

## **Síntese do biodiesel a partir de blendas de óleo residual e óleo de farelo de arroz por irradiação no micro-ondas através de rota metílica**

*Synthesis of biodiesel from residual oil blends and rice bran oil by irradiating in the microwave through a methyl route*

**Lidiane Renata Zocal Dos Santos\*, Cláudia Roberta Gonçalves, Jéssica Luzia da Silva Leal, Daiane Lopez da Conceição, Talitha Jesus Carmo Souza, Junior Paulo Zocal e Michelline Tavares**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Campus Cáceres, Cáceres-MT, Brasil.  
\*lidiane.zocal@gmail.com*

**Submetido em 05/10/2017; Versão revisada em 04/12/2017; Aceito em 08/12/2017**

### **Resumo**

Com a crescente demanda energética mundial, a procura por fontes energéticas diversas estão se tornando cada vez mais crescente. Os biocombustíveis se inserem intrinsecamente neste contexto, pois além de possuírem alta produção de energia, suas fontes são renováveis e seu consumo é limpo em relação a energia não renovável. Dentre os biocombustíveis, o biodiesel vem ganhando destaque na indústria de combustíveis, pois possui alto poder calorífico, sua queima evita pequenas concentrações de poluentes, além de ser um combustível biodegradável. Então o presente trabalho avaliou os efeitos de tipos de blendas, catalisador e tempo de reação em meio de processo de transesterificação do óleo residual e farelo de arroz em efeitos de planejamento fatorial, em que todas as variáveis foram avaliadas em níveis máximos e mínimos. A partir dos cálculos efetuados sobre as variáveis, observou-se que os experimentos 1 e 9 obtiveram o melhor rendimento, em média de 57,5%. Portanto, a combinação que envolve as blendas de farelo de arroz em menor concentração de catalisador e menor tempo de reação apresentam melhores rendimentos, dentro dos parâmetros exigidos pela ANP.

**Palavras-chave:** Biodiesel, Óleo residual, Farelo de arroz.

### **Abstract**

With the growing world energy demand, the demand for diverse energy sources is becoming more and more growing. Biofuels are embedded intrinsically in this context, because in addition to having high energy production, their sources are renewable and their consumption is clean in relation to non-renewable energy. Among biofuels, biodiesel has been gaining prominence in the fuel industry, since it has a high calorific value, its burning avoids small concentrations of pollutants, besides being a biodegradable fuel. Thus, the present work evaluated the effects of blends types, catalyst and reaction time in the process of transesterification of residual oil and rice bran in factorial planning effects, in which all variables were evaluated at maximum and minimum levels. From the calculations made on the variables, it was observed that the experiments 1 and 9 obtained the best yield, on average 57.5%. Therefore, the combination involving rice bran blends with lower catalyst concentration and lower reaction time present better yields, within the parameters required by the ANP.

**Keywords:** Biodiesel, Residual oil, Rice bran.

## INTRODUÇÃO

O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo apresenta um impacto negativo na qualidade do meio ambiente. A poluição do ar, as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis.

Neste sentido, o uso de energia proveniente da biomassa é apontado como uma promissora opção para o desenvolvimento sustentável nos campos ambiental, econômico e social.

Devido à grande diversidade de óleos vegetais e sua alta produtividade, o Brasil demonstra grande abertura para esta alternativa energética no que se refere à substituição do diesel a partir do biodiesel, ou seja, o diesel produzido de óleos vegetais (SANTOS, 2004).

O biodiesel é um dos combustíveis alternativos, com emissões tóxicas significativamente menores, além de ser biodegradável, produzido a base de espécies oleaginosas obedecendo ao ciclo de carbono. Devido a todas estas características o biodiesel tem espaço no mercado mundial que anseia por “energia limpa”, tendo sua importância pela substituição total ou parcial do óleo diesel de petróleo em motores de caminhões, tratores, automóveis, entre outros.

