



## XI-053 - ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL DA UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL-RS

**Rosana de Cassia de Souza Schneider<sup>(1)</sup>**

Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Profa. do Departamento de Química e Física e do Mestrado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – RS – Brasil .

**Jonas Kaercher**

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Maria – Mestrando em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – RS - Brasil

**Mariéli Milanesi Ceolin**

Farmacêutica pela Universidade de Santa Cruz do Sul e Mestranda em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul – RS - Brasil

**Luciano Roni Silva Lara**

Químico Industrial pela Universidade de Santa Cruz do Sul e Mestrando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul – RS – Brasil

**Enio Leandro Machado**

Doutor em Engenharia – Área de Concentração Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Prof. do Departamento de Química e Física e do Mestrado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – RS – Brasil

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Independência, 2293 – Bairro Universitário – Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96840-420 - Brasil - Tel: +55 (51) 3717-7390 - e-mail: [rosana@unisc.br](mailto:rosana@unisc.br)

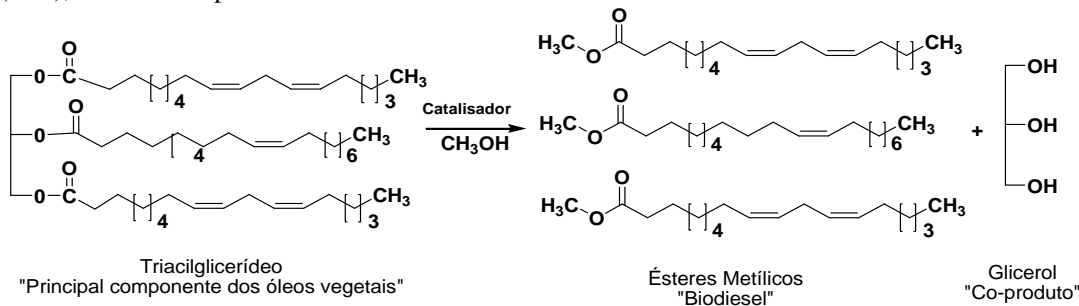
### RESUMO

Com o objetivo de melhorar a eficiência da produção de biodiesel de óleo de girassol na planta piloto da Universidade de Santa Cruz do Sul-RS, foram desenvolvidos estudos de otimização utilizando ferramentas de P+L, que possibilitaram identificar aspectos e impactos ambientais permitindo adoção de medidas que minimizaram esses impactos e reduziram perdas energéticas significativas no decorrer do processo produtivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel, eficiência energética, planta piloto.

### INTRODUÇÃO

A produção de biodiesel na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC está centrada na produção para auto-consumo, desenvolvendo um equipamento que possa ser utilizado pelos agricultores locais. O equipamento desenvolvido realiza a transesterificação de óleos vegetais, conforme esquema 1, utilizando girassol como matéria prima para produção do biodiesel. O protótipo de reator para transesterificação (PRT), está em desenvolvimento nos laboratórios de oleoquímica situado no campus da Universidade. Na otimização do PRT há uma grande preocupação com o domínio operacional com os princípios básicos da produção mais limpa (P+L), além do compromisso da universidade com o meio ambiente.



**Esquema 1: Reação de transesterificação de óleos vegetais**



Portanto, para que este equipamento possa ser utilizado pelos agricultores, é necessária a avaliação do consumo e do impacto que o mesmo pode ter. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar a análise de eficiência energética da Unidade de Produção de Biodiesel da Universidade de Santa Cruz do Sul-RS. Primeiramente foram analisadas todas as etapas do processo verificando a necessidade de implementação de produção mais limpa (P+L). Para isto foi realizado um estudo (Schneider, et al, 2009), baseado na produção de bateladas de biodiesel. Também foram analisados os riscos ambientais e operacionais envolvendo todo o processo. Em cada etapa do processo avaliou-se as entradas e saídas de toda matéria-prima, água e energia no processo produtivo, visualização da geração de resíduos durante o processo, agindo desta forma como uma ferramenta para obtenção de dados necessários para a formação de uma estratégia de minimização da geração de resíduos, efluentes, emissões e consumo de energia (CNTL-SENAI, 2003; KNOTHE, 2006)

