



GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
CAMPUS ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA  
CURSO DE AGRONOMIA



MARIA DALUZ LIMA SILVA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS ÓLEOS DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis*  
*Jacq*)**

PARNAÍBA – PI  
2015

MARIA DALUZ LIMA SILVA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS ÓLEOS DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis*  
*Jacq*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual do Piauí, Campus Alexandre Alves de Oliveira como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Artur e Silva Filho  
Coorientador: Dr. Ueliton Messias

Parnaíba – PI  
2015

MARIA DALUZ LIMA SILVA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS ÓLEOS DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis*  
*Jacq*)**

Monografia apresentada à coordenação do curso  
de Agronomia da Universidade Estadual do Piauí  
– UESPI, como requisito para obtenção do título  
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

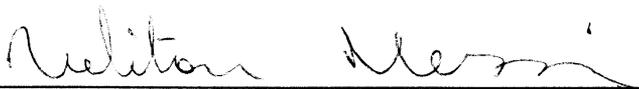
---

**Prof. Dr. Francisco Artur e Silva Filho – UESPI**  
**Orientador**



---

**Prof. Dr. Adriano da Silva Almeida - UESPI**  
**Examinador**



---

**Prof. Dr. Ueliton Messias /UEP**  
**Examinador**

*O Deus pelo dom da vida;*

*À minha família, por ser meu alicerce e meu porto seguro todos esses anos, pelo apoio constante e pelas palavras de força e coragem, sem as quais eu não teria chegado aonde cheguei. A meus pais Manoel Fernandes Silva, Antonio das Graças Portela, Maria do Socorro, Maria Inês da Rocha à minhas irmãs (os) Helena Silva, Roseane Silva, Daléte Ester Portela, Isac Bruno Portela, Paulo Silva e Marquezan Silva, o meu eterno obrigado eu não teria chegado aonde cheguei.*

*Amo muito todos vocês.*

**Dedico**

*Fazer a própria história é uma  
superação mesmo nos momentos  
difíceis, é acreditar que o ano  
passa, todavia, a criança  
permanece e que ainda sente a  
mesma essência de um vento que  
sempre irá soprar lá fora, mas é  
como estivesse soprando em seu  
rosto. As lembranças sempre irão  
acompanhar uma história mesmo  
essas lembranças sendo tristes ou  
alegres ambas serão  
companheiras na vida de um  
indivíduo pois são fatos reais que  
foram vivenciadas. Mas o que  
realmente importa é saber que um  
dia seus sonhos será realizado e  
está realização depende do  
Engenheiro do tempo, que se  
chama Deus.*

POETA MARIA DALUZ

## AGRADECIMENTOS

A meu grandioso Deus, que sempre esteve, está e estará ao meu lado em todos os momentos, me guiando, protegendo e abençoando imensamente.

***“Pois será como a árvore plantada junto a ribeiros de águas, a qual dá o seu fruto no seu tempo; as suas folhas não cairão, e tudo quanto fizer prosperará.” (Salmo 1:3)***

Ao Prof. Dr. Francisco Artur e Silva Filho, meu orientador, pela confiança depositada durante toda essa jornada e pela oportunidade de realizar este trabalho. Agradeço-o ainda, pelos incentivos e ensinamentos, sempre transmitidos, que com certeza levarei para vida toda. Na verdade, não tenho palavras que sintetizem toda minha gratidão a ele.

Ao corpo docente do curso de Agronomia da UESPI, obrigada por compartilharem conhecimento, pelos conselhos, amizade e por terem contribuído para minha formação, em especial, alguns deles como Joseanny Andrade, Adriano Almeida, José Bompert, Alex Andrade, Joaquim Castro, Fank Magno, Valdinar Bezerra e Naélia Moura pelo compromisso maior de me incentivarem e me orientarem ao longo desses anos que passamos juntos, e por estarem sempre disponíveis. E a todos os funcionários da UESPI, que não mediram esforços para contribuírem com nosso dia-a-dia na universidade.

Aos colegas da minha turma de graduação pelo companheirismo e momentos de alegrias e tristezas compartilhados ao longo desses cinco anos, em especial, as minhas queridas amigas Amanda Carvalho (Raimunda), Jacqueline Sousa, Lourdes Ramos e Jessica Bomfim pelo apoio nos momentos mais difíceis, por me suportarem no decorrer desses cinco anos, pelos conselhos e segredos trocados, pelas boas conversas e, principalmente, pela grande amizade que construímos, amizades essas que levarei por toda a vida.

A EMBRAPA, por contribuir com minha formação acadêmica, proporcionando-me a oportunidade de estágio, principalmente ao querido amigo coorientador de estágio Eng. Agr. Ueliton Messias aos amigos Sr. Josias, Sr. Bernardo, pela grande amizade conquistada ao longo período de estágio.

A todos os amigos, com os quais Deus me presenteou pelo companheirismo, incentivo e valiosos momentos compartilhados, por muitas vezes acreditaram mais em mim do que eu mesma, e principalmente, por compartilharem comigo dessa grande conquista. Em especial toda família Marques nas pessoas da Pastor Antônio Marques sua esposa Maria Vanda Marques e seus filhos, a família Bello nas pessoas Nilsimar Bello sua esposa Suelize Bello e

seus filhos em especial Jadson Bello e a família Divino nas pessoas Bernado Divino e sua esposa Betinha e seus filhos em especial sua filha Dhiarla Divino sem eles não teria chegado aqui, minha imensa gratidão por tudo que fizeram por mim.

A minha família, aos meus irmãos, ao meus pais e minha priminha Ana Beatriz Marques que esteve e está comigo em todos os momentos da minha vida e não somente nessa jornada, por tudo que passamos juntos e por terem confiado que conseguiríamos chegar até aqui.

A todos que me ajudaram direto e indiretamente para realização deste trabalho, como meus queridos colegas de sala que se empenharam em me ajudar, Francimeire Albuquerque, Jacqueline Sousa, e Jéssica Bomfim Tamires Pascoa e também Leticia Maria, meu muito obrigado.

E ao meu querido amigo coorientador em todas as experiências profissionais da área da agronomia Dr. Ueliton Messias, muito obrigado pela sua amizade, carinho e pelo apoio irrestrito em todos os momentos, dedicação, e confiança que se consolidou neste período.

## RESUMO

O dendezeiro (*Elaeis guineensis Jacq*) é uma planta originária da costa oeste da África, e desde o século XV, a palma apresenta potencial produtivo elevado, o forte apelo ecológico da cultura agrícola do dendê, dados os seus reduzidos níveis de impacto ambiental e expressivos níveis de sequestro de carbono; quando manejado da maneira correta, a palma de óleo pode chegar a produzir 25 toneladas por hectare, geralmente a vida útil da planta é de 25 anos. A cultura do dendê é de fundamental importância na conjuntura atual, em se tratando de uma alternativa energética para o país na produção de combustível biodegradável (biodiesel). Além de menos poluente, poderia reduzir os gastos com a importação de petróleo e outros insumos componentes da matriz energética brasileira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o possível potencial do dendê como matéria prima vegetal para a produção de biodiesel, baseando-se nas características físico-químicas do óleo do dendê, extraído de frutos de duas cultivares 2501 e 2528 cultivadas em diferentes lâminas de irrigação. Os frutos do dendê foram disponibilizados pelo Pesquisador Dr. Ueliton Messias da EMBRAPA Meio-Norte Parnaíba-PI, os quais foram submetidos a extração de óleo por solvente a quente. Os óleos obtidos foram analisados quanto a sua densidade relativa, índice de acidez, teor de água, índice de saponificação e índice de peróxido segundo o método da *Association of Official Analytical Chemists* – AOCS (1993). Após análise dos óleos de dendê observou-se que o índice de acidez da cultivar 2501 foram maiores do que da cultivar 2528. O óleo dos frutos submetidos ao tratamento T1 (de 80% lâmina de irrigação) apresentaram parâmetros físico-químicos melhores que dos frutos do tratamento T4 (20% lâmina de irrigação) para o processo de transesterificação para produção de biodiesel, de modo geral as análises físico-químicas do óleo de dendê mostraram que o dendê possui potencial para servir como matéria prima vegetal na produção de biodiesel.

**Palavras-chave:** *Lâminas de irrigação, transesterificação, Biodiesel*

## ABSTRACT

### PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS AND OILS oil palm (*Elaeis guineensis Jacq*)

MARIA DALUZ LIMA SILVA

Oil palm (*Elaeis guineensis Jacq*) is a plant of the west coast of Africa, and from the fifteenth century, the palm has high yield potential, strong ecological appeal of crop oil palm, given their low levels of environmental impact and expressive carbon sequestration levels; when handled in the right way, oil palm can get to produce 25 tons per hectare, usually the life of the plant is 25 years. The palm cultivation is of fundamental importance at this juncture, in the case of an alternative energy source for the country in the production of biodegradable fuel (biodiesel). As well as less polluting, could reduce spending on oil imports and other components inputs of the Brazilian energy matrix. This study aimed to evaluate the possible potential of palm oil as vegetable raw material for biodiesel production, based on the physicochemical characteristics of palm oil, extracted from fruits of two cultivars in 2501 and 2528 cultivated in different water depths . The fruits of palm oil were provided by Dr. Researcher UELITON Messiah Embrapa Mid-North Parnaíba-PI, which were subjected to oil extraction by the hot solvent. The oils obtained were analyzed for relative density, acid value, water content, saponification index and peroxide value by the method of the Association of Official Analytical Chemists - AOCS (1993). After analyzing the palm oil it was observed that the acid value of the cultivar were higher in 2501 than in 2528. Oil cultivate the fruits submitted to treatment T1 (80% water depth) presented physicochemical parameters better than the fruits T4 treatment (20% water depth) to the transesterification process for biodiesel production in general physicochemical analysis of palm oil showed that palm oil has the potential to serve as vegetable raw material in the production of biodiesel.

