

II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

Uma revisão sobre a mostarda (*Brassica ssp.*) e seu possível uso com alternativa para produção de biodiesel

Lilian C. de Souza Madalena¹, Pablo Chang¹, Adriana Ferla de Oliveira², Ricielly Eloyze Rosseto¹, Simone Andréia Roehrs¹, Reginaldo Ferreira Santos¹, Elisandro Pires Frigo¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel-PR.

²Universidade Federal do Paraná – UFPR - Setor Palotina, Rua Pioneiro, 2153, CEP: 85.950-000, Bairro Jardim Dallas, Palotina, PR.

liliraiox@hotmail.com, pablo-sdw@hotmail.com, adrianaferla@ufpr.br, riciellyeloyze@hotmail.com, simone_roehrs@hotmail.com, reginaldo.santos@unioeste.br, epfrigo@gmail.com

Resumo: Em função da busca por alternativas de energias renováveis chegamos a novas tecnologias e com isso a novos biocombustíveis. Com a Lei 13.263 (23/06/2016) que prevê o aumento do uso de biodiesel, cria-se uma necessidade de expandir a quantidade oferecida para suprir a demanda existente. Assim, a procura por novas matérias-primas para produção do biodiesel, para abranger volume necessário, se faz presente. A mostarda é tradicionalmente conhecida como um dos condimentos mais utilizados do mundo. Apesar de ser uma cultura oleaginosa nova no Brasil, encontram-se estudos com referência ao uso de seu óleo na produção de biodiesel. O Canadá é o maior produtor de sementes de mostarda, sendo a França o maior consumidor. O objetivo deste presente trabalho foi apresentar essa cultura oleaginosa, de modo a tratar das características gerais, produção e uso do seu óleo como possível alternativa para produção de biodiesel.

Palavras-chave: oleaginosa, condimento, biocombustível.

A review on Mustard (*Brassica ssp.*) and its possible use with alternative for biodiesel production

Abstract: As a result of the search for renewable energy alternatives, we come to new technologies and with this new biofuels. With Law 13.263 (06/23/2016), which provides for the increase in the use of biodiesel, there is a need to expand the quantity offered to supply the existing demand. Thus, the demand for new raw materials to produce biodiesel, to cover the necessary volume, is present. Mustard is traditionally known as one of the most used condiments in the world. Despite being a new oleaginous crop in Brazil, there are studies with reference to the use of its oil in the production of biodiesel. Canada is the largest producer of mustard seed, with France the largest consumer. The objective of this work was to present this oil culture, in order to address the general characteristics, production and use of its oil as a possible alternative for biodiesel production.

Key words: oleaginous, condiment, biofuel.

Introdução

Já é conhecida a necessidade de se desenvolver novas tecnologias em busca de alternativas renováveis para sanar a instabilidade na oferta energética. Dentro da matriz energética brasileira, as fontes renováveis contribuíram com 43,5% em 2016. Desse total temos 5,4% que é equivalente a lixívia e outras renováveis, onde enquadra-se o biodiesel, que colabora com 19,2% desse percentual total (MME, 2017).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (2017), a Lei 13.263 (23/03/2016), nos diz que no Brasil o percentual de biodiesel em 2017 deverá ser de 8% e evoluir até 9% em 2018. O biodiesel tem como principais matérias-primas para sua produção fontes de origem oleaginosas, gorduras animais e resíduos de óleos (IZAZ et al., 2016). Tratando-se de oleaginosas, atualmente a soja é a principal como uso na produção de biodiesel, por ter toda uma cadeia já estabelecida, mas concorre diretamente na questão alimentar.

Em buscas de outras possíveis matérias-primas a serem utilizadas a esse propósito, temos a mostarda, que é um dos condimentos mais conhecidos e utilizados do mundo, utilizado como tempero em diversas culturas desde os tempos remotos e até na medicina com o intuito do fortalecimento da saúde humana. É uma cultura oleaginosa recente no Brasil e que carece de muitos estudos para o melhoramento da prática agrícola, de acordo com o solo e o clima da região estabelecida para o seu cultivo. Os extratos de mostarda são interessantes por apresentarem funções variadas (WÓJCIAK e DOLATOWSKI, 2016) e também é uma hortaliça de relevância econômica para a agricultura (AUGUSTO et al., 2014). Desde a antiguidade, foi usado como fonte de óleo comestível e ingrediente alimentício (MEJÍA-GARIBAY et al., 2015).

