

EXTRAÇÃO DE ÓLEO RESIDUAL DA TORTA DA POLPA DE MACAÚBA UTILIZANDO COMO SOLVENTE O ETANOL

F. A. FONSECA¹; M. H. A. CÃNO¹; E. C. CREN¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: fabi_dafonseca@hotmail.com

RESUMO – Os óleos obtidos da extração do fruto da macaúba são provenientes tanto do mesocarpo quanto da amêndoa. Os processos utilizados para a extração do óleo da macaúba são a prensagem mecânica, largamente disseminada por sua eficiência na extração de óleos, seguida da extração por solventes, pois as tortas obtidas na prensagem mecânica ainda são ricas em óleo residual. Industrialmente, o solvente empregado para extração de óleos é o n-hexano. No entanto, este solvente além de tóxico é pouco sustentável, pois advém de fonte não renovável, o petróleo. Assim, o etanol surge como alternativa de solvente para extração de óleos em substituição ao n-hexano. Com base nestas considerações, o presente trabalho investigou a extração de óleo residual da torta de polpa de macaúba utilizando como solvente o etanol. Um planejamento experimental 2^{3-1} foi realizado a fim de verificar qual a influência no rendimento de extração de óleo dos parâmetros, temperatura de extração, teor de água no solvente e proporção solvente:torta. O teor de água no solvente foi o único efeito significativo, dentro dos intervalos estudados.

1. INTRODUÇÃO

Produtos naturais, como os óleos vegetais, tiveram a sua importância econômica relativa minimizada com o avanço tecnológico da petroquímica, sendo uma exceção os óleos alimentícios (Motta *et al*, 2002). Como todas as gorduras, os óleos vegetais são ésteres de glicerina, uma mistura de ácidos graxos, os quais são insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos apolares. Recentemente, o uso de óleos vegetais para fins energéticos tem ampliado o interesse do governo, de empresas privadas e das instituições de pesquisa tanto no aperfeiçoamento dos processos de extração de óleos, quanto na busca de fontes alternativas deste produto (Lago, 2006).

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. Ex Martius, mais conhecido como macaúba ou palmeira macaúba, é uma palmeira nativa da América tropical (Pires *et al*, 2013). A palmeira é considerada uma das espécies mais evidentes no Brasil, por crescer naturalmente e em grandes populações, podendo se desenvolver até mesmo em áreas degradadas ou intactas e por estar bem adaptada a diferentes ecossistemas. No estado de Minas Gerais ocorrem populações de macaúba, apontadas como economicamente promissoras (Motta *et al*, 2002).

A macaúba tem despertado interesse socioeconômico por sua alta produtividade em óleo, cerca de 4.500 litros de óleo por ha/ano (Roscoe, Richetti e Maranhão, 2007), rendimento notável se comparada a culturas oleaginosas estabelecidas como a soja, com rendimento de até 450 litros de óleo há/ano e o arroz com 770 litros de óleo por ha/ano (Carvalho et al, 2011). Além disso, a utilização de seus óleos na indústria de outros manufaturados, como resinas e lubrificantes, tem grande potencial (Bhering, 2009). Segundo Nunes (2013), o óleo da macaúba tem grande potencial de aplicação em biorrefinarias, conceito crescente na industrialização sustentável.

Além do uso alimentício, o óleo pode ser empregado na indústria de fármacos, cosméticos, lubrificantes, resinas entre outros (Silva, 2008). Apesar de a extração mecânica render bons resultados de extração, tratamentos adicionais às tortas obtidas devem ser realizados, a fim de garantir a máxima extração de óleo dos frutos. Os subprodutos oriundos do processamento do fruto da macaúba, como é o caso das tortas obtidas da polpa e amendoa, após prensagem mecânica, podem ser utilizadas como importante biomassa para geração de energia ou para aplicação em processos biotecnológicos em biorrefinarias. Almeida et al, (2012) destaca o potencial de uso da torta da polpa, obtida a partir da extração do óleo a frio, como fonte de nanocelulose. Estas podem ser utilizadas como matéria prima de outros processos, desta forma, em muitos casos o óleo residual da torta deve ser removido antes da mesma ser processada.