**Keywords:** *irrigation Blades, transesterification, Biodiesel*

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1.</b> Reação de Transesterificação de Triglicerídeos.....	14
<b>Tabela 1.</b> Procedimentos e métodos analíticos segundo AOAC utilizadas para análise físico-químicas dos óleos de dendê.....	26
<b>Tabela 2.</b> Análise quantitativas da produtividade oleífera dos cultivares de dendê.....	29
<b>Tabela 3.</b> Valores para a densidade relativa do óleo de dendê.....	30
<b>Tabela 4.</b> Densidade relativa do óleo de dendê em comparação a outros óleos encontrados no mercado.....	31
<b>Tabela 5.</b> Valores médio do volume de KOH, índice de acidez e de ácido graxos livres do óleo de dendê.....	31
<b>Tabela 6.</b> Análise do teor de água no óleo de dendê.....	33
<b>Tabela 7.</b> Valores do índice de saponificação do óleo dendê.....	33
<b>Tabela 8.</b> Valores do índice de peróxido do óleo dendê.....	34

## LISTA DE ABREVIACÕES

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADM** - Archer Daniels Midland
- AGL** - Ácidos Graxo Livres
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- ANP** - Agência Nacional de Petróleo, gás Natural e Biocombustível
- ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- AOAC** - Association of Official Analytical Chemists
- AOCS** - American Oil Chemists' Society
- ASTM** - Normas da American Society for Testing and Materials
- BIOPALMA** - Empresa que atua na produção e exploração de óleos vegetais
- CERBIO** - Centro Brasileiro de Referência em Biocombustíveis
- EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO** - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
- HDL** - *High Density Lipoproteins* (lipoproteínas de alta densidade)
- IAN** - Instituto Agrônômico do Norte
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia
- IFPI** - Instituto Federal do Piauí
- IRHO** - Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux
- LDL** - *Low Density Lipoproteins* (lipoproteínas de baixa densidade)
- MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- Meq** - Miliequivalente (milésima parte do equivalente)
- ONGs** - Organizações Não Governamentais
- PETROBRAS** - Petróleo Brasileiro S.A. (sociedade anônima)
- prEN** – Padrões de Normas Europeias
- PNPB** - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
- SEBRAE** - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
- UEP** - Unidade de Execução de Pesquisa
- UESPI** - Universidade Estadual do Piauí

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA DO DENDÊ .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>DOS ASPECTOS HISTÓRICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DA CULTURA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>ASPECTOS PRODUTIVOS E ECONÔMICOS DA CULTURA DO DENDÊ .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5</b>	<b>USO EFICIENTE DA ÁGUA .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>LOCAL DO EXPERIMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIAL VEGETAL .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>25</b>
3.3.1	<i>Extração do óleo de dendê.....</i>	<i>25</i>
3.3.2	<i>Determinação das características físico-químicas do óleo e de dendê.....</i>	<i>25</i>
3.3.3	<i>Determinação da densidade relativa.....</i>	<i>26</i>
3.3.4	<i>Determinação do índice de acidez.....</i>	<i>26</i>
3.3.5	<i>Determinação do teor de água (Karl-Fischer).....</i>	<i>27</i>
3.3.6	<i>Determinação do índice de saponificação.....</i>	<i>27</i>
3.3.7	<i>Determinação do índice de peróxido.....</i>	<i>28</i>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>ANÁLISE QUANTITATIVA DA PRODUTIVIDADE OLEÍFERA DOS CULTIVARES DE DENDÊ .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>DETERMINAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DO DENDÊ..</b>	<b>29</b>
4.2.1	<i>Determinação da densidade relativa.....</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>Determinação do índice de acidez.....</i>	<i>31</i>
4.2.3	<i>Determinação do teor de água (Karl-Fischer).....</i>	<i>32</i>
4.2.4	<i>Determinação do índice de saponificação.....</i>	<i>33</i>
4.2.5	<i>Determinação do índice de peróxido.....</i>	<i>34</i>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo diversos estudos têm sido conduzidos quanto aos mais variados tipos de matérias-primas que possam ser utilizadas na produção de biodiesel (GHASSAN, et al., 2003). No Brasil, a lista de matérias-primas que podem ser utilizadas para produção de biodiesel é ampla sejam elas óleos vegetais ou gordura animal, pura ou residual (SEBRAE, 2014).

O uso de óleo vegetal no motor diesel não é uma novidade. As primeiras experiências com motores de combustão por compressão foram conduzidas com óleo de amendoim. Em 1900, o inventor do motor diesel, Rudolf Diesel, conduziu um protótipo de motor na Exposição Universal de Paris com uso do óleo de amendoim, mas o desenvolvimento dos derivados de petróleo e a ampla oferta de combustíveis de origem fóssil tornaram essa alternativa desinteressante do ponto de vista econômico. Em 1937 o cientista belga G. Chavenne descobriu e patenteou o processo de transesterificação, o qual diminuía a viscosidade do óleo vegetal e melhorava seu processo de combustão no interior do motor (KNOTHE, 2001). Assim, o nome “biodiesel” foi dado ao óleo vegetal transesterificado para descrever seu uso como combustível em motores do ciclo diesel (CERBIO, 2006).

Quimicamente, define-se biodiesel como ésteres alquílicos de ácidos carboxílicos de cadeia curta, obtido de triacilglicerídeos (BRASIL, 2009). O biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas e renováveis (ciclo curto do carbono) que não contém compostos sulfurados (não contribui para formação de chuvas ácidas) e aromáticos; apresenta alto número de cetanos (o correspondente a octanos na gasolina); e é biodegradável.

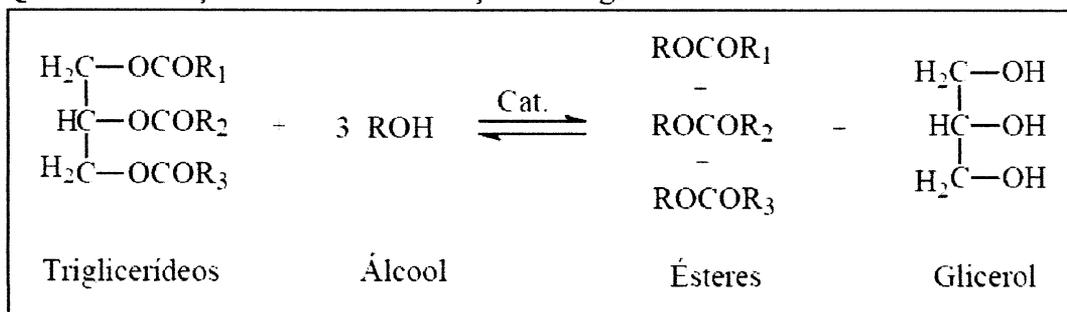
O biodiesel é um substituto do diesel. O qual é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, esta reação tem como coproduto o glicerol. A transesterificação consiste na reação dos triglicerídeos presentes nos óleos vegetais ou gorduras animais com álcool em presença de catalisador o qual pode ser uma base ou um ácido (FERRARI et al. 2005; PINTO et al. 2005).

Transesterificação é uma reação reversível em 3 etapas, com triacilglicerídeos reagindo com álcool na presença de catalisador: triacilglicerídeo é quebrado formando um éster, seguida da quebra do diacilglicerídeo, formando outro éster e finalmente a quebra do monoacilglicerídeo, formando o terceiro éster e glicerol conforme o (**Quadro 1**).

A estequiometria mínima para que ocorra a reação é 1 mol de triacilglicerídeo para 3 de álcool, mas um excesso é sempre necessário para a formação dos produtos, sendo que as

faixas otimizadas são mencionadas em diversos trabalhos (MEHER et al., 2006; MARCHETTI et al., 2007a; ENCINAR et al., 2007; ZAGONEL et al., 2003).

**Quadro 1.** Reação de Transesterificação de Triglicerídeos



O biodiesel é produzido a partir de matérias-primas renováveis, tais como óleos vegetais, gorduras animais e óleos utilizados para cocção de alimentos (SUARES e MENEGHETTI, 2007).

