

DESACIDIFICAÇÃO DO ÓLEO DE BABAÇU (*Orbignya phalerata*, mart.) PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO VISANDO SEU USO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Marcielle Martins De Paula Mota¹, Abraham Damian Giraldo Zuniga², Aroldo Arévalo Pinedo², Solange Cristina Carreiro³,

1.Mestranda em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins
2, 3, e 4.Professores do Curso de Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal do Tocantins
Palmas - Brasil

RESUMO

No presente trabalho foi estudado o processo de desacidificação do óleo de babaçu empregando a técnica de extração líquido-líquido. Foram testados três tipos de solventes (metanol, etanol e isopropanol). Foi avaliada a influência da relação óleo/solvente (1:1; 1:2; 2:1) e a proporção de água no solvente (0, 10, 20, e 30% em massa) a 25 °C. Os resultados mostraram que a relação óleo /solvente não influenciou significativamente no processo. Foi observado também que o aumento da quantidade de água nos sistemas resultou no decréscimo do coeficiente de partição do soluto, demonstrando menor capacidade de extração de ácidos graxos livres pelo solvente. O etanol foi o solvente que apresentou melhores resultados na desacidificação do óleo de babaçu obtendo-se valores de coeficientes de partição na faixa de 0,32 até 2,15. Os valores do coeficiente de partição mais adequados foram obtidos quando se empregou 10% em massa de água no solvente.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos graxos, babaçu, biodiesel

DESADIFICATION OF BABAÇU OIL BY LIQUID LIQUID EXTRACTION

ABSTRACT

In this paper we studied the acidification of babassu oi using the process of liquid-liquid extraction. We used three different solvents (methanol, ethanol and isopropanol). We assessed the influence of the ratio oil / solvent (1:1, 1, 2, 2:1) and the proportion of water in the solvent (0, 10, 20, and 30% by weight) at 25 ° C. The results showed that the ratio oil / solvent showed no significant influence on the process. It was also observed that increasing the amount of water concentration resulted in decrease of the partition coefficient of solute, showing less ability to extract free fatty acids by solvent. Ethanol was the solvent that showed better results in acidification of babassu oil with values of partition coefficients ranging from 0.32 to 2.15. The partition coefficient values were more appropriate when it was used 10% by mass of water in the solvent.

KEYWORDS: fatty acids, babassu, biodiesel

INTRODUÇÃO

O babaçu (*Orbignya phalerata*, mart.) é uma das mais importantes representantes das palmeiras brasileiras. É uma planta típica da região de transição

entre o cerrado, a mata amazônica e o semi-árido nordestino brasileiro e o seu crescimento é espontâneo nas matas da região amazônica (MACHADO et al, 2006). Atualmente, no Brasil, encontram-se vastos babaçuais espalhados ao sul da bacia amazônica. Entretanto, são nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins que se concentram as maiores extensões de matas onde predominam os babaçuais (SANTOS, 2008). Do fruto apenas 6 a 8% são amêndoas e encontram-se no interior do endocarpo. As amêndoas apresentam uma composição acima de 65% de óleo rico em ácido láurico (LIMA et al, 2007 e CAMPESTRE, [s.d]). O óleo de babaçu tem uma coloração branca a levemente amarelada e corresponde a 4% da massa total do fruto (PARENTE, 2003).

Na tentativa de conseguir a sustentabilidade ambiental no planeta, aliada à preocupação dos diferentes setores da sociedade pela diminuição da poluição ambiental, diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando a produção de energia limpa, principalmente na produção de biodiesel a partir de óleos vegetais, inclusive o óleo de babaçu.

Os óleos vegetais são substâncias que, em seu estado bruto, consistem predominantemente de triacilgliceróis, apresentando também em menor nível mono e diacilgliceróis, ácidos graxos livres (AGL), pigmentos (carotenóides e clorofilas), ésteres, tocoferóis, fosfolipídeos e proteínas. A maioria dos óleos em estado bruto apresenta uma acidez elevada o que dificulta o uso direto para o consumo humano, assim como também a utilização direta para a produção de biodiesel.

O biodiesel é produzido principalmente pela reação de transesterificação, onde o óleo vegetal é misturado ao metanol ou etanol e, na presença de um catalisador ácido ou básico (SUAREZ et al., 2002), dá origem a uma mistura de éteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Essa mistura é o que hoje se conhece como biodiesel. Como subproduto desta reação forma-se glicerina. O uso de catalisadores básicos apresenta a saponificação (formação de sabão) quando o óleo, ou gordura possui alto teor de ácidos graxos livres. A formação de sabões consome parte do catalisador e dificulta separação dos produtos finais (ésteres e glicerina) devido a formação de emulsões (MA et al.,1999). Na maioria dos processos de produção de biodiesel é empregado o catalisador básico por apresentar uma atividade catalítica de até 4.000 vezes maior do que quando são utilizados ácidos minerais (FREEDMAN et al., 1984). Por este motivo há necessidade da desacidificação dos óleos brutos até níveis adequados para a produção de biodiesel.