## PARTE EXPERIMENTAL

Utilizou-se como principal ferramenta de avaliação de produção mais limpa a análise dos fluxos de energia e de materiais que entram e saem do processo, a fim de identificar oportunidades de produção mais limpa e resolver, na fonte, os problemas relacionados à geração de resíduos e emissões. Este método está inserido em um procedimento que promove a implementação das oportunidades reconhecidas durante a avaliação, iniciando-se assim atividades de produção mais limpa para o processo escolhido (CNTL-SENAI, 2003). O local de desenvolvimento do estudo foi uma unidade piloto (Figura 2) de produção de biodiesel localizada no campus da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), no laboratório de oleoquímica. Esta unidade tem como objetivo efetuar a transformação do óleo de girassol em biodiesel. Este óleo é produzido por um grupo de pequenos agricultores do Vale do Rio Pardo.

Foram feitos levantamentos de consumo energético durante todas as etapas de produção de biodiesel no protótipo antes e após o isolamento com manta térmica.

Para isso foi desenvolvido uma planilha na qual foram anotados os volumes de óleo bruto, quantidades de catalisador e metanol bem como controle do tempo e consumo de energia elétrica, como mostra o Anexo A.

Com a finalidade de avaliar a potencial redução do consumo de energia, foi realizado um estudo de produção de biodiesel nos dois reatores do sistema verificando as características e diferenças entre eles.

A medida do consumo de energia foi realizada utilizando um medidor STATIC THREE-PHASE FOUR-WIRE, com precisão de até 12000 IMP/kWh, ou 0,1kWh, obtendo o valor em kW/h para cada etapa do processo. Estes dados foram apontados pelo operador durante todo o processo até a obtenção do produto final, o biodiesel.



Figura 2: Registro fotográfico da planta piloto utilizada neste trabalho.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da avaliação foi realizado um estudo experimental com produção de biodiesel a partir de óleo de girassol por transesterificação, verificando assim, o funcionamento do reator e a necessidade de implementação de P+L priorizando a minimização de custo com energia e matéria-prima e geração de resíduos.

A unidade de produção de biodiesel escolhida para este trabalho encontrava-se em condições de produção que necessitava de melhorias para o melhor desempenho do reator em condições adequadas para sua operacionalização que proporcionasse um menor impacto na rotina dos operadores e meio ambiente.

Na FIGURA 2, observa-se os fluxograma qualitativo do processo, destacando as fases de entradas de matéria prima, insumos e energia consumidos no processo, desde a entrada do óleo, principal matéria-prima, até a obtenção do biodiesel como produto final.

