

BIODIESEL NO BRASIL: IMPULSO TECNOLÓGICO

VOLUME I

Rafael Silva Menezes
(Organizador)



SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Associação dos Pesquisadores em Plantas
Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel



Copyright © 2016 by Rafael Silva Menezes

Tiragem da 1ª Edição: 1.000 exemplares

Organização: Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Equipe Técnica:

Antônio Carlos Fraga
Paulo Anselmo Ziani Suarez
Pedro Castro Neto
Lucas Ambrosano

Revisão de Texto: Maxwell Gomes Miranda

Diagramação e Projeto Gráfico: Roberto Cassemiro Alves

Revisão Bibliográfica: Márcio Barbosa de Assis

Impressão: Artecór Gráfica e Editora LTDA

Todos os direitos Reservados

Nenhuma parte desta publicação pode ser fotocopiada, gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização escrita e prévia dos detentores do copyright (Lei nº 9610). Contato com os autores: rsmenezes@mcti.gov.br.

As afirmações e os conceitos emitidos nos capítulos desta publicação são de absoluta responsabilidade dos seus autores, não expressando a opinião dos membros do Conselho Editorial ou do Organizador.

Ficha Catalográfica preparada pela Coordenadoria de Processos Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA

Biodiesel no Brasil : impulso tecnológico : volume 1
/ Organizador: Rafael Silva Menezes – Lavras: UFLA, 2016.
244 p. : il.

Bibliografia.
ISBN: 978-85-65615-01-3

1. Biodiesel. 2. Biodiesel – Aspectos ambientais. 3. Energia da biomassa. I. Menezes, Rafael Silva. II. Universidade Federal de Lavras.

CDD – 662.88

CAPÍTULO 06

Potencial do pinhão-manso e de palmeiras para a diversificação de matéria-prima na produção de biodiesel

Autores:

Bruno Galvêas Laviola

Erina Vitório Rodrigues

Alexandre Alonso Alves

Leo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição

Marcelo Fideles Braga

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

6.1 Introdução

Frente à grande demanda requerida e as pressões no que tange ao uso de fontes de energias renováveis, vários países têm despertado o interesse para produção de biodiesel a partir de óleos vegetais. As matérias-primas para produção de biodiesel provêm, principalmente, de fontes tradicionais, como a soja. Porém, alguns estudos têm reportado as implicações quanto à produção de alimentos *versus* a produção de biocombustíveis quando se utiliza fontes de óleos comestíveis (SILITONGA et al., 2011; ATABANI et al., 2012). Uma das maneiras eficazes para diversificar a quantidade limitada de matérias-primas tradicionais e os seus preços elevados é o investimento na melhoria da produção de biodiesel a partir de óleo vegetal não comestível (DHARMA et al., 2016). Além disso, é importante mencionar os impactos sociais que a inserção desta cadeia proporcionaria, como a geração de empregos e renda.

Sob essa perspectiva o programa de PD&I assume um papel importante na consolidação de redes de competência público-privada em âmbito nacional e internacional, visando mitigar a alta dependência de fontes tradicionais e abrindo oportunidades para as espécies potenciais. Isso permite maior confiabilidade de forma a garantir a continuidade das pesquisas, que devem ser focadas no uso eficiente da espécie e dos sistemas associados à produção do óleo, coprodutos e resíduos, considerando a oportunidade de desenvolvimento local, regional e nacional.

Neste aspecto, vislumbra-se a inclusão de fontes potenciais de energia visando garantir, em médio/longo prazo, maior competitividade do setor de biodiesel e promover maior diversificação com novas fontes de matérias-primas. Dentre as opções disponíveis para diversificar a produção em médio prazo, destaca-se o dendê (*Elaeis spp*), algodão (*Gossypium hirsutum*), girassol (*Helianthus annuus*) e canola (*Brassica napus*). Estas oleaginosas possuem domínio tecnológico e são excelentes opções de diversificação, porém necessitam de ampliação na escala de produção, uma vez que a área plantada e a produção são insuficientes para atender a demanda de produção de biodiesel.

A longo prazo, o destaque é para as oleaginosas que ainda não estão domesticadas como o pinhão-manso (SATO et al., 2009; DURÃES et al., 2011; DHARMA et al., 2016), macaúba (BHERING et al., 2013; NAVARRO-DIAZ et al., 2014; CREMONEZ et al., 2015; DOMICIANO et al., 2015), além destas, cita-se o babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.) tucumã (*Astrocaryum murumuru*, Mart) e inajá (*Maximiliana maripa*). A mobilização e os investimentos do setor público e privado em P&D podem acelerar a geração de tecnologias direcionadas a essas espécies. Para este grupo de oleaginosas, será necessário desenvolver o domínio tecnológico para que sejam iniciadas ações buscando a escala de produção. Como muitas destas espécies são de ciclo longo, há um maior dispêndio de tempo para serem domesticadas.

Importantes pesquisas têm sido desenvolvidas na domesticação e produção de matérias-primas, que consta desde a implementação de bancos de germoplasma, desenvolvimento de sistemas de cultivo, até estratégias mais refinadas de geração de conhecimento sobre as matérias-primas. Apesar dos grandes avanços obtidos nos últimos anos, é importante ressaltar que ainda existem desafios a serem superados para que se tornem não apenas alternativas viáveis, mas soluções sociais, ambientais e econômicas para um país em ascensão e para acomodar a mudança global de comportamento socioambiental.

A supremacia da soja, como principal cultura da cadeia produtiva do biodiesel, ainda permanecerá nos próximos anos, porém com as projeções de aumento das misturas ao diesel, torna-se fundamental a utilização de matérias-primas de maior densidade energética e o desenvolvimento tecnológico destas para dar suporte à sua incorporação na matriz energética de biocombustíveis. Entre as principais razões para diversificação da matéria-prima vale mencionar o aumento da demanda por óleos para biodiesel e bioquerosene; regionalização da produção; inclusão da agricultura familiar e pequenos produtores; aspectos negativos da dependência de uma única matéria-prima e

a dens
os princ
visando

M
cou-se
para at
diversif
cativas

de biod
76,9%
segund
present

Figur

A
a única
tecnológ
conheci
menos
program
me sufici
facilitada
com pro

A
importar
produçã
biocomb
desenvo
go prazo
so, o de

a densidade energética de oleaginosas potenciais. Desta forma, o objetivo deste capítulo é relatar os principais avanços científicos alcançados pela rede de pesquisa com pinhão-manso e palmeiras, visando à diversificação de matérias-primas na produção de biodiesel.

6.2 Diversificação de matérias-primas na produção de biodiesel

Nos últimos 10 anos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), verificou-se um amplo desenvolvimento industrial, estabelecendo um parque com capacidade instalada para atender o dobro da demanda atual da produção de biodiesel. No entanto, no que se refere à diversificação de matérias-primas (uma das bandeiras do PNPB), não ocorreram mudanças significativas nos últimos anos e ainda existem grandes desafios a serem superados.

Embora existam alternativas de oleaginosas no Brasil para ingressar na cadeia de produção de biodiesel, devido à ampla diversidade do ecossistema brasileiro, a soja representa, em média, 76,9% de toda a matéria-prima usada na produção desse biocombustível. A gordura animal é a segunda fonte de matéria-prima, seguida do algodão. As demais oleaginosas são agrupadas e representam uma contribuição inferior a 3% na cadeia de produção do biodiesel (Figura 6.1).

Matérias-primas utilizadas na produção de Biodiesel

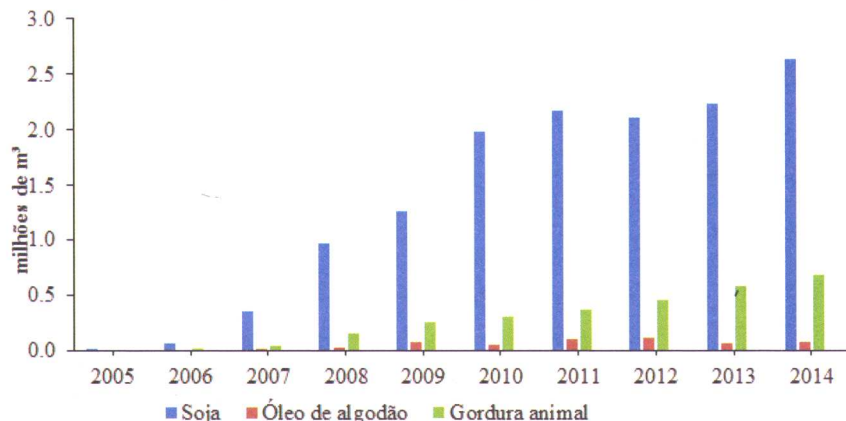


Figura 6.1. Participação de matérias-primas utilizadas na matriz energética da produção de biodiesel (ANP, 2015)

A justificativa para a participação predominante da soja na cadeia do biodiesel é que esta é a única oleaginosa que atende, em sua totalidade três parâmetros básicos. O primeiro é o domínio tecnológico, visto que o Brasil é um dos líderes no desenvolvimento de pesquisas e geração de conhecimento sobre a soja tropical. O segundo é a escala de produção requerida, uma vez que menos de 20% da produção nacional de soja é suficiente para atender às demandas correntes do programa, enquanto outras oleaginosas como o algodão, o girassol e a mamona não possuem volume suficiente de produção para suportar a demanda do programa. Por fim, cita-se a logística, que é facilitada pela ampla distribuição espacial da cultura, pois a soja é uma das únicas matérias-primas com produção em todas as regiões brasileiras.

