



QUALIDADE DO ÓLEO BRUTO DE GRÃOS DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) SOB DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM)

Magnun Antonio Penariol da Silva¹, Marco Antonio Martin Biaggioni², Felipe Carlos Spneski Sperotto³, Pedro Henrique Silva Bezerra⁴ & Fernando João Bispo Brandão⁵

RESUMO: A cultura do crambe tornou-se promissora por apresentar um elevado teor de óleo presente nos grãos. Os métodos de secagem podem influenciar, dependendo do manejo adotado, a qualidade do óleo bruto extraído dos grãos. O trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes métodos de secagem sobre a qualidade do óleo bruto extraído dos grãos de crambe. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (secagem com ar aquecido, ar natural, terreiro, sombra e campo), com quatro repetições. Para verificar a qualidade dos grãos foi realizada a análise da acidez graxa, e no óleo bruto, foram realizadas as análises de índice de iodo, índice de acidez, teor de água, massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C. Após obtenção dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste “t” ($p \leq 0,05$). A secagem com ar aquecido proporcionou menor índice de ácidos graxos nos grãos. Os métodos de secagem avaliados não comprometeram a qualidade do óleo extraído dos grãos da cultura do crambe.

PALAVRAS-CHAVE: processamento de grãos, ácidos graxos, biocombustíveis.

CRAMBE (*Crambe abyssinica* HOCHST) GRAINS CRUDE OIL QUALITY UNDER DIFFERENT DRYING METHODS

ABSTRACT: The Culture of crambe became promising since its grains presents high oil content. The methods of drying may influence the quality of crude oil extracted from the beans, depending on the way it is managed. This study goal was to evaluate the influence of different drying methods on the quality of the crude oil extracted from crambe grain. The experimental design was completely randomized with five treatments (drying with heated air, natural air, yard, shade, and at the field), and with four tests for each. In order to check the quality of the grains, we performed an analysis of fat acidity, and to evaluate the crude oil quality, we conducted analysis of iodine value, acid value, water content, density at 20°C, and a kinematic viscosity at 40°. After obtaining the data, the results were submitted to analysis of variance. When significant means were detected, they were compared by t-test ($p \leq 0.05$). The method of drying with heated air provided a lower rate of fatty acid in grains. The drying methods evaluated did not compromise the quality of the oil extracted from the crambe grain.

KEYWORDS: grain processing, fatty acids, biofuels.

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". E-mail: penariol@gmail.com

² Professor e orientador da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". E-mail: biaggioni@fca.unesp.br

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". E-mail: felipesperotto@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". E-mail: bezerra_ph@fca.unesp.br

⁵ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". E-mail: fernandojobb@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira é caracterizada pela elevada participação de fontes de energias renováveis em sua composição, com 44,1% (BRASIL, 2012), oriundas de fontes renováveis como a energia hidrelétrica e a biomassa. A participação de biocombustíveis como o biodiesel pode contribuir para o aumento da energia renovável na composição dessa matriz e diminuir a dependência de fontes não renováveis como o diesel e a gasolina.

De acordo com Jasper (2009), os biocombustíveis são fontes de energias renováveis que são derivados de produtos agrícolas como plantas oleaginosas, cana-de-açúcar, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. Entre os biocombustíveis está o biodiesel, que segundo Brasil (2005) é definido como um combustível derivado da biomassa renovável para ser usado em motores de combustão com ignição por compressão, ou para outra maneira de geração de energia que possa substituir os combustíveis de origem não renovável. O uso do biodiesel como fonte de energia ajuda diminuir a emissão de CO₂ na atmosfera, resultando em mitigação dos impactos ambientais gerados pelo uso de fontes de energia de origem fóssil.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) surgiu como uma ótima opção para produção de biodiesel, por ser uma planta com alto teor de óleo, de cultivo totalmente mecanizado, podendo ser utilizados os maquinários existentes para o cultivo de grãos miúdos em sua produção, é uma planta resistente à seca e a geadas, e ainda é uma boa opção para a safrinha por se tratar de uma cultura de ciclo outono/inverno. É uma cultura de ciclo relativamente curto, em média de 90 dias, e com uma produtividade entre 1000 e 1500 quilos por hectare (FUNDAÇÃO MS, 2011).

