

# **OBTENÇÃO DO ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) A PARTIR DA EXTRAÇÃO COM LÍQUIDO PRESSURIZADO**

C. P. TRENTINI<sup>1</sup>, L. CARDOZO-FILHO<sup>2</sup> e C. SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: camiladasilva.eq@gmail.com

**RESUMO** – O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de solventes orgânicos, em condições pressurizadas, na extração do óleo da polpa de macaúba. Os solventes utilizados na extração foram etanol e isopropanol. Os experimentos foram realizados em vazão fixa de solvente em  $3 \text{ mL min}^{-1}$  e pressão de 100 bar, avaliando o efeito da temperatura (40 a 80 °C). O acréscimo da temperatura não ocasionou diferença significativa no rendimento em óleo ( $p>0,05$ ) para a utilização do etanol como solvente, faixa de temperatura de 40 a 80 °C. Na utilização do isopropanol como solvente, os rendimentos nas temperaturas de 40 e 60 °C apresentam diferença significativa, no entanto, o aumento da temperatura de extração para 80 °C não ocasiona aumento do rendimento em óleo. Reporta-se que os melhores rendimentos obtidos com etanol e isopropanol, como fluidos pressurizados, não apresentam diferença significativa. Comparando as melhores condições de rendimento de óleo da ELP, etanol (43,9%) e isopropanol (41,0%), com o método convencional, o etanol apresentou 76,21% e o isopropanol 82,43% do rendimento obtido por Soxhlet, no entanto, em menor tempo de extração.

## **1. INTRODUÇÃO**

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresenta em sua composição óleo de alta qualidade, sendo considerada matriz oleaginosa com grande potencial para a produção sustentável de alimentos e biocombustíveis (Silva e Andrade, 2013). A macaúba apresenta melhores condições de rendimento em terras de cerrado, praticamente não sofre ataque de doenças e apresenta elevado teor de óleo (~30%) (Abreu *et al.*, 2011). O óleo da polpa possui uma coloração amarelo-alaranjado devido à presença de carotenóides e um acentuado grau de insaturação e apresenta elevado teor de ácido oleico (Hiane *et al.*, 2005; Ramos *et al.* 2008).

Dentre os métodos convencionais para extração do óleo de sementes oleaginosas estão os métodos de prensagem e extração por solvente. O processo de extração por prensa mecânica realiza o esmagamento do material removendo parcialmente o óleo. Na extração de óleos vegetais por solventes normalmente se utiliza o Soxhlet e a extração líquida a quente, sendo que o solvente comumente utilizado é o *n*-hexano (Merck, 2006). Este método ocasiona a produção de resíduos indesejáveis, alto custo e tempo de processamento. Além do que, a alta temperatura para remoção do solvente remanescente no extrato, pode afetar a qualidade organoléptica do material (Regitano-d'Arce, 2006). Com o crescimento da aplicação dos conceitos de química verde nos últimos anos (Prado, 2003; Sun *et al.*, 2012), intensifica-se a busca por solventes e métodos alternativos para extração de óleos vegetais, os quais forneçam elevados rendimentos e resultem em um extrato com elevada qualidade e com a conservação dos compostos bioativos presentes na matriz.

A extração com líquido pressurizado (ELP) é um processo que combina a temperatura e pressão, com solventes líquidos para alcançar a extração rápida e eficiente (Sagani *et al.*, 2005). Uma grande vantagem da ELP em relação aos métodos de extração convencionais, é que os solventes sob pressão permanecem no estado líquido, mesmo acima dos seus pontos de ebulição a pressão atmosférica normal, o acréscimo da temperatura aumenta a solubilidade e a difusão dos analitos, diminuindo a viscosidade e a tensão superficial do solvente, fazendo com que ocorra uma maior penetração nos poros da matriz (Porschmann *et al.*, 2001; Freitas *et al.*, 2008). A ELP é utilizado para a extração de vários compostos em óleo vegetal como lipídios e ácidos graxos (Toschi *et al.*, 2003), devido ao seu curto tempo de extração é também utilizado para extrações de compostos antioxidantes que se degradam durante longas extrações e temperaturas elevadas (Porschmann *et al.*, 2001; Freitas *et al.*, 2008).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar a extração do óleo da polpa da macaúba utilizando etanol e isopropanol em condições pressurizadas, sendo obtida a cinética de extração em pressão fixa de 100 bar e temperaturas de 40 a 80 °C, bem como a comparação dos rendimento com a extração por Soxhlet.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Materiais**

Foram utilizados frutos de Macaúba da variedade *Acrocomia aculeata*, coletados na região do Cariri no estado do Ceará, Brasil. Para a extração por líquido pressurizado e por Soxhlet, foram utilizados acetato de etila (99,5%), etanol (99,8%) e isopropanol (99,8%) de procedência JT Baker.