Quando se fala em produção de biodiesel a nível nacional, um importante enfoque brasileiro deve-se ao fato de sua grande extensão territorial, variedade climática e diversidade de matérias-primas com potencial para sua produção, já que grande parte do território nacional é favorável para o cultivo de grãos. Sendo assim, um dos componentes considerados importantes para dar início a este processo produtivo é a escolha da matéria-prima. Várias espécies de oleaginosas possuem destaque na produção de biodiesel, tais como a soja, sendo o carro chefe na produção nacional, além do algodão, amendoim, pinhão-mansão, dentre outras.

Pesquisas vem sendo realizadas com óleos e

gorduras residuais. A reciclagem de resíduos agrícolas e agro industriais vem sendo estudados cada vez mais por serem matérias primas de baixo custo e, principalmente por minimizar a degradação ambiental decorrentes de atividades industriais e urbanas.

O farelo do arroz é uma outra matéria-prima que está sendo pesquisada, por ser abundante e de baixo custo, já que na sua composição, em parte é constituída de óleo. Em geral esse subproduto é usado na alimentação animal, principalmente de suínos e aves ou são utilizados como adubo. A grande quantidade de gordura presente no farelo de arroz é o componente que se destaca. Uma vez processado, o farelo poderá produzir até 20% de óleo cru. O óleo de arroz é formado principalmente por triglicerídeos, com pequenas quantidades de fosfolipídios, glicolipídios e graxas (MOURA, 2010). Pesquisas realizadas sobre a obtenção do biodiesel a partir do óleo de farelo de arroz demonstram o uso do processo de reação de transesterificação em meio básico (EGUES, 2014). Atualmente, pesquisas com blendas tem sido realizadas pela necessidade de adaptações à legislação referente ao biodiesel e obtenção, em muitos casos, de um produto de melhor qualidade.

O estudo de uso de blendas para produção de biodiesel visando maior rendimento tem sido alvo de diversas pesquisas (OLIVEIRA, 2012). A partir deste contexto, o presente trabalho propõe-se a estudar o uso do óleo de farelo de arroz e óleo residual, através de blendas como uma alternativa para a síntese do biodiesel através da rota metálica e catálise básica.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - *Campus Olegário Baldo - Cáceres-MT*.

O óleo de farelo de arroz, OFA, foi fornecido pela empresa Mundo dos Óleos S/A e a amostra do

óleo residual foi obtido a partir de algumas residências do município de Cáceres-MT. O índice de acidez (IA - em mg de KOH/g), teor de ácidos graxos livres (AGL em %) e densidade (D em g/ml) foram determinados seguindo a metodologia descrita por Moretto e Fett (1998). O óleo residual passou por tratamento alcalino para redução da acidez, obtendo-se ORT (óleo residual tratado). Para tratamento do OR foi feito o seguinte processo: primeiramente, a partir do valor de índice de acidez, calculou-se a quantidade de hidróxido de potássio necessária para se neutralizar uma certa determinada quantidade em massa (gramas) de óleo residual.

Seguindo, o procedimento dos autores Moretto e Fett (1998, uma certa massa de óleo residual foi aquecida até a temperatura de 90°C, então adicionaram-se uma quantidade de glicerina pura (esta quantidade deve representar 30% em relação à massa de óleo a ser neutralizado) e de KOH requerida (calculada anteriormente) para neutralizar a acidez do óleo. A preparação da solução desta base, antes da adição ao óleo aquecido, deve envolver a menor quantidade de água destilada possível. A mistura óleo/glicerina/solução foi mantida sob agitação magnética e temperatura de 90°C durante 30 minutos.

No final, a mistura foi deixada em repouso para separação das fases. O óleo resultante dessa etapa foi conduzido à lavagem com água destilada a 90°C para retirada dos sabões remanescentes e repetiu-se esta etapa 3 vezes. Realizaram-se, em seguida, 3 lavagens com solução saturada de cloreto de sódio. Então, o óleo foi conduzido ao processo de desumidificação, em que é mantido em temperatura de 110°C sob agitação constante, durante 30 minutos, sendo posteriormente filtrado com sulfato de sódio anidro em papel de filtro.