Apesar das condições citadas, que mantêm a soja como principal matéria-prima do PNPB, é importante ressaltar que o Brasil detém grande diversidade de matérias-primas com potencial para produção de biodiesel. Para subsidiar o desenvolvimento de novas tecnologias para produção de biocombustíveis a partir de novas matérias-primas, são necessários investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Somente assim, a fim de ser possível garantir, em médio e longo prazo, maior competitividade ao setor de biodiesel. Nesse contexto, destacam-se o pinhão-manso, o dendê ou palma de óleo e outras palmeiras como a macaúba, o tucumã, o babaçu e o inajá.

Essas espécies têm grande potencial como matéria-prima para a produção de biodiesel, tanto em função da produtividade de óleo como da aptidão agroclimática, que possibilita a expansão dos plantios sem comprometer as áreas atualmente cultivadas com alimentos. Além disso, favorece a regionalização da produção e uso intensivo de mão-de-obra, com potencial de crescimento da inclusão da agricultura familiar, conforme preconizado pelo PNPB.

6.3 Pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) e o potencial para produção de biodiesel

O pinhão-mansó é uma espécie perene (Figura 6.2A), diplóide ($2n = 22$ cromossomos), monóica e pertencente à família das Euforbiáceas. É um arbusto de crescimento rápido, que pode alcançar mais de 5m de altura e que vegeta espontaneamente em diversas regiões do Brasil e do mundo, sendo a América Central o provável centro de origem. As plantas são caducifólias, perdendo as folhas na estação seca. O florescimento ocorre durante a estação chuvosa e, comumente, pode ocorrer duas vezes no ano, durante o verão e/ou outono (DIVAKARA et al., 2010).

As inflorescências são terminais, com várias flores no mesmo pedúnculo (Figura 6.2B), apresenta monoícia e protândria, suas flores são unissexuais e polinizadas por insetos, ocasionalmente, flores hermafroditas podem ocorrer e ser autofecundadas (KUMAR e SHARMA et al., 2008). Os frutos são do tipo cápsula ovóide (Figura 6.2C e D), com 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, trilocular, contendo 3 sementes, com 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1 a 1,3 cm de largura. As sementes apresentam teor de óleo que varia entre 33 e 38 % e representam entre 53 a 79% do peso do fruto (DIAS et al., 2007).

O pinhão-mansó, apesar de ser uma espécie exótica, está presente em quase todas as regiões brasileiras, apresentando ampla adaptabilidade ambiental e deverá ser uma opção para região central/nordeste do Brasil. Esta espécie apresenta diversos usos, tais como cerca viva (KUMAR e SHARMA et al., 2008), fitorremediação (YADAV et al., 2009) e uso medicinal (SHARMA et al., 2012). No entanto, sua principal utilização é na produção de biocombustíveis (FEY et al., 2014).

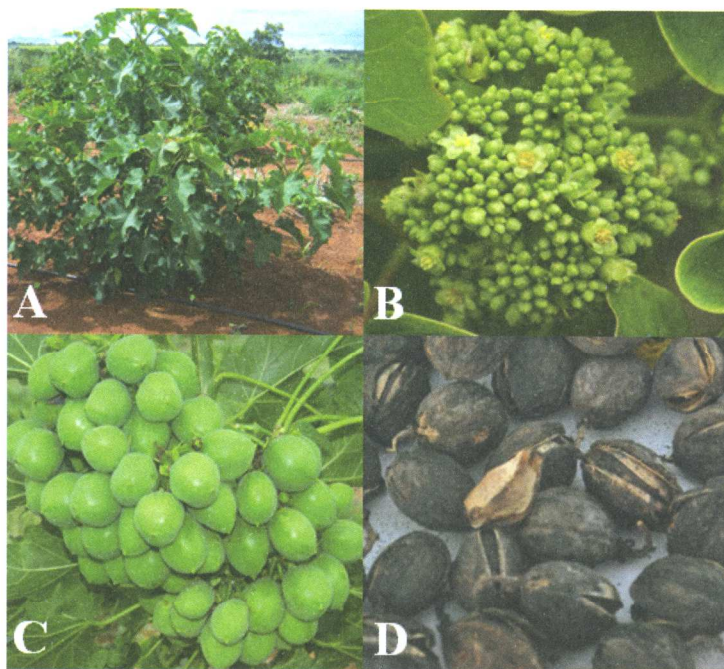


Figura 6.2. Planta de pinhão-mansó (A), inflorescência (B) e frutos (C) e (D)
Fotos: Bruno G. Laviola, Embrapa Agroenergia

1.200
A cul
ção o
pinhã
de p
ciona
aprov
da to
aspe
biodie
ações
ção, c
quant

pesqu
para
bras.
pinhã

servo
MCTI
16 un
CNPT
sidad
indire

banc
com d
lidade
países

diferen
-mans
forma
gestã
nizada
plasm
2010),
-mans
melho

trabalh
cultivo
portan

obteno

Esta espécie possui potencial de rendimento superior às oleaginosas tradicionais, cerca de 1.200 a 1.500 Kg ha⁻¹ de óleo com qualidade para a produção de biodiesel (LAVIOLA et al., 2014). A cultura não possui uso alimentar definido e, com isto, não concorre diretamente com a produção destinada à alimentação (LAVIOLA, et al., 2013). Apesar do enorme potencial energético, o pinhão-mansó ainda se encontra em fase de domesticação no Brasil e existem diversos desafios de pesquisa e desenvolvimento a serem superados. Dentre os desafios mais proeminentes, menciona-se o domínio tecnológico, desenvolvimento de cultivares melhoradas, qualidade do óleo e aproveitamento da torta na alimentação animal, agregando valor ao produto. Para o aproveitamento da torta, faz-se necessária a desintoxicação, uma vez que apresenta fatores antinutricionais. Neste aspecto, com o intuito de viabilizar o pinhão-mansó como matéria-prima efetiva no programa de biodiesel, a Embrapa estruturou projetos nacionais em rede. Desde 2007 são desenvolvidas várias ações de pesquisa, desde a implantação de bancos de germoplasma, de nutrição mineral e adubação, densidade de plantas, relações hídricas, controle de pragas, colheita mecanizada, estratégias quantitativas e biotecnológicas no melhoramento genético, entre outras.

Com o aporte em PD&I, foi possível um avanço significativo na cultura do pinhão-mansó. As pesquisas com esta oleaginosa na Embrapa iniciaram em 2007 com o projeto “Fontes Alternativas para Produção de Agroenergia”, financiado pelo Sistema Embrapa de Gestão (SEG), Finep e Petrosbras. Neste projeto foram implementadas ações de pesquisa especificamente relacionadas com o pinhão-mansó, com diversas atividades voltadas ao desenvolvimento de sistema de cultivo.

Em continuidade e ampliando as ações, em 2010, foi implementado o projeto “Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em pinhão-mansó para produção de biodiesel (BR-JATROPHA/FINEP/MCTIC)”. Este foi composto por 22 instituições de pesquisa de todas as regiões do Brasil, sendo 16 unidades descentralizadas da Embrapa (CNPAE, CPAC, CENARGEN, CPAO, CPACT, CNPF, CNPTIA, CNPMA, CTAA, CNPS, CNPGL, CNPMS, CPATSA, CNPA, CPAMN, CPAFRO), 5 universidades (UnB, UENF, UFPR, UFT e UFPA) e a EPAMIG, além de contar com a participação direta e indireta de mais de 80 pesquisadores e 60 bolsistas.

Uma das principais contribuições deste projeto foi a implementação e caracterização de um banco ativo de germoplasma de pinhão-mansó com 200 acessos. A diversidade genética avaliada com diferentes tipos de marcadores moleculares tem evidenciado que, em geral, existe uma variabilidade limitada nos genótipos de diferentes fontes de germoplasma de pinhão-mansó em diferentes países (RAO et al., 2010).

