

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DO PINHÃO
MANSO (*Jatropha curcas* L.) SUBMETIDO À SECAGEM EM
DIFERENTES TEMPERATURAS

Autor: Ana Lúcia Cabral
Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro
Co-orientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Rio Verde - GO

Fevereiro

2011

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DO PINHÃO
MANSO (*Jatropha curcas* L.) SUBMETIDO À SECAGEM EM
DIFERENTES TEMPERATURAS

Autor: Ana Lúcia Cabral

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro

Co-orientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde – Área de concentração Ciências Agrárias.

Rio Verde - GO

Fevereiro

2011

Cabral, Ana Lúcia.

Avaliação da qualidade do óleo do pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.)
submetido à secagem em diferentes temperaturas. / Ana Lúcia Cabral. – Rio Verde,
Goiás: Instituto Federal Goiano, 2011.

24 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) – Instituto Federal Goiano,
Mestrado em Ciências Agrárias, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro.

1. Biodiesel. 2. Índice de Acidez. 3. Índice de Peróxido. I Autor. II. Instituto
Federal Goiano. III. Título.

CDU 662.669

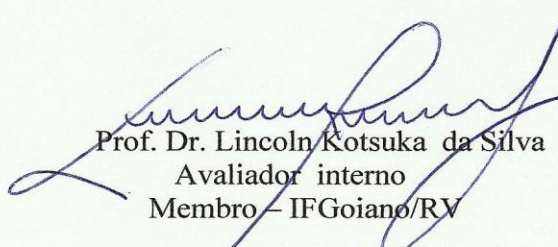
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

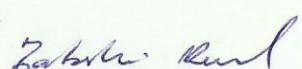
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DO PINHÃO MANSO (JATROPHA CURCAS L.)
DURANTE A SECAGEM E O ARMAZENAMENTO**

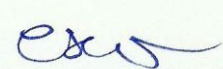
**Autora: Ana Lúcia Cabral
Orientador: Dr. Carlos Frederico de Souza Castro**

**TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias**

APROVADA em 28 de fevereiro de 2011.


Prof. Dr. Lincoln Kotsuka da Silva
Avaliador interno
Membro – IFGoiano/RV


Prof. Dr. Takeshi Kamada
Avaliador externo
Membro – FESURV


Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro
Presidente da banca
Membro – IFGoiano/RV

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, luz, saúde e presença constante em toda a minha caminhada.

À minha família, pelo carinho e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Ao Professor Carlos Frederico de Souza Castro, pela orientação, dedicação, confiança e participação irrestrita na execução deste trabalho, pelos valiosos ensinamentos e pelo incentivo constante.

Ao Professor Osvaldo Resende, pela co-orientação e pelas valiosas críticas e sugestões.

Ao Professor Lincoln Kotsuka da Silva, pelos valiosos ensinamentos, amizade e incentivo para iniciar essa pós-graduação.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela amizade e pela ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos da Pós-Graduação Elaine, Carine e Geraldo, pela amizade e fundamental apoio em todos os momentos de dificuldade.

Ao estudante de iniciação científica Jonas, por ter sempre se prontificado a me ajudar na realização das diversas análises envolvidas e em todos os outros momentos.

Àqueles que porventura não tenham sido citados, mas por, direta ou indiretamente, terem contribuído para a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, pela oportunidade de realização do Curso.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANA LÚCIA CABRAL, filha de Divino Alberto Cabral e Vera Lúcia Pires Cabral, nasceu em Rio Verde, Estado de Goiás, em 21 de agosto de 1976.

Em fevereiro de 1996, iniciou no Curso de Ciências Biológicas na Universidade de Rio Verde (FESURV), em Rio Verde - GO, graduando-se em dezembro de 1999.

Em março de 2003, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Biologia Aplicada à Biotecnologia e Saúde, em nível de Especialização, oferecido pela FESURV – Universidade de Rio Verde, concluindo em março de 2004.

Iniciou em março de 2008, o Curso de Pós-Graduação em Biodiesel, em nível de Especialização, oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus* Rio Verde (IFGOIANO), concluindo em dezembro do mesmo ano.

Em março de 2009, iniciou no curso de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus* Rio Verde (IFGOIANO), na área de Ciências Agrárias, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre, em fevereiro de 2011.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS.....	IX
ÍNDICE DE APÊNDICE.....	X
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUÇÃO.....	1
Referências.....	5
OBJETIVO GERAL.....	7
Avaliação da qualidade do óleo do pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) submetido à secagem em diversas condições de ar.....	8
Resumo.....	8
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Material e métodos.....	10
Secagem.....	11
Extração do óleo.....	11
Índice de Acidez (I.A.).....	11
Índice de Peróxido (I.P.).....	12
Índice de Iodo (I.I.).....	13
Análises estatísticas.....	13
Resultados e discussão.....	13

Conclusões.....	17
Agradecimentos.....	17
Referências.....	17
CONCLUSÃO GERAL.....	20
PERSPECTIVAS FUTURAS.....	21

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

	Página
Tabela 1. Valores médios e desvio padrão para teor de óleo e índices de acidez, peróxido e iodo para diversas temperaturas de secagem.....	14
Gráfico 1. Teor de óleo.....	14
Gráfico 2. Índice de acidez.....	15
Gráfico 3. Índice de peróxido.....	16
Gráfico 4. Índice de iodo.....	17
Tabela 1A. Resultados das análises.....	20

ÍNDICE DE APÊNDICE

	Página
APÊNDICE A.....	23

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

0,01M.....	0,01 molar
0,025M.....	0,025 molar
B2.....	Diesel de petróleo com 2% de biodiesel
B5.....	Diesel de petróleo com 5% de biodiesel
b.s.	Base seca
b.u.	Base úmida
C.....	Concentração
CNPq.....	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
° C.....	Graus Celsius
g.....	Gramas
I.A.	Índice de acidez
I.I.	Índice de iodo
I.P.	Índice de peróxido
Kg.....	Quilogramas
KOH.....	Hidróxido de potássio
m.....	Massa
M.....	Molaridade
meq.....	Miliequivalente por quilograma de amostra
mg.....	Miligramas
mL.....	Mililitros
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiosulfato de sódio