Quantidades diferentes de OFA e ORT foram misturadas para gerar dois tipos de blendas de dois componentes: uma com 25% e outra com 75% de OFA. Após a formação das blendas, novamente determinou-se os parâmetros supracitados.

Então, estas misturas foram submetidas a reações de transesterificação alcalina com metanol sob aquecimento com irradiação em micro-ondas para obtenção de biodiesel. No final destes experimentos, determinaram-se o rendimento do processo (R - conversão mássica m/m %) e os parâmetros físico-químicos dos produtos finais (biodiesel). São eles: índice de acidez (IA em mg KOH/g), teor de ácidos graxos livres (AGL em %), umidade (U%) e densidade (D em g/ml).

Realizaram-se os experimentos supracitados seguindo um planejamento fatorial completo 2<sup>3</sup>, para avaliar os efeitos dos seguintes fatores: tipo de blenda (uma com 25% e outra com 50% de OFA), concentração de catalisador (1% e 2% de NaOH) e tempo de reação (30 e 60s).

Todas as análises físico-químicas tanto do óleo como do biodiesel seguiram metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) - IAL; Moretto e Fett (1998) e Moretto e Alves (1986). Os efeitos de três fatores (tipo de blenda, concentração de catalisador e tempo de reação), em dois níveis, foram avaliados com relação as variáveis de resposta: rendimento da reação (%), índice de acidez (IA em mg de KOH/g de óleo) e teor de ácidos graxos livres (AGL %).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Iniciou -se a pesquisa pela caracterização físico-química do óleo residual coletado (OR não tratado), do óleo residual tratado e do óleo de farelo de arroz. Os resultados estão expressos na Tabela 1.

**Tabela 1**  
Parâmetros analisados para o óleo residual sem neutralizar e neutralizado.

Parâmetros	OR	ORT	OFA
IA (mg KOH/g)]	1,83	0,79	0,34
AGL (%)	2,99	2,59	1,14
D (mg/mL)	0,93	0,92	0,91

Através desta tabela, o OR apresentou índice de acidez elevado, indicando necessidade de neutralizar com KOH e glicerina bi- destilada. Após essa neutralização os valores de IA e AGL diminuíram com valores adequados para produção de biodiesel segundo recomendação de Araújo et al. (2007) e Gonçalves et al. (2009), os quais sugerem que para síntese de biodiesel com IA menor que 0,50 mg KOH/g, o óleo inicial deve apresentar IA com valor máximo de 1 mg KOH/g de acidez.

A porcentagem dos ácidos graxos, para todas amostras obtidas, mostrou-se de acordo com o que diz Dourado (2002), o óleo para ser utilizado em processo de transesterificação básica deve apresentar valor menor que 3% de ácidos graxos para evitar a formação de sabões. A densidade para os óleos analisados apresentam valores semelhantes ao encontrado na literatura (MAECKE et al., 2012).

As blendas foram preparadas nas proporções 25:75 e 50:50 (OFA:ORT), e então realizaram-se as análises físico-químicas das amostras. Os resultados estão resumidos na tabela 3.

**Tabela 2**  
Parâmetros analisados para blendas os óleos.

Parâmetros	Porcentagem de OFA	
	25%	50%
IA (mg KOH/g)	0,24	0,26
AGL (%)	1,64	1,53
D (mg/mL)	0,91	0,91

Observando a tabela acima, verifica-se que as blendas formadas apresentam valores apropriados de IA e AGL (IA < 1,00 mg de KOH/g e AGL < 3,0%). A densidade deferiu para os óleos estudados se enquadrando dentro da legislação vigente (0,85-0,90 g/cm<sup>3</sup>).

