

**FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DO
ALTO SÃO FRANCISCO -FASF**

FARMÁCIA

DANIEL WESLEY FLÁVIO TOLEDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO
DE MACAÚBA POR PROCESSO ARTESANAL**

LUZ-MG

2015

DANIEL WESLEY FLÁVIO TOLEDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO
DE MACAÚBA POR PROCESSO ARTESANAL**

**Monografia apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras do Alto São Francisco, como
quesito parcial para obtenção do título de Bacharel
em Farmácia, curso de Farmácia.**

Área de concentração: Industrial

Orientador: Me. Daniel Mansur Rabelo

LUZ-MG

2015

DANIEL WESLEY FLÁVIO TOLEDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO
DE MACAÚBA POR PROCESSO ARTESANAL.**

**Monografia apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras do Alto São Francisco quesito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Farmácia, curso de Farmácia.**

Área de concentração: Industrial.

Orientador: Me. Daniel Mansur Rabelo

BANCA EXAMINADORA

Orientador
Prof. Me. Daniel Mansur Rabelo

Prof^a. Dra. Alessandra Duarte Rocha

Prof. Dr. Wilton José Ferreira

Luz, 26 de novembro de 2015.

Dedicatória

Dedico, de coração, esse trabalho ao nosso Senhor Deus que me abençoou a todo momento, me dando força e sabedoria para lutar e me tornar uma pessoa melhor. Dedico também a minha tia Josina, minhas irmãs Renata e Nayara, meu sobrinho João Lucas e a minha namorada Francielle, que não mediram esforços para que meu sonho fosse realizado.

Agradecimento

Agradeço a Deus por todo esse espetáculo que é a vida. Agradeço a minha família, em especial a minha tia Josina pelo amor e dedicação dado a mim. A minha irmã Renata, meu sobrinho João Lucas e minha namorada Francielle por estarem sempre presentes, me confortando a todo momento. Ao meu primo e professor Luiz Heleno que despertou em mim toda vontade e dedicação à Farmácia.

Agradeço a todos os meus colegas de classe que viveram comigo todos esses momentos de aprendizado, superação e dedicação que se eternizarão em nossas vidas.

A direção do Colégio Estadual João Batista de Carvalho quecedeu, gentilmente, seu laboratório para realização do meu experimento, e por fim, mas não menos importante, a todos os meus educadores da Academia de Farmácia e em especial ao meu orientador Daniel Mansur Rabelo que depositou em mim total confiança e não mediu esforços para que todo esse trabalho fosse realizado. Muito obrigado!

“O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo irá se tornar tão importante quanto o petróleo e o carvão são atualmente.”

Rudolf Diesel

RESUMO

A utilização de fontes alternativas de energia tem se tornado frequente, visto que os combustíveis fósseis, além de serem mais pesados e poluentes são de fontes não renováveis, despertando no homem a necessidade de buscar na natureza fontes renováveis de energia. A palmeira *Acrocomia aculeata*, é uma oleaginosa com alto poder produtivo de óleo vegetal que necessita de planejamento e manejo para seu cultivo em massa. Sua produção pode alcançar até 4000L/ha. de óleo *in natura* favorecendo a obtenção de biodiesel. A transesterificação básica é um ótimo método para conversão de óleo vegetal em biodiesel. Os reagentes empregados são simples e de baixo custo e sua manipulação não requer técnicas, podendo ser feito por pessoas de menor conhecimento técnico específico na área. A transesterificação proporciona um rendimento em torno de 80% de conversão em biodiesel, tornando o produto final com alto valor agregado. A utilização desse produto gera menos poluentes para o meio ambiente, valoriza a matriz energética, gera maior qualidade de vida para a população, além de auxiliar na renda de pequenas famílias de agricultores e de aquecer o mercado brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel. Transesterificação. *Acrocomia aculeata*.

ABSTRACT

The use of new alternative sources of energy have become very frequent, once using fossil fuels, which are not only heavier and pollutants but are also non-renewable resources, have aroused in human being the necessity of looking for renewable resources of energy in nature. The palm tree, *Acrocomia aculeate*, is an oleaginous plant with a high level of productive capacity of vegetable oil that needs planning and handling for its cultivation on a large scale. Its production can reach until 4000L/ha. of oil in natura favoring the acquisition of biodiesel. The basic transesterification is a great method to convert vegetable oil into biodiesel. Its reagents are simple and at low cost, its manipulation does not require great techniques, people of low knowledge in the area can do it. The transesterification provides a yield of about 80% from conversion to biodiesel; therefore, the final production has a high aggregated value. The use of this product generates fewer pollutants for the environment, it valorizes the matrix energetic, and it creates higher quality of life for the population. Moreover, it helps the income of small families of farmers and stimulates Brazilian market.

KEY-WORDS: Biodiesel. Transesterification. *Acrocomia aculeate*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Equação geral de uma reação de transesterificação	16
Figura 02 – Mecanismo da transesterificação de óleos vegetais usando catálise ácida....	16
Figura 03 – Mecanismo da transesterificação de óleos vegetais usando catálise básica..	17
Figura 04 – <i>Acrocomia aculeata</i>	21
Figura 05 – Tronco da macaúba com espinhos.....	23
Figura 06 – Composição do fruto da macaúba	24
Figura 07 – Maquinário envolvido no processo de extração do óleo de macaúba	29
Figura 08 - Fluxograma das etapas de obtenção dos óleos do mesocarpo e amêndoa a partir da prensa mecânica.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Teor de óleo da macaúba por fruto na base seca	24
Tabela 02 - Composição de ácidos graxos (%) em diferentes amostras de frutos de palmáceas, conforme o tecido analisado	25
Tabela 03 - Características físico-químicas dos óleos de macaúba	26
Tabela 04 - Rendimento potencial de biodiesel baseado nas características agronômicas de cada espécie (L/ha).....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Resultados obtidos para características físico-químicas do biodiesel do coco macaúba em comparação com parâmetros da ANP.....	35
--	----

LISTA DE SIGLAS

ANP: Agencia Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustíveis.

GTI: Grupo de Trabalho Interministerial.

PNPB: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.

MME: Ministério de Minas e Energia.

MDA: Ministério do Desenvolvimento Agrário.

ABIOVE: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais.

CPOM: Centro de Produção de Óleo de Macaúba.

ha: hectare.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	14
1.2 Problema	14
1.3 Objetivo geral.....	14
1.4 Objetivos específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Biodiesel.....	15
2.1.1 Propriedades do biodiesel	18
2.1.2 Histórico.....	18
2.1.3 Utilidade.....	19
2.1.4 Legislação	20
2.1.5 Importância do biodiesel.....	20
2.2 A palmeira <i>Acrocomia aculeata</i>	21
2.2.1 Características Gerais.....	22
2.2.2 Extração do óleo da polpa da macaúba.....	27
2.2.3 O processo de extração do óleo de amêndoa	29
2.3 Energia renovável	30
2.4 Independência energética.....	31
2.5 Biomassa	31
2.5.1 A utilização de óleos vegetais como combustível	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Pesquisa bibliográfica	33
3.2 Parte experimental.....	33
3.2.2 Materiais, equipamentos e reagentes	34
3.2.3 Reação de transesterificação	34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O uso de combustíveis fósseis, em especial o óleo diesel, é hoje um fator determinante na economia do país. Sua utilização em larga escala faz com que boa parte do combustível utilizado seja importado para suprir as necessidades dos consumidores. A maior parte de poluentes emitidos no meio ambiente é oriundo da queima desse combustível e um ponto bem visível dessa poluição é a destruição da camada de ozônio.

A busca por fontes renováveis de energia torna-se cada vez mais necessária tanto para suprir a demanda de consumo de diesel, quanto para diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera. A utilização de plantas oleaginosas como matéria-prima para a produção de biodiesel é extremamente viável por ser de fontes renováveis, além de aquecer o mercado financeiro e gerar empregos para diversas famílias no Brasil.

