

## APROVEITAMENTOS DA MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) NA PRODUÇÃO DE BIOCOMUSTÍVEIS .

Laura Costa dos Anjos Rodrigues<sup>1</sup>  
Riuzuane Michelle Bezerra Pedrosa Lopes<sup>2</sup>

### RESUMO

A necessidade de se buscar produtos sustentáveis para a substituição de combustíveis fósseis e a proteção do meio ambiente vem levando aos estudos de matérias primas que sejam sustentável e promissora, No Brasil os biomas Cerrado e Pantanal possuem inúmeras espécies nativas com alto potencial para exploração econômica nos setores alimentício, farmacêutico e principalmente o de biocombustíveis . A macaúba palmeira de ampla distribuição nesses dois biomas, pode ser considerada uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata, devido à elevada produtividade de óleos e aproveitamento total dos co-produtos, além do sistema de cultivo considerado sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico, o óleo extraído da macaúba tanto o da polpa quanto o da amêndoa é uma importante fonte para a produção de biodiesel, em seu estado bruto consiste predominantemente de triacilgliceróis (95%) e ácidos graxos livres, A projeção para a produção de biodiesel no âmbito mundial indica crescimento de 4,5% a.a ou seja, mais do que o dobro do previsto para a de óleos vegetais, de 2% a.a. Além do óleo da macaúba se aproveita todas as suas partes as folhas para ração animal, o endocarpo para cavão ativado e para sequestro de CO<sub>2</sub>, e a lenha também tem seu aproveitamento, pode ser plantada em associação com outras culturas tornando assim a macaúba um produto sustentável, viável e promissora a longo prazo para diversos setores por este motivo o objetivo deste trabalho é mostrar o quanto promissora é esta planta .

**Palavras-chave:** Biocombustível, Renovável, Agricultura.

### INTRODUÇÃO

A macaúba é o fruto de uma palmeira de ampla distribuição no Cerrado e no Pantanal pode ser considerada uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata, devido sua elevada produtividade de óleos e aproveitamento total dos seu coprodutos, além de seu sistema de cultivo considerado do ponto de vista social, ambiental e econômico sustentável, ele pode ser utilizada para diversos fins como as folhas na nutrição animal, os frutos para a produção de farinha e óleos a casca e o endocarpo para biomassa e o endocarpo também pode ser utilizado para produção de carvão ativado. o óleo pode ser extraído da polpa e da amêndoa. Diversos trabalhos vem sendo realizado com a macaúba em laboratórios onde os resultados mostram qualidades para diversos usos do óleo como medicinais, alimentícios e bioenergéticos. Devido a sua importante contribuição em várias áreas alguns estados vem dando ênfase ao cultivo desta palmeira e de outras plantas

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Energias renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [laur\\_acosta@hotmail.com](mailto:laur_acosta@hotmail.com);

<sup>2</sup> Professor orientador: doutora, Universidade Federal da Paraíba- UFPB, [riuzuani@cear.ufpb.br](mailto:riuzuani@cear.ufpb.br).

oleaginosas como é o caso de Minas Gerais que criou o decreto Nº 45940 DE 27/03/2012 que Dispõe sobre a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas - Pró-Macaúba, instituída pela Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011, onde cria uma série de normas visando o melhor aproveitamento destas culturas.

A Embrapa Também vem pesquisando a utilização da macaúba para a produção de biodiesel com promissores resultados com potencial comprovado em populações (maciços). Em maciços da espécie *Acrocomia aculeata* observados na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, as melhores plantas alcançaram 6,9 toneladas/hectare de óleo de polpa, utilizado na produção de biocombustíveis; 1,2 toneladas/hectare de óleo de amêndoa, destinado à fabricação de cosméticos e farelo para alimentação humana; 19,3 toneladas/hectare de endocarpo, matéria-prima para a produção de carvões vegetal e ativado; e 24,5 toneladas/hectare de resíduo de polpa e da amêndoa, que constituem a torta que serve para a produção de ração ou farelo para os animais.