O processo de refino visa a remoção das impurezas indesejáveis, sendo a remoção dos ácidos graxos livres (desacidificação) a principal etapa do processo. Os óleos comercializados são, em geral, produzidos a partir de refino químico ou refino físico. O refino químico não é recomendado para óleos com elevado teor de ácidos graxos livres por proporcionar perdas consideráveis de óleo neutro (HARTMAN, 1971). Já o refino físico requer temperaturas muito elevadas e pressões muito baixas, causando prejuízos a qualidade do produto final para alguns óleos com grandes quantidades de fosfatídeos (MAZA et al., 1992 citado por REIPERT, 2005).

A desacidificação de óleo bruto através da extração líquido-líquido (ELL) tem despertado interesse devido às vantagens que traz em relação aos refinamentos físico e químico. Como a ELL é conduzida a temperaturas próximas a do ambiente, reduz o consumo energético e submete o óleo a tratamentos mais brandos, permitindo a preservação dos compostos nutracêuticos. Adicionalmente, a ELL tem a vantagem de evitar a produção de poluentes e reduzir as perdas de óleo neutro.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito dos solventes metanol, etanol e isopropanol na desacidificação do óleo de babaçu por extração líquido-líquido. O desempenho destes solventes na desacidificação foi analisado verificando a variação do teor de água no solvente e a proporção óleo/solvente no sentido de avaliar a influência destas variáveis no processo de desacidificação.

METODOLOGIA

Para a realização dos experimentos de desacidificação do óleo de babaçu por extração líquido-líquido foi seguido um desenho do tipo fatorial 3x4x3 com três repetições. As variáveis independentes avaliadas foram: solventes (metanol, etanol e isopropanol) X concentração de água nos solventes (0%, 10%, 20% e 30%) X proporção óleo:solvente (1:1; 1:2 e 2:1), sendo a variável dependente do teor de ácidos graxos livres.

Preparo das Soluções dos Solventes

O experimento foi realizado utilizando três tipos de solventes, metanol, etanol e isopropanol com quatro teores de água, 0, 10, 20 e 30%. Resultando em doze sistemas, como descrito na Tabela 1. As soluções (solvente+água) foram preparadas utilizando água destilada. Estas soluções foram preparadas antes da realização de cada ensaio. A pureza dos reagentes foi de 99%.

TABELA 1. Proporção dos solventes nos sistemas

| Tipo de Solvente | Solvente | Água | Sistema |
|------------------|----------|------|---------|
| Metanol | 100% | 0% | 1 |
| | 90% | 10% | 2 |
| | 80% | 20% | 3 |
| | 70% | 30% | 4 |
| Etanol | 100% | 0% | 5 |
| | 90% | 10% | 6 |
| | 80% | 20% | 7 |
| | 70% | 30% | 8 |
| Isopropanol | 100% | 0% | 9 |
| | 90% | 10% | 10 |
| | 80% | 20% | 11 |
| | 70% | 30% | 12 |

Preparação dos sistemas de extração

Para a realização do experimento foi utilizado o óleo de babaçu bruto gentilmente cedido pela TOBASA (Bioindustrial de Babaçu S.A).

Cada sistema de análises foi preparado misturando óleo bruto e solvente (solvente + água) nas razões mássicas óleo:solvente 1:1; 1:2 e 2:1.

Todos os sistemas estudados foram preparados em tubos Falcon de 50 mL. Os tubos contendo os componentes do sistema na concentração desejada foram

agitados durante seis minutos em vórtex, de modo que todos os componentes formassem uma mistura homogênea e ocorresse a transferência de massa entre as fases. Em seguida, os sistemas foram centrifugados por 10 minutos a 5 000 rpm e deixados em descanso por aproximadamente 14 horas para atingir o equilíbrio. Os experimentos foram realizados na temperatura de 25°C utilizando um banho termostático para controle da temperatura. Após este tempo foram retiradas alíquotas de ambas as fases (oleosa e alcoólica) para análises do teor de ácidos graxos livres.