A palmeira *Acrocomia aculeata* conhecida popularmente como macaúba é uma das principais oleaginosas existentes no Brasil e abundantemente em Minas Gerais. O óleo extraído dela é favorável para a produção de biodiesel por apresentar características peculiares e alto valor agregado. O processo de transesterificação básica é um via rápida, segura e viável para obtenção de biodiesel a partir do óleo de macaúba.

Assim, este trabalho visa observar o quanto o óleo extraído da macaúba pode ser favorável na produção de biodiesel, visando sempre a preservação do meio ambiente.

1.1 Justificativa

A busca por novas fontes alternativas de energia é essencial para suprir a demanda de consumo de combustíveis fósseis e a energia renovável se mostra uma ótima solução, já que ela não tem fim quando manejada da forma correta.

O óleo diesel utilizado atualmente por veículos de pequeno e grande porte tem um bom desempenho, porém conta com algumas desvantagens como: alto custo, alto nível de poluição, transporte e armazenamento mais rigorosos. A utilização de óleos vegetais provenientes de plantas oleaginosas atualmente destaca-se pela sua boa rentabilidade e a palmeira *Acrocomia aculeata* ganha destaque por produzir grandes quantidades de óleo vegetal bruto e de boa qualidade para a produção de biodiesel. A transesterificação básica é capaz de transformar óleo vegetal bruto em biodiesel utilizando materiais e reagentes de baixo custo para a produção de um biodiesel com menos poluentes, menor custo e de fácil transporte e armazenamento.

1.2 Problema

Este trabalho visa solucionar a seguinte questão: é viável utilizar o óleo de macaúba como matéria-prima para a produção de biodiesel?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade do óleo de macaúba como matéria-prima para a produção de biodiesel.

1.3.2 Objetivos Específicos

_Realizar a transformação do óleo de macaúba em biodiesel por transesterificação em equipamentos artesanais.

_Verificar se o produto obtido se enquadra aos padrões exigidos pela Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis(ANP).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biodiesel

O termo “biodiesel” é empregado para designar um combustível biodegradável derivado de ácidos graxos obtidos de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais e óleos reciclados (frituras), compatíveis com motores de compressão-ignição (MME, 2012). O processo mais empregado para a produção de biodiesel é a transesterificação, que consiste na reação de um triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, em geral, na presença de um catalisador ácido ou básico. Como resultado, obtêm-se ésteres de ácidos graxos metílicos ou etílicos (biodiesel) e a glicerina (RAMADHAS *et al.*, 2003; MME, 2012).

O biodiesel pode ser obtido através de reações denominadas transesterificação e esterificação de óleos vegetais, as quais dão origem a produtos semelhantes. A diferença destes processos está nos reagentes utilizados (PINTO *et al.*, 2005).

Na reação de esterificação parte-se de um ácido carboxílico e um álcool, na presença de um catalisador (ácido), para dar origem a um éster. A reação de transesterificação envolve um éster e um álcool, na presença de um catalisador (ácido/básico), para formar um novo éster. Os ésteres produzidos por estes processos são idênticos, quando é utilizado o mesmo tipo de álcool. A escolha do processo a ser utilizado vai depender das características do óleo (GUARIEIRO, 2006).

Como a maioria dos óleos utilizados tem baixos teores de ácidos graxos livres, é utilizado o processo de transesterificação para produção de biodiesel. Assim, este processo será mais detalhado a seguir. Só a título de curiosidade, é importante ressaltar que tecnicamente o termo “biodiesel” se aplica apenas a ésteres de ácidos graxos com álcoois de cadeia curta. Portanto, em processos que não produzam tais ésteres o produto é denominado biocombustível e não biodiesel (PINTO e SANTOS, 2008).

A transesterificação é uma classe de reações em que um éster é transformado em outro a partir da troca da parte alcóxido. Quando o éster original reage com um álcool, o processo de transesterificação é chamado alcoólise (**Figura 1**). Uma vez que a reação é um processo em equilíbrio, a transformação ocorre essencialmente pela simples mistura dos dois componentes. Entretanto, a presença de um catalisador (tipicamente um ácido ou uma base forte) acelera

consideravelmente o estabelecimento do equilíbrio e o álcool tem que ser usado em excesso a fim de se obter um alto rendimento do éster produzido (GUARIEIRO, 2006).

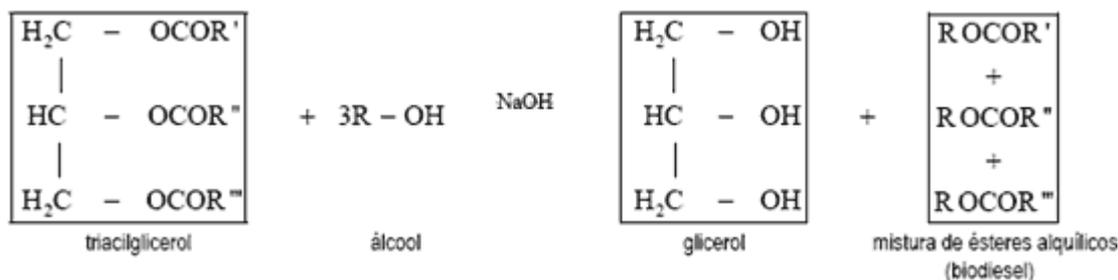


Figura 1 – Equação geral de uma reação de transesterificação.

No processo de transesterificação utilizando um ácido como catalisador, produz-se alta concentração de ésteres alquílicos. A reação de hidrólise de éster compete com a transesterificação, pois ácidos carboxílicos podem ser formados pela reação do carbênio (II) com água presente na mistura reacional. Assim, é necessário que a transesterificação catalisada por ácido seja feita em meio anidro, pois, desse modo, não há formação de ácidos carboxílicos, os quais diminuem a concentração de ésteres alquílicos (SCHUCHARDT *et al.*, 1998)(Figura2).

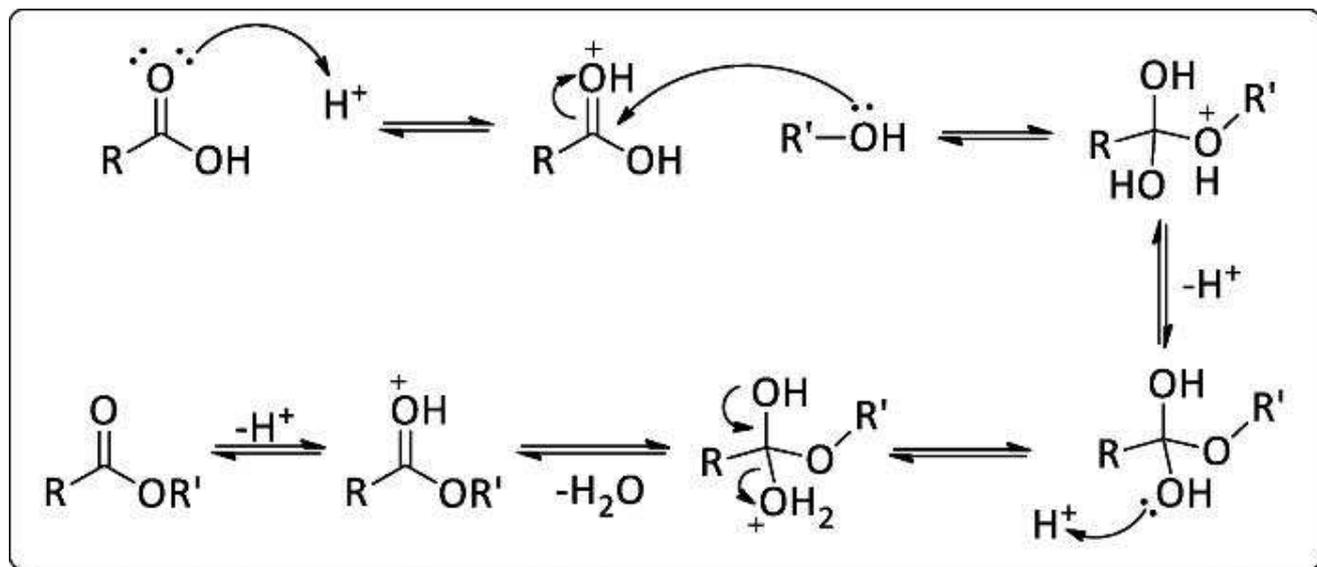


Figura 2 – Mecanismo da transesterificação de óleos vegetais usando catálise ácida

A transesterificação de óleos vegetais utilizando catalisador básico é mais rápida do que reações catalisadas por ácidos (FREEDMAN *et al.*, 1986). Alcóxidos de metais alcalinos, como metóxido de sódio (NaOMe), são mais eficientes que catalisadores ácidos para transesterificação de óleos vegetais. Hidróxidos de metais alcalinos, como NaOH e KOH, também podem ser usados, embora os alcóxidos sejam mais eficientes. As transesterificações em escala industrial usam catálise básica. A concentração do catalisador básico fica na faixa de 0,5 a 1% em mol e leva a 94-99% de conversão do óleo vegetal em ésteres correspondentes. O aumento da concentração de catalisador não aumenta a conversão e acrescenta custo extra para remoção do seu excesso ao final da reação (GUARIEIRO, 2006).