O objetivo deste presente trabalho foi apresentar essa cultura oleaginosa, de modo a tratar das características gerais, produção e uso do seu óleo como possível alternativa para produção de biodiesel.

Revisão Bibliográfica

Pelos registros históricos, a mostarda tem sido utilizada há mais de 5000 anos. Nativa de regiões temperadas da Europa, os romanos e os gregos aclamavam as sementes de mostarda como uma pasta e um pó. Assim, a mistura do *mustum* (palavra latina para o suco de uva não fermentado) com as sementes de mostarda moída deu a origem ao termo “mostarda”, que começou a ser utilizado como condimento com os romanos. A cultura já foi referenciada

em 3000 a.C. pelos antigos textos sumérios e sânscritos, em 2000 a.C. pelos egípcios e em torno de 1000 a.C. pelos textos *chineses* (CABALLERO et al., 2015).

Características da Cultura

Membro das famílias Brassicaceae, a mostarda é uma planta anual, com o cultivo para ser utilizado como óleo ou forragem, as três espécies mais cultivadas é a mostarda preta (*Brassica nigra*), branca ou amarela (*Brassica alba*) e marrom (*Brassica juncea*). A mostarda preta e a amarela apresentam propriedades físicas distintas em sua densidade, cor e índice de refração, sendo que o ácido erúico é encontrado em maior concentração na mostarda amarela (MEJÍA-GARIBAY et al., 2015). Podemos verificar na Figura 1, a planta da mostarda e suas sementes.



Figura 1. Planta da mostarda e semente.
Fonte: Adaptado SANJID et al. (2013).

Comparando a altura das plantas entre as três espécies, a mostarda preta é mais alta, podendo chegar até 3 metros e pouco ramificada, e produzem muitas vagens curtas. Já a planta de mostarda amarela é mais curta, com os seus 0,6 metros. Enquanto isso, as plantas da mostarda marrom medem em torno de 1 a 2 metros, apresentando abundantes raízes verticais e pesadas, com vagens mais longas, os quais conseguem manter as sementes no seu amadurecimento (CABALLERO et al., 2015).

Enquanto *Brassica nigra* é uma das sementes mais comuns do mundo (AL-SHERIF et al., 2013), estudos mostraram que *Brassica juncea*, também comumente chamada de mostarda indiana, é mais tolerante à seca e resistência à ruptura que o colza (*Brassica napus*) e o nabo

(*Brassica rapa*) (VINU et al., 2013). No entanto, a sua sensibilidade a doenças, salinidades e secas resultam em um fraco crescimento e produtividade (ALYEMENI et al., 2013). Caballero et al. (2015) também afirmaram que a *Brassica juncea* é mais tolerante ao calor e ao estresse por seca que o *Brassica napus* e *Brassica rapa*. Além disso, a espécie pode ser cortada ou enrolada, pois não se quebra com facilidade quanto *Brassica napus*. O Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ), introduziu alguns cultivares no Brasil e entre eles a Gisilba é a que tem tido uma boa adaptação, com seu plantio entre março e abril (EMBRAPA, 2014).

No trabalho de Beniwal et al. (2015), ao descrever as mudanças nos teores de lipídios e ácidos graxos no desenvolvimento da parede sílica da *Brassica juncea* L., foi observado uma rápida acumulação de lipídios totais aos 20 dias após a floração e um declínio gradual até a maturidade. Enquanto na maior maturidade, os principais ácidos graxos encontrados foram linolênicos, linoleico, palmítico, oleico e esteárico. E em relação aos cultivares, Vinu et al. (2013) realizaram um estudo para analisar a estimar variedade genética. Foram especificados 44 genótipos de *Brassica juncea*, incluindo variedades de diferentes regiões da Índia e alguns genótipos exóticos da Austrália, Polônia e China.