Determinação dos Ácidos Graxos Livres

Os ácidos graxos livres foram determinados em uma solução de óleo ou gordura em etanol, por titulação com solução de hidróxido de sódio e utilizando-se fenolftaleína como indicador, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

O procedimento consistiu em pesar dois gramas da amostra em um erlenmeyer de 125 mL seguida da adição de 25 mL de uma mistura neutra de éter etílico-etanol (1:1) e agitação manual. Em seguida foram adicionadas duas gotas de solução etanólica a 1% de fenolftaleína. A titulação foi feita com solução de NaOH 0,1 N até coloração rósea. O percentual de ácidos graxos livres foi calculado com base no peso molecular do ácido predominante, no caso o ácido láurico, cujo peso molecular é 200 utilizando a fórmula:

$$AGL (\%massa) = \frac{PM_{\text{ácido}} \times N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times f}{m_{\text{amostra}} \times 10}$$

Em que:

$PM_{\text{ácido}}$ = peso molecular do ácido graxo (g/mol), N_{NaOH} = normalidade do hidróxido de sódio padronizado, V_{NaOH} = volume gasto de hidróxido de sódio (ml), m = massa da amostra (g),

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio

% Remoção de Ácido graxo Livre no Óleo

O percentual de remoção de ácido graxo livre no óleo após o processo de ELL foi calculado para verificar a porcentagem de AGL extraída pelo solvente. O percentual de remoção é obtido utilizando as médias dos resultados experimentais, empregando a seguinte equação:

$$\% \text{Remoção} = \frac{\%AGL_i - \%AGL_f}{\%AGL_i} \times 100$$

Em que: $\%AGL_i$ = percentual de ácido graxo no óleo inicial, $\%AGL_f$ = percentual de ácido graxo no óleo final

Coefficiente de Partição (k)

O coeficiente de partição é uma variável que mede a eficiência do processo de separação da substância de interesse.

Os coeficientes de partição foram calculados pela relação entre a concentração de ácidos graxos livres no solvente (extrato) e a concentração no óleo (refinado), de acordo com a seguinte equação.

$$k_s = \frac{\%AGL_{Solvente}}{\%AGL_{\acute{o}leo}}$$

Em que: $\%AGL_{solvente}$ = percentual de ácido graxo no solvente, $\%AGL_{\acute{o}leo}$ = percentual de ácido graxo no óleo

Análise Estatística

Os dados do coeficiente de partição foram analisados com auxílio do software SISVAR, através da análise de variância para indicar o efeito das variáveis independentes e suas interações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desacidificação do óleo de babaçu

Os resultados obtidos no experimento de desacidificação do óleo de babaçu utilizando metanol, etanol e isopropanol, podem ser observados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

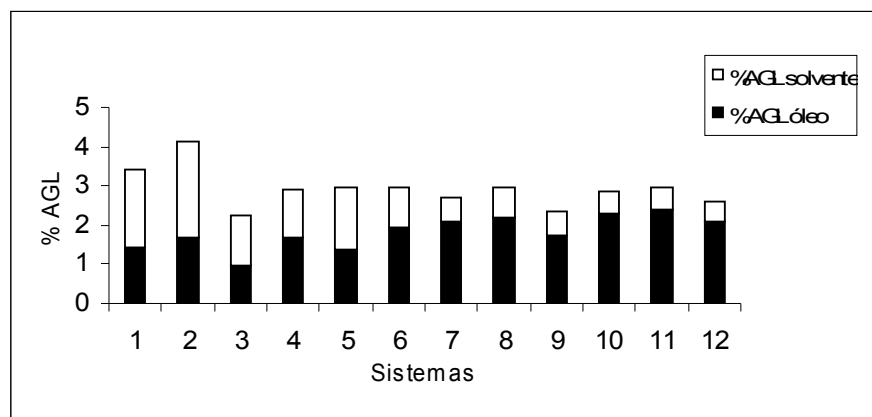


FIGURA 3. % AGL na fase rica em solvente e na fase rica em óleo, para os sistemas utilizando Metanol.

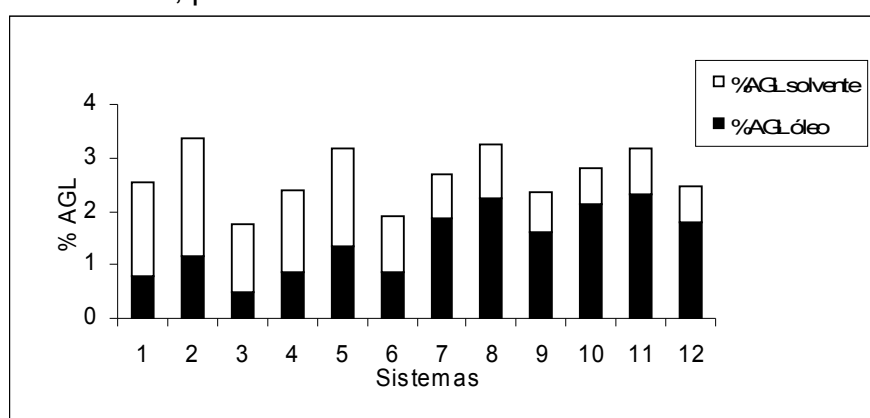


FIGURA 4. % AGL na fase rica em solvente e na fase rica em óleo, para os sistemas utilizando Etanol.