O mecanismo da transesterificação de óleos vegetais catalisada por base é mostrado na **Figura 3**. A primeira etapa é a reação da base com o álcool produzindo um alcóxido e uma base protonada. O ataque nucleofílico do alcóxido das carbonilas do triglicerídeo gera um intermediário tetraédrico (**equação 2**), a partir do qual são formados um éster alquílico e o ânion correspondente do diglicerídeo (**equação 3**). Este último desprotona o catalisador, regenerando a espécie reativa (**equação 4**), a qual reage com uma segunda molécula de álcool iniciando outro ciclo catalítico. Diglicerídeos e monoglicerídeos são convertidos pelo mesmo mecanismo para dar origem a uma mistura de ésteres alquílicos e glicerol (SCHUCHARDT *et al.*, 1998).

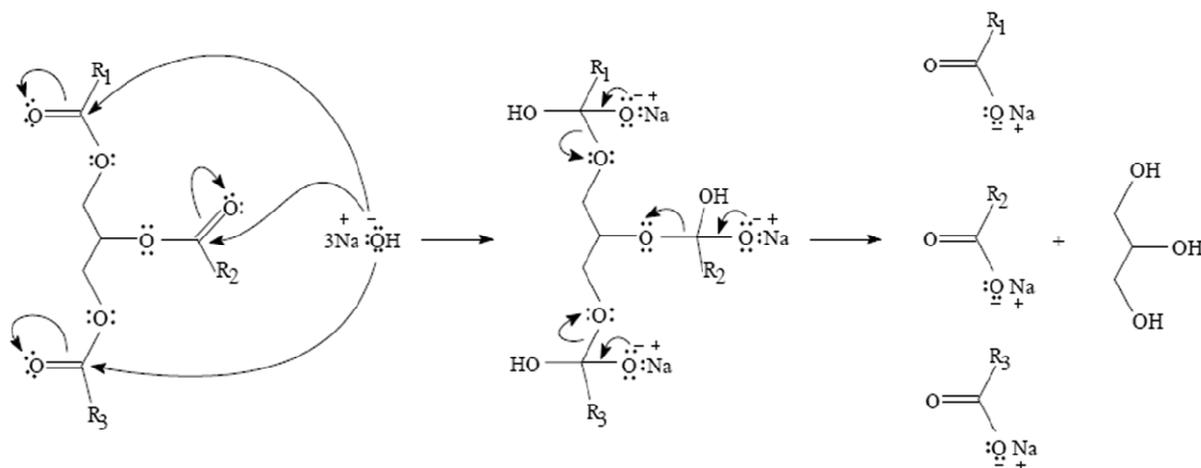


Figura 3 – Mecanismo da transesterificação de óleos vegetais usando catálise básica.

2.1.1 Propriedades do Biodiesel

Dependendo do óleo vegetal utilizado na produção de biodiesel, ele altera as suas propriedades. Algumas de suas características são semelhantes às do óleo diesel.

Dessa forma, a transesterificação dos triglicerídeos converte-os em ésteres metílicos ou etílicos fazendo reduzir a viscosidade e aumentando a volatilidade. O biodiesel tem viscosidade semelhante à do óleo diesel e tem de 10 a 11% de oxigênio em sua massa, o que pode melhorar a combustão em motores diesel. O biodiesel tem baixo poder calorífico (~12% menor) quando comparado ao do óleo diesel, mas tem número de cetano e pontos de fulgor (temperatura em que o líquido torna-se inflamável em presença de chama ou faísca) maiores do que os do óleo diesel. O teor de enxofre é praticamente zero, o que é uma característica importante, pois sua utilização tem menor contribuição para gerar chuva ácida. O ponto de névoa (temperatura em que o líquido começa a ficar turvo e não mais escoar) do biodiesel é mais baixo do que do óleo diesel, sendo uma vantagem para países com climas frios (SRIVASTAVA *et al.*, 2000).

2.1.2 Histórico

Para acompanhar a tendência mundial da década de 90 de avanço na produção e uso do biodiesel como forma alternativa à limitação do uso de combustíveis fósseis e buscando o desenvolvimento sustentável, o Brasil instituiu em 2003, por meio de Decreto Presidencial, um Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) composto por 11 ministérios (Ministério da Fazenda; Ministério dos Transportes; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Ministério de Minas e Energia; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério do Meio Ambiente; Ministério do Desenvolvimento Agrário; Ministério da Integração Nacional e Ministério das Cidades), coordenados pela Casa Civil. Foi estudada a viabilidade do uso do biodiesel como fonte alternativa de energia no país e da criação da sua indústria, bem como foram propostas ações políticas em função dos resultados deste estudo (MATTEI, 2010; AZEVEDO e PEREIRA, 2013; BRASIL, 2003).

Após conclusão dos estudos realizados pelo GTI em conjunto com algumas entidades, foi criado então, em 2004, o Programa Nacional para Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) (AZEVEDO; PEREIRA, 2013) com o objetivo de viabilizar a produção e uso do biocombustível no país, tendo como principais diretrizes: implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social por meio da geração de renda e emprego, garantir preços competitivos, qualidade e suprimento e produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria-prima (MDA, 2012; MME, 2012).

No trabalho de Azevedo e Pereira (2013) relata-se que a asserção inicial do GTI foi de inclusão parcial da mistura, sem que houvesse a sua obrigatoriedade já que a Lei estabelecia uma porcentagem como compulsória. Os autores colocam que a adoção como medida compulsória ocorreu em função da pressão dos produtores de óleos vegetais, representados pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), que reúne as maiores agroindústrias processadoras de soja do país. Esse grupo seria então o maior beneficiado, uma vez que seriam os únicos que conseguiriam atender a demanda de matéria-prima para as usinas de biodiesel.

Azevedo (2010) chama a atenção para a proposta inicial do GTI, sobre incentivos, que preconizava a inexistência de subsídios aos produtores de biodiesel, pois se considerava que a evolução do aprendizado em toda a cadeia produtiva daria condições sustentáveis ao biodiesel. Porém, em momento posterior, reconheceu-se a necessidade de subsídios iniciais para efetivação do programa, em função do alto preço do biodiesel frente ao “petrodiesel”, sugerindo-se que houvesse um prazo limite para concessão dos mesmos.

2.1.3 Utilidade

O emprego de biodiesel na matriz energética brasileira traz uma série de benefícios sociais, econômicos e principalmente ambientais, além da utilização do mesmo como parte de combustível para veículos a diesel. A geração de postos de trabalho no campo proporciona grande vantagem na área social, além da existência de uma série de vantagens de ordem técnica, como, por exemplo, o pequeno risco de explosão, que confere uma facilidade de transporte e armazenamento. Outras vantagens seriam a grande oferta de espécies oleaginosas, insumos importantes para as indústrias de alimentos e ração animal, e a maior fixação de nitrogênio no solo. Em termos econômicos, a produção de biodiesel, especificamente para o Brasil, possibilita a redução nas importações de petróleo e diesel refinado (RESENDE, 2015).

