



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, NATURAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**ILSYLEEN JULLO PEREIRA RODRIGUES**

**EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS  
DO MESOCARPO E DA AMÊNDOA DO FRUTO  
INAJÁ (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae)**

PINHEIRO/MA - BRASIL

2019

**ILSYLEEN JULLO PEREIRA RODRIGUES**

**EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS  
DO MESOCARPO E DA AMÊNDOA DO FRUTO  
INAJÁ (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Licenciatura em  
Ciências Naturais da Universidade Federal do  
Maranhão – Campus V – Pinheiro, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Licenciado em Ciências Naturais – Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro.

PINHEIRO/MA - BRASIL

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Rodrigues, Ilsyleen Jullo Pereira.

Extração e determinação do perfil cromatográfico dos óleos do mesocarpo e da amêndoa do fruto Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae) / Ilsyleen Jullo Pereira Rodrigues. - 2019.  
45 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro.  
Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 2019.

1. Amazônia Maranhense. 2. *Attalea maripa*. 3. Bioenergia. 4. Conservação. 5. Inajá. I. Louzeiro, Prof. Dr. Hilton Costa. II. Título.

**ILSYLEEN JULLO PEREIRA RODRIGUES**

**EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS  
DO MESOCARPO E DA AMÊNDOA DO FRUTO  
INAJÁ (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Licenciatura em  
Ciências Naturais da Universidade Federal do  
Maranhão – Campus V Pinheiro, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Licenciado em Ciências Naturais – Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro.

Aprovado em 12 / 07 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



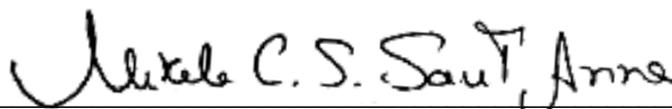
**Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro (Orientador)**

Universidade Federal do Maranhão – Campus Pinheiro



**Prof<sup>ª</sup>. M. Sc. Raysa Valéria Carvalho Saraiva**

Universidade Federal do Maranhão – Campus Pinheiro



**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mikele Candida Sousa Sant'anna**

Universidade Federal do Maranhão – Campus Pinheiro

A Deus e ao meu senhor Jesus, aos meus pais, irmão, amigos e professores que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus. Por ter minha vida em suas mãos, conduzindo a cada dia meus passos e minhas decisões. Por estender-me as mãos nos momentos mais difíceis e por ser autor do meu destino.

Aos meus Pais (Egidio Acebispo Rodrigues e Januaria Pereira Rodrigues), como não emocionar-me ao lembrar-me meus principais alicerces, que me educaram, incentivaram e sempre me guiaram pelos caminhos certos da vida.

Ao meu irmão (Deyllen Junno Pereira Rodrigues), ao qual me tem como exemplo e segue meus passos de perto, que com muito carinho e apoio não mediu esforços para me ajudar a vencer mais essa etapa.

Ao meu avô paterno “In Memoriam” (Simião dos Reis Rodrigues), por ter sido motivo do mais puro orgulho para mim e toda minha família, ao qual eu tenho um grande carinho, combateu o bom combate, grande homem que deixou plantadas suas raízes, onde seu legado é carregado por seus 10 (dez) filhos e filhas, seus netos e netas, e seus bisnetos e bisnetas. Saudades Eternas meu velho.

Ao Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro, companheiro, amigo, professor e orientador, que ao longo dessa caminhada incansável sempre me incentivou, e depositou em mim compreensão, confiança e ensinamentos únicos, que se dispôs a contribuir com minha formação acadêmica e pessoal como exemplo de pessoa e excelente profissional.

Ao projeto e grupo de pesquisas científicas, Amazônia Biológica – AMBio, junto a Prof<sup>a</sup>. Dra. Mikele Candida Souza Sant’anna pela temática e todo apoio a mim fornecido.

Aos docentes, mestres e doutores, e amigos discentes da turma 2013 de Ciências Naturais - Biologia que contribuíram e fizeram parte da minha formação acadêmica na Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Aos meus amigos do “É Coisa de Rico”, Arllan Rodrigues, José Maria, Carlos Henrique, José Neto, Aureni Sebastiana, Maria Rosa, Joyce Keila, Floriana Almeida e Ana Kerly pelo carinho e apoio nos momentos compartilhados desta panelinha, nas atividades, aventuras e nos filmes gravados. Foram momentos únicos que ficaram gravados na memória. Estarão sempre comigo, pois a amizade segue para a vida toda.

Aos membros e irmãos de farda da minha equipe do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU, que sempre me apoiaram e perguntavam por esse TCC que não saía.

E a todos que de alguma forma colaboraram de modo direto e indireto para a realização deste trabalho.

“Educação não transforma o mundo.  
Educação muda pessoas.  
Pessoas transformam o mundo.”

(Paulo Freire)

## RESUMO

O Maranhão é um estado rico em diversidade de oleaginosas, principalmente, espécies de palmáceas, destacando-se o inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae), cujo fruto é rico em óleo tanto no mesocarpo como em sua amêndoa do fruto. Entretanto, as florestas de palmeiras do Estado estão cada vez mais desmatadas devido à agropecuária. O desenvolvimento de pesquisas que tratam da agregação de valor à diversidade de palmeiras presentes no estado é de vital importância para a preservação e conservação da mata remanescente. O presente trabalho tem por objetivo levantar a potencialidade do inajá como fonte de biomassa para a produção de biocombustíveis, através da extração e caracterização dos óleos presentes no seu fruto. Inicialmente, após coleta dos frutos, os mesmos foram selecionados e o mesocarpo e amêndoas separados, após retirada de umidade por aquecimento, as amostras foram trituradas e o óleo extraído via Soxhlet com hexano, o excesso de solvente foi retirado e os óleos analisados por cromatografia a gás. A partir do resultado da composição do óleo verificou-se que a predominância de ácidos graxos saturados no óleo da amêndoa, mas precisamente o láurico, o mirístico e o oléico. O óleo da polpa é composto principalmente pelos ácidos oléico (mono-insaturado com 18 carbonos) e palmítico. Portanto, observa-se que a composição do óleo extraído da amêndoa do inajá se aproxima da faixa ideal para a produção de bioquerosene e da polpa presente no mesocarpo na faixa de produção do diesel verde.

**Palavras-chave:** Inajá, *Attalea maripa*, Bioenergia, Conservação, Amazônia Maranhense.

## ABSTRACT

The Maranhão is a state rich in oilseed diversity, mainly palmácea species, especially inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae), whose fruit is rich in oil both in the mesocarp and in its almond of the fruit. However, the state's palm forests are increasingly deforested due to agriculture and cattle ranching. The development of research that deals with the aggregation of value to the diversity of palm trees present in the state is of vital importance for the preservation and conservation of the remaining forest. The present work aims to raise the potential of inajá as a source of biomass for the production of biofuels, through the extraction and characterization of the oils present in its fruit. Initially, after fruit collection, the fruits were selected and the mesocarp and almonds separated after removal of moisture by heating, the samples were crushed and the oil was extracted via Soxhlet with hexane, excess solvent was removed and the oils analyzed by chromatography to gas. From the result of the composition of the oil, it was verified that the predominance of saturated fatty acids in the oil of the almond, but precisely the lauric, the myristic and the oleic. The oil of the pulp is composed mainly of the oleic (mono-unsaturated with 18 carbons) and palmitic acids. Therefore, it is observed that the composition of the oil extracted from the inajá almond is close to the ideal range for the production of biokerosene and the pulp present in the mesocarp in the green diesel production range.

**Keywords:** Inajá, *Attalea maripa*, Bioenergy, Conservation, Amazônia Maranhense.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa do Brasil destacando a região Nordeste, cuja área em tons de cinza escuro, representa a ocorrência da zona dos cocais nos estados do Maranhão e Piauí.....	19
<b>Figura 2:</b> Palmeiras de Inajá em seu habitat natural. A) Cachos em formação, B) Copa da palmeira, C) Bosque de inajazeiros .....	20
<b>Figura 3:</b> Folha do Inajá. A) Folha do inajá, retratando grupos folíolos espalhados em diferentes planos, B) Detalhe da folha do inajá.....	21
<b>Figura 4:</b> Inflorescência do Inajá. A) Inflorescência monoica do inajá, flores femininas na base e masculinas no ápice, B) Detalhe da inflorescência estaminada (masculina) do inajá...	21
<b>Figura 5:</b> Cachos com frutos do Inajá. A) Detalhe das infrutescências do inajá, B) Cacho do inajá quase maduro, C) Cacho do inajá verde .....	22
<b>Figura 6:</b> Partes constituintes do fruto do Inajá.....	23
<b>Figura 7:</b> Esquema de germinação do Inajá. ....	23
<b>Figura 8:</b> Tombamento do Inajá ( <i>Attalea maripa</i> ) .....	28
<b>Figura 9:</b> Frutos do Inajá. A) Cocos do Inajá, B) Da esquerda pra direita, Perianto, Epicarpo, Mesocarpo, Endocarpo Pirênar com Amêndoas.....	29
<b>Figura 10:</b> Polpa e Sementes. A) Mesocarpo, B) Amêndoas .....	29
<b>Figura 11:</b> Processo de maceração e trituração das amostras. A) Amostra da polpa com umidade, B) Preparação da amostra da polpa, C) Maceramento da polpa, D) Sementes trituradas, E) Pesagem da amostra na cápsula .....	30
<b>Figura 12:</b> Amostras no Dessecador. A) Amêndoas e Polpa, B) Apenas Polpa .....	32
<b>Figura 13:</b> Extração de Óleo. A) Bancada de Extratores Soxhlet, B) Cartuchos Extraíndo Óleo, C) Óleo da Polpa Extraído com Hexano, D) Óleo da Amêndoa Extraído com Hexano.	33
<b>Figura 14:</b> Condições Cromatográficas para a Caracterização Química do Óleo de Inajá, Amêndoa e Mesocarpo. ....	34
<b>Figura 15:</b> Óleos Extraídos do Inajá. A) Óleo da Amêndoa, B) Óleo da Polpa, C) Comparação visual dos dois óleos.....	35
<b>Figura 16:</b> Perfil Cromatográfico do Óleo (Amêndoa) de Inajá por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS). ....	37
<b>Figura 17:</b> Perfil Cromatográfico do Óleo (Mesocarpo) de Inajá por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS) .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Dados numéricos Experimento 1. ....	31
<b>Tabela 2:</b> Dados numéricos Experimento 2. ....	31
<b>Tabela 3:</b> Dados numéricos Experimento 3. ....	31
<b>Tabela 4:</b> Composição dos Óleos Saturados (%). ....	36
<b>Tabela 5:</b> Composição dos Óleos Essenciais (%). ....	36
<b>Tabela 6:</b> Tabela referente aos picos da Figura 16– Óleo de Inajá – Amêndoa. ....	37
<b>Tabela 7:</b> Tabela referente aos picos da Figura 17– Óleo de Inajá – Mesocarpo. ....	38
<b>Tabela 8:</b> Características Físico-Químicas – Óleo Bruto de Inajá – Amêndoa. ....	39
<b>Tabela 9:</b> Características Físico-Químicas – Óleo Bruto de Inajá – Mesocarpo. ....	39

## **LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS**

AMBio	Grupo de Pesquisa em Bioenergia e Bioprodutos da Amazônia Maranhense.
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência.
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
QAV	Querosene de Aviação.
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
CG-MS	Cromatografia Gasosa com Espectrômetro de Massa.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos .....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
3.1 Biodiversidade Amazônica .....	17
3.2 Biodiversidade Maranhense .....	17
3.3 Mata dos Cocais .....	18
3.4 O Inajá ( <i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart. Arecaceae) .....	19
3.5 A necessidade do planeta frente ao potencial das oleaginosas.....	24
4. METODOLOGIA .....	27
4.1 Estado da Arte e da Técnica e laboratórios de execução dos experimentos .....	27
4.2 Caracterização da Biomassa do Inajá.....	28
4.3 Extração e Determinação do Perfil do Óleo de Inajá .....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5.1 Melhores Condições de Extração .....	35
5.2 Composição Química, Perfil Cromatográfico e índice de acidez dos Óleos de Inajá (Mesocarpo e Amêndoa) .....	35
6. CONCLUSÃO .....	39
REFERÊNCIAS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

O estado do Maranhão apresenta uma rica diversidade vegetal distribuída em vários biomas, destacando-se o bioma amazônico, o cerrado, a caatinga e a mata dos cocais que se situa em uma zona de transição entre as três anteriores (IBGE, 2012).

