

OPERAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE PROCESSO DE UMA MINIUSINA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE PALMA

Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br^{1,2}
Elisson Muniz Ferreira, elissontuc2014@gmail.com¹
Ana Lucia Bessa da Silveira, ana.silveira@itec.ufpa.br²
Francisco Jarmeson Silva Bandeira, jarmesonbandeira@gmail.com¹
André Luiz Amarante Mesquita, andream@ufpa.br^{1,5}
Ednildo Andrade Torres, ednildotorres@gmail.com³
Roberto Cordeiro Girundi, rcgirundi@hotmail.com⁴

¹Universidade Federal do Pará (UFPA), Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE), Tucuruí - Pará – Brasil

²Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Engenharia Mecânica, Belém - Pará – Brasil

³Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Química, Salvador – Bahia - Brasil

⁴Para Palm Máquinas, Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí, Tucuruí - Pará – Brasil

⁵Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí, TECNOLAGO, Tucuruí – Pará - Brasil

Resumo: O óleo de palma é, nos dias atuais, o óleo vegetal de maior produção e consumo no mundo. O estado do Pará é hoje o maior produtor brasileiro. A produção de óleo de palma no estado destaca-se como uma atividade econômica muito importante para a região, contribuindo para a geração de empregos e renda. A cadeia do óleo de palma é baseada em empresa de médio e grande porte, instaladas, principalmente, no estado Pará. Essas empresas detêm também importante área de cultivo. Entretanto, é grande a área de produção da palma oriunda da agricultura familiar. Essa produção é totalmente entregue às empresas de beneficiamento em contratos, na grande maioria de exclusividade. No intuito de oportunizar a produção do óleo de palma no seio da agricultura familiar, este trabalho tem como objetivo propor melhorias para o aumento de produção de uma miniusina familiar produtora de óleo de palma. Como resultado da avaliação dos processos atuais da usina, verificou-se que a inclusão de uma etapa de maceração, antecedendo a prensagem para extração efetiva do óleo, possibilitará uma maior eficiência do processo de prensagem e consequentemente aumento da produção e qualidade do óleo obtido. Finalmente, apresenta-se a proposta de aumento de capacidade, incluindo essa nova geração de maceradoras, uma inovação no processo. A miniusina com as modificações, possuirá capacidade de extração de óleo de cerca 2 t/h, que para uma área típica de 250 ha, proporcionará uma produção de 1.000 t de óleo por safra. Assim, a nova miniusina poderá ser replicada em cooperativas para proporcionar um aumento de renda aos pequenos e médios agricultores de palma.

Palavras-chave: Óleo de palma, extração de óleo, maceração, agricultura familiar.

1. INTRODUÇÃO

A palma é uma oleaginosa da qual se pode extrair dois tipos diferentes de óleos: o óleo da palma, extraído do mesocarpo, e o óleo de palmiste, extraído da amêndoa. A produção mundial total de óleos vegetais mais que dobraram entre 2000 e 2018, para 201 milhões de toneladas em 2018. O óleo de palma teve o maior aumento, tanto absoluto como relativo, uma vez que sua produção aumentou 49 milhões de toneladas, ou 222%; ultrapassou o óleo de soja como principal óleo vegetal produzido em 2006. O uso de óleo de palma para biodiesel explica a maior parte crescimento espetacular (FAOSTAT, 2021).

O óleo de palma, também conhecido como óleo de dendê, é utilizado em cerca de 50% dos produtos comercializados nos supermercados e ganha cada vez mais utilizações industriais, tal como em produtos alimentícios, químicos industriais, cosméticos, farmacêuticos e na produção de biodiesel (Brasil, 2018). A Indonésia e a Malásia são responsáveis por 84% da produção mundial. Nigéria, Tailândia, Colômbia, Equador e Papua Nova Guiné representam juntas 10% da produção. O saldo de 6 % divide-se entre outros 36 países, incluindo o Brasil, que é o 10º maior produtor (USDA, 2022).

