

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

CATÁLISE ENZIMÁTICA: UMA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

AUTORES:

Luane Nascimento Bomfim
Maria Nathália Brandão Correia
Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato

INSTITUIÇÃO:

Universidade Salvador- UNIFACS

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

CATÁLISE ENZIMÁTICA: UMA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Abstract

The high demand for biofuels has been highlighted in order to minimize the impacts caused by fossil fuels, increasing the demand for alternatives such as the production of biodiesel through enzymatic catalysis. In this context, the objective of this work is to produce biodiesel via ethanol route from soybean and corn oils through enzymatic catalysis using an enzymatic complex as biocatalyst. For this, a technological prospection was first made on the subject and then carried out 6 trials, varying the type and amount of oil, amount of enzymes and reaction time. The products were then analyzed for density, water content, monoglycerides, diglycerides and triglycerides contents, and amount of free and total glycerin. Through the results obtained, it was noticed that there was a conversion of the products, but not totally efficient, concluding that new conditions of research and development should be improved.

Introdução

Visando a segurança do meio ambiente e as preocupações relacionadas à crise do petróleo, a busca por fontes renováveis de energia tem motivado a comunidade científica a desenvolver novas tecnologias. As principais fontes de energia são oriundas do petróleo e do carvão, fontes que liberam gases poluentes durante o processo de combustão e contribuem para a geração de ácido sulfúrico na atmosfera devido ao teor de enxofre (SOUZA *et al.*, 2015). Assim, o biodiesel vem sendo uma alternativa para substituir os combustíveis fósseis, tornando mundialmente uma estratégia política energética (AGUIERAS; SOUZA; LANGONE, 2013).

A produção de biodiesel é feita de diversas formas, sendo a reação de transesterificação via catálise química a mais comum. Contudo, esse tipo de catálise gera grandes dificuldades, como a difícil purificação do produto final. Como alternativa, a catálise enzimática vem ganhando destaque por ser uma tecnologia “limpa” (AGUIERAS; SOUZA; LANGONE, 2013). Além disso, o processo de catálise enzimática possibilita alguns benefícios, como: a transesterificação de glicerídeos com alto conteúdo de ácidos graxos, a transesterificação total dos ácidos graxos livres, e o uso de condições brandas no processo. O processo enzimático permite que não haja reações de formações de subprodutos, como por exemplo, o sabão, amenizando os custos com purificação de produtos (PASTRO; SUFFREDINI, 2009).

Por outro lado, a catálise enzimática apresenta desvantagem em relação aos custos dos biocatalisadores utilizados na reação de transesterificação. Segundo o *website* Sigma Aldrich, as enzimas utilizadas como Novozym 435, Lipozyme RM IM e Lipozyme RM LM variam entre aproximadamente R\$ 750,00 a R\$ 900,00, a cada 100mg, 50ml e 10g, respectivamente. Desta forma, o uso de complexo enzimático vem sendo estudado na produção de biodiesel a fim de tornar o projeto mais rentável. Como exemplo de complexo enzimático temos o medicamento Creon 25.000, composto de três tipos de enzimas: proteases, amilases e lipases, o qual custa aproximadamente R\$ 130,00 com 30 cápsulas (PASTRO, SUFFREDINI, 2009).

O presente artigo tem como objetivo, a produção de biodiesel via rota etílica a partir dos óleos de soja e milho através da catálise enzimática, utilizando como catalisador um complexo enzimático, e a realização de uma prospecção tecnológica dos últimos cinco anos sobre a produção de biodiesel a partir de catálise enzimática.

Metodologia

Prospecção tecnológica

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de selecionar patentes e artigos científicos que utilizam enzimas na produção de biodiesel. Em ambas pesquisas, com o objetivo de restringir o tema, foram utilizadas palavras-chaves, *key-words*, como “biodiesel”, “enzymatic catalysis”, “lipases” e “enzyme”. A busca de patentes nacionais foi realizada através do banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), e para as patentes internacionais, a pesquisa foi feita no banco de dados da *European Patent Office* (EPO). Os artigos científicos foram selecionados através de uma pesquisa avançada nos *websites*: Google Acadêmico e *Science Direct*.