A variação da umidade e do estado nutricional do solo também são diferenciais no rendimento da mostarda (R. SINGH e A. SINGH, 2014). A mostarda é cultivada geralmente em solos de textura grossa, com baixa concentração em matéria orgânica. Dessa forma, os adubos orgânicos podem ser utilizados para elevar a produtividade e eficiência dos usos de fertilizantes (CABALLERO et al., 2015). Em solos arenosos, a cultura deve receber imediatamente o N, K e P antes do plantio até o estágio de crescimento vegetativo (FOURIE et al., 2014).

De acordo com Kovacs et al. (2013), as ervas daninhas mais desfavoráveis para os agricultores são as pertencentes à mesma família da cultura principal, pois exigem complicações dentro dos métodos para o seu controle. Dessa forma, o girassol, a colza, a soja, o crambe, os feijões secos e o cártamo não devem ser cultivados como rotação de culturas com a mostarda, podendo causar danos em níveis econômicos. Para evitar esse tipo de proliferação, é necessário produzir a cultura de mostarda em pequena rotação de grãos, sendo separada de quatro ou mais anos de diferença na rotação de cultura (CABALLERO et al., 2015).

A mostarda apresenta a propriedade de biofumigação e, assim, podendo ser incluídos em rotação de cultura sem comprometer na eficiência do controle das ervas daninhas

(FOURIE et al, 2015). A hidrólise de extratos de mostarda pode ser aplicada em campo no controle de pragas (POPOVA et al., 2016). Al-Sherif et al. (2013) afirmam que a mostarda preta pode ser utilizada como bioherbicida. Nos estudos de Kovacs et al. (2013) foi relatado que as espécies de mostarda branca e mostarda marrom possuem uma grande capacidade para favorecer a presença de insetos benéficos, diversificando os inimigos naturais de pragas em colheitas de colza.

Produção da mostarda

Há milhares de anos, o valor econômico da mostarda resultou em uma ampla produção crescendo pela Europa, África do Norte e Ásia. Atualmente, o maior produtor mundial de sementes de mostarda é o Canadá, com uma média de 28% da safra mundial. Já os maiores consumidores de mostarda ficam com os franceses, que compram 70% da produção de Canadá, por ano (CABALLERO et al., 2015).

Na Índia, a mostarda é um componente importante entre as oleaginosas, sendo o *Brassica juncea* contribuindo com mais de 80% da produção de mostarda do país (VINU et al., 2013). Além disso, fica em segundo lugar, atrás apenas da soja, em produção entre as sementes comestíveis cultivadas anualmente no país (R. SINGH e A. SINGH, 2014). Conforme a figura 2, podemos ver o processo de produção da mostarda brasileira.

A mostarda é amplamente utilizada em culinária de diversas culturas, seja as sementes inteiras, em pó, em pastas, molhos e o óleo, que por sua vez é usado na cozinha (CABALLERO et al., 2015). É apresentada como o terceiro condimento mais importante depois de sal e pimenta (MEJÍA-GARIBAY et al., 2015). Todas as três espécies (branca, preta e a marrom) são usadas como ingredientes alimentícios.

