98 \pm 0,26\%$ , cujo efeito anti-inflamatório pode estar associado, em parte, ao significativo teor de ácido oleico em sua composição, uma vez que este ácido graxo atenua a inflamação em diversas condições patológicas, como feridas e uveíte.<sup>10</sup>

#### 4. Conclusão

Os frutos inteiros, a semente e a amêndoa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresentaram peso médio de  $16,05 \pm 1,92$ ,  $9,52 \pm 0,22$  e  $2,59 \pm 0,11$  g, respectivamente. O rendimento da semente foi de 59,33% e da amêndoa foi de 16,15%. Já o rendimento extrativo do óleo foi de 26,18%, superior ao valor médio relatado na literatura (15%) para esse tipo de matéria-prima em estágio maduro do fruto.

Conforme as análises físico-químicas, o óleo extraído apresentou valores dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. Quanto à composição, os principais ácidos graxos encontrados no óleo foram o láurico (31,80%), o mirístico (13,89%) e o palmítico (12,43%), dentre os saturados, e o oleico (24,97%) e linoleico (4,20%), dentre os insaturados.

Em termos nutricionais, os parâmetros IA, IT e H/H indicam que o óleo da amêndoa de macaúba é menos adequado ao consumo excessivo que o da polpa do fruto ou de oliva. No entanto, possui efeito anti-inflamatório na concentração de 4,1 mg/mL, inibindo em  $19,98 \pm 0,26\%$  a desnaturação da proteína albumina humana, o que significa que pode ter potencial em atenuar a trombogenicidade associada a processos inflamatórios.

O óleo da amêndoa de macaúba contém elevado teor de ácidos graxos saturados (70,48% do total), os quais possuem pontos de fusão mais baixos e são mais estáveis à oxidação em comparação com os ácidos graxos insaturados. Isto atende à atual demanda industrial por óleos com maior estabilidade oxidativa, especialmente na produção de biodiesel que requer como matéria-prima óleos menos propensos a se deteriorar ou formar subprodutos indesejados durante o armazenamento.

Conclui-se que frutos secos de macaúba em estágio avançado de maturação também podem ser aproveitados para fins comerciais, já que a amêndoa apresenta rendimento satisfatório em óleo, cujas características possibilitam a sua aplicação como matéria-prima em diversos processos industriais, incluindo a produção de biodiesel. Portanto, o extrativismo da macaúba fora do período habitual de colheita do fruto maduro ou a estocagem das sementes na safra para processamento na entressafra são alternativas que podem ampliar as possibilidades de operação industrial do óleo de macaúba.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA (Processo AGRIF-04946/15) pelo auxílio financeiro, ao Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental (NCCA)/UFMA pela análise cromatográfica realizada e a Antonio Ismael Lopes de Sousa pela colaboração na correção do artigo.