No Brasil, mais de 80% da produção é desenvolvida no estado do Pará, a outra parte encontra-se nos estados da Bahia e Roraima (USDA, 2022). Dentre as oleaginosas, a palma é a mais produtiva, com rendimento médio de 20 a 22 toneladas de cacho de fruto fresco (CFF) por hectare/ano, com produtividade entre 4 e 5 toneladas de óleo/ha (SEDAP, 2020). A commodity de óleo de palma tem alto valor de mercado, sendo orientado a partir de Rotterdam. Em 2019, foi registrado no Pará uma produção anual de 3,200.000 t/CFF e uma área plantada de 231.669 hectares e área colhida de 200.000 hectares, sendo 40 mil hectares em áreas de agricultores familiares (SEDAP, 2020).

A Amazônia brasileira apresenta-se como a área mais importante para o cultivo de óleo de palma no Brasil, tendo o estado do Pará situação privilegiada, seja pelos resultados dos plantios em produção ou pela ampla disponibilidade de área já antropizada e, portanto, apta ao cultivo da palma (Brasil, 2018). Atualmente, a produção de óleo de palma destaca-se como uma atividade econômica que tem contribuído para a geração de empregos e por ampliar a inclusão social. As condições climáticas para o cultivo da oleaginosa são ótimas na região denominada Polo do Dendê, situada em uma área de aproximadamente cinco milhões de hectares, cercada a oeste pelo Rio Moju e a leste pelo Rio Capim, estendendo-se até 250 km a partir de Belém em direção ao sul do Estado. Os municípios paraenses com maior produção de palma são Tailândia, Tomé-Açu, Concórdia do Pará, Acará, Bonito e Moju (SEDAP, 2020).

Um grande avanço econômico está surgindo na região Amazônica com o plantio da palma. Diferentemente da situação que encontramos no Sudeste Asiático, a produção de palma no Pará está centrada em uma região já desmatada, onde a paisagem predominante são pastos e áreas degradadas com densidade populacional e grandes problemas sociais. Desta forma tem-se no Pará uma produção buscando sempre atender as diretrizes do Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma (PSOP) e do Zoneamento Agroecológico do Dendê (ZAE) para a Amazônia Legal (Embrapa, 2010).

No Pará há atualmente um modelo de negócio de venda de cachos com exclusividade em longo prazo da produção de pequenos produtores para grandes empresas. Este modelo não permite uma flexibilização de plantio do uso da terra e apresenta um ganho econômico limitado, o qual poderá se ampliar se os pequenos agricultores iniciarem a produzir também o óleo de palma de forma eficiente e sustentável. Portanto, uma alternativa, que não se encontra no mercado, é o processamento de cachos para a obtenção do óleo em miniusinas, instaladas às proximidades da zona de produção rural. Desta forma, foi avaliada uma miniusina em operação e realizada uma análise para a sua modernização e melhoria de eficiência e produtividade.

Uma startup do Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí (Tecnolago) está conduzindo um processo de fabricação dos componentes desta miniusina, em parceria com a Universidade Federal do Pará. Com o modelo estabelecido, este poderá ser replicado e adotado por cooperativas, atendendo uma grande faixa da agricultura familiar de palma (dendê). Também se adiciona a grande vantagem do beneficiamento local no aproveitamento dos resíduos do processo de extração para outras aplicações, tais como a geração de energia para a própria planta industrial, adubação orgânica dos plantios, ração animal e manufatura de painéis absorventes acústicos. Portanto, este artigo tem como objetivo apresentar o processo de extração da miniusina e a sua proposta de modernização.

2. A PALMA E O BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA

No começo do século XX, a palma oleaginosa foi introduzida na Malásia como uma planta ornamental e somente plantada comercialmente pela primeira vez em 1917, o que deu origem à indústria de óleo de palma da Malásia, plantada em larga escala e surgiu como o óleo mais produtivo no mundo inteiro. No Brasil, chamada de “palmeira do dendê”, foi introduzida pelos escravos no século XVI adaptou-se bem ao clima tropical úmido do litoral baiano (Bastos *et al.*, 2001). Somente na década de 1970 é que a palma começou a ser plantada em maior escala no Estado do Pará (Embrapa, 2016).