Segundo Ribeiro *et al.*(2007), no aspecto ambiental, o novo combustível, mesmo misturado ao diesel de petróleo, pode trazer claros benefícios para o ambiente. Um deles é a redução da emissão de gases indesejáveis, incluindo os envolvidos na aceleração do ‘efeito estufa’ (o aquecimento global da atmosfera), como óxidos de enxofre (SO_x), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e de material particulado.

Para satisfazer as necessidades de biodiesel de todo o Brasil, em 2010, foi necessário produzir mais de 2 bilhões de litros desse combustível. Atualmente, o biodiesel produzido no

país utiliza como fontes os óleos de soja (80% da produção) o algodão (4%) e a gordura bovina (14%), segundo dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Até junho de 2011, 67 unidades de produção de biodiesel já tinham autorização da ANP para operar no país e 61 delas já estavam autorizadas a comercializar o biodiesel produzido. A capacidade de produção dessas 61 usinas corresponde a 17,015 mil m³ por dia (BRASIL, 2014).

As usinas de biodiesel geram, além da glicerina, vários outros subprodutos, como torta e farelo (resíduos dos materiais vegetais utilizados no processo), que podem assegurar outras fontes de renda para os produtores (GUARIEIRO, 2009).

2.1.4 Legislação

Esse biocombustível foi inserido na matriz energética brasileira em 2005, por meio da Lei 11.097, com o objetivo de substituir total ou parcialmente o diesel fóssil utilizado no país. A proposta inicial foi a introdução de 2% (dois por cento) do biodiesel no diesel comum até 2008 e de 5% (cinco por cento) até 2013 (BRASIL, 2005; ABRAMOVAY e MAGALHÃES, 2007). Em função da capacidade instalada e benefícios para a cadeia do biodiesel, já em 2010 o marco de 5% (cinco por cento) foi estabelecido, aumentando para 6% (seis por cento) em julho de 2014 e para 7% (sete por cento), a partir de 1º de novembro de 2014 (BRASIL, 2014).

2.1.5 Importância do Biodiesel

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), no Brasil, entrou em vigor em 2005, devido à valorização dos aspectos ambientais, econômicos, da geração de renda no campo e com a consolidação do programa europeu de biodiesel. A Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005 introduziu a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional. O biodiesel está introduzido nessa matriz, sendo fixado o uso de 2% de biodiesel misturado ao diesel. Esta adição de biodiesel tinha a previsão de trazer uma economia de divisas da ordem de U\$ 152 milhões e a geração de 153.000 novos empregos. Com o aumento da proporção de biodiesel no diesel para 5%, como estava previsto para 2010, foram incorporados 362 mil trabalhadores ao mercado (GUARIEIRO, 2009).

A Resolução 36 do Diário Oficial da União de 24 de novembro de 2004 estabeleceu que deverá ser certificada a qualidade da mistura biodiesel:diesel através de análises laboratoriais

evitando que o produto seja adulterado. Há, portanto, necessidade do desenvolvimento de metodologias analíticas para avaliação das misturas de biodiesel em diesel(PINTO, 2005).

2.2 A palmeira de *Acrocomia aculeata*(Jacq.) Lodd. ex. Mart

A *Acrocomia aculeata* é uma palmeira do gênero *Acrocomia*, pertencente à família Arecaceae, dentro da ordem Arecales, da classe Liliopsida, divisão Magnoliophyta, do reino Plantae (**Figura 4**) (MOURA, 2007). O termo de origem grega, *Acrocomia*, descreve a disposição das folhas na planta, ‘*Akron*’ (cima) e *Kome*’ (cabeleira), indicando o formato de coroa (NOVAES, 1952; HENDERSON *et. al.*, 1995).



Figura 4 – *Acrocomia aculeata*

Fonte: <http://www.google.com.br/imgens> acessado dia 05 de setembro de 2015.

São descritas várias espécies de *Acrocomia*, mas, na verdade, muitas são sinônimas de *A. aculeata*, como *A. totai*, *A. mexicana*, *A. media* entre outras (HENDERSON *et al.*, 1995).

A palmeira de *Acrocomia aculeata*, é uma espécie nativa cuja formação vegetal varia, podendo ser encontrada em savanas, cerrados e florestas abertas da América tropical. A família à qual pertence, a Arecaceae, possui, somente na região do Brasil Central, aproximadamente 11 gêneros de palmeira, com pelo menos 44 espécies, dentre elas a *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Devido à grande dispersão geográfica, o gênero

pode apresentar variações morfológicas dentro da mesma espécie, sendo necessários estudos para caracterizar este gênero (MIRISOLA FILHO, 2009).

Segundo Glassman (1972), esta palmeira apresenta uma grande variação do nome popular, que varia de acordo com a região de ocorrência da espécie. No Brasil, além de macaúba, também é conhecida como macaúva, mucaja, macaíba, macajuba, coco – baboso, coco-de-catarro, chiclete-de-baiano, bocaiúva entre outros, dependendo da região. Já em outros países pode ser encontrada como *mbocayá* (Argentina), *totalí* (Bolívia), *corozo* (Colômbia, Venezuela), *tamaco* (Colômbia), *coyol* (Costa Rica, Honduras, México), *corosse* (Haiti).

No Brasil apresenta ocorrência em quase todo o território, o que faz ser a palmeira de maior dispersão. Suas maiores concentrações estão localizadas principalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Tocantins, sendo amplamente disseminada pelas áreas do Cerrado e Pantanal (RATTER, BRIDGEWATER & RIBEIRO, 2003).

2.2.1 Características Gerais

As palmeiras de macaúba são robustas, as quais apresentam estipe ereto e cilíndrico, de 30 a 40 cm de diâmetro, podendo atingir 15 metros de altura (CETEC, 1983). Apresentam espinhos pontiagudos e escuros nos troncos de alguns indivíduos, principalmente na região dos nós, cujo tipo e a quantidade são variáveis (**Figura 5**).



Figura 5 – Tronco da macaúba com espinhos

Fonte:<http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/files>. Acessado em 05 de setembro de 2015.

A parte da palmeira responsável por grande interesse é o fruto, que apresenta característica esférica ou ligeiramente achatada, sendo liso e de coloração marrom-amarelada quando maduro, medindo entre 3,5 – 5,0 cm de diâmetro. Contém uma amêndoa oleaginosa envolvida por um endocarpo rígido e fortemente aderida à polpa (mesocarpo) (COSTA, 2009). Essa amêndoa é oleaginosa e comestível, apresentando em seu interior de um a três embriões viáveis (MIRISOLA FILHO, 2009). A polpa é amarela ou esbranquiçada, rica em óleo, fibra e mucilagem, sendo também comestível. Além disso, possui uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura e um epicarpo que quando maduro é rompido facilmente (COSTA, 2009)

A composição média do fruto da macaúba, em peso, pode ser expressa, percentualmente, na base seca: epicarpo 21%, mesocarpo 38%, endocarpo 34% e amêndoa 7%, embora haja uma variação considerável para as várias regiões de ocorrência, conforme **Figura 6**.

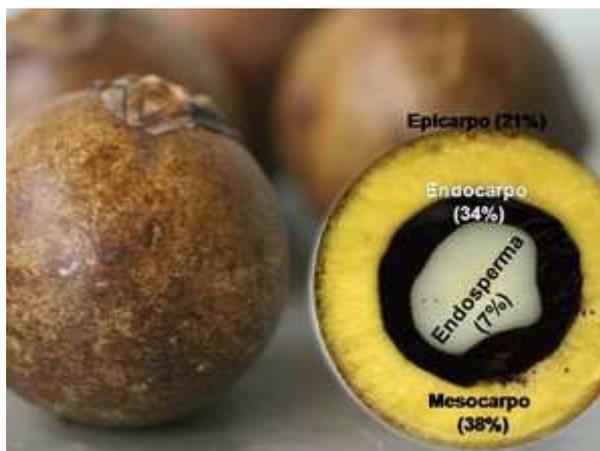


Figura 6 - Composição do fruto da macaúba

Fonte: <http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2014/11/macaua-e-o-novo-ouro-brasileiro-diz-pesquisador-da-ufv-em-mg.html>

O fruto se torna cada vez mais cobiçado devido ao seu grande potencial produtivo, pois todo ele pode ser aproveitado: casca, polpa, castanha e amêndoa. Além disso, o fruto pode ser consumido *in natura*, pode-se extrair o óleo, sendo o teor de óleo mais expressivo na polpa e amêndoa (Tabela 1). O óleo extraído desses dois componentes pode ser utilizado na indústria alimentícia, como óleo de mesa ou na produção de margarinas, cremes vegetais e os chamados *shortenings*, que é um tipo de gordura vegetal usada em alimentos (CICONINI, 2012).