Foram obtidos os resultados dos variáveis de resposta (dependentes) em relação a avaliação dos

Parâmetros Físicos e Químicos do Biodiesel produzido a partir do planejamento fatorial de acordo com a Tabela 3.

**Tabela 3**  
Resultados do planejamento fatorial 23.

Experimentos	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	R (%)	IA (mg KOH/g)	AGL (%)	U	D (g/mL)
1	-1	-1	-1	57	0,3	0,78	0,04	0,89
2	1	-1	-1	27	0,5	2,25	0,05	0,87
3	-1	1	-1	3	1,83	3,12	0,25	0,86
5	-1	-1	1	26	1,83	2,79	0,02	0,89
6	1	-1	1	50	0,49	0,86	0,03	0,89
7	-1	1	1	57	1,2	7,05	0,05	0,89
8	1	1	1	40	0,25	1,30	0,04	0,87
9	-1	-1	-1	58	0,5	1,34	0,10	0,89
10	1	-1	-1	30	0,6	1,57	0,06	0,86
12	1	1	-1	3	0,54	1,77	0,51	0,87
13	-1	-1	1	24	0,36	1,83	0,05	0,88
14	1	-1	1	55	0,41	0,91	0,05	0,88
15	-1	1	1	52	0,63	2,78	0,04	0,86
16	1	1	1	35	0,27	1,09	0,03	0,87

Todos os resultados relativos a D (g/ml) estavam dentro das faixas estabelecidas pela ANP (0,85-0,90 g/cm<sup>3</sup>) e, portanto, não foram realizadas análises estatísticas para este parâmetro. O teor de umidade para as misturas apresentou-se abaixo do permitido, pois os valores aceitáveis para a matéria-prima no que se refere ao o teor de umidade deve ser menor que 0,5% (CAVALCANTE et al., 2010).

A resolução da ANP 45 estabelece que o limite máximo de teor de água no biodiesel é de 200ppm ou 0,02%. Este fato pode ter ocorrido pelo método de lavagem utilizado, sendo necessário mais etapas na secagem do biodiesel para reduzir a quantidade de água presente. Uma forma de minimizar este

parâmetro seria testar novas técnicas de secagem e purificação do biodiesel.

A umidade é um importante parâmetro de qualidade do biodiesel, pois a presença de água no combustível além de promover a hidrólise do biodiesel também gera a proliferação de microrganismos, resultando no aumento do índice de acidez e ácidos graxos livres, corrosão em tanques de estocagem com deposição de sedimentos. (TEIXEIRA apud COSTA, 2015).

Na Tabela 4, nota-se que os efeitos apresentam valores bem acima do ruído (desvios padrões dos efeitos). A figura 1 deixa ainda mais evidente que todos os efeitos, principais e de interações, foram significativos ao nível de significância de 5%.

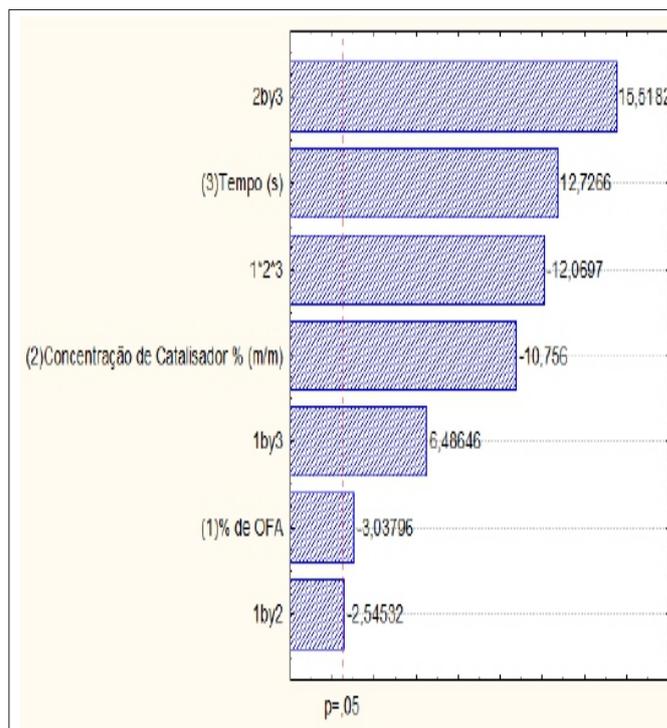
**Tabela 4**  
Variáveis, efeitos e desvio padrão dos efeitos.