A palma é um cultivo perene. Começa a produzir frutos a partir de 3 anos e, depois de semeada, tem uma vida econômica entre 20 e 30 anos. Anualmente, cada hectare de palma pode render até 5 toneladas de óleo, ou seja 10 a 12 cachos de frutos, cada um pesando entre 20 e 30 kg e cada cacho produz de 1000 a 3000 frutos. O que representa de 5 a 10 vezes mais que qualquer outro cultivo comercial de óleo vegetal (Viégaz e Müller, 2000). O grande crescimento do óleo de palma no mercado mundial também impulsiona o consumo e a produção do óleo de palmiste, já que a extração dos dois produtos é feita a partir do mesmo fruto.

Sobre a extração do óleo de palma, vários processos industriais são utilizados para obter o produto acabado. Esses processos são sumarizados no fluxograma da Fig. 1. Os cachos de frutas frescas (CFF) colhidos no campo são transportados em caminhões, e pesados na entrada da fábrica. Em seguida, os cachos são enviados para a etapa de esterilização. Nessa etapa, os frutos são cozidos a uma temperatura de aproximadamente 135°C, sob pressão de 2 a 3 kg/cm², por cerca de uma hora. Basicamente, os objetivos da esterilização são a inativação de enzimas e proporcionar a perda de resistência da ligação do fruto ao cacho. Após esterilização e cozidos, os cachos de frutos passam pelo debulhador, onde ocorre a separação dos frutos dos cachos. Os cachos vazios são incinerados (Berger, 1983).

Os frutos são enviados ao digestor, onde ocorre a quebra da estrutura da fruta e então são prensados mecanicamente por uma prensa contínua para a retirada do óleo do mesocarpo carnoso. Esse óleo cru, juntamente com fibras e amêndoas são enviados a uma peneira que separa o óleo da torta (fibras e amêndoas).

A fibra seca é utilizada como combustível na caldeira a vapor. As amêndoas são polidas para retirada do resíduo das fibras, depois são quebradas e separadas das cascas. As cascas são destinadas para combustível. As amêndoas são armazenadas para posterior beneficiamento para obtenção do óleo de palmiste.

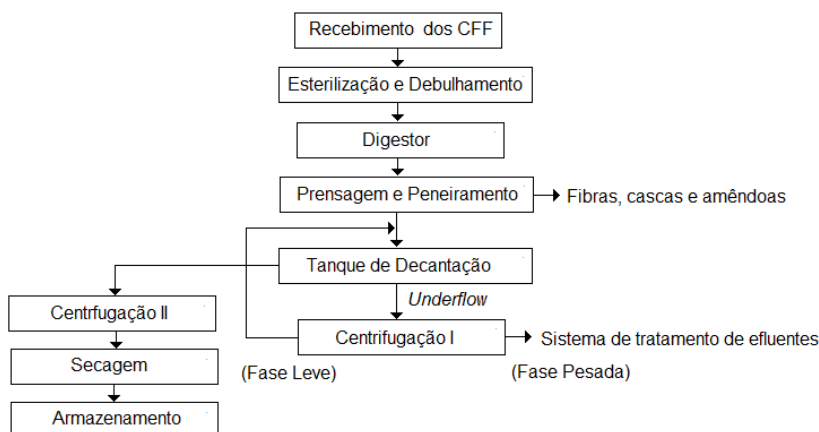


Figura 1. Fluxograma dos Processos de Obtenção do Óleo de Palma (Berger, 1983).

O óleo cru, contendo ainda detritos da fruta, saindo da prensagem e peneiramento é enviado ao tanque de decantação (ou tanque de clarificação) através de bomba centrífuga. Neste tanque, ocorre o processo de clarificação, ou seja, a separação do óleo de sólidos e água. Como o óleo é menos denso, permanece na camada superior e é extraído e enviado para uma centrífuga e então, para um secador para retirada de poeira e umidade, respectivamente. Após a passagem pelo secador, o óleo obtido, finalmente, é enviado ao tanque de armazenamento.