No Brasil, devido à grande diversidade de espécies oleaginosas, pode-se produzir biodiesel a partir de diferentes óleos vegetais como soja, milho, amendoim, algodão, babaçu e dendê (FERRARI, et al. 2005). Mas para que haja essa produção de biodiesel com essas oleaginosas é necessário conhecer suas exigências desde o plantio até o fim de seu ciclo. Os cuidados relacionados aos aspectos como tipo de solo, temperatura, irrigação, tratos culturais, susceptibilidades a pragas e doenças entre outros, são primordiais quando se planeja realizar um plantio, independente da cultura utilizada (WALDIR e VALDEMÍCIO, 2011). O uso eficiente da água com conhecimento adequado de alternativas que otimizem o seu uso, pode contribuir para manter o desempenho da planta em condições de menores disponibilidade de água. A ausência de água no solo provoca o que se chama de estresse hídrico nas plantas (WALDIR e VALDEMÍCIO, 2011). Principalmente para culturas em que o cultivo é limitado para certas regiões, como é o caso do dendezeiro, originário da África (ALVES, 2011), também é conhecida como cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses Jacq*) e pode ter seu uso ainda mais explorado por conta do seu potencial de utilização como matéria prima para a fabricação de biocombustível, possui baixo impacto ambiental, fixando o homem ao campo, devido, entre outros fatores, seu sistema de manejo (plantio) com cultivos intercalados e plantas de coberturas oferecendo uma maior proteção ao solo e permitindo um período de exploração contínua dos plantios superior a 20 anos, com grande necessidade de mão de obra durante todo o ano (SUARES e MENEGHETTI, 2007). O óleo extraído de seus frutos é destinado para diversos fins, entre eles, produção de biodiesel. Assim, o presente trabalho tem

como objetivo avaliar as características físico-químicas do óleo de duas cultivares de dendê (*Elaeis guineensis Jacq*) sob diferentes lâminas de irrigação para produção do biodiesel.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA DO DENDÊ

### 2.1 DOS ASPECTOS HISTÓRICOS

Desde a época dos faraós egípcios, há quase 5000 anos, a palma oleaginosa tem sido uma importante fonte alimentícia para o gênero humano. O óleo chegou ao Egito vindo da África Ocidental, de onde se origina a *Elaeis guineensis*. O dendezeiro é uma planta originária da costa oeste da África, e desde o século XV, segundo consta nos primeiros registros dos navegadores, assim foi introduzida no continente americano nos navios negreiros, chegando ao Brasil no século XVI, especificamente no estado da Bahia, que recebeu as primeiras mudas trazidas por escravos africanos (CANUDO, 1988; ALVES, 2011).

No começo do século XX, a palma oleaginosa foi introduzida na Malásia como uma planta ornamental e somente plantada comercialmente pela primeira vez em 1917, o que deu origem à indústria de óleo de palma da Malásia, tornando-se o óleo mais produtivo no mundo (CLEGG, 1973). Durante quase 70 anos, a Malásia foi a maior produtora de óleo de palma do mundo, entretanto a partir de 2005 a Indonésia tornou-se a maior produtora de óleo de palma do mundo com 19 milhões de toneladas, seguido pela Malásia com uma produção de 17 milhões de toneladas (ALVES, 2011).

A expansão ocorrida nesses países foi realizada sobre áreas nativas, o que afetou gravemente parte da flora e fauna da região, o que gerou certo desconforto em Organizações Não Governamentais-ONGs, que pressionaram esses países para que os mesmos produzissem de uma forma menos prejudicial e evitar o plantio em áreas nativas. As ONGs ainda mobilizaram os principais compradores de óleo de palma no mundo a não comprar nesses países. A pressão funcionou e vários compradores do mundo, entre eles, a Unilever divulgaram o cancelamento de compras nesses países. Assim, com os plantios, em sua maior parte, paralisados nesses países, viu-se a necessidade de procura por novas áreas para implantação dos dendezeiros, entre elas o Brasil (ALVES, 2011).

Em 1940 as primeiras sementes oriundas da Bahia foram introduzidas no Pará por meio da Agência de Fomento Agrícola do Estado do Pará e logo em seguida, em 1960, uma nova parceira entre IAN (Instituto Agrônômico do Norte), atual EMBRAPA – Amazônia Oriental e o Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (IRHO), da França, foram implantados dois campos genealógicos de dendezeiro no Pará (ALVES, 2011).

Os plantios desenvolveram-se muito bem no Estado basicamente por três motivos: Primeiramente, foi no estado que se iniciaram as primeiras pesquisas científicas com o

objetivo de adequar cultivares de híbridos oriundos da África ao clima do Norte do Brasil por meio de parcerias entre as instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras o que concedeu um maior crescimento da atividade. Secundariamente, as cultivares adaptaram-se bem às condições edafoclimáticas do Pará, principalmente em relação a chuvas intensas na região visto que a planta necessita de grandes quantidades de água para o seu pleno desenvolvimento. E por último, por ser uma cultura agroindustrial, ela necessita de grandes extensões de áreas, o que foi encontrado na Região Norte. Assim, o estado do Pará conquistou o título de maior produtor de óleo no Brasil, se mantendo na liderança até os dias atuais (TAN, et al, 2009).

Um importante passo foi dado na política de incentivos à pesquisa de novas fontes oleaginosas, por meio do marco legal lançado em dezembro de 2004 que instituiu o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Este programa estabeleceu condições legais para introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, sendo oficialmente regulamentando pela lei 11.097 /2005 (ALVES, 2007; PRATES; et al, 2007). O Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma no Brasil emerge a dendeicultura para energia, isto é, o cultivo de palma de dendê destinada à produção de biodiesel.

O programa atrai empresas como a BIOPALMA, a PETROBRAS Biocombustível, ADM (Archer Daniels Midland), dentre outras, para o espaço agrário regional (SANTOS, J. e SANTOS, C., 2013). No ano de 2013, multinacionais como a Vale e a Petrobrás, as quais são conhecidas historicamente por possuírem seu foco direcionado a setores não agrícolas, orientaram uma porção de seus recursos técnicos, humanos e financeiros para a produção de óleo de palma que é utilizado na composição do biodiesel, potencializando empresas como BIOPALMA, uma empresa Vale e Petrobrás Biocombustível (SANTOS, J e SANTOS, C., 2013).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

O dendezeiro é uma monocotiledônea, pertencente à família *Arecaceae*, da ordem Arecales, sendo uma planta monóica com formação de inflorescências masculinas e femininas. A planta produz inflorescências macho e fêmea na mesma planta com ciclo alternado de duração que dependem de fatores genéticos, idade e condições ambientais e que em condições de estresse ambiental principalmente em baixa pluviosidade há uma tendência à formação de inflorescências macho (ALVES, 2011).

O dendezeiro é uma palmeira com até 15 m de altura, com raízes fasciculadas, estipe (tronco) ereto, escuro, sem ramificações, anelado (devido às cicatrizes deixadas por folhas antigas). O sistema radicular é do tipo fasciculado, característico de monocotiledôneas. Este sistema radicular não possui raiz pivotante, sendo também conhecido como cabeleira. Do bulbo saem às raízes primárias que possuem de 5 a 8 mm de diâmetro, podendo atingir até 20 m de comprimento e alcançar 6 m de profundidade (ALBERTO, 2010).

O dendezeiro possui um caule do tipo estipe, vulgo tronco, que possui cerca de 20 a 75 cm de diâmetro, ignorando as bases peciolares, e é um órgão de sustentação, vascularizado e com funções de reserva. A distribuição de nutrientes e água absorvidos pela raiz é bastante unificada, realizada por feixes vasculares interconectados, que são responsáveis por destinar o que foi absorvido para todas as partes da planta. O dendezeiro cresce horizontalmente até cerca de 3,5 anos, após este período o crescimento vertical entra em vigor e o horizontal cessa. Para garantir uma elevada produtividade da planta na fase adulta, é importante que se promova o desenvolvimento das plantas na sua fase juvenil, tendo em vista que o crescimento horizontal é restrito a esse período (ALBERT, 2010).

As folhas do dendezeiro são trímeras, sendo o perianto facilmente diferenciado em sépalas e pétalas. A folha é composta por um eixo central, subdividido em parte basal, que se liga ao estipe, denominada pecíolo, cujo comprimento é de aproximadamente 1,5 m. Possuem a cutícula espessa e grande quantidade de tecido lignificado (ALVES, 2011).

Quando manejado da maneira correta, a palma de óleo inicia sua produção no final do terceiro ano, com uma colheita cerca de 6 a 8 toneladas por hectare. O dendezeiro atinge seu pico produtivo no oitavo ano, que pode chegar a produzir 25 toneladas por hectare, onde permanece nesse nível até o décimo sétimo ano, que a produção começa a cair gradativamente. Geralmente a vida útil da planta é de 25 anos, quando é eliminada para replantio de novas mudas (ZIMMER, 2010).

Da palma de óleo utiliza-se não só o fruto, mas também os cachos vazios dos frutos, os cachos, as cascas de amêndoa e o tronco. O fruto é o principal produto do dendezeiro. Da sua polpa, extrai-se o óleo de palma e de sua amêndoa, consegue-se o óleo de palmiste. Cada fruto produz 9 partes de óleo de dendê para uma parte de óleo de palmiste. O óleo de dendê tem uso alimentício, medicinal, oleoquímico e industrial (ALVES, 2011).

Com até 5 cm de comprimento e peso oscilando entre 3 e 30 g, o fruto do dendezeiro é classificado como drupa do tipo séssil e elipsado, tendo sua espessura de endocarpo expressa por um gene específico, que classifica o fruto como Psifera, Dura e Tenera (BARCELOS et al., 2000). Três cultivares de dendê são reportadas na literatura, classificadas de acordo com a

espessura do endocarpo: Psifera, com fruto marcante pela ausência de casca protetora da amêndoa; dura, que apresenta casca com pelo menos 2 mm de espessura; e Tenera, com espessura da casca inferior a 2 mm, resultante do inter cruzamento das cultivares anteriores (PORTELA 2007).