Variáveis	Efeitos	Desvio Padrão
R (médio)	+32,69	0,73
x1	-2,31	1,36
x2	-8,19	1,36
x3	+9,69	1,36
x1x2	-1,94	1,36
x1x3	+4,94	1,36
x2x3	+11,81	1,36
x1x2x3	-9,19	1,36

Visto que todos os efeitos foram significativos, a tarefa de se analisar separadamente um a um torna-se um tanto complexa, pois todas as interações também apresentaram-se relevantes. Com o objetivo de descrever melhor os resultados, a figura 2 representa um gráfico de médias de cada condição experimental, foi obtida, para assim ser possível analisar os dados considerando todos os fatores e interações.

A diferença entre as figuras 5a e 5b reside no tipo de blenda (x1). Verifica-se que com a mudança

do menor para o maior nível, ou seja quando se aumentar a porcentagem de OFA, em média o rendimento da reação diminui.



**Figura 1** - Gráfico de Pareto mostrando que todos os efeitos foram significativos.

Este efeito é pouco perceptível entre as figuras 5a e 5b, visto que o valor em módulo deste efeito é o segundo menor (2,31). Porém, visto que o efeito da interação x1x3 é positivo, quando se trabalha com o fator tipo de blenda em seu maior nível, 50% de OFA, verifica-se que a mudança do menor para o maior nível do fator tempo (x3), de 30 para 60 segundos, provoca um aumento substancial no rendimento da reação. E visto que o valor do efeito da interação x1x2x3 é negativo, quando se trabalha no maior nível do fator tipo de blenda e no maior nível tempo do fator tempo, o maior rendimento acontece para o menor nível do fator catalisador (x2), de 1%.

Assim, para se obter o melhor rendimento na reação de transesterificação utilizando-se blenda constituída por 50% de OFA, deve-se estabelecer a concentração do catalisador em 1% e o tempo de reação em 60 segundos. Estas condições são referentes ao experimento 6 e 14, para os quais os rendimentos foram de 50 e 55%.

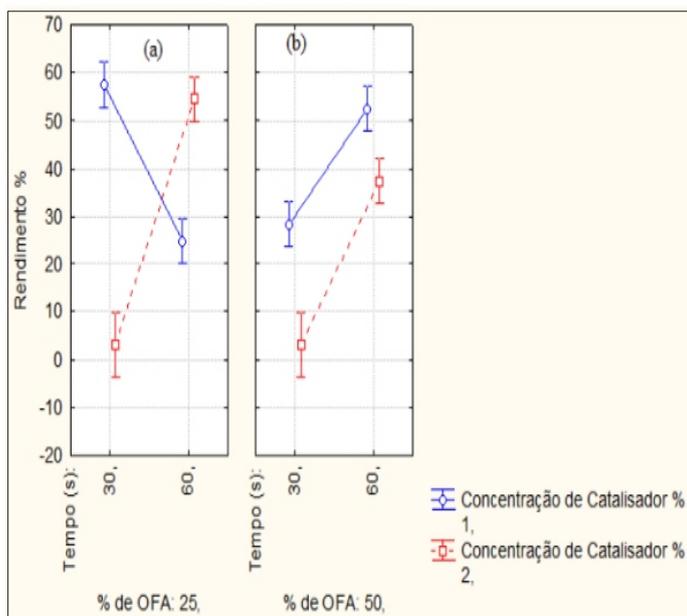


Figura 2 - Médias de cada condição experimental.