Com uma produtividade média geral de 114,1 kg/planta/ano, considerando as regiões avaliadas, a produtividade esperada é de pelo menos 45,6 toneladas/hectare de cachos para uma densidade de cultivo de 400 plantas/hectare. Se for considerada uma eficiência de 70% da extração, o rendimento bruto de óleo por prensagem do fruto fresco poderá atingir 4 toneladas de óleo/hectare/ano da polpa e 0,8 tonelada de óleo/hectare/ano da amêndoa. Diante do que foi pesquisado esse artigo tem o objetivo de mostrar um pouco do potencial do fruto da macaúba em várias atuações e principalmente na parte bioenergética.

## **METODOLOGIA**

Neste trabalho foram realizadas consultas bibliográficas nas bases de dados da “*Plataforma Capes*”, “*ScienceDirect*” e “*SciELO*”, nos quais foram levantados aspectos do uso da macaúba na produção de biodiesel. Para construção dos resultados considerou-se firmar a pesquisa bibliográfica sob três grandes aspectos:

1. Trazer as questões ambientais sobre a macaúba
2. Abordar acerca do uso da macaúba para produção de biodiesel

## DESENVOLVIMENTO

### Macaúba

A Macaúba (*acrocomia aculeata*) também conhecida como coco de espinho, macaúba ou coco baboso é uma palmeira pertence à família das *Arecaceae* podendo atingir 20 m de alturas com diâmetro de 30 cm seus cachos podem pesar até 60 kg produzindo de 4 a 6 cachos por ano podendo viver até 100 anos mostrado na figura 1. Seu período de floração de janeiro a fevereiro com frutificação entre março e abril.

macaúba distribui-se ao longo de grande parte da América Latina, expandindo-se desde o Paraguai até a Argentina passando pelo sul do Brasil e chegando até a zona subtropical e tropical da América, porém ausente em dois países Equador e Peru. (Hederson et al.,1995)

Quanto ao Brasil, a *Acrocomia aculeata* é uma espécie que possui uma ampla ocupação geográfica no território brasileiro, sua distribuição ocorre no Sudeste nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, existe ainda concentrações nas regiões Nordeste e Norte do Brasil além de ser encontrada na região sul e continua passando pelo estado de Minas Gerais e toda região Centro-Oeste sendo amplamente espalhadas pelas áreas de cerrado, onde as maiorias concentrações de povoamentos naturais localizam-se nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. (CARVALHO; SOUZA; MACHADO,2011).

O fruto pode ser aproveitado desde a casca até a amêndoa algumas aplicações e potenciais proveniente do fruto podendo ser empregado em: alimentos, cosméticos, biocombustível, energia, lubrificantes, oleoquímica, ração animal, fertilizante orgânico, carvão ativado. Recentemente, no Brasil, vários estudos avaliaram o potencial da macaúba como recurso renovável de biomassa para geração de biocombustíveis líquidos e sólidos, bem como óleo para indústria de alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos.

Segundo Mirisola (2009) as folhas dessa espécie de palmeira são compostas (limbo dividido em folíolos), pinadas e de coloração verde-escuro, variando de quatro a cinco metros de comprimento as pinas da folha da macaúba se inserem em planos diferentes na raque, ou seja, em ângulos diversos, proporcionando à folha um aspecto plumoso. Possui copa rala e aberta com as folhas inferiores arqueadas, sendo que, em condições naturais, as folhas velhas e ressecadas se acumulam na base da copa. Além disso, possui o pecíolo (porção que une a folha ao caule), a bainha (estrutura que se encontra na base do pecíolo) e a raque (eixo da

folha) cobertos de espinhos muito finos, agudos e fortes, de coloração escura, medindo até 10 cm de comprimento. Quanto à quantidade, cada planta apresenta, geralmente, 20 a 30 folhas com aproximadamente 130 folíolos de cada lado da região central de cada folha.

O Fruto é formado por casca, polpa, endocarpo e amêndoa. O fruto da macaúba é esférico ou ligeiramente achatado, 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). Embora haja uma variação considerável para as várias regiões de ocorrência, 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%. a frutificação da palmeira se dá entre 6 e 8 anos, havendo plantas que, mesmo antes de atingir seu desenvolvimento completo, já frutificam.