V..... Volume

RESUMO

Grande parte da utilização energética do mundo provém da petroquímica. Com a expectativa do esgotamento dessa fonte, nasce a busca por fontes alternativas de energia, dentre elas a produção de combustíveis alternativos, como os biocombustíveis. O Brasil tem um grande potencial para produzir biodiesel a partir de óleo vegetal, em razão de sua localização geográfica e vocação agrícola. Além disso, a produção de biocombustíveis tem aumentado rapidamente, com o apoio do governo federal que prioriza as oleaginosas as quais geram mais emprego e mão de obra e inclui as regiões que estão à margem do processo de desenvolvimento econômico. Nesse contexto surge o pinhão manso, mostrando ser uma das oleaginosas mais promissoras do Brasil, por possuir elevado teor de óleo, fácil cultivo, óleo com baixa viscosidade, se comparada a mamona e com a boa estabilidade oxidativa. Entretanto, tornam-se necessárias mais informações sobre o comportamento do mesmo em relação aos processos pós-colheita. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da secagem em diversas temperaturas sobre a quantidade e qualidade do óleo do pinhão manso, assim como identificar as melhores condições de temperatura para a secagem sem perdas na qualidade do óleo. Foram avaliados o teor de água e os índices de acidez, de peróxido e de iodo, em diversas temperaturas de secagem. Os dados obtidos indicam que a qualidade do óleo não sofre alterações significativas no intervalo de temperaturas estudado (35 a 75 °C), ainda que o índice de peróxido tenha aumentado significativamente nas temperaturas mais elevadas. O aumento do índice de peróxido não foi acompanhado pelos demais índices, garantindo assim a qualidade do óleo obtido. O teor de óleo obtido também não foi afetado pela temperatura de secagem.

Palavras-chave – biodiesel. índice de acidez. índice de peróxido. índice de iodo.

ABSTRACT

Much of the energy used in the world comes from petrochemical sources. As those sources decrease, the need for alternative energy sources increases. Among such sources, it must be considered biofuels. Brazil has a great potential for biodiesel production from vegetable oils, due to its geographical location and agricultural background.

Also, biofuels production has risen quickly, with Federal Government support, prioritizing oil-bearing crops, which might generate more jobs and provide social inclusion of underdeveloped regions. So, *Jatropha curcas* L. seems to be a most interesting oil-bearing crop, as it possesses a high oil yield, with low viscosity in comparison to castor oil plant, and a good oxidative stability. However, more studies are

needed to provide information about its behavior in post-harvest handling. The present work aimed to verify the influence of seeds drying temperature on the quality of the *Jatropha curcas* L oil. Water content, acidity value, iodine value, and peroxide value were determined. Obtained data indicated that oil quality has not suffered significant changes in the temperature range used (35 to 75 °C). Although peroxide value showed an increase in higher temperatures, such changes were not accompanied by the other values, indicating that oil quality was not compromised. Oil yield was not affected by seeds drying temperatures.

Key words - biodiesel. acid value. peroxide value. iodine value.

INTRODUÇÃO

Em 1900, o inventor alemão Rudolph Diesel levou à exposição internacional de Paris um motor com novo sistema de funcionamento, chamado de “ciclo Diesel”. O motor era movido com óleo de amendoim e, nas primeiras décadas do século XX, foram utilizados óleos de várias outras espécies vegetais para seu funcionamento. O alto custo da produção de sementes desde aquela época, foi uma dificuldade para utilização do motor diesel. A abundância de petróleo no início do século XX, e o baixo custo para o refino de seu óleo fez com que os óleos vegetais fossem substituídos pelo óleo refinado de petróleo, sendo chamado de “óleo diesel”. Nas décadas de 1930 e 1940, os óleos vegetais eram utilizados apenas em caso de emergência (MA; HANNA, 1999).

Segundo Masiero e Lopes (2008), grande parte das fontes energéticas do planeta é proveniente da petroquímica, do carvão e dos gases naturais. Diante da expectativa de diminuição destas reservas e da crescente preocupação com o aumento no consumo, aliado aos problemas ambientais causados pelos combustíveis fósseis, surge o interesse de muitos países na utilização de combustíveis alternativos como o biodiesel.

No Brasil, as discussões sobre biodiesel têm priorizado as oleaginosas que venham gerar maior emprego de mão de obra e que possam incluir regiões que estão à margem do processo de desenvolvimento econômico. A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel seja uma alternativa importante para erradicação da miséria no país, pela possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas (AMORIM, 2005).

O Brasil tem um grande potencial para produzir biodiesel, a partir de óleo vegetal, por sua localização geográfica e vocação agrícola. A partir de 2008, o Governo Federal Brasileiro definiu que o biodiesel fosse obrigatoriamente adicionado ao diesel

de petróleo num percentual de 2%, o chamado B2. A partir de 2013, este percentual será elevado para 5%, o chamado B5, o que poderá constituir uma excelente oportunidade de desenvolvimento científico e tecnológico para o nosso país (PERES *et al.*, 2005).

A necessidade de abastecimento da agroindústria e do mercado de combustíveis é permanente e ininterrupta, enquanto a atividade agrícola apresenta características particulares, especialmente quanto à sua descontinuidade e periodicidade. Portanto, no desenvolvimento da cadeia agroindustrial do biodiesel a partir do óleo vegetal, há necessidade de planejamento e a busca de soluções, oferecendo respostas a todas as questões que condicionam e influenciam os fatores de produção. Assim, ressalta-se a importância de estudos que permitam oferecer dados confiáveis para avaliação da viabilidade de implantação de unidades de extração de óleo vegetal, que depende, entre outros, dos fatores locacionais, do investimento inicial, dos custos de manutenção e operação, dos montantes de venda (economias de escala), da qualidade e facilidade de obtenção das matérias-primas e de normas da legislação vigente (SARTORI *et al.*, 2009).

De acordo com Ramos *et al.* (2003), os óleos vegetais *in natura* apresentam características, como alta viscosidade, presença de ácidos graxos livres e tendência a formação de goma durante os processos de oxidação e polimerização, seja durante a estocagem ou combustão, o que leva a limitações quanto à utilização destes combustíveis. De um modo geral, ésteres de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de óleo vegetal, porém nem todo óleo vegetal pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel, porque alguns óleos possuem alto grau de insaturação e viscosidade. Portanto, a viabilidade da matéria-prima depende de alguns fatores como o teor de óleos vegetais, fatores agronômicos, econômicos e sócio-ambientais.

Dentre os parâmetros para a identificação da qualidade do óleo, está o índice de iodo, que indica o grau de insaturação, expressando assim, a tendência do mesmo em sofrer oxidação. Quanto maior for a insaturação de um ácido graxo, maior será o seu índice, o que indica também um alto potencial para a sua degradabilidade, ora por termo-oxidação, ora por ataque de radicais livres (ARRUDA *et al.*, 2006).