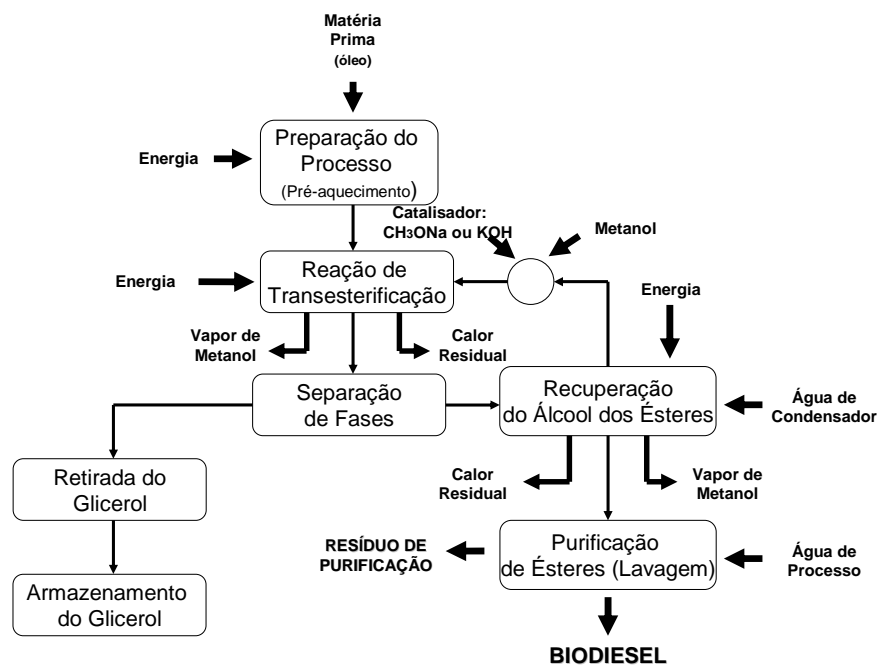


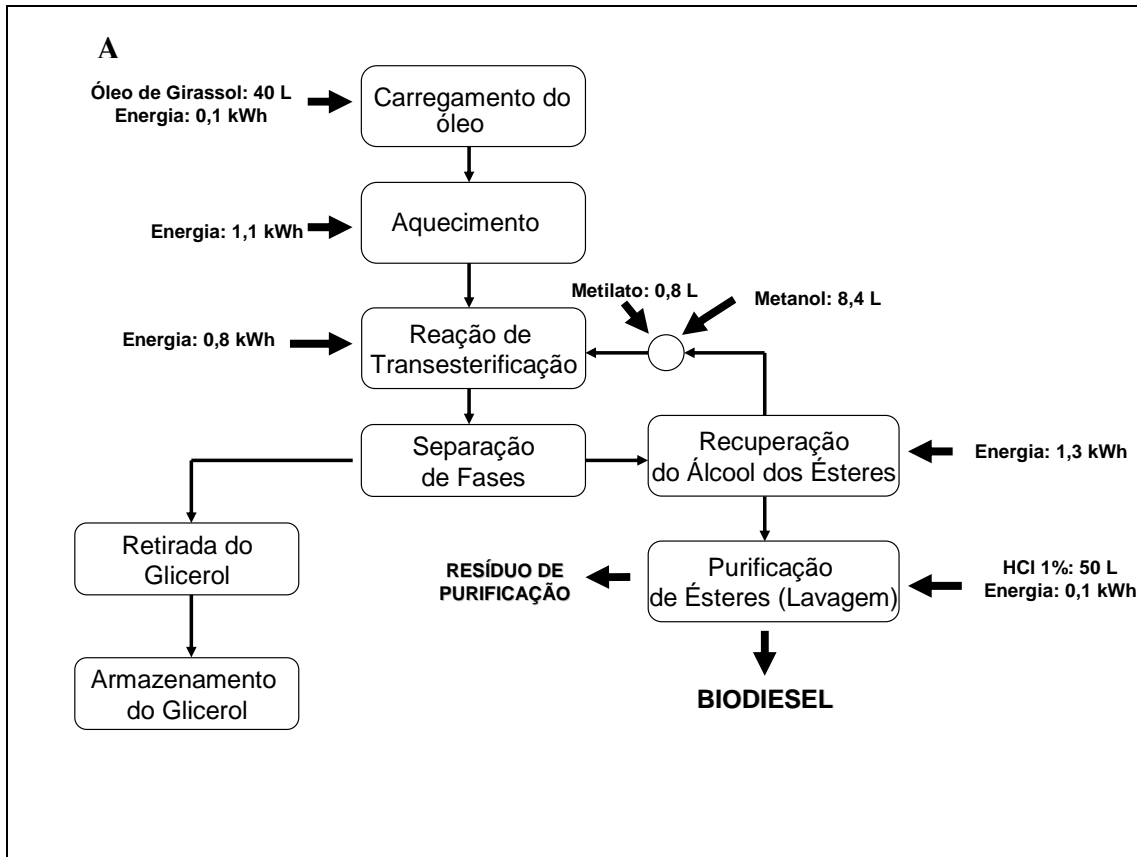
FIGURA 2: Fluxograma qualitativo com entradas e saídas na planta piloto.