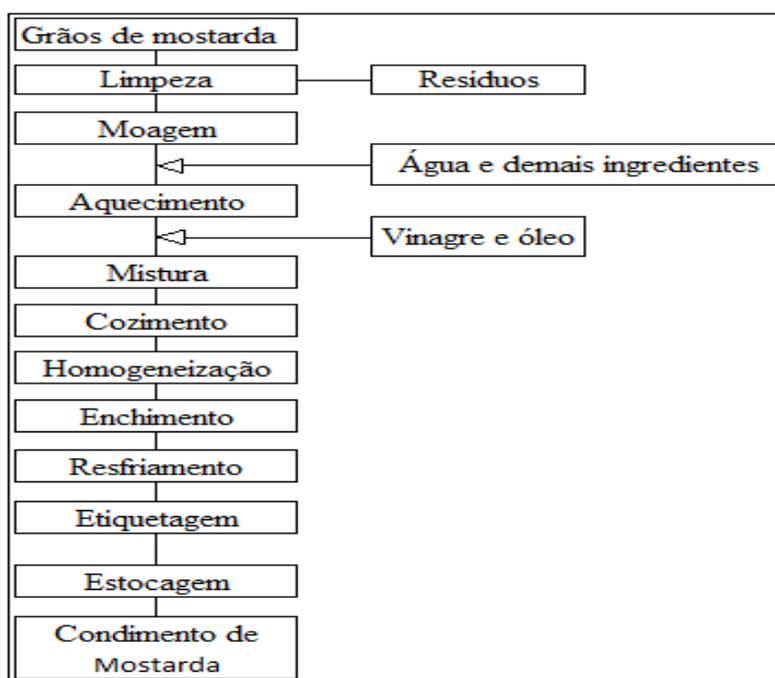


Figura 2. Fluxograma de produção de mostarda.

Fonte: Adaptado de NITZKE (20xx).

A mostarda oferece um amplo beneficiamento à saúde por conter proteínas de alta qualidade, minerais, fibras, vitaminas e óleos essenciais, bem como esteróis vegetais. O óleo e as sementes têm sido tradicionalmente empregados para aliviar a dor muscular, a dor artrítica e reumatismo. Possuem o potencial para prevenir e reduzir o progresso dos cânceres no trato gastrointestinal. Por conter cisteína, as sementes apresentam propriedades antioxidantes e ação antienvelhecimentos. Além disso, outros benefícios das sementes e do óleo são: evitam a obesidade, melhoram a imunidade, atuam sobre as infecções cutâneas da pele e atuam como conservante dos alimentos (CABALLERO et al., 2015). É conhecido também que a mostarda funciona como antídoto contra picaduras de escorpião, além de contra mordidas de víboras (MEJÍA-GARIBAY et al., 2015). Apesar de existir pacientes alérgicos a mostarda, por enquanto, a única opção para estes é evitar completamente o seu consumo (PALLE-REISCH et al., 2014).

Óleo de mostarda

Comparando-se os teores de óleo entre as mostardas marrons e amarelas, a mostarda marrom apresenta 36,32% de óleo, maior que mostarda amarela, com os seus 31,78% (CABALLERO et al., 2015). O isotiocianato de alilo é o responsável pelo sabor característicos à mostarda indiana e apresenta mais de 80% do óleo da mostarda (DHINGRA et al., 2014).

Um subproduto obtido após extração do óleo, que corresponde a cerca de 60% do resíduo deixado, é o bolo de óleo de mostarda. Este que contém de 1 a 12% de extrato de éter, dependendo do método utilizado para a extração do óleo (IMANDI et al., 2013). Na Tabela 1, observamos a composição dos ácidos graxos do óleo de mostarda e resíduos de óleo de cozinha.

Tabela 1. Composição de alguns dos ácidos graxos da mostarda e resíduos de óleo de cozinha

Ácido Gordo	Estruturas	Óleo de mostarda	Resíduos de óleo de cozinha
Ácido Láurico	(C12:0)	-	-
Ácido Mirrístico	(C14:0)	0,063	-
Ácido Palmítico	(C16:0)	2,377	8,5
Ácido Palmitoleico	(C16:1)	0,180	-
Ácido Heptadecanóico	(C17:0)	0,018	-
Ácido Heptadecanóico	(C17:1)	0,043	-
Ácido Esteárico)	(C18:0)	1,253	3,1
Ácido Oleico	(C18:1)	25,156	21,2
Ácido Linoleico	(C18:2)	14,459	55,2
Ácido α -linoléico	(C18:3)	15,451	5,9
Ácido Erúdic	(C22:1)	36,709	-

Fonte: Adaptado SANJID et al. (2013).

Já existem vários estudos em relação ao uso de óleos vegetais serem usados de forma pura, como combustíveis, no entanto não é indicado (BARI et al, 2002). Em geral os óleos vegetais têm uma viscosidade alta e uma volatilidade baixa, que interfere diretamente na atomização e pulverização do biocombustível. A consequência disso é uma combustão incompleta e geração de resíduos de carbono (ANBUMANI e SINGH, 2010).