Para a produção de biodiesel, o Brasil ainda carece de culturas de ciclo outono/inverno, ficando dependente de culturas de ciclo primavera/verão, e que ainda concorrem para a produção de alimentos, cosméticos, entre outros. Dessa maneira, o cultivo do crambe se torna uma excelente opção para a produção de biodiesel, e ainda uma nova cultura para os produtores agrícolas nacionais investirem na entressafra (SOUZA et al., 2009)

O Brasil é o país com o maior potencial agrícola do mundo, e apresenta o setor do agronegócio extremamente desenvolvido. No entanto, esse desenvolvimento é perceptível apenas dentro do limite das propriedades, pois carece ainda de tecnologias mais apropriadas para o armazenamento e escoamento da produção, apresentando extremas dificuldades principalmente no setor de transporte, das propriedades até os portos.

Embora o país seja uma referência mundial em termos de tecnologia para produção agrícola, muito há que se pesquisar para consolidar a produção da cultura do crambe no país, em especial, no que diz respeito, aos

processos de secagem e armazenamento que visam manter qualidade do produto, melhor aproveitamento da produção e a redução de perdas.

Muitas pesquisas realizadas em outras culturas detectaram que o processo pós-colheita interferem na qualidade do produto derivado da matéria prima. Em grãos de soja, Alencar (2006) encontrou influência do método de armazenamento empregado (condições de temperatura e umidade relativa) na qualidade do óleo bruto extraído.

Em estudos realizados visando verificar o efeito da temperatura de secagem na qualidade do óleo de mamona (*Ricinus communis* L.), Oliveira et. al., (2007) observaram que secagem a 80°C diminui a qualidade do óleo bruto de mamona e que temperaturas acima de 40°C provocam diminuição do rendimento na extração do óleo.

Como o crambe é uma planta com elevado teor de óleo, tendo seu cultivo comercial focado na produção de biodiesel, faz-se necessário identificar a influência do manejo pós-colheita na qualidade dos grãos e detectar se existe influência desse manejo também na qualidade do óleo bruto extraído e posteriormente no biodiesel.

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade de grãos de crambe pela análise da acidez graxa, e a qualidade do óleo bruto extraído dos grãos submetidos a diferentes métodos de secagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Fazenda Lageado, pertencente à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, situada no município de Botucatu (22° 52' 20" S - 48° 26' 37" W), com altitude e declividade média de 770 metro e 4,5% respectivamente, clima subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos.

Nesse experimento foram utilizadas para a semeadura, 30 kg ha⁻¹ de sementes de crambada cultivar FMS Brilhante, fornecidas pela Fundação Mato Grosso do Sul, que foram previamente tratadas com fungicida (Carboxina 200 g L⁻¹ + tiram 200 g L⁻¹). Foi realizada adubação no sulco de semeadura 24,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 85,7 kg ha⁻¹ de fósforo e 49 kg ha⁻¹ de potássio.

A semeadura ocorreu no mês de maio, e a colheita foi realizada no mês de agosto, neste período a média das temperaturas máximas e mínimas foram 13,4 e 27,0°C respectivamente, e a umidade relativa média foi de 49,83%.

Os tratamentos experimentais (secagem com ar aquecido, ar natural, terreiro, sombra e campo) foram realizados no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e no Laboratório de Qualidade de Água, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, da

Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Botucatu.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas.

Os tratamentos de secagem utilizados neste trabalho foram:

Secagem com ar aquecido – Neste tratamento, os grãos foram secos em um protótipo desenvolvido para pesquisa. O protótipo é constituído de quatro colunas de PVC com 0,8 m de altura e 0,15 m de comprimento, onde cada repetição foi abrigada em uma coluna. A altura da massa de grãos foi de 0,60 metros.