Entre as espécies vegetais mais abundantes da mata dos cocais destaca-se, principalmente, o babaçu (*Attalea speciosa*), além de outras espécies como a carnaúba (*Copernicia prunifera*), o buriti (*Mauritia flexuosa*), a macaúba (*Acrocomia aculeata*), o tucum (*Bactris setosa*) e o inajá (*Attalea maripa*) (EMBRAPA, 2016). Essa diversidade de palmeiras apresenta um significativo potencial na produção de óleo para uma variedade de aplicações, desde alimentícia à produção de biocombustíveis, dentre as palmeiras pouco estudadas encontra-se o inajá, cujo fruto é rico em óleo tanto no mesocarpo quanto em suas amêndoas (PIRES et al., 2016), entretanto, apesar de suas potencialidades, a mata dos cocais sofre com constante degradação oriunda do desmatamento para ceder lugar a pastagens e práticas agrícolas.

Neste contexto, pesquisas sobre o aproveitamento de todo o potencial econômico e energético da biomassa oriunda de palmeiras é de fundamental relevância para o desenvolvimento sustentável visando uma preservação da zona dos cocais e região da Amazônia Maranhense, desenvolvendo conhecimento referente às cadeias produtivas, levantando critérios referentes à agregação de valor às espécies nativas, além da avaliação dos impactos ambientais, econômicos e sociais.

O Brasil é conhecido por sua grande capacidade de produção de biomassa, muitas vezes refletida na exportação de *commodities* agrícolas. Porém, a possibilidade de agregar valor à biomassa deve ser considerada como uma oportunidade para fomentar o desenvolvimento tecnológico do país e reduzir os impactos ambientais, uma vez que o país apresenta uma vasta variedade de plantas oleaginosas, a exemplo das espécies de palmeiras.

O presente trabalho tem por objetivo extrair óleo do mesocarpo e da amêndoa do fruto da palmeira de inajá, realizar a sua caracterização química e levantar o potencial na produção de biocombustíveis.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Extrair e determinar a composição química do óleo do mesocarpo e da amêndoa do fruto da palmeira de inajá.

### **2.2 Específicos**

- Realizar o estado da arte e da técnica sobre a diversidade da mata dos cocais e o potencial na produção bioenergia;
- Avaliar as técnicas de extração e caracterização dos óleos;
- Caracterizar o óleo de inajá em relação a sua composição química via CG-MS;
- Levantar o potencial do inajá na produção de biocombustíveis.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Biodiversidade Amazônica**

Quando se argumenta sobre biodiversidade amazônica, relacionamos este tema empiricamente à fauna e flora. A biodiversidade trata-se da agregação de todo e qualquer ser vivo, trazendo consigo a sua variabilidade genética (KERR et al., 2001).

De fato, a Amazônia é bem emblemática e apresenta um contexto bem complexo e amplo, sua biodiversidade causa inveja aos países que não a tem. Ela apresenta uma estimativa de milhões de espécies de animais e plantas, sem contar as inúmeras interações de espécies entre si e o ambiente. A região contém cerca de 40 mil registros de plantas vasculares, destas, 30 mil são endêmicas e exclusivas do bioma (IMAZON, 2011).

“A diversidade biológica possui inestimável valor para a sobrevivência da humanidade. Além dos serviços ambientais que proporciona como, por exemplo, a purificação da água, a ciclagem de nutrientes e a manutenção das condições climáticas, a diversidade biológica constitui uma importante fonte de recursos com aplicação alimentar, medicinal, industrial, entre outras (INPA, 2008, p. 11)”.

Ao expor essas informações sobre biodiversidade amazônica, é indispensável não citar a Amazônia Legal, área esta de 5.217,423 Km<sup>2</sup>, correspondente a 61% do território brasileiro. Esta área compõe de fato toda a Amazônia brasileira entre outras partes como o cerrado e o pantanal mato-grossense. Os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do estado do Maranhão, fazem parte da totalidade amazônica (OECD, 2014).

#### **3.2 Biodiversidade Maranhense**

Dentre os estados que compõe a Amazônia Legal, está o Maranhão. A Amazônia Maranhense abrange uma área de 81.208,40 Km<sup>2</sup>, correspondente a 24,46% do território estadual, é o estado que possui menor índice de ocupação na sua área de proteção, porém, apresenta alto índice de desmatamento e fragmentação florestal (MARTINS et al., 2011).

Sua vegetação acomoda os cipoais amazônicos, onde as suas características cruciais são as árvores de copas diminutas e aumento de raízes, com áreas de palmeiras e sub-bosques às vezes difíceis de adentrar. Apresenta variações entre matas densas e abertas, de extensões

medianas no geral, definida por uma transição gradual de uma floresta tropical úmida até o tipo semidecíduo, conforme se desloca para o sul do estado (GOLFARI, 1980).

De acordo com a UEMA (2019), a universidade possui um acervo de cerca de 5.500 amostras de espécies botânicas da flora maranhense, principalmente exsicatas, ou seja, amostras de plantas prensadas e posteriormente secas em estufas. As angiospermas predominam a coleção com 117 famílias representadas, além de 50 pteridófitas, 26 briófitas, 24 algas macroscópicas e 2 gimnospermas. Segundo Muniz (2016), curadora do herbário, em uma entrevista para o jornal “O Imparcial”, relata que todo o acervo botânico serve de base tanto para pesquisadores brasileiros quanto para estrangeiros.

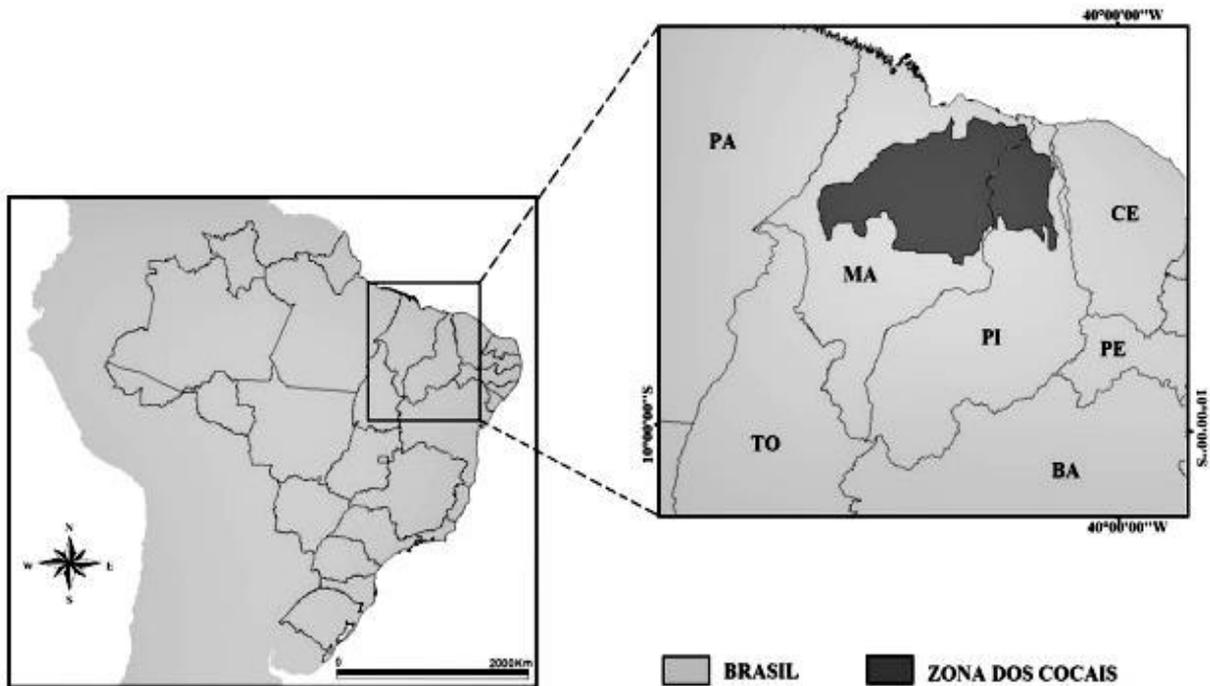
### 3.3 Mata dos Cocais

A mata dos cocais é composta por uma ampla diversidade populacional de palmeiras, tanto no Maranhão quanto no estado vizinho Piauí, incluindo babaçuais (*Attalea speciosa*), buritizais (*Mauritia flexuosa*), carnaubais (*Copernicia prunifera*), macaúbais (*Acrocomia aculeata*), tucumzais (*Bactris setosa*) e inajázais (*Attalea maripa*) (ROMARIZ, 1996; SANTOS-FILHO, 2013). Conforme os relatos de Viveiros (1943), a mata dos cocais poderia ser considerada uma vegetação secundária, proveniente da devastação ao qual a floresta amazônica vem sofrendo ao longo do tempo pelas derrubadas e queimadas, para que as atividades agrícolas fossem estabelecidas. De fato, a incrível dominância das palmeiras na zona dos cocais, destaca-se entre vários fatores, por apresentarem desenvolvimento mais rápido, o que torna assim, a família livre de competição (NUNES et al., 2012).

“Minha terra tem palmeiras, Onde canta o sabiá; As aves, que aqui gorjeiam, Não gorjeiam como lá. Nosso céu tem mais estrelas, Nossas várzeas têm mais flores, Nossos bosques têm mais vida, Nossa vida mais amores (GONÇALVES DIAS, 1843)”.

Infelizmente a mata dos cocais está em evidente ameaça, tanto sua fauna quanto sua flora, uma vez que há um desmatamento desordenado visando o desenvolvimento agropecuário e uma produção do grão da soja, sem contar à extração de minerais e manufaturas químicas encontrados neste ambiente, acaba que isso compromete ainda mais esta zona do bioma brasileiro (SUÇUARANA, 2013). A mata dos cocais é a região com maior concentração de plantas oleaginosas do mundo.

**Figura 1:** Mapa do Brasil destacando a região Nordeste, cuja área em tons de cinza escuro, representa a ocorrência da zona dos cocais nos estados do Maranhão e Piauí.



Fonte: SANTOS-FILHO et al., 2013.