Diversos óleos vegetais têm sido testados para a produção de biodiesel, dentre eles o do pinhão manso, o qual possui elevado teor de óleo, fácil cultivo e, se comparado com a mamona, seu óleo possui boa viscosidade. Possui ainda melhor

estabilidade à oxidação que a soja e a palma, mostrando ser uma das oleaginosas mais promissoras no Brasil (TAPANES; ARANDA; CARNEIRO, 2006).

A semente do pinhão manso contém entre 33,7% a 45% de casca e de 55% a 66% de amêndoas nas quais são encontradas 7,2% de água e 37,5% de óleo, fatores que podem ser influenciados pela variabilidade genética, condições de cultivo, estado de maturação e conservação dos frutos (FRANK; SOUZA; CARVALHO, 2007).

Quanto à composição química das sementes, os dados encontrados para teor de óleo variam de 13 a 38%; para ácido oleico, de 35 a 52%; e ácido linoleico de 15 a 48% (GAYDOU *et al.*, 1982; OLIVEIRA, 1979).

As propriedades físicas das sementes são importantes na concepção e fabricação de equipamentos e estruturas para manipulação, transporte, processamento e armazenamento, e, principalmente, para avaliar a sua qualidade. Trabalhos realizados demonstram que o processo de secagem interfere em algumas propriedades físicas e principalmente na qualidade das sementes do pinhão manso (PRADHAN *et al.*, 2009)

Conforme Mujumdar (1997), a secagem é provavelmente o mais antigo e o mais importante método de preservação praticado pelos seres humanos. A remoção da umidade impede o crescimento e reprodução de microorganismos que causam degradação e minimiza muitas reações deterioráveis. Traz uma redução substancial do peso e volume, reduzindo os custos com embalagem, armazenagem e transporte, e permitindo uma armazenagem segura do produto.

Para Santos (2009), a preservação de alimentos por secagem é ainda de crescente interesse para a manufatura de produtos finais e intermediários. Numa economia que está se tornando cada vez mais globalizada, a distribuição de produtos agrícolas e de outros produtos biológicos está crescendo e, normalmente, processos de secagem são necessários para assegurar estabilidade durante o armazenamento e o transporte. Uma vez que o teor de umidade é reduzido, conseqüentemente se reduz também a disponibilidade de água para: o desenvolvimento de fungos e bactérias, que causam degradação microbiológica; o processo de respiração dos alimentos, que provoca perda de peso e gera calor; e a ocorrência de reações bioquímicas, que promovem a autodegradação do produto.

A operação de secagem visa proporcionar a maior durabilidade de um material, sem que este perca as suas características originais. Por isso é de suma importância à cautela e o bom senso na realização do processo, buscando a seleção de condições

operacionais ideais como: temperatura, agente de secagem, carga de material (que são particulares para cada produto) e a seleção de um equipamento adequado para eliminar a umidade do material em questão (PEREIRA, 2004).

A maior parte das gorduras naturais apresenta ácidos graxos com número de carbonos variando de 4 a 24. Estes ácidos graxos podem ser insaturados e saturados. A maioria dos óleos vegetais contém uma grande quantidade de ácidos graxos mono ou poliinsaturados (GIESE, 1996).

De acordo com Eychenne e Mouloungui (1998), as proporções dos diferentes ácidos graxos saturados e insaturados nos óleos e gorduras vegetais variam de acordo com as plantas das quais foram obtidas, sendo que dentro de uma mesma espécie existem variações determinadas pelas condições climáticas e tipo do solo em que são cultivados. A estabilidade térmica dos óleos depende de sua estrutura química, sendo que os óleos com ácidos graxos saturados são mais estáveis do que os insaturados. Como estes óleos são muito utilizados na produção de biodiesel, têm exigido de pesquisadores e técnicos especializados novos métodos analíticos, capazes de avaliar as condições de processamento e estocagem. Portanto é de fundamental importância o conhecimento da estabilidade térmica dos óleos vegetais e sua resistência a degradação para um rigoroso controle da qualidade.

A degradação de óleos e gorduras é resultado, principalmente, de reações hidrolíticas e oxidativas. A oxidação é um processo acelerado pela alta temperatura e é a principal responsável pela modificação das características físico-químicas e organolépticas do óleo. O óleo torna-se viscoso, escuro, tem sua acidez aumentada e desenvolve odor desagradável, comumente chamado ranço (NETO *et al.*, 2000).

A extração do óleo envolve várias operações preliminares, tais como a limpeza, descasque, secagem e moagem, mas a quantidade de óleo, assim como a sua qualidade, depende principalmente do processo de secagem, sendo que vários estudos demonstraram que esse processo teve um pequeno efeito sobre a viscosidade e conteúdo de cinzas, mas teve um efeito significativo no teor de ácidos graxos livres e índice de acidez (SIRISOMBOON *et al.*, 2009)

Na literatura, existe carência de informações a respeito das alterações que podem ocorrer nas características das sementes do pinhão manso durante o processamento pós-colheita, assim como na qualidade do óleo extraído desta espécie. Com o intuito de diminuir essa carência, esse trabalho trata da avaliação do efeito da

secagem em diversas temperaturas sobre a quantidade e qualidade do óleo do pinhão manso, assim como identificar as melhores condições de temperatura para a secagem sem perdas na qualidade do óleo.

Referências Bibliográficas

AMORIM, P. Q. R. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação.** 2005. Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.

ARRUDA, F. P. *et al.* **Análise comparativa do biodiesel derivado do óleo de soja obtido com diferentes álcoois.** 2006. Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Armazenamento/AnaliseComparativa2.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2009.

EYCHENNE, V.; MOULOUNGUI, Z. Relationships between structure and lubricating properties of neopentylpolyol esters. **Industrial e Engineering Chemistry Research.** v. 37, n. 12, p. 4835-4843, 1998.

FRANK, M. M.; SOUZA, B. N. A.; CARVALHO, S. F. T. **A potencialidade do pinhão manso na produção de biodiesel no Estado de Mato Grosso.** 2007 Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/desenvolvimento/1.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2009.

GAYDOU, A. M. *et al.* Ressourcesénergétiques d'origine végétale à Madagascar: Álcool éthylic et huiles de graines oléagineuses. **Oléagineux.** v. 37, n. 3, p. 135-141, 1982.

GIESE, J. Antioxidants: tools for preventing lipid oxidation. **Institute of Food Technologists.** Chicago: v. 50, n. 11, p.73-81, 1996.

MA, F.; HANNA, M. A. A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology.** v. 70, n. 1, p. 1-15, 1999.