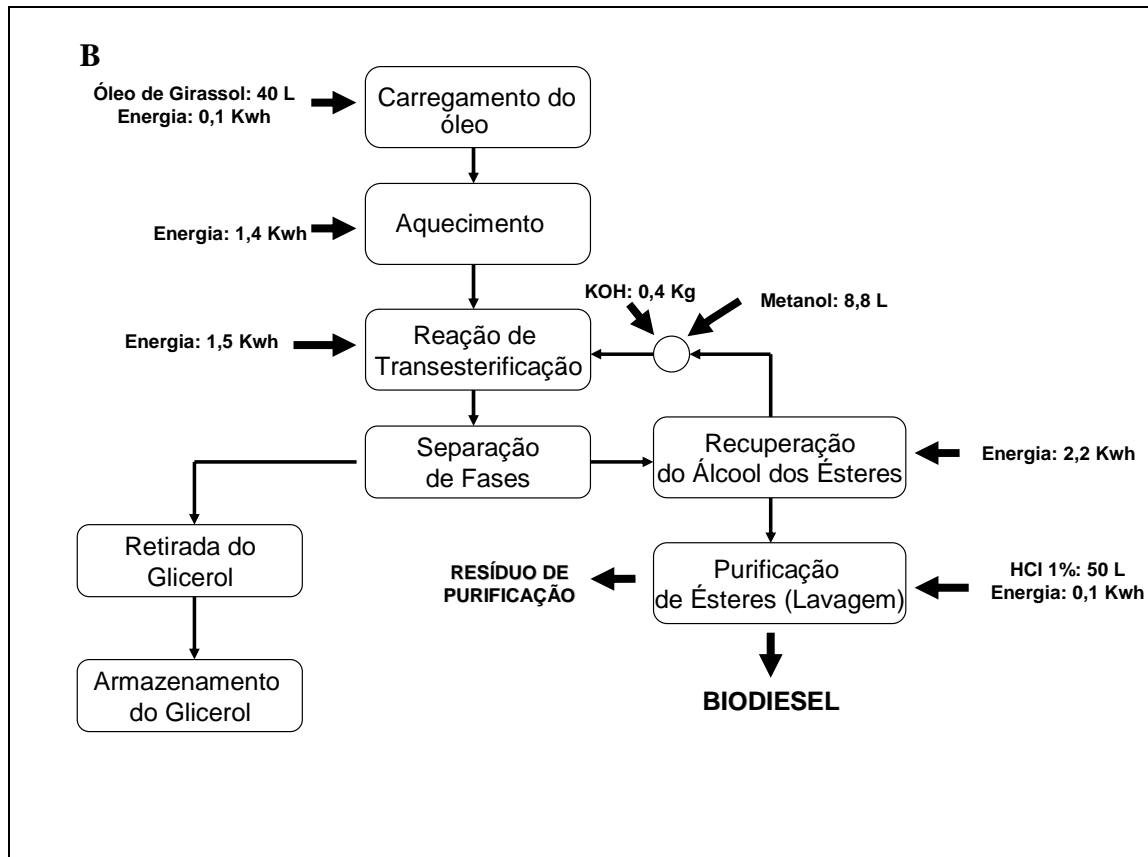
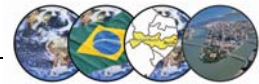
A partir do fluxograma qualitativo do processo, pode-se observar que os principais produtos envolvidos no processo são o óleo de girassol, metanol e insumos como KOH ou metilato de sódio, água e energia. Tem-se como principal produto formado o biodiesel, derivado do óleo de girassol e como co-produto o glicerol. O fluxograma quantitativo, FIGURA 3, demonstra que os pontos críticos do processo envolvendo adição dos reagentes, consumo energético e recuperação do metanol podem ser estudados com maior atenção. Através da análise realizada no acompanhamento, podem-se verificar algumas etapas do processo que poderiam ser facilmente ajustadas para o desempenho do sistema de produção. Para chegar nestes valores foram realizados experimentos com dois catalisadores e com isolamento térmico do reator e decantador.