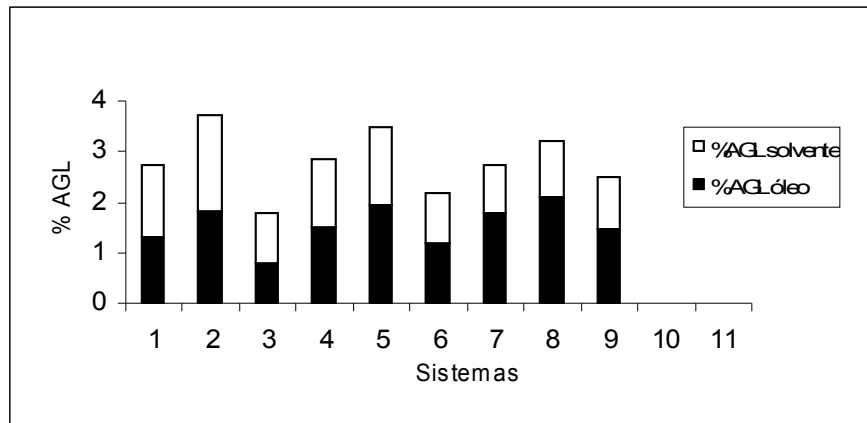


FIGURA 5. % AGL na fase rica em solvente e na fase rica em óleo, para os sistemas utilizando Isopropanol.

Pode-se observar nas Figuras 3 e 4 para os sistemas 1, 2, e 3 (0% água) e 4, 5, e 6 (10% de água) compostos por metanol e etanol, respectivamente, que os valores da %AGL na fase oleosa (refinado) são menores dos valores de % AGL presentes na fase solvente (extrato), um efeito contrário foi constatado para os sistemas 7, 8 e 9 (20% de água) e 10,11 e 12 (30% de água) onde o percentual de AGL extraídos foi bastante reduzido. Este fato indica uma redução na capacidade de extração do solvente com o aumento da quantidade de água nos sistemas. Este mesmo comportamento também foi verificado por CUEVAS et al (2009).

Para os sistemas formados por isopropanol não foi utilizado o percentual zero de água, pois o solvente puro não permitiu a separação de fases devido à solubilidade mútua do óleo e do solvente, conseqüentemente, não houve extração de AGL. Na Figura 5 podemos verificar que nos sistemas 7, 8 e 9 (20% de água), o isopropanol apresentou uma maior extração diferentemente do que ocorreu com o metanol e o etanol para essa mesma quantidade de água.

Remoção de Ácido graxo Livre no Óleo

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam os valores de % de AGL extraído do óleo de babaçu para diferentes proporções de óleo e solvente.

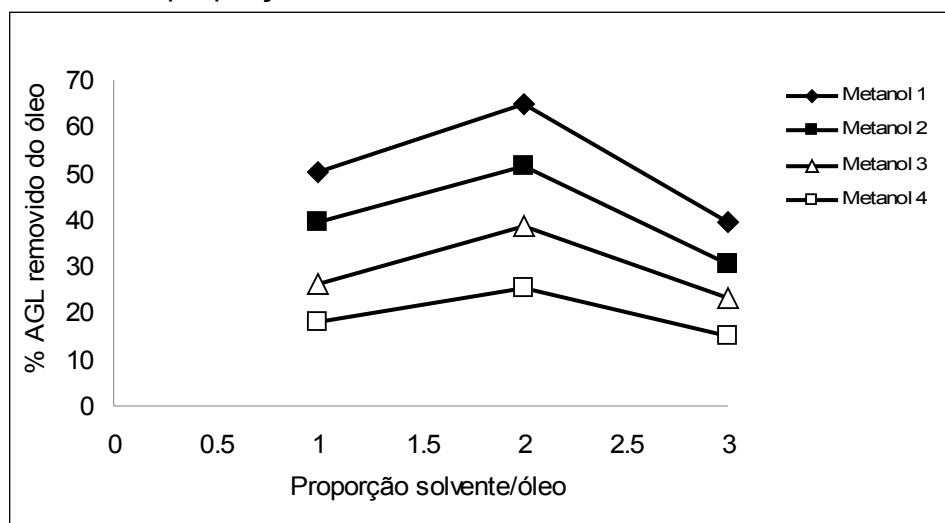


FIGURA 6. % de AGL extraído para o metanol em diferentes proporções óleo /solvente.