No banco de germoplasma de pinhão-mansó, a avaliação de 192 acessos provenientes de diferentes regiões do Brasil com marcadores “RAPD” e “SSR” revelou que os acessos de pinhão-mansó de “origem brasileira” apresentam baixa diversidade genética (ROSADO et al., 2010). Desta forma, buscando o enriquecimento do banco de germoplasma, foram definidas novas estratégias de gestão dos recursos genéticos de pinhão-mansó, sendo interrompidas as coletas no país e preconizadas as cooperações, buscando a introdução de novos genótipos de outros países, com germoplasma de maior diversidade genética, como do México, por exemplo (PECINA-QUINTERO et al., 2010). Além disso, os resultados permitiram conhecer a estrutura genética dos acessos de pinhão-mansó presentes no Brasil, fornecendo informações importantes para definição das estratégias de melhoramento genético da espécie com maior probabilidade de se obter ganhos genéticos.

Outra atividade que compôs este projeto foi a implantação e manutenção de coleções de trabalho de pinhão-mansó em locais com características edafoclimáticas distintas e potencial de cultivo. O desenvolvimento de sistemas de produção para diferentes regiões do Brasil é muito importante e complementar ao programa de melhoramento.

Com a execução do projeto BR-JATROPHA foi possível realizar a caracterização fenotípica, obtendo-se os seguintes resultados: identificação de genótipos resistentes a oídio (*Oidium* spp.),

que é uma das doenças mais limitantes para produção de pinhão-manso na região central do Brasil; identificação de genótipos com porte mais baixo; identificação de descritores herdáveis, como tipo de folha, pedúnculo, tipo de fruto, cor de caule, que podem ser usados para distinguir futuras variedades; identificação de caracteres quantitativos que mais contribuem para discriminar os genótipos: volume de copa, produção de grãos e peso de 100 sementes são os caracteres que mais contribuem para diferenciar os acessos; estimativa de parâmetros genéticos de 17 caracteres morfoagronômicos; estimativa da relação de caracteres reprodutivos e vegetativos com o rendimento de grãos; estimativa da repetibilidade das safras; estimativa de ganho genético com a seleção precoce revelou a possibilidade de ganhos na ordem de 90% com a seleção das 10 melhores plantas no banco de germoplasma; caracterização de genótipos quanto à fenologia, verificou que os genótipos não tóxicos são os mais tardios e menos adaptados às condições do cerrado brasileiro.

Quanto à caracterização molecular, os esforços concentraram-se em desenvolver marcadores microssatélites para genotipagem. A partir da biblioteca genômica foram isolados 25 *loci* SSR; dentre eles 8 *loci* foram polimórficos tendo por base amostras de *Jatropha curcas* (50 acessos), provenientes da Guatemala (*Biocombustibles de Guatemala Sociedad Anonima*). A diversidade genética da coleção de germoplasma de *Jatropha* brasileiro (JBGC), composto por 192 acessos foi limitada com base em uma avaliação anterior realizada com um número limitado de marcadores RAPD e SSR. Após novas adesões de genótipos de outros países, detectou-se grande diversidade genética de um conjunto de 42 acessos da JBGC juntamente com oito novas introduções e três genótipos elite, usando alta densidade de todo o genoma Dart-Seq genotipagem. A abordagem genótipo-a-sequenciamento de Dart-Seq, em primeiro lugar utilizado na safra, gerou 747 SNPs polimórficos e 2.724 variantes de presença-ausência informativos. Esta provavelmente seja a maior densidade de genotipagem realizada até o momento em pinhão-manso, proporcionando boa cobertura do genoma e de diversidade e relacionamento, estimativas potencialmente mais informativas.

Além das citadas, foi recentemente aprovado o projeto "JATROGEN - Estratégias quantitativas e biotecnológicas no melhoramento genético do pinhão-manso", financiado pelo CNPq, que tem como objetivo geral usar estratégias quantitativas e biotecnológicas, visando ao melhoramento genético de pinhão-manso para a produção de biodiesel. Como objetivos específicos, pretende: i) estabelecer população de melhoramento com ampla variabilidade genética para caracteres de interesse agroindustrial; ii) selecionar genótipos superiores de pinhão-manso para estabelecimento de novo ciclo de melhoramento, assim como genótipos candidatos a cultivares comerciais; iii) avaliar pré-operacionalmente a estratégia de seleção genômica para a predição de valores genéticos genômicos de pinhão-manso; iv) desenvolver método de micropropagação em pinhão-manso e v) desenvolver protocolo e realizar a transformação genética com genes relacionados com o metabolismo de citocininas.

Diante do exposto, é notório o grande avanço na geração de conhecimento sobre pinhão-manso tais como diversidade genética (ROSADO et al., 2010; ALVES et al., 2013) e fenotípica (LAVIOLA et al., 2010); estimativas de parâmetros genéticos (LAVIOLA et al., 2011), de repetibilidade (LAVIOLA et al., 2013) e de ganho genético (ROCHA et al., 2015); nutrição mineral (MARTINS et al., 2015); adaptabilidade e estabilidade (ROCHA et al., 2016); qualidade do óleo e redução da toxicidade (PEIXOTO et al., 2016); seleção genômica (BHERING et al., 2015), dentre outros. Estes trabalhos evidenciam o esforço despendido no sentido de construir conhecimento para a cadeia do pinhão-manso, a fim de estruturar um sistema de produção que propicie um cultivo, comercialmente, competitivo em várias regiões do Brasil.

maior
cacear
(COM
das: e
escam
fino, m

dústria
cotada
aprese
alguns
biodies
bustive

por óle
produç
possui
com ap
Pará e
de óle
a maio
óleo, a

para us
pação
ção, ap
de mer
são do
caracte

sendo
esta at
mesmo
comuni
especia
oferece
rural br

M
ambien
Palma
bém re
que o B

C
ro em 2

6.4 Dendê ou Palma de óleo (*Elaeis guineenses* J.)

O dendê (*Elaeis guineenses* J.) é uma palmeira de origem africana, sendo que no Brasil as maiores áreas cultivadas encontram-se na região amazônica. Esta espécie pertence à família Arecaceae (DRANSFIELD et al., 2005), sendo uma planta alógama e apresentando cariótipo $2n = 32$ (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000). Os frutos são do tipo drupa e geralmente apresentam três camadas: exocarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo pode ser liso, com presença de espinhos ou escamoso; o mesocarpo é de natureza fibrosa, seca ou fibrosa-suculenta e o endocarpo pode ser fino, membranoso, celulósico e lignificado (MIRANDA et al., 2001).

A palma de óleo durante séculos foi plantada apenas para atender às necessidades da indústria alimentícia (RIST et al., 2010). Entretanto, na atualidade, entre todas as matérias-primas cotadas para a produção de biodiesel que se detêm domínio tecnológico, o dendê é a espécie que apresenta maior produtividade de óleo, que pode chegar a 6.000 kg de óleo por hectare. Estes são alguns dos fatores atrativos e motivadores para investimentos na cultura com vistas à produção de biodiesel em nível mundial, sendo considerada uma sólida alternativa para a produção de biocombustíveis.

A versatilidade do óleo tem tornado a cultura importante para atender à crescente demanda por óleos vegetais, nas áreas alimentícia, medicinal, cosmética, industrial e, principalmente, para a produção de biocombustíveis (BARCELOS; NUNES; CUNHA, 2000). No Brasil, a região Amazônica possui, segundo o Zoneamento Agroecológico da palma de óleo, cerca de 30 milhões de hectares com aptidão para a expansão da cultura (RAMALHO FILHO et al., 2010). Somente no estado do Pará existem mais de 5,5 milhões de hectares com aptidão edafoclimática para o cultivo de palma de óleo. Ainda que, no Brasil, a maior produção de óleo provém da soja, o óleo de dendê representa a maior produção no mundo. Na produção de biodiesel, apesar das potencialidades da palma de óleo, a oleaginosa ainda possui participação irrisória.

Apesar de algumas experiências realizadas com óleo de palma para fins energéticos, tanto para uso como combustível em veículos automotores, como em motores estacionários, sua participação na matriz energética ainda é baixa. Os fatores que contribuem para essa pequena participação, apesar do potencial que apresenta, estão mais relacionados com as questões de oportunidade de mercado (valores pagos pela indústria de alimentos são mais vantajosos) e restrições à expansão do cultivo (legislação ambiental de uso de terras na Amazônia e financiamento adequado às características da cultura) do que a questões técnicas do processo de produção do biodiesel.

Quase a totalidade da produção brasileira deste óleo é derivada do Estado do Pará, não sendo suficiente para atender a demanda nacional. Isto se constitui em uma clara indicação que esta atividade possui grande potencial de expansão, substituindo as importações deste óleo, ao mesmo tempo em que possibilita agregação de valor e renda para matérias-primas originadas de comunidades rurais. A incorporação de um novo modelo energético utilizando óleos vegetais, em especial, o óleo de palma, vem sendo estimulado no Brasil por programas governamentais e deverá oferecer oportunidade econômica com sustentabilidade ambiental e redução da pobreza no meio rural brasileiro.