O cacho do dendezeiro (*Elaeis guineensis*) possui forma ovóide com massa de 10 a 50 kg, média comercial entre 15 e 20 Kg. O fruto possui um pedúnculo robusto pesando aproximadamente 13% do peso do cacho. Ao pedúnculo são inseridas espiguetas, que pesam em torno de 15% do cacho. Cada cacho contém aproximadamente 1.500 frutos que são alocados nas espiguetas, que correspondem 60 a 70 % do peso do cacho (ALBERTO, 2010). Para realização dos procedimentos de extração do óleo de palma, diferentes métodos podem ser empregados para extração de óleo de dendê, mas o mecânico, por simples prensagem e esmagamento dos frutos tem sido o mais reportado (RAMALHO FILHO, 2010).

### 2.3 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA

Levantamento topográfico, determinação da área a ser plantada, derrubada e queima de vegetação existente para a limpeza do terreno e abertura para construção de estradas de serviço, são apenas alguns dos trabalhos iniciais a serem realizados para uma correta implantação do dendezeiro. Além disso, faz-se necessária a semeadura de uma leguminosa, geralmente, a *Pueraria javanica* (em torno de 5 kg/ha<sup>-1</sup>), que controla o aparecimento de ervas daninhas, protege o solo evitando a degradação, fixa nitrogênio na terra, além de conservar a umidade do terreno, promovendo a recuperação do solo, com a reconstituição da atividade biológica dos microorganismos, prejudicada durante o período de queima e desmatamento (VIANA, 2006).

Amplamente dependente de fatores climáticos, o processo de cultivo do dendezeiro necessita em média de temperatura em torno de 24°C. A umidade relativa do ar deve ser superior a 70% e apresentar média em torno de 75% a 90%. A temperatura exerce impacto direto no processo de emissão de folhas, além de influenciar no aparecimento do número elevado de cachos por unidade reprodutiva, assim como no teor de óleo nos frutos (ALBUQUERQUE, 2014).

Os solos apropriados são os argilosos, argilo-arenosos e terras ricas em matéria orgânica. Os solos compactos e com drenagem deficiente não são satisfatórios. O dendezeiro é bastante tolerante às condições químicas do solo, porém os melhores rendimentos virão de solos bem equilibrados em sais minerais. Adapta-se bem a solos ácidos, com pH entre 4 e 6. ”

A declividade do terreno deve ser plana ou de pequena declividade (menor do que 10%) para facilitar as atividades de coleta e manuseio dos cachos, bem como o escoamento da produção. (VIANA, 2006).

A produção do óleo de palma divide-se em duas fases, um agrícola e outra industrial. A fase agrícola compreende todas as etapas para produção do fruto do dendê (produção das sementes, pré-viveiro, viveiro, plantio definitivo e tratos de manutenção) até a colheita dos cachos; a fase industrial, compreende a extração do óleo, seu beneficiamento e refinamento. (VIANA, 2006).

## **2.4 ASPECTOS PRODUTIVOS E ECONÔMICOS DA CULTURA DO DENDÊ**

A palma apresenta potencial produtivo elevado (ZIMMER, 2010). Segundo (AGROPALMA, 2008), este crescimento da preferência pelo óleo de palma pode ser explicado em função dos seguintes fatores: o forte apelo ecológico da cultura agrícola do dendê, dados os seus reduzidos níveis de impacto ambiental e expressivos níveis de sequestro de carbono, também exige pouca mecanização e reduzido emprego de defensivos agrícolas.

A produção do dendezeiro é relacionada com sua idade, aumentando até os primeiros 8 anos, quando se estabiliza e inicia-se o decréscimo gradual. A cultura do dendê é de fundamental importância na conjuntura atual, em se tratando de uma alternativa energética para o país na produção de combustível biodegradável (biodiesel). Além de menos poluente, poderia reduzir os gastos com a importação de petróleo e outros insumos componentes da matriz energética brasileira (CUENCA e NAZÁRIO, 2005).

O óleo de dendê é visto como benéfico na alimentação humana por apresentar redução do colesterol sérico sanguíneo (LDL) e aumento do índice de HDL, apresentando características oxidantes exploradas na prevenção de doenças cardíacas e câncer. (AGROPALMA, 2008). No mundo, a crescente demanda por óleos vegetais nas últimas décadas tem sido motivada, principalmente, pelo expressivo aumento populacional em países em desenvolvimento como Índia, China e Brasil. A substituição do consumo de gorduras de origem animal por óleo vegetal, aliado ao significativo desenvolvimento de tecnologias e custos de produção mais baixos, são fatores que também impulsionaram a expansão da indústria de óleos vegetais (BASIRON, 2015).

Segundo o (MAPA 2011).

2011), O mesocarpo contém em torno de 20-22% de óleo (palma) enquanto que a amêndoa pode alcançar um teor de até 55% de óleo (palmiste). Esses dados comprovam a

superioridade em relação ao teor de óleo na cultura da soja que varia em torno de 16,58 e 20,75%, ressaltando que o dendê possui um alto potencial para produção de biodiesel.

Outros benefícios que podemos citar da cultura do dendê é a grande geração de empregos, a cada 10 hectares de dendê plantados, gera-se um emprego direto; aumento na renda dos agricultores e, conseqüentemente, melhoria na qualidade de vida da população; recuperação de áreas degradadas mediante o plantio do dendê, que é uma cultura com ciclo de vida comercial de 25 anos; proteção do solo contra erosão, por meio de plantio consorciado com a puerária (*Pueraria phaseoloides*), que é uma leguminosa, além do potencial para produzir o biodiesel tanto do óleo bruto como do resíduo do refino do óleo, que é um combustível alternativo ao uso do petróleo, (MAPA 2014).

A participação do Brasil, e em especial o estado do Pará, no mercado internacional de óleo vegetal com palma de óleo, tem contribuído com apenas 0,6% neste promissor setor. A demanda interna deste óleo é da ordem de 500.000 t/ano<sup>-1</sup>, no entanto, o país produz cerca de 275.000 t/ano<sup>-1</sup> e importa cerca de 370.000 t/ano<sup>-1</sup>. Esta significativa taxa de importação brasileira em relação à produção nacional tem contribuído para uma evasão de divisas na ordem de 523 milhões de dólares anuais de um produto estratégico para a indústria nacional (HOMMA, 2010).

Segundo dados do IBGE o estado do Pará responde por 82,87% da produção nacional de cachos de frutos frescos (cff) de palma de óleo do país, estando os plantios distribuídos em 18 municípios, com destaque para Acará, Bonito, Castanhal, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu, Moju, Santo Antônio do Tauá, Tailândia e Tomé-Açu, os quais concentram 96,44% da área plantada e 97,04% da quantidade produzida (REBELLO e COSTA, 2012).

MAPA (2014), ao realizar um levantamento de áreas com plantio de dendê no Pará completa, “dos 60 mil hectares plantados no estado em 2008, a área saltou para 160 mil hectares, em 2013, com destaque aos municípios de Tomé-Açu, Moju, Acará, Tailândia e Concórdia do Pará, no nordeste paraense”. (CRISTINA et al., 2014), afirma que as condições edafoclimáticas favoráveis encontradas no estado do Pará, além da elevada produtividade por unidade de área, abundância e baixo custo de mão de obra local, tornaram-no o Estado brasileiro com maior produção de óleo de palma.

## 2.5 USO EFICIENTE DA ÁGUA

A água é o principal fator de crescimento, responsável por oscilações na produtividade e produção de regiões agrícolas. É, ao mesmo tempo, o fator mais importante e mais limitante

à produtividade das culturas. Devido à sua importância no sistema agrícola, muita atenção tem sido dada aos problemas envolvendo os limites de disponibilidade de água para as plantas. Considerando a atual preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos e o seu alto custo em determinadas situações, a busca pelo aumento da eficiência no uso da água pelas culturas tem sido motivo de preocupação da pesquisa, extensão e produtores rurais, uma vez que este componente da produção cada vez mais ocupa importante parcela nos custos de produção (ROZA, 2010).

A água, sua disponibilidade e qualidade são fontes de crescente preocupação para a comunidade científica. O bem-estar humano, a sustentabilidade dos ecossistemas, bem como a economia, tudo depende da disponibilidade de água em quantidade e qualidade (GLEICK, 2001). A disponibilidade dos recursos hídricos combinado com o aumento da população humana, acrescido dos contínuos desmatamentos e do uso ineficiente da água nos setores produtivos, vêm gerando conflitos por água em várias partes do mundo (SOPHOCLEOUS, 2004). A agricultura, por se tratar do setor produtivo que mais demanda água, tem sofrido pressões para garantir a produção de alimentos com melhoria na eficiência do uso da água (HOWELL, 2001). A agricultura usa cerca de 69% da água doce disponível, sendo o uso doméstico cerca de 10%, e a indústria 21% (FAO, 2003). As áreas irrigadas ocupam 17% do total de área plantada, e geram 40% da produção alimentar mundial (FAO, 2003). No Brasil, segundo dados da (ANA 2007), de modo geral, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica. Durante os últimos 30 anos, a área de terra sob irrigação passou de 200 milhões para mais de 270 milhões de hectares (FAO, 2007). No mesmo período, o consumo subiu de cerca de 2.500 km<sup>3</sup> para mais de 3.600 km<sup>3</sup> (FAO, 2007). No Brasil, (CHRISTOFIDIS 2008) indica que, no período de 27 anos (1975/2004), houve a incorporação de ordem de 2,4 milhões de hectares de terras irrigadas. (SHIKLOMANOV 2000) estima que, mundialmente, haverá um acréscimo de áreas irrigadas e que no ano 2025 estarão sendo irrigados cerca de 330 milhões de hectares, ou 29% a mais serão necessárias até ao ano 2025 (INTERNATIONAL, 2000). De toda a água que é captada para fins de irrigação, somente 50% é aproveitado pelas plantas (CHRISTOFIDIS, 2004). Quando se gasta muita água em um sistema de irrigação isso pode trazer efeitos negativos para a produção, que além do prejuízo, ainda provocam uma maior lixiviação de nutrientes além de incidências de pragas e doenças aliadas a impactos ambientais. (WALDIR e VALDEMÍCIO, 2011).