Quando se trabalha com o fator tipo de blenda em seu menor nível, 25% de OFA, verifica-se na figura 2a, que o aumento do tempo de reação, provoca um notável aumento do rendimento quando se utiliza catalisador na concentração de 2% e diminuição substancial quando o catalisador está presente na concentração de 1%. Estes resultados evidenciam todas as interações presentes. Caso estas não tivessem sido significativas, as linhas seriam paralelas e o conjunto seria similar nas figuras 2a e 2b. O melhor rendimento quando se trabalha em blenda constituída por 25% de farelo de arroz é alcançado quando se estabelece a menor concentração de catalisador 1% e menor tempo de reação. O rendimento das reações não foram satisfatório, em média de 57,5%.

Os experimentos 1 e 9 são replicatas. Os parâmetros IA e AGL apresentaram médias de 0,40 mg KOH/g e 1,06 %, respectivamente, para estas amostras de biodiesel. Estes valores estão abaixo do valor máximo estabelecido pela ANP. Portanto, a combinação que envolve a blenda com menor porcentagem de óleo de farelo de arroz, menor concentração de catalisador e menor tempo de reação, além de apresentar melhores rendimentos

também mostrou que o biodiesel produzido apresenta bons parâmetros de qualidade. No conjunto de todos arranjos experimentais, 1 e 9, mostrou-se o mais vantajoso.

PEREIRA (2015), encontrou 3% de ácidos graxos ao produzir biodiesel com blendas de óleo residual e óleo de mamão a partir de blendas com 50% de óleo residual. Neste trabalho somente dois experimentos (3 e 7) produziram teor de ácidos graxos livres maior do que o valor supracitado.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a composição mássica das blendas, nas condições estudadas realizando um pré-tratamento do óleo residual apresenta ótimas características para produzir um biodiesel dentro das especificações da ANP, e um grande potencial na agregação de valor a um produto considerado rejeito, transformado em um subproduto e usado como matéria-prima na produção do biodiesel. As blendas tem um importância relevante na diminuição da acidez e melhoria na qualidade da matéria-prima considerada imprópria quando usada sozinha.

Ao se utilizar a blenda de 50% de OFA deve-se estabelecer o tempo de reação em 60 segundos e se utilizar menor concentração de catalisador. E ao se utilizar a blenda de 25%, deve-se utilizar a menor concentração de catalisador e o menor tempo de reação para melhores rendimentos de biodiesel.

A densidade, para todos os experimentos foram compatíveis com a legislação vigente.

A umidade resultou em valores acima do permitido pela ANP. Diante dos valores encontrados para o rendimento foi possível concluir que a umidade, fora dos padrões afetam o rendimento da reação, e mais estudos em relação a lavagem e purificação do biodiesel seria recomendado.

Este trabalho envolve a aplicação de um resíduo de baixo custo e de alto impacto ambiental para a produção de um combustível menos poluente, sendo este processo duplamente vantajoso.

## REFERÊNCIAS

AL-ZUHAIR, S.; LING, F. W.; JUN, L. S. Proposed kinetic mechanism of the production of biodiesel from palm oil using lipase. **Process Biochemistry**, v. 42, p. 951-960, 2007.

ALVES, A. A.; PACHECO, B. T. G. **Síntese do biodiesel a partir de óleo residual através da esterificação homogeneia dos ácidos graxos livres e transesterificação alcalina**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Alfenas. Poços de caldas/MG, 2014.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 482, de 2012. Regulamento Técnico, nº196-E, **Brasília: Diário Oficial da União**. Disponível em : <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm)> Acesso em Junho 2015.

CASTELLANELLI, A. C. **Estudo da viabilidade de produção de biodiesel obtido através do óleo de fritura usado**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal De Santa Maria.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Ed. Da Unicamp, 2003. 207p.