No Brasil, existem iniciativas que visam impactos positivos, não apenas do ponto de vista ambiental, como também social e econômico, tais como: o Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo, o Zoneamento Agroecológico da Palma de Óleo (ZAE- Dendê). O ZAE-Dendê, também realizado pelo governo brasileiro, é um instrumento de ordenamento territorial utilizado para que o Brasil garanta a expansão do cultivo da palma de óleo em bases sustentáveis.

O Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo foi lançado pelo governo brasileiro em 2010, visando não apenas estimular o plantio da espécie, como também regulamenta sua

expansão e estabelece o zoneamento agroecológico e Econômico da Palma de Óleo no Brasil. O programa teve por objetivo disciplinar a expansão da produção de óleo de palma e ofertar instrumentos para garantir a produção em bases sustentáveis. As regras para expansão previram o plantio apenas em áreas antropizadas até o ano de 2008, o que restringia o plantio em 86% das áreas consideradas aptas do ponto de vista agroecológico e em 96% do território brasileiro; também proibiu a derrubada de vegetação e direciona a recuperação de áreas degradadas.

Tendo em vista a grande importância do dendê, diversas pesquisas têm sido realizadas no intuito de otimizar o cultivo e equacionar os gargalos para expansão da cultura. A Embrapa participa do esforço para dar suporte à dendeicultura nacional, e busca soluções para questões técnico-científicas e de mercado, focando PD&I em vertentes agrícolas e industriais. Com o aumento da demanda por óleo de palma, diversos estudos estão sendo desenvolvidos nas áreas de genética, genômica e melhoramento genético, cultura de tecidos e transformação de plantas, entomologia, fitopatologia, tecnologia de produção de sementes, fitotecnia, produção de biocombustíveis, entre outros.

A principal restrição ao aumento da área plantada na principal região de expansão da cultura (i.e. no estado do Pará) é a ocorrência de uma anormalidade letal de etiologia desconhecida conhecida como Amarelecimento Fatal (AF). Essa anormalidade acomete as plantas de palma de óleo africana, levando-as à morte. Uma das soluções para conter o AF é a utilização de híbridos interespecíficos entre dendê (*E. guineenses*) – de origem africana – e caiaué (*E. oleífera*) – de origem brasileira – uma vez que estes são considerados resistentes/tolerantes a essa anormalidade (DE FRANQUEVILLE, 2003). Assim sendo, o melhoramento interespecífico entre *E. oleífera* e *E. guineensis* (O x G) é apontado como uma das principais prioridades do programa de melhoramento de palma de óleo desenvolvido pela Embrapa. Um dos resultados deste trabalho foi o lançamento da cultivar BRS Manicoré, que se destaca em relação às demais cultivares, apresentando alta produtividade, em torno de 30 t /cacho/ha.

Atualmente a Embrapa vem atuando fortemente no desenvolvimento de ferramentas genômicas para a palma de óleo, coordenando e executando projetos, como o PRODENDÊ e DENDEPALM, ambos financiados pelo MCTI/FINEP/CNPq. O DENDEPALM – “Estratégias Genômicas e Agregação de Valor para a Cadeia Produtiva do Dendê” – tem como objetivo principal viabilizar, a médio prazo, o projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo na Embrapa e no SNPA. Este projeto foca no avanço da caracterização dos recursos genéticos disponíveis para o Programa de Melhoramento Genético de Palma de Óleo, com enfoque especial em genômica de Caiaué; no escalonamento dos protocolos de clonagem *in vitro* já desenvolvidos pela Embrapa, com vistas a atender, em curto prazo, as demandas do programa de melhoramento genético e, em médio prazo, as demandas da iniciativa privada que desejar investir na produção de mudas *in vitro* de palma de óleo em larga escala; e viabilizar economicamente a cadeia produtiva de dendê, abordando questões relacionadas com o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado, em especial ao aproveitamento de coprodutos e resíduos, contribuindo simultaneamente para reduzir a geração de poluentes.

O PRODENDÊ – “Dinamização do banco ativo de germoplasma de dendê (*Elaeis guineensis*) da Embrapa e apoio ao melhoramento genético” – tem como objetivos principais: obter cultivares de dendezeiro com alta produtividade, resistentes ao amarelecimento fatal e com reduzido crescimento vertical do caule, por meio do emprego de métodos convencionais e biotecnológicos; definir protocolos para propagação clonal em larga escala de genótipos elite e genitores, selecionados no programa de melhoramento genético, para incorporação ao sistema produtivo nacional; identificar e caracterizar componentes genéticos de resistência a estresses bióticos e desenvolver marcadores gênicos funcionais para mapeamento genético a ser utilizado em programas de melhoramento de dendê e caiaué; usar a metagenômica como estratégia para identificação do agente causal do Amarelecimento Fatal (AF); desenvolver sistema de referência de transformação genética de genótipos de dendezeiro para incorporação de genes de resistência para a cultura; e obter tecido haplóide de *Elaeis* spp. para uso em estratégia de seqüenciamento do genoma de caiaué.

persas
natural
Tocant
potenci
e a alta

produti
ranjos
do extr
cadeia
sempre
do à m
“Pesqu
Econôm
gico e a
nadas p
do MCT
nativas

a
A
da no te
dentre a
et al., 20
favorável
sene (C
de óleo
apresent
incluindo
2006; R
et al., 20

Figura 6.3

6.5 Palmeiras nativas

No Brasil, ocorrem palmeiras que ocupam aproximadamente 40 milhões de hectares, dispersas em diversos ambientes. Podemos citar como de maior interesse: (i) macaúba, em maciços naturais e antrópicos no cerrado; (ii) babaçu, em áreas específicas do Maranhão, Piauí, Ceará e Tocantins; (iii) tucumã, no Amapá e Pará; e (iv) inajá, em Roraima, Amapá e Pará. Todas apresentam potencial para a produção de biocombustível, considerando, principalmente, a ocorrência endêmica e a alta produtividade de óleo.

A partir de mapeamento agroecológico-ecológico dos maciços e proposição de sistemas produtivos sustentáveis, a produção pode ser ainda estimulada por meio da estruturação de arranjos produtivos locais. As áreas de maciços de palmeiras são geralmente exploradas por meio do extrativismo, entretanto, este sistema enfrenta problemas para promover a sustentabilidade da cadeia produtiva. Desta forma, frente ao potencial destas palmáceas, vários projetos têm sido desenvolvidos visando equacionar estes entraves e estabelecer planos de manejo sustentável, visando à manutenção do suprimento de matéria-prima. Dentre eles menciona-se o projeto PROPALMA “Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Palmáceas para a Produção de Óleo e Aproveitamento Econômico de Coprodutos e Resíduos”, que foi proposto visando à promoção do domínio tecnológico e à domesticação de palmáceas, entre elas o babaçu, o tucumã, o inajá e a macaúba, selecionadas pela densidade energética e distribuição territorial. Este projeto foi financiado com recursos do MCTIC/FINEP, e constitui o principal projeto em rede nacional para a domesticação de palmeiras nativas com potencial agroindustrial.

a) Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

A macaúba (Figura 6.3) é uma palmeira nativa das florestas tropicais e amplamente distribuída no território brasileiro (LORENZI et al., 2004). Esta espécie é apontada como a mais promissora dentre as espécies nativas do Brasil (CICONINI et al., 2013; CONCEIÇÃO et al., 2015a; EVARISTO et al., 2016a). É uma oleaginosa com alto potencial de rendimento de frutos e óleo, com qualidade favorável à produção de bicombustíveis, seja biodiesel (NAVARRO-DIAZ et al., 2014) ou bioquerosene (CREMONEZ et al., 2015), apresentando potencial de rendimento entre 3.000 a 6.000 kg ha⁻¹ de óleo (MOTOIKE et al., 2013; NAVARRO-DIAZ et al., 2014). Além da citada capacidade oleífera, apresenta uma diversidade de potenciais coprodutos, a partir do aproveitamento de seus resíduos, incluindo carvão vegetal (SILVA et al., 1986), alimentação humana (HIANE et al., 2005; HIANE et al., 2006; RAMOS et al., 2008), ração animal (RUFINO et al., 2011; AZEVEDO et al., 2012; FONSECA et al., 2012), fármacos (LESCANO et al., 2015) e cosméticos (CALLEGARI et al., 2014).