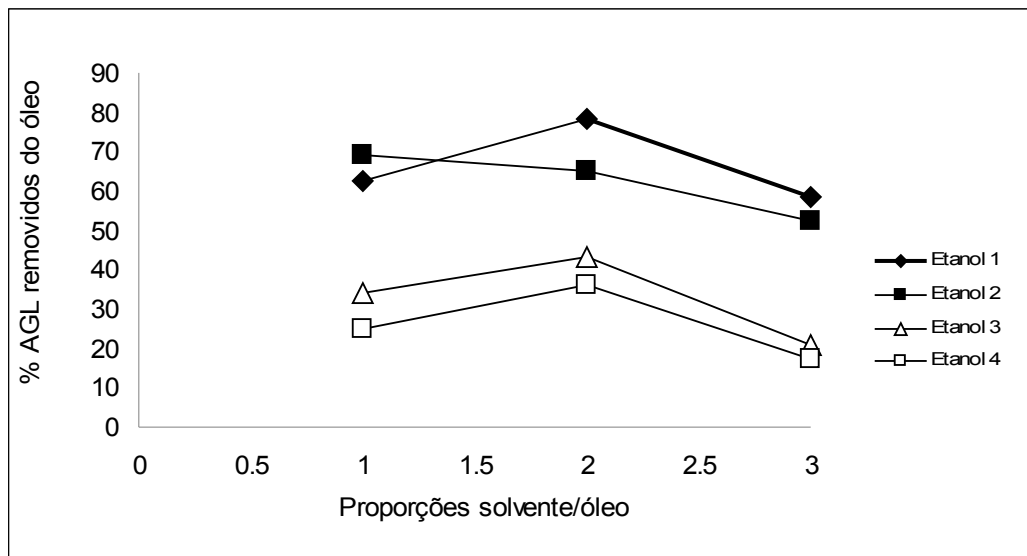


FIGURA 7. % de AGL extraído para o etanol em diferentes proporções óleo /solvente.

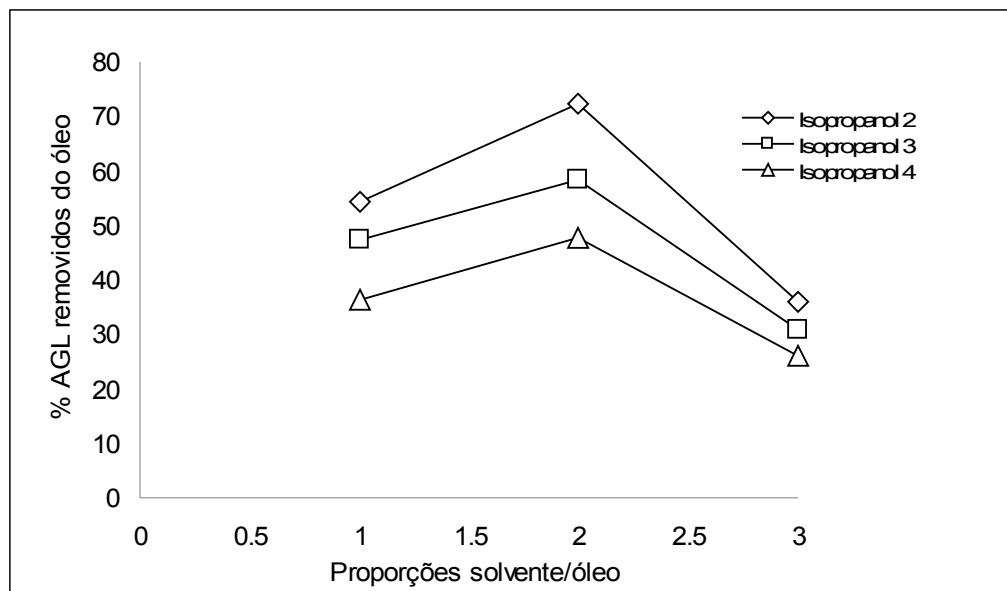


FIGURA 8. % de AGL extraído para o isopropanol em diferentes proporções óleo /solvente.

Nas Figuras 6, 7 e 8 pode-se perceber que os sistemas formados pelos solventes metanol, etanol e isopropanol apresentaram comportamento semelhante em que a porcentagem de extração tem um aumento de valores quando a quantidade de solvente no sistemas é dobrado, ou seja, a proporção varia de 1:1(óleo/solvente) para a 1:2 (óleo/solvente), seguido por um decréscimo quando a quantidade de solvente é reduzida para a metade (2:1). Com exceção do sistema formado pelo etanol contendo 10% de água (Figura 7) em que a quantidade extraída não seguiu o mesmo comportamento, pois a porcentagem de extração não aumentou com o aumento da quantidade de solvente, mas na proporção 2:1 o valor teve uma leve redução.

Os teores de acidez no óleo ao final do processo de desacidificação foram reduzidos significativamente quando ao nível de acidez inicial no óleo bruto,

encontrando-se na faixa adequada para a produção de biodiesel. Por exemplo, para o solvente etanol foram obtidos % AGL de até 0,48% na fase oleosa.

Coefficientes de partição na desacidificação do óleo de babaçu

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do Coeficiente de Partição para os três solventes estudados.

