



# OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA AMÊNDOA DE BARU UTILIZANDO ETANOL E ISOPROPANOL COMO SOLVENTES ALTERNATIVOS AO HEXANO

J. S. MIRANDA<sup>1</sup>, A. L. S. SOUZA<sup>1</sup>, R. C. S. SOUSA<sup>1</sup>, A. J. DEMUNER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química  
E-mail para contato: juliastockl@outlook.com

**RESUMO** – O Brasil apresenta diversos biomas que são conhecidos pela elevada biodiversidade e, dentre eles, destaca-se o Cerrado. O barueiro (*Dipteryx alata* Vog.), pertencente à família Fabaceae, é uma das espécies nativas de grande importância do Cerrado. Esta planta tem como fruto o baru, fonte de carboidratos, lipídios e minerais. A sua semente (amêndoa) possui um alto conteúdo de lipídios, proteínas e fatores de extrema relevância para prevenção de carência nutricional. Dela é possível extrair um óleo com alto grau de insaturação, rico em ácido oleico e linoleico. O presente estudo teve como objetivo a extração do óleo da amêndoa de baru em batelada agitada com os solventes hexano, etanol, isopropanol, e isopropanol:etanol (1:1) a fim de comparar os rendimentos de extração. A extração foi realizada com um delineamento composto central 2<sup>3</sup> em que os parâmetros razão sólido:solvente, temperatura e tempo foram otimizados. Os maiores valores de rendimento foram encontrados em menores razões sólido:solvente e elevadas temperaturas. As extrações com melhores rendimentos foram: etanol 29,12 %, isopropanol 39,66 % e mistura isopropanol:etanol 41,13 %, enquanto para o hexano foi de 36,59 %. O emprego da mistura isopropanol:etanol (1:1) como solvente gerou um resultado satisfatório, sendo comparável ao hexano e, portanto, a melhor alternativa para sua substituição. Os solventes investigados são promissores para a substituição do hexano na extração do óleo de baru.

## 1. INTRODUÇÃO

O barueiro (*Dipteryx alata* vog.) pertencente à família Fabaceae, é uma das espécies nativas de grande importância no Cerrado. Esta planta tem como fruto o baru, cuja polpa possui um sabor doce e envolve uma amêndoa comestível (Cruz et al., 2010). O óleo da amêndoa de baru possui elevado grau de insaturação, sendo similar ao azeite de oliva e com potencial para ser utilizado para o preparo de alimentos. A sua fração lipídica tem, em abundância, os ácidos oleico e linoleico, sendo o teor deste último mais alto que nos óleos de amendoim, de coco, de azeite de oliva e de dendê (Almeida, 1998; Vallilo et al., 1990; Togashi e Scarbieri, 1994).

A literatura apresenta diferentes métodos de extração do óleo de baru, sendo os principais a prensagem a frio (Batista et al., 2012; Marques et al., 2015) e extração com solventes como éter de petróleo (Oliveira et al., 2011; Guimarães & Kobori, 2016), éter etílico (Oliveira et al., 2011), hexano (Lira et al., 2014) e etanol (Drummond et al., 2007). O



emprego do método de extração por solventes se torna uma alternativa, a fim de se obter maior rendimento, minimizar as perdas no processo, torná-lo apto para o uso em alimentos e ser viável comercialmente.

O hexano é o solvente mais comumente utilizado como extrator por possuir alta estabilidade, ter uma estreita faixa de ebulição, ser imiscível com a água e resultar em um baixo teor residual nas tortas. Entretanto, alguns pontos negativos, como sua inflamabilidade, maior toxicidade, custo e potencial poluidor, justificam o estudo de alternativas ao seu uso (Moretto & Fett, 1998) como, por exemplo, etanol, isopropanol, propanol e butanol (Sawada et al., 2014). O isopropanol é menos tóxico e menos inflamável que o hexano e tem se mostrado eficiente na extração de óleo de soja (Baker & Sullivan, 1983; Seth et al., 2010), algodão (Harris & Hayward, 1950) e farelo de arroz (Capellini, 2013). O fato de o etanol ser obtido a partir da cana-de-açúcar, sendo proveniente de fontes renováveis, coloca o Brasil em uma posição privilegiada na eliminação do uso de derivados de petróleo no processamento de oleaginosas (Carvalho, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo otimizar a extração por solventes do óleo da amêndoa de baru, investigando o uso de solventes alternativos ao hexano: etanol e isopropanol. Para otimizar o processo de extração propõe-se a avaliação dos efeitos dos tipos de solventes e das condições operacionais (razão sólido:solvente (s:s), temperatura e tempo) no rendimento de extração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amêndoas de baru, adquiridas no comércio da cidade de Viçosa - MG foram trituradas em moinho de facas tipo Willye Super, modelo STAR FT 80, tamizadas e classificadas quanto a sua granulometria, empregando peneiras com diâmetros entre 4-0,71 mm. A granulometria das amêndoas utilizadas na extração foi uma mistura de partículas com diâmetro médio de 1,18-2,0 mm.