## Referências Bibliográficas

- Nobre, D. A. C.; Trogello, E.; Borghetti, R. A.; David, A. M. S. S.; Macaúba: palmeira de extração sustentável para biocombustível. *Colloquium Agrariae* **2014**, *10*, 92. [[Link](#)]
- Gonçalves, D. C. M.; Corrêa, J. J.; Gama, J. R. V.; Oliveira Júnior, R. C.; Análise da vegetação secundária em unidades de conservação: o uso de recursos florestais por comunidades tradicionais. *Nature and Conservation* **2019**, *12*, 1. [[Crossref](#)]
- Xavier, E. V. A.; Costa, A. A.; Aplicações da Macaúba: um estudo prospectivo. *Cadernos de Prospecção* **2020**, *13*, 1147. [[Crossref](#)]
- Santos, A. C.; Ferreira, P. M.; Lopes, C. L.; Braga, M.; Viana, N. M.; *Estudo prospectivo de óleos vegetais*, Embrapa Agroenergia: Brasília, 2022. [[Link](#)]
- Evaristo, A. B.; Grossi, J. A. S.; Carneiro, A. D. O.; Pimentel, L. D.; Motoike, S. Y.; Kuki, K. N.; Actual and putative potentials of macauba palm as feedstock for solid biofuel production from residues. *Biomass & Bioenergy* **2016**, *85*, 18. [[Crossref](#)]
- Coppel, I. A. F.; Evaristo, A. B.; Guimaraes, A. C.; Gil, J. M.; Gracia, L. M. N.; Ramos, P. M.; Life cycle analysis of macauba palm cultivation: A promising crop for biofuel production. *Industrial Crops and Products* **2018**, *125*, 556. [[Crossref](#)]
- Andrade, M. H. C.; Vieira, A. S.; Aguiar, H.; Chaves, J. F. N.; Neves, R. M. P. S.; Miranda, T. L. S.; Salum, A.; *Resumos do Encontro Brasileiro sobre Tecnologia da Indústria Química*, São Paulo, Brasil, 2006. [[Link](#)]
- Moura, C. V. R.; Silva, B. C.; Castro, A. G.; Moura, E. M.; Veloso, M. E. C.; Sittolin, I. M.; Araujo, E. C. E.; Caracterização Físico-Química de Óleos Vegetais de Oleaginosas Adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com Potenciais para Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química* **2019**, *11*, 573. [[Link](#)]
- Pinho, D. M. M.; Suarez, P. A. Z.; A hidrogenação de óleos e gorduras e suas aplicações industriais. *Revista Virtual de Química* **2013**, *5*, 41. [[Link](#)]
- Farag, M. A.; Gad, M. Z.; Omega-9 fatty acids: potential roles in inflammation and cancer management. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* **2022**, *20*, 48. [[Crossref](#)]
- Nakatsuji, T.; Kao, M. C.; Fang, J.; Zouboulis, C. C.; Zhang, L.; Gallo, R. L.; Huang, C.; Antimicrobial Property of Lauric Acid Against *Propionibacterium Acnes*: Its Therapeutic Potential for Inflammatory Acne Vulgaris. *Journal of Investigative Dermatology* **2009**, *129*, 2480. [[Crossref](#)]
- Reis, M. C.; Freitas, F. A.; Lachter, E. R.; Gil, R. A. S. S.; Nascimento, R. S. V.; Poubel, R. L.; Borré, L. B.; Produção de biodiesel a partir de ácidos graxos provenientes do refino de óleos vegetais via catálise ácida heterogenea e micro-ondas. *Quimica Nova* **2015**, *38*, 1307. [[Crossref](#)]
- Coimbra, M. C.; Jorge, N.; Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. *Journal of Food Science* **2011**, *76*, C1156. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Evaristo, A. B.; Grossi, J. A. S.; Pimentel, L. D.; Goulart, S. M.; Martins, A. D.; Santos, V. L.; Motoike, S.; Harvest and post-harvest conditions influencing macaúba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. *Industrial Crops and Products* **2016**, *85*, 63. [[Crossref](#)]
- Favaro, S.P.; Cardoso, A.N.; Schultz, E.L.; Conceição, L.D.H.C.S.; Leal, W.G.O.; Pighinelli, A.L.M.T.; Silva, B.R.; Cruz, R.G.S.; *Armazenamento e processamento da macaúba: Contribuições para manutenção da qualidade e aumento do rendimento de óleo da polpa*. Embrapa Agroenergia: Brasília, 2018. [[Link](#)]
- Tilahun, W. W.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Viçosa, 2015. [[Link](#)]