A camada inferior presente no tanque de clarificação, chamada de *underflow*, a qual consiste em torno de 10% de óleo, 7% de sólidos e 83% de água (Chow, 1996) é enviada a uma outra centrífuga para a separação do *underflow* em duas fases: fase leve e fase pesada. A fase leve, que contém o óleo que ainda deseja-se recuperar, é retornada ao tanque de decantação. A fase pesada, contendo detritos sólidos, água e ainda uma quantidade residual de óleo, é enviada para o sistema de tratamento de efluentes, o que é motivo de pesquisa de recuperação desse óleo residual (Juliano *et al.*, 2013a e 2013b).

3. METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho compreende as etapas da análise da situação atual de uma miniusina artesanal existente, indicação de melhorias e dimensionamento da nova produção com a implantação da melhoria.

A miniusina de extração de óleo de dendê, alvo de estudo deste trabalho, consiste na reengenharia de uma miniusina artesanal de extração de óleo de palma em operação, visando agregar valor e aumentar a renda da produção de pequenos produtores rurais associados, facilitando a implantação da cultura orgânica e aproveitamento total dos subprodutos. A miniusina aliará o conhecimento empírico e experiência dos agricultores com o conhecimento científico e incubação empresarial, pois seus equipamentos serão fabricados, em escala industrial, no Parque de Tecnologia de Tucuruí (Tecnolago), localizado nas dependências da Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí. A miniusina receberá os CFFs de agricultores da região para a produção do óleo de palma e palmiste. Os resíduos do beneficiamento serão usados para a geração de energia para a própria planta industrial, adubação orgânica dos plantios, ração animal e manufatura de painéis absorventes acústicos, conforme Fig. 2.

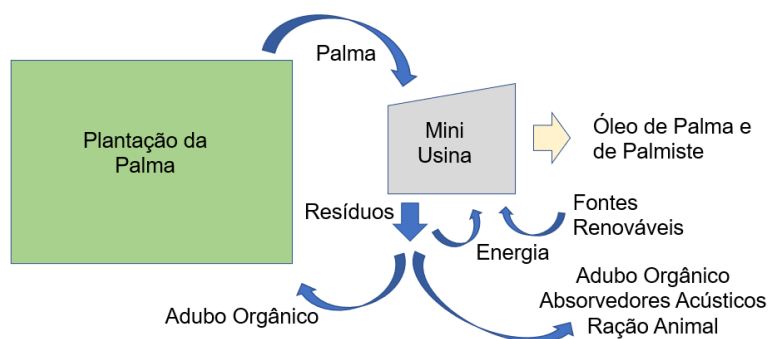


Figura 2. Proposta de integração da miniusina como projeto piloto para o desenvolvimento de processos otimizados e produtos da palma.

O processo de extração da miniusina sem as melhorias é exemplificado na Fig. 3 na linha azul. O CFF, proveniente da lavoura, é aquecido por meio do vapor proveniente de uma caldeira, passa por uma debulhadora para extração das amêndoas, segue então para o sistema de prensagem, para a extração do óleo a ser vendido para empresa do biodiesel.

Após análise de pesquisadores da UFPA e da startup, verificou-se que o gargalo na etapa de processamento era a ineficiência do processo de prensagem. Porém, com a inclusão de um sistema de maceração, a eficiência do processo de extração de óleo na prensagem irá ser elevado, aumentando a quantidade e a qualidade, por proporcionar maior facilidade no processo de filtragem do óleo e assim também ser vendido ao setor alimentício. A inclusão da macerador está no quadro verde da Fig. 3. Ressalta-se que o rejeito do processo total nas etapas de maceração, prensagem e filtração podem ser usados como coprodutos, tais como ração animal, adubo orgânico e matéria prima para geração de energia elétrica (tem ainda em estudo), dentre outras aplicações. A Fig.4 mostra esse processo básico com a figura de alguns equipamentos e com o macerador projetado.