Biodiesel

Entre as oleaginosas que servem para produção de biodiesel, temos em média 350 culturas, entre essas temos a mostarda, que é uma alternativa. A escolha da matéria-prima é um fator muito importante, porque ela representa aproximadamente 75% do custo de produção do biodiesel (REHAN et al., 2017).

Por ser comestível a escolha da mostarda como matéria-prima poderia afetar alguns parâmetros. Mas as sementes utilizadas para produção de biodiesel seriam as de menor qualidade, as quais não passam no controle de qualidade para uso alimentar, o que é uma vantagem por não interferir no fornecimento alimentos (NIEMI et al., 2002). O óleo de mostarda tem uma alta concentração de ácido erúdic o que lhe dá uma característica de não

comestível, mas adequado ao uso industrial. Este seria um outro fator de não interferência na questão alimentar, apesar de as sementes serem usadas como condimento (ZHELJAKOV et al., 2012). Conforme o estudo de Niemi et al. (2002), para 1200 kg de sementes de mostardas o óleo extraído é cerca de 300 L.

De acordo com Zheljakov et al. (2012) a quantidade energética obtida quatro vezes maior do que o gasto para produzir o óleo. Segundo o mesmo autor, outras vantagens seriam o baixo teor de enxofre, sem emissão de CO₂ em comparação com diesel, não toxicidade e biodegradabilidade. Na Tabela 2, temos uma comparação dos óleos de mostarda e neem com o diesel conforme a ASTM D97.

Tabela 2. Propriedades do óleo de mostarda e neem em comparação com o diesel (ASTM D975)

Propriedades	Diesel	Mostarda	Neem
PURO			
Número de Cetano (CN)	45-55	37	31
Gravidade Específica	0,83	0,953	0,968
Viscosidade (20°C) mm ² /sec	4,7	24,67	37,42
Valor Calorífico (MJ/kg)	42	32,43	29,97
Carbono (%)	86	74,45	78,92
Hidrogênio (%)	14	10,63	13,41
20% do volume misturado com diesel			
Número de Cetano (CN)	45-55	54	48
Gravidade Específica	0,83	0,914	0,934
Viscosidade (20°C) mm ² /sec	4,7	5,65	6,3
Valor Calorífico (MJ/kg)	42	34,562	31,142
Carbono (%)	86	76	83
Hidrogênio (%)	14	11,3	15

Fonte: Adaptado ANBUMANI e SINGH (2010).

No estudo de Sanjid et al. (2013) temos alguns resultados do biodiesel de mostarda comparado com biodiesel de resíduos de óleo de cozinha, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Algumas especificações de propriedade para biodiesel comparado com o biodiesel de óleo de mostarda

Propriedades do Combustível	Biodiesel de Óleo de Mostarda	Biodiesel de Resíduos de óleo de cozinha	ASTM D6751	EN-14214
Densidade em 288 K (kg/m ³)	880-882	820-897	-	g/m ³ 0,86-0,90
Valor calorífico (MJ/kg)	32-33	38-43	-	-

Ponto de inflamação (K)	431	469	130 min.	120
Ponto de Fluidez (K)	261	260-275	-	-
Viscosidade Cinemática a 300 K (mm ² /s)	24-26	4.4-5.5	(Em 313 k) 1.9-6.0	3.50-5.00
Resíduo de C (wt %)	-	0,33	0.05 máx.	-
Número de Cetano	50	46-60	47 min.	51 min.
Valor de Iodo R (mg l/g)	50-54	108-128	-	120 máx.

Fonte: Adaptado de SANJID et al. (2013).

Segundo Hasib et al., (2011), a partir do óleo de mostarda e através do processo de transesterificação, o biodiesel originado pode ser utilizado em motores a diesel com sucesso.