A combinação do processo que utiliza a pré-prensagem seguida da extração por solvente é comumente utilizada para sementes com alto teor de óleo tal como a linhaça, girassol, algodão e milho (Anderson, 2011). O n-hexano é ainda utilizado como solvente de extração de óleos, pois apresenta baixo ponto de ebulição, alta estabilidade, baixa corrosão e baixo teor residual nas tortas, além de ser um derivado do petróleo, o que contribui para que o processamento de óleo não seja um processo sustentável. Segundo Freitas et al (2007), o processo de extração de óleos vegetais é considerado pelos órgãos de proteção ambiental como um dos maiores responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa.

Vários trabalhos vêm sendo feitos a fim de testar diferentes solventes e misturas destes para substituição do n-hexano. Seth et al (2010) estudaram o efeito da umidade na qualidade do óleo e torta obtidos por extração com isopropanol e hexano, onde a extração de óleo de flocos de soja com umidade de 13,5% (base úmida) empregando isopropanol atingiu 93,4%. Russin et al (2011) testaram diferentes solventes e suas misturas para a extração de óleo de soja. Sob mesmas condições de extração, o rendimento em óleo extraído para o n-hexano foi de 99,5%, para o isopropanol de 99,5% e para o etanol de 99,0%.

O etanol vem sendo investigado como possível solvente de extração de óleo, pois apresenta características físico-químicas que favorecem a extração. Do ponto de vista ambiental, o etanol é produzido a partir de fontes renováveis, é um solvente que não gera resíduos tóxicos e apresenta pouco risco de manuseio por possuir menor grau de inflamabilidade (Rodrigues, 2011). Outra vantagem da utilização do etanol como solvente de extração do óleo é eliminar a etapa de destilação do solvente da miscela extraída (óleo + solvente) (Regitano-D'arce, 1985).

O planejamento experimental fatorial é uma ferramenta estatística amplamente utilizada durante a execução de experimentos, de modo a otimizar o número de experimentos necessários para que uma determinada conclusão possa ser obtida, a partir dos estudos de diferentes parâmetros. Assim, a investigação do processo de extração de óleos por solvente de matriz oleaginosa, empregando planejamento experimental é uma ferramenta importante no delineamento do processo de extração, com a qual é possível conhecer os efeitos de variáveis operacionais fundamentais para a otimização das condições operacionais do processo a fim de se obter processos mais eficientes de extração (Gomes et al, 2013). Na literatura muitos trabalhos empregam o planejamento experimental fatorial como ferramenta estatística de otimização de processo (Pighinelli, 2008; Rodrigues, 2011).

No presente trabalho um planejamento experimental fatorial 2³-1 foi realizado a fim de estudar o efeito de três parâmetros de processo (temperatura, proporção solvente:torta e teor de água no solvente) sobre o rendimento da extração de óleo residual das tortas de polpa de macaúba, empregando como solvente de extração o etanol. Nestes estudos, um total de 6 experimentos foram realizados, com 2 repetições no ponto central. Nestes estudos, foi verificado que o parâmetro teor de água no solvente, dentro do intervalo investigado, foi o único parâmetro que influenciou significativamente na extração do óleo residual da torta da macaúba.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1 Materiais

A torta de macaúba utilizada foi proveniente dos frutos da palmeira macaúba coletados no campus da Universidade Federal de Minas Gerais, no período compreendido entre dezembro de 2013 e março de 2014. As tortas foram obtidas a partir do processo de extração de óleos da polpa por prensagem, empregando prensa mecânica contínua (Scott Tech, modelo ERT 60), do tipo expeller. A extração foi realizada no Laboratório de Termodinâmica Aplicada a Processos Industriais da Escola de Engenharia da UFMG. As tortas residuais do processo foram armazenadas em sacos plásticos, sob refrigeração até o momento de sua utilização. O solvente utilizado nos experimentos foi etanol absoluto PA (QUEMIS).