Secagem com ar natural – A secagem com ar natural foi realizada em um protótipo desenvolvido para pesquisa, com quatro colunas de PVC de 1,5 m de altura e 0,15 m de diâmetro. A altura na massa de grãos foi de 1,25 m.

Secagem em terreiro – Na secagem em terreiro, os grãos foram espalhados em sombrite com uma camada de 5 cm de espessura. Os grãos foram revolvidos várias vezes durante o dia, expondo-os da melhor maneira ao sol, e no final de cada dia, foram amontoados e cobertos com lona plástica.

Secagem à sombra – Neste tratamento os grãos foram espalhados em sombrite com uma camada de apenas um grão, e mantidos sob telhado, permanecendo à sombra durante o dia e protegidos do sereno durante a noite.

Secagem na planta – A secagem na planta foi realizada em uma área reservada de 0,5 ha no campo de produção, até os grãos atingirem teor de água próximo a 10%.

Após a secagem, os grãos foram submetidos a extração de óleo, por meio de prensa mecânica. A extração do óleo foi realizada na Faculdade de Tecnologia de Botucatu (FATEC).

Amostras do óleo foram, então, encaminhadas para caracterizações físico-químicas junto ao Centro de Monitoramento e Pesquisa da Qualidade de Combustíveis, Biocombustíveis, Petróleo e Derivados (CEMPEQC) do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Araraquara.

A avaliação da acidez graxa foi realizada conforme procedimento determinado pela AACC (1995), e o resultado foi dado pela equação:

$$AG = [(V \times 100) / PS] \quad (1)$$

onde:

PS: peso seco da amostra (g);

U (bu): umidade base úmida %

V: volume gasto de KOH na titulação (extrato + indicador) em mL;

AG: acidez graxa (mL de KOH 100 g-1 de MS).

O teor de água dos grãos foi determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, utilizando-se três

repetições de $4,5 \pm 0,5$ gramas. Os resultados foram expressos em base úmida (BRASIL, 2009).

As análises realizadas para verificar a qualidade do óleo bruto foram: índice de iodo (EN 14111), índice de acidez (ABNT NBR 14448), teor de água (ASTM D-2709), massa específica a 20°C (ASTM D-7042) e viscosidade cinemática a 40°C (ASTM D-7042).

Após obtenção dos dados, foi verificada a sua homogeneidade (Teste Shapiro-Wilk), posteriormente os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de t (LSD) ($p \leq 0,05$).

Para a análise de teor de água no óleo bruto, procedeu-se a análise de “candidatos a outliers”, considerando-se valor discrepante na distribuição, apenas os valores que efetivamente afetavam a distribuição, afastando-a da distribuição normal e apresentavam uma posição espacial discrepante dos demais valores vizinhos (Libardiet al., 1996).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios do teor de água inicial e final dos grãos, e do tempo de secagem (horas), de cada método.

Tabela 1: Valores médios do teor de água no início e no final do processo de secagem, em cada sistema e tempo de secagem (TS - horas) dos grãos de crambe.

Tratamentos	Teor de água		TS (h)
	Inicial	Final	
Secagem com ar aquecido	21,0	9,69	7,4
Secagem com ar natural	21,0	6,12	88
Secagem natural em terreiro	21,0	5,8	74
Secagem à sombra	21,0	6,85	92
Secagem na planta	21,0	7,43	90

A primeira colheita, destinada aos tratamentos de secagem com ar aquecido, ar natural, terreiro e sombra, iniciou-se quando os grãos apresentaram teor de água de 21%, esse teor de água também foi considerado o inicial para a secagem dos grãos que permaneceram na planta.

A secagem com ar aquecido foi a que ocorreu de forma mais rápida, em 7,4 horas, enquanto os demais tratamentos que secaram sem aquecimento, registraram tempos de secagem aproximados, variando de 74 a 92 horas.