A entrada de metanol foi identificada como um dos pontos críticos a serem melhorados, sendo possível tomar medidas práticas que tornem o processo mais simples de acordo com metodologias de P+L. Destaca-se que as etapas mais importantes do processo são extremamente dependentes de fornecimento de energia. O consumo energético é relativamente alto, principalmente devido à ausência de um planejamento para aproveitamento desta energia nas etapas seqüentes. A perda de calor é constante durante as etapas dos processos de aquecimento do óleo, adição do metanol, reação de transesterificação e recuperação do metanol. A cada transição de etapas no processo tem-se necessidade de um gasto de energia adicional que poderia ser reduzido. Os valores de consumo e tempo de reação podem ser vistos na Figura 4 onde observa-se que em consumo de energia as etapas determinantes são pré-aquecimento, reação e remoção de metanol e quanto ao tempo despendido no processo, é maior para a decantação da glicerina. No processo de lavagem do biodiesel é utilizada uma solução de água e ácido cítrico. São realizadas lavagens de duas bateladas consecutivas de



biodiesel, e somente então feito o descarte. Tal procedimento tem o objetivo de minimizar os impactos ambientais do efluente. Os resíduos gerados são direcionados para um reservatório onde ocorre a separação dos sabões e sais, enquanto que a água pode ser descartada para o solo ou no sistema de coleta de esgoto.

