

**Glicerina: Utilidades e destinações**

Kenia Gabriela dos Santos<sup>1</sup>, Eduardo De Rossi<sup>2</sup>, Cristie Luis Kugelmeier<sup>1</sup>, Paulo André Cremonez<sup>2</sup>, Caroline Monique Tietz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná – UFPR.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura.

keniagabriela.santos@gmail.com

**Resumo:** Com a necessidade de variar a oferta de combustíveis líquidos, as preocupações relativas ao aquecimento global, e o aumento da demanda de energia, o biodiesel tende a ser produzido em maior quantidade. Além de que, a possibilidade de fazer um *blended* com o diesel eleva sua facilidade de difusão no mercado de combustíveis líquidos. O Brasil é um dos maiores produtores do mundo de biodiesel possuindo leis que obrigam a utilização de biocombustíveis em mistura com combustíveis de origem fóssil, o que de certa forma tende a diminuir as emissões de carbono por veículos no Brasil e incentivam a produção dos biocombustíveis garantindo sua venda. O resíduo da produção de biodiesel pode ser destinado a produção de biogás. O objetivo deste trabalho é descrever de forma sucinta algumas das utilidades e destinações da glicerina advinda da produção de biodiesel, relatando o aumento da oferta de glicerina no mercado. A valorização do glicerol é um grande desafio, e o desenvolvimento de rotas que geram formas satisfatórias de utilizar este resíduo tende a elevar a viabilidade da produção de biodiesel. A utilização da glicerina tanto para síntese de compostos químicos quanto para a produção de biogás, contribuem para a produção de biodiesel, tornando-a mais sustentável, uma vez que, o coproduto obtido por meio da reação de transesterificação ou demais rotas, possa ser reutilizada sem provocar danos ambientais.

**Palavras-chave:** Glicerol, coproduto, biodiesel, biodigestão.

**Abstract:** With the need to vary the supply of liquid fuels, concerns about global warming and rising energy demand, biodiesel tends to be produced in greater quantities. In addition to that, the possibility of making a blended with diesel increases its ease of diffusion in the market for liquid fuels. Brazil is one of the world's largest producers of biodiesel having laws requiring the use of biofuels blended with fossil fuels, which somehow tends to decrease carbon emissions by vehicles in Brazil and encourage the production of biofuels ensuring its sale. The residue from the production of biodiesel may be used to produce biogas. The objective of this paper is to describe briefly some of the utilities and allocations of glycerin derived from the production of biodiesel, reporting increased supply of glycerin in the market. The recovery of glycerol is a major challenge, and the development of routes that generate satisfactory ways to use this residue tends to increase the viability of biodiesel production. The use of either glycerin for synthesis of chemicals and for production of biogas, contribute to the production of biodiesel, making it more sustainable, since the byproduct obtained by transesterification reaction or other routes, can be reused without causing environmental damage.

**Keywords:** Glycerol, biodiesel, coproduct, biodigestion.

## Introdução

O crescente aumento da demanda por combustíveis líquidos, preocupações com o aquecimento global, necessidade energética, bem como o desenvolvimento agrícola e social vem estimulando o setor acadêmico e industrial para a produção de novos biocombustíveis (Anitescu et al., 2008; Tan et al., 2010; Protásio et al., 2013).

Entre os combustíveis alternativos obtidos a partir da biomassa, o biodiesel é um dos biocombustíveis que vem sendo muito pesquisado e reconhecido, já fazendo parte da produção comercial brasileira em grande escala, possuindo elevado investimento no setor, devido à diversidade de matérias-primas, como os óleos e gorduras, vegetais ou animais (Hill et al., 2006; Meher et al., 2006; Suarez, 2009).

O Brasil é considerado um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, porém a sua participação no mercado de exportação é dependente de auxílios governamentais. Os custos de produção seguem altos e para que o mercado interno continue crescendo é necessária aplicação de investimentos e ainda mais subsídios (BiodieselBR, 2012). Após a obrigatoriedade da mistura de biodiesel ao Diesel, a glicerina gerada na produção deste, no ano de 2011, é 76% maior que 2010. A glicerina bruta tem poucos compradores (Amon et al., 2006).