A deficiência hídrica no solo provoca alterações no vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta.

Influencia negativamente o crescimento e desenvolvimento da planta e também causa um decréscimo das trocas gasosas foliares. Existem várias evidências de que a ocorrência de estresse hídrico no solo é prejudicial aos processos fotossintéticos no interior do mesofilo foliar. O estresse hídrico inibe o crescimento celular das plantas, afetando vários processos fisiológicos, como fotossíntese e respiração (ROZA, 2010).

A água é um recurso indispensável, porém escasso, para viabilizar o cultivo dessas espécies oleaginosas, bem como em qualquer outra cultura. Por isso, tornam-se cada vez mais importante os estudos entre a relação da utilização desses recursos hídricos e o cultivo de espécies oleaginosas para a produção do biodiesel, no qual podemos destacar o dendê (ROZA,2010).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO**

O experimento de campo foi realizado no laboratório de físico-química na Universidade Estadual do Piauí – UESPI, *Campus* Prof. Alexandre Alves de Oliveira, na cidade de Parnaíba-PI e no laboratório do Instituto Federal do Piauí- IFPI cidade de Parnaíba-PI; em uma cultura de palma de óleo, com quatro anos de idade, utilizou-se o espaçamento de 7,85 m x 9 m, em sistema triangular equilátero com 9 m de lado, na área experimental da Embrapa Meio-Norte, na UEP de Parnaíba, em áreas consideradas ótimas para a produção de palma de óleo.

A colheita dos frutos foi feita com o auxílio de uma foice de aço aberta roçadeira modelo (SAE 5160 (mola). Após a colheita os frutos foram ensacados em sacos plásticos e transportado em carro de mão para uma sala na UEP de forma a minimizar qualquer dano ao produto e evitando o acesso e nidificação de pragas.

As partes que entraram em contato direto com o produto foram construídos de forma a reduzir o potencial de contaminação por agentes físicos químicos e biológicos de material não tóxico facilitando a limpeza.

O transporte de cachos e frutos soltos para o laboratório na UESPI foi feito o mais rapidamente possível e com o mínimo de traumatismos para os mesmos. No laboratório foram retirados dos cachos, embaladas e acondicionadas em ambiente com temperatura a 5° C até o momento da extração do óleo.

#### **3.2 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO**

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em sub-parcelas (híbridos de palma de óleo - C2501 e C2528), para análise experimental foram selecionadas dezesseis amostras dos tratamentos: T1 corresponde a 80%, e T4 a 20% de água com dois blocos: B1 e B4 das duas cultivares, (porcentagens em relação a quantidade total de água que é indicada para a cultura do dendê que é de 2000 mm por ano (MDA 2007), O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizada – micro-aspersão. As lâminas de irrigação foram definidas em função da evapotranspiração, estimadas pelo método de Penman-Monteith, fornecidas por uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada na UEP.

O monitoramento do teor de água no solo foi feito por meio de uma sonda de capacitância (Diviner 2000), um equipamento portátil, que utiliza o princípio da capacitância elétrica e monitora o teor de água no solo a cada 0,10 m e até 0,7 m de profundidade. Todos os tratamentos culturais e fitossanitários foram feitos de acordo com as necessidades da cultura de palma de óleo de maneira prática e prudente para preservar a integridade dos frutos, pois os quais foram utilizados no experimento.

### 3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### 3.3.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE DENDÊ

A extração do óleo de dendê foi realizada conforme o método da AOCS Bc 3-49 (1993). Os frutos foram triturados em um liquidificador de marca ARNO *facilic*, depois da trituração foi separado as sementes da polpa, o material que foi usado foi a parte fibrosa as quais em seguida foi transferido para um balão e condensador e extrator adaptado tipo soxhlet (conjunto parte do sistema) foi colocado em uma manta aquecedora e termostatizado a 70 °C. O solvente utilizado para a atividade extratora foi o hexano. Foi montado um sistema de refrigeração para manter a temperatura do condensador a 10° C a fim de evitar maiores perdas de solvente para o ambiente.

Após duas horas em que o sistema permaneceu em refluxo o material foi recolhido e o balão foi esvaziando, e previamente foi confeccionado outra amostra no balão o qual foi introduzido ao extrator para que fosse dada continuidade ao processo, até que as fibras disponíveis se submetessem ao processo de extração total. Em cada etapa de extração utilizou-se aproximadamente 500 gramas de polpa de dendê para as extrações do óleo. Após a o procedimento para a extração foi realizado a separação do solvente do óleo através do processo de rota-evaporação sob pressão reduzida.

#### 3.3.2 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO E DE DENDÊ

Para a avaliação das características físico-químicas dos óleos de dendê utilizaram-se os procedimentos e métodos analíticos baseadas nos procedimentos experimentais estabelecidos pela *Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT*, pela *Association of Official Analytical Chemists – AOAC* e pela *American Society for Testing and Materials –*

*ASTM*. As características físico-químicas determinadas para os óleos de dendê neste trabalho e os respectivos números de seus métodos estão descritos na **Tabela 1**

**Tabela1.** Procedimentos e métodos analíticos segundo AOAC utilizadas para análise físico-químicas dos óleos de dendê

<b>Característica Físico-química</b>	<b>Método</b>
Densidade relativa	AOAC – 920.212
Índice de acidez (mgKOH/g óleo)	AOAC – 940.28
Índice de peróxidos	AOAC – 965.33

### 3.3.2.1 DENSIDADE RELATIVA

Filtrou-se a amostra para eliminar qualquer vestígio de impureza e traços de humidade, posteriormente termostatizou a uma temperatura de aproximadamente 20 °C. Encheu o recipiente do picnômetro, adicionando a amostra cuidadosamente pelas paredes para evitar a formação de bolhas de ar. Tampou o picnômetro e colocou em banho termostatizado na temperatura de 45°C. Conservou o conjunto imerso na água e esperou atingir a temperatura acima especificada por 20 minutos. Removeu com cuidado o óleo que havia escorrido pela lateral do recipiente com lenço de papel macio. Retirou do banho e secou, evitando o manuseio excessivo. Pesou e calculou a densidade utilizando a seguinte fórmula.

$A - B/C =$  densidade relativa, onde:

A = massa do recipiente contendo o óleo

B = massa do recipiente vazio

C = massa da água à temperatura proposta

### 3.3.2.2 ÍNDICE DE ACIDEZ

Transferiu para um Erlenmeyer de 125 ml dois gramas da amostra do óleo a ser analisada, adicionou ao recipiente 25 ml de solução neutra de éter etílico mais álcool etílico na proporção, em volume de 2:1 respectivamente. Adicionou à solução duas gotas de indicador fenolftaleína 1% e titulou com solução KOH 1,0 N até a predominância de uma coloração rósea. O índice de acidez é determinado como sendo a razão do volume de base gasto na titulação pela massa da amostra analisada.

$$\text{Índice de acidez} = V \times f \times 5,61 / P$$

$$\% \text{ de ácido oleico} = V \times f \times 0,282 \times 100 / P, \text{ onde:}$$

V = volume em ml de KOH gasto na titulação

f = fator de correção da solução KOH

P = massa em gramas da amostra

5,61 = equivalente grama de KOH (solução 0,1N)

0,282 = equivalente grama do ácido oleico.

### 3.3.2.3 TEOR DE ÁGUA (KARL-FISCHER)

Em um Erlenmeyer de 250 ml de capacidade adicionou 50 ml de metanol. O sistema foi fechado com tampa adaptada a uma bureta de 25 ml e submetido a uma agitação magnética suave. Adicionou-se reagente de Karl Fischer padronizado em quantidades apropriadas ao solvente. Adicionou-se cuidadosamente ao Erlenmeyer uma massa de aproximadamente 2,0 g da amostra a ser analisada e titulou-se com reagente de Karl Fischer até o final. Os valores para o índice de água foram determinados de acordo com as normas NBR 11348-05 descrito pela Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT) apresentando o método Karl Fischer para a determinação do teor de água.