Devido ao custo de lipases puras, também foi realizada uma pesquisa avançada sobre artigos que utilizam o medicamento Creon 25.000 como catalisador da reação de transesterificação, visando direcionar a realização do experimento utilizando esse complexo enzimático na produção de biodiesel.

Produção de biodiesel utilizando o medicamento Creon 25.000

No processo de produção de biodiesel foi utilizado o etanol (Marca Synth, pureza de 98%) como agente transesterificante, pois, devido ao tamanho da sua cadeia, faz com que a reação ocorra em menor tempo e com maior rendimento, além de substituir o metanol, já que o mesmo apresenta maior poder de desativação da enzima. Os óleos vegetais utilizados no experimento foram o óleo de soja da marca Soya e o óleo de milho da marca Great Value. Na reação de transesterificação via rota enzimática, foi utilizado como biocatalisador o complexo enzimático, o medicamento Creon 25.000.

Os ensaios foram realizados, analisando diferentes quantidades de cápsulas do medicamento com os diferentes óleos. Inicialmente foi adicionado ao Erlenmeyer etanol com o conteúdo contido nas cápsulas do medicamento Creon 25.000. A mistura manteve-se no ultrassom por volta de meia hora a fim de que todo o conteúdo do medicamento fosse diluído (PASTRO; SUFFREDINI, 2009). Nos ensaios que foram utilizados maior quantidade de cápsulas, as microesferas contidas nessas, foram maceradas utilizando-se um cadinho, para que desta forma houvesse uma perfeita diluição do conteúdo durante os 30 minutos no ultrassom. Em seguida foi adicionado o óleo vegetal e a mistura foi colocada no agitador durante determinado tempo, conforme descrito na Tabela 1, a aproximadamente 36°C, de acordo com Pastro e Suffredini (2009). A mistura foi então transferida para um funil de decantação, onde ficou descansando durante 5 dias, a fim de separar o glicerol e o catalisador do produto. Por fim, o biodiesel passou por uma etapa de purificação através de uma lavagem com água destilada, e em seguida por uma etapa de secagem por evaporação utilizando agitador magnético, sendo os quatros primeiros ensaios durante 10 minutos a 100°C e os dois últimos durante 20 minutos a 120°C. Na Tabela 1 estão descritos o tipo e quantidade de catalisador utilizado, assim como o tipo e quantidade de óleo vegetal, quantidade de álcool e o tempo da reação em cada ensaio descrito anteriormente.

Tabela 1. Ordem e quantidade de reagentes utilizados nos ensaios

Ensaio	Óleo vegetal	Volume de etanol	Catalisador	Tempo de reação
1	200 mL de óleo de soja	80 mL	3 cápsulas	1 h e 30 min
2	200 mL de óleo de soja	80 mL	6 cápsulas	1 h e 30 min
3	200 mL de óleo de milho	80 mL	3 cápsulas	1 h e 30 min
4	200 mL de óleo de milho	80 mL	6 cápsulas	1 h e 30 min
5	100 mL de óleo de soja	40 mL	6 cápsulas	3h
6	100 mL de óleo de soja	40 mL	9 cápsulas	3h

Fonte: Própria (2017)

Caracterização do biodiesel produzido

O biodiesel obtido após a etapa de secagem foi analisado em função do teor de água, massa específica, monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos, glicerina livre e glicerina total. O teor de água foi determinado utilizando o equipamento Karl Fischer Coulométrico, baseado na norma ASTM D6304 (2016). O método de ensaio abrange a determinação de umidade, no qual o teor de água contido na amostra é consumido pela reação com iodo, gerado coulometricamente numa célula anódica. O iodo em excesso é detectado quando o teor de água se extingue. Foi succionado em uma seringa 1mL de amostra e posteriormente injetado no vaso de titulação do aparelho de Karl Fischer 756 KF Coulometer Metrohm.