Os resultados apresentados no trabalho ficaram próximos dos observados por Oliva et al. (2012) ao estudarem sementes de crambe, no qual observaram para o tratamento com ar aquecido, um menor tempo de secagem, 6,6 horas, ficando a secagem em terreiro com duração de 98 horas, a secagem com ar natural e à sombra com 113 horas e a secagem na planta com o maior tempo, que foi de 144 horas.

A secagem mais rápida registrada neste trabalho, para os tratamentos que empregaram ar sem aquecimento, pode ser atribuída às condições ambientais mais favoráveis, com temperatura do ar mais elevada e umidade relativa mais baixa.

A Tabela 2 apresenta os valores médios da temperatura do ar de secagem no duto de entrada de ar, a umidade relativa e o fluxo de ar de secagem registrados durante a secagem com ar aquecido e com ar natural.

Tabela 2: Valores médios da temperatura do ar de secagem no duto de entrada de ar e na massa de grãos, umidade relativa (UR) e fluxo de ar.

Tratamentos	Temperatura (°C)		UR (%)	Fluxo de ar (m ³ min ⁻¹ m ⁻²)
	Ar de secagem	Massa de grãos (g)		
Secagem com ar aquecido	55,6	47,42	10,11	17,6
Secagem com ar natural	27,0	24,05	50,2	15,55

No método de secagem com ar aquecido, a temperatura média do ar de secagem no duto de entrada de ar foi de 55,6°C e a máxima 61,0°C. Na massa de grãos a temperatura média foi 47,42°C e a máxima 64,0°C. O fluxo de ar foi de 17,6 m³/min.m², e a umidade relativa atingiu cerca de 10%.

Na secagem com ar natural a temperatura média no duto de entrada de ar foi 27,0°C e a máxima 32,2°C e na massa de grãos a média foi 24,05°C e a máxima 33,9°C. O fluxo de ar foi de 15,55 m³/min.m², e a umidade relativa foram de 50,2%.

Os resultados de acidez graxa são apresentados na Tabela 3. Pela análise dos dados, verificou-se que os grãos encontraram-se bem conservados, pois os valores de ácidos graxos são baixos, se comparados aos obtidos por Silva et al. (2012 a), que encontraram valores variando entre 17,5 e 36,7 ml KOH 0,1N 100g⁻¹ MS em sementes de crambe após 18 meses de armazenamento. Sendo assim, os métodos de secagem escolhidos não chegaram a comprometer a qualidade do produto.

Tabela 3: Valores médios de acidez graxa (AG - ml KOH 0,1N 100g⁻¹ MS) dos grãos de crambe em cada método de secagem.

Tratamentos	AG
Secagem com ar aquecido	6,735 a
Secagem com ar natural	8,115 b
Secagem natural em terreiro	9,112 b
Secagem à sombra	8,930 b
Secagem na planta	9,1 b
F	7,045*
C.V.(%)	9,12

*Significativo (p≤0,05); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t (p≤0,05).

As diferenças significativas constatadas mostram a boa sensibilidade do teste que, a despeito da boa qualidade do material, conseguiu estratificar as amostras em duas categorias, sendo que os métodos com secagem mais lenta mostraram maior perda da qualidade.

Para o maior nível de ácidos graxos obtidos nos métodos de secagem lenta, utilizados neste trabalho corroboram os resultados encontrados por Soares et al. (2005), que em secagem de grãos de soja em alta temperatura obtiveram menores índices de ácidos graxos até um período latente de 60 dias de armazenamento. O maior nível de ácidos graxos nos sistemas de secagem mais lenta está relacionado com o maior tempo que os grãos ficaram em contato com umidade mais elevada.

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios de índice de iodo, índice de acidez e teor de água do óleo bruto de crambe obtido em cada método de secagem. Não houve diferença significativa entre os métodos de secagem utilizados para as variáveis índice de iodo, índice de acidez e teor de água. O teor de água médio do óleo, entre os tratamentos foi de 0,18 % v/v. Esse valor ficou abaixo do limite máximo estipulado pela ANP, que é de 0,5 % v/v.