CHRISTOFF, P. Produção de biodiesel a a partir do óleo residual de fritura comercial: Estudo de Caso. Guaratuba litoral paranaense/Paulo Christoff- Dissertação(Mestrado)-Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento-LACTEC,2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra brasileira: grãos, nono Levantamento**. Disponível em : <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_05\\_09\\_11\\_56\\_07\\_boletim\\_2\\_mai\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_09_11_56_07_boletim_2_mai_2013.pdf)> Acesso em: Junho 2015.

COSTA, F. G. da. Síntese de biodiesel metílico a partir de blendas de sebo bovino e óleo de soja através da irradiação por micro-ondas. **Trabalho de conclusão de Curso. Instituto Federal de Mato Grosso. Cáceres-MT. 2014.**

EINLOFT, S. et al. Biodiesel from Rice Bran Oil:

Transesterification by Tin Compounds. **Energy & Fuels**. Vol. 22, (2008), pp. 671-674.

FAUTISNO, C. V. Caracterização físico-química do óleo residual de fritura tratado com terra clarificante para utilização na produção de biodiesel. Trabalho de conclusão de curso. Curso de engenharia de alimentos. Universidade tecnológica federal do paraná. Campo mourão, 2015.

LIRA, J. P. E. **Estudo da temperatura e tempo reacional na produção de biodiesel metílico a partir do óleo de farelo de arroz**. Trabalho de conclusão de curso. Instituto federal de mato grosso. Cáceres-MT, 2015.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, 28: 19-232, 2005.

FILHO, A.A.S. **Produção de Biodiesel Pela Transesterificação Alcalina Homogênea do Óleo de Soja Com Metanol Utilizando Irradiação de Microondas**. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. GERIS, R., et al. Biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v.30 (5), 1369-1373, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**, 4. ed.-1ª edição digital. São Paulo: IMESP, 2005

JU, Y. H.; VALI, S. R. Rice bran oil as a potential resource for biodiesel: A review. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 64, p. 866-882, 2005.

KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. 2008. 130 f. Tese (Doutor em Química) - Departamento do Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

KNOTHE, G. et al. **Manual do Biodiesel**. Traduzido

do original "The Biodiesel Handbook" por Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Edgard Blücher. 2006.

MANAHAN, S. E. **Toxicological Chemistry and Biochemistry**. Disponível em: <[http://verum.pucrs.br/F/DR1JRKHE4J57VGJEX7LTSVB1INRL5MIB34IQTEFHAPU3KYJTYS-37660?func=full-set-set&set\\_number=003887&set\\_entry=000004&format=999](http://verum.pucrs.br/F/DR1JRKHE4J57VGJEX7LTSVB1INRL5MIB34IQTEFHAPU3KYJTYS-37660?func=full-set-set&set_number=003887&set_entry=000004&format=999)> Acesso em julho 2015.

MORETTO, E.; ALVES, R. F. **Óleos e gorduras vegetais processamento e análises**. Florianópolis. Ed. UFSC, 1986.

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

MOURA, B. S. **Transesterificação Alcalina de Óleos Vegetais Para Produção de Biodiesel: Avaliação Técnica e Econômica**. Dissertação apresentada ao curso de Pós graduação em

Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MOURA, B.S.; MENDES, M.F.; JÚNIOR, H.F.M. IRRADIAÇÃO DE MICRO-ONDAS NA TRANSESTERIFICAÇÃO ALCALINA HOMOGÊNEA DE ÓLEO DE PINHÃO MANSO. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais**. Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 133-142.

OLIVEIRA et al. Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *Moringa Oleífera Lam*. **Holos**, Mossoró, v. 1, p. 49-61, março 2012.

PEREIRA, Neuza Gomes. Síntese de biodiesel a partir de blendas de óleo de sementes de mamão e óleo residual. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Federal de Mato Grosso. Cáceres, 201