Realizado o ensaio visando determinar a massa específica do biodiesel, por unidade de volume a uma temperatura 20°C, a medida se baseou na norma ASTM D445 (2017). Utilizando o Densímetro digital DMA-4500 Anton-Paar, foi injetado 5mL, com auxílio de uma seringa, com a amostra previamente homogeneizada, e posteriormente foi convertido o resultado da massa específica da amostra, de g/cm³ para Kg/m³.

Posteriormente realizado ensaio para determinação de teores de monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos, glicerina livre e glicerina total através da cromatografia gasosa, baseado na norma ASTM D6584 (2013). A cromatografia é uma técnica de separação de misturas e da identificação de seus componentes. A separação depende da diferença de distribuição dos analitos entre duas fases, uma fase móvel e a outra estacionária, sendo a primeira a fase móvel. Foi pesado 0,1g de amostra, adicionado as soluções de butanol, de tricaprila e n-heptano. Posteriormente a amostra foi injetada no cromatógrafo gasoso Perkin Elmer- Precisely Clarus 500, composto por uma pré-coluna de sílica fundida, com 2 a 5 m de comprimento e diâmetro interno de 0,53mm, e coluna capilar de sílica fundida revestida com fase estacionária com 10 a 15 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e espessura do filme de 0,1µm.

Resultados e Discussão

Prospecção Tecnológica

Na pesquisa sobre patentes depositadas no *European Patent Office* (EPO) foram encontradas no total 7 patentes. Após uma análise do resumo de cada patente, conclui-se que somente 6 estão relacionadas ao tema, observado-se que há uma quantidade limitada de tecnologias que envolvem esse processo, o que o torna uma grande potência a ser estudada, além da necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias. Observou-se que todas as patentes depositadas foram desenvolvidas na China, destacando-se a Universidade de Tsinghua, importante instituição de ensino superior na área de tecnologia. Pode-se dizer que isso deve-se ao fato da China ser um país que possui grande interesse na produção de biocombustíveis e fontes renováveis de energia. Em relação ao ano que foram publicadas, percebe-se que o assunto vem ganhando destaque a partir do ano de 2014, tempo relativamente recente, pois para que uma nova tecnologia seja desenvolvida efetivamente é necessário um maior tempo de pesquisa. Por fim, em uma pesquisa realizada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), percebeu-se que ainda não foi depositada nenhuma patente nacional até o momento.

Foi feita também uma pesquisa avançada no *Science Direct* sobre artigos científicos relacionados ao tema nos últimos 5 anos, utilizando-se termos específicos nas áreas de Bioquímica, Química e Engenharia Química como “biodiesel”, “*enzymatic catalysis*”, “*lipase*” e “*enzyme*”, os quais foram acrescentados um de cada vez afim de restringir a quantidade de artigos voltados ao tema em questão, resultando em somente 10 artigos que abordam o tema em questão. Percebe-se que mais da metade de artigos encontrados foram publicados a partir do ano de 2015, concluindo que atualmente a produção de biodiesel via catálise enzimática vem ganhando destaque em estudos.

Para a produção de biodiesel utilizando o composto enzimático Creon 25.000, foi necessária uma pesquisa avançada sobre o assunto afim de estabelecer critérios e variáveis de reação. A pesquisa resultou em somente 3 artigos que abordam o medicamento, as quais suas referências assim como o ano de publicação são apresentadas na Tabela 2. Observa-se que os últimos artigos encontrados foram publicados recentemente, podendo concluir que se trata de uma nova alternativa, e consequentemente, ainda tem muito o que ser estudado e desenvolvido sobre esse procedimento de produção de biodiesel.