Dependendo das condições locais de solo e clima, há plantas que frutificam com 4 anos de idade. O rendimento de frutos por planta é influenciado pela idade da palmeira, tratamentos culturais, condições climáticas, ataques de insetos e microorganismos etc. Além da produção variar de palmeira para palmeira, também varia de ano para ano. Geralmente ocorre uma boa produção no primeiro ano, uma produção regular no segundo ano e uma reduzida produção no terceiro ano, retornando com uma produção abundante no ano seguinte (COSTA, 2009).

Figura 01: Cachos da macaúba.



Fonte: Nilton Junqueira acesso em abril de 2019.

A macaúba apresenta uma madeira moderadamente pesada, dura e de longa durabilidade que pode ser empregada em construções rurais, na confecção de ripas, calhas para água, produção de mourões e estacas, entre outros. Além disso, pode-se obter do miolo do tronco uma fécula nutritiva. Ainda, segundo o mesmo autor, as folhas dessa palmeira fornecem fibras têxteis para fabricação de redes e linhas de pescar, além de possuírem caráter forrageiro. Outro uso comum é o emprego da palmeira no paisagismo (LORENZI 2002).

### **Óleos vegetais**

segundo Silva (2009) os óleos vegetais são substâncias líquidas insolúveis em água (hidrofóbicas), produzidas por muitas plantas oleaginosas e utilizados por vários setores, como na indústria química, farmacêutica, cosmética e de alimentos. Esta matéria prima, também, é uma importante fonte para a produção de biocombustíveis, já que se trata de uma fonte de energia renovável. Em seu estado bruto consistem predominantemente de triacilgliceróis (95%) e ácidos graxos livres. Outros componentes estão em menor quantidade, como fosfolipídeos, esteróis livres e esterificados, alcoóis triterpenos, tocoferóis, tocotrienóis, carotenóides, clorofilas, entre outros. Os triacilgliceróis, também conhecidos por triglicerídeos, são formados pela união de três ácidos graxos a uma molécula de glicerol através de ligações éster.

### **Biodiesel**

De acordo com a Legislação Federal, nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, conceitua-se o biodiesel como “um combustível derivado de biomassa renovável para a utilização em motores de combustão interna por ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005, art. 6º).

O primeiro registro do termo biodiesel na literatura científica data da década de 1980, onde foi encontrado no *Chemical Abstracts* o termo “bio-diesel”, popularizando-se a partir de então. Embora o termo seja novo, a história da utilização de óleos vegetais e gorduras como

matérias-primas para a produção de combustível remonta o final do século XIX, quando pesquisas foram iniciadas com o intuito de utilizar diferentes combustíveis em motores na indústria automobilística (BORUGADDA; GOUD, 2012). Segundo LEITE et. al., (2013) desde a década de 1920, o Brasil vem desenvolvendo pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível, que foram intensificadas após os choques do petróleo em 1973 e 1979. Foi implementado o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Produção de Energia (Pro-Óleo) e seus subprogramas, sendo descontinuado em meados da década de 1980. Somente na segunda metade da década de 2000 o interesse em biodiesel foi retomado devido à reestruturação da matriz energética brasileira. Pautado em argumentos econômicos, como diminuir a dependência do diesel importado; ambientais, para auxiliar na redução das emissões de gases geradores do efeito estufa; e sociais, pela oportunidade de reduzir as desigualdades regionais, foi colocado em execução em 2005 o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) que estrutura a cadeia produtiva e regula o mercado desse biocombustível no Brasil (IEA 2017).

Dez anos após o lançamento do PNPB, o programa alavancou o número de investimentos privados no setor de biodiesel em praticamente todo o Brasil e o mercado brasileiro deste biocombustível deixou de ser quase inexistente para figurar entre os maiores do mundo juntamente com Estados Unidos e Alemanha (EIA, 2017). A transesterificação alcalina é o processo químico geralmente mais utilizado no Brasil para produção do biodiesel, mas outros processos também podem ser empregados como craqueamento, esterificação, entre outros.

O produto final (Biodiesel B100) deve cumprir as especificações físico-químicas determinadas pela ANP para que possa substituir total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc). No Brasil, o biodiesel puro (B100) é adicionado obrigatoriamente ao diesel de petróleo em proporções de acordo com a legislação em vigor a tabela 03 mostra os principais parâmetros de qualidade do biodiesel.