### 3.4 O Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., Arecaceae)

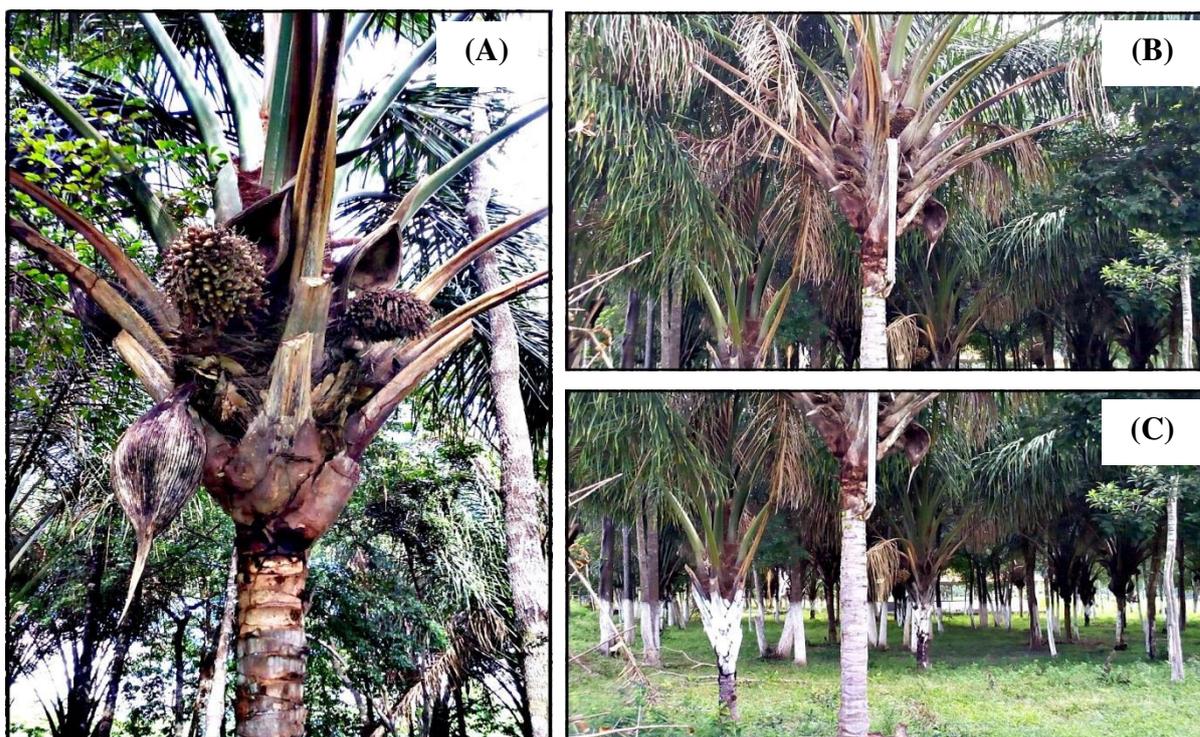
A palmeira Inajá (*Attalea maripa*) pertence a família Arecaceae, que é composta por mais de 2.500 espécies, e se distribuem em 200 gêneros, prevaemente nos trópicos. Compõe a terceira família botânica mais importante economicamente, ficando atrás apenas das famílias Poaceae e Fabaceae (JANICK et al., 2006).

O Brasil é mencionado como o terceiro país com maior diversidade de palmeiras nativas, apresentando aproximadamente 37 gêneros e aproximadamente 387 espécies de grande importância ambiental (VALOIS, 2008), dentre estas palmeiras está o Inajá (*Attalea maripa*).

De acordo com Pintaud (2008), o inajá pode ser encontrado em vastas áreas da região amazônica, desenvolvendo-se bem em áreas desmatadas e com vegetação secundária (HENDERSON et al., 1995), características estas presentes nos estados do Maranhão e Piauí, denominada de zona dos cocais. Um dos aspectos mais importantes do inajá é que ele apresenta fácil adaptação ao solo, tolera inundações por períodos curtos e resiste em solos secos também (COSTA, 2018), o que a torna uma palmeira de características perene em termos de sobrevivência. Ainda segundo Costa (2018), a palmeira também é conhecida na

zona dos cocais por nomes, como: anajá, aritá, inajazeiro (a), maripá, najá e inaiá. De acordo com o folclore brasileiro, Inaiá era o nome de uma linda índia (origem Tupi), que reinava nos bosques e matas do Brasil como uma representante de Eva, a mulher original, símbolo de graça e inocência, beleza e poesia.

**Figura 2:** Palmeiras de Inajá em seu habitat natural. A) Cachos em formação, B) Copa da palmeira, C) Bosque de inajazeiros.



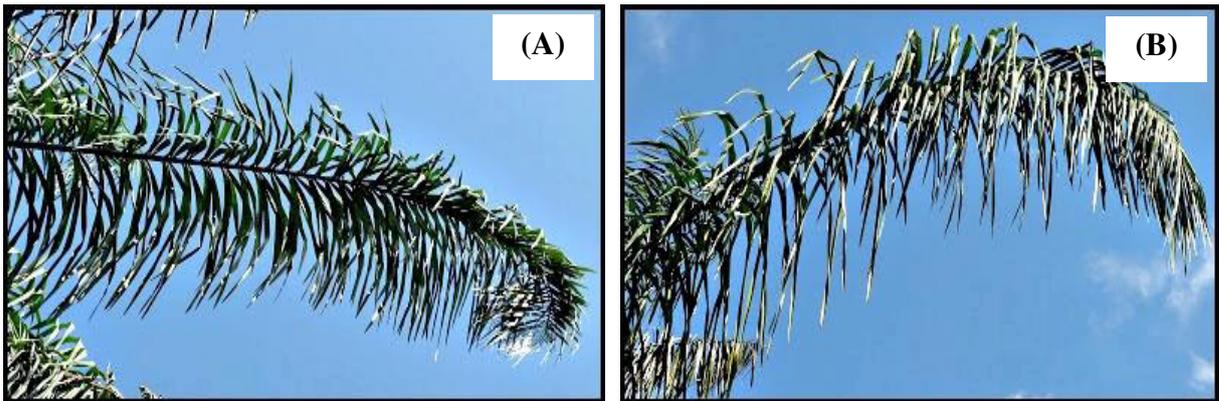
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

A palmeira do inajá é composta por um estipe simples e cilíndrica sem a presença de pertífilhos, de porte ereto. A copa da palmeira, geralmente é formada em média por 20 folhas compostas, pinadas, inseridas em filas verticais. As folhas pinas são lineares e eretas, aparelhadas e agrupadas em ângulos diferentes. Seu pecíolo e bainha são persistentes e junto à raque, manifestando bordas cortantes (MATOS et al., 2017). Ainda segundo Matos (2017), os cachos e as inflorescências são interfoliados, protegidas assim por espatas persistentes (folhas modificadas, apresentando uma estrutura lenhosa). O cacho apresenta um eixo central chamado de ráquis, e os ramos laterais são chamados de ráquulas, onde as inflorescências, e em seguida os frutos, serão presos.

O inajazeiro manifesta frutificação simultaneamente com a floração. Pesquisas apontaram que apenas a fenofase espata fechada é altamente sincrônica, em contrapartida, a

sua frutificação é um acontecimento fenológico pouco sincrônico (PIRES, 2016). Esses episódios de assincronia já foram relatados por inúmeros autores, como bastante frequentes nas fenofases de floração e frutificação de diversas palmeiras tropicais (MATOS et al., 2009; OSTROROG, 2009; BARBOSA, 2010; SILVA; VIEIRA; CARVALHO, 2011).

**Figura 3:** Folha do Inajá. A) Folha do inajá, retratando grupos folíolos espalhados em diferentes planos, B) Detalhe da folha do inajá.



Fonte: Adaptado de RABELO, 2012.

**Figura 4:** Inflorescência do Inajá. A) Inflorescência monoica do inajá, flores femininas na base e masculinas no ápice, B) Detalhe da inflorescência estaminada (masculina) do inajá.

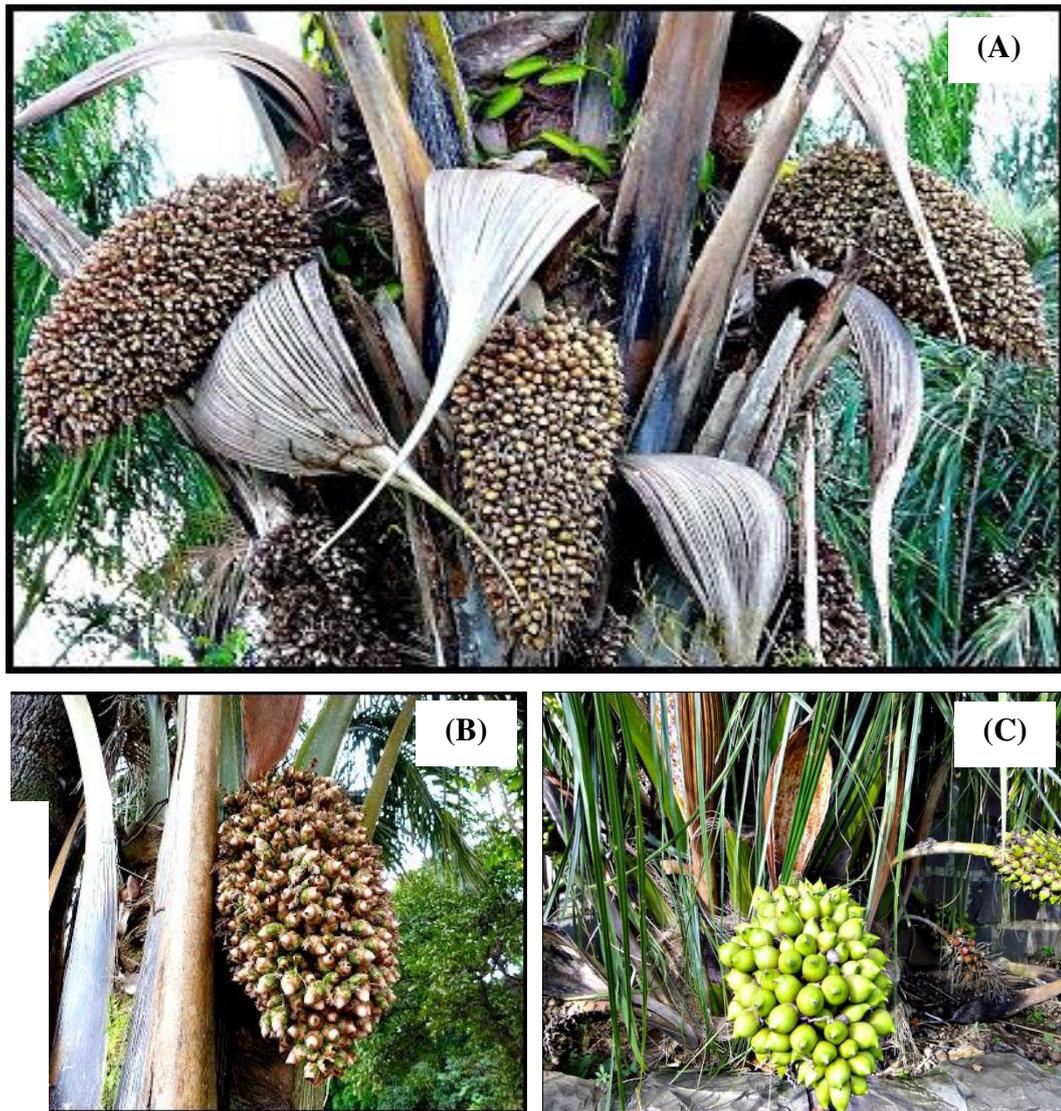


Fonte: Adaptado de RABELO, 2012.