17. Amaral, F.P.; Broetto, F.; Batistella, C.B.; Jorge, S.M.A.; Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de Macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Mart] coletada na região de Botucatu – SP. *Revista Energia na Agricultura* **2011**, *26*, 12. [[Link](#)]
18. Salis, S. M.; Mattos, P. P.; *Floração e frutificação de bocaiúva (Acrocomia aculeata) e do carandá (Copernicia alba) no Pantanal*. Embrapa Pantanal: Corumbá, 2009. [[Link](#)]
19. Lorenzi, G. M. A. C.; Pimentel, L. D.; Paula, S. R.; Negrelle, R. R. B.; Paes, J. M. V.; Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira Macaúba no estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário* **2011**, *32*, 7. [[Link](#)]
20. Correa, A. S. A. S.; Luz, P. B.; Rossi, A. A. B.; Silva, S. A. A.; Fruit and seed biometrics and genetic divergence between *Parkia pendula* (will.) Benth. Ex walp. (Angelim skirt) native to Matogrossense Amazon. *Research, Society and Development* **2021**, *10*, e40410817498. [[Crossref](#)]
21. Oliveira, R. M. M.; Pereira, F. T.; Pereira, E. C.; Mendonça, C. J. S.; Óleo de Buriti: Índice de Qualidade Nutricional e Efeito Antioxidante e Antidiabético. *Revista Virtual de Química* **2020**, *12*, 2. [[Link](#)]
22. AOCS - American Oil Chemists Society; *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. 27ª ed., Método Oficial AOCS: Arlington, 1993. [[Link](#)]
23. Hartman, L.; Lago, R. C. A.; Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice* **1973**, *22*, 475. [[PubMed](#)]
24. NIST/EPA/NIH: Search/Analysis Program and Data (Nist 08); Shimadzu Corp. Japão, 2008. [[Link](#)]
25. Ulbricht, T. L. V.; Southgate, D. A. T.; Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* **1991**, *338*, 985. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Santos-Silva, J.; Bessa, R. J. B.; Santos-Silva, F.; Effect of genotype feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science* **2002**, *77*, 187. [[Crossref](#)]
27. Mizushima, Y.; Kobayashi, M.; Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* **1968**, *20*, 169. [[Crossref](#)]
28. Sanjinez-Argandona, E. J.; Chuba, C. A. M.; Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2011**, *33*, 1023. [[Crossref](#)]
29. CETEC - Centro Tecnológico de Minas Gerais; *Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais*. CETEC: Belo Horizonte, 1983. [[Link](#)]
30. Ramos, M. I. L.; Filho, M. M. R.; Hiane, P. A.; Neto, J. A. B.; Siqueira, E. M. A.; Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. *Food Science and Technology* **2008**, *28*, 90. [[Crossref](#)]
31. Oliveira-Bento, S. R. S.; Torres, S. B.; Oliveira, F. N.; Paiva, E. P.; Bento, D. A. V.; Biometria de frutos e sementes e germinação de *Calotropis procera* Aiton (Apocynaceae). *Bioscience Journal* **2013**, *29*, 1194. [[Link](#)]
32. Souza, F. G. de; Rodrigues, F. M.; Rodrigues, L. G. S. M.; Extração artesanal e caracterização do óleo de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em dois estágios de maturação. *Enciclopédia Biosfera* **2013**, *9*, 1189. [[Link](#)]
33. Silva, G. C. R.; Andrade, M. H. C.; Extração dos óleos do fruto da macaúba no norte de Minas Gerais. *Rev. de Economia Agrícola* **2014**, *61*, 23. [[Link](#)]
34. Amaral, F. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2007. [[Link](#)]
35. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil); Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) N° 270, de 22 de setembro de 2005. [[Link](#)]
36. Nunes, C. A.; *Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos*, Ed. UFLA: Lavras, 2013. [[Link](#)]
37. Dag, A.; Kerem, Z.; Yogev, N.; Zipori, L.; Laveee, S.; David, E. B.; Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae* **2011**, *127*, 358. [[Crossref](#)]
38. Rossi, M.; Alamprese, C.; Ratti, S.; Riva, M.; Suitability of contact angle measurement as an index of overall oil degradation and oil uptake during frying. *Food Chemistry* **2009**, *112*, 448. [[Crossref](#)]
39. Del Río, V.; Larrenchi, M. S.; Callao, M. P.; Sequential injection titration method using second-order signals: determination of acidity in plant oils and biodiesel samples. *Talanta* **2010**, *81*, 1572. [[Crossref](#)]
40. Silva, L. N.; Cardoso, C. C.; Pasa, V. M. D.; Synthesis and characterization of esters from different alcohols using Macaúba almond oil to substitute diesel oil and jet fuel. *Fuel* **2016**, *166*, 453. [[Crossref](#)]
41. Codex Alimentarius; *Codex Standard for Named Vegetable Oils (CODEX-STAN 210)*, Seção 2, 1999. [[Link](#)]
42. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil); *Instrução Normativa número 1*, de 30 de janeiro de 2012. [[Link](#)]
43. Silva, W. L. G.; Salomão, A. A.; Souza, P. T.; Ansolin, M.; Tubino, M.; Binary blends of biodiesel from bakauba (*Acromia aculeata*) kernel oil with other biodiesels. *Journal of The Brazilian Chemical Society* **2018**, *29*, 240. [[Crossref](#)]
44. Cavalcante, R. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. [[Link](#)]
45. Novello, D.; Franceschini, P.; Quintiliano, A. D.; A importância dos ácidos graxos  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 para a prevenção de doenças e para a saúde humana. *Revista Salus* **2008**, *2*, 45. [[Link](#)]
46. Gutiérrez, J. M.; Rojas, E.; Quesada, L.; León, G.; Núñez, J.; Laing, G. D.; Sasa, M.; Renjifo, J. M.; Nasidi, A.; Warrell, D. A.; Theakston, R. D.; Rojas, G.; Pan-African polyspecific antivenom produced by caprylic acid purification of horse IgG: an alternative to the antivenom crisis in Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **2005**, *99*, 468. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
47. Senso, L., Suarez, M. D., Ruiz-Cara, T., Garcia-Gallego, M.; On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Chemistry* **2007**, *101*, 298. [[Crossref](#)]
48. Aouqi, M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Católica Dom Bosco, 2012. [[Link](#)]
49. Ascherio, A.; Willette, W. C.; New directions in dietary studies of coronary heart Disease. *Journal of Nutrition*, **1995** *125*, 647. [[Crossref](#)]