O baixo valor comercial desta glicerina é associado a presença de impurezas ao término da reação de produção de biodiesel, como água, álcool, catalisador, sabões, ácidos graxos e resquícios de mistura ésteres. Há a necessidade de aplicar um tratamento neste coproduto, para que este possa obter um alto valor agregado comercial (Marçon, 2010).

Geralmente, a glicerina destaca-se no ramo comercial de combustíveis, fármacos, cosméticos, tabacos, defensivos agrícolas, entre outros produtos. Porém o excesso deste material acaba desvalorizando este coproduto e conseqüentemente é descartado de forma incorreta no meio ambiente (Boni, 2008).

Com isto, este coproduto gerado necessita de alternativas para evitar seu destino inadequado. Desta forma, diferentes rotas têm sido estudadas para que este resíduo tenha uma aplicação útil. As alternativas para aplicação da glicerina são produção de biogás e a aplicação na petroquímica como a geração de ésteres, acroleína e ácido acrílico, ácido alílico e gás de síntese do glicerol (McNeil et al., 2012).

O objetivo deste trabalho é descrever de forma sucinta algumas das utilidades e destinações da glicerina advinda da produção de biodiesel, relatando o aumento da oferta de glicerina no mercado.

### **Biodiesel**

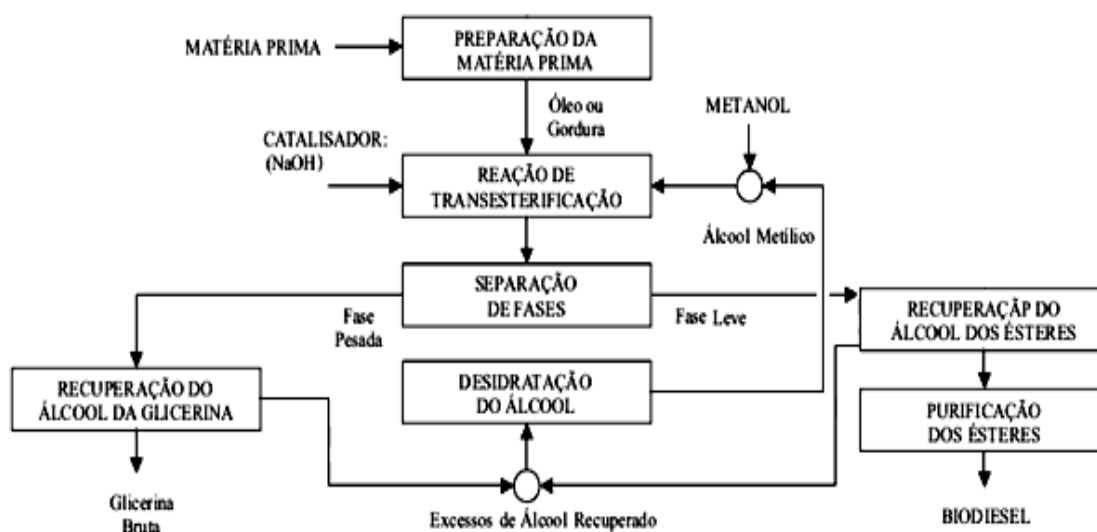
Os avanços sociais e tecnológicos, acompanhados pelo aumento da população mundial, tem requisitado elevada quantidade de energia e conseqüentemente aumentando a poluição (Fukuda, et al., 2001; Osorio, 2010; Rodrigues, 2010). Sendo assim, a busca por fontes alternativas de energia, limpas e renováveis, vem aumentando. Neste contexto, o biodiesel é usado em adição ou substituição ao diesel nos setores de transportes e geração de energia em todo o mundo, a fim de minimizar os impactos ambientais (Knothe et al., 2006; Anitescu et al., 2008; Ramos et al., 2011).