Faz-se necessário tampar rapidamente o tubo de entrada da amostra a fim de evitar a absorção de umidade atmosférica. Os resultados foram determinados pela equação abaixo.

$$E.K.F. = (5,6.VKF.100) / m_a \text{ onde:}$$

E.K.F. = equivalente em água do reagente de Karl Fischer, em mg/ml

5,6 mg = massa da água padronizada para cada ml de reagente de Karl Fischer

VKF = Volume de Karl Fischer gasto na titulação

Ma = massa da amostra titulada em g

### 3.3.2.4 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

Pesou-se dois gramas de amostra em um Erlenmeyer de 250 ml. Adicionou, com auxílio de uma bureta, 20 ml de solução alcoólica de hidróxido de potássio preparada previamente depois de pesar 4 gramas de KOH transferiu para um balão volumétrico de 100 ml de capacidade e completou com água destilada. O Erlenmeyer foi adaptado em aquecimento por refluxo. Aqueceu o líquido em ebulição branda por meia hora, aguardou a

solução resfriar e, posteriormente adicionou duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1% e titulou com ácido clorídrico 0,5 N até o desaparecimento da coloração rósea.

Realizou o mesmo procedimento descrito acima para um branco à ser utilizado nos cálculos. A diferença entre os números de ml de ácido gastos nas duas titulações é equivalente à quantidade de KOH gasto na saponificação.

Índice de saponificação =  $(V - v) \times f \times 28 / P$ , onde:

$(V - v)$  = diferença entre o volume em ml de HCl gasto nas titulações

f = fator de correção

P = massa da amostra

28 = equivalente grama de KOH

### 3.3.2.5 ÍNDICE DE PERÓXIDO

A determinação do índice de peróxido do óleo de dendê foi feita baseada no método AOAC-965.33 descrito pela Association of Official Analytical Chemists.

Pesou aproximadamente 5,0 g de óleo de dendê em um Erlenmeyer de 100 ml. Adicionou 30 ml de uma mistura de ácido acético com clorofórmio com proporção 3:2 em volume nessa mesma ordem e agitou até a homogeneização do meio. Adicionou exatamente 0,5 ml de solução saturada de iodeto de potássio e aguardou pelo tempo de um minuto em local sob proteção da luminosidade. Adicionou 30 ml de água destilada titulou com solução de tiosulfato de sódio na concentração descrita. Adicionou sobre a mistura de coloração alaranjada 0,5 ml de solução 1% de amido, previamente preparada, o que resultou na mudança da coloração de alaranjado para azul. Continuou a titulação como o tiosulfato até o desaparecimento da cor azul. Um ensaio em branco foi realizado em paralelo. Abaixo a fórmula expressa para calcular o índice de peróxido.

$IP = (V_b - V_a) \cdot N \cdot f \cdot 1000 / m_a$ , onde:

IP: índice de peróxidos em meq /1000g de amostra de óleo.

V<sub>a</sub>: volume em ml da solução titulante gasta para a amostra de óleo

V<sub>b</sub>: volume em ml da solução titulante gasta para a amostra do branco

m<sub>a</sub>: massa de amostra de óleo em gramas

N: Normalidade da solução titulante.

f: fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 1,0 N

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA DA PRODUTIVIDADE OLEÍFERA DOS CULTIVARES DE DENDÊ

Na **Tabela 2**, mostra diferença na produtividade de óleo entre as cultivares 2501 e 2528 do dendê, a cultivar 2501 mostrou rendimento maior na produção de óleo, tanto em relação a massa de polpa quanto a massa de fruto total. Entres os tratamentos observou-se um maior rendimento nos frutos submetidos ao tratamento T1 para ambas cultivares, uma vez que, o tratamento T1 corresponde a uma lâmina de irrigação equivalente a 80% desse total.

**Tabela 2.** Análise quantitativas da produtividade oleífera dos cultivares de dendê.

Cultivares	Tratamentos	% Óleo / 100g de polpa	% Óleo / 100g de Fruto
2501	T1	29,4	24,13
	T4	19,2	17,25
2528	T1	27,8	21,91
	T4	18,3	15,44

Para (MDA 2007) o que corrobora com o total de água que é indicada para a cultura do dendê que é de 2000mm por ano.

### 4.2 DETERMINAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DO DENDÊ

Para o óleo de dendê foram determinadas as características físico-químicas para: densidade relativa, índice de acidez, Determinação do teor de água, índice de saponificação e índice de peróxido para as duas cultivares e seus respectivos tratamentos.

#### 4.2.1 DENSIDADE RELATIVA

A densidade permite comparar o valor obtido com os valores para cada tipo de óleo e afirmar se o mesmo se encontra dentro do previsto ou não. A densidade dá-nos também

informações logísticas (confirmação do volume/peso face ao valor faturado). Em relação a densidade relativa do óleo obtido da polpa do dendê os valores obtidos entre as cultivares (2501 e 2528) foram semelhantes conforme a **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Valores para a densidade relativa do óleo de dendê.

Cultivares	Tratamentos	Densidade relativa 20 °C* g.cm <sup>-3</sup>
2501	T1	0.9017 – 0,9002
	T4	0.9019 – 0,9009
2528	T1	0.9038 – 0,9018
	T4	0.9013 – 0,9007

Apesar da densidade relativa determinada não estar dentro dos padrões de qualidade apresentados pelas Normas da American Society for Testing and Materials pela (ASTM), a densidade máxima aceitável é de 0,800. O valor mínimo para essa característica se relaciona com a obtenção de uma potência máxima para o motor, que usa o combustível com controle de vazão na bomba de injeção. Existe também uma necessidade de prevenção da formação de fumaça quando este motor operar com potência máxima, o qual pode resultar em um aumento na razão de equivalência na câmara de combustão. Para este teste de determinação de densidade, a Agência Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustível (ANP 42), vigente para Biodiesel afirma que a densidade máxima aceitável para o mesmo é de 0,900. Pois se a densidade estiver acima desde valor determinado podem ocorrer danos no motor e o combustível não ter um bom funcionamento e um ponto de fulgor maior que ocasiona até um acúmulo de óleo dentro do motor podendo ser muito prejudicial para o funcionamento correto (ANP, 2009).

A média da densidade relativa do óleo de dendê, mesmo estando fora dos padrões recomendados pelos órgãos reguladores, mostra-se melhor que a densidade de algumas cultiváveis oleaginosos importantes como a do óleo de soja e do óleo de amendoim e de baru está expresso na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Densidade relativa do óleo de dendê em comparação a outros óleo encontrado no mercado.

Óleo de dendê	0,902 – 0,901
Óleo de baru	0,912 – 0,922
Óleo de soja	0,916 – 0,922
Óleo de amendoim	0,914 – 0,917

Os valores da densidade relativa para o óleo de dendê estão bem próximos das densidades apresentadas pela ANVISA para os óleos de soja e amendoim.

A densidade do combustível, de uma maneira geral, influencia a partida e pressão da injeção, além da pulverização do combustível, de modo a interferir no desempenho do motor de combustão e na emissão de gases, pois altas densidades podem gerar fumaça negra e emissão excessiva de material particulado (BAHADUR et al., 1995).

#### 4.2.2 ÍNDICE DE ACIDEZ

Observou-se que o índice de acidez dos tratamentos T1 e T4 da cultivar 2501 foram maiores do que da cultivar 2528. O intervalo de índice acidez observado de modo geral para o óleo de dendê foi de 14,10– 11,71 ml o que revela um teor ácido elevado.

O percentual de ácido graxo livre (AGL), que foi determinado também foi bastante alta em ambas cultivares e seus tratamentos, sendo maior na cultivar 2501 e seus tratamentos. O intervalo dos resultados encontrados para o índice de AGL para o óleo de dendê foi 69,50 – 58,94, está contida na **Tabela 5**.

Os volumes de solução 1,0 N de KOH consumido no experimento foi bastante alta, o que significa um alto teor de acidez presente no óleo de dendê. O resultado está proposto logo abaixo, como também o índice de acidez, e a % de ácidos livres, conforme a **Tabela 5**.

**Tabela 5.** Valores médio do volume de KOH, índice de acidez e de ácido graxos livres do óleo de dendê.

Cultivares	Tratamentos	KOH 0,1 N (ml)	Índice de acidez (mg KOH/g)	% Ácido graxos livres
2501	T1	5,07	13,81	70,96
	T4	5,10	14,10	69,50
2528	T1	4,30	11,76	59,19
	T4	4,35	11,71	58,94

De acordo com a **Tabela 5**, os valores médios para ácidos graxos livres (mg KOH/g), nas amostras analisadas, encontram-se acima do limite estabelecido pela legislação nacional. Uma grande quantidade de ácidos graxos livres indica que o produto está em acelerado grau de deterioração. A principal consequência disso é que o produto se torna mais ácido. Um elevado índice de acidez indica, portanto, que o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia de trigliceróis, liberando seus constituintes principais: os ácidos graxos. (ALVES et al, 2009).

Altos índices de acidez têm um efeito bastante negativo sobre a qualidade do óleo, a ponto de torná-lo impróprio para a alimentação humana ou até mesmo para fins carburantes. Além disso, a pronunciada acidez dos óleos pode catalisar reações intermoleculares dos triacilgliceróis, ao mesmo tempo em que afeta a estabilidade térmica do combustível na câmara de combustão. Também, no caso do emprego carburante do óleo, a elevada acidez livre tem ação corrosiva sobre os componentes metálicos do motor. (DANTAS, 2006).