TABELA 2. Coeficiente de partição (k) a 25°C

| Porcentagem de água no solvente | Proporção Óleo/Solvente | Metanol (k) | Etanol (k) | Isopropanol (k) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|---------------------|
| 0 | 1:1 | 1,514607 | 1,904318 | - |
| 0 | 1:2 | 1,275801 | 2,15185 | - |
| 0 | 2:1 | 1,419398 | 1,88935 | - |
| 10 | 1:1 | 0,701236 | 1,762122 | 1,126265 |
| 10 | 1:2 | 0,516953 | 1,133502 | 1,29408 |
| 10 | 2:1 | 1,179701 | 1,347868 | 1,076319 |
| 20 | 1:1 | 0,29679 | 0,454921 | 0,921699 |
| 20 | 1:2 | 0,357106 | 0,476974 | 0,866404 |
| 20 | 2:1 | 0,355041 | 0,46087 | 0,79891 |
| 30 | 1:1 | 0,237616 | 0,323792 | 0,531315 |
| 30 | 1:2 | 0,24342 | 0,35756 | 0,706448 |
| 30 | 2:1 | 0,240693 | 0,368686 | 0,53195 |

Na Tabela 2 pode-se observar que ao incrementar a concentração de água no solvente, ocorreu uma diminuição nos valores dos coeficientes de partição, indicando uma menor capacidade de o solvente extrair os ácidos graxos livres à medida que a quantidade de água no solvente foi aumentada. O coeficiente de partição nas soluções de solvente contendo 30% de água apresentou valores bastantes inferiores comparados aos valores dos solventes puros, o que foi observado para os três solventes testados. Os solventes contendo 20% e 30% em massa de água tiveram coeficientes de partição menores que um. No caso do metanol contendo 10% em massa de água, o coeficiente de partição foi inferior a 0,8, nas relações óleo:solvente de 1:1 e 1:2. Os solventes metanol e etanol contendo 30% em massa de água apresentaram valores inferiores a 0,4, enquanto o isopropanol contendo a mesma quantidade de água apresentou valores entre 0,5 e 0,7, apresentando maior valor o sistema cuja quantidade de solvente foi o dobro da de óleo 1:2, óleo:solvente.

Segundo GONÇALVES & MEIRELLES (2004), os coeficientes de partição não precisam ser necessariamente maiores que um, apesar de valores altos serem desejáveis, desde que também uma pequena quantidade de solvente ou um número não muito alto de estágios de equilíbrio, para extração em modo contínuo, possam ser usados para a extração.

Na Figura 9 observa-se que com o incremento da proporção de água no sistema, a variação dos valores do coeficiente de partição (k) é mais acentuada para o etanol e metanol, no entanto para o isopropanol, houve uma menor variação nos seus valores, provavelmente devido à diferença de polaridade ente eles. Este mesmo comportamento foi também observado por ORLANDELLI (2008) que

estudou a desacidificação do óleo de farelo de arroz e concluiu que quando a proporção de água aumentava nos sistemas os valores de k diminuíram para o metanol e etanol, enquanto o isopropanol teve pequenas variações.