### **2.2. Procedimentos Experimentais**

Preparo da matéria-prima: Os frutos da macaúba foram despulpados com o auxílio de faca inox sobre uma bandeja separando a casca, polpa, amêndoa e endocarpo. O material foi pesado, acondicionado em embalagens de plástico e armazenados em freezer a -20°C. As amostras foram mantidas congeladas até o momento da secagem. A polpa foi seca em estufa com circulação de ar a 60 °C por 8 horas. A amostra seca foi triturada em um moinho elétrico (IKA, modelo A 11/B) na velocidade de 14000 RPM e utilizou-se peneiras do tipo Tyler para a classificação granulométrica das amostras, com auxílio de um agitador mecânico de peneiras (Bertel, série 1.0), obtendo amostras com diâmetro médio de 0,5 mm.

Extração por Soxhlet: A extração foi realizada conforme recomendado por Instituto Adolfo Lutz (2004). Foi utilizado tempo de extração de 480 minutos e 5 gramas de material. A temperatura de extração foi mantida constante acima da temperatura de refluxo do solvente, em todos os ensaios. Os ensaios foram realizados em duplicata. Após o tempo de extração o solvente remanescente no balão foi evaporado em estufa com circulação a 50 °C até peso constante.

Extração por Líquido Pressurizado: Os experimentos foram realizados com pressão e vazão constante de 100 bar e 3 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente e com as temperaturas de 40, 60 e 80 °C. Utilizando uma célula extratora de aço inoxidável com capacidade para 15 mL e para pressurização do sistema uma bomba isocrática (Acuflo - série III). A célula foi preenchida com 6 g de amostra, aquecida e posteriormente preenchida com solvente, pressurizada e a amostra foi coleta em frascos âmbar. As amostras foram coletadas de 3 em 3 minutos e após 12 minutos de extração a cada 5 minutos, totalizando 72 minutos de extração, o solvente remanescente foi evaporado em estufa com circulação de ar a 50 °C, até peso constante das amostras. O aparato experimental utilizado é reportado na Figura 1.

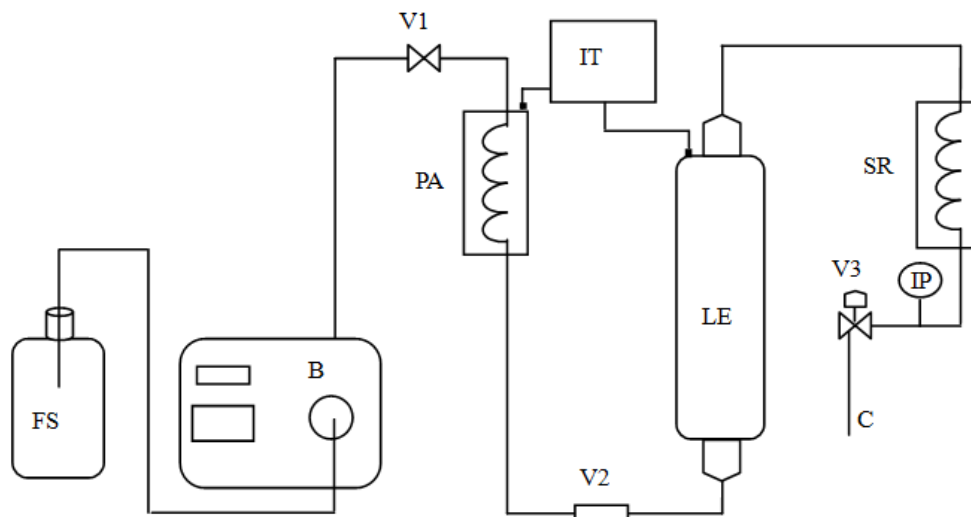


Figura 1 – Aparato Experimental utilizado na extração líquido pressurizado. (FS) Frasco de solvente; (B) Bomba isocrática; (V1) Válvula agulha; (PA) Pré-aquecimento; (V2) Válvula de retenção; (LE) Leito de extração; (IT) Indicador de temperatura; (SR) Sistema de resfriamento; (IP) Indicador de pressão; (V3) Válvula de controle de pressão; (C) Coleta do extrato.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta as condições experimentais e rendimentos em óleo obtidos para as extrações por Soxhlet e ELP. Os resultados apresentados na Tabela 1 reportam que, para o etanol, a temperatura na faixa de 40 a 80 °C não apresenta efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no rendimento, no entanto, para o isopropanol este efeito é observado entre as temperaturas de 60 e 80 °C.