2.2 Métodos

2.2.1 Análises de caracterização

O teor do óleo inicial da torta foi determinado utilizando-se método Soxhlet, descrito em AOCS (1997), pelo método Ac.3.11. O teor de umidade da torta foi determinado empregando-se um analisador de umidade de halogênio (Ionlab, modelo AUH16-1). O teor de água (g/100g) do solvente e das misturas (óleo + solvente) de amostras obtidas foi determinado segundo metodologia Karl Fisher, descrita em AOCS (2009), pelo método 967.19. O teor de óleo das misturas de amostras foi determinado segundo metodologia descrita em AOCS (2009), pelo

método BC 3.49. A determinação do índice de acidez, ou ácidos graxos livres (g/100g de ácido oleico) das misturas foram determinadas segundo metodologia descrita em AOCS (2009), pelo método Ca 5a-40. Todas as análises foram feitas em triplicata.

2.2.2 Experimentos de extração de óleo por solvente – planejamento experimental

Os ensaios de extração de óleo das tortas por solvente foram conduzidos em células de vidro encamisadas. A temperatura do processo foi mantida por banho termostático. A agitação do sistema foi mantida por agitador magnético. Para cada ensaio, a massa definida de torta de polpa de macaúba foi pesada e transferidas para a célula de vidro, em seguida, seguindo a proporção sólido:solvente (m/v) estabelecida para cada ensaios, segundo planejamento experimental, o solvente (etanol) teve seu volume adicionado à célula de vidro. A temperatura e agitação do processo foram mantidas desde o início do contato solvente-soluto. As células foram devidamente seladas para evitar perdas de massa durante o experimento.

O sistema soluto + solvente foi mantido sob agitação magnética por 7 horas corridas até que o equilíbrio fosse atingido. Isso pode ser verificado a partir de experimento prévio onde o teor de óleo na amostra manteve-se inalterado a partir da 6^o hora de contato, com desvio de 0,004 nas medidas de teor de óleo.

Após o tempo de contato, a fase líquida foi totalmente coletada para posteriormente ser analisada quanto ao seu teor de óleo, acidez e água, conforme metodologia mencionada no item 2.2.1, acima.

Os ensaios foram realizados seguindo um planejamento experimental fatorial 2^{3-1} . Nestes experimentos, três variáveis independentes (temperatura, proporção solvente:sólido e teor de água no solvente) foram avaliadas. A função resposta ou variável dependente foi o rendimento em óleo bruto, com o qual se avaliou experimentalmente a influência das variáveis independentes na resposta, para a análise estatística dos dados, o software Statistica 7.0 foi utilizado. A Tabela 1 abaixo traz o planejamento experimental realizado em termos de variáveis codificadas e reais.

Tabela 1: Planejamento experimento fatorial 2^{3-1} da extração do óleo da torta de macaúba

Ensaio	Variável codificada			Variável real		
	X ₁	X ₂	X ₃	T (°C)	Teor água no solvente (%)	Proporção
1	-1	-1	1	30	1,3	1:3
2	1	-1	-1	40	1,3	1:7
3	-1	1	-1	30	5,3	1:7
4	1	1	1	40	5,3	1:3
5	0	0	0	35	3,3	1:5
6	0	0	0	35	3,3	1:5

Nestes estudos, a função resposta que será avaliada e otimizada, em termos dos parâmetros variados será o teor de óleo recuperado, dado pela Equação 1 abaixo:

$$\text{teor de óleo recuperado}(\%) = \frac{\text{massa de óleo extraído}(g)}{\text{massa de óleo na torta}(g)} \times 100 \quad (1)$$

Nos experimentos, o teor de água no solvente foi ajustado a partir da adição de água ao etanol, com posterior análise do solvente em titulador Karl Fisher, seguindo metodologia descrita no item 2.2.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A torta de polpa de macaúba que contém óleo residual foi caracterizada em termos de umidade e teor de óleo, os resultados obtidos foram $4,8 \pm 0,03\%$ e $30,64 \pm 0,60\%$, respectivamente.