No Brasil a Lei 11.097 de 2005, criou grande demanda por biodiesel, determinou a utilização de um percentual mínimo obrigatório de 2% em volume no diesel comercializado no país, passando este percentual a 5% a partir de 2013. Por sua vez, a Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética, determinou que esta porcentagem entrasse em vigor a partir de 1º de janeiro de 2010, antecipando em três anos o prazo previsto inicialmente (ANP, 2010).

Com a obrigação de adicionar 5% de biodiesel alcançou o valor de 2,4 bilhões de litros/ano. Para 2013 a perspectiva é que seja lançado no mercado nacional a cada ano algo em torno de 190 mil toneladas de glicerina.

A principal rota é a metílica com utilização de catalisadores básicos (usuais NaOH e KOH). A catálise básica permite a utilização de temperaturas e pressões menores, diminuindo os custos energéticos e de instalação dos reatores, sendo também muito mais baratas e disponíveis (Zagonal e Ramos, 2001; Schultz, 2007; Rodrigues, 20010).

A rota de produção do biodiesel e tendo como subproduto a glicerina bruta segue as etapas descritas na Figura 1.



**Figura 1.** Adaptada de Parente (2003)

Segundo Parente (2003), após a transesterificação, obtêm-se uma massa reacional final composta por duas fases, que são separáveis por decantação e/ou centrifugação. A fase mais pesada é composta de glicerina bruta, contendo excessos de álcool, também presença de água, e de impurezas inerentes à matéria prima. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres metílicos, também presente os excessos reacionais de álcool e de impurezas.

Após a separação, obtêm-se a glicerina bruta, a partir da fase pesada que é submetida a um processo de evaporação, eliminando seus constituintes voláteis (Parente, 2003).

### ***Glicerina ou glicerol***

O glicerol (1,2,3-propanotriol) é um composto orgânico de função álcool com três hidroxilas, fórmula molecular  $C_3H_8O_3$ . Possui gosto adocicado, é líquido, não tem cheiro, é muito viscoso, possui uma densidade mais elevada que a água e é caracterizado com uma elevada viscosidade (Beatriz et al., 2010; Umpierre e Machado, 2012). E o termo glicerina refere-se aos produtos comerciais purificados, com a presença de 95% de glicerol (Knothe et al., 2006; Pachauri e He, 2006).

Grande parte da glicerina produzida atualmente é direcionada a produção de condimentos alimentares e produtos farmacêuticos (BiodieselBr, 2007). Contudo, após a obrigatoriedade da mistura de 5% de biodiesel ao Diesel, imposta pela Lei 11.097, a produção de biodiesel no Brasil aumentou em grande escala, e trouxe com ela a elevação na geração de resíduos em mesma escala. Há ainda uma prospecção de aumento para 20%, de biodiesel ao diesel, até 2020. Neste cenário, o biodiesel tem se destacado e na atualidade é obtido principalmente a partir de óleos vegetais e álcool metílico, sendo na maioria dos processos reacionais utilizado como catalisador o NaOH devido seu baixo custo (Parente, 2003).

Segundo a ANP, o Paraná produziu 115 mil.m<sup>3</sup> de biodiesel no ano de 2011. E a glicerina gerada na produção deste (B100), no ano de 2011, foi de 10.500 m<sup>3</sup>, um aumento na ordem de 76% em relação a 2010. Indicadores do aquecimento do mercado de biodiesel e abundância de glicerina neste. O mercado da glicerina é imprevisível e complexo. A glicerina bruta ainda possui poucos compradores (Bonnardeaux, 2006).