A extração ocorreu em reatores de 15 mL, utilizando chapas de aquecimento e agitação (IKA® C-MAG HS 10). As amêndoas de baru moídas e o solvente foram adicionados nas quantidades pré-estabelecidas de acordo com as razões sólido:solvente do planejamento experimental. Após decorrido o tempo de cada extração, as amostras foram transferidas para tubos falcon, realizando a lavagem dos reatores com os respectivos solventes, com o intuito de não deixar resíduos oleosos nas paredes do reator. Em seguida foram centrifugadas a 2600 g por 5 min (CENTRÍFUGA EXCELSA® II MOD. 206 BL), e o sobrenadante (micela - solvente + óleo) foi transferido para tubos de vidro e levado a estufa a 95 °C para evaporação do solvente. O volume do óleo obtido foi medido e seu rendimento calculado para avaliação dos efeitos de acordo com o planejamento estatístico.

A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das variáveis de processo, sobre o rendimento de extração. Os ensaios foram realizados de acordo com delineamento composto central rotacional, com um fatorial  $2^3$  completo, com 6 pontos axiais ( $\pm \alpha$ ) e 5 repetições no ponto central, totalizando 19 ensaios para cada solvente. As três variáveis independentes em estudo foram: tempo, temperatura e razão sólido/solvente, conforme mostrado na Tabela 1. A variável dependente (resposta) foi rendimento percentual de extração do óleo a partir do cálculo da razão da massa de óleo (g) e massa da amostra (g).

A partir dos resultados obtidos foi possível avaliar o efeito de cada parâmetro, sobre a maximização do rendimento no processo de extração.

Tabela 1 - Variáveis e níveis do delineamento composto central rotacional.

Solventes	Variáveis	Níveis				
		$-\alpha$ (-1,68)	-1	0	1	$+\alpha$ (+1,68)
Hexano	Tempo (min)	23	42	69	96	115
	Temperatura (°C)	30	45	65	85	100
	Razão s:s (m/v)	0,05	0,075	0,1	0,15	0,2
Etanol, Isopropanol e etanol:isopropanol (1:1)	Tempo (min)	130	150	180	210	230
	Temperatura (°C)	40	55	75	95	110
	Razão s:s (m/v)	0,05	0,075	0,1	0,15	0,2

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O delineamento composto central rotacional (DCCR) avaliou o efeito de três fatores no rendimento da extração: temperatura, tempo e razão s:s. Os rendimentos máximos foram obtidos nas condições: temperatura de 85 °C, razão s:s 0,75/10 em 96 minutos de extração empregando hexano como solvente (rendimento de 36,59 %). Para a extração utilizando etanol, o rendimento máximo foi de 29,12 % na temperatura de 95 °C, com uma razão s:s de 0,75/10 em 210 minutos de extração. Nos ensaios utilizando isopropanol, o rendimento máximo observado foi de 39,66 % na temperatura de 75 °C, razão s:s 0,5/10 em 180 minutos de extração. Empregando a mistura isopropanol:etanol (1:1) o rendimento máximo obtido foi de 41,13 % nas mesmas condições observadas quando o solvente isopropanol foi empregado.

A figura 1 e 2 apresentam os diagramas de Pareto, que mostram os efeitos dos parâmetros de processo, sobre o rendimento de extração, para os solventes hexano, isopropanol, etanol, e mistura isopropanol:etanol (1:1), respectivamente.

Figura 1 - Diagrama de Pareto para os efeitos dos parâmetros de processo na extração do óleo da amêndoa de baru empregando hexano, isopropanol.