Os resultados de teor de óleo recuperado pelo solvente, assim como umidade das micelas e acidez do óleo recuperado são apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Resultados experimentais do planejamento fatorial.

Ensaio	Variável real			Teor óleo recuperado (%)	Umidade miscela (%)	Acidez da miscela (%)
	T(°C)	Teor água no solvente (%)	Proporção			
1	30	1,3	1:3	8,80	0,26	0,67
2	40	1,3	1:7	9,70	0,21	0,22
3	30	5,3	1:7	5,23	1,37	0,17
4	40	5,3	1:3	5,97	1,35	0,20
5	35	3,3	1:5	7,03	0,82	0,19
6	35	3,3	1:5	6,92	0,78	0,16

Nota-se na Tabela 2 acima, que o teor de óleo recuperado foi de no máximo 9,70 %, que ocorreu para a maior proporção de solvente em contato com a torta, quando o solvente possui menor teor de água, no entanto, quando mesma proporção é utilizada, mas com maior teor de água no solvente, o menor teor de óleo recuperado foi obtido. Este comportamento é coerente, pois se espera que o maior teor de água no solvente, que no caso é etanol, o torne menos apolar, fazendo com que a afinidade do solvente aquoso seja menor com relação ao óleo. Resultados

semelhantes foram obtidos por Capellini (2013), onde o etanol em grau absoluto apresentou maior capacidade de extração de óleo de arroz, ultrapassando 80% de extração do óleo total contido na matéria prima. Rodrigues e Oliveira (2010), também afirmam que a utilização do etanol absoluto como solvente extrai maior quantidade de água da matéria prima do que o solvente hidratado.

Também nota-se que a água do sistema fica preferencialmente aderida a fase sólida, o teor de água na miscela foi maior que 1 % nos casos onde o teor de água no solvente foi máximo. O desvio máximo nas medidas de umidade da miscela foi de 0,03. A acidez das mistelas tiveram valores em torno de 0,19 %, com desvio máximo de $3,95 \times 10^{-4}$, expresso em teor de ácido oleico. O único valor que destoou foi para o ensaio 1, provavelmente devido a demora na análise destas amostras, porém pode-se dizer de um modo geral, que mesmo a quantidade de água na miscela sendo maior que 1%, o teor de acidez não aumentou, o que poderia ter ocorrido devido a hidrólise dos triglicerídeos.

Quanto a análise estatística do planejamento fatorial, foi verificado que apenas o parâmetro, teor de água no solvente, teve efeito significativo sobre o teor de recuperação de óleo, ao nível de confiança de 95%, considerando as faixas de parâmetros investigadas. Além disso, o seu efeito sobre o teor de recuperação foi negativo, ou seja, o teor de recuperação é tão maior quanto menor o teor de água no solvente. Este fato vem afirmar a discussão feita anteriormente, apenas observando os dados experimentais.

Sendo o planejamento fatorial uma forma de delinear estudos mais direcionados à otimização de processos, no presente trabalho fica demonstrado que em estudo posterior o teor de água no solvente e torta deve ser monitorado e mínimo, a fim de melhorar o desempenho do processo de extração de óleo das tortas. O etanol demonstrou ser um solvente passível de uso para recuperar óleo de tortas residuais de prensagem. Como sugestão para trabalhos futuros, outras faixas de temperatura poderiam ser investigadas, a fim de avaliar a influência deste parâmetro em condições mais drásticas, inclusive com alto teor de água no solvente.

4. CONCLUSÕES

O etanol demonstrou ser um solvente importante no uso para recuperação do óleo de tortas residuais de prensagem. Dentre os parâmetros estudados o teor de água no solvente foi um parâmetro de grande significância no processo de extração do óleo da torta, estimando que quando menor teor de água presente no solvente maior o teor de óleo recuperado. O rendimento da extração do teor de óleo variou de 9,70 a 5,23 %.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.A.; FAVARO, S.P.; GALVANI, F. *Efeito da umidade nos teores de fibras alimentares em polpa de baciúva processada mecanicamente*. Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Pantanal e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, VI., 2012. Corumbá. Resumo. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2012, p. 15.