São relevantes os elevados níveis de acidez observados neste estudo, condizentes com outras pesquisas de óleos brutos brasileiros que encontraram teores entre 5,19 – 24,66% em ácido palmítico, chegando a 45%, principalmente quando esses valores são comparados aos dados de estudos internacionais e nacionais, (BERGER, 2005; CAMPINHA, et al. 2007). Cabe salientar que a estabilidade oxidativa dos óleos está intimamente relacionada ao grau de insaturação dos mesmos, de maneira que os ácidos graxos insaturados são mais sensíveis à oxidação do que os saturados. Portanto, estes resultados podem estar associados, também, ao fato de que os óleos de palma brasileiros são mais insaturados que os da Malásia e Indonésia, apresentando, maior percentual do ácido oleico 43,16% e menor do ácido palmítico 38,99%, (TANGO, et al.1981).

#### 4.2.3 TEOR DE ÁGUA (KARL-FISCHER)

A análise do teor de água dos óleos de dendê mostrou similaridade de hidratação do óleo para as duas cultivares (2501 e 2528) em ambos os tratamentos, porém o óleo obtido dos frutos do tratamento T1 apresentaram um teor médio de 843 ppm superior ao do tratamento T4 que apresentou um valor médio de 538 ppm, mostrando resposta para diferentes laminas de irrigação. Conforme a (**Tabela 6**).

**Tabela 6.** Análise do teor de água no óleo de dendê

Cultivares	Tratamentos	Teor de água (ppm)
2501	T1	843
	T4	538
2528	T1	839
	T4	527

De modo geral os valores obtidos para o teor de água estão acima do valor máximo permitido pela ANP que apresenta como valor de referência 500 ppm. Tal parâmetro mostra uma falha no processo de secagem do óleo e a necessidade de se buscar novos métodos.

#### 4.2.4 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

O índice de saponificação da cultivar 2501 apresentou valores superiores à da cultivar 2528, o que confirma com o índice de acidez encontrado (ver item 4.2.2. Pág. 31) (**Tabela 7**).

**Tabela 7.** Valores do índice de saponificação do óleo dendê.

Cultivares	Tratamentos	Índice de Saponificação (mg KOH/100g de Óleo)
2501	T1	211,96
	T4	209,16
2528	T1	193,60
	T4	168,39

Todas as amostras analisadas apresentaram índice de saponificação dentro da faixa de 200 a 212 mg KOH/g estabelecida para óleo de dendê, segundo RIBEIRO e SERAVALLI (2007) as reações de saponificação servem de base para importantes determinações analíticas, as quais têm por objetivo informar sobre o comportamento dos óleos e gorduras em certas aplicações alimentícias, como, por exemplo, estabelecer o grau de deterioração e estabilidade, segundo a literatura quanto maior o índice de saponificação menor será o peso molecular do ácido graxo. Portanto um óleo deteriorado apresenta um elevado índice de saponificação indicando a presença de ácidos graxos de cadeia curta. Segundo COSTA et al, (2004), ao estudar o óleo de mamona encontraram uma variação do índice saponificação de 176 – 184

mg KOH/g Segundo o padrão britânico (FREIRE, 2001) o óleo de primeira qualidade deve apresentar um índice de saponificação entre 177 a 187 mg KOH/g. No caso do óleo de dendê ele tem mais ácido graxos livres o qual é mais fácil de degradar do que o subproduto que é o glicerol o qual é um dos grandes problemas ecológico.

#### 4.2.5 ÍNDICE DE PERÓXIDO

Os valores encontrados mostram semelhança relativa entre as cultivares 2501 e 2528 quanto ao índice de peróxido. E em relação aos tratamentos observou-se um alto índice de peróxido para as mostras do tratamento T4 quando comparados ao tratamento T1, o que pode ser justificado pelo fato das amostras do tratamento T4 sofrerem processos oxido-redutores promovidos por escassez de água, uma vez que o tratamento T4 receber menos água o qual só recebe 20% de água, sofrendo mais estresse hídrico, enquanto o tratamento T1 recebe 80% de água sofre menos estresse.

**Tabela 8.** Valores do índice de peróxido do óleo dendê.

Cultivares	Tratamentos	Índice de Peróxido (mq/100g de Óleo)
2501	T1	2,31
	T4	5,48
2528	T1	2,41
	T4	5,05

Segundo a (ANVISA, 1999), o valor do índice de peróxidos dos óleos não deve ultrapassar o valor de 10 meq / 100g da amostra, sendo que o obtido a média do tratamento T1 foi de 2,31. Enquanto o tratamento T4 foi de 5,48. Isso nos leva a indicação de que o óleo de dendê se encontra dentro dos parâmetros de exigência dos órgãos reguladores. O baixo valor para esse parâmetro revela uma alta tolerância à degradação oxidativa que é um dos maiores problemas apresentados nas matérias primas destinadas à transesterificação.

O índice de peróxido é bom marcador para os estágios iniciais do processo de oxidação, pois no início desse processo o valor de peróxido atinge um pico. (EDEM, 2002).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises físico-químicas do óleo extraído da polpa do dendê (*Elaeis guineensis*) tem um alto teor de lipídeos (aproximadamente 22,5%) colocando essa oleaginosa entre as matérias primas vegetais de maior produtividade. Sua estabilidade oxidativa determinada pelo índice de peróxido com intervalo entre 2-5 mostrou-se promissora para suportar um longo período de armazenamento, porém os seus altos índices de acidez podem apresentar dificuldade para o processo de produção de biodiesel, que pode ser corrigido alterando a escolha do método de transesterificação durante o processo, o que é favorável pelo seu alto índice de saponificação. Outras características como: densidade relativa e teor de água apresentaram resultados que satisfazem as especificações determinadas pelas normas vigentes no Brasil (ANP, ASTM e prEN 14214). Os valores da densidade relativa para o óleo de dendê é 0,902 – 0,901 estão bem próximos das densidades apresentadas pela ANVISA para Óleo de baru que é 0,912 – 0,922.

A cultivares 2501 apresenta índice de acidez e de saponificação mais alto que a cultivar 2528, e que nos demais parâmetros analisados foram semelhantes o que em termo de produção de biodiesel ambas estariam aprovadas como matéria prima para esse processo. Verifica-se que o dendê cultivado utilizando uma lâmina de irrigação de 80% do seu recomendado (2000 mm/ano), tratamento T1, apresentou os parâmetros analisados melhores que o tratamento T4 (20% da irrigação recomendada), onde o tratamento T1 apresentou maior rendimento, menor índice de peróxido e maior índice de saponificação, sendo os frutos desse tratamento os mais recomendados como matéria prima vegetal para produção de biodiesel.

Com esses resultados tão promissores se faz a necessidade da continuação desse trabalho, focando na segunda fase a produção e caracterização físico-química dos ésteres metílicos e ésteres etílicos obtidos a partir dos óleos dos cultiváveis de dendê em estudo comparativo de suas diferentes cultivares e das variações de tratamento de cultivo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROPALMA. Óleo de palma: um produto natural. Documento interno. **Controle de Qualidade Industrial**, 14p., 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS ANP: **Resolução ANP N° 7**, de 19.3.2008 - DOU 20.3.2008. **Resolução ANP N° 42**, de 10.12.2012 - DOU 11.12.2012
- ALBERTO, R. G. J. (Ed). Características botânicas, morfológicas, fisiológicas e agrônômicas da palma de óleo. In: \_\_\_\_\_. Bases técnicas para a cultura da Palma de Óleo integrado na Unidade Produtiva da Agricultura Familiar. **Embrapa Amazônia Oriental, Parte I Aspectos gerais da cultura da palma de óleo**, Cap. 3, p. 21-30, 2010.
- ALBUQUERQUE, P. Avaliação de parâmetros fisiológicos da cultura do dendê irrigado sob as condições climáticas do meio norte. 2014. 31 f. **Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Agrônômica)**. Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Parnaíba, 2014.
- ALVES, S. A. O. Sustentabilidade da agroindústria de palma no estado do Pará. 2011. 162 f. **Tese (Doutor em Ciências, Programa: Recursos Florestais**. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- ALVES, S.A.O. Resgate *in vitro* de híbridos interespecíficos de dendezeiro (*Elaeis guineenses x Elaeis oleifera*). 2007. 63 p. **Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural da Amazônia**, Belém, 2007.
- ALVES, R. F.; GUIMARÃES, S. M.; ABREU T. C.; SILVA, R. D. **Índices de Acidez Livre e de Peróxido**. Relatório para a Disciplina de Bioquímica, Curso Técnico de Química Industrial, Centro de Educação Profissional Hélio Augusto de Sousa, São José dos Campos, SP, 2009.
- ANA (Agência Nacional De Águas). Utilizações da Água. **Caderno de Recursos Hídricos**, 2. Brasília, 2007.
- ANP (Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **RESOLUÇÃO ANP N° 42**, de 16/12/2009 - DOU 17.12.2009 – **RETIFICADA DOU 14/01/2010**.
- ANVISA. Resolução n° 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 82 - 87, 1999.
- A.O.C.S. **Official methods and recommended practices**. 4 ed. Champaign, 1993, v. 3.
- AOCS (American Oil Chemists' Society) **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign: AOCS, 1993.
- AOCS. **Official methods and recommended practices** (5th ed.). Champaign, Illinois: American Oil Chemists' Society (1997).