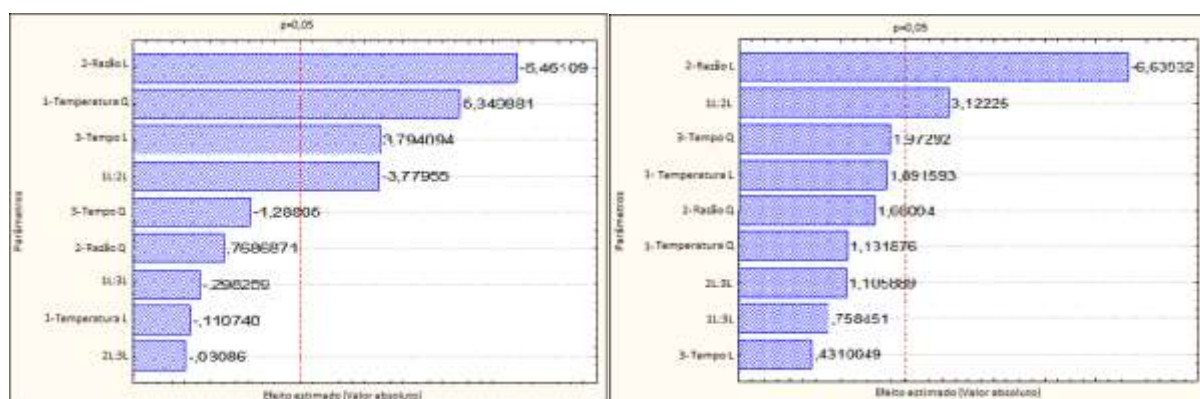
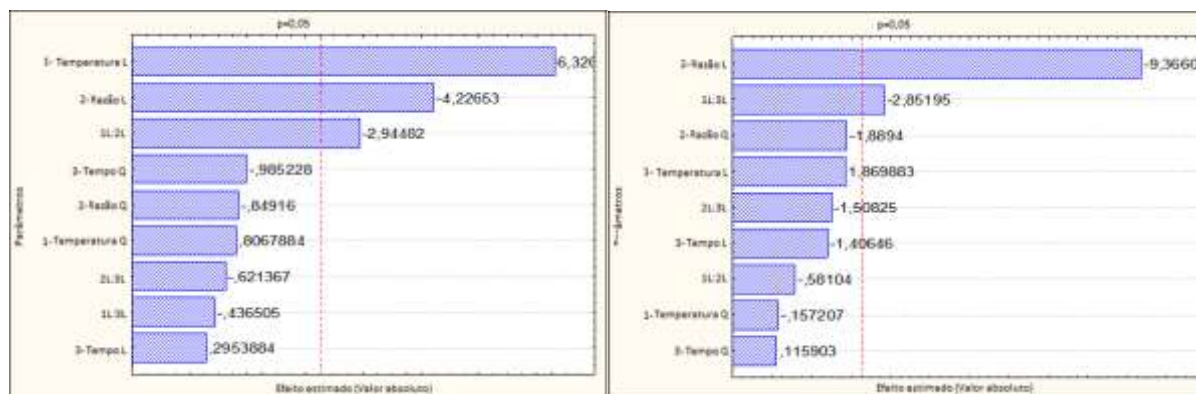


Figura 2 - Diagrama de Pareto para os efeitos dos parâmetros de processo na extração do óleo da amêndoa de baru empregando etanol e isopropanol:etanol (1:1).



O gráfico de Pareto indica que todas as barras referentes a cada um dos fatores que excedem a linha tracejada, F crítico, modificam a resposta final, quando utilizados em diferentes níveis. Desta maneira, ao analisar o gráfico referente ao Hexano, os fatores temperatura (1), razão s:s (2), tempo (3) e a interação entre os fatores temperatura e razão s:s (1:2) ultrapassaram o valor de F crítico, sendo diretamente responsáveis pela modificação no rendimento de extração. O efeito positivo no rendimento em função da diminuição da razão s:s e o aumento da temperatura vai de encontro com o que já foi observado por Johnson e Lsas (1983), onde o aumento da temperatura atua positivamente na solubilidade do óleo no solvente, diminuindo a viscosidade de ambos, favorecendo a difusão da fase soluto.

Para o isopropanol, o efeito da razão s:s é o que mais influencia no rendimento da extração do óleo de baru, seguido da interação entre os fatores temperatura e razão s:s. Assim como para o hexano, quanto maior a razão s:s, menor será o rendimento de extração, uma vez que o efeito é negativo. Já para a interação, o efeito é positivo no rendimento, evidenciando que o aumento da temperatura pode maximizar o rendimento, como já citado acima, quando se tem um valor alto de razão s:s.

Na extração utilizando etanol o efeito temperatura foi a variável que apresentou maior influência, seguido do efeito negativo da razão s:s, e da interação entre os fatores temperatura e razão s:s. Em um trabalho de extração de óleo de farelo de soja empregando etanol, Sawada (2012) afirma que a elevação da temperatura favoreceu a transferência de compostos lipídicos (rendimento de extração) em temperatura de 60 °C a 90 °C comparada experimentos realizados à 40 °C.

As influências dos fatores razão s:s e da interação temperatura e razão s:s podem ser evidenciadas levando em consideração que na temperatura de 75 °C em menores valores de razão sólido solvente (0,5/10) o rendimento foi de 24,04 % e na mesma temperatura o valor máximo de razão sólido solvente (2,0/10) o rendimento caiu para 17,96 %. Logo, a temperatura tem efeito significativo quando avaliada nas condições mínimas de razão s:s, a fim de maximizar a resposta, rendimento de extração.