Os frutos, matéria prima principal deste trabalho, apresentam morfologias ovoides e oblongas, medem em média de 4,0 a 5,5 cm de comprimento por 2,5 a 3,0 cm de diâmetro, seu peso varia muito, mas se enquadra entre 15 a 30g cada (RABELO, 2012). Ainda segundo Rabelo (2012), o epicarpo (casca) é fino, com uma superfície levemente áspera, textura

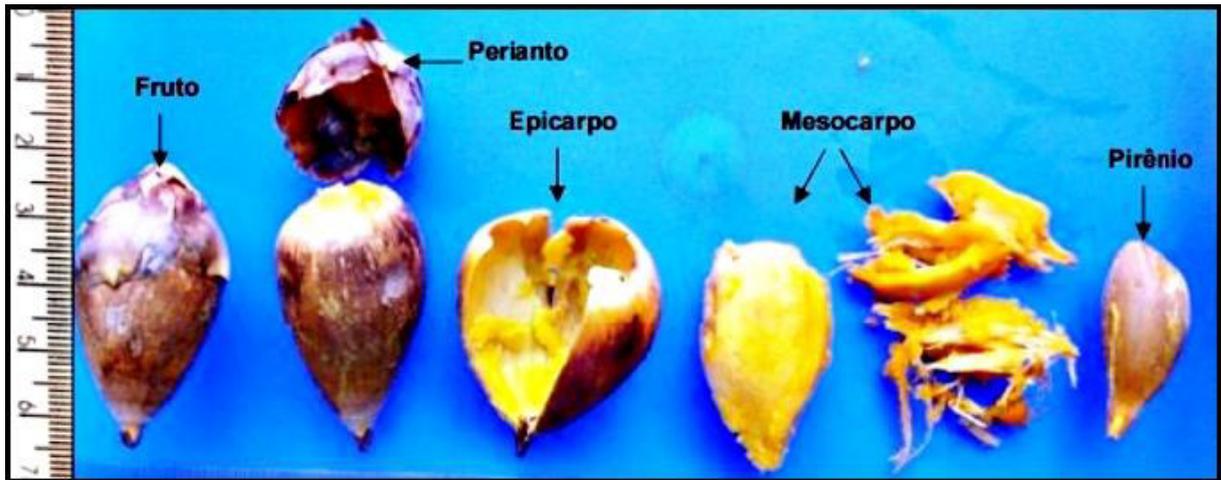
fibrosa, com coloração marrom-ferrugíneo e uma pequena extensão próxima ao ápice do fruto com coloração esbranquiçada. O mesocarpo (polpa) apresenta rendimento de  $\pm 30\%$  do total do seu fruto, manifesta uma coloração amarelo-claro com um aroma forte e marcante, que se assemelha ao óleo de coco-manso (*Cocos nucifera L.*).

**Figura 5:** Cachos com frutos do Inajá. A) Detalhe das infrutescências do inajá, B) Cacho do inajá quase maduro, C) Cacho do inajá verde.



**Fonte:** Adaptado de RABELO, 2012; MANECK, 2015.

**Figura 6:** Partes constituintes do fruto do Inajá.



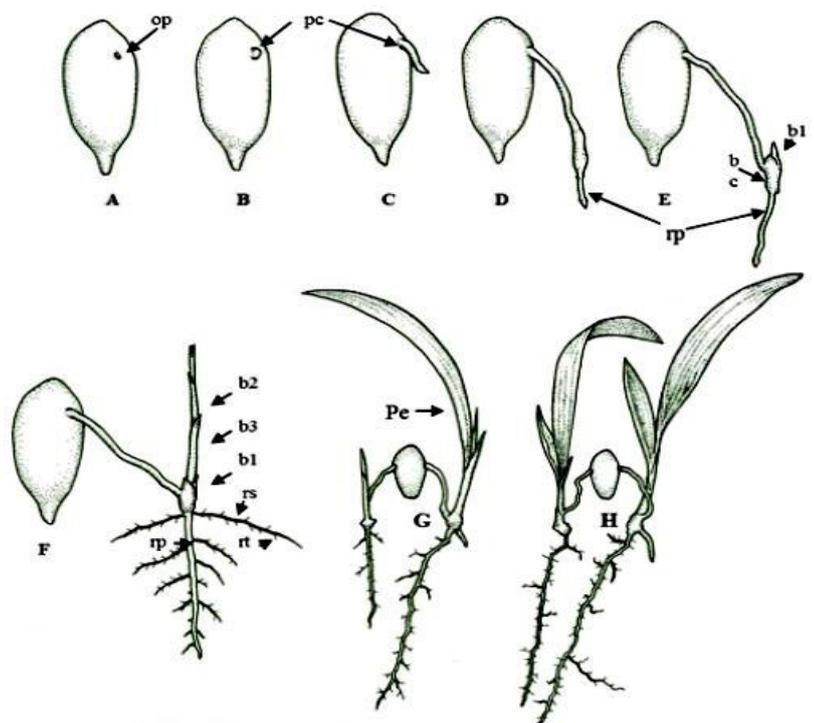
Fonte: Adaptado de MATOS et al., 2017.

A germinação do inajá ocorre através de seus frutos caídos, de acordo com Matos (2017), a germinação se caracteriza pelo alongamento de seu pecíolo e sua bainha cotiledonar, já seu desenvolvimento vem da raiz primária. A plântula do futuro inajazeiro, escabele-se no momento em que ocorre a expansão da terceira bainha cotiledonar, aí ocorre a formação de sua primeira folha, conforme o esquema abaixo.

**Figura 7:** Esquema de germinação do Inajá.

### GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE PLÂNTULAS DE *Attalea maripa*.

A=Saída do opérculo;  
 B e C= Protrusão do pecíolo cotiledonar;  
 D= Surgimento da raiz primária;  
 E= Emissão da primeira bainha cotiledonar;  
 F= Emissão da segunda bainha cotiledonar e emissão de raízes secundárias e terciárias;  
 G e H= Emissão do primeiro eófilo;  
 op = Opérculo;  
 pc = pecíolo cotiledonar;  
 bc = bainha cotiledonar;  
 b1 = primeira bainha;  
 b2 = segunda bainha;  
 b3 = terceira bainha cotiledonar;  
 rp = raiz primária;  
 rs = raiz secundária;  
 rt = raiz terciária;  
 pe = primeiro eófilo.



Fonte: Adaptado de MATOS et al., 2017.

Fonte: JOÃO BARROS SILVEIRA, 2010.

### 3.5 A necessidade do planeta frente ao potencial das oleaginosas

A orientação do Plano Nacional de Agroenergia (OLIVEIRA E RAMALHO, 2006) é que as pesquisas procurem por fontes de matérias-primas com maior adensamento energético (utilizando as oleaginosas mais adequadas a cada região do país). Estas ações visam proporcionar competitividade crescente aos biocombustíveis, já que cerca de 40 a 60% do custo de produção advém das matérias-primas. O Brasil dispõe de uma diversidade de matérias-primas alternativas com potencial para produção de biocombustíveis, sendo notória a oportunidade de desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de combustíveis. Para transformar a possibilidade em realidade, são necessários investimentos constantes em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) (EMBRAPA AGROENERGIA, 2011).

Para que determinada matéria-prima seja apta para a produção de biocombustíveis, deve apresentar algumas características, tais como: não ameaçar a biodiversidade, não interferir nos ecossistemas naturais e ser produzida de forma que o solo e a água não sejam sobrecarregados, não necessitar de grandes quantidades de insumos agrícolas, proporcionar redução de emissão e conteúdo energético maior ou igual comparados ao combustível tradicional, não concorrer com o setor de alimentos, agregar valor socioeconômico as comunidades locais, serem cultivadas em terras não utilizadas para a produção de alimentos e terras marginais (ICAO, 2010; SWAFEA, 2011; BONASSA, 2014).

Dentre as oleaginosas potenciais, destacam-se o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e as palmeiras nativas, como a macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.), o tucum (*Bactris setosa* Mart.), o babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) e o inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.). Tem sido demonstrado que estas espécies têm grande potencial como matéria-prima para a produção de biocombustíveis, tanto em função das maiores produtividades previstas de óleo como em função da aptidão agroclimática, que aponta possibilidade de expansão dos plantios sem comprometer as áreas atualmente cultivadas com culturas tradicionais e/ou alimentícias (EMBRAPA AGROENERGIA, 2011).

Todas essas palmeiras ocupam imensas extensões de terras, sendo o babaçu, comumente, mais estudado e extraído, devido à importância social, cultural e política deste extrativismo. Inúmeros trabalhos demonstram a quantidade de produtos que podem ser fabricados a partir da extração do babaçu, inclusive biocombustíveis como o bioquerosene.

Atualmente vários países estão desenvolvendo projetos de pesquisa objetivando a implementação do uso da bioenergia no transporte aéreo. Os fatores que impulsionaram a busca pelos combustíveis alternativos foram: tornar o setor menos dependente do querosene

fóssil e mitigar a poluição atmosférica. A International Air Transport Association (IATA) anunciou no relatório anual que seus associados assumiram a obrigatoriedade de usar 10% em volume de combustíveis alternativos em todo o combustível usado na indústria aeronáutica até 2017, pois é responsável por 2% das emissões de todo CO<sub>2</sub> emitido na atmosfera por ações antrópicas (LLAMA et al., 2012). Nesse sentido, determinou-se uma meta de reduzir em 50% a emissão de CO<sub>2</sub> até 2050, em comparação com 2005, e tornar o carbono neutro até 2020. Entretanto, os investimentos em infraestrutura e logística, além do melhoramento do rendimento de motores a jato não estão sendo suficientes para atingir a meta da indústria da aviação (AIAB, 2011).

O bioquerosene foi definido pela Lei nº 12.490/2011 e pela resolução da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) nº 20 de 2013, como combustível derivado de biomassa renovável destinado ao consumo em turbinas de aeronaves, produzido pelos processos que atendam ao Regulamento Técnico ANP nº 01/2013 (BRASIL, 2013). O Projeto de Lei Nº 3213/2009 dispõe: “Sobre a criação do Programa Nacional do Bioquerosene como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira, e dá outras providências”. O mesmo estabelece a pesquisa e o desenvolvimento em combustíveis renováveis a partir de biomassa, do tipo bioquerosene *drop-in*, termo utilizado para designar biocombustíveis que podem ser usados na frota existente, sem necessidade de alterações nos motores das aeronaves (BONASSA, 2014).

Aliado a esses fatores, a taxa relativa de crescimento do setor, somada às preocupações ambientais e em torno do futuro do abastecimento, as buscas por combustíveis alternativos têm se intensificado (BLAKEY et al., 2011; LIU et al., 2013). As companhias aéreas, fabricantes de motores, empresas químicas e os governos estão agindo para buscar atender às necessidades de abastecimento do mercado que cresce cada vez mais. O combustível assumiu, a partir de 2006, o patamar de componente de maior custo operacional para as companhias aéreas.

O bioquerosene pode ser obtido através de algumas rotas de produção, dentre estas estão: processos químicos, utilizando oleaginosas vegetais ou gorduras animais que passam por processos de transesterificação; processos bioquímicos, através de leveduras ou bactérias modificadas que metabolizam matérias açucaradas e produzem uma variedade de hidrocarbonetos; processos termoquímicos, produzido por processos de craqueamento térmico catalítico e gaseificação seguida por síntese catalítica (CHIARAMONTI et al., 2014; BONASSA et al., 2014).

O craqueamento envolve a decomposição térmica do óleo vegetal na presença de hidrogênio e catalisador, eliminando os produtos oxigenados, produzindo uma mistura de hidrocarbonetos, que passa por uma destilação, gerando frações semelhantes ao querosene de aviação (OLIVEIRA, 2007). Na gaseificação ocorre a conversão térmica dos componentes carboníferos do material em produtos gasosos, como gás de síntese (SPEIGHT e LUQUE, 2015). Os produtos compõem uma mistura de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  e vapor de água). Os gases purificados podem ser utilizados na síntese de hidrocarbonetos líquidos pelo processo Fischer-Tropsch, na presença de catalisadores como cobalto e ferro. Sendo possível a obtenção de hidrocarbonetos similares ao querosene de aviação (DATAR et al., 2004; BONASSA, 2014).

É fundamental o desenvolvimento de ações que atendam às demandas nacional e internacional por biocombustíveis e biomateriais e que promovam o desenvolvimento das cadeias produtivas da agroenergia.

No Brasil, as duas mais importantes cadeias produtivas do negócio são a de produção de etanol e a produção de biodiesel. Ambas as cadeias já operam na lógica de biorrefinarias, fabricando outros produtos além dos biocombustíveis citados (EMBRAPA AGROENERGIA, 2011).

O Brasil é pioneiro na utilização do álcool da cana-de-açúcar e encontra-se em crescente expansão na fabricação e utilização do biodiesel, o país apresenta grandes chances de se tornar o maior produtor mundial de bioquerosene. A grande área agriculturável, clima favorável, mão-de-obra disponível, extensa diversidade de matérias-primas, e tecnologia própria já desenvolvida para outros biocombustíveis, fazem do Brasil a grande promessa de viagens aéreas mais limpas (REYNOL, 2007).