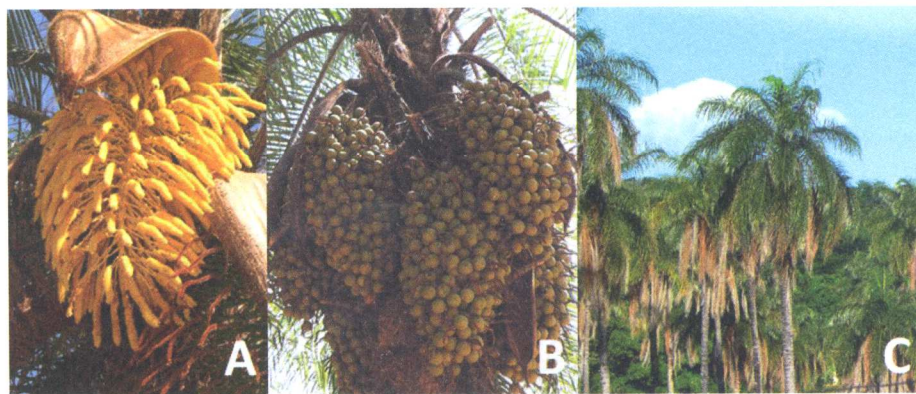


Figura 6.3. Inflorescência da macaúba (A). Cachos frutificados da macaúba (B). Maciço da região de Montes Claros, MG (C)
Fotos: Nilton T. V. Junqueira/Embrapa Cerrados

A utilização do óleo de macaúba, como fonte produtora de biodiesel, depende da domesticação da espécie, a fim de se obter maior produção e maior homogeneidade do produto. Com esse objetivo vem sendo desenvolvidos estudos em populações naturais e também estabelecidos experimentos controlados a campo. Nos últimos 10 anos, a pesquisa implantou coleções de germoplasma de genótipos desta espécie oriundos de diversas regiões do território brasileiro (CONCEIÇÃO et al., 2010; MANFIO et al., 2010; BERTON et al., 2013a). Estes genótipos vêm sendo avaliados e caracterizados, não somente em termos de produção, mas considerando também outras características importantes para superar e contornar as limitações da espécie e adequá-la a um cultivo racional (MANFIO et al., 2012; CONCEIÇÃO et al., 2013; BERTON et al., 2013b).

Para viabilizar a macaúba, como uma nova cultura, simultaneamente a pesquisa vem realizando estudos para estabelecer um sistema de cultivo capaz de explorar seu potencial de rendimento, considerando produção de mudas, plantio, adubação, irrigação, pragas e doenças (CONCEIÇÃO et al., 2015b; MOTOIKE et al., 2013). Além disso, têm-se realizado estudos relacionados com as fases de colheita, pós-colheita e processamento, também considerados importantes para alcançar ganhos em rendimento e qualidade dos produtos e possíveis coprodutos (FERRARI & AZEVEDO FILHO, 2012; SILVA & ANDRADE, 2013; NUNES et al., 2015; EVARISTO et al., 2016b). Mais recentemente, sistemas de produção integrados com lavoura, pecuária ou consórcio envolvendo frutíferas, vêm sendo estabelecidos e estudados.

Neste sentido, a Embrapa tem atuado como uma das protagonistas na coordenação de grandes projetos em nível nacional que envolveram a avaliação de espécies potenciais e, como resultado dos primeiros projetos, a macaúba foi identificada como a mais promissora oleaginosa alternativa. Estes projetos abrangeram ações de pesquisa, algumas em andamento, em diversos temas:

• Recursos genéticos e melhoramento genético

- Levantamento de áreas de ocorrência de populações naturais por imagens de satélites no território brasileiro;
- Avaliações *in situ* de populações naturais de macaúba em diversas regiões e estimativas do potencial da espécie (Figura 6.4, Figura 6.5);
- Estudos de diversidade genética em populações naturais;
- Coleta de germoplasma, conservação, caracterização e avaliação dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados (Figura 6.6);
- Seleção Genômica Ampla;
- Estudos relacionados com a propagação via cultura de tecidos;

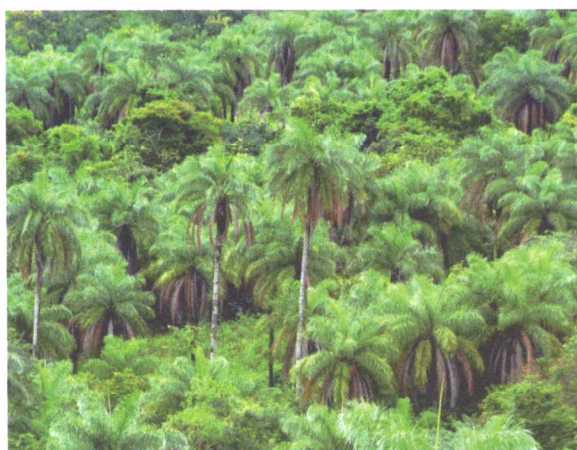


Figura 6.4. Maciço Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, 2013
Foto: Léo D.H.C.S. da Conceição/Embrapa Cerrados

Figura 6.
macaúba
avaliada

• E
• F
• A
ranjos de
• I
• D

de da domes-
produto. Com
estabelecidos
ações de ger-
sileiro (CON-
os vêm sendo
ando também
e adequá-la a
(2013b).

isa vem reali-
de rendimen-
CONCEIÇÃO
ados com as
para alcançar
& AZEVEDO
(2013b). Mais recen-
vendo frutife-

ção de gran-
como resulta-
nosa alterna-
rsos temas:

e satélites no

estimativas do

os do Banco

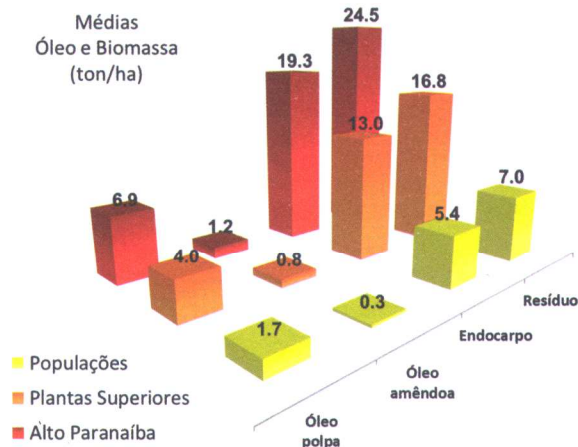


Figura 6.5. Estimativa de potencial produtivo de óleo e biomassa com base em avaliações de cinco populações naturais de macaúba (Alto Paranaíba, Montes Claros, Lavras, Distrito Federal, Formosa e Combinado). Média das cinco populações avaliadas (Populações), média das plantas superiores/população (Plantas Superiores) e média das superiores da melhor população (Alto Paranaíba) (Adaptado de Conceição et al., 2015b)



Figura 6.6. Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2016
Foto: Léo D.H.C.S. da Conceição/Embrapa Cerrados

• Desenvolvimento de sistema de produção:

- Estudos de germinação;
- Produção de mudas;
- Avaliação de fatores relacionados com o sistema de cultivo como adubação, irrigação, arranjos de densidade e espaçamento, e identificação de pragas e doenças potenciais (Figura 6.7);
- Identificação do ponto de colheita ideal e estudos de pós-colheita;
- Desenvolvimento referente a sistemas integrados com lavoura e produção animal.

- **Qualidade da matéria-prima e processamento:**

- Caracterização do conteúdo e qualidade do óleo de coletas realizadas em populações naturais;
- Avaliação da qualidade do biodiesel produzido e testes em motores;
- Determinação das condições adequadas de armazenamento, processamento e extração do óleo;
- Trabalhos relacionados com o aproveitamento de resíduos e coprodutos.

- **Análise socioeconômica e impactos ambientais:**

- Estudos da cadeia produtiva;
- Viabilidade econômica e do sistema de produção;
- Balanço energético e balanço de carbono.



Figura 6.7. Ensaio de Irrigação e Adubação em Macaúba da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2016.
Foto: Léo D.H.C.S. da Conceição/Embrapa Cerrados.

O Brasil apresenta potencial para expansão agrícola com melhor aproveitamento de áreas com pastagens (DALL'AGNOL et al., 2010), que somam cerca de 173 milhões de hectares (IBGE, 2006) e estima-se que mais de 70% das pastagens cultivadas encontram-se em algum estágio de degradação (ZIMMER et al., 2012). Neste contexto, com base no potencial da macaúba, existe espaço para esta nova oleaginosa em crescimento como uma nova planta cultivada.

Nos últimos 10 anos, houve um crescimento significativo em relação à geração de conhecimento e desenvolvimento tecnológico em espécies alternativas para óleo vegetal, como a macaúba. Em 2013, foi realizado o 1º Congresso Brasileiro de Macaúba, dada a dimensão da importância desta nova oleaginosa. Empresas e universidades de países como a Espanha e Alemanha têm investido em grandes projetos no Brasil que envolvem a macaúba esta espécie. A Embrapa e outras instituições de pesquisa, como a Universidade Federal de Viçosa e o Instituto Agrônomo de Campinas, têm mantido programas de pesquisa em macaúba que visam trazer esta espécie para o cenário agrícola brasileiro.