Moreau *et al.* (2003) reportam a extração do óleo de milho utilizando etanol e isopropanol como solventes, e os resultados obtidos pelos autores relatam que a extração com estes solventes apresentaram aumento do rendimento com o acréscimo da temperatura na faixa de 40 a 100 °C, pressão fixa em 68,95 bar e 35 minutos de extração. Jaime *et al.* (2010) extraíram óleo de micro alga *Haematococcus pluvialis* utilizando etanol como solvente, onde a temperatura apresentou influencia positiva sobre o rendimento em óleo para os experimentos conduzidos em pressão fixa de 103,4 bar e 20 minutos de extração, obtendo 8,1 e 3,7% de rendimento em óleo nas temperaturas de 50 e 100°C, respectivamente.

Os resultados obtidos reportam que os maiores rendimentos em óleo, para ambos os solventes, não apresentam diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A extração do óleo pode ser atribuída à polaridade dos solventes, o etanol apresenta maior polaridade que o isopropanol (Takeuchi *et al.*, 2009; Ramluckan *et al.*, 2014). O etanol e o isopropanol por serem alcoóis podem demonstrar características bipolares, sendo adequados para extração de compostos bioativos (Almeida *et al.*, 2012) e da fração lipídica (Rodriguez-Solana *et al.*, 2014).

O elevado rendimento da extração por ELP foi reportado na literatura quando comparado com método de Soxhlet. Dunford e Zhang (2003) avaliaram o rendimento da extração do óleo do germen de trigo e reportam na temperatura de 105 °C, pressão de 103 bar e 30 minutos de extração rendimento de ~23 e ~17 % utilizando etanol e isopropanol, respectivamente. Os autores relatam 10,8 % de óleo utilizando o método de Soxhlet com *n*-hexano como solvente em 360 minutos de

extração. Jesus et al. (2013) reportam a extração com condições pressurizadas do óleo de palma utilizando o etanol como solvente, sendo que na temperatura de 60°C, 100 bar e 60 minutos, obtiveram 68% de rendimento em óleo. Para a extração realizada por Soxhlet os autores reportam rendimentos de 61,3% em óleo com *n*-hexano como solvente e 360 minutos de extração.

Tabela 1 – Condições experimentais e rendimentos para as extrações com Soxhlet (SO) e com líquido pressurizado (ELP). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparação entre as temperaturas do mesmo solvente) e letras maiúsculas (comparação dos melhores rendimentos entre os diferentes solventes na ELP) não se diferem estatisticamente ( $p > 0,05$ )

Solvente	Tipo de Extração	T (°C)	P (bar)	Índice de Polaridade	Tempo (min)	Rendimento (%)
Etanol	ELP	40	100	5.2	72	41,89±2,17 <sup>a</sup>
		60				43,48±3,47 <sup>a</sup>
		80				43,78±1,55 <sup>a,A</sup>
	SO	±78	-	5.2	480	57,45±0,61
Isopropanol	ELP	40	100	3.9	72	30,43±0,97 <sup>a</sup>
		60				37,77±0,32 <sup>b</sup>
		80				41,00±2,22 <sup>b,A</sup>
	SO	±82	-	3.9	480	47,86±0,68

Comparando as melhores condições de rendimento de óleo da ELP com o método convencional, o etanol apresentou 76,21% e o isopropanol 82,43% do rendimento obtido por Soxhlet, no entanto, em menor tempo de extração. Estes resultados evidenciam a característica da ELP que é o elevado rendimento em baixos tempos de extração.

As cinéticas de extração do óleo para com os solventes etanol e isopropanol são apresentadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Os resultados apresentados na Figura 2 demonstram que a temperatura, na faixa avaliada, não apresenta influência na taxa de extração em óleo para o etanol.