Considerações Finais

São vastos os benefícios da mostarda para a economia, por ser responsável como um dos maiores condimentos utilizados na alimentação humana; para a saúde, pelas suas funções medicinais; e para soluções de redução de pragas por meio dos seus extratos como bioherbicida.

Apesar disso, ainda é pouco estudado sobre o seu uso como biodiesel, sendo necessário mais pesquisas e ênfase em seu melhoramento genético e da cultura, assim como os incentivos estatais para esta opção renovável de energia, que possui muito conteúdo ainda a ser explorada.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). **Biodiesel**. Ago. 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 01/11/2017.

ANBUMANI, K. e SINGH, A. P. Performance of mustard and neem oil blends with diesel in CI engine. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, vol. 5, n. 4, Apr. 2010.

AL-SHERIF, E.; HEGAZY, A. K.; GOMAA, N. H; HASSAN, M. O. Allelopathic effect of black mustard tissues and root exudates on some crops and weeds. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 11-19, Mar. 2013.

ALYEMENI, M. N.; HAYAT, S.; WIJAYA, L.; ANAJI, ABDULLAH. Foliar application of 28-homobrassinolide mitigates salinity stress by increasing the efficiency of photosynthesis in Brassica juncea. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 3, p. 502-505, July/Sept. 2013.

AUGUSTO, A. dos S.; BERTOLL, A. C.; CANNATA, M. G.; CARVALHO, R.; BASTOS, A. R. R. Avaliação dos efeitos tóxicos de Cd e Pb na cultura da mostarda (*Brassica juncea*). **Eng. Sanitária Ambiental**, v. 19, n. spe, p. 61-68, Jan. 2014.

BARI, S.; YU, C. W.; LIM, T. H. Performance deterioration and durability issues while running a diesel engine with crude palm oil. **Proc. Instn. Mech. Engrs. Part-D J. Automobile Engineering**. Vol, 216, pp. 785-792, Sept. 2002.

BENIWAL, V.; AGGARWAL, H.; KUMAR, A.; CHHOKAR, V. Lipid content and fatty acid change in the developing silique wall of mustard (*Brassica juncea* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 122-125, Jan. 2015.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Encyclopedia of food and health**. Academic Press, ed. 1, Sept. 2015.

CAMARILLO-RAVELO, D.; BARAJAS-ACEVES, M.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R. Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros en cuatro especies empleadas como bioindicadoras de metales pesados. **Revista internacional de contaminación ambiental**, v. 31, n. 2, p. 133-143, Dez.2015.

DALMAGO, G. A.; FOCHESSATTO, E.; KOVALESKI, S.; TAZZO, I. F.; BOLIS, L. M.; CUNHA, G. R. da; NIED, A. H.; BERGAMASCHI, H.; SANTI, A. Filocrono e número de folhas da canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 573-581, Jun. 2013.

DHINGRA, O. D.; SCHURT, D. A.; OLIVEIRA, R. D. L.; RODRIGUES, F. A. Potential of soil fumigation with mustard essential oil to substitute biofumigation by cruciferous plant species. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 4, p. 337-342, July 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de mostarda**, 2000. Disponível em:<<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 10/11/2017.

FOURIE, J. C.; KRUGER, D. H. M.; MALAN, A. P. Effect of management practices applied to cover crops with bio-fumigation properties on cover crop performance and weed control in a vineyard. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 36, n. 1, p. 146-153, Oct. 2015.

HASIB, Z. M.; HOSSAIN, J.; BISWAS, S.; ISLAM, A. Bio-diesel from mustard oil: a renewable alternative fuel for small diesel engines. **Scientific Research**, vol. 1, n.2, pp. 77-83, Nov. 2011.

IMANDI, S. B.; KARANAM, S. K.; GARAPATI, H. R. Use of Plackett-Burman design for rapid screening of and carbon sources for the production of lipase in solid state fermentation by *Yarrowia lipolytica* from mustard oil cake (*Brassica napus*). **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 44, n. 3, p. 915-921, Jan. 2013.