Tabela 1 – Teor de óleo da macaúba por fruto na base seca

Composição, densidade e teor de óleo do coco da Macaúba

Componente	Composição do fruto (% m/m)	Teor de Óleo (% m/m)	Densidade do óleo (kg.m ⁻³)
Casca	24,1	9,80	9194
Mesocarpo/polpa	39,6	69,9	9256
Tegumento	29,0	-	-
Amêndoa	7,30	58,0	9176

Fonte: MELO, 2003

A composição dos óleos extraídos das partes da polpa e amêndoa do fruto da macaúba e as características físico-químicas dos mesmos estão relatadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Verifica-se que o óleo da amêndoa é rico em ácido láurico apresentando um valor econômico no mercado dos óleos insaturados para a indústria cosmética e farmacêutica. Ambos os óleos apresentam ácido oléico, porém o óleo da polpa apresenta uma concentração considerável de Ômega 3, com grande utilização na indústria de cosméticos, além de participar do metabolismo e na síntese de hormônios em tecidos animais (AMARAL, 2013).

Tabela 2 – Composição de ácidos graxos (%) em diferentes amostras de frutos de palmáceas, conforme o tecido analisado.

Ácidos Graxos	Composição em ácidos graxos livres (%)					
	Macaúba(frutos)			Dendê		Babaçu
	Casca	Polpa	Amêndoa	Polpa	Amêndoa	Amêndoa
Ácido Caprílico	-	-	6,2	-	2,7	6,8
Ácido Cáprico	-	-	5,3	-	7,0	6,3
Ácido Láurico	-	-	43,6	-	46,9	41,0
Ácido Mirístico	-	-	8,5	1,1	14,1	16,2
Ácido Palmítico	24,6	18,7	5,3	39,7	8,8	9,4
Ácido Palmitoleico	6,2	4,0	-	0,3	-	-
Ácido Esteárico	5,1	2,8	2,4	4,5	1,3	3,4
Ácido Oléico	51,5	53,4	25,5	43,5	18,5	14,2
Ácido Linoleico	11,3	17,7	3,3	10,9	0,7	2,5
Ácido Linolênico	1,3	1,5	-	-	-	-
Ácido Saturados	29,7	21,5	71,2	45,3	80,8	83,3
Ácidos Insaturados	70,3	78,5	28,8	54,4	19,2	16,7

Fonte: CETEC, 1983 citado por AMARAL, 2007.

Tabela 3 – Características físico-químicas dos óleos de macaúba

Características físico-químicas	Macaúba	
	Amêndoa	Polpa
Teor de ácidos graxos livres (oléico, %)	0,2-0,7	0,3-1,0
Densidade 25°C g (cm ³)-1	0,9	0,9
Índice de refração 25°C	-	1,5
Índice de saponificação	221,0	192,0
Índice de iodo	20,0	84,0
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	35,2	46,4
Índice de peróxido (meq g -1)	9,4	8,0

Fonte: CETEC , 1983 citado por AMARAL, 2007.

A elevada acidez é um obstáculo para um bom rendimento na produção de biodiesel. Segundo a legislação brasileira, a acidez permitida para óleos brutos é de no máximo 5% (BRASIL, 2005). A acidez alta indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas, com a produção de ácidos graxos livres, e, conseqüentemente, de diglicerídeos, que ocorre devido à presença de água, temperatura e enzimas (CELLA, REGITANO-D'ARCE & SPOTO, 2002).

Durante o processo de transesterificação, ácidos graxos livres podem reagir com o catalisador alcalino formando produtos saponificados, diminuindo a eficiência da conversão, por isso quanto menor a quantidade desses ácidos graxos livres melhor a produção de biodiesel (KUSDIANA & SAKA, 2001). Para a indústria alimentícia e farmacêutica, elevada acidez compromete o processamento e a qualidade final do óleo, uma vez que provoca profunda modificação da fração lipídica, proporcionando alterações sensoriais (GÓMEZ-PINÓL & BORONAT, 1989).

Um meio de diminuir a acidez é durante o processo de refino do óleo, porém quanto maior a quantidade de ácidos graxos livres, maior será a perda durante este processo (PAUCAR *et al.*, 2007).

O mercado de produção de biodiesel é bastante promissor para o óleo extraído do fruto da macaúba, mais precisamente da polpa. A viabilidade da utilização desse óleo como biodiesel vem incentivando muitos estudos e pesquisas acerca dessa palmeira. Astúrias e Amaral (2007) pesquisaram o rendimento de biodiesel por hectare da macaúba e outros cultivos tradicionais e relatou a macaúba como uma espécie com grande potencial, sendo superada apenas pelo dendê (Tabela 4).

Tabela 4 –Rendimento potencial de biodiesel baseado nas características agrônômicas de cada espécie (L.Há⁻¹)

Espécie	Litros
Soja (<i>Glicine max</i>)	420
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	770
Girassol (<i>Helianthus anuus</i>)	890
Amendoim (<i>Arachis hipogaea</i>)	990
Mamona (<i>Ricinus communis</i>)	1320
Pinhão bravo (<i>Jatropha curcas</i>)	1590
Abacate (<i>Persea americana</i>)	2460
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	2510
Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	4200
Dendê (<i>Elaeis guineensis</i>)	5550

Além disso, o óleo pode ser utilizado na indústria de outros manufaturados, como resinas e lubrificantes (BHERING, 2009).

Outra parte do fruto com grande potencial é o endocarpo, que é a estrutura dura e resistente que recobre a amêndoa. Tem sido utilizado para produção de carvão devido à alta densidade e poder calorífico que possui (TOLEDO, 2010). Porém, por possuir altos teores de lignina, é um material que apresenta maior resistência à decomposição térmica, demandando temperaturas mais elevadas para a carbonização (MIRISOLA FILHO, 2009). O endocarpo também pode ser utilizado como carvão por apresentar elevado poder calorífico. O rendimento da carbonização da macaúba gera também um subproduto, o alcatrão que é utilizado para fabricação de bebidas alcoólicas e em cigarros. Além do uso supracitado, o endocarpo substitui facilmente a brita de concreto e ainda pode ser utilizado como material de artesanato (AMARAL, 2007).

2.2.2 Extração do óleo da polpa da macaúba

A mistura casca-polpa, proveniente da despoldadeira, segue de forma contínua, por meio de correia transportadora para o cozinhador. Esse equipamento tem como função homogeneizar a mistura e elevar a sua temperatura proporcionando a liberação de partículas de óleo interiorizadas na polpa, facilitando a etapa posterior de extração. No processo proposto, prevê-se a elevação da temperatura da mistura da condição ambiente, assumida

igual a 30° C para a temperatura de 50° C, escolhida de forma a evitar a desnaturação das vitaminas presentes no óleo. (ANDRADE *et al.*, 2005)

A mistura casca-polpa alimenta a prensa do tipo helicoidal, que efetua a extração do óleo. Com a prensagem, obtêm-se duas correntes denominadas extrato - corrente rica em óleo; e torta - corrente rica em fibra. A eficiência de separação considerada foi de 90% de extração do material fibroso contido na alimentação. A torta é direcionada ao Misturador, cuja função é promover a mistura das correntes fibrosas de todo o processo, para posterior destinação. A corrente rica em óleo na saída da prensa helicoidal alimenta o Strainer para uma segunda remoção de fibras. Neste trabalho, considerou-se a remoção de 90% das fibras da corrente de alimentação, direcionando-as ao misturador. (CETEC, 1983)

De acordo com Andrade *et al.* (2005) a corrente fluida oleosa, segue para o decantador, para separação da águacontida no fruto por diferença de densidade. Assume-se a separação de 100% da água com total isenção de óleo e fibras, seu destino é uma estação de tratamento. Através do decantador, obtém-se o óleo clarificado que será encaminhado para o filtro separador centrífugo, cuja função é a eliminação total de materiais sólidos ainda presentes. Esses sólidos são também encaminhados ao misturador.