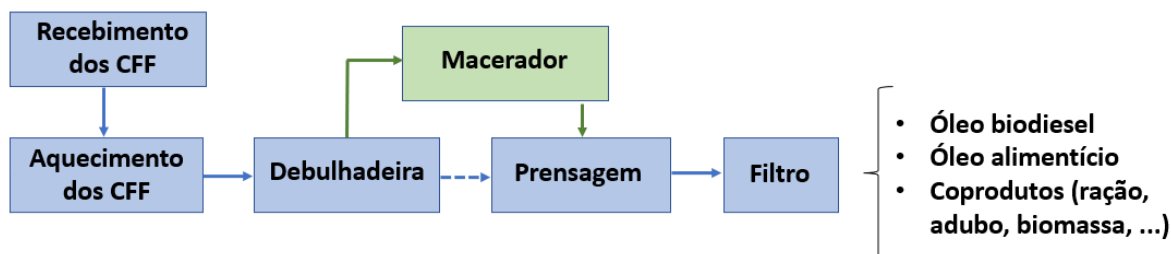


Figura 3. Fluxograma de processo e identificação de máquinas em desenvolvimento.



Figura 4. Ilustrações de equipamentos do fluxograma de processamento básico via macerador.

Com a implantação da melhoria, pode-se fazer a estimativa da produção do óleo de palma da miniusina, de acordo com as equações abaixo:

$$Insumo \text{ de } cachos = \frac{(Qtde \text{ de } cachos) \times \text{área plantada} \times (Massa \text{ de } amêndoa)}{126 \text{ dias} \times 10 \text{ horas}} \quad (1)$$

$$Processamento \text{ amêndoa} = \frac{\text{área plantada} \times (\text{tonelada de cacho/ha})}{126 \text{ dias} \times 10 \text{ horas}} \quad (2)$$

$$Produção \text{ de } óleo \text{ (contínuo)} = 0,4 \times Processamento \text{ amêndoa} \quad (3)$$

$$Produção \text{ de } óleo = \frac{Produção \text{ de } óleo \text{ (contínuo)}}{Massa \text{ específica do } óleo (35^{\circ}C)} \quad (4)$$

4. RESULTADOS

Com a experiência de uma miniusina em operação, e da colheita e palma na região, pode-se realizar um dimensionamento de uma miniusina para atender uma área típica de 250 hectares a partir dos dados apresentados na Tab.1.

Os 6 meses de safra dispõem de 126 dias de produção com turnos de 10 horas/dia. Desta forma, estima-se por meio das equações Eq. (1), Eq. (2), Eq. (3) e Eq. (4) o fluxo de massa da miniusina e sua produção. Para a área de 250 ha, pode-se chegar a uma produção de 4 t/ha/safra (ver Tab. 2). O fluxo de massa da miniusina é de aproximadamente 2 t/h, para um turno de 10h e 5 dias/semana de trabalho, o que atende a cultura local.

Tabela 1. **Dados para o dimensionamento da miniusina.**

Área de cultivo (ha)	250
Massa de cacho (kg)	25
Tonelada de cacho (t/ha)	25
Massa de amêndoa(kg/cacho)	10
Tonelada de óleo (t/t amêndoa)	0,4
Massa específica do óleo a 35°C(t/m³)	0,895
Qtde. de cachos(unidade/ha)	1.000
Amêndoa (t/ha)	10.000

Tabela 2. **Rendimento produção de óleo por área plantada.**

Insumo de cacho (t/h)	5
Processamento amêndoa (t/h)	1,984
Produção de óleo contínuo (t/h)	0,794
Produção de óleo (l/h)	886,8
Produção diária (l/dia)	8.867,6
Produção semanal (l/semana)	44.338
Produção safra (t/safra)	1.000
Produção (t/ha)	4

Com essas informações, fez-se um redimensionamento da miniusina e a Fig. 5 apresenta uma vista 3D da planta industrial, com um macerador e duas prensas para a tender a área de 250 ha.