A média entre os tratamentos para a análise de índice de iodo foi de 92,06 g/100 g de amostra. Jasper et al. (2010) observaram valor semelhante em óleo bruto de crambe, e o índice de iodo foi de 88 g/100 g. Estudando a qualidade do óleo bruto de duas cultivares de mamona, Costa (2006) encontrou valores próximos aos obtidos nesse trabalho, sendo que as cultivares BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu apresentaram índices de iodo de 92,27 e 93,10 g I/100 g respectivamente.

Tabela 4: Valores médios de índice de iodo (g 100 g amostra⁻¹), índice de acidez (mg KOH g amostra⁻¹) e teor de água (% v/v) em óleo bruto de crambe obtido em cada método de secagem.

Tratamentos	Índice de iodo	Índice de acidez	Teor de água
Secagem com ar aquecido	92,02	0,61	0,16
Secagem com ar natural	90,79	0,51	0,20
Secagem em terreiro	93,67	0,61	0,34
Secagem à sombra	92,37	0,45	0,10
Secagem na planta	91,45	0,43	0,12
F	2,485 ^{NS}	1,344 ^{NS}	1,580 ^{NS}
C.V. (%)	1,49	27,49	79,09

^{NS}: Não significativo (p≤0,05); C.V.: Coeficiente de variação

O índice de iodo é uma medida do grau de instauração dos ácidos graxos presentes nos óleos e nas gorduras, sendo assim, quanto maior for a instauração dos ácidos graxos, maior será esse índice (POHNDORF, 2012). O seu valor tem sido relacionado com a temperatura em que a massa de grãos foi submetida. Sendo que na

secagem com ar aquecido, a massa de grãos foi diretamente afetada por alta temperatura. Estudando o efeito de cinco temperaturas de secagem de grãos de soja (Ar ambiente, 40, 60, 80 e 100°C), Oliveira (2008) encontrou aumento do índice de iodo em temperatura de secagem acima de 40°C, no entanto esse valor foi mais visível a partir de um período de armazenamento superior a oito meses. Ao avaliar o efeito da temperatura de secagem de grãos (20-25, 35-40, 55-60 e 75-80°C), Zeni (2010) também não encontrou diferença estatística significativa em um efeito imediato do processo de secagem. Pohndorf (2012), ao estudar o índice de iodo em óleo de soja extraído de grãos armazenados em diferentes umidades (12 e 16% b.u.) e temperaturas (8, 13, 18, 23 e 28°C), não encontrou diferença estatística significativa entre os tratamentos empregados.

Os resultados verificados neste trabalho corroboram com os registrados na literatura, não detectando efeito imediato do método de secagem sobre a variação do índice de iodo (ZENI, 2010; POHDORF, 2012).

Segundo O'Brien (2004), as análises de índice de iodo são muito exatas e apresentam valores quase teóricos, contudo não deve ser analisado isoladamente, pois tornaria a análise sem sentido.

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo, é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em um grama de óleo ou gordura (RIBEIRO E SERAVALLI, 2004).

De acordo com Pereira (2007), elevados índices de acidez podem interferir negativamente na transesterificação, pois favorece a reação de saponificação, transformando os ácidos graxos em sabão e formando moléculas de água.

No presente trabalho, o índice de acidez apresentou valor médio entre os tratamentos de 0,5 mg KOH/g amostra, esse valor difere do obtido por Jasper et al. (2010) que, estudando a qualidade do óleo de crambe produzido em plantio direto, encontraram um índice de acidez de 3,64 mg KOH g⁻¹. No entanto, assemelha-se aos encontrado em outras culturas, 0,104 mg KOH/g para óleo de soja, 0,703 mg KOH/g para sebo bovino e 0,684 mg KOH/g para gordura de frango (CUNHA, 2008).

Os valores do índice de acidez obtidos nesse trabalho estão de acordo com os estabelecidos pela ANP na Resolução n.º 7, que estabelece que o limite máximo estipulado para índice de acidez é de 0,5 mg KOH g⁻¹. Para Kusdiana e Saka (2004), o índice de acidez deve ser uma das primeiras análises realizadas, pois o valor encontrado pode refletir na eficiência do processo de obtenção do biodiesel.