Nesse sentido, destacam-se os biocombustíveis de segunda e terceira geração, os quais podem ser convertidos principalmente via rota bioquímica ou termoquímica. É imprescindível, ainda, que se mantenha o caráter renovável, além de sua matéria prima não ser destinada à produção de alimentos (THEGARID et al., 2014).

Neste Contexto e somando-se aos riscos ambientais, a crise do petróleo que se instaurou no fim do século passado e o aumento da demanda por combustíveis (SUAREZ et al., 2009), há um grande esforço para se explorar matérias primas renováveis (ROZMYSLOWICZ et al., 2010). Dessa forma, a busca da indústria da aviação por um substituto para o querosene de aviação (QAV) – principal combustível utilizado pelo setor – por um biocombustível, se faz mais intensa (ENVIRO. AERO, 2011).

Entretanto, ao contrário do uso de combustíveis alternativos em outros setores, a aviação apresenta uma restrição muito maior para qualquer que seja o combustível candidato,

devido a vários fatores, tais como: as condições extremas em que a combustão é submetida devem ser confiáveis e seguras, e demandam um limitado leque de combustíveis líquidos potenciais; qualquer produto proposto deve ser totalmente substituível pelo combustível de aviação, para evitar problemas de logística de aeroportos com vários combustíveis de diferentes qualidades e eventuais limitações comerciais que isso possa gerar e longa vida útil das aeronaves comerciais, pois qualquer combustível candidato precisa ser compatível e adequado para a utilização em motores com as tecnologias já existentes (BLAKEY et al., 2011).

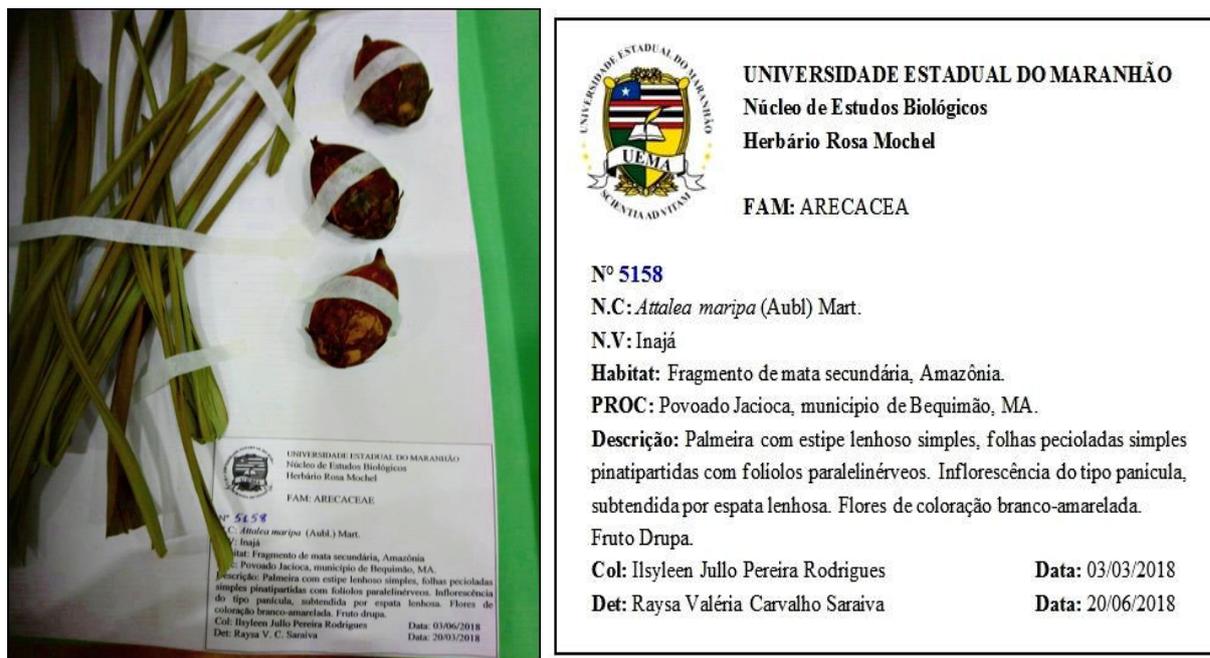
#### **4. METODOLOGIA**

##### **4.1 Estado da Arte e da Técnica e laboratórios de execução dos experimentos**

Foi realizado o levantamento do Estado da Arte dentro das bases dos PERIÓDICOS da CAPES sobre os temas que norteiam o Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) e a produção de biocombustíveis, em especial das palmeiras oleaginosas e as principais rotas de produção, e também a legislação em vigor, as matérias-primas e potenciais de cada região.

Neste trabalho, os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório do Grupo de Bioenergia e Bioprodutos da Amazônia Maranhense - AMBio no Campus da UFMA em Pinheiro e no Laboratório do Núcleo de Combustíveis Catálise em Ambiental – NCCA no Campus da UFMA em São Luís. Contamos também com a parceria do Herbário Rosa Mochel (SLUI) da Universidade Estadual do Maranhão, onde foi realizado o tombamento referente à identificação da espécie do Inajá (*A. maripa*), sob o N° 5158, no dia 20 de Junho de 2018 de acordo com a Figura 8.

**Figura 8:** Tombamento do Inajá (*Attalea maripa*).



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

## 4.2 Caracterização da Biomassa do Inajá

A caracterização da biomassa do inajá determina a escolha do processo de conversão e as dificuldades de processamento que podem surgir.

Inicialmente, foram escolhidas aleatoriamente duas palmeiras aparentemente saudáveis e na fase adulta que apresentavam cachos com frutos em período de maturação, respeitando uma distância de  $\pm 100$  metros uma da outra, no povoado Jacioca, situado no município de Bequimão - MA. Após observá-las durante uma semana, foram coletados manualmente no dia 03 de Março de 2018 dois cachos maduros, um em cada árvore matriz. Destes dois cachos, entre  $\pm 200$  frutos, foram selecionados 100 frutos maduros e sadios, e o restante foram eliminados manualmente.

Foi realizada manualmente a remoção do perianto (invólucros) dos frutos, e em seguida a remoção do epicarpo (casca) e do mesocarpo (polpa), após esse processo, foi feita a separação do endocarpo pirênar para fazer assim a extração das amêndoas conforme Figura 9.

**Figura 9:** Frutos do Inajá. A) Cocos do Inajá, B) Da esquerda pra direita, Perianto, Epicarpo, Mesocarpo, Endocarpo Pirênar com Amêndoas.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

**Figura 10:** Polpa e Sementes. A) Mesocarpo, B) Amêndoas.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

Após fazer a separação da polpa e extração das amêndoas, foi observada uma grande quantidade de umidade tanto na polpa do mesocarpo quanto nas amêndoas, então a amostra da polpa foi macerada utilizando almofariz e pistilo e a amostra das amêndoas foi triturada em um liquidificador, em seguida foram determinadas as biomassas das amostras em balança de precisão e divididas (conforme Tabelas 1, 2 e 3), posteriormente a umidade das amostras foi retirada em cápsulas de porcelana sob aquecimento em estufa a 105°C, admitindo-se uma variação de 3 °C durante 5 horas, procedimento adaptado de Brasil (2009), após as 5 horas em

estufa, as amostras foram armazenadas em dessecador contendo esferas de sílica durante 24 horas, estes procedimentos podem ser observados na Figura 11.

**Figura 11:** Processo de maceração e trituração das amostras. A) Amostra da polpa com umidade, B) Preparação da amostra da polpa, C) Maceramento da polpa, D) Sementes trituradas, E) Pesagem da amostra na cápsula.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

**Tabela 1: Dados numéricos Experimento 1.**  
**- Experimento 1 (Polpa) -**

**Peso do béquer de vidro 100 ml: 47,04g**

**Peso da amostra no béquer: 77,90g**

Tamanho da Cápsula		Peso da Cápsula	Peso da Amostra
P	1	19,96g	5,00g
P	2	19,58g	5,00g
P	3	21,04g	5,00g
P	4	21,81g	5,00g
P	5	21,01g	5,00g

**Total de amostra utilizada: 25,02g**

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 3: Dados numéricos Experimento 3.**  
**- Experimento 3 (Amêndoas) -**

**Peso do béquer de vidro 100 ml: 47,04g**

**Peso da amostra no béquer: 112,14g**

Tamanho da Cápsula		Peso da Cápsula	Peso da Amostra
M	1	26,27g	30,00g
M	2	27,61g	30,00g
M	3	26,32g	30,00g
M	4	27,79g	30,00g
M	5	28,27g	30,00g

**Total de amostra utilizada: 100,00g**

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 2: Dados numéricos Experimento 2.**  
**- Experimento 2 (Polpa) -**

**Peso do béquer de vidro 100 ml: 47,04g**

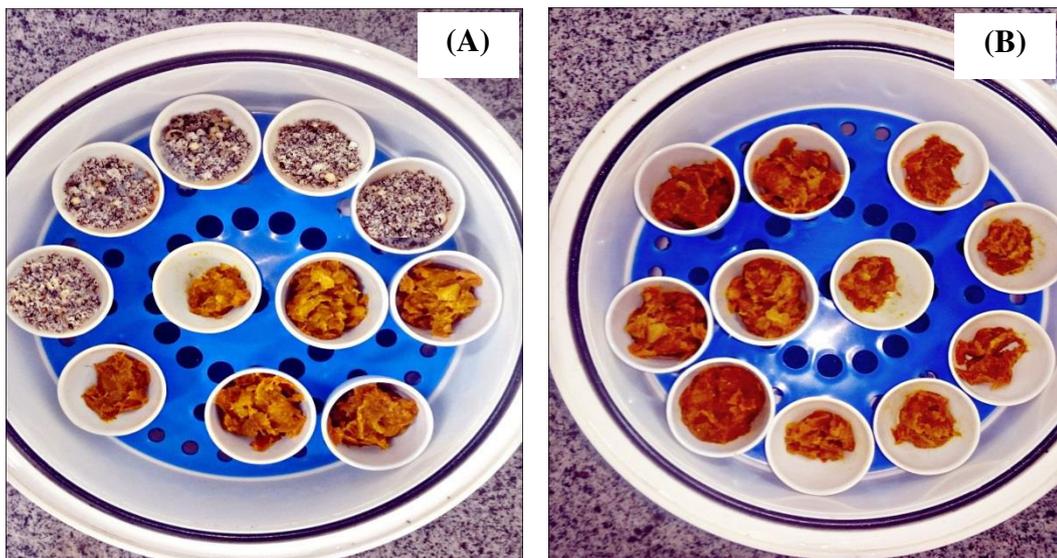
**Peso da amostra no béquer: 227,10g**

Tamanho da Cápsula		Peso da Cápsula	Peso da Amostra
P	1	19,96g	10,00g
P	2	19,58g	10,00g
P	3	21,04g	10,00g
P	4	21,81g	10,00g
P	5	21,01g	10,00g
P	6	21,02g	10,00g
M	1	26,27g	30,00g
M	2	27,61g	30,00g
M	3	26,32g	30,00g
M	4	27,79g	30,00g
M	5	28,27g	30,00g

**Total de amostra utilizada: 210,00g**

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Figura 12:** Amostras no Dessecador. A) Amêndoas e Polpa, B) Apenas Polpa.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

Após procedimento realizado nas Figuras 9 a 12, as amostras foram adicionadas em cartuchos de celulose para a extração dos respectivos óleos.