BAHADUR, N. P., BOOCOOCK, D. G. B., KONAR, S. K. Liquid Hydrocarbons from Catalytic Pyrolysis of Sewage Sludge Lipid and Canola Oil: Evaluation of Fuel Properties. **Energy & Fuels**, v. 9, p. 248-256, (1995).

BARCELOS, E.; NUNES, C. D. M.; CUNHA, R. N. V. Melhoramento genético e produção de sementes comerciais de dendzeiro. In: Viégas, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. A cultura do dendzeiro na Amazônia Brasileira. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus**, p. 145-174, 2000.

BASIRON, Y. **Malaysian palm oil: Assuring sustainable supply of oils e fats into the future.**

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Avaliação da Safra Agrícola 2008/2009 – Quinto Levantamento de Grãos.** Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 06 fevereiro 2009c.

BERGER KG. The use of palm oil in frying. Selangor: **Malaysian Palm Oil Promotion Council (MPOPC)**; 2005.

CANUDO, M. H.: Dendê. **Revista Globo Rural**, São Paulo, n 153, Editora Globo, julho de 1988.

CAMPINHA CMS, MACHADO CRG, ARAÚJO W. Causa do aumento da acidez do óleo bruto durante o armazenamento. In: **Anais do I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel**; 2007; Brasília, BR.

CERBIO – CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS, **O biodiesel, Publicação da Divisão de Biocombustíveis – DBIO**, Ano II, Ed. 12, Maio, 2006.

CHRISTOFIDIS D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas.** Brasília, DF, 21 de nov., 2008. (Série Irrigação e Água).

CHRISTOFIDIS, D. Como obter a sustentabilidade dos recursos hídricos na agricultura irrigada? **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, v. 64, p. 30-31, 2004.

CLEGG, A.J.: Composition and related nutritional and organoleptic aspects of pal oil. **Journal of the American Oil Chemists's Society**, Chicago, vol. 50, p. 321-324, 1973.

CORLEY, R. H. V. **How much palm oil do we need? Environmental Science and Policy**, v.12, p.134-139. 2009.

COSTA, H. M. da.; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S. A.; CASTRO, L. L. Y.; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n.1, p. 46-50, 2004.

CRISTINA, T. A. R.; SILVA, C. S.; SANTOS, M. R.; CRISTINA, M. M.; SILVA, S. C. Palma de óleo e agricultura familiar: estudo de caso de um assentamento rural no estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 1426-1437. 2014.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Importância e evolução da dendeicultura na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia de 1990 – 2002. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2005. 23 p (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, 77) 2005.

DANTAS, H. J. et. al. Caracterização Físico-Química e Estudo Térmico de Biodiesel Etílico de Algodão. Departamento de Química, CCEN, UFPB, Campus I, João Pessoa, PB. **Departamento de Química, CCET, UFRN, Natal, RN, 2006.**

EDEM, D.O. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. **Plant Foods for Human Nutrition, Dordrecht**, vol.57, p.319- 341, 2002.

ENCINAR, J.M., GONZÁLEZ, J. F., RODRÍGUEZ-REINARES, A. Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization. **Fuel Processing Technology**, v. 88, p. 513-522, 2007.

FAO. **Unlocking the water potential for agriculture**: Rome, Italy, 2003. 62p.

FERRARI, R.A.; OLIVERIA, V.S. e SCABIO, O.A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FREIRE, R. M. M. Ricinocultura. In: AZEVEDO, D. M. P. e LIMA, E. F (Eds) **O Agronegócio da Mamona no Brasil**, Ed. **Embrapa**, Brasília, DF. (2001).

GHASSAN, T. A.; MOHAMAD, I.; AL-WIDYAN, B. et al.; Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. **Applied Thermal Engineering**, v. 23, p. 285-293, 2003.

GLEICK, P. H. **How much water is there and whose is it?, .The world's water 2000-2001**. Washington, D.C: Island Press, p.19–38, 2001.

HOMMA, A. K. O. Agroenergia a entrada de um novo ciclo na Amazônia? .In: GOMES JUNIOR, R. A. (Org.). Bases técnicas para a cultura da palma de óleo integrado na unidade produtiva da agricultura familiar. Belém: EMBRAPA, 2010. 3-10 p. (**Documento Técnico**), 2010.

HOWELL T.A., Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy Journal**, v.93, p.281–289, 2001.

<http://www.abnt.org.br/noticias/3197-etanol-combustivel-determinacao-do-teor-de-agua-metodo-volumetrico-de-karl-fischer#sthash.BXoVhqK7.dpuf>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 3ª ed., São Paulo, vol.1, 1985. 533p.

INTERNATIONAL Water Management Institute. IWMI. **World water and climate atlas**: 2000.

KNOTHE, G. Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales. **Revista A&G**, 47, Tomo XII, No. 2., 2001.

MARCHETTI, J.M; MIGUEL, V.U.; ERRAZU, A.F. Heterogeneous esterification of oil with high amount of free fatty acids. **Fuel**, v. 86, p. 906 – 910, 2007a.

MAPA. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. UFSM, Santa Maria. **Revista Monografias Ambientais - REMOA** v.13, n.5, p.3800-3808, dez. 2014.

MAPA. **Anuário Estatístico da Agroenergia** - 2010. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Brasil, 2011. 160p.

MEHER, L. C., SAGAR, D. V., NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, p. 248 – 268, 2006.

PINTO, A.C.; GUARIEIRO, L.L.N.; REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N.M.; TORRES, E.A.; LOPES, W.A.; PEREIRA, P.A.P. e ANDRADE, J.B. Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6B, p. 1313-1330, 2005.

PORTELA, H. E. Avaliação técnico-econômica de um empreendimento produtivo de biodiesel. 2007. 208f. **Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo)**, Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA. 2007.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. **Formação do mercado de biodiesel no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 25, p. 39-64, mar. 2007.

RAMALHO FILHO, A. Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia. **EMBRAPA Solos**, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

REBELLO, F. K.; COSTA, D. H. M. A experiência do Banco da Amazônia com projetos integrados de dendê familiar. Contexto Amazônico, Belém, ano 5, n. 22,p.1-8, jun. 2012.

ROZA, F. A. Alteracoesmorfofisiologicas e eficiencia de uso da agua em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas a deficiência hidrica / Francisvaldo Amaral Roza. – Ilheus, BA: UESC,2010.

SANTOS, J. N.; SANTOS, C. Dendeicultura e Descampesinização na Amazônia Paraense. CAMPO-TERRITÓRIO: **Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 469-485, abr., 2013.

SEBRAE, **Biodiesel**. Disponível em : <[http:// 201.2.114.14 7/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/\\$File/NT00035116.pdf](http://201.2.114.14/7/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/$File/NT00035116.pdf)>.

SOPHOCLEOUS, M. A. Climate change—Why should water professionals care? **Natural Resources Research**, v. 13, n. 2, 2004.

SUARES, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P. 70 aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Revista Química Nova**. v. 30, p. 2068-2071, 2007.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and assessment of world water resources: **Water International**. v. 25, n. 1, p. 11–32, 2000.

TANGO JS, SANTOS LC, LACAZ PA, TURATTI JM, SILVA MTC et al. Características físicas e químicas do óleo de dendê. **Bol Inst Tec Aliment (ITAL)**. 1981;4(18):509-42.

TAN. K.T. LEE, K.T. MOHAMED A.R. BHATIA, S. Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13.p. 420–427, 2009.

VIANA, F. C. Análise de ecoeficiência: Avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel. 2006. 183 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2006.

WALDIR, A; WALDEMÍCIO, F,. Relação solo-planta-atmosfera. In: (ed) Waldemício, F. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças Brasília, DF : **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 27-90, 2011.

ZAGONEL, G. F., PERALTA-ZAMORA, P. G., RAMOS, L. P. Estudo de otimização da reação de transesterificação etílica do óleo de soja degomado. **Science Technology Journal**, v.1, p. 35 – 43, 2003.

ZIMMER, Y. Competitiveness of rapeseed, soybeans and palm oil. **Journal of Oilseed Brassica**, v.1, n.2, p.84- 90. 2010.

## APÊNDICE



Frutos do dendê



Separação das Sementes da Polpa



Sistema de Extração do Óleo



Extrato Óleo e Solvente Hexano



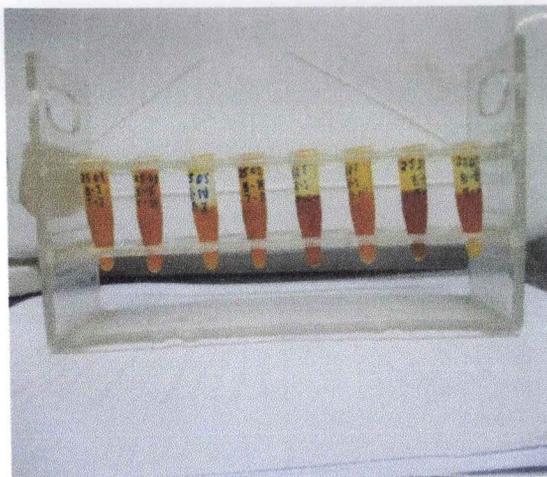
Sistema de Rota-Evaporação do Solvente



Óleo Bruto de Dendê



Óleo Bruto de Dendê em Banho Maria



Amostras Padrão dos Óleos de Dendê



Fase de Saponificação do óleo



Preparação das amostras para Titulometria



Determinação do Índice de Peroxido



Determinação do Índice de Acidez