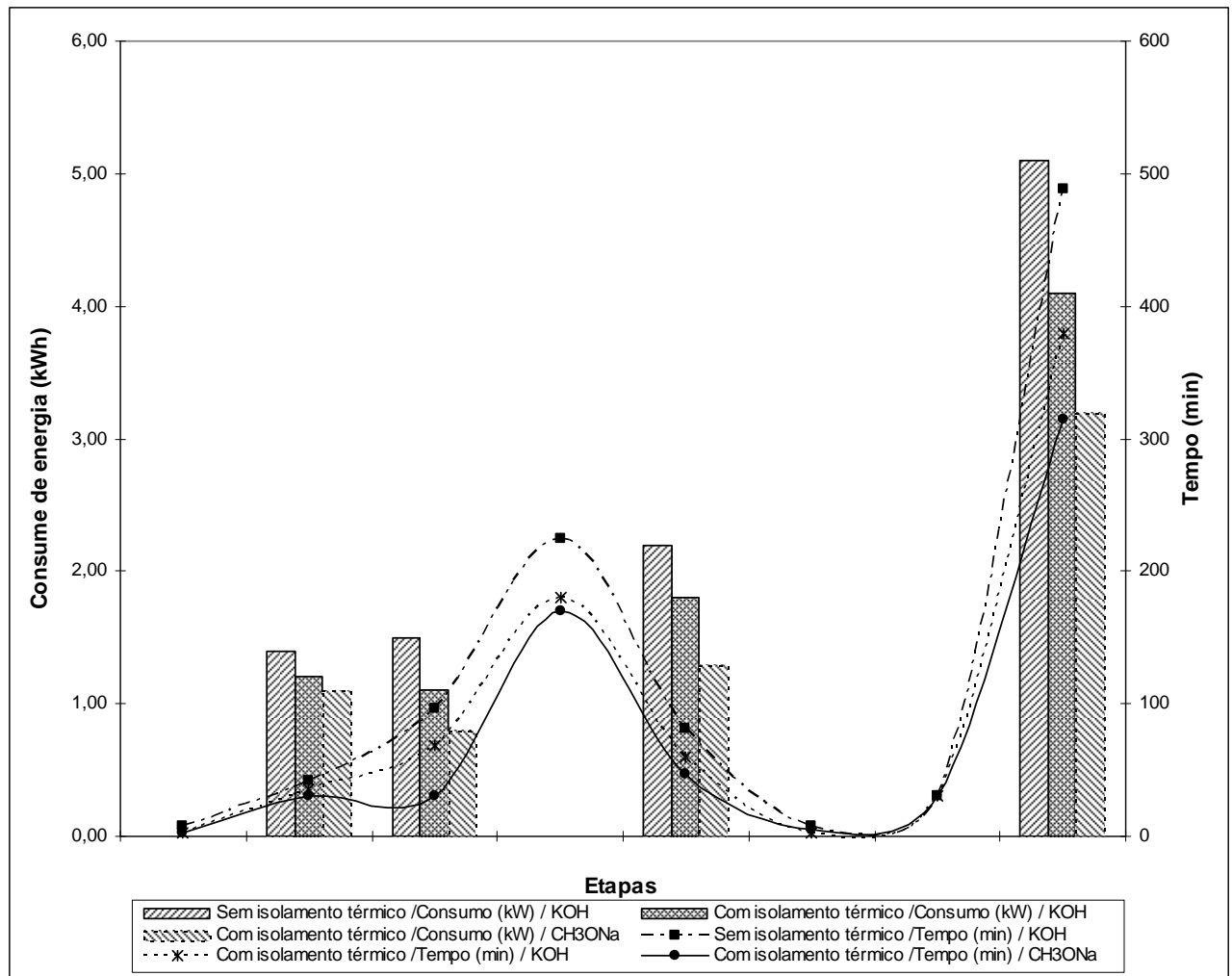




**FIGURA 3:** Fluxograma quantitativo das entradas e saídas na planta piloto empregando como catalisador o metilato de sódio (a) e o hidróxido de potássio (b)

Quando são comparados os resultados da utilização dos catalisadores KOH e CH<sub>3</sub>ONa, tanto em reatores sem isolamento quanto com isolamento térmico a análise destes resultados permitem algumas conclusões interessantes:

No comparativo entre dois reatores isolados termicamente, no que foi utilizado CH<sub>3</sub>ONa, o tempo total de produção da batelada, foi 4,75h contra 5,82h quando utilizado KOH como catalisador, gerando uma redução 18,40% no tempo de produção por batelada. A consequência da redução do tempo pode ser percebida no consumo de energia que reduziu de 4,10kWh para 3,20kWh ocasionando uma queda de consumo na ordem de 22% para o mesmo volume produzido. Se a mesmo comparativo for feito entre reator sem isolamento e com isolamento térmico, as diferenças são ainda maiores. O tempo de produção com utilização do KOH foi de 7,63h contra as 4,75h da batelada usando CH<sub>3</sub>ONa, gerando uma redução na ordem de 37,80% no tempo de produção. Também neste comparativo a queda no consumo é relevante, pois cai de 5,10kWh sem o isolamento, para 3,20kWh com isolamento térmico. Percentual de queda na ordem de 37,25%.



**Figura 4:** Representação gráfica do consumo de energia e tempo de reação na planta piloto de produção de biodiesel de girassol.

O estudo permitiu observar que mesmo conseguindo bons ganhos de tempo e redução de consumo, na adoção de reatores isolados e a substituição de KOH por CH<sub>3</sub>ONa, o mesmo não se reflete quando do levantamento do custo do litro do biodiesel produzido na batelada.

## CONCLUSÃO

Pode-se verificar o processo em termos de prioridades para a implementação de um sistema de produção mais limpa focalizado em um planejamento de redução de consumo energético. A escolha deste foco de avaliação deu-se principalmente pela prioridade do grupo de pesquisa, em reduzir o tempo de custos de produção. A adoção de isolamento térmico do reator e reservatório de lavagem, e a substituição do catalisador KOH por CH<sub>3</sub>ONa, permitiram obter ganhos significativos no tempo de reação, tempo de separação do glicerol e purificação biodiesel e consumo de energia.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de apoio a pesquisa da UNISC – FAP, ao Finep e Fapergs pelo auxílio financeiro e ao CNPq pelas bolsas ITI.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. CNTL-SENAI. Cinco fases da implantação de técnicas de produção mais limpa. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 103p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa).
2. VIANNA, Fernanda C.; Análise de Ecoeficiência: Avaliação do Desempenho Econômico-Ambiental do Biodiesel e Petrodiesel. Dissertação Apresentada ao Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para Obtenção do Título de Mestre de Engenharia. São Paulo 2006.
3. Knothe G. et al., Manual de biodiesel, São Paulo: Ed. Blücher, 2006.