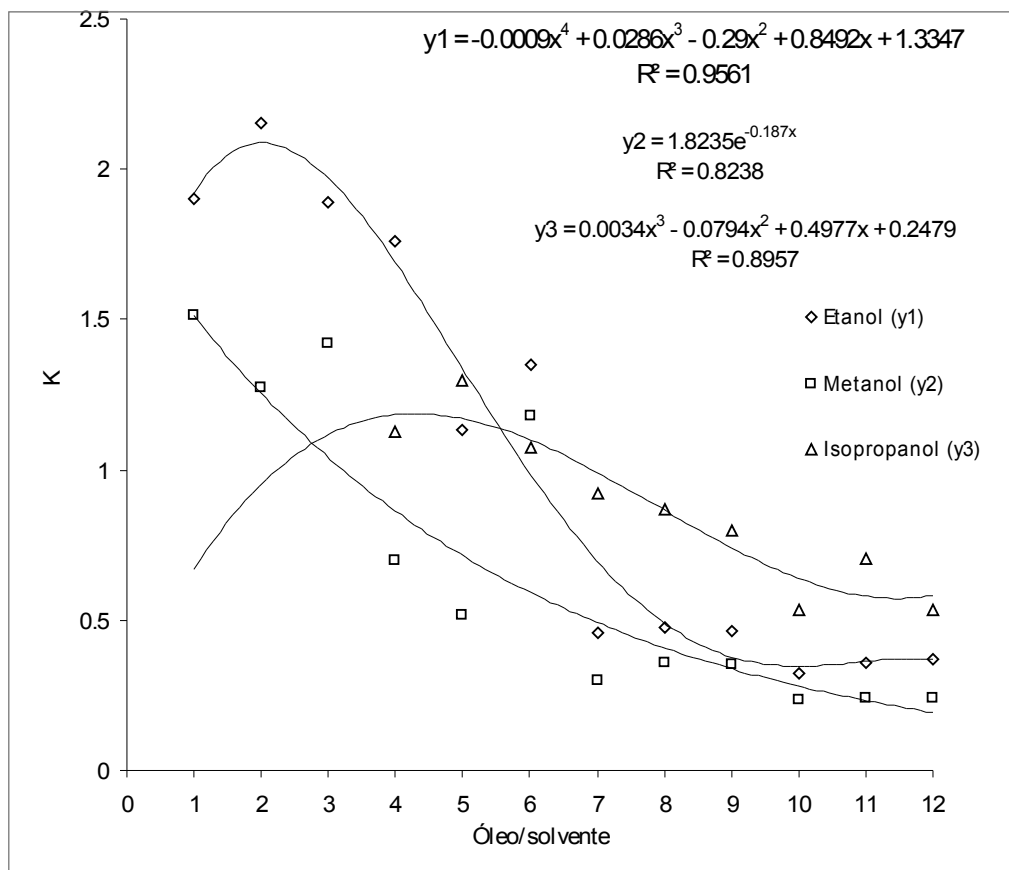


FIGURA 9. Coeficiente de partição dos AGL para os diferentes sistemas a 25 °C

Análise Estatística

Para verificar se de fato houve diferença entre os três solventes e as condições testadas, na desacidificação do óleo de babaçu foi realizada a análise de variância dos dados obtidos, considerando o coeficiente de partição como resposta (k). Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Análise de variância do coeficiente de partição (k).

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Pc |
|----------------------------------|-------|--------|-----------|--------|--------|
| Solvente (S) | 2 | 1.389 | 0.694739 | 22.507 | 0.000* |
| %Água (%A) | 3 | 31.264 | 10.421370 | 337.61 | 0.000* |
| Proporção óleo/solvente (O/S) | 2 | 0.111 | 0.055305 | 1.792 | 0.169 |
| S*%A | 5 | 3.431 | 0.686390 | 22.237 | 0.000* |
| S*O/S | 4 | 0.313 | 0.078351 | 2.538 | 0.041* |
| %A*O/S | 6 | 0.152 | 0.025462 | 0.825 | 0.552 |
| Erro | 167 | 5.154 | 0.030867 | | |
| Total corrigido | 197 | | | | |
| CV (%) | 20.99 | | | | |
| Media Geral | 0.837 | | | | |

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Observando os dados da análise de variância do coeficiente de partição obtidos pelo teste F ao nível de 5% de significância apresentados na Tabela 3, verifica-se que os solventes testados e a variação da quantidade de água em massa apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) na desacidificação do óleo de babaçu que os fatores estão interagindo, com um fator influenciando na ação do outro, pois as interações S*%A e S*O/S, foram significativas ($P < 0,05$). Por outro lado, a variação da relação óleo/solvente não apresentou influência significativa no processo, sendo os resultados obtidos para as proporções 1:1, 1:2 e 2:1 de óleo/solvente considerados estatisticamente iguais. No entanto, houve interação significativa entre os solventes e a proporção óleo/solvente (S*O/S).

Para avaliar o efeito dos tipos de solvente e da proporção de água adicionada nos sistemas, as médias obtidas para os valores de k foram comparadas pelo teste de Tukey e os dados estão apresentados nas Tabela 4.

TABELA 4. Teste de Tukey para o fator solvente.

| Tratamentos | Médias |
|-------------|-------------|
| Metanol | 0,728829 a1 |
| Isopropanol | 0,872571 a2 |
| Etanol | 0,918537 a2 |

Para o fator solvente, observou-se que o etanol e isopropanol foram estatisticamente iguais e ambos diferentes do metanol. Os solventes etanol e isopropanol podem ser considerados mais adequados, uma vez que valores de K elevados são desejáveis para o processo de extração (PINA, 2000).

Quanto ao fator %água (Tabela 5) observou-se que todas as proporções de água adicionadas ao solvente foram estatisticamente diferentes.

TABELA 5. Teste de Tukey para o fator % de água.

| Tratamentos | Médias |
|-------------|-------------|
| Trinta | 0,407369 a1 |
| Vinte | 0,610462 a2 |
| Dez | 1,046692 a3 |
| Zero | 1,506805 a4 |

Adicionalmente foi realizado o teste de Tukey para se avaliar o efeito dos solventes no desdobramento de solvente dentro de cada nível de % de água, conforme mostrado na Tabela 6.