### **Biodiesel de macaúba**

Um mercado bastante promissor para o óleo extraído do fruto da macaúba, mais precisamente da polpa, é o setor de produção de biocombustível. A viabilidade da utilização desse óleo como biodiesel vem incentivando muitos estudos e pesquisas acerca dessa palmeira. Astúrias

apud Amaral (2007) pesquisou o rendimento de biodiesel por hectare da macaúba e outros cultivos tradicionais e mostrou a macaúba como uma espécie potencial, sendo superada apenas pelo dendê (Tabela 1).

Tabela 1: 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 annuus</i> )	890
Amendoim ( <i>Arachis hypogaea</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

Fonte: Amaral 2007.

Segundo Telles (2009) a macaúba é indicada como uma das principais matérias-primas para a indústria de biodiesel, por sua alta produtividade, alta combustão e por ser pouco poluente, outro aspecto relevante para a utilização da macaúba na produção de biocombustíveis deve-se ao fato de seu fruto gerar co-produtos muito valorizados. As tortas produzidas a partir do processamento da polpa podem ser aproveitadas na nutrição animal e/ou como adubo (Collares, Ferreira & Cabral, 2009). Outro importante subproduto é o endocarpo, que pode ser utilizado como carvão por apresentar elevado poder calorífico (Boas, Carneiro, Vital, Carvalho & Martins, 2010). Segundo a legislação brasileira, a acidez permitida para óleos brutos é de no máximo 5% (Brasil, 2005). A elevada acidez 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram abordados sob luz de três aspectos: Ambientais, Energéticos e, por fim, uso.

### Aspectos ambientais, social e econômico.

A macaúba tem varios potenciais para diversos aspectos, o óleo da palmeira possui bastante potencial para o processamento, alta produtividade e um bom balanço energético. Além disso, a possibilidade de uso de mão de obra e emprego de pouca tecnologia, o que favorece agricultores familiares e comunidades extrativistas. Outra grande vantagem da macaúba é o fato de ela ser sustentável. Enquanto outras culturas voltadas para o abastecimento da indústria do biodiesel podem gerar problemas ambientais, a cultura da macaúba pode se adaptar completamente ao ambiente, inclusive, podendo ser plantada em consórcio com outros cultivos. A planta também é bastante produtiva, gerando cerca de 500 a 2,5 mil litros de óleo por hectare. a planta também poderia se tornar uma grande seqüestradora de carbono em território nacional. A macaúba praticamente consegue neutralizar a produção de dióxido de carbono, Astúrias apud Amaral (2007). Cada planta pode absorver por ano 19 quilos do gás, que é um dos principais causadores do efeito estufa. Com 400 plantas, você neutraliza 8 mil quilos de dióxido de carbono.

Segundo Mirisola Filho( 2009) outros coprodutos que podem ser obtidos do fruto são a torta de amêndoa e a torta de polpa mostardo na figura 2. A primeira é o material que sobra após a extração do óleo de amêndoa por prensagem, que é rico em proteína e, portanto, possui grande potencial para uso na alimentação de aves, suínos, bovinos e outros ruminantes, componente Torta de amêndoa Proteína (N x 5,75) (%) 12,9 Cinzas (%) 2,7 Umidade (%) 2,6 Fibras (%) 34,1 Lipídios (%) 10,2 Carboidratos (%) 37,5. O segundo é a sobra da extração do óleo da polpa e assim como o primeiro possui grande potencial de uso na alimentação animal. Apesar de não haver estudos que comprovem sua utilização como tal, muitos criadores de bovinos estão utilizando de forma empírica este alimento, e estão percebendo o aumento na produção de leite e a eficiência reprodutiva dos rebanhos, torta polpa :Umidade (%) 2,4 Proteína (N x 5,75) (%) 2,7 Lipídeos (%) 10,0 Fibras (%) 20,1 Cinzas (%) 3,6 Carboidratos (%) 61,2 Cálcio (mg/100g) 38,7 Cromo (mg/100g) 0,34 Ferro (mg/100g) 61,3 Fósforo (mg/100g) 145 Potássio (mg/100g) 1506

Sódio (mg/100g) 1,61 Magnésio (mg/100g) 70,7 Manganês (mg/100g) 0,53 Zinco (mg/100g) 2,91.