A seguir a **Figura 7** mostra o maquinário utilizado no processamento de extração do óleo da polpa da Macaúba.

1.Descascador;



2.Quebrador do tegumento;



3.Despolpador;



4.Filtro de prensa.



Figura 07 - Maquinário envolvido no processo de extração do óleo de macaúba.

Fonte:Arquivo pessoal, retirado no CPOM Centro de produção de óleo de macaúba no município de Luz-MG

2.2.3 O Processo de extração do Óleo da Amêndoa

Após a separação da amêndoa do endocarpo através de um britador de martelos, que são conduzidos ao separador, esta é promovida por meio de um fluido de densidade auxiliar para a flutuação da amêndoa e a decantação do endocarpo. Um sistema de peneiras no separador facilita o recolhimento das partes sólidas. A castanha segue para secagem e poderá ser processada visando à obtenção de carvão. Simultaneamente, a amêndoa é conduzida ao moinho de facas com a finalidade de ser picotada. A etapa posterior prevê a passagem pelo cozinhador com a elevação da temperatura para 50° C por aquecimento com vapor indireto. Ambos os equipamentos têm como função facilitar o processo posterior de extração de óleo (ANDRADE *et al.*,2005).

A amêndoa é alimentada na prensa helicoidal que promove a extração do óleo, separando os produtos em duas correntes: a torta, rica em fibra; e o extrato, rico em óleo. A torta contendo 90% das fibras da alimentação é conduzida ao misturador. Segundo caracterizações prévias (RETTORE & MARTINS, 1983), a amêndoa não contém água e seu teor de fibras é inferior ao encontrado no processamento da polpa. Dessa forma, a última etapa de processamento prevê a passagem da corrente de óleo proveniente da prensa em um separador centrífugo para a obtenção de um óleo com 100% de isenção de sólidos conforme **Figura 08**.

Como foi mencionado anteriormente, o óleo extraído do fruto da macaúba é muito promissor, principalmente no setor de produção de biodiesel.

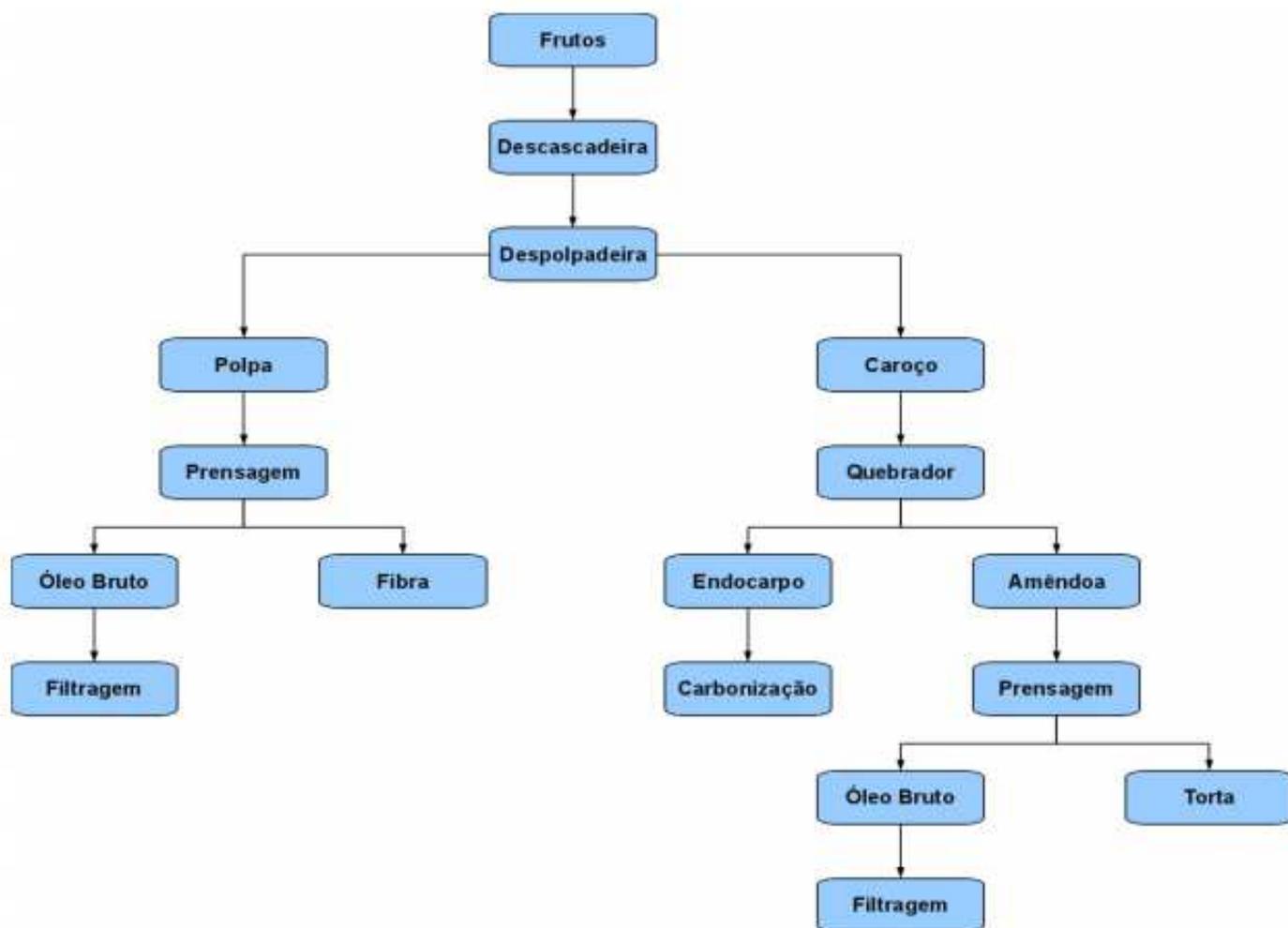


Figura 8 – Fluxograma das etapas de obtenção dos óleos do mesocarpo e amêndoa, a partir da prensa mecânica.

Fonte: MELO, 2003.

2.3 Energia renovável

As energias renováveis são originadas de ciclos naturais de conversão de uma fonte primária, praticamente inesgotáveis e conformam como aquelas não baseadas nos combustíveis fósseis e hidrelétricas de grande porte. Hoje em dia, usam-se as denominações Energias Renováveis e Novas Energias, para delimitar o conceito naquelas com ciclos de renovação natural, que inclui a energia de biomassa, eólica e a solar, as quais se regeneram em tempo reduzido e de forma cíclica. A energia renovável deve ser utilizada de forma sustentável, resultando em um impacto ambiental mínimo (SOUZA, 2010).

2.4 Independência energética

Atualmente, o novo foco mundial é a busca pela independência energética, ou seja, a busca por diferentes fontes de energias alternativas que completem a demanda do país. Em um mundo globalizado é necessário que o país tenha sob controle fontes primárias de geração de energia veicular, térmica e elétrica, buscando uma autossuficiência em alguma fonte de energia (IGNATIOS, 2006). Uma grande diversificação trará para o país mais segurança quanto à oferta energética sem ceder às adversidades climáticas ou aos preços de insumos, porém é necessário que haja mais investimentos para área de produção de biocombustíveis e geração de energia (PACHECO, 2006).

2.5 Biomassa

A geração de energia através da biomassa é muito importante para o país, principalmente no conteúdo tecnológico como geração de combustíveis para transporte, eletricidade e produção de vapor. A redução de custo da matéria-prima é o fator mais importante para a redução de custos da energia de biomassa, independentemente da tecnologia empregada, tendo o Brasil como detentor dessa tecnologia, reduzindo assim o custo final (JANNUZZI, 2003).