MASIERO, G.; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. **Revista Brasileira de Política Internacional.** Brasília: v. 51, n. 2, jul./dez. 2008.

MUJUMDAR, A. S. Drying fundamentals. In C.G.J. Baker (Ed.) **Industrial Drying of Foods.** Blackie Academic e Professional: London, p. 7-30, 1997.

NETO, P. R. *et al.* Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova.** São Paulo: v. 23, n. 4, 2000.

OLIVEIRA, J. M. A. **Óleo de pinhão: alternativa no Nordeste**. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE CONVERSÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEL. 1979, São Paulo – SP, 1979. 17 p.

PEREIRA, E. B. **Tratamento enzimático para remoção de gorduras dos resíduos gerados por indústrias de produtos avícolas**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI D. L. Biocombustíveis - uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. Brasília: a. 14, n. 1, p. 31-41, jan./fev./mar. 2005.

PRADHAN, R. C. *et al.* **Moisture – dependent physical properties of jatropha fruit**. **Industrial Crops and Products**. v. 29, 341-347, 2009.

RAMOS, L. P. *et al.* A importância e a viabilidade do biodiesel como alternativa para a matriz energética nacional. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. n. 31, p. 28-37, jul./dez. 2003.

SANTOS, C. J. R. **Secagem de sementes de girassol via radiação infravermelho e convecção forçada de ar aquecido**. 2009. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju – SE.

SARTORI, M. A. *et al.* Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília: v. 47, n. 2, abr./jun. 2009.

SIRISOMBOON, P. *et al.* Physical and mechanical properties of *jatropha curcas* L. fruits, seeds and kernel. **Biosystems Engineering**. v. 97, p. 201-207, 2009.

TAPANES, N. O.; ARANDA, D. A. G.; CARNEIRO, J. W. M. **Transesterificação dos glicídeos do óleo de *Jatropha curcas* L.: estudo teórico**. 2006. Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/producao/Glice27.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2009.

OBJETIVO GERAL

Estudar o efeito da secagem em diversas temperaturas sobre a quantidade e qualidade do óleo do pinhão manso, assim como identificar as melhores condições de temperatura para a secagem sem perdas na qualidade do óleo.

Avaliação da qualidade do óleo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem

Quality assessment of jatropha oil (*Jatropha curcas* L.) during drying

Resumo - Tendo em vista a rápida exaustão de combustíveis fósseis, a busca de combustíveis alternativos se tornou inevitável, considerando a grande demanda de óleo diesel para o setor de transporte, geração de energia e setor agrícola, o biodiesel está sendo visto como um substituto do diesel. Os óleos vegetais e gorduras animais são a fonte de matérias-primas para a produção de biodiesel. Dentre os óleos vegetais usados, o óleo obtido das sementes de pinhão manso apresenta diversas vantagens. Entretanto, tornam-se necessárias mais informações sobre o comportamento do mesmo em relação aos processos pós-colheita. Neste trabalho, objetivou-se verificar o efeito da secagem em diversas temperaturas sobre a quantidade e qualidade do óleo do pinhão manso, assim como identificar as melhores condições de temperatura para a secagem sem perdas na qualidade do óleo. O óleo extraído dos grãos de pinhão manso, submetidos a diversas condições de secagem, foi avaliado pelo teor de água, e pelos índices de acidez, de peróxido e de iodo. O teor de óleo não foi afetado pela temperatura de secagem. Verificou-se que a qualidade do óleo não sofre alterações significativas nos intervalos de temperaturas estudados (35 a 75 °C), ainda que o índice de peróxido tenha aumentado significativamente nas temperaturas mais elevadas. O aumento do índice de peróxido não foi acompanhado pelos demais índices, garantindo assim a qualidade do óleo obtido.

Palavras-chave: biodiesel - índice de acidez - índice de peróxido - índice de iodo.

Abstract - Given the rapid reduction of fossil fuels, the search for alternative fuels has become inevitable, considering the high demand of diesel fuel for the transportation sector, power generation and agriculture, biodiesel is seen as a diesel substitute. Vegetable oils and animal fats are the source of raw materials for biodiesel production. Among the vegetable oils, the oils obtained from seeds of *Jatropha curcas* L. has several advantages. However, it is necessary more information about the behavior of the same in relation to post-harvest processes. The objective was to verify the influence of drying temperature on oil quality. The oil extracted from *Jatropha* seeds submitted to different drying conditions was evaluated by water content, the indices of acidity, peroxide and

iodine. It was found that oil quality is not significantly changed in the ranges of temperatures studied (35, 45, 55, 65 and 75 °C), even though the peroxide value increased significantly with increasing temperatures. The increase of the peroxide was not accompanied by other indices, thus guaranteeing the quality of the oil obtained.

Keywords: biodiesel - acid value - peroxide value – iodine value.

Introdução

O crescimento da indústria, agricultura, transportes e outras necessidades humanas dependem em grande parte dos combustíveis de petróleo (JAIN; SHARMA, 2010), diante da expectativa de diminuição destas reservas e da crescente preocupação com os problemas ambientais, surge o interesse de muitos países na utilização de combustíveis alternativos, como o biodiesel (AMORIM, 2005).

O Brasil tem grande potencial para produzir biodiesel a partir de óleo vegetal em razão de sua localização geográfica e vocação agrícola. A partir de 2008 o Governo Federal Brasileiro definiu que o biodiesel fosse obrigatoriamente adicionado ao diesel de petróleo num percentual de 2%, o chamado B2. A partir de 2013, este percentual será elevado para 5%, o chamado B5, o que poderá constituir uma excelente oportunidade de desenvolvimento científico e tecnológico para o nosso país (PERES *et al.*, 2005).

Diversos óleos vegetais têm sido testados para a produção de biodiesel, dentre estes o do pinhão manso. Esta oleaginosa possui elevado teor de óleo, é de fácil cultivo e seu óleo possui boa viscosidade, se comparado com a mamona, além de apresentar maior estabilidade à oxidação em relação à soja e à palma, mostrando ser uma das fontes de óleo vegetal mais promissoras no Brasil (TAPANES; ARANDA; CARNEIRO, 2006).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie arbustiva, pertencente à família da euforbiácea. Essa oleaginosa é bastante resistente a seca, podendo ser cultivada em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável para a maioria das culturas, com um ciclo produtivo que pode chegar a 40 anos (ARRUDA *et al.*, 2004), por ser perene, também contribui para a conservação do solo (PEIXOTO, 1973).