Tabela 2. Artigos que adotam o medicamento *Creon 25.000* na produção de biodiesel

Referências	Ano de publicação
PASTRO e SUFFREDINI	2009
COSTA <i>et al.</i>	2015
SILVA <i>et al.</i>	2016

Fonte: Própria (2017)

Nos 3 artigos utilizou-se o etanol como agente esterificante. Segundo Pastro e Suffredini (2009) e Costa et al. (2015), utilizou-se 100 ml de óleo de soja, sendo que foram analisados o conteúdo contido em meia e em uma cápsula. Diferentemente, Silva et al (2016), obteve biodiesel a partir dos óleos vegetais de Babaçu, Macaúba e Dendê, utilizando também como biocatalisador o medicamento Creon 25.000. De acordo com Silva et al (2016), para 20 ml de óleo vegetal foi analisado o conteúdo de duas cápsulas maceradas. Em todos os artigos é comentado que houve uma conversão eficiente, porém não são demonstradas as análises para tal conclusão. Assim, na etapa de produção de biodiesel utilizando o medicamento Creon 25.000 foram analisadas as amostras em relação a quantidade de cápsulas utilizadas, diferentes óleos vegetais e diferente tempo de reação.

Produção de biodiesel utilizando o medicamento Creon 25.000

Em todos os ensaios, após o processo de decantação houve a formação de duas fases, onde na parte inferior do funil ficou o biodiesel e na camada superior permaneceu o glicerol e o catalisador utilizado na reação. Parte das microesferas que não reagiram se depositou no fundo do funil de decantação, dificultando a passagem do óleo. Essa dificuldade de separação nos ensaios pode ser atribuída pelo fato da cápsula conter uma película ácida protetora, o que dificulta a liberação total das enzimas presentes nas cápsulas do medicamento.

Segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo) todo biodiesel para comercialização deve ser previamente analisado a fim de garantir a qualidade da amostra, e os resultados deverão atender aos limites estabelecidos da especificação descrita no Regulamento Técnico nº 03 (ANP, 2014). Os resultados referentes às análises realizadas quanto ao teor de água e massa específica estão descritos na Tabela 3, como também os limites especificados pelo ANP.

Tabela 3. Resultados analíticos de teor de água e massa específica

	Propriedades analisadas	
	Teor de água (máx. 200 mg/kg)	Massa específica à 20°C (850 a 900 kg/m³)
Ensaio 1	1682 mg/kg	915,6 kg/m³
Ensaio 2	1886 mg/kg	914,5 kg/m³
Ensaio 3	938 mg/kg	917,2 kg/m³
Ensaio 4	1155 mg/kg	912,9 kg/m³
Ensaio 5	240 mg/kg	906,2 kg/m³
Ensaio 6	141 mg/kg	906,8 kg/m³

Fonte: Própria (2017)

A presença de água no biodiesel favorece a proliferação de microrganismo e a deposição de sedimentos, causando corrosão em tanques de estocagem. Através da análise realizada, percebeu-se que os quatro primeiros ensaios apresentaram um alto teor de água quando comparado com os valores limites estabelecidos pela ANP. Este alto teor pode ser justificado pelo acréscimo de água na etapa de lavagem, a fim de retirar possíveis resquícios de catalisador e de glicerol. Outro fator pode ser dado pela etapa de secagem a 100°C de 10 minutos não ser suficiente para garantir o baixo teor de água, visto que, segundo Ramiro (2013), pelo fato do biodiesel possuir afinidade pela água, torna-o um produto higroscópico, ou seja, pode absorver umidade pelo simples contato com o ar. Assim, o método utilizado deve ser ajustado a fim de diminuir o teor de água para valores compatíveis com os estabelecidos. Nos ensaios 5 e 6, observa-se que o teor de água reduziu consideravelmente, o qual pode ser justificado devido o processo de evaporação ter sido mais eficiente, visto que o tempo de aquecimento e a temperatura foram maiores. Para garantir uma melhor remoção de água, poderia ser utilizada uma técnica com o uso do equipamento rotaevaporador ou evaporador rotativo, responsável pela remoção de solventes voláteis por meio dos processos de evaporação e condensação.