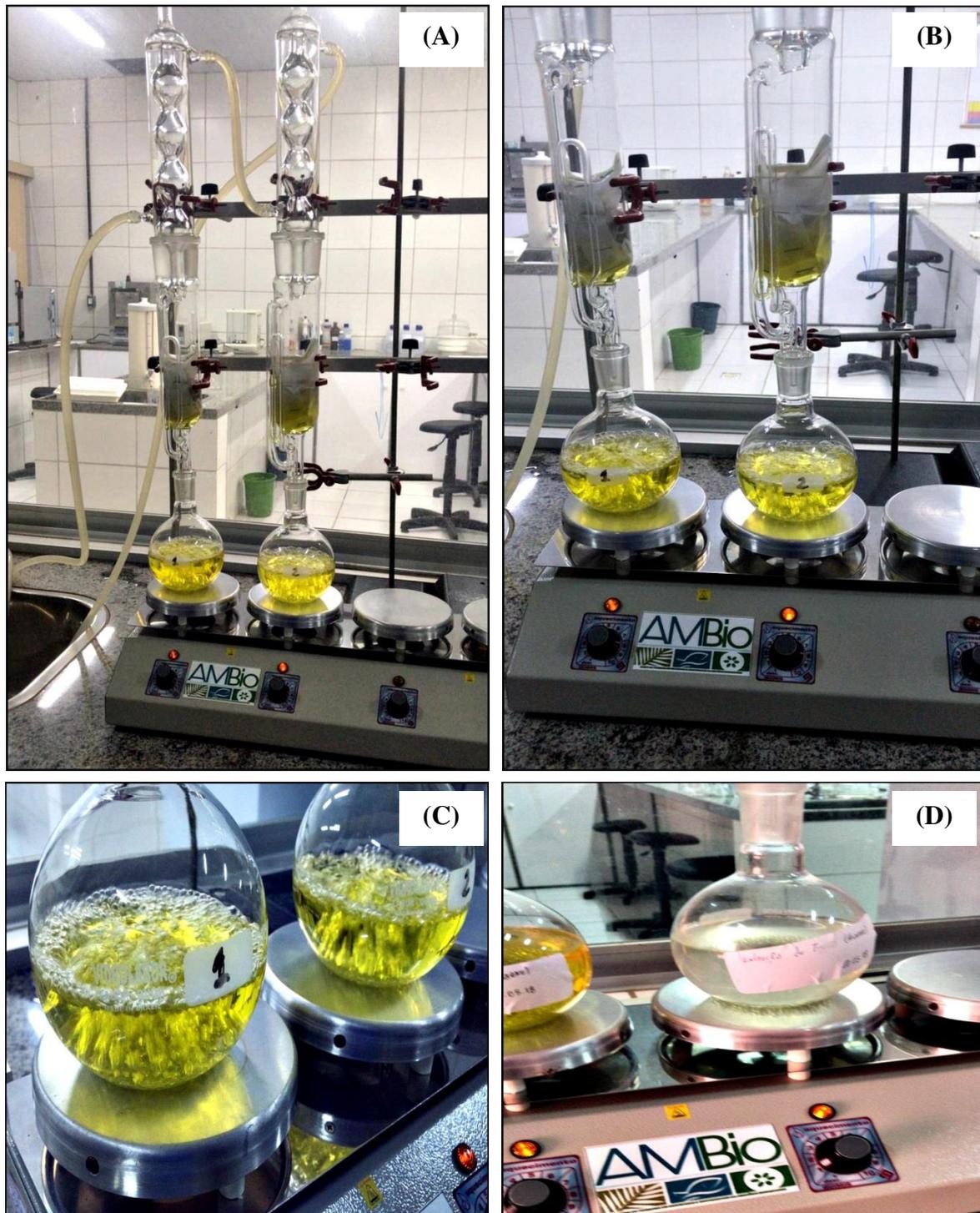
#### 4.3 Extração e Determinação do Perfil do Óleo de Inajá

A extração do óleo de inajá foi realizada através de solventes via Soxhlet, utilizando Hexano, que apresenta ponto de ebulição a partir de 68 °C, sob aquecimento em uma bancada de chapas aquecedoras (Figura 13), após extração dos óleos o excesso de solvente foi retirado sob aquecimento em estufa a 105 °C por 3 horas.

A determinação do perfil cromatográfico dos ésteres presentes nos óleos foi realizada após a reação de Transesterificação do Óleo de Inajá (Amêndoas e Polpa) sob as seguintes condições: 10 g de óleo via rota metálica na proporção de 1:20 v/v, utilizando como catalizador o hidróxido de potássio a 1% com relação à massa do óleo, as amostras foram analisadas em um Cromatógrafo a Gás (CG-2010) acoplado ao Espectrômetro de Massas (CG-EM QP2010 Plus), ambos da Shimadzu, sob as seguintes condições (Figura 14): utilizando uma coluna capilar ZB-FFAP (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O fluxo do gás de arraste 1,0 mL/minuto. A programação do forno foi de 90 °C por 3 minutos com rampa de aquecimento até 180 °C e permaneceu por 8 minutos, sendo aquecido novamente com uma taxa de 5 °C/minuto até 230 °C, permanecendo até 14 minutos, com taxa de aquecimento de 10 °C/minuto. As temperaturas do injetor e da fonte de íons foram de 250 °C e 200 °C,

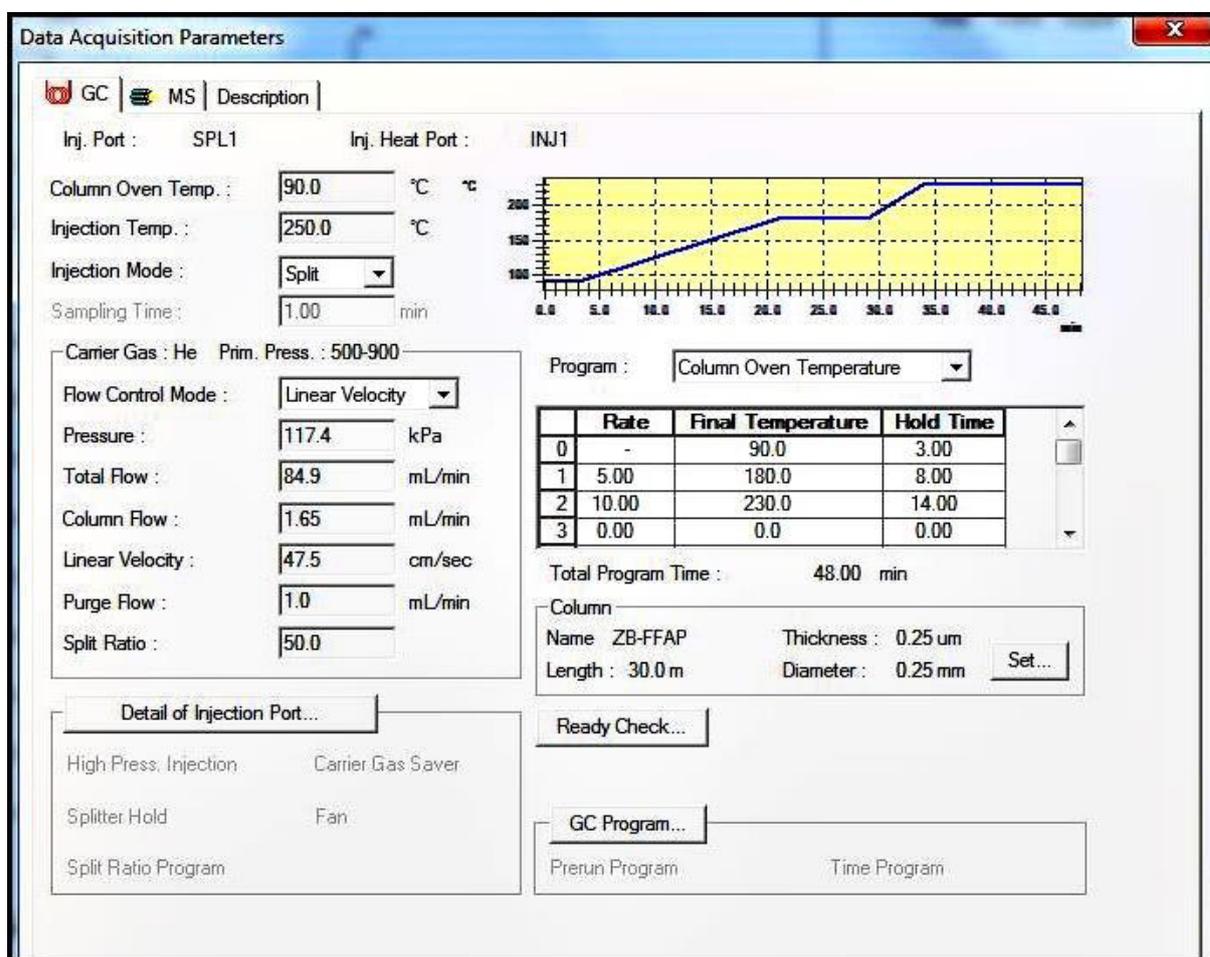
respectivamente. O modo de injeção Split com razão de 50. Para a identificação dos picos utilizou-se a Biblioteca do equipamento NIST08 (*National Institute of Standards and Technology*) e o percentual determinado via normalização interna.

**Figura 13:** Extração de Óleo. A) Bancada de Extratores Soxhlet, B) Cartuchos Extraíndo Óleo, C) Óleo da Polpa Extraído com Hexano, D) Óleo da Amêndoa Extraído com Hexano.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

**Figura 14:** Condições Cromatográficas para a Caracterização Química do Óleo de Inajá, Amêndoa e Mesocarpo.



Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

O índice de acidez é definido como a quantidade de hidróxido de potássio (mg) necessária para neutralizar os ácidos livres presentes em 1 g de gordura ou ácidos graxos. Para calcular esse parâmetro mediu-se 2,0 g de óleo e adicionou-se 50 mL de uma mistura de tolueno – etanol (1:1). Em seguida, adicionou-se 3 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com agitação constante utilizando solução padrão de hidróxido de Potássio (0,1 N), até que ocorra mudança permanente de cor.

O índice de acidez (IA) em mg KOH/g é calculado a partir da equação:

$$IA = (56.1 * v * N) / P \quad (1)$$

Onde:

v- é o volume de solução de hidróxido de Potássio utilizada na titulação em mL;

N- é a normalidade da solução de hidróxido de Potássio;

P- é o peso da amostra em g.

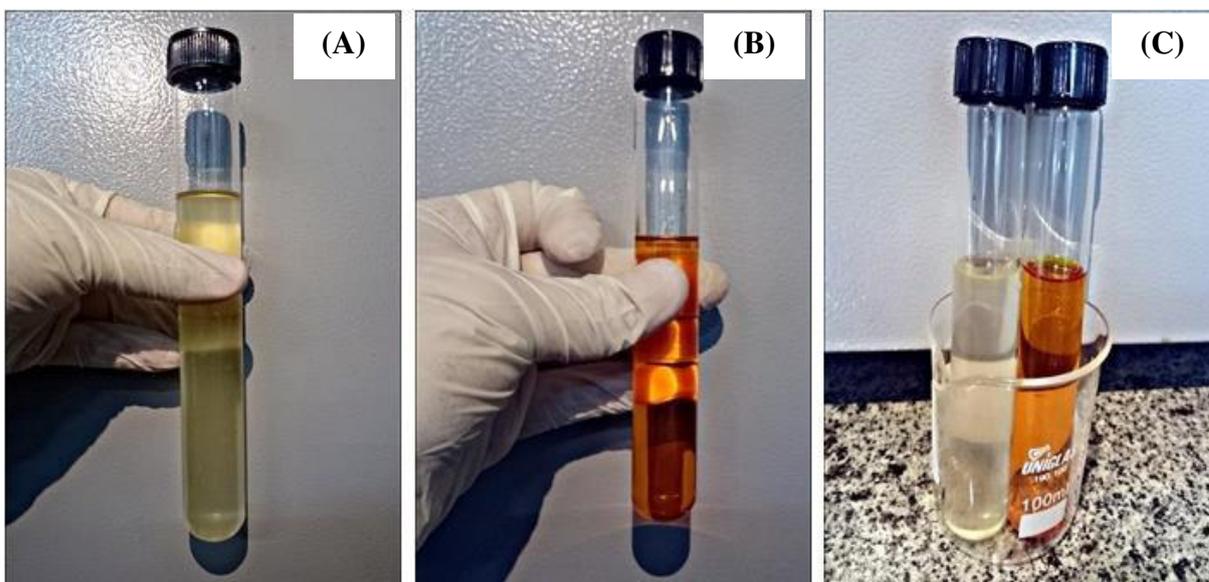
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Melhores Condições de Extração

Observou-se que as melhores condições de extração foram: 20 g de amostra, durante 3h de extração e 300 mL de solvente para a polpa; 30 g de amostra, durante 4h de extração e 300 mL de solvente para a amêndoa.