A semente do pinhão manso contém entre 33,7% a 45% de casca e de 55% a 66% de amêndoas nas quais são encontradas 7,2% de água e 37,5% de óleo, fatores que podem ser influenciados pela variabilidade genética, condições de cultivo, estado de maturação e conservação dos frutos (FRANK; SOUZA; CARVALHO, 2007).

Segundo Sirisomboon e Kitchaiya (2009), o processo de secagem interfere nas características físicas do pinhão manso, tais como dimensões, diâmetro médio, esfericidade, densidade, porosidade, área superficial, coeficiente de atrito, ângulo de repouso, porém existem poucas informações a respeito dos efeitos do processo de secagem sobre a qualidade do óleo do pinhão manso.

Um manejo pós-colheita inadequado pode conduzir a uma rápida deterioração da qualidade de grãos e sementes, podendo produzir compostos voláteis e gerar mau cheiro no produto (MAGAN; ALDRED, 2007). O principal subproduto do processamento dos grãos oleaginosos, e que pode ser afetado pelas condições inadequadas de armazenamento e secagem, é o seu óleo (FREIRE, 2001), podendo ocorrer a rancificação, sendo esta hidrolítica ou oxidativa, de acordo com a presença de ácidos graxos livres e peróxidos, respectivamente, que podem ser medidas pelo índice de peróxido (MORETTO; FETT, 1998). Um alto teor de ácidos graxos livres em óleos é um indicador de sua baixa qualidade (ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004). O índice de iodo também é importante para a classificação de óleos e gorduras (CECHI, 2003), porque indica o grau de insaturação dos ácidos graxos (MORETTO; FETT, 1998).

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da secagem em diversas temperaturas sobre a quantidade e qualidade do óleo do pinhão manso, assim como identificar as melhores condições de temperatura para a secagem sem perdas na qualidade do óleo.

Material e métodos

Para a realização do experimento, foram utilizadas sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) colhidas no município de Porangatú - GO no mês de março de 2009. Os frutos do pinhão manso foram colhidos manualmente depois da maturação e conduzidos a terreiros para uma pré-secagem até a separação das sementes. O teor de água inicial das sementes foi de, aproximadamente, 42,0% (b.u.). Em seguida, as sementes foram homogeneizadas e a secagem do pinhão manso foi realizada em secador experimental, mantendo-se as temperaturas controladas de 35, 45, 55, 65 e 75 °C e umidades relativas de 37,4%; 32,8%; 16,0%; 8,8%; 13,9%, respectivamente. Durante o processo de secagem, as bandejas com as amostras foram pesadas periodicamente até o teor de água de $17\% \pm 1,0$ (b.u.).

Secagem

A secagem do pinhão manso foi realizada em secador experimental mantido nas temperaturas controladas de 35, 45, 55, 65 e 75 °C. Durante o processo de secagem, as bandejas, contendo cada uma 0,5 kg das amostras de sementes foram pesadas periodicamente, até o ponto final da secagem de, aproximadamente, 0,08 (decimal b.s.), definido como o teor de água recomendado para o armazenamento seguro deste produto.

A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem foram monitoradas por meio de um psicrômetro instalado no interior do secador experimental. A influência da temperatura de secagem na qualidade de óleo extraído das sementes de pinhão manso foi verificada pela determinação do índice de peróxidos, índice de acidez e índice de iodo.

Extração do óleo

O óleo foi extraído pela metodologia oficial adaptada, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Cerca de 100 g de sementes de pinhão manso, sem casca e trituradas, foram separadas em quatro porções homogêneas (4 x 25 g) e transferidas para um aparelho de extração, tipo Soxhlet. Foram adicionados cerca de 250 mL de hexano (razão da massa: volume de 1:10) e mantidos sob aquecimento em refluxo constante, durante 8 horas. O solvente foi retirado sob pressão reduzida em um evaporador rotativo. O teor de óleo foi calculado através da soma da quantidade em gramas de óleo obtido vezes 100, dividido pela massa total de sementes trituradas.

Índice de Acidez (I.A)

O índice de acidez foi determinado pela metodologia oficial adaptada, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Em um erlenmeyer de 125 mL foram colocados 1 a 2 g de cada amostra de óleo e adicionados 30 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (1:1), agitando-se até a completa diluição do óleo; acrescentando-se três gotas e solução alcoólica do indicador ácido/base fenolftaleína. Em seguida procedeu-se à titulação com solução de KOH 0,025M até o surgimento da coloração rósea, estável por 30 segundos. O índice de acidez foi calculado por meio da Equação (1) a seguir:

$$IA = \frac{V \times M \times 56,1}{m} \quad (1)$$

em que,

IA : Índice de acidez, (mg KOH g⁻¹ óleo);

V: volume da solução padronizada de KOH, em mL;

M: molaridade da solução de KOH;

56,1: massa molecular do KOH;

m : massa da amostra de óleo em g.

A solução de KOH foi padronizada, utilizando o biftalato de potássio seco, como padrão primário.

Índice de Peróxido (I.P.)

Para o índice de peróxido foi utilizada a metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Em um erlenmeyer de 125 mL foi colocado cerca de 1 g de cada amostra de óleo, adicionados 6 mL de solução de ácido acético glacial e clorofórmio (3:2) e 0,1 mL de solução saturada de iodeto de potássio, com agitação por cerca de 2 minutos. A seguir foram adicionados 40 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de amido a 1% e, procedeu-se a titulação com solução de tiosulfato de sódio a 0,01M até a mistura ficar transparente. O índice de peróxido foi calculado pela Equação (2) abaixo:

$$IP = \frac{V \times M \times 1000}{m} \quad (2)$$

em que,

IP: índice de peróxidos, meq (kg de amostra)⁻¹;

V: volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação da amostra, mL;

M: molaridade da solução de Na₂S₂O₃; e

m: massa da amostra, em g.

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada utilizando dicromato de potássio, em meio ácido.

Índice de Iodo (I.I.)

O índice de iodo foi determinado pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Em um erlenmeyer de 250 mL foi colocado 0,1 g de cada amostra de óleo e adicionados 5 mL de clorofórmio, 20 mL de solução de Hanus e colocado ao abrigo da luz durante uma hora com agitação manual a cada 20 minutos. Em seguida, foi colocado 10 mL de solução de iodeto de potássio a 10% isenta de iodo livre, 100 mL de água destilada e 2 mL de solução de amido a 0,2%, procedeu-se em seguida a titulação com agitação magnética com solução de tiosulfato de sódio a 0,1M até a mistura ficar transparente. O índice de iodo foi calculado por meio da Equação (3) a seguir:

$$II = \frac{V \times C \times 126,9}{m} \times 100 \quad (3)$$

em que,

II: Índice de Iodo (g I / 100 g óleo);

V: volume gasto do branco menos o volume do titulante (L);

C: concentração do titulante (mol.L⁻¹);

126,9: massa molecular do iodo; e

m: massa da amostra (Kg)

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada, utilizando dicromato de potássio em meio ácido.