Muitos parceiros têm ajudado nessa empreitada, principalmente, a Petrobras, a Finep, o CNPq e Ministério do Desenvolvimento Agrário. As bases científicas e operacionais desses programas vêm sendo construídas e vivemos um momento crucial de transformação desse potencial em realidade, não somente com cultivares comerciais para essa nova cultura, mas também com técnicas para um sistema de produção sustentável. Futuramente, com políticas adequadas e programas de melhoramento genético combinado com estratégias biotecnológicas avançadas, a macaúba poderá atingir o *status* de cultura de importância econômica, contribuindo com a produção de óleo no Brasil junto com a soja e o dendê. No entanto, atualmente, o maior desafio é a manutenção dos investimentos nesses programas de pesquisas para garantir a “colheita” desses resultados extraordinários que a macaúba tem apresentado.

b) Babaçu (*Orbignya phalerata*)

O babaçu é uma palmeira brasileira de grande porte, com elevado número de frutos por cacho (Figura 6.8), sendo o fruto uma drupa, com sementes oleaginosas e comestíveis, das quais se extrai o óleo utilizado, principalmente, na alimentação. Apresenta uma produção de óleo por hectare comparável à da soja, sendo explorado por seu potencial para a cogeração de energia. A partir da casca do coco de babaçu produz-se carvão vegetal e gorduras comestíveis, entretanto seu potencial continua inexplorado, devido à falta de escala e estrutura produtiva.

Os babaçuais brasileiros concentram-se nas regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste, merecendo maior destaque a região Nordeste que possui uma área de cerca de 12 milhões de ha plantados, sendo que a maior parte está concentrada no estado do Maranhão. Neste estado, as atividades envolvidas com o coco de babaçu geram cerca de 300 mil empregos, desde a coleta (quebradeiras de coco) até o refino do óleo dele extraído (SILVA et al., 2006). Mensalmente, são extraídas em torno de 140.000 t de amêndoas (LIMA et al., 2007). Várias partes do fruto podem ser utilizadas como fontes energéticas: epicarpo (11%) para utilização direta como combustível primário; mesocarpo (23%) para produção do álcool; endocarpo (59%) para produção de carvão e gases; e amêndoa (7%) para produção de óleo e corresponde de 6 a 8% do peso do coco integral.



Figura 6.8. Planta de babaçu com produção de frutos
Foto: Eugênio Emerito, Embrapa Meio-Norte

O óleo do babaçu (rico em ácido láurico) pode ser utilizado na fabricação de sabão, sabonetes e cosméticos em geral. Na culinária, o uso é muito restrito, uma vez que não compete em preço e em qualidade nutricional com outros óleos, como o de soja, girassol e amendoim. A torta do babaçu, apesar de possuir qualidade inferior à da soja, tem espaço nas formulações regionais de rações para animais (PORTO, 2004). O fruto tem potencial para obtenção de óleo comestível, margarinas, na indústria de cosméticos, sabões, velas, carvão, etanol, furfural, ácido acético, metanol, alcatrão, celulose, papel, álcool hidratado e anidro.

Da amêndoa, além do principal produto, que é o óleo, podem ser obtidas rações, ácidos graxos e glicerinas. A partir da polpa da semente pode ser extraído óleo por processos tradicionais de prensagem, seguida apenas por neutralização e purificação. O esmagamento do coco babaçu produz dois tipos de óleos: um para fins comestíveis e outro para fins industriais.

No que tange à produção de óleo combustível, o óleo de babaçu possui características excelentes para produção de biodiesel, devido à sua composição ser predominantemente láurica. Isso facilita a reação de transesterificação, pois os ésteres láuricos são compostos de cadeias curtas que interagem mais efetivamente com o agente transesterificante e com o catalisador. O resultado é um produto, o biodiesel, de excelentes características físico-químicas, inclusive quando o catalisador é diferente do NaOH, que é o mais utilizado (LIMA et al., 2007). Os mesmos autores obtiveram biodiesel de babaçu via transesterificação alcalina, utilizando as rotas metílica e etílica. A reação alcançou rendimentos 71,8 (biodiesel metílico) e 62,2% (biodiesel etílico) em massa.

Nesse contexto, vale ainda ressaltar que o óleo de babaçu foi tomado como referência para a síntese de padrões cromatográficos e estabelecimento de método para dosagem da composição de ésteres de ácidos graxos, presentes no biodiesel. Estes padrões cromatográficos (ésteres de ácidos graxos) permitiram quantificar com maior precisão a formação de ésteres obtidos na transesterificação enzimática de óleos vegetais, com os álcoois de cadeia curta, etanol, propanol e butanol (URIESTE et al., 2008).

O estudo conduzido por Lima et al. (2007) demonstra que o óleo de babaçu é apropriado para a obtenção do biodiesel, sem a necessidade de tratamento prévio. Os parâmetros físico-químicos do biodiesel metílico e etílico encontraram-se dentro dos limites permitidos pela ANP, o que confirma a qualidade do óleo de babaçu para a produção do biocombustível. Os perfis cromatográficos do óleo e das amostras de biodiesel, indicaram predominância de ácido láurico/laurato, seguido pelo ácido mirístico/miristato e outros ácidos saturados, que aliado à pequena proporção de ácidos graxos insaturados, conferem ao biodiesel de babaçu uma alta estabilidade oxidativa.

Para a produção do biodiesel a partir do babaçu tornar-se viável, é necessária a produção em larga escala, mecanizada, que atenda a demanda exigida pelas indústrias, o que acarretaria em dificuldades do sistema tradicional realizado pelas “quebradeiras” de forma extrativista. Um viés da utilização do babaçu em relação à produção de biodiesel é limitado ao apelo dos produtos sociais, ecologicamente corretos e o seu 100% de aproveitamento.

Torna-se necessária uma reformulação do sistema de produção do babaçu para que este se torne competitivo no mercado do biodiesel, em relação à produção de outras oleaginosas (FERRARI et al., 2012). Esta reformulação depende do reconhecimento de que, tal como está estruturada hoje, a atividade extrativa não conseguiria se adequar às pressões de uma indústria com uma capacidade de processamento crescente, sem que fosse feito um trabalho de reestruturação desta

cadeia
relaçõ

do um
Adicion
na pro
e elimi
pois pe
os forn
maior c
reduçã
biocom

tronco,
gam a t
ticas da
potenci
Amapá
da, que
indústria
comerci

Os
da por ce
de não ra
mirístico (

cadeia como um todo, não só das relações de reprodução do capital humano, mas também das relações comerciais e produtivas envolvidas ao longo do processo.

Devido ao fato dos babaçuais ocorrerem de maneira dispersa nas regiões produtivas, é gerado um maior custo tanto no processo de coleta quanto no transporte destes cocos até as indústrias. Adicionalmente, as diferentes densidades de babaçuais existentes provocam maior variabilidade na produção em termos de rendimento. Uma possibilidade para se reduzir os custos de produção e eliminar os agentes intermediários, seria a integração vertical da cadeia produtiva do babaçu, pois permitiria uma melhor organização da produção e maior aproximação entre as indústrias e os fornecedores da matéria-prima. Essa integração traria também outras vantagens, como obter maior controle da produção, qualidade da matéria-prima e garantia de suprimento. Isso resultaria na redução dos custos de produção do biodiesel obtido, tornando-o mais competitivo no mercado dos biocombustíveis (FERRARI et al., 2012).

c) Tucumã (*Astrocaryum murumuru* Mart.)

O tucumã é uma espécie perene, ainda não domesticada, de ocorrência no Amazonas. O tronco, as folhas e o cacho são recobertos de espinhos resistentes. Os espinhos, do tronco, chegam a ter comprimento superior a 20 cm, tornando penosa a colheita desta semente. As características da planta são sua elevada densidade energética e bom rendimento de óleo (Figura 6.9), com potencial de 38 litros de óleo/planta/ano, avaliados em estudos exploratórios em alguns maciços do Amapá e Pará. O óleo extraído das amêndoas do tucumã transforma-se em uma gordura semi-sólida, que é utilizada na indústria de cosméticos para fabricação de sabonetes, cremes e xampus e na indústria de tintas como secativo. Apesar do seu potencial econômico, a espécie é pouco explorada comercialmente, provavelmente, pela dificuldade no seu manuseio, conforme mencionado.



Figura 6.9. Planta de tucumã com produção de frutos
Foto: Marcos Oliveira, Embrapa Amazônia Oriental

Os frutos de tucumã são constituídos de polpa e amêndoa, sendo que esta última é constituída por cerca de 50% de gordura branca, inodora e sem gosto especial, que apresenta a vantagem de não rancificar facilmente, pois é rica em ácidos graxos saturados de cadeia curta como láurico e mirístico (LOPES et al., 2008).