Segundo Souza (2010), a produção de energia a partir da biomassa ocorre através da combustão do material orgânico produzido e acumulado em um ecossistema. Parte dessa energia é empregada pelo ecossistema para sua manutenção, tendo como vantagem o baixo custo. É renovável, reaproveitável e é menos poluente, se comparada a outros combustíveis

fósseis, pois o dióxido de carbono liberado na atmosfera foi previamente absorvido pela planta que deu origem ao combustível, processo denominado ciclo do carbono.

A biomassa, em relação a outras formas de energias renováveis, tem destaque devido ao alto poder energético e pelas facilidades de câmbio, transporte e armazenamento (SOUZA, 2010).

2.5.1 A utilização de óleos vegetais como combustível

Os óleos vegetais são uma fonte de energia renovável, sustentável e não provoca danos ao meio ambiente, por isso, é a biomassa que tem mais atraído atenção nos últimos tempos, fazendo com que este tipo de biomassa tenha sido largamente investigada como candidato a programas de energia renovável, pois harmoniza uma geração descentralizada de energia, além de dar apoio à agricultura familiar, oferecendo alternativas a problemas econômicos e socioambientais. Os óleos vegetais mais estudados, com aplicabilidade de biocombustível, são os óleos de soja, colza, girassol, dendê e óleos reciclados (PINTO *et al.*, 2005).

3 METODOLOGIA

3.1 Pesquisa bibliográfica.

O presente estudo pode ser caracterizado como qualitativo, de nível bibliográfico, descritivo e exploratório.

Quanto à abordagem do problema é classificado como pesquisa qualitativa. A pesquisa qualitativa funda-se na subjetividade dos pesquisados, conforme cita Marconi e Lakatos (2004), sendo que no estudo o método usado foi a observação.

Segundo Vergara (2004), a pesquisa bibliográfica é conceituada como o estudo sistematizado desenvolvido com base em material já publicado em livros, jornais, revistas, ou seja, material disponível ao público. Normalmente esse material é levantado em bibliotecas públicas, universidades, faculdades ou em sites virtuais.

Sob o ponto de vista de seus objetivos a pesquisa é classificada como descritiva. Segundo Gil (2002), uma pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relação entre variáveis. O estudo é também exploratório, que conforme Gil (2002) tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tendo em vista torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, com finalidade de conhecer mais a fundo o tema abordado.

Para Roesch (1999) existem dois tipos de coleta de dados, primários e secundários. Dados primários são dados colhidos pelo próprio pesquisador e dados secundários são aqueles dados já existentes na forma de arquivos, relatórios e banco de dados.

3.2 Parte experimental

3.2.1 Obtenção do óleo

O óleo de macaúba *in natura* foi obtido no Centro de Produção de óleo de Macaúba (CPOM) localizado no município de Luz-MG, apresentando cor castanho clara, aspecto límpido e odor característico. No laboratório da Escola Estadual João Batista de Carvalho, em Bambuí-MG foi realizado todo o procedimento para obtenção do biodiesel por catálise básica.

3.2.2 Materiais, equipamentos e reagentes

- Chapa aquecedora eletrônica
- Papel filtro
- Béquer
- Bastão de vidro
- Balança de dois pratos
- Espátula
- Seringa 20 mL
- Termômetro
- Óleo *in natura* de macaúba
- Álcool etílico 99,6 %
- Hidróxido de sódio NaOH (soda cáustica)
- Água destilada

3.2.3 Reação de transesterificação

Primeiramente 100 mL de óleo foi filtrado por duas vezes para maior remoção residual de partículas sólidas provindas da extração. Em seguida o óleo foi aquecido a 100° C por 10 minutos para evaporar qualquer existência de água no óleo e facilitar a reação de transesterificação. Após o óleo aquecido foi preparada a solução etóxido de sódio contendo 30 mL de álcool etílico e 1% de NaOH (m/m) e vertida no óleo que agora se encontra em temperatura ambiente. Deixou-se a mistura reacional sob agitação constante por 50 minutos para efetuar a reação de transesterificação. Após 24 horas em repouso, visualizou-se a separação nítida de duas fases: a fase sobrenadante, ou seja, o biodiesel e a fase glicerol que ficou sedimentada. Com o auxílio de uma seringa de 20 mL foi retirado o sobrenadante, 106 mL, e a fase sedimentada foi descartada. Com o biodiesel separado foi feita uma lavagem com água destilada para remoção de traços de glicerina, após 30 minutos decantação foi retirado novamente o sobrenadante.

Visto que, os testes realizados como parâmetro para o biodiesel foram: índice de acidez, viscosidade e densidade. Todos eles foram realizados por métodos analíticos e por laboratório externo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia proposta no trabalho, verificou-se que foi possível obter biodiesel usando óleo de macaúba empregando como reagentes álcool etílico, hidróxido de sódio (NaOH) e materiais citados anteriormente. Foi obtido um produto de baixo custo e de grande valor agregado.

A reação de transesterificação básica mostrou ser eficiente, levando a um rendimento de 80% de biodiesel (conforme cálculo a seguir), pronto para ser utilizado e com custo baixo em relação ao diesel comum. Todo esse rendimento se deu utilizando óleo de macaúba e transesterificação básica, podendo assim ser bem promissor em produções em larga escala.

Cálculo de rendimento:

132 mL mistura reacional _____ 100%

106 mL biodiesel _____ X%

$$X = 80\%$$

Os testes básicos exigidos pela ANP para aprovação e utilização de biodiesel convencional são: índice de acidez, densidade e viscosidade (BRASIL, 2014). Estes foram realizados com a amostra obtida e os resultados estão expostos no **Quadro 1**. Além disso, as análises por métodos instrumentais foram feitas por um laboratório externo.

Quadro - 1 Valores obtidos nas análises feitas no biodiesel artesanal obtido.

Parâmetros avaliados	Amostra de biodiesel do coco macaúba	Parâmetros da ANP para biodiesel (ANP, 2014)
Índice de acidez (mg KOH/g)	2,64	Max. 0,800
Densidade (kg/cm ³)	0,88	Não determina*
Viscosidade (mm ² /s)	5,6	3,0 a 6,0

*ANP não preconiza o teste como sendo determinante para a qualidade do biodiesel

A viscosidade do biodiesel obtido está dentro dos parâmetros da ANP enquanto que, o índice de acidez, apesar de estar elevado, pode ser corrigido submetendo-se o biodiesel a mais uma etapa de transesterificação para que os ácidos graxos livres restantes possam ser esterificados também, outra justificativa é dada pelo tempo em que o óleo de macaúba foi

extraído, quanto mais tempo maior é a formação de ácido graxos livres. Demais caracterizações para o biodiesel necessitam de um estudo mais aplicado nas áreas qualitativas preconizadas pela ANP.

De acordo com os resultados obtidos no trabalho e com os parâmetros exigidos pela ANP, o biodiesel oriundo do óleo da macaúba pode ser manipulado por pessoas com menos conhecimento sobre o assunto desde que seja acompanhado por um manipulador com conhecimento na área.

A viabilidade do processo de produção do biodiesel destaca-se pelo seu baixo custo tanto com a obtenção matéria-prima quanto dos seus reagentes, podendo ser manipulado em laboratório ou em local que contenha o necessário para a execução do processo e para a segurança do manipulador.

A palmeira de macaúba é extremamente abundante na região centro-oeste do estado de Minas Gerais. Pequenos e grandes produtores rurais possuem em seus terrenos várias palmeiras de macaúba nativas da região, o que permite a eles uma boa colheita devido à grande quantidade de coco produzida por elas, contudo uma boa colheita só é permitida se o produtor fizer seu plantio e manejo de forma adequada para se obter a extração de grande quantidade de óleo vegetal em uma pequena área de plantio.

Todos os reagentes utilizados são de baixo custo e podem ser adquiridos com facilidade. O NaOH (soda cáustica) pode ser comprado em supermercados e o álcool em postos de combustíveis e quanto aos materiais e equipamentos pode-se utilizar fogão, baldes de plástico, panelas de alumínio, colher de cabo grande, termômetro, galão transparente e vasilhames de plástico de pequeno porte. Com toda essa simplicidade, o pequeno produtor pode produzir seu biodiesel com qualidade permitindo a ele utilizá-lo parcialmente ou totalmente em seu maquinário contendo motores de ciclo diesel. Dessa forma a produção de biodiesel por pequenos agricultores faz-se possível, aumentando sua utilização e dando mais créditos à sustentabilidade.