ANDERSON, G.E. Crown Iron Works Company, P.O. *The AOCS Lipid Library*. Box 1364, Minneapolis, MN 55440 USA, 2011.

BHERING, L. Macaúba: Matéria - prima nativa com potencial para a produção de biodiesel. 2012. Disponível em:
<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21272&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 25 fev. 2014

CAPELLINI, M.C. Extração de óleo de farelo de arroz utilizando solvente alcoólico: avaliação de alteração na fração proteica e na composição do óleo. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. USP. Pirassununga, 2013.

CARVALHO, J.C; SOUZA, A.L; MACHADO, C.C. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia da Macaúba. Convenção de cooperação tecnológica SETES/FAPEMIG. Polo de excelência em Floresta. UFV. Viçosa, 2011.

FREITAS, S.P; SILVA, O.F; MIRANDA, I.C; COELHO, M.A.Z. Extração e fracionamento simultâneo de óleo da castanha-do-Brasil com etanol. Food Science and Technology. Vol. 27. Supl.1. Campinas, 2007.

GOMES, A.C.G; FLEURY, C.S; ZUNICA, A.D.G; PINEDO, A.A; CARDOSO, R.M. Cinética de extração do óleo de babaçu visando a produção de biodiesel. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p3334 2013

LAGO, R. C. A.; FREITAS, S. P. Extração dos óleos de café verde e da borra de café com etanol comercial. Comunicado Técnico nº. 92, Embrapa, dezembro de 2006.

MOTTA, P.E., OLIVEIRA FILHO, A.T., GOMES, J.B.V. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. Pesq. Agrop. Bras. 37, 1023–1031. 2002.

NUNES, A. A. Óleo da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.) com alta qualidade: Processo de refino e Termoestabilidade. 2013, 126p. Dissertação (Mestrado em biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, Campo Grande, 2013

PIGHINELLI, A.L.T; PARK,K.J; RAUEN, A.M; OLIVEIRA, R.A. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.1, p.63–67, 2009 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. 2008

PIRES, T.P; SOUZA, E.S; KUKI, K.N; MOTOIKE, Y.S. Ecophysiological traits of the macaw palm: A contribution towards the domestication of a novel oil crop. Industrial Crops and Products 44. 2013

REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Ensaios de extração de óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) com álcool etílico. 132p. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia Alimentos). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP, Piracicaba, 1985.

RODRIGUES, C. E. C; OLIVEIRA, R. Response surface methodology applied to the analysis of rice bran oil extration process with ethanol. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v.45,p.813-820,2010.

RODRIGUES, C.E.C. Utilização de um solvente biorenovável nos processos de extração e desacidificação de óleos vegetais. Tese (Livre docência). Área de concentração: Equilíbrio de fases e Processos de separação na indústria de alimentos. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. USP. Pirassununga, 2011.

ROSCOE, R., RICHETTI, A. & MARANHO, E. Análise de viabilidade técnica de oleaginosas para produção de biodiesel em Mato Grosso do Sul. *Revista Política Agrícola*, 16, 48-59. 2007.

RUSSIN, T. A; BOYE, J. I; ARCAND, Y.; RAJAMOHAMED, S. H. Alternative techniques for defatting soy: A practical review. *Food and Bioprocess Technology*, v.4, p.200-223, 2011.

SETH, S; AGRAWAL Y.C; GHOSH P.K; JAYAS D. S; SINGH, B.P.N. Effect of moisture content on the quality of soybean oil and extracted by isopropyl alcohol and hexane. *Food Bioprocess Technology*. V.3, n.3,p.121-127, 2010.

SILVA, M. R., LACERDA, D. B. C. L., SANTOS, G. G. & MARTINS, D. M. DE O. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. *Ciência Rural*. 38, 1790-1793. 2008.