Análises Estatísticas

Todas as análises foram realizadas em quadruplicata e os valores apresentados como médias, acompanhadas do seu desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância e, para o fator qualitativo, os resultados foram analisados pelo método de comparação de médias, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Verificou-se que os tempos de secagem das sementes de pinhão manso, considerando a redução do teor de água de 42,0% (b.u.) para 17% (b.u.) e para as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75 °C, foram de 37,0; 18,0; 13,5; 9,5; e 6,2 horas, respectivamente. Ullman *et al.* (2010), verificou que, com o aumento da temperatura

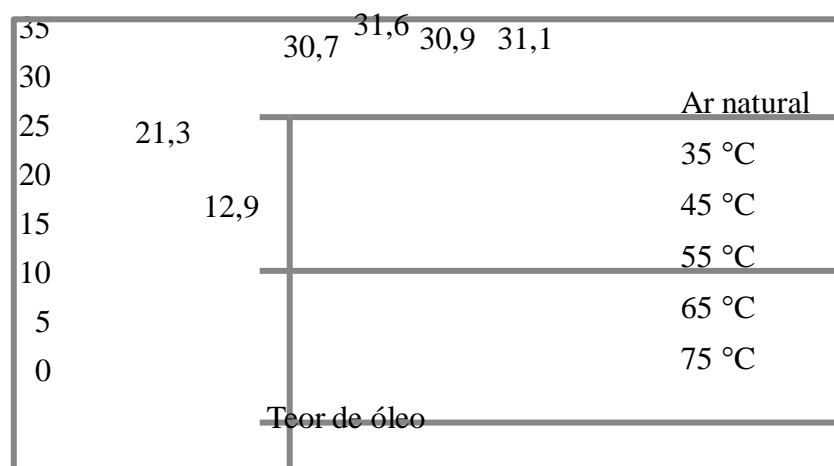
ocorreu a diminuição do tempo de secagem, evidenciando a maior velocidade de retirada da água. Fato que também foi observado por Sirisomboon e Kitchaiya (2009) durante a secagem do pinhão manso nas temperaturas de 40; 60 e 80 °C; os pesquisadores verificaram ainda que com a elevação da temperatura de secagem aumentou a taxa de secagem e diminuiu a relação de umidade e o tempo necessário para que o produto chegasse ao teor de água de 0,05 (decimal b.s.).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão para teor de óleo (%) e índices de acidez (mg KOH g⁻¹ óleo), peróxido meq (kg de amostra)⁻¹ e iodo (g I / 100 g óleo) para as diversas temperaturas de secagem

Temperatura	Ar natural	35	45	55	65	75
Teor de óleo	21,3 ± 13,0A	12,9 ± 6,1AB	30,7 ± 11,6A	31,6 ± 8,7A	30,9 ± 8,1A	31,1 ± 9,0A
Índice de Acidez	3,6 ± 0,1AB	3,5 ± 1,6B	6,9 ± 4,0AB	3,0 ± 0,9A	3,4 ± 0,6AB	2,7 ± 3,3A
Índice de Peróxido	1,6 ± 0,7A	1,7 ± 0,7A	37,7 ± 27,9BC	40,8 ± 31,3BC	61,6 ± 3,2C	21,9 ± 19,3AB
Índice de Iodo	79,3 ± 1,0AB	81,0 ± 1,9AB	79,0 ± 4,9AB	84,7 ± 8,5B	77,8 ± 3,2AB	75,6 ± 8,2A

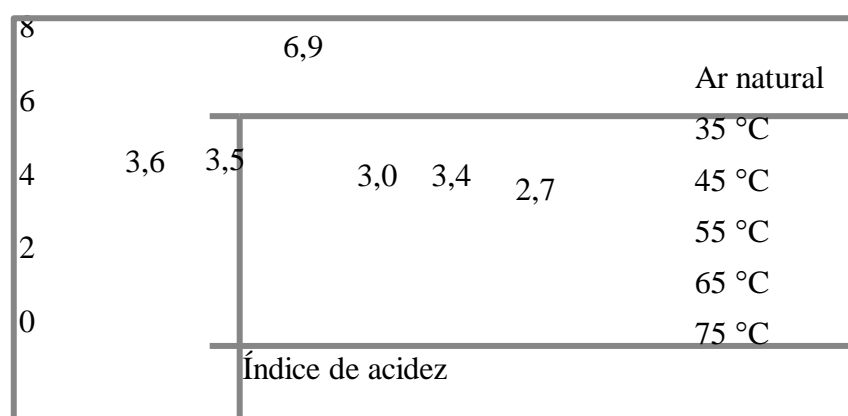
Nota: Valores seguidos com a mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si.

Gráfico 1. Teor de óleo (%)



Os valores de teor de óleo variaram entre 1,9 até 56,1%, apresentando um valor médio de $27,2 \pm 11,4$ %, encontrando em concordância com os valores descritos na literatura. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o teor de óleo das sementes pode variar de acordo com as características genéticas e também em função do meio ambiente. Penha *et al.* (2008) encontraram 30,82% de óleo nas sementes, Bicudo *et al.* (2007) relataram valores de 30,22% e Karaj, Huaitalla e Müller (2008) encontraram uma variação de 7,19 a 38,9% para grupos de sementes de menor e maior massa média, respectivamente. Analisando os dados da Tabela 1, pode-se notar que as diferentes temperaturas de secagem não apresentaram influência sobre a quantidade de óleo extraída das sementes de pinhão manso.