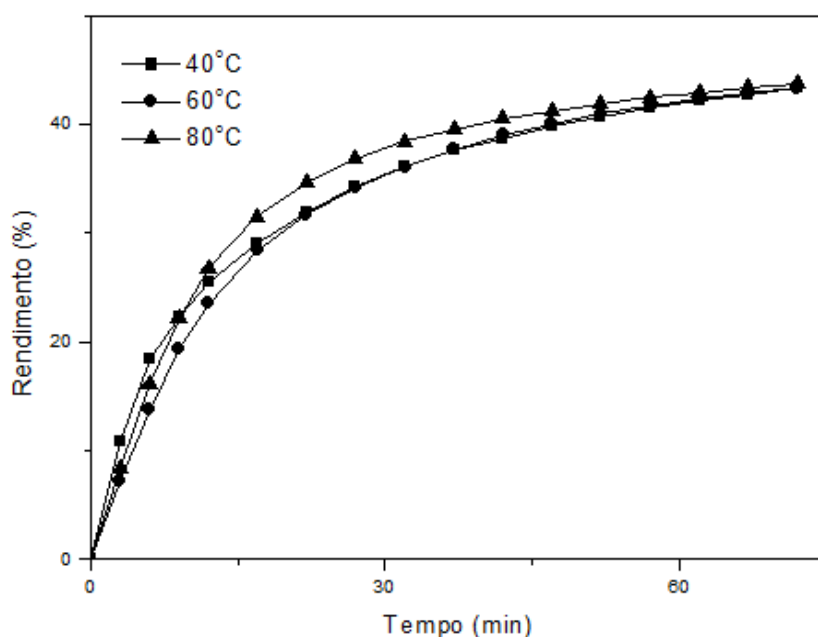


Figura 2 – Cinética de extração do óleo da polpa da macaúba com etanol.

Na extração com o isopropanol, conforme a Figura 3, o acréscimo da temperatura exerceu influência na extração do óleo da polpa da macaúba, a temperatura de 40 °C apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ) no rendimento de óleo quando comparada com 60 °C, sendo que o aumento da temperatura para 80 °C não apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ) no rendimento de óleo a 60°C.

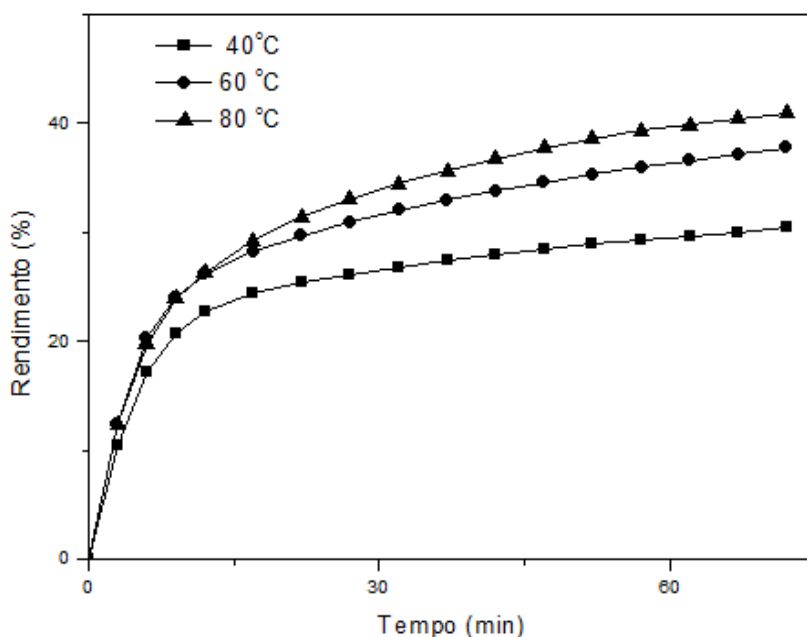


Figura 3 – Cinética da extração do óleo da polpa da macaúba com isopropanol.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram o rendimento elevado da ELP do óleo da polpa da macaúba em baixos tempos de extração. Comparando as melhores condições de rendimento de óleo com o método convencional, o etanol apresentou 76,2% e o isopropanol 82,4% do rendimento obtido por Soxhlet, sendo que a extração por ELP apresenta menor tempo de extração. Os maiores rendimentos na ELP com etanol (43,9%) e isopropanol (41,0%) a 80 °C não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ). Nos rendimentos obtidos utilizando o etanol, as diferentes temperaturas não demonstraram diferença significativa ( $p>0,05$ ) no rendimento em óleo. A extração utilizando o isopropanol à temperatura de 40 °C apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ) em relação à temperatura de 60 °C, sendo que o aumento da temperatura para 80°C não exerceu diferença significativa ( $p>0,05$ ) na extração.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABREU, I. S.; CARVALHO, C. R.; CARVALHO, G. M.; MOTOIKE, S. Y. First karyotype, DNA C-value and AT/GC base composition of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) – a promising plant for biodiesel production. *Australian J. Botan.*, v. 59, p. 149-155, 2011.
- ALMEIDA, P. P.; MEZZOMO, N.; FERREIRA, S. R. S. Extraction of *Mentha spicata* L.