Segundo Kusdiana e Saka (2004), os óleos brutos comercialmente encontrados apresentam índice de acidez entre 0,5 e 3%. E para uma reação completa na produção de biodiesel, o índice de acidez deve ser inferior a 3% (DORADO et al., 2002).

Algumas análises realizadas nos grãos ajudam a explicar o comportamento do índice de acidez no óleo. Com objetivo de avaliar o efeito da temperatura (20-25, 35-40, 55-60 e 75-80°C) no processo de secagem, Zeni (2010) encontrou maior índice de acidez em óleo de canola extraído de grãos secos com temperatura de 75-80°C.

De acordo com Moretto e Fett (1998), o índice de acidez de um óleo decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, por essa razão não é uma constante ou uma característica e sim uma variável relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com o processamento, e com as condições de conservação do óleo.

Em armazenamento refrigerado de grãos de soja, Pereira et al. (2010) verificaram aumento significativo do índice de acidez em óleo bruto, a partir de 250 dias de armazenamento de grãos de soja. No entanto, esse aumento foi menor em grãos armazenados sob refrigeração. Neste caso, o índice de acidez no óleo sofre alteração devido a temperatura que a matéria-prima foi submetida. Para a secagem, esse fator também pode ser relevante, pois a secagem com ar aquecido, juntamente com a em terreiro, apresentaram, embora sem diferenças estatísticas, maior índice de acidez no óleo bruto, sendo que esses tratamentos foram os que receberam maiores temperaturas, devido uma secagem ter sido realizada com ar aquecido, e a outra por ter grãos em camada de 5 cm expostos à radiação solar direta o tempo todo. E segundo Ribeiro e Seravalli (2004), o índice de acidez no óleo está diretamente relacionado com o estado da matéria-prima, e principalmente com as condições de conservação, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz. Este fator também foi observado por Oliveira (2008), que encontrou aumento do índice de acidez de óleo bruto de soja na secagem de grãos com temperatura acima de 80°C, afirmando que altas temperaturas na secagem da matéria prima, afeta negativamente a qualidade do óleo bruto.

Para Angelucciet al. (1987), quando um óleo apresenta alto teor de acidez, ocorre perda na neutralização, sendo esse um indicador de baixa qualidade em grãos, caracterizado por um armazenamento ou processamento inadequados.

A Tabela 5 apresenta os valores médios da massa específica a 20°C e da viscosidade cinemática a 40°C do óleo bruto de crambe, em cada método de secagem.

Não houve diferença entre os tratamentos, para as análises de massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C.

A massa específica média entre os tratamentos foi 0,91 g/cm³, esse mesmo valor foi obtido por Jasper et al. (2010), mostrando que não houve efeito do método de secagem sobre a massa específica a 20°C do óleo bruto de crambe.

A viscosidade cinemática média dos tratamentos foi de 49,87 mm²/s. Valor aproximado foi encontrado por

Jasperet al. (2010), que obtiveram viscosidade cinemática de 49,02 mm²/s. Thompson et al. (2006) encontraram 50,16 mm²/s, e Melo (2010) encontrou um valor acima, ficando em 79,24 mm²/s. Segundo Melo (2010), o comprimento das cadeias graxas, o grau de insaturação e a possibilidade de interações moleculares determina o aumento no valor da viscosidade.

O menor valor absoluto de viscosidade cinemática foi obtido na secagem na planta, que vem mostrando, de maneira geral, ter os grãos de melhor qualidade.

Tabela 5: Valores médios de massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C de óleo bruto de crambe, obtido em cada método de secagem.