A quantidade de óleo obtido nas extrações foi satisfatória em relação ao extraído da polpa, porém ambos apresentam odores fortes e peculiares, havendo diferença em suas colorações. Conforme Figura 15.

**Figura 15:** Óleos Extraídos do Inajá. A) Óleo da Amêndoa, B) Óleo da Polpa, C) Comparação visual dos dois óleos.



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2019.

Para o total de 235,02 g de polpa do mesocarpo foram obtidos 80 mL de óleo e para 100,00 g de amêndoas 45 mL de óleo.

### 5.2 Composição Química, Perfil Cromatográfico e índice de acidez dos Óleos de Inajá (Mesocarpo e Amêndoa)

Observou-se nos resultados que há predominância de ácidos graxos saturados no óleo das amêndoas (Tabela 4 e 6 e Figura 16), mais precisamente o Láurico, o Mirístico e o Oleico.

Já o óleo da polpa é composto principalmente pelo ácido Oleico (monoinsaturado com 18 carbonos) e Palmítico (Tabela 4 e 7 e Figura 17).

Além dos ácidos graxos saturados, encontramos também em sua composição ácidos graxos essenciais, que apresentam grande destaque de natureza nutricional, porém, em proporções numéricas diferentes (Tabela 5). Ácidos esses de enorme relevância como o Ômega 3 (ácido linolênico), Ômega 6 (ácido linoleico) e Ômega 9 (ácido oleico), óleos esses de grande importância para o corpo, presente em diversos óleos de peixes e em azeites alimentícios.

**Tabela 4:** Composição dos Óleos Saturados (%).

<b>Ácidos Graxos Saturados</b>	<b>Polpa</b>	<b>Amêndoa</b>
C8:0	00,19%	02,90%
C10:0	00,29%	03,01%
C12:0	08,40%	41,00%
C14:0	12,50%	22,02%
C16:0	23,00%	09,62%
C18:0	01,40%	03,41%
C18:1	39,10%	12,10%
C18:2	05,30%	03,20%
C18:3	05,00%	--
C20:0	00,20%	--

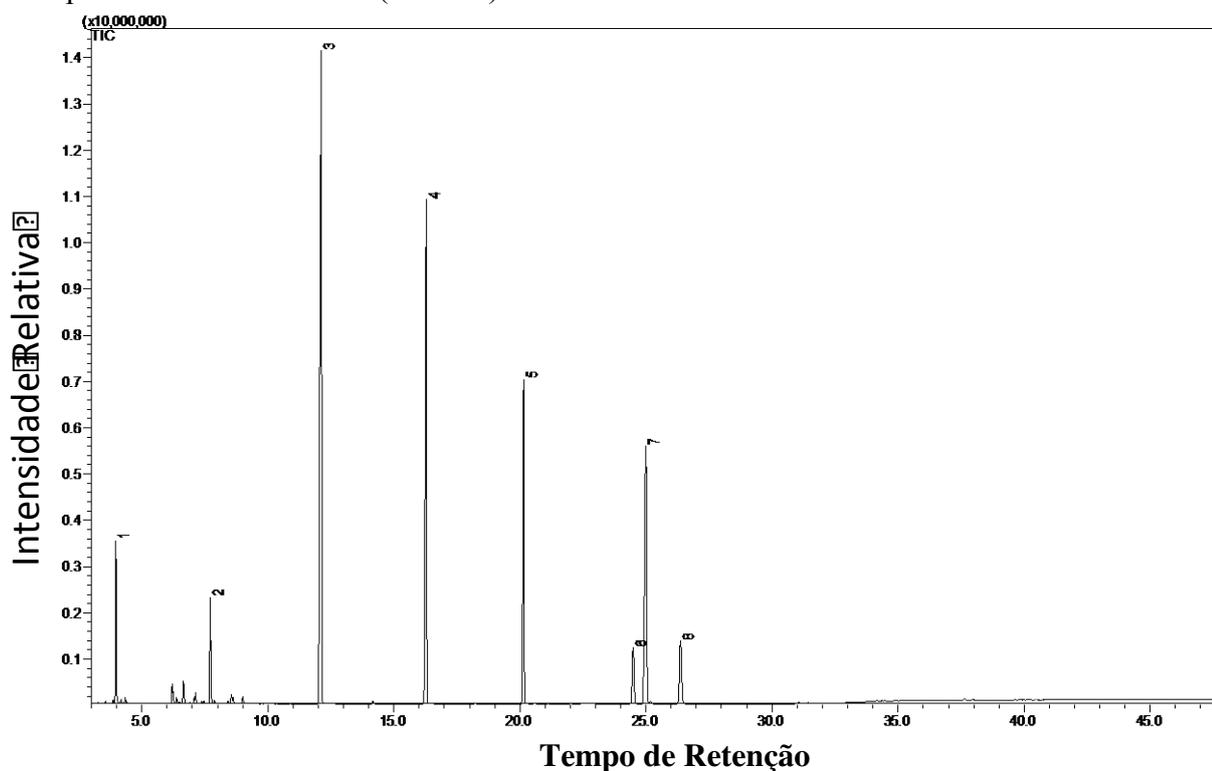
**Fonte:** DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 5:** Composição dos Óleos Essenciais (%).

<b>Ácidos Graxos Essenciais</b>	<b>Polpa</b>	<b>Amêndoa</b>
Ômega 3 (ácido linolênico)	04,89%	04,89%
Ômega 6 (ácido linoleico)	09,74%	09,74%
Ômega 9 (ácido oleico)	56,23%	56,23%

**Fonte:** DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Figura 16:** Perfil Cromatográfico do Óleo (Amêndoa) de Inajá por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS).



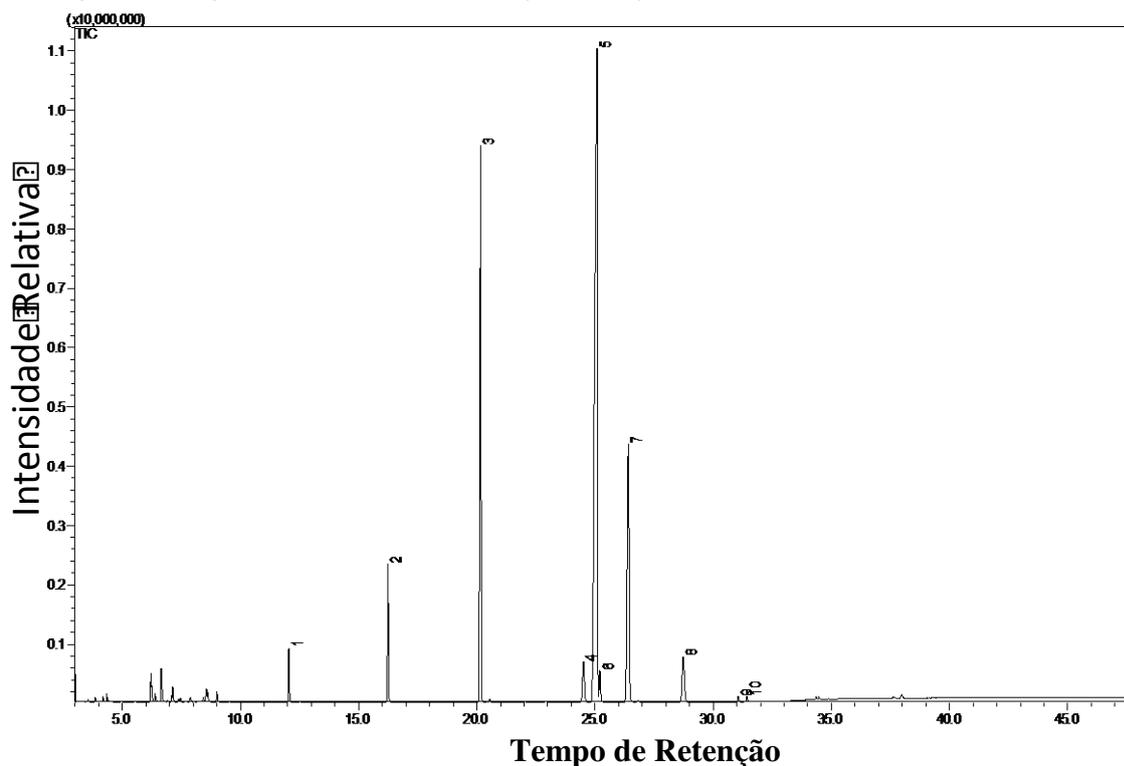
Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 6:** Tabela referente aos picos da Figura 16– Óleo de Inajá – Amêndoa.

Picos	Tempo de Retenção (min)	Área	% Área	Altura	% Altura	Compostos de acordo com a NIST08
1	3,968	6583998	3,55	3490482	7,63	Caprilato de Metila
2	7,712	5955363	3,21	2281611	4,99	Caprato de Metila
3	12,123	64521548	<b>34,77</b>	14091147	30,78	Laurato de Metila
4	16,288	42090605	<b>22,67</b>	10888825	23,80	Miristato de Metila
5	20,148	22858017	<b>12,31</b>	7003392	15,30	Palmitato de Metila
6	24,486	5856793	3,15	1178793	2,58	Estearato de Metila
7	24,996	30732090	<b>16,55</b>	5544597	12,12	Oleato de Metila
8	26,371	7042030	3,79	1280603	2,80	Linoleato de Metila

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Figura 17:** Perfil Cromatográfico do Óleo (Mesocarpo) de Inajá por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS).



Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 7:** Tabela referente aos picos da Figura 17– Óleo de Inajá – Mesocarpo.

Picos	Tempo de Retenção (min)	Área	% Área	Altura	% Altura	Compostos de acordo com a NIST08
1	12,051	2622511	1,56	915855	3,05	Laurato de Metila
2	16,244	6677945	3,97	2334071	7,78	Miristato de Metila
3	20,161	33670507	<b>20,01</b>	9369601	31,22	Palmitato de Metila
4	24,512	3889375	2,31	682832	2,28	Estearato de Metila
5	25,089	88234235	<b>52,42</b>	10894862	36,29	Oleato de Metila
6	25,209	2041171	1,21	521635	1,74	Elaidato de Metila
7	26,413	25348306	<b>15,06</b>	4345745	14,48	Linoleato de Metila
8	28,734	5116018	<b>3,04</b>	764325	2,55	Linolenato de Metila
9	31,059	380222	0,23	91804	0,31	Araquidato de Metila
10	31,426	322263	0,19	90215	0,30	cis-11-Eicosanoato de Metila

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 8:** Características Físico-Químicas – Óleo Bruto de Inajá – Amêndoa.

Índices	Unidades	Valores Encontrados	Valores de Referência Óleo Refinado ANVISA
Índice de Acidez	% Ácido Oleico	1,1	< 0,3

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

**Tabela 9:** Características Físico-Químicas – Óleo Bruto de Inajá – Mesocarpo.

Índices	Unidades	Valores Encontrados	Valores de Referência Óleo Refinado ANVISA
Índice de Acidez	% Ácido Oleico	2,3	< 0,3

Fonte: DADOS DA PESQUISA, 2019.