Holtkamp et al. (2007), relatam que o glicerol, advindo da produção de biodiesel, possui cerca de 85% de glicerol, 10% de água e 5% de sais, com energia bruta em torno de 3.700 kcal/kg. Para cada 100 litros de biodiesel produzidos são gerados aproximadamente 10

litros de glicerina bruta (Knothe et al., 2006; BiodieselBr, 2013). Dentre as Impurezas contidas na glicerina bruta, oriunda da produção de biodiesel, encontram-se metano, catalisadores, sais de potássio e sódio, metais pesados, sabão, água, lignina, ácidos graxos e outras impurezas orgânica (Viana, 2011; Pagliaro e Rossi, 2008)

Os preços desta glicerina originada da produção de biodiesel vêm diminuindo devido à elevada oferta no mercado, tornando o processo de refino inviável economicamente, principalmente quando as unidades de refino encontram-se distantes do consumidor final (Zhou et al., 2008; Wohlgemut, 2009).

Outro problema associado ao excesso de glicerina gerado é que muitas vezes esta é descartada de maneira incorreta no meio ambiente ou é destinada a incineração (Ma e Hanna, 1999; Xavier et al., 2007). Segundo Hui et al. (2008), a purificação da glicerina é uma chave muito importante para o desenvolvimento da economia e tecnologia de interesse na produção industrial de biodiesel.

#### ***Destinação alternativa para a glicerina***

Assim, uma das alternativas para o aproveitamento desse resíduo é a produção de biogás, com vistas à geração de energia (térmica ou elétrica). E a aplicação na petroquímica obtendo-se um elevado mercado com a síntese de ésteres, acroleína e ácido acrílico, ácido alílico e gás de síntese do glicerol (Miyazawa et al., 2007; Tsukuda et al., 2008; Marçon, 2010).

#### ***Biodigestão anaeróbia***

A biodigestão anaeróbia ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde o consórcio de microrganismos promove a transformação de composto orgânico complexos, em simples. Graças ao seu alto teor de carbono facilmente degradável, a glicerina possui propriedades favoráveis à digestão anaeróbica em biodigestores, quando associada a resíduos orgânicos com alto teor de nitrogênio, considerando que a glicerina por si só apresenta digestão problemática devido a sua alta concentração de matérias graxas (Amon et al., 2006).

Segundo Fountoulakis et al. (2010), a glicerina é facilmente digerível, possui elevada carga orgânica e pode ser armazenada por longos períodos, tendo deste modo vantagens para utilização como um cosubstrato para suplementação de digestão anaeróbia.

Apesar disto a glicerina bruta muitas vezes possui pH elevado, devido sua fonte de obtenção, e em grandes quantidades nos biodigestores reduz a capacidade tampão. Um equilíbrio C/N é necessário para um processo de degradação estável, nos casos em que há

muito carbono, além do necessário, ele não é degradado. E quando há excesso de nitrogênio há um aumento na concentração de amônia o que é tóxico para as bactérias (Wohlgemuth, 2009). O glicerol possui DQO próxima de  $1500 \text{ g.L}^{-1}$  o que é considerado elevado porém possui pouca quantidade dos nutrientes necessários. Sendo média em  $\text{mg.L}^{-1}$ , 7,54 de potássio, 4,03 de magnésio, 6,95 de cálcio e 10.000 de sódio.

Wohlgemuth (2009), utilizou diferentes quantidades de glicerina, de 0 a 4%, mantendo o tempo de detenção hidráulica em 17,5 dias, o maior rendimento ficou com a adição em pequenas quantidades de glicerina, de 0,5 e 1%. Também recomendando como bom cosubstrato para ser utilizados na biodigestão anaeróbia, já agora, com dejetos de suínos especificamente.

Alguns problemas podem ocorrer durante a digestão anaeróbia de glicerol residual, como o acúmulo de metabólitos devido a elevada DQO deste subproduto e inibição do consórcio anaeróbio pela presença de impurezas contidas no glicerol residual serem consideradas recalcitrantes a microrganismos, como os ácidos graxos de cadeia longa e os cloretos (Viana, 2011).

### ***Ésteres do glicerol***

Obtido pela esterificação de oligômeros do glicerol com ácidos carboxílicos. Quando ocorre a formação de ésteres por meio desta substância formam-se aditivos para combustíveis diesel e biodiesel (Umpierre e Machado, 2013).