Tratamentos	Massa específica a 20°C (g/cm ³)	Viscosidade cinemática a 40°C (mm ² /s)
Secagem com ar aquecido	0,91	49,92
Secagem com ar natural	0,91	50,03
Secagem em terreiro	0,91	49,82
Secagem à sombra	0,91	49,96
Secagem na planta	0,91	49,61
F	0,00 ^{NS}	1,601 ^{NS}
C.V. (%)	0,0	0,52

^{NS}: Não significativo (p≤0,05); C.V.: Coeficiente de variação

4 CONCLUSÃO

A secagem com ar aquecido proporcionou menor índice de ácidos graxos nos grãos.

Para os tratamentos estudados, os diferentes métodos de secagem empregados não interferiram sobre a qualidade do óleo bruto.

5 REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. R. **Efeitos das condições de armazenagem sobre a qualidade da soja (*Glycine max*(L.) Merrill) e do óleo bruto.** 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC.** 8.ed. Saint Paul, 1995.

ANGELUCCI, E. et al. **Análise química de alimentos:** manual técnico. São Paulo, 1987. 123 p.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL e BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução n. 7. 2011. 9.2.2011. DOU 10.02.2011

BRASIL. Lei nº. 11.097, de 13 de Janeiro de 2005. Dispõe sobre a criação do Programa

Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e sobre a adição de biodiesel ao óleo diesel. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 2 set. 11.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional** 2012. Brasília, DF, 2012.

COSTA, T. L. **Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona.** 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

CUNHA, M. D. **Caracterização de biodiesel produzido com misturas de matérias primas:** sebo bovino, óleo de frango e óleo de soja. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DORADO, M. P. et al. The effect of waste vegetable oil blend with diesel fuel on engine performance. **Transactions of the ASAE**, v. 45, p. 525-529, 2002.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Crambe FMS Brilhante.** Maracajú, 2009. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34>. Acesso em: 11 out. 2011.

JASPER, S. P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst):** avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

JASPER, S. P. et al. Caracterização físico-química do óleo e do biodiesel de crambe *Crambe abyssinica* Hochst. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA e CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: SBEA, 2010.

KUSDIANA, D.; SAKA, S. Effects of water on biodiesel fuel production by

supercritical methanol treatment. **Bioresource Technology**, Kyoto, v. 91, n. 3, p. 289-295, 2004.

LIBARDI, P. L. et al. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 1-12, 1996.

MELO, M. A. M. F. **Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando a produção de biodiesel.** 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

MORETTO, E.; FEET A. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. Florianópolis: Ed. da UFSC. Cidade, 1998. p. 109-110.

O'BRIEN, R. D. Fat an Oils. In: O'Brien, R. D. (Ed.). **Fats and Oils Formulating and Processing for Applications**. Boca Raton: Ed. CRC PRESS, 2004. p. 175-232.

OLIVA, A. C. E. et al. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 3, p.16-30, 2012.

OLIVEIRA, M. et. al. Efeito da temperatura do ar de secagem estacionária na qualidade do óleo de mamona (*Ricinus communis*). In: I SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas;2007.

OLIVEIRA, M. **Temperatura na secagem e condições de armazenamento sobre propriedades da soja para consumo e produção de biodiesel**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

PEREIRA, F. E. A. **Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de Mabeafistulifera Mart**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PEREIRA, M. R. et al. Avaliação do efeito de armazenamento refrigerado de grãos de soja na manutenção da qualidade do óleo. In: **Mostra Científica**, 2., 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas;2010.

POHNDORF, R. S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004, 184 p.

SILVA, M. A. P. et al. Acidez graxa em sementes de crambe submetidas a diferentes sistemas de secagem. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA e CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 10, 2012, Londrina. **Anais...** Londrina; 2012.

SOARES, T. A.; BIAGGIONI, M. A. M.; FRANÇA NETO, J. B. Análise da acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 91-102, 2005.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

THOMPSON, J. C. et al. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiples

feedstoks. **Applied Engineeringin Agriculture**, v. 22, 261-265, 2006.

ZENI, D. B. **Efeitos da temperatura na secagem e da umidade relativa no armazenamento sobre a qualidade de grãos e óleo de canola para biocombustível**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.