As análises de massa específica apresentaram resultados um pouco acima do valor do padrão. Porém, de acordo com Silveira et al. (2014), a densidade do óleo de soja é 972,09 kg/m³ e de milho é 951,16 kg/m³, como a densidade dos ensaios realizados apresentaram-se inferior ao óleo vegetal, pode-se afirmar que ocorreu a esterificação, ainda que parcialmente. Provável fator que levou a conversão parcial é pelo conteúdo contido na cápsula ser uma mistura de enzimas: lipases, proteases e amilases. Logo, não há somente a presença de lipases, consequentemente a concentração lipásica é muito baixa, ocasionando uma baixa eficiência.

Tabela 4. Resultados da análise cromatográfica

	Propriedades analisadas				
	Glicerol livre (máx. 0,02% massa)	Glicerol total (máx. 0,25% massa)	Monoglicerol (máx. 0,70% massa)	Diglicerol (máx. 0,20% massa)	Triglicerol (máx. 0,20% massa)
Ensaio 1	ND	0,104%	ND	0,689%	ND
Ensaio 2	ND	0,286%	0,022%	1,881%	ND
Ensaio 3	ND	0,107%	ND	0,721%	ND
Ensaio 4	0,002%	0,283%	ND	1,886%	ND
Ensaio 5	0,002%	0,059%	0,045%	0,305%	ND
Ensaio 6	0,001%	0,040%	0,021%	0,222%	ND

Fonte: Própria (2017)

O glicerol livre, produto oriundo da reação de transesterificação, quando apresentado em baixas quantidades, é justificado como consequência de um processo não muito efetivo durante a etapa de separação das fases (decantação). Devido à baixa solubilidade em ésteres etílicos, o glicerol predispõe a decantar ao fundo nos tanques de armazenamento, podendo causar impurezas indesejáveis no produto final.

A análise de cromatografia é utilizada para determinação do rendimento da reação de transesterificação, visto que o glicerol total é proveniente dos monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos que não reagiram completamente, mais a quantidade de glicerina livre. Observa-se que os resultados com relação ao monoglicerol e ao triglicerol estão de acordo com a especificação do biodiesel padrão. Contudo, nota-se que os ensaios 1 ao 4 não apresentaram bons resultados para as análises de diglicerol, justificando-se pela conversão incompleta dos ácidos graxos em ésteres, corroborando com os baixos teores de monoglicerol obtidos. O alto percentual de diglicerol, pode estar relacionado ao tempo de reação (1h30min), o qual pode não ter favorecido a formação de ésteres.

Ao aumentar o tempo da reação e a quantidade de cápsulas (ensaio 6), nota-se que o resultado de diglicerol está mais próximo da especificação da ANP, ressaltando a importância do tempo da reação para o favorecimento do produto desejável, além da importância da elevação da concentração lipásica ao aumentar a quantidade de cápsulas do medicamento.

A composição de ácidos graxos é decisiva pois suas cadeias representam 95% da composição de glicerol, sendo que quanto maior a quantidade de ácidos graxos combinados mono insaturados, melhores são os combustíveis. Considera-se também a quantidade de ácidos graxos poli insaturados, responsável pelo biodiesel apresentar baixa qualidade e maior chance de oxidação, pois são mais suscetíveis ao ataque de oxigênio (RAMIRO, 2013). Assim, sabendo que o óleo de milho possui maior quantidade de ácidos graxos poli insaturados (62%) e o óleo de soja contém maior quantidade de ácidos graxos combinados monoinsaturados (39%), podemos justificar os melhores resultados obtidos com o uso do óleo de soja (FiB, 2014).