### ***Ácido acrílico***

A destilação da glicerina ocorre sob condições ácidas e com temperaturas elevadas. Neste processo, ocorre a formação da acroleína, considerada um intermédio para a síntese de ácido acrílico. A acroleína pode ser utilizada na produção de polímeros utilizadas em tintas, adesivos, fraldas descartáveis entre outros (Kampe et al., 2007). Também, por meio da reação de oxidação desta, é possível obter o ácido acrílico. Este é um processo pouco difundido, uma vez que, além do alto custo, há também uma dificuldade com relação ao desenvolvimento de catalisadores que proporcione a conversão direta da glicerina em ácido acrílico (Silva et al., 2010).

### ***Gás de síntese***

A formação de gás de síntese ocorre por meio de altas temperaturas ( $350 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e é muito utilizado industrialmente, principalmente para a produção de metanol. Este álcool é o

mais utilizado na reação de transesterificação de biodiesel (Costa Neto et al., 2000; Rahimpour e Lotfinejad, 2008).

Através de compostos que contém carbono, como gás natural, carvão, petróleo, glicerina e derivados é possível a obtenção do gás de síntese (Gerosa, 2006). Valliyappan (2004) por meio da gaseificação realizou estudos obtendo-se gás de síntese e gás hidrogênio. A gaseificação é a transformação térmica da glicerina em gases. Na maioria das vezes esta reação objetiva a obtenção elevada de CO e H<sub>2</sub> (Baumlin et al., 2006).

### *Álcool alílico*

A glicerina pode ser tratada com ácido fórmico, que a converterá em álcool alílico. Este é um álcool muito utilizado na produção de herbicidas, fármacos entre outros produtos químicos (Ribeiro, 2009).

Lima (2012), avaliou a produção de álcool alílico utilizando-se a glicerina derivada da produção de biodiesel de mamona, o rendimento deste álcool correspondeu a 80%, além disso é considerado um produto com elevado valor comercial.

### **Conclusões**

A valorização do glicerol é um grande desafio, e o desenvolvimento de rotas que geram formas satisfatórias de utilizar este resíduo tende a maximizar a viabilidade da produção de biodiesel. A utilização da glicerina tanto para síntese de compostos químicos quanto para a produção de biogás, contribuem para a produção de biodiesel, tornando-a mais sustentável, uma vez que, o coproduto obtido por meio da reação de transesterificação ou demais rotas, possa ser reutilizada sem provocar danos ambientais.

### **Referências**

AMON, T.; AMON, B.; KRYVORUCHKO, V.; BODIROZA, V.; PÖTSCH, E.; ZOLLITSCH, W. Optimising methane yield from anaerobic digestion of manure: Effects of dairy system and glycerine supplementation. **International Congress Series**, v. 1293, p. 217-220, jul. 2006.

ANITESCU, G.; DESHPANDE, A.; TAVLARIDES, L.L. Integrated technology for supercritical biodiesel production and power cogeneration. **Energy & Fuels**, v. 22, p. 1391-1399, 2008.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 02 out. 2012.

BAUMLIN, S.; BROUST, F.; BAZER-BACHI, F.; BOURDEAUX, T.; HERBINET, O.; NDIAYE, F. T.; FERRER, M.; LÉDÉ, J. Production of hydrogen by lignins fast pyrolysis, **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 31, p. 2179–2192, 2006.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y.J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estéreas seletivas; **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 306-319; 2010.

BiodieselBR. Crescimento do biodiesel esbarra nos custos de produção. 2012. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/r/video-crescimento-biodiesel-custos-producao-081012.htm>> Acesso em: 17 jul. 2013.

BiodieselBr. Embrapa Agroenergia estuda transformação de glicerina em químicos. Disponível em: < <http://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/embrapa-agroenergia-transformacao-glicerina-quimicos-200513.htm> > Acesso em: 07 ago. 2013.

BiodieselBr. Alternativas para ampliar os usos e mercado da glicerina (2007). Disponível em:<<http://www.uff.br/sbqrio/novidades/Novidades2009/Biodiesel%20Glicerina%20Glicerol.html> > Acesso em: 07 ago. 2013.