Ressalta-se que a miniusina será piloto para pesquisa e desenvolvimento em cada etapa do beneficiamento, para a otimização da produção, e também piloto para pesquisas no aproveitamento do resíduo gerado, tal como: Geração de energia para a própria planta industrial, produção de ração e adubo orgânico dos plantios; e manufatura de painéis absorventes acústicos a partir das fibras do rejeito da palma.

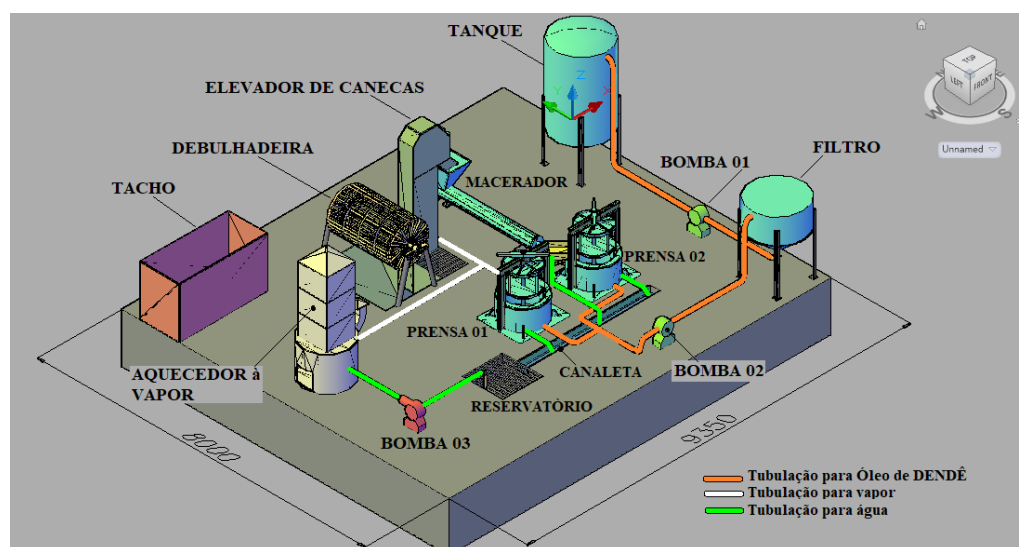


Figura 5. **Desenho da planta industrial da miniusina.**

5. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma alternativa interessante para o pequeno produtor rural de palma em relação ao sistema atual de venda de CFF, que é o processamento de cachos para a obtenção do óleo em miniusinas, instaladas às proximidades da zona de produção rural. Desta forma, foi avaliada uma miniusina em operação e realizada uma análise para a sua modernização e melhoria de eficiência e produtividade.

O principal benefício do uso da miniusina é a liberação do pequeno produtor dos contratos de repasse de CCF, passando então para a venda de óleo, o que se pode ter um retorno de cerca de 2,3 maior do que a venda de CCF. A miniusina tem capacidade de extração de óleo de cerca 2 t/h, que para uma área típica de 250 ha, proporcionaria uma produção de 1.000 t de óleo por safra.

Outro grande benefício é o uso da miniusina como piloto para desenvolvimento de pesquisas em cada etapa do processo de beneficiamento do óleo de palma, assim como pesquisas no aproveitamento do resíduo gerado, tais como: prensagem na área rural, proporcionando a produção de ração e adubo; mudança do sistema de queima direta do resíduo da debulhadora para um processo de gaseificação e manufatura de painéis absorventes acústicos para aplicações de condicionamento acústico em ambientes.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia – PROCAD/Amazônia da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil.