O efeito negativo da razão s:s é o que mais afeta o rendimento de extração do óleo de baru quando o solvente é a mistura isopropanol e etanol (1:1) (2), seguido pelo efeito negativo





da interação entre a temperatura e o tempo linear. Assim como já discutido nos demais diagramas de Pareto, quanto menor a razão  $s:s$ , maior o rendimento de extração. Para a interação temperatura e tempo, a temperatura exerce maior influência nos menores tempos de extração.

#### 4. CONCLUSÃO

A extração do óleo da amêndoa de baru, empregando o isopropanol, etanol e hexano, apresentou resultados satisfatórios. O isopropanol demonstrou ser um solvente com grande potencial para substituir o hexano, devido ao comportamento de extração muito semelhante. O processo de extração foi eficiente mesmo quando temperaturas baixas foram empregadas, fato esse que é de extrema relevância, pois o uso de altas temperaturas no processo de extração pode levar a degradação de propriedades desejáveis no óleo extraído, além de alterar o aroma, a cor e demais características desejáveis no produto final. Sendo assim, o uso do solvente isopropanol demonstra ser um processo viável em escala industrial. O etanol também apresentou bons resultados de rendimento, o seu emprego demonstra exigir maiores cuidados com a escolha das condições de processo, o que pode ser estudado mais a fundo em trabalhos futuros. A mistura isopropanol:etanol (1:1) é a melhor forma de substituição ao hexano, visto que a junção do etanol ao isopropanol, além de tornar o processo de extração mais eficiente, o torna mais viável economicamente, devido a sua disponibilidade e baixo custo.

De modo geral, os solventes alternativos investigados para a extração do óleo da amêndoa de baru, mostram-se potencialmente promissores para a substituição do hexano.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P. **Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 247-285, 1998.
- BAKER, E. C. & Sullivan, D. A. **Development of a pilot-plant process for the extraction of soy flakes with aqueous isopropyl-alcohol**. Journal of the American Oil Chemists Society, 60(7), p. 1271-1277, 1983.
- BATISTA, A. C. F.; RODRIGUES, H. C.; PEREIRA, N. R.; HERNADEZ-TORRONES, M. G.; VIEIRA, A. T.; OLIVEIRA, M. F. Use of baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) to produce biodiesel and study of the physical and chemical characteristics of biodiesel/petroleum diesel fuel blends. **Chemistry and Technology of Fuels and Oils**, v. 48, n. 1, 2012.
- 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 em Ciências da Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP. SP, Pirassununga, 2013.
- CARVALHO, L. C. C. Álcool do Brasil: energia limpa e renovável. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 21, n. 9, p. 28-31, 2001.



CRUZ, K. S. **Isolamento, fracionamento e caracterização parcial das proteínas de amêndoas de Baru (*Dipteryx alata* vog.).** Dissertação (Mestrado em Ciências Nutricionais) – Universidade Estadual Paulista. SP, Araraquara, 2010.

DRUMMOND, A. R. F. et al. Metanol e etanol como solventes na extração de óleo de mamona. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIESEL**, 1., 2007, Brasília, DF. Anais. Brasília, DF, 2007.

GUIMARAES, M. C.; KOBORI, C. N. Caracterização físico-química da amêndoa e do óleo extraído do baru provenientes de Minas Gerais. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Universidade Federal de São João del-Rei, 2016.

HARRIS, W. D., & HAYWARD, J. W. Isopropanol as solvent for extraction of cottonseed oil. III. The use of recycling to effect solvent economy. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 27, p. 273-275, 1950.

JOHNSON, L. A.; LUSAS, E. W. Comparison of alternative solvents for oils extraction. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.60, n.2, p.229-242, 1983.

LIRA, F. F.; MACHADO, W.; SANTOS, J. V. D.; TAKAHASHI, S. A.; GUIMARÃES, M. F.; LEAL, A. C. Avaliação da composição centesimal de frutos de macaúba. In: **Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia**. 3. Anais. Londrina, 2014.

MARQUES, F., NETO, J., CUNHA, L., PAULA, J., & BARA, M. Identification of terpenes and phytosterols in *Dipteryx alata* (baru) oilseeds obtained through pressing. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25 (5), p. 522-525, 2015.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 150p, 1998.

OLIVEIRA SOUSA, A. G.; FERNANDES, D. C.; ALVES A. M.; , FREITAS, J. B., NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**. Barking, v. 44, n.7 p. 2319–2325, 2011.

SAWADA, M.M., VENÂNCIO, L.L., TODA, T.A., RODRIGUES, C.E.C. Effects of different alcoholic extraction conditions on soybean oil yield, fatty acid composition and protein solubility of defatted meal. **Food Res. Int.** v. 62, p. 662–670. 2014.

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.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 85-95, 1994.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog) – caracterização do óleo da semente. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 115- 125, 1990.