BONI, L.A.B. Tratamento da glicerina bruta e subprodutos obtidos da reação de transesterificação de sebo bovino utilizada para a produção de biodiesel. 2008. 115 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Ambiente e Materias - Universidade Luterana do Brasil, 2008.

BONNARDEAUX, Y.; BRUNDRETT, M.C.; BATTY, A.L.; DIXON, K.W.; SIVASITHAMPARAM, K. 2006. **Mycorrhizal endophytes associated with *Disa Bracteata* (Orchidaceae)**. *New Phytologist*.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F.; RAMOS, L.P. The utilization of used frying oil for the production of biodiesel. **Química Nova**, v. 23, p. 531-537, 2000.

FOUNTOULAKIS, M.S.; PETOUSI, I.; MANIOS, T. Co-digestion of sewage sludge with glycerol to boost biogas production. **Waste Management**, v. 20, n.10, 1849-1853. 2010.

FUKUDA, H.; KONDO, A.; NODA, H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 92, n. 5, p. 405-416, 2001.

GEROSA, T.M.O estudo da utilização do gás natural como insumo para a indústria química e petroquímica : modelagem de uma planta gás-química. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, 2006.

HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America**, v. 103, n. 30, p. 11206-11210, 2006.

HOLTKAMP, D.; ROTTO, H.; GARCIA, R.; **Economic cost of major health challenges in large us swine production systems - Part 2**. Swine News, North Carolina State University, v. 30, n. 4, 2007.

HUI, C.C.Z.; BELTRAMINI, J.N.; FAN, Y.X.; LU, M.G.Q. Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals. **Chemical**



**Society Reviews**, n. 37, p. 527-549. 2008.

KAMPE, P.; GIEBELER, L.; SAMUELIS, D.; KUNERT, J.; DROCHNER, A.; HAAB, F.; ADAMS, A. H.; OTT, J.; ENDRES, S.; SCHIMANKE, G.; BUHRMESTER, T.; MARTIN, M.; FUESS, H.; VOGEL, H. Heterogeneously catalysed partial oxidation of acrolein to acrylic acid—structure, function and dynamics of the V–Mo–W mixed oxides. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 9, n. 27, p. 3577, 2007.

KNOTHE, G.; VAN, J. G.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. Manual de biodiesel. Matérias-primas alternativas e tecnologias para a produção de biodiesel. 1 ed. São Paulo: Editora Egdgard Blücher LTDA, p. 46-61, 2006.

LIMA, L. F. Obtenção de álcool alílico (prop-2-em-1-ol) a partir da glicerina derivada do biodiesel de óleo de mamona. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2012.

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

MARÇON, R. O. Pré-tratamento da glicerina bruta gerada na produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais e gordura animal. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agroenergia - Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, 2010.

McNEIL, J.; DAY, P.; SIROVSKI, F. Glycerine from biodiesel: the perfect diesel fuel. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 90, n. 3, p. 180-188, 2012.

MEHER, L.C.; SAGAR, D.V.; NAIK, S.N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, n. 3, p. 248-268, 2006.

MIYAZAWA, T.; KOSO, S.; KUNIMORI, K.; TOMISHIGE, K. Glycerol hydrogenolysis to 1,2-propanediol catalyzed by a heat-resistant ion-exchange resin combined with Ru/C. **Applied Catalysis A: General**, v. 329, p. 30-35, 2007.

OSORIO, I.V. Transesterificação em alcoóis supercríticos como alternativa para a produção de biodiesel. Monografia do Curso Energia Renováveis e Eficiência Energética, Universidade de La República, 2010.

PACHAURI, N.; HE, B. Value-added utilization of crude glycerol from biodiesel production: a survey of current research. **American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual Meeting**, Portland, OR, 2006.

PAGLIARO, M.; ROSSI, M.; The future of glycerol - new usages for a versatile raw material, RSC Publishing: Cambridge, 2008.