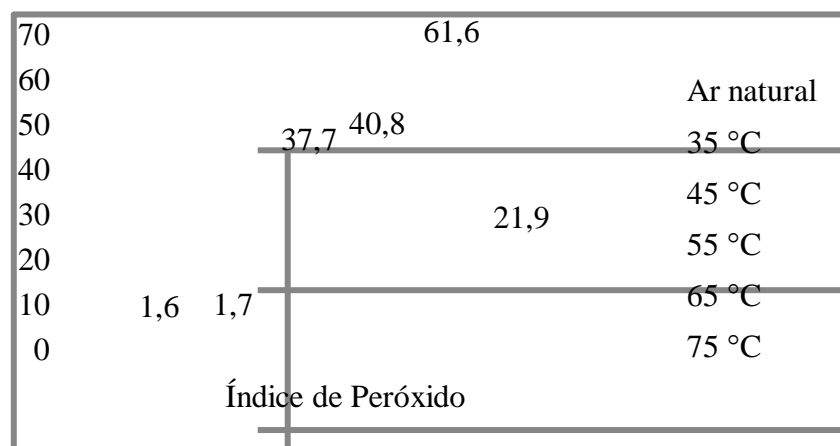
Gráfico 2. Índices de acidez (mg KOH g^{-1} óleo)



O índice de acidez permite a quantificação de substâncias ácidas presentes no óleo. As reações de hidrólise com a produção de ácidos graxos livres e a degradação oxidativa do óleo, acelerada pela exposição a altas temperaturas, levam a formação de produção de oxidação, tais como peróxidos, os quais sofrem novas reações, produzindo alcoóis, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos. Assim, o índice de acidez nos permite qualificar a hidrólise/oxidação sofrida pelo óleo. Os valores do índice de acidez encontram-se entre 0,7 a 13,3 mg KOH / g óleo, sendo que apenas em uma amostra da temperatura de 45 °C apareceu esse índice mais elevado, porém esse valor se repetiu na triplicata, o que pode ter ocorrido pela elevada instabilidade desse óleo. De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, observa-se que o óleo de pinhão manso não sofreu processos de hidrólise, bem como de decomposição térmica, apresentando um valor médio total de $3,9 \pm 2,8$ mg KOH/g óleo. Em pesquisa realizada com óleo de pequi por

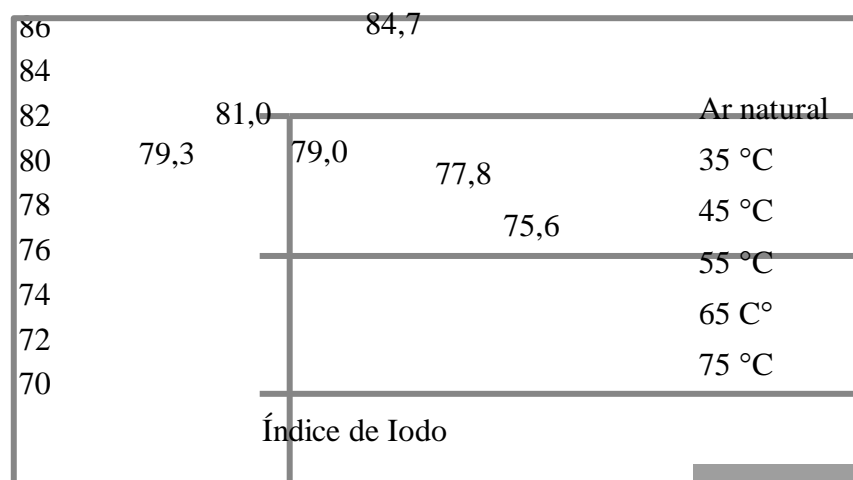
Aquino *et al.* (2009), também não se verificou efeito significativo em tratamentos de secagem com temperaturas de 40 °C e 60 °C na influência a acidez do óleo.

Gráfico 3. Índices de peróxido meq (kg de amostra)⁻¹



O índice de peróxido indica a presença de substâncias capazes de oxidar o iodato de potássio, indicando o grau de oxidação do óleo. A partir dos dados obtidos, pode-se observar um aumento do índice de peróxido na medida em que a temperatura de secagem também aumentava, atingindo o máximo em 65 °C. Já na temperatura de 75 °C, o valor do índice de peróxido reduziu, mas ainda permaneceu relativamente alto, indicando a oxidação do óleo extraído. Adeeko e Ajiibola (1990), em pesquisa com óleo de amendoim, também observaram que o índice de peróxido do óleo aumentou com a temperatura de secagem.

O aumento do índice de peróxido com as primeiras temperaturas de secagem está relacionado com a oxidação do óleo e a produção de peróxidos, embora os mesmos não conduzam a formação de produtos ácidos, já que o índice de acidez não indica o aumento de tais substâncias ácidas. Já na última temperatura (75 °C), os peróxidos formados podem ter conduzido a produção de dímeros ou trímeros mais estáveis, reduzindo aparentemente o índice de peróxido.

Gráfico 3. Índices de iodo (g I / 100 g óleo)

Por fim, o índice de iodo, que reflete o grau de insaturação de um óleo, apresentou valores entre 66,3 a 96,2 g I/100 g óleo. Ainda que os dados não apresentassem variação estatística significativa para as diferentes temperaturas de secagem, pode-se notar uma tendência para a diminuição do índice de iodo nas temperaturas de secagem mais altas, indicando uma leve deterioração de óleo.

Conclusões

Os dados apresentados permitem concluir que o óleo extraído do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) não sofreu perda na sua qualidade em relação às diferentes temperaturas de secagem usadas. Os índices de peróxido elevados nas altas temperaturas de secagem não afetam o índice de acidez, assim como o índice de iodo, indicando que a qualidade do óleo não foi alterada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa.

Referências

ADEEKO, K. A.; AJIBOLA, O. O. Processing factors affecting yield and quality of mechanically expressed groundnut oil. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 45, p. 31-43, 1990.

- AMORIM, P. Q. R. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação.** 2005. Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.
- AQUINO L. P. *et al.* Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas: v. 29, n. 2, abr./jun. 2009.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática.** Viçosa: Editora UFV, 2004. 416 p.
- ARRUDA, F. P. *et al.* Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativo para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas.** v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.
- BICUDO, T. C. *et al.* **Estabilidade e tempo de indução oxidativa do óleo de pinhão manso para produção de biodiesel.** In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2, 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: ABIPTI/SETEC-MCT, 2007.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 588.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. 207 p.
- FRANK, M. M.; SOUZA, B. N. A.; CARVALHO, S. F. T. **A potencialidade do pinhão manso na produção de biodiesel no Estado de Mato Grosso.** 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/desenvolvimento/1.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2009.
- FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Serviço de Comunicação Tecnológica, 2001. 350 p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- JAIN, S.; SHARMA, M. P. Biodiesel production from *Jatropha curcas* oil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 14, p. 3140–3147, 2010.
- KARAJ, S.; HUAITALLA, R. M.; MÜLLER, J. **Physical, mechanical and chemical properties of *Jatropha curcas* L. seeds and kernels.** In: TROPENTAG

STUTTGART-HOHENHEIM, CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT, Stuttgart: out. 2008.

MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**. v. 119, p.1 31-139, 2007.