Fifura 02: Torta da amendoa e torta da polpa.



Fonte: Mirisola Filho( 2009)

Muitas empresas já estão promovendo atividades para viabilizar os diversos usos da macaúba a Gol tem o projeto da plataforma minera de bioquerosene visando CNG das operações como objetivo estratégico em 2022-2025 ,Cadeias de valor com múltiplas biomassas e múltiplos processos para diesel verde, bioquerosene e químicos renováveis baseados na diversidade local e parcerias, desenvolvimento regional sustentável, inclusão da agricultura familiar e agronegócio tendo um conceito que busca:

- Agricultura familiar, extrativismo e agronegócio (UTDs)
- Programa de reflorestamento de terras degradadas, reservas legais e áreas de proteção permanente, usando Macaúba (ou Macaíba), contribuindo a meta Brasileira do INDC (COP21) de reflorestar 12 mi hectares
- Energia renovável, mitigação de mudança climática e inclusão social
- Parceria publica-privadas e acordos diretos entre parceiros
- Alta integração: biomassa regional e logística para otimizar o custo
- Tecnologia de conversão de alto yield, flexível e escalável.

Como também tem o Núcleo de excelência em melhoramento genético e biotecnologia de matérias primas oleaginosas para produção de bioenergia NEXTBIOFINEP promovido pela EMBRAPA, estando também os estudos sobre a macaúba ligado ao PNB Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel que é exatamente estimular o cultivo e o beneficiamento da macaúba para a produção de combustível renovável

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo que foi exposto entende-se que os estudos sobre a macaúba vem mostrando que esse fruto tem um futuro promissor de grande relevância na indústrias de biocomustíveis na farmaceutica, na de alimentos entre outras tornando a produção da macaúba muito viável a longo prazo sendo favorável em diversos aspectos e principalmente sendo biosustentável.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, F. P. Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. ex mart]. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2007. Disponível em:< <http://www.fca.unesp.br>. Acesso em: 05/08/2019.

BRASIL. (2005). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270, de 22 setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, 23 de setembro de 2005.

BOAS, M. A. V., CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., CARVALHO, A. M. M. L., & MARTINS, M. A. (2010). Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. *Science Forum*, 38, 481-490.

BORUGADDA, Venu B.; GOUD, Vaibhav V.. Biodiesel production from renewable Feedstocks: Status and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 4763-4784, 2012.

CARVALHO, K. J.; SOUZA, A. L.; MACHADO, C. C. Ecologia, manejo, Silvicultura e tecnologia da macaúba. *Macaúba acrocomia Aculeata* (jacq.) Lood. Ex. Mart., p. 35, 2011.

COLLARES, D.G., FERREIRA, L., & CABRAL, J. M. (2009). Macaúba desperta atenção pelo uso como biodiesel. Disponível em: <<http://www.infobibos.com>, Acesso em: 30 de agosto de 2019.

COSTA, C. F. Solos e outros fatores ambientais associados à diversidade fenotípica de macaúbas no estado de São Paulo. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Gestão dos Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônômico, Campinas, 2009. Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br> Acesso em: 20/08/2019.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. Field guide to the palms Of the americas new jersey: princepton university, p 166-167, 1994.

IEA (2017), World Energy Investment 2017, OCDE / IEA, Paris.

LEITE, J. G. D. B.; BIJMAN, J.; GILLER, K.; SLINGERLAND. M. Biodiesel policy for family farms in Brazil: One-size-fits-all? Environmental Science & Policy, v. 27, mar. 2013, p. 195-205.

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

MOTOIKE, S. Y. et al. Produção de mudas de macaúba. Boletim Técnico: Acrotech, Viçosa-MG, 2010. Disponível em:< <http://www.acrotech.com.br>. Acesso em: 11/09/2019.

SILVA, I. C. C. (2009). Usos de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba. Dissertação (Mestrado em tecnologia de processos químicos e bioquímicos). 99p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ

TELES, H. F. (2009). Caracterização de ambientes com ocorrência natural de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. e suas populações nas regiões centro e sul do estado de Goiás. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal). 137p. Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.