IJAZ, M.; BAHTTI, K. H.; ANWAR, Z.; DOGAR, U. F.; IRSHAD, M. Production, optimization and quality assessment of biodiesel from *Ricinus communis* L oil. **Journal of Radioation Research and Applied Sciences**. v. 9, ed. 2, p. 180-184, Abr. 2016.

KOVACS, G.; KAASIK, R.; METSPALU, L.; WILLIAMS, I. H.; LUIK, A. VEROMANN, E. Could Brassica rapa, Brassica juncea and Sinapis alba facilitate the control of the cabbage seed weevil in oilseed rape crops?. **Biological control**, v. 65, n. 1, p. 124-129, 2013.

MEJÍA-GARIBAY, B.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Características físicas y antioxidantes de semillas y productos de mostaza preta (Brassica nigra) y amarilla (Brassica alba). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 65, n. 2, Apr./Jun.2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional / Relatório Síntese - Ano Base 2015/2016, 2017.** Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf> Acesso em: 18 de julho de 2017.

NIEMI, S. A.; MURTONEN, T. T.; LAUREN, M. J. Extraust particule emissions of a mustard seed oil driven tractor engine. **SAE International**, technical paper, Mar. 2002.

NITZKE, J. A. **Fluxograma – processo de fabricação de condimentos à base de mostarda.** 200xx. Disponível em:<<http://www.ufrgs.br/afeira/produtos/hortalicas/mostarda/fluxograma>>. Acesso em: 10/11/2017.

PALLE-REISCH, M.; CICHNA-MARKL, M.; HOCHEGGER, R. Development and validation of a duplex real-time PCR assay for the simultaneous detection of three mustard species (Sinapis alba, Brassica nigra and Brassica juncea) in food. **Food chemistry**, v. 153, p. 66-73, Jun. 2014.

POPOVA, I. E.; DUBIE, J. S.; MORRA, M. J. Optimization of hydrolysis conditions for release of biopesticides from glucosinolates in Brassica juncea and Sinapis alba seed meal extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 354-359, Mar. 2017.

REHAN, M. GARDY, J.; DEMIRBAS, A.; RASHID, U.; BUDZIANOWSKI, W. M.; PANT, D.; NIZAMI, A. S. Waste to Biodiesel: A preliminary assessment for Saudi Arabia. **Bioresource Technology**, Nov. 2017.

SANJID, A.; MASJUKI, H. H.; KALAM, M. A.; RAHMAN, S. M. A.; ABEDIN, M. J.; PALASH, S. M. Impact of palm, mustard, waste cooking oil and Calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 664-682, Nov. 2013.

SINGH, R. K.; SINGH, A. K. Production potential, nutrient uptake and economics of Indian mustard (Brassica juncea) under integrated nutrient management practices. **Ind. J. Agric. Sci.**, v. 84, p. 142-148, 2014.

VINU, V.; SINGH, N.; VASUDEV, S.; YADAVA, D. K.; KUMAR, S.; NARESH, S.; BHAT, S. R.; PRADHU, K. V. Assessment of genetic diversity in Brassica juncea Brassicaceae genotypes using phenotypic differences and SSR markers. **Rev. Biologia Tropical**, v. 61, n. 4, p. 1919-1934, Dec. 2013.

WÓJCIAK, K. M.; DOLATOWSKI, Z. J. Evaluation of natural preservatives in combination with acid whey for use in fermented sausage. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 2, p. 125-133, Mar./Apr.2016.

ZALEWSKA, M.; NOGALSKA, A. Phytoextraction potential of sunflower and white mustard plants in zinc-contaminated soil. **Chilean J. of Agric. Research**, v. 74, n. 4, p. 485-489, Ago. 2014.

ZHELJAZKOV, V. D.; VICK, B.; EBELLHAR, M. W.; BUEHRING, N.; AS, T. A. Nitrogen applications modify seed and oil yields and fatty acid composition of winter mustard. **Industrial Crops and Products**, vol. 36, ed. 1, pp. 28-32, Mar. 2012.

Recebido para publicação em: 01/12/2017

Aceito para publicação em: 04/12/2017

Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura
Acta Iguazu, v. 6, n. 5, p. 23-34, 2017.