Observa-se nas Tabelas 8 e 9 que tanto a polpa quanto a amêndoa tem índice de acidez mais elevado que a referência da ANVISA, indicando que os mesmos precisam passar por um processo de refino antes de serem utilizados na produção de biocombustíveis.

## 6. CONCLUSÃO

O inajazeiro é uma palmeira oriunda do bioma amazônico com presença abundante nos Estados do Maranhão e Piauí, principalmente na área denominada de Zona dos Cocais.

Notou-se que as propriedades de seu fruto, como a polpa e amêndoa, não são tão estudadas como fonte de biocombustível e mesmo como fonte alimentícia, embora seja muito consumida por pessoas e animais da região, não se têm registros de estudos e nem muitas informações quanto ao seu potencial e ou valor nutricional, porém, pelos resultados e características físico-químicos obtidos neste trabalho, notou-se que há possibilidade no aproveitamento alimentício, por ter grande potencial energético e por conter ácidos graxos saturados e essenciais para o corpo, como o ômega 3, 6 e 9, entre outros.

Considerando a importância na demanda de biocombustíveis renováveis e não poluentes no cenário nacional e internacional, medidas devem ser tomadas e estudos devem ser cada vez mais elaborados para lidar com essa preocupação mundial. Sabemos que o Brasil é pioneiro na utilização do álcool da cana-de-açúcar e tem forte produção e utilização como biocombustível, sendo que as duas maiores cadeias produtivas são o etanol e o biodiesel, então por que não explorar outras fontes de biomassas, já que temos uma grande e ampla diversidade presente em nossa flora.

Observou-se também nos resultados obtidos nas análises cromatográficas, que a composição dos óleos extraídos tanto da amêndoa quanto da polpa do inajá tem um grande potencial e se aproxima da faixa ideal para a produção de biocombustíveis, mais especificamente do Bioquerosene e do Diesel Verde.

A descrição feita aqui neste trabalho na parte de pesquisa, teórica e nos experimentos que relatam resultados sobre frutos e sementes do Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.), fornece informação para futuros trabalhos, fica claro que outras pesquisas devem ser conduzidas e fica aberta uma estrada a ser trilhada em relação à problematização e a possível solução aqui sugerida.

## REFERÊNCIAS

AIAB - Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil. Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos. *Parc. Estrat.* 16: 59-64. 2011.

ARAUJO, L. S.; SILVA, G. B. S.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V. Conservação da biodiversidade do Estado do Maranhão: cenário Atual em dados geoespaciais. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, p. 21. 2016.

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO JÚNIOR, M. Biometria de frutos de buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. Areaceae): produção de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 10, p. 71- 85, 2010.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T. FRIGO, K. D. A.; CUNHA, F. S.; LINS, M. A.; FRIGO, E. P. Bioquerosene: panorama da produção e utilização no Brasil. *Revista Brasileira de Energias Renováveis.* 3: 97-106. 2014.

BLAKEY, S.; RYE, L.; WILSON, C.W. Aviation gas turbine alternative fuels: A review. *Proceedings of the Combustion Institute.* 33: 2863–85. 2011.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Resolução ANP nº 20, de 24.06.2013. Regulamenta as especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos e suas misturas com o Querosene de Aviação (QAV-1). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 de junho de 2013;

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CHIARAMONTI, D.; PRUSSI, M.; BUFFI, M.; TACCONI, D. Sustainable bio kerosene: Process routes and industrial demonstration activities in aviation biofuels. *Applied Energy.* Available online. 2014.

COSTA, W. Amazônia de A a Z: Inajá. Portal Amazônia. 22 de Janeiro de 2018. Disponível em: <<http://www.amazoniadeaaz.com.br/plantas/o-que-e-inaja/>>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

DATAR, R.P.; SHENKMAN, R.M.; CATENI, B.G.; HUHNKE, R.L. LEWIS, R.S. Fermentation of biomass-generated producer gas to ethanol. *Biotechnology and Bioengineering.* 86: 587-594. 2004.

EMBRAPA AGROENERGIA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Biorrefinarias: Cenários e Perspectivas. Editos Técnico Silvio Vaz Jr. Brasília, DF. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário Atual em Dados Geoespaciais. Luciana Spinelli-Araujo et. Al. Jaguariúna, SP. 1ª edição, 2016.

ENVIRO.AERO. Beginner's Guide to Aviation Biofuels. Edition 2. 2011.

GELLER, H. S. Revolução energética: políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 2003.

GOLFARI, L. Zoneamento ecológico para reflorestamento da área de influência da Serra de Carajás. Revista da CVRD, Belém, PA. v.1, n. 2, p. 8-18. 1980.

GONÇALVES DIAS. Canção do Exílio, de Primeiros Cantos. 1843. Disponível em: <<http://www.horizonte.unam.mx/brasil/gdias.html>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. Palms of the Americas. Princeton: Princeton University, USA, 1995. 352p.

ICAO- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Environmental report 2010.

IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: Avanços e Desafios. Autores: Aldaberto Veríssimo; Alicia Rolla et al. Belém, PA. p. 12. 2011.

INPA. Instituto Nacional de Pesquisa de Amazônia. Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade. Autores: Fabricio B. Baccaro; Debora P. Drucker et al. Manaus, AM. p. 11. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, p. 30. 2012.

JANICK, J.; PAUL, R. E. The Encyclopedia of Fruit & Nuts. Cambridge: Cambridge University, London-ENG, 2006. 160p.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C.; ASSIS, M. G. P. Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. Parcerias Estratégicas Número 12, p. 28. 2001.

LIU, G.; YAN, B.; CHEN, G. Technical review on jet fuel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 25: 59–70, 2013.

LLAMAS, A.; AL-LAL, A.M.; HERNANDEZ, M.; LAPUERTA, M.; CANOIRA, L. Biokerosene from Babassu and Camelina Oils: Production and Properties of Their Blends with Fossil Kerosene. *Energy & Fuels*. 26: 5968–76, 2012;

MANECK. **PLANETA E VIDA: A tão procurada Palmeira Inajá**. 25 de Fevereiro de 2015. Disponível em:<<http://mariaterezabedinmaneck.blogspot.com/2015/02/a-tao-procurada-palmeira-inaja.html>>. Acesso em: 01 de Junho de 2019.

MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação / Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, PA. p. 10. 2011.

MATOS, A. K. M. G. et al. Morfometria de Cachos, Frutos e Sementes de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.: uma Espécie Nativa da Amazônia Potencial para Produção de Biodiesel. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1285-1289, 2009.

MATOS, A. K. M. G.; ROSA, L. S.; PIRES, H. C. G.; CABRAL, B. S.; VIEIRA, T. A.; SILVA, V. M. **MORFOTIPOS DE FRUTOS E MORFOLOGIA DE PLÂNTULAS DE *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 819-829, jul.-set., 2017.

MUNIZ, F. H., Entrevista para o Jornal O IMPARCIAL, Flora maranhense ganha mapeamento. São Luís, MA. 20 de Janeiro. 2016. Disponível em: <<https://oimparcial.com.br/cidades/2016/01/flora-maranhense-ganha-mapeamento/>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

NUNES, L.A.P.L.; SILVA, D.I.B.; ARAÚJO, A.S.F.; LEITE, L.F.C.; CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.1, p.30-37, 2012.

OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). Plano Nacional de Agroenergia: 2006 - 2011. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 110 p. 2006.

OLIVEIRA, F.C.C. Biodiesel: Possibilidade e desafios. *Revista Química e Saúde*. 2007.

OPEC. Organization of the Petroleum Exporting Countries. World oil outlook, 2014. Disponível em:< <http://www.opec.org> >. Acessado em 10 de outubro de 2015.

O que é Amazônia Legal. Dicionário Ambiental. ((o))eco, Rio de Janeiro, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28783-o-que-e-a-amazonia-legal/>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

OSTROROG, D. R. V.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Arecaceae) em mata de galeria inundável em Uberlândia, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 479-488, 2009.

PD&I, INVESTIMENTOS. ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i>>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

PINTAUD, J. –C. Na overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). Revista Peruana de Biología, v. 15, supl 1. p. 55-63, 2008.

PIRES, H. C. G. **Fenologia reprodutiva de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. (inajá) (Arecaceae) em sistema silvipastoril no nordeste paraense.** 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

PIRES, H. C. G.; ROSA, L. S.; CABRAL, B. S.; SILVA, V. M.; NOGUEIRA, G. A. e FERREIRA, P. R. N. Padrão Fenológico de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. Em Áreas de Pastagens na Amazônia Oriental. Floresta e Ambiente, v. 23, p. 170-179, 2016.

RABELO, A. **INAJÁ, FRUTEIRA AMAZÔNICA DE GRANDE POTENCIAL ALIMENTAR, INDUSTRIAL E PAISAGÍSTICO.** Engenheiro florestal, 23 de Maio de 2012. Disponível em:<<http://frutasnativasdaamazonia.blogspot.com/2012/05/normal-0-21-microsoftinternetexplorer4.html>>. Acesso em: 29 de Maio de 2019.

REYNOL, F. Modelo do biodiesel poderia ser aplicado ao querosene vegetal. Revista Energia. 1p. 2007.

ROMARIZ, D.A. Aspectos da Vegetação Brasileira. 2ª ed. São Paulo. 1996. 60p.

ROZMYŚLOWICZ, B.; MAKI-ARVELA, P.; LESTARI, S.; SIMAKOVA, O.A.; ERANEM, K.; SIMAKOVA, I.L.; MURZIN, D.Y.; SALMI, T.O. Catalytic Deoxygenation of Tall Oil Fatty Acids Over a Palladium-Mesoporous Carbon Catalyst: A New Source of Biofuels. Top catal. 53: 1274-7. 2010;

SANTOS-FILHO, F.S.; ALMEIDA JR., E.B.; SOARES, C.J.R.S.; COCAIS: ZONA ECOTONAL NATURAL OU ARTIFICIAL?. Revista Equador (UFPI), Vol.1, Nº 1. p.1-12, 2013.

SILVA, G. C. R. Predição de propriedades, modelagem e simulação de processos de conversão de óleos vegetais em biocombustíveis por rota convencional e desoxigenação. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2016.

SILVA, M. S.; VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. Diversity and genetic structure in natural populations of *Geonoma schottiana* Mart (ARECACEAE): implications for conservation. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 195-201, 2011.

SPEIGHT, J. G. e LUQUE, R. Gasification for Synthetic Fuel Production. Elsevier Inc., 2015.

SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, A.L.F.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M.B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: Desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova*. 32: 768-75, 2009.

SUÇUARANA, M. S. Mata dos Cocais. InfoEscola: Navegando e Aprendendo. 2013. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biomas/mata-dos-cocais/>>. Acesso em: 28 de Maio de 2019.

SWAFEA. SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION. Final report. France. 2011.

THEGARID, N.; FOGASSYA, G.; SCHUURMANA, Y.; MIRODATOSA, C.; STEFANIDISB, S.; ILIOPOULOU, E.F.; KALOGIANNISB, K.; LAPPAS, A.A. Second-generation biofuels by co-processing catalytic pyrolysis oil in FCC units. *Applied Catalysis B: Environmental*. 145: 161–6. 2014.

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão, Herbário Rosa Mochel (SLUI), São Luís, MA, Janeiro. 2019. Disponível em: <<https://www.uema.br/herbario-rosa-mochel-slui/>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

VALOIS, A. C. C. Recursos genéricos de palmeiras. Disponível em: <<https://www.procitropicos.org.br/UserFiles/File/RECURSOS%20GEN/C3%89TICOS%20D E%20PALMEIRAS.doc>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2008.

VIVEIROS, F.F. O babaçu nos estados do Maranhão e Piauí. *Bol. Minist. Agric. Rio de Janeiro*, v.32, p. 1-43, 1943.