As amêndoas são semelhantes às do babaçu e podem ser trabalhadas, para produção de gordura, seja com prensas hidráulicas, seja pela extração por solventes. A utilização das gorduras das amêndoas de tucumã como matéria-prima para a produção de biodiesel é viável por meio de reação de transesterificação. Esta reação apresenta conversão de cerca de 80% na temperatura de 50 °C, com 1,0% de catalisador hidróxido de potássio e com uma relação molar gordura/etanol de 1/9. Observa-se também que a relação molar é o fator de maior influência, aumentando a conversão com o aumento da massa de etanol usada (LOPES et al., 2008).

d) Inajá (*Maximiliana maripa*)

O Inajá (Figura 9.a) está presente em toda região Amazônica, com maior concentração em Roraima e no Amapá, possui fruto com elevada quantidade de óleo. O mesocarpo (polpa) representa 30% do peso do fruto. Com rendimento de óleo na polpa de 29%, em média 5 kg de óleo são obtidos por 18 kg de polpa. O inajá tem ocorrência nos mais diversos ambientes, desde florestas primárias e secundárias, ambientes estes em que aparecem em baixa densidade, até mesmo em áreas abertas, normalmente em sucessão derrubadas e queimadas, onde surge em grandes densidades (Figura 6.10b). Ocorre, também, como palmácea invasora de pastagens, apresentando peso do cacho com aproximadamente 60 kg (Figura 6.10a).

Estudos têm demonstrado que o inajá é capaz de produzir cerca de 4.000 litros de óleo por hectare ao ano. Esse valor supera em produtividade, outras fontes tradicionais de biocombustíveis e confirma o grande potencial da palmeira na produção de óleos para atender ao crescente mercado de biodiesel. A planta, no entanto, possui palmito nobre, polpa e amêndoas, das quais é extraído óleo, que pode ser utilizado na indústria alimentícia, de cosméticos, de produtos farmacêuticos e rações.



Figura 6.10 (a) Matriz promissora de Inajá e (b) plantas adultas
Fotos: Otoniel Ribeiro Duarte, Embrapa Roraima

O inajá apresenta-se como uma promissora palmeira oleaginosa, tanto pelo volume de óleo produzido por planta quanto pelo elevado número de plantas por hectare que ocorre nas pastagens manejadas da região de mata de transição de Roraima. A exploração é extrativista e várias ações de pesquisas visam dar suporte a esse tipo de aproveitamento. Inicialmente, a estratégia consiste na identificação e mapeamento de maciços de ocorrência natural do inajá e, posteriormente, avaliar esses maciços quanto às suas características e também determinar o potencial produtivo dos mesmos.

forma d
momen
mento
a fim de
focada
possa s

6

A
ra, tend
também
ção da p

A
e sua su
de biodi
suporte
gético, n
pinhão-n
dutivida
às dema
desenvo
mente.

6.

AL
new insig
molecula

Al
brasileiro
br/78135:

ATA
resource
2093, 201

AZ
E. R.; GE
na dieta. P

BAF
sementes
Amazônia
Brasil, p.

BEF
e avaliaçã
APTA Lest
Preto, SP.

Outra iniciativa importante da Embrapa é a determinação do ponto ideal de colheita como forma de garantir maior qualidade do óleo. Esta ação tem o propósito de indicar aos produtores o momento correto em que os frutos devem ser colhidos de forma a melhorar a qualidade e o rendimento do óleo, com impactos diretos na sustentabilidade e rentabilidade da atividade. Além disso, a fim de que o inajá possa vir a ser explorado comercialmente, os pesquisadores da Embrapa têm focado no desenvolvimento de um sistema de produção sustentável para a produção de óleo, que possa ser utilizado para a produção de biocombustíveis.

6.6 Considerações finais

A participação dos biocombustíveis aumentará gradativamente na matriz energética brasileira, tendo o biodiesel papel importante não só por contribuir para a diversificação dessa matriz, mas também por auxiliar na resposta a questões relacionadas com a distribuição de renda, regionalização da produção e a segurança ambiental.

A soja é atualmente a oleaginosa com maior participação na cadeia de produção do biodiesel e sua supremacia continuará nos próximos anos. Em cenários futuros, com aumento das misturas de biodiesel no diesel (B10, B20), torna-se fundamental o desenvolvimento tecnológico para dar suporte a incorporação gradativa de novas fontes de matérias-primas, de maior adensamento energético, na produção do biodiesel. Conforme indicado anteriormente, espécies alternativas, como o pinhão-manso e palmeiras nativas (macaúba, tucumã, babaçu e inajá) em função das maiores produtividades potenciais e das aptidões edafoclimáticas, tornam-se opções promissoras para atender às demandas quantitativas e ecorregionais do PNPB. Obviamente, investimentos em pesquisa e desenvolvimento dessas culturas são condições necessárias a fim de viabilizá-las socioeconomicamente.

6.7 Referências Bibliográficas

ALVES, Alexandre Alonso et al. Joint analysis of phenotypic and molecular diversity provides new insights on the genetic variability of the Brazilian physic nut germplasm bank. **Genetics and molecular biology**, v. 36, n. 3, p. 371-381, 2013.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis* 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/78135>>. Acesso em: 22/07/2016.

ATABANI, Abdelaziz E. et al. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 16, n. 4, p. 2070-2093, 2012.

AZEVEDO, R. A.; RUFINO, L. M. A.; SANTOS, A. C. R.; SILVA, L. P.; BONFÁ, H. C.; DUARTE, E. R.; GERASEEV, L. C. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.11, p.1663-1668, 2012.

BARCELOS, E.; NUNES, C. D. M.; CUNHA, RNV da. Melhoramento genético e produção de sementes comerciais de dendezeiro. **iJM Viégas & AA Müller (eds.). A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. Embrapa Amazônia Oriental/Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, Pará, Brasil**, p. 145-174, 2000.

BERTON, L. H. C.; AZEVEDO FILHO, J. A.; SIQUEIRA, W. J.; COLOMBO, C. A. Implantação e avaliação preliminar do banco ativo de germoplasma de macaúba (*Acrocomia aculeata*) do IAC/APTA Leste Paulista. In: VII WORKSHOP AGROENERGIA: MATÉRIAS PRIMAS, 2013, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campinas: IAC, 2013a.

a produção de
das gorduras
el por meio de
temperatura de
dura/etanol de
o a conversão

concentração em
(polpa) repre-
g de óleo são
desde florestas
é mesmo em
grandes densi-
entando peso

s de óleo por
ombustíveis e
ente mercado
ais é extraído
macêuticos e



ime de óleo
s pastagens
as ações de
consiste na
, avaliar es-
os mesmos.

BERTON, L. H. C.; AZEVEDO FILHO, J. A.; SIQUEIRA, W. J.; COLOMBO, C. A. Seed germination and estimates of genetic parameters of promising macaw palm (*Acrocomia aculeata*) progenies for biofuel production. **Industrial Crops and Products** (Print), v.51, p.258-266, 2013b.

BHERING, L. L. et al. Comparison of methods used to identify superior individuals in genomic selection in plant breeding. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 14, n. 3, p. 10888, 2015.

BHERING, Leonardo Lopes et al. Differential response of *Jatropha* genotypes to different selection methods indicates that combined selection is more suited than other methods for rapid improvement of the species. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 260-265, 2013.

CALLEGARI, F. C.; CREN E. C.; ANDRADE, M. H. C. Perspectivas da utilização dos óleos da macaúba (*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. Ex mart) no desenvolvimento de cosméticos. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. 2014, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis-SC: ABEQ, 2014.

CICONINI, G; FAVARO, S.P; ROSCOE, R.; MIRANDA, C.H.B.; TAPETI, C.F.; MIYAHIRA, M.A.M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO, A.V.; COLNAGO, L.A.; NAKA, M.H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products** (Print), v. 45, p. 208-214, 2013.

CONCEIÇÃO, H. E. O.; MULLER, A. A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2000. p. 31-44.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; ANTONIASSI, R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FARIAMACHADO, A. F.; ROGÉRIO, J. B.; DUARTE, I. D.; BIZZO, H. R. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BMC Research Notes**, v.8, n.406, 2015a.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; BRANDAO, L. S.; ASSIS, J. F.; CASTRO, P. R.; SILVA, N. P.; NASCIMENTO, C.; GOMES, V. P.; SOUZA, W. L.; MATOS, R. S.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Divergência em acessos de macaúba com base em caracteres morfológicos. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 2013, Patos de Minas, MG. **Resumos...** Brasília: MAPA, 2013.

CONCEICAO, L. D. H. C. S.; CARGNIN, A.; COSTA, C. J.; SILVA NETO, S. P.; JUNQUEIRA, N. T. V. Perfil do banco ativo de germoplasma de macaúba da Embrapa Cerrados. In: 4º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL; 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2010, Belo Horizonte, MG. **Biodiesel: Inovação Tecnológica e Qualidade**. Lavras: UFLA, 2010a. v.2, p.629-630.