PARENTE, E.J.S.; Biodiesel uma aventura tecnológica num país engraçado, Fortaleza; 2003. 66 p. disponível em: <[www.tecbio.com.br](http://www.tecbio.com.br)>. Acesso: 02 jun. 2013.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D. et al. Brazilian lignocellulosic wastes for bioenergy production: characterization and comparison with fossil fuels. **BioResources**, v. 8, n. 1, p. 1166-1185, 2013.

RAHIMPOUR, M. R.; LOTFINEJAD, M. A comparison of auto-thermal and conventional methanol synthesis reactor in the presence of catalyst deactivation. **Chemical Engineering and Processing**, v. 47, p. 2121–2130, 2008.

RAMOS, L. P.; SILVA, F.R.; MANGRICH.; CORDEIRO, C.S. Tecnologias de produção de biodiesel tecnologias de produção de biodiesel. **Revista virtual de química**, v. 3, n. 5, p. 385–405, 2011.

RIBEIRO, M.N. Uma nova solução para a superprodução de glicerina (2009). Disponível em: <<http://www.uff.br/sbqrio/novidades/Novidades2009/Biodiesel%20Glicerina%20Glicerol.html>> Acesso em: 07 ago. 2013.

RODRIGUES, R.C. **Síntese de biodiesel através de transesterificação enzimática de óleos vegetais catalisada por lipase imobilizada por ligação covalente multipontual**. Tese de doutorado. Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 2010.

SCHULTZ, G. **Boas práticas ambientais na suinocultura**. Porto Alegre, RS: SEBRAE/RS, 2007.

SILVA, P.H.R.; GONÇALVES, V.L.C.; MOTA, C.J.A. Glycerol acetals as anti-freezing additives for biodiesel. *Bioresource Technology*, v. 101, n. 15, p. 6225-6229, 2010.

SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, A.L.F.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M.B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v.32, p. 768-775, 2009.

TAN, K.T.; GUI, M.M.; LEE, K.T.; MOGAMED, A.R. Supercritical alcohol technology in biodiesel production: a comparative study between methanol and ethanol. **Energy Sources, Part A: Recovery, utilization, and Environmental Effects**, n. 2, v. 33, p. 156-163, 2010.

TSUKUDA, E.; SATO, S.; TAKAHASHI, R.; SODESAWA, T. Glycerol hydrogenolysis to 1,2-propanediol catalyzed by a heat-resistant ion-exchange resin combined with Ru/C. **Catalysis Communications**, v. 8, n. 9, p. 1349-1353, 2008.

UMPIERRE, A.P.; MACHADO, F. Gliceroquímica e valorização do glicerol. **Revista Virtual Química**, v. 5, n. 1, p. 106-116, 2013.

VALLIYAPPAN T. Hydrogen or syn gas production from glycerol using pyrolysis and steam gasification processes. Dissertação de Mestrado. University of Saskatchewan, 2004.

VIANA, M.B.; **Produção de biogás a Partir de Glicerol Oriundo de Biodiesel**. Dissertação mestrado. São Carlos, SP. 2011.

XAVIER, D.; VALANÇA, M.B.; PASCOAL, E.; MEDEIROS, N.; LUCENA, S. Nova aplicação da glicerina a partir do biodiesel: processo de gaseificação. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Pernambuco, 2007.

WOHLGEMUT, O. Co-digestion of hog manure with glicerol to boost biogás and methane production. Dissertação de Mestrado. Faculty of Graduate Studies, University of Manitoba, Winnipeg, 2009.

ZAGONEL, G.F.; RAMOS, L.P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleos vegetais. **Revista de Química Industrial**, v. 717, p. 17-26, 2001.

ZHOU, C.H.; BELTRAMINI, J.N.; FAN, Y.X.; LU, G.Q. Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source tovaluable commodity chemicals, **Chemical Society Reviews**, v.37, p.527, 2008.

---

**Recebido para publicação em:** 25/07/2013

**Aceito para publicação em:** 19/12/2013