MORETTO, E.; FETT, R. **Definição de óleos e gorduras tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 144 p.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils formulating and processing for applications**. Florida: CRC Press, 2004. 616 p.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

PENHA, M. N. C. *et al.* **Extração e caracterização físico-química do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 60, 2008, Campinas - SP. São Paulo: SBPC, 2008 .

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI D. L. Biocombustíveis - uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. Brasília: a. 14, n. 1, p. 31-41, jan./fev./mar. 2005.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAYA, P. Physical properties of *Jatropha curcas* L. Kernel after heat treatments. **Biosystems Engineering**. v. 102, p. 244-250, 2009.

TAPANES, N. O.; ARANDA D. A. G.; CARNEIRO, J. W. M. **Transesterificação dos glicídeos do óleo de *Jatropha curcas* L.: estudo teórico**. 2006. Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/producao/Glice27.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2009.

ULLMANN, R. *et al.* Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agronômica**. v. 41, n. 3, p. 442-447, jul./set. 2010.

CONCLUSÃO GERAL

Os tempos de secagem das sementes de pinhão manso considerando a redução do teor de água de 42,0% (b.u.) para 17% (b.u.) e para as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75 °C foram de 37,0; 18,0; 13,5; 9,5; e 6,2 horas, respectivamente.

Os valores de teor de óleo variaram entre 1,9 até 56,1%, apresentando um valor médio de $27,2 \pm 11,4$ %, encontrando em concordância com os valores descritos na literatura. Pode-se notar que as diferentes temperaturas de secagem não apresentaram influência sobre a quantidade de óleo extraída das sementes de pinhão manso.

Os valores do índice de acidez se encontram entre 0,7 a 13,3 mg KOH/g óleo, indicando que o óleo de pinhão manso não sofreu processos de hidrólise, nem de decomposição térmica, com um valor médio total de $3,9 \pm 2,8$ mg KOH/g óleo.

Pode-se observar um aumento do índice de peróxido na medida em que a temperatura de secagem também aumentava, atingindo o máximo em 65 °C. Já na temperatura de 75 °C, o valor do índice de peróxido cai, mas ainda permanece relativamente alto, indicando a oxidação do óleo extraído.

Foi possível notar uma tendência para a diminuição do índice de iodo nas temperaturas de secagem mais altas, indicando uma leve deterioração de óleo, porém os dados não apresentam variação estatística significativa para as diferentes temperaturas de secagem.

Os dados apresentados permitem concluir que o óleo extraído do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) não sofreu perda na sua qualidade em relação às diferentes temperaturas de secagem usadas. Os índices de peróxido elevados nas altas temperaturas de secagem não parecem afetar o índice de acidez, nem o índice de iodo, indicando que a qualidade do óleo não foi alterada.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Avaliação da interferência dos diferentes índices de acidez, peróxido e iodo, obtidos nas diferentes temperaturas de secagem, no processo de transesterificação para obtenção do biodiesel.

Análise cromatográfica para verificar se ocorreu alguma modificação na composição do óleo.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A. Resultados das análises.

Tratamento	Repetições	Índice de Peróxido	Índice de Acidez	Grau de Acidez	Índice de Iodo	Rendimento de óleo (%)
Cru	1	0,9	3,774	1,897	78,4	21,44
		2,2	3,502	1,761	79,1	
		1,7	3,574	1,797	80,3	
35°C	1	0,9	2,523	1,268	78,4	14,24
		1,4	2,488	1,251	79,1	
		1,2	2,510	1,262	80,3	
	2	1,1	2,688	1,351	82,9	13,8
		1,2	2,683	1,349	83,7	
		0,9	2,751	1,383	83,4	
	3	2,0	2,691	1,353	78,6	13,69
		2,2	2,742	1,378	80,6	
		2,5	2,650	1,332	80,8	
	4	2,2	6,376	3,205	79,3	10,03
		2,3	6,264	3,149	82,5	
		2,6	6,061	3,047	82,4	
45°C	1	46,84	2,928	1,472	72,2	17,8
		48,45	2,893	1,454	72,6	
		47,45	3,000	1,508	73,7	
	2	74,51	5,562	2,796	82,7	34,71
		71,85	5,580	2,805	85,1	
		73,45	5,598	2,814	75,2	
	3	28,30	5,785	2,908	77,9	36,1
		30,03	5,739	2,885	79,4	
		31,25	5,940	2,986	77,0	
	4	0,00	13,082	6,576	83,9	34,07
		0,00	13,101	6,585	83,7	
		0,00	13,253	6,662	84,8	
72,02		1,405	0,706	92,5		
70,37		1,528	0,768	93,5		

Tratamento	Repetições	Índice de Peróxido	Índice de Acidez	Grau de Acidez	Índice de Iodo	Rendimento de óleo (%)
55°C	1	1,40	3,448	1,733	76,9	32,75
		2,01	3,482	1,750	77,5	
		1,86	3,493	1,756	79,5	
	2	20,68	3,717	1,868	75,2	39,61
		22,58	3,766	1,893	75,7	
		23,71	3,713	1,866	75,5	
	3	62,57	3,165	1,591	90,4	26,24
		77,75	3,260	1,639	92,2	
		61,19	3,123	1,570	91,4	
	4	73,39	1,394	0,701	96,2	27,94
		72,02	1,405	0,706	92,5	
		70,37	1,528	0,768	93,5	
65°C	1	61,13	2,731	1,373	74,9	32,13
		55,92	2,697	1,356	73,8	
		56,51	2,621	1,317	76,6	
	2	65,57	2,993	1,504	78,9	29,45
		61,53	3,183	1,600	84,8	
		62,17	2,965	1,491	80,9	
	3	61,70	3,555	1,787	78,8	29,73
		61,33	3,678	1,849	76,2	
		66,17	3,575	1,797	80,4	
	4	65,80	4,167	2,095	77,7	32,93
		61,48	4,276	2,149	76,0	
		60,01	4,026	2,024	74,2	
75°C	1	54,29	8,533	4,290	67,7	36,11
		53,45	7,919	3,981	70,3	
		51,43	8,004	4,023	69,3	
	2	16,53	0,899	0,452	86,9	26,09
		17,75	0,911	0,458	87,2	
		15,12	0,882	0,443	87,8	
	3	3,69	1,104	0,555	78,9	30,04
		5,10	0,870	0,437	75,0	
		5,20	0,651	0,327	79,4	
	4	13,42	0,826	0,415	68,4	32,56
		13,63	0,754	0,379	66,3	
		13,68	0,662	0,333	70,4	