TABELA 6. Teste de Tukey para o desdobramento de solvente dentro de cada nível de % de água.

| Desdobramento de solvente dentro de 10% de água | | |
|--|-----------|---------------------|
| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
| Metanol | 0,782138 | a1 |
| Etanol | 1,171791 | a2 |
| Isopropanol | 1,1861450 | a2 |
| Desdobramento de solvente dentro de 20 % de água | | |
| Metanol | 0,437390 | a1 |
| Etanol | 0,526442 | a1 |
| Isopropanol | 0,867552 | a2 |
| Desdobramento de solvente dentro de 30 % de água | | |
| Metanol | 0,287463 | a1 |
| Etanol | 0,370628 | a1 |
| Isopropanol | 0,564017 | a2 |
| Desdobramento de solvente dentro de 0 % de água | | |
| Metanol | 1,408323 | a1 |
| Etanol | 1,605286 | a2 |

Pelos dados mostrados na Tabela 6 observou-se que para todos os solventes avaliados o solvente anidro mostrou valores de k mais elevados, no entanto a adição de água no sistema é interessante devido à redução da perda de óleo neutro. Diante disto, o teor de 10% de água nos solventes apresentou os melhores valores de k . O etanol e o isopropanol foram considerados estatisticamente iguais, entretanto, segundo RODRIGUES et al (2006) e RODRIGUES et al (2007) o uso do etanol como agente extrator tem sido sugerido para o processo, pois apresenta baixa toxicidade, facilidade de recuperação, bons valores de seletividade e de coeficiente de partição para AGL, e possibilita a desacidificação com baixas perdas de compostos nutracêuticos.

CONCLUSÕES

Através das análises realizadas podemos concluir que o aumento da concentração de água no solvente provoca uma diminuição nos coeficientes de partição do ácido, sendo assim, quanto maior a quantidade de água no sistema, menor é a capacidade do solvente extrair os ácidos graxos livres. O etanol foi o solvente que apresentou melhores resultados na desacidificação do óleo de babaçu obtendo-se valores de coeficientes de partição na faixa de 0,32 até 2,15. Dos solventes testados o metanol foi o menos adequado a desacidificação do óleo de babaçu.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro e a SECT - TO pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPESTRE. Referência Bibliográfica de Documento Eletrônico. Disponível na internet: <<http://www.campestre.com.br>>. Acesso em setembro de 2010.

CUEVAS, M. S; RODRIGUES, C. E. C; MEIRELLES, A. J. A. Effect of solvent hydration and temperature in the deacidification process of sunflower oil using ethanol. **Journal of food engineering**, 291-298, 2009.

FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L.; **J. Am. Oil Chem. Soc.** 1984, 6, 1638.

GONÇALVES, C. B.; MEIRELLES, A. J. A. Liquid-liquid equilibrium data for system palm oil + fatty acids + ethanol + water at 318.2 K. **Fluid Phase Equilibria** 221 (2004) 139 – 150.

HARTMAN, L. **Tecnologia Moderna da indústria de óleos vegetais**. Fundação Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1971, 330Pp.

LIMA J. R. O.; SILVA R. B. E SILVA C. M. Biodiesel de babaçu (*orgignya sp.*) obtido por via etanólica, **Química Nova**,30: 600, 2007.

MA, F.; HANNA M. Biodiesel Production: A Review. **Bioresource Technology**, vol. 70 p.1,15, 1999.

MACHADO, G. C; CHAVES, J. B. P; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. *Revista Ceres*, 463-470, 2006.

ORLANDELLI, M. C. F. da S. Desacidificação do OFA através do processo de extração líquido-líquido descontínuo utilizando alcoóis. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza: Unigráfica, Brasil, 2003.

PINA, C. G.; MEIRELLES, A. J.A. Deacidification of corn oil by solvent extraction in a perforated rotating disc column. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v. 77 n° 5 p. 553-559, 2000.

REIPERT, E. C. D. **Desacidificação de óleos de babaçu e de algodão por extração líquido-líquido**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

RODRIGUES, C. E. C.; ONOYAMA, M. M.; MEIRELLES, A. J. A. Optimization of the Rice bran oil deacidification process by liquid-liquid extraction. **Journal of Food Engineering** 73 (2006): 370-378

RODRIGUES, C. E. C.; PEIXOTO, E. C. D.; MEIRELLES, A. J. A. Phase Equilibrium for systems composed by refined soybean oil + commercial linoleic acid + ethanol + water at 323.2 K. **Fluid Phase Equilibria** 261 (2007) 122-128.

SANTOS, N. A. DOS. Propriedades **termo-oxidativas e de fluxo do biodiesel de Babaçu (*orbignya phalerata*)**. Dissertação de mestrado - Programa de pós-graduação em química, Universidade Federal da Paraíba, 2008.

SUAREZ, P. A. Z. ; MUNDIM, K. C.; RUBIM, J. C. PL BR 0.204.019, 0, 2002.