7. REFERÊNCIAS

- Bastos, T.X. *et al.*, 2001. “Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará”. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Passo Fundo, Vol 9, n.3, (Nº Especial:Zoneamento Agrícola), p.564-570.
- Berger, K.G., 1983. “Production of palm oil from fruit”. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 60, pp. 206–210.
- Brasil, 2018. “Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo no Brasil”. *Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*. Brasília: Mapa/ACE.
- Chow, M.C., 1996. “Ultrasonics in cell rupturing with respect to the palm oil milling process”. *PORIM Eng News*. Vol 42, pp. 6–7.
- Embrapa, 2010. “Zoneamento agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal”. *Embrapa Solos*. < Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1248/zoneamento-agroecologico-do-dendezeiro-para-as-areas-desmatadas-da-amazonia-legal> > Acesso em: 05 abr. 2022.
- Embrapa, 2016. “Cronologia do Cultivo do Dendezeiro na Amazônia”. *Embrapa Amazônia Oriental*. < Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056562/1/DOC423Ainfo.pdf> > Acesso em: 30 mai. 2022.
- FAOSTAT, 2021. “World Food and Agriculture, Statistical Yearbook”. *Food and Agriculture Organization of The United Nations*. Rome. < Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb4477en> > Acesso em: 04 abr. 2022.
- Juliano, P., Swiergon, P., Mawson, R., Knoerzer, K., Augustin, M.A., 2013a. “Application of ultrasound for oil separation and recovery of palm oil”. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. Vol 90, pp. 579-588.
- Juliano, P., Swiergon, P., Mawson, R., Knoerzer, K., Augustin, M.A., Application of ultrasound for oil separation and recovery of palm oil. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. Vol 90, pp. 1253-1260.
- SEDAP, 2020. “Panorama Agrícola do Pará 2015/2019 Dendê (cacho de coco)”. *Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca - SEDAP-NUPLAN-ESTATÍSTICA / Governo do Estado do Pará*.
- USDA, 2022. “Palm Oil World Production / Foreign Agricultural Service”. *U.S Department of Agriculture*. <Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropeexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000> > Acesso em: 02 abr. 2022.
- Viégas, I.J.M., Müller, A.A., 2000. “A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira”. *Embrapa Amazônia Oriental/Manaus. Embrapa Amazônia Ocidental*.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

OPERATION AND PROCESS UPDATE OF A MINIPLANT FOR PALM OIL EXTRACTION

Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br^{1,2}
Elisson Muniz Ferreira, elissontuc2014@gmail.com¹
Ana Lucia Bessa da Silveira, ana.silveira@itec.ufpa.br²
Francisco Jarmeson Silva Bandeira, jarmesonbandeira@gmail.com¹
André Luiz Amarante Mesquita, andream@ufpa.br^{1,5}
Ednildo Andrade Torres, ednildotorres@gmail.com³
Roberto Cordeiro Girundi, rcgirundi@hotmail.com⁴

¹Universidade Federal do Pará (UFPA), Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE), Tucuruí - Pará – Brasil

² Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Engenharia Mecânica, Belém - Pará – Brasil

³ Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Química, Salvador – Bahia - Brasil

⁴ Para Palm Máquinas, Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí, Tucuruí - Pará – Brasil

⁵Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí, TECNOLAGO, Tucuruí – Pará - Brasil

Abstract. *Palm oil is, nowadays, the vegetable oil with the highest production and consumption in the world. The state of Pará is today the largest Brazilian producer. The production of palm oil in the state stands out as a very important economic activity for the region, contributing to the generation of jobs and income. The palm oil chain is based on medium and large companies, mainly installed in the state of Pará. These companies also have an important cultivation area. However, a large area of palm oil production comes from family agriculture. This production is totally delivered to the processing companies under contracts, mostly of exclusivity. In order to provide an opportunity for the production of palm oil within family farming, this work aims to propose improvements to increase the production of a small family-owned palm oil producing plant. As a result of the evaluation of the current processes of the plant, it was found that the inclusion of a maceration stage, preceding the pressing for effective oil extraction, will enable greater efficiency of the pressing process and consequently increase the production and quality of the oil obtained. Finally, the proposal to increase capacity is presented, including this new generation of macerators, an innovation in the process. With the modifications, the miniplant will have an oil extraction capacity of about 2 t/h. Thus, the new miniplant can be replicated in cooperatives to provide an increase in income to small and medium-sized palm farmers.*

Keywords: *Palm oil, oil extraction, maceration, family farming.*