CONCEIÇÃO, L.D.H.C.S.; JUNQUEIRA, N.T.V; MOTOIKE, S.Y.; PIMENTEL, L.D.; FAVARO, S.P.; BRAGA, M.F.; ANTONIASSI, R. **Macaúba**. In: LOPES, R.; OLIVEIRA, M.S.P.; CAVALLARI, M.M.; BARBIERI, R.L.; CONCEIÇÃO, L.H.C.S.C. (Eds.). **Palmeiras Nativas do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2015b. p.269-305.

CREMONEZ, Paulo André et al. Biodiesel production in Brazil: current scenario and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 415-428, 2015.

DHARMA, S. et al. Optimization of biodiesel production process for mixed *Jatropha curcas*–*Ceiba pentandra* biodiesel using response surface methodology. **Energy Conversion and Management**, v. 115, p. 178-190, 2016.

DIAS, LA dos S. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. **Viçosa, MG**, v. 1, p. 1-40, 2007.

DIVAKARA, B. N. et al. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. **Applied Energy**, v. 87, n. 3, p. 732-742, 2010.

DOMICIANO, Gisele Pereira et al. Genetic parameters and diversity in progenies from Macaw Palm based on morphological and physiological traits. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1599-1605, 2015.

DRANSFIELD, John et al. A new phylogenetic classification of the palm family, *Arecaceae*. **Kew Bulletin**, p. 559-569, 2005.

DUKE, James A. et al. Handbook of energy crops. 1983.

EVARISTO, A. B.; GROSSI, J. A. S.; PIMENTEL, L. D.; GOULART, S. M.; MARTINS, A. D.; SANTOS, V. L.; MOTOIKE, S. Y. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. **Industrial Crops and Products**, v.85, p.63-73, 2016a.

EVARISTO, A.B.; GROSSI, J.A.S.; CARNEIRO, A.C.O.; PIMENTEL, L.D.; MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N. Actual and putative potentials of macauba palm as feedstock for solid biofuel production from residues. **Biomass and Bioenergy**, v.85, p.18-24, 2016b.

FERRARI, R. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Macauba as promising substrate for crude oil and biodiesel production. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.2, p.1119-1126, 2012.

FEY, Rubens et al. Relações interdimensionais e produtividade de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em sistema silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 613-624, 2014.

FONSECA, M. P.; GERASEEV, L. C.; RUFINO, L. M. A.; GARCIA, I. F. F.; SOUZA, R. M.; COSTA NETO, P. P. Use of macauba cake replacing corn on carcass characteristics and body measurements of Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1231-1235, 2012.

HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; MACEDO, M. L. R. Óleo da polpa e amêndoa de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd. Caracterização e composição em ácidos graxos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.3, p.256-259, 2005.

HIANE, P.A.; BALDASSO, C.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.683-689, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Estatísticas e Séries Históricas**. 2006. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO03&sv=1&t=utilizacao-das-terras-ha>. Acesso em: 09 mar. 2016.

KUMAR, Ashwani; SHARMA, Satyawati. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. **Industrial crops and products**, v. 28, n. 1, p. 1-10, 2008.

LAVIOLA, B. G., BARROS, R., KENJI, A., BARBOSA, T., & LOPES, L. Genetic improvement of *Jatropha* for biodiesel production. **Ceiba**, v. 51, p. 1-10, 2010

LAVIOLA, Bruno Galvêas et al. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-manso em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 356-363, 2014.

LAVIOLA, Bruno Galvêas et al. Estimates of repeatability coefficients and selection gains in *Jatropha* indicate that higher cumulative genetic gains can be obtained by relaxing the degree of certainty in predicting the best families. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 70-76, 2013.

LAVIOLA, Bruno Galveas et al. Morpho-agronomic characterization of the germplasm bank of *Jatropha* young stage. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 371-379, 2011.

LESCANO, C. H.; IWAMOTO, R. D.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; KASSUYA, C. A. L. Diuretic and Anti-Inflammatory Activities of the Microencapsulated *Acrocomia aculeata* (Arecaceae) Oil on Wistar Rats. **Journal of Medicinal Food**, v.18, n.6, p.656-662, 2015.

LIMA, J. R. O.; da Silva, R. B., da Silva, C. C. M., & Soares, L. S. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. **Quimica Nova**, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LOPES, J. P.; CORRÊA, N. C.; FRANÇA, L. F. Transesterificação de óleo de murumuru (*Astrocaryum murumuru*) para a produção de biodiesel. 2010.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2004. 432 p.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; RESENDE, M. D. V.; SANTOS, C. E. M.; SATO, A. Y. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Pesquisa Florestal Brasileira** (Impresso), v. 32, p.63-68, 2012.

MARTINS, Lima Deleon et al. Simultaneous selection of physic nut genotypes (*Jatropha curcas* L.) for efficient absorption and utilization of N and P. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 3, p. 248, 2015

MIRANDA, I. P. A. et al. **Frutos da palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT-INPA, 2001. 120 p.

MOTOIKE, S. Y.; CARVALHO, M.; PIMENTEL, L. D.; KUKI, K. N.; PAES, JOSÉ M. V.; DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y. **A cultura da macaúba: implantação e manejo de cultivos racionais**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013. v.1. 61p.

NAVARRO-DIAZ, Helmut J. et al. Macauba oil as an alternative feedstock for biodiesel: characterization and ester conversion by the supercritical method. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 93, p. 130-137, 2014.

NUNES, A. A.; FAVARO, S. P.; GALVANI, F.; MIRANDA, C.H.B. Good practices of harvest and processing provide high quality Macauba pulp oil. **European Journal of Lipid Science and Technology** (Print), v.117, 2015.

PECINA-QUINTERO, Víctor et al. Molecular characterisation of *Jatropha curcas* L. genetic resources from Chiapas, México through AFLP markers. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1897-1905, 2011.

PEIXOTO, Leonardo A. et al. Oil content increase and toxicity reduction in jatropha seeds through family selection. **Industrial Crops and Products**, v. 80, p. 70-76, 2016.

PORTO, M. J. F. **Estudo preliminar de dispositivo de quebra e caracterização dos parâmetros físicos do coco babaçu**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

RAMALHO-FILHO, Antonio et al. Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, p, 2010.

RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P.A.; BRAGA NETO, J.A.; SIQUEIRA, E.M. A. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.90-94, 2008.

RAO, D. M.; SUBRAMANYAM, K.; DEVANNA, N.; ARAVINDA, A.; PANDURANGADU, V. Evaluation of genetic diversity among *Jatropha curcas* (L.) by RAPD analysis. **Indian Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 3, p. 283-288, 2010.

RIST, Lucy; FEINTRENIE, Laurene; LEVANG, Patrice. The livelihood impacts of oil palm: smallholders in Indonesia. **Biodiversity and conservation**, v. 19, n. 4, p. 1009-1024, 2010.

ROCHA, Rodrigo Barros et al. Adaptabilidade e estabilidade de famílias de meios irmãos de pinhão-manso em diferentes regiões do Brasil. **Ceres**, v. 63, n. 2, 2016.

ROCHA, Rodrigo Barros et al. Genetic progress in seed yield of physic nut (*Jatropha curcas* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 49, p. 4406-4413, 2015.

ROSADO, Tatiana B. et al. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop L. in Brazil. **Crop Science**, v. 50, n. 6, p. 2372-2382, 2010.

RUFINO, L. M. A.; BARRETO, S. M. P.; DUARTE, E. R.; GERASEEV, L. C.; SANTOS, A. C. R.; JARUCHE, Y. G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.899-903, 2011.

SATO, Michelle et al. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. **Revista Varia Scientia**, v. 7, n. 13, p. 47-62, 2009.

SHARMA, Shivani; DHAMIJA, Hitesh K.; PARASHAR, Bharat. *Jatropha curcas*: a review. **Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science**, v. 2, n. 3, p. 107-111, 2012.

SILITONGA, A. S. et al. A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3733-3756, 2011.

SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of Macauba Palm tree. **Journal of Food Process Engineering**, v.36, p.134-145, 2013.

SILVA, J. C.; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Encarpos de babaçu e macaúba comparados à madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. **Ipef**, v.34, p.31-39, 1986.

SILVA, S. C. et al. Produção de biodiesel a partir de óleo de babaçu utilizando mistura dos alcoóis metano-etanol. In: **Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, Brasília**. 2006. p. 135-140.

URIOSTE, D. et al. Síntese de padrões cromatográficos e estabelecimento de método para dosagem da composição de ésteres de ácidos graxos presentes no biodiesel a partir de óleo de babaçu. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 407-412, 2008.

YADAV, Santosh Kumar et al. Bioaccumulation and phyto-translocation of arsenic, chromium and zinc by *Jatropha curcas* L.: impact of dairy sludge and biofertilizer. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 20, p. 4616-4622, 2009.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 46p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 189).