- Volatile Compounds: Evaluation of Process Parameters and Extract Composition. *Food Bioproc. Technol.* v. 5, p.548–559, 2012.
- DUNFORD, N. T.; ZHANG, N. Pressurized solvent extraction of wheat germ oil. *Food Research Internat.*, v. 36, p. 905–909, 2003.
- FREITAS, L. S.; JACQUES, R. A.; RICHTER, M. F.; SILVA, A. L.; CARAMAO, E. B. Pressurized liquid extraction of vitamin E from Brazilian grape seed oil. *J. Chromat. A*, v. 1200, p.80–83, 2008.
- HIANE, P. A., RAMOS FILHO, M. M., RAMOS, M. I. L., MACEDO, M. L. R. Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. *Br. J. Food Technol.*, v.8, p.256-259, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Edição, 1ª edição digital, 2004.
- JAIME, L.; RODRIGUEZ-MEIZOSO, I.; CIFUENTES, A.; SANTOYO, S.; SUAREZ, S.; IBANEZ, E.; SENORANS, F.J. Pressurized liquids as an alternative process to antioxidant carotenoids' extraction from *Haematococcus pluvialis* microalgae. *LWT - Food Scienc. Technol.*, v. 43, p. 105–112, 2010.
- JESUS, A. A., ALMEIDA, L. C., SILVA, E. A., EGUES, S., FRANCESCHI, E., FORTUNY, M., SANTOS, A. F., ARAUJO, J., SOUZA, E. M. B. D., DARIVA, C. Extraction of palm oil using propane, ethanol and its mixtures as compressed solvent. *J. Supercrit. Fluids*, v.81, p. 245-253, 2013.
- MERCK. *Ficha de informações de segurança de produtos químicos: n-hexano*. São Paulo: Merck S. A. 2006.
- MOREAU, R. A.; POWELL, M. J.; SINGH, V. Pressurized Liquid Extraction of Polar and Nonpolar Lipids in Corn and Oats with Hexane, Methylene Chloride, Isopropanol, and Ethanol. *JAOCs*, v. 80, n. 11, 2003.
- REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Extração e Refino de óleos vegetais. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. *Manole*, p. 300-351, 2006.
- PORSCHMANN, J.; PLUGGEA, J.; TOTH, R. In situ derivatisation using pressurized liquid extraction to determine phenols, sterols and carboxylic acids in environmental samples and microbial biomasses. *J. Chromat. A*, v. 909, p. 95–109, 2001.
- PRADO, A. G. S. Química Verde, Os Desafios da Química do Novo Milênio. *Quím. Nova*, v.26, p.738-744, 2003.
- RAMLUKAN, K.; MOODLEY, K. G.; BUX, F. An evaluation of the efficacy of using selected solvents for the extraction of lipids from algal biomass by the soxhlet extraction method. *Fuel*, v. 116, p. 103–108, 2014.
- 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. *Ver. Ciênc. tecnol. Alim.*, v.28, p. 90-94, 2008.



- RODRÍGUEZ-SOLANA, R.; SALGADO, J. M.; DOMÍNGUEZ, J. M.; CORTÉS-DIÉGUEZ, S. Characterization of fennel extracts and quantification of estragole: Optimization and comparison of accelerated solvent extraction and Soxhlet techniques. *Ind. Crops Prod.*, v. 52, p. 528– 536, 2014.
- SANAGI, M. M.; SEE, H. H.; IBRAHIM, A. W.; NAIM, A. A. Determination of carotene, tocopherols and tocotrienols in residue oil from palm pressed fiber using pressurized liquid extraction-normal phase liquid chromatography. *Analyt. Chim. Acta*, v. 538, p. 71–76, 2005.
- SILVA, G. C. R., ANDRADE, M. H. C. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of macauba palm tree. *J. Food Process Eng.*, v.36, p.134-145, 2013.
- TAKEUCHI, T. M; PEREIRA, C. G.; BRAGA, M. E. M.; MARÓSTICA, M. R. JR.; LEAL, P. F.; MEIRELES, M. A. A. Low-Pressure Solvent Extraction (Solid–Liquid Extraction, Microwave Assisted, and Ultrasound Assisted) from Condimentary Plants. In: Meireles, M. A. A. Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications. *CRC Press*, p. 137-218, 2009.
- TOSCHI, A. T.; BENDINI, G.; RICCI, A.; LERCKER, G. Pressurized solvent extraction of total lipids in poultry meat. *Food Chem.*, v. 83, p. 551–555, 2003.
- SUN, H.; GE, X.; LV, Y.; WANG, A. Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed. *J. Chromat.*, v.12, p. 1-23, 2012.