Conclusões

Com relação as patentes, concluiu-se que a China, por possuir grande interesse na produção de biocombustível, vem ganhando destaque quando se trata de produção de biodiesel via catálise enzimática. Concluiu-se também, através da pesquisa avançada em artigos científicos nos últimos 5 anos, que este tema vem sendo estudado, principalmente a partir do ano 2015, tempo relativamente recente. Voltando-se para o medicamento utilizado no ensaio realizado em laboratório, Creon 25.000, foram encontrados 3 artigos, onde todos apresentaram satisfatórios rendimentos, contribuindo para estudos na área de produção de biodiesel via catálise enzimática, principalmente pelo fato de ser um complexo enzimático de baixo custo.

Baseado nos ensaios, concluiu-se que a produção alternativa do biodiesel, via catálise enzimática, foi mais eficiente utilizando o óleo de soja. Os ácidos graxos presentes em maior concentração no óleo de soja, quando comparado ao óleo de milho, evidencia a conversão mais eficiente durante a reação de transesterificação. Os resultados analíticos evidenciam que houve a conversão dos produtos, contudo, não foi totalmente eficiente, em virtude ao tempo de reação e a influência da concentração da enzima, na qual consiste em um complexo enzimático. Assim novas fontes de pesquisas e desenvolvimento devem ser aprimoradas e investigadas, ressaltando a importância de alternativas para produção de biodiesel por catálise enzimática. Desta forma, posteriormente, pretendesse realizar um planejamento experimental a fim de otimizar o processo de produção de biodiesel via catálise enzimática.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao professor Ronaldo Costa pela contribuição, ao colaborador Daniel Almeida pelo auxílio, à Inaraí Bomfim e Ruth Oliveira pela colaboração no desenvolvimento das análises

Referências Bibliográficas

AGUIEIRAS, E.; SOUZA, S.; LANGONE, M. Estudo do comportamento da lipase comercial *Lipozyme RM IM* em reações de esterificação para obtenção de biodiesel. **Revista Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 5, p. 646-650, 2013.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Resolução nº 45. Rio de Janeiro: ANP, 2014.

ASTM D6304, Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

ASTM D445, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

ASTM D6584, Standard Test Method for Determination of Total Monoglycerides, Total Diglycerides, Total Triglycerides, and Free and Total Glycerin in B-100 Biodiesel Methyl Esters by Gas Chromatography, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.

COSTA, F. M.; ARAÚJO, K. C.; BITU, S. G.; DANTAS, M. B.; DANTAS, H. J. Produção de biodiesel de óleo de soja através da reação de transesterificação via catálise enzimática. 2015. 12 f. Tese de Pós-Graduação – Curso de Química – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba. Sousa, 2015.

FiB, Dossiê Óleos: Os óleos vegetais. **Revista Food Ingredients Brasil**, São Paulo, v. 16, n. 31, p. 38-55, 2014.

PASTRO, G., SUFFREDINI, H. B. Catálise Enzimática como Ferramenta para a Produção de Biodiesel. In: II Simpósio de Iniciação Científica, 2009, Universidade federal do ABC. Santo André, SP: Anais, 2009. p. 1-3.

RAMIRO, C. A. F. Produção e Caracterização do Biodiesel: Estudo e Comportamento de Antioxidantes. 2013, 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Biocombustíveis – Universidade Federal do Paraná. Palotina, 2013.

SILVA, G. N.; SILVA, M. N. P.; HURTADO C. R.; HURTADO, G. R. Obtenção de biodiesel a partir dos óleos de macaúba, babaçu e dendê, utilizando diferentes catalisadores químicos e biológicos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSP, 7., 2016, Matão: 2016.

SILVEIRA, C.; KOEPPE, A. R. S.; SEGUENKA, B.; SALLA, A. C. V.; NICOLETTI, G.; MARTINS, W. F.; MELO, F. N.; BERTOLIN, T. E. Produção via enzimática de biodiesel a partir de óleo de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis: 2014.

SOUSA, G. S., BORGES, G. A.; CARVALHO, S. D.; SILVA, E. F. S. Catálise Enzimática: uma estratégia promissora na produção de biodiesel. **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**, v. 1, n. 1, p. 159-169, 2015.