5 CONCLUSÃO

O uso do óleo da macaúba mostrou-se de grande interesse para a produção de biodiesel. Sua viabilidade é de grande valia para o enriquecimento da matriz energética do Brasil e do mundo.

A reação de transesterificação básica usando álcool e hidróxido de sódio produziu um rendimento de 80% de conversão de óleo vegetal *in natura* em biodiesel com baixo custo,

tornando o produto com grande valor agregado e dentro das exigências da ANP. O emprego de biodiesel pode aquecer a economia do Brasil, gerando novos empregos e renda. Além disso ao se colocar no mercado um produto com baixo teor de poluentes, sendo ecologicamente correto, se contribuirá para a melhoria da qualidade de vida da população.

A principal imitação da produção do biodiesel está voltada para a palmeira *Acrocomia aculeata* que necessita de planejamento e técnicas de cultivo adequados para a produção de matéria-prima em grande escala.

Dessa forma, verificou-se que a produção de biodiesel usando como matéria prima o óleo de macaúba é viável devido à fácil obtenção, alto rendimentos e baixo custo dos reagentes. O processo de obtenção requer técnica simples e uso de materiais artesanais.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais.** In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE ECONOMIA ALIMENTAR E AGROINDUSTRIAL, 2. Resumos... Londrina: AIEAA. 22 p. 2007.

AMARAL, F.P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba.** Botucatu, 2007, 66p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrônomicas.

ANDRADE, M. H. C; VIEIRA, A. S; AGUIAR.H.F; CHAVES, J. F. N; NEVES, R. M. P. S; MIRANDA, T. L. S; SALUM, A. **Óleo do fruto da palmeira macaúba – parte ii: processo de extração do óleo.** II ENBTEQ Encontro Brasileiro sobre tecnologia na Indústria Química 7º Seminário de Produtores de Olefinas e Aromáticas,2005.

AZEVEDO, A. M. M.; PEREIRA, N.M. **Conception and execution of an energy innovation program: top-down and bottom-up analyses of the Brazilian National Program for Production and Use of Biodiesel .** *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 8, n. Special Issue ALTEC, p. 13-25, 2013.

AZEVEDO, A. M. M. **Análise top-down e bottom-up de um programa de inovação tecnológica na área de energia: o programa nacional de produção e uso de biodiesel (PNPB).** 2010. 331p. Tese (Doutorado). Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

BHERING, L. Macaúba: **Matéria - prima nativa com potencial para a produção de biodiesel.** Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21272&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 12 set. 2015.

BRASIL. **Decreto de 02 de julho de 2003. Institui Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia, propondo, caso necessário, as ações necessárias para o uso do biodiesel.** *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 03 jul. 2003. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=4&data=03/07/2003>>. Acesso em: 09 out.2015.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira.** *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em:

<<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=14/01/2005>> Acesso em: 06 out. 2015.

BRASIL. **Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nos 9.478 de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências.** *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 24 set. 2014. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=3&data=25/09/2014>. Acesso em: 24 out. 2015.

CELLA, R. C. F., REGITANO-D´arce, M. A. B., & SPOTO, M. H. F. **Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22, 111-116 (2002).

CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1983. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais.** Belo Horizonte

CICONINI, G. *Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.* Dissertação de mestrado. Fevereiro de 2012.

COSTA, C. F. (2009). *Solos e outros fatores ambientais associados à diversidade fenotípica de macaubais no estado de São Paulo.* Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). 54p. Instituto Agronômico, Campinas – SP.

FORMO, M. W. **Ester reactions with fatty materials** *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 31, p. 548-559, 1954.

FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R. O.; PRYDE, E. H. **Transesterification kinetics of soybean oil.** *Journal of the American Oil Chemists Society*, Champaign, v. 63, p. 1375, 1986.

Gilberto De Martino Jannuzzi (2003).

GIL, a. c. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

GLASSMAN, S.F. **A revision of B.E. Dahlgren's index of American palms.** Lehre: J. Cramer, 1972.

GÓMEZ-PINÓL, J. M.&BORONAT, M. C. de la T. **Influência de la tecnologia em nutritivo de los alimentos: lipídeos.** *Alimentaria*, 204, 15-21(1989).

GUARIEIRO, L. L. N.*et. al.* **Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO₂, and NO_x emitted by a diesel engine fuelled with diesel and ternary blends containing diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils,** *Atmospheric Environment*, v. 43, p. 2.754, 2009.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas** New Jersey:Princeton University, p.166-167(1995).

IGNATIOS, Miguel. Um governo auto-suficiente. *Gazeta Mercantil*, 11 maio 2006, p. A-3.

KUSDIANA, D.&SAKA, S. Methyl esterification of free fatty acids of rapeseed oil as treated in supercritical methanol. *Journal of Chemical Engineering*, v.34, p.383-387(2001).

PACHECO, F. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006.

SOUZA, L. V. de. **Energia renovável, uma necessidade nos dias de hoje.** Niterói. RJ, 2010.

MATTEI, L. Programa **Nacional para Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB): Trajetória**, Situação Atual e Desafios. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 731-740, 2010.

MARCONI, m. a.; lakatos, E. M. **Metodologia Científica.** 4^a ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MDA - **Ministério do Desenvolvimento Agrário.** Empresas com Selo Combustível Social. Brasília, 2014. Disponível em: <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/arquivos-2014/Atualiza%C3%A7%C3%A3o_Empresas_SCS__24.03.2014.pdf> Acesso em: 21 outubro 2015.

MELO, **Patrícia Gontijo. Produção e caracterização de biodieseis obtidos a partir da oleaginosa macaúba (Acrocomia aculeata);**2005

MIRISOLA FILHO, L. A. **Cultivo e Processamento do coco macaúba para produção de biodiesel**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2009. 336 p.

MME - **Ministério de Minas e Energia. Biodiesel. Programa Nacional para Produção e Uso do Biodiesel. Sobre o Biodiesel**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/o_biodiesel.html>. Acesso em: 05 out. 2015.

NOVAES, R. F. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. Piracicaba, 1952, 85 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Escola Superior de Agricultura “Eça de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RIBEIRO, NÚBIA. M. **The Role of Additives for Diesel and Diesel Blended (Ethanol or Biodiesel) Fuels: A Review**. *Energy & Fuels* 2007, 21, 2433-2445.

PAUCAR-MENACHO, L. M., SILVA, L. H., SANT’ANA, A. de S., & GONÇALVES, L. A. G. **Refino de óleo de farelo de arroz (*Oriza sativa L.*) em condições brandas para preservação do γ -orizanól**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 45-53, 2007.

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

PINTO, A. da C.; SANTOS, A. P. B. **Biodiesel: Uma alternativa de combustível limpo. química nova na escola**. Vol. 31 N° 1, FEVEREIRO 2009.

RAMADHAS, A. S.; JAYARA, S.; MURALEEDHARAN, C. Use of vegetable oils as I.C. engine fuels: a review. *Renewable Energy*, Boca Raton, v. 29, p. 727-742, 2003.

RATTER, J. A., BRIDGEWATER, S., & RIBEIRO, J. F. **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas**. *Edinburgh Journal of Botany*, v.60, p. 57-109, 2003.

RESENDE R. M. de M. R. **O programa nacional para produção e uso do biodiesel na realidade da agricultura familiar de Rio Verde-GO**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiânia-GO. 2015.

ROESCH, s. m. a. **Projetos de estágios e de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. **Transesterification of vegetable oils: a review.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 9, p. 199-210, 1998.

SRIVASTAVA, A.; PRASAD, R. **Triglycerides-based diesel fuels.** *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Kidlington, v. 4, p. 111-133, 2000.

TOLÊDO, D. P. **Análise técnica, econômica e ambiental de macaúba e de pinhão-manso como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel.** 2010. 92f. Dissertação (Magister Scientiae)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.