

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO - UNIFENAS

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO
A PARTIR DE ÓLEOS RESIDUAIS NA
REGIÃO DE MACHADO - MG**

Vera Lúcia Araújo Leite

Alfenas – MG

2010

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO
A PARTIR DE ÓLEOS RESIDUAIS NA
REGIÃO DE MACHADO - MG**

VERA LÚCIA ARAÚJO LEITE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação da Universidade José do Rosário Vellano, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Produção na Agropecuária.

Orientador Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Alfenas – MG

2010

Leite, Vera Lúcia Araujo

Produção de biodiesel e sabão a partir de óleos residuais na
região de Machado – MG/. - - Vera Lúcia Araújo Leite. –
Alfenas: UNIFENAS, 2010-11-23

59 f.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na
Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano

1. Óleo vegetal 2. Transesterificação 3. Óleo de fritura I. Título

CDU: 661.187.73 (043)

UNIFENAS
Universidade José do Rosário Vellano.
Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO A PARTIR DE ÓLEOS RESIDUAIS NA REGIÃO
DE MACHADO – MG

Vera Lúcia Araújo Leite

Orientador: Adriano Bortolotti da Silva

Banca: Prof. Dr. Leonardo Rubim Reis
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sul de Minas – Campus Machado –
MG

Prof. Dr. José Messias de Miranda
Universidade José do Rosário Vellano – Alfenas – MG

Suplente: Prof. Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf
Universidade José do Rosário Vellano – Alfenas –MG

Suplente: Prof. Dr. Osmar Vicente Chévez
Universidade José do Rosário Vellano – Alfenas –MG

"Um dia, a Terra vai adoecer. Os pássaros cairão do céu, os mares vão escurecer e os peixes aparecerão mortos na correnteza dos rios. Quando esse dia chegar, os índios perderão o seu espírito. Mas vão recuperá-lo para ensinar ao homem branco a reverência pela sagrada terra. Aí, então, todas as raças vão se unir sob o símbolo do arco-íris para terminar com a destruição. Será o tempo dos Guerreiros do Arco-Íris."

(Profecia feita há mais de 200 anos por uma velha índia Cree.)

À minha família, Marcelo, Marcelo Júnior e Luiz Henrique, meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus. O que seria de mim sem a fé que tenho nele?

Aos meus pais Raimundo e Percilina (*in memoriam*) pela vida e pelo incentivo em tudo que faço, a meus irmãos que sempre me apóiam, a meu marido Marcelo Leite, companheiro e incentivador, a meus filhos Marcelo Leite Júnior e Luiz Henrique Leite que são sempre inspiração para acreditar e lutar por um mundo melhor.

Ao professor e orientador Adriano Bortolotti por seu apoio e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram à execução e conclusão desta dissertação.

A todos os professores, coordenação e direção do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – *Campus Machado* –, em especial ao professor Luiz Eduardo de Souza Hatz, pela disponibilidade e colaboração no desenvolvimento e execução do projeto.

Ao Professor Herbert Faria Pinto que tão prontamente me ajudou com as fotografias.

Aos amigos e colegas, em especial, às professoras Katia Alves Campos e Hagar Corsini pelo incentivo e apoio.

Aos alunos do *Campus Machado*, representados pela aluna Thays Araújo Custódio, que participaram do projeto desenvolvendo suas atividades com competência e responsabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O conceito de sustentabilidade segundo a abordagem Triple Bottom Line, em suas três dimensões. Fonte: Almeida, 2006.....	33
Figura 2 – Equações da reação de transesterificação de um triacilglicerídeo com metanol catalisada por hidróxido de potássio. Fonte: Geris <i>et al</i> , 2007.....	38
Figura 3 – Usina de Biodiesel. 1 Aquecedor de óleo; 2 Catalisador; 3 Reator; 4 (a,b,c) Decantadores; 5 Secador.....	44
Figura 4 - Sabão em pó produzido no <i>Campus</i>	45

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Aplicações da glicerina	41
Tabela 2 – Produção de biodiesel e glicerina a partir de procedimentos laboratoriais.....	48
Tabela 3 – Produção de biodiesel e glicerina produzidos na usina.	50
Gráfico 1 – Rendimento da produção de biodiesel nos procedimentos laboratoriais e na usina. ONR (óleo não residual); ORC (óleo residual classificado); ORNCL (óleo residual não classificado); rota etílica (re); rota metílica (rm); *tratamentos com adição de água no final do processo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBDR – Common But Differentiated Responsibility

ECO – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IPPC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

ODM – Oito Objetivos do Milênio

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PNPB – Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel

PPL – People, Planet and Profit

Proálcool – Programa Nacional do Álcool

Proinfa – Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica

Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

RESUMO

LEITE, Vera Lúcia Araújo. PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO A PARTIR DE ÓLEOS RESIDUAIS NA REGIÃO DE MACHADO - MG. Orientador: SILVA, Adriano B. Alfenas: UNIFENAS, 2009 (Dissertação de Mestrado em Sistema de Produção na Agropecuária).

O presente trabalho teve como objetivo testar a possibilidade do uso do óleo residual a produção de biodiesel, reduzindo assim a quantidade deste óleo que é lançada diariamente na rede de esgoto e causa grande parte da poluição dos recursos hídricos. Nos procedimentos laboratoriais foram realizados cinco tratamentos, os quais contaram da produção de biodiesel com uso de óleo refinado de soja pela rota etílica e metílica; produção de biodiesel a partir de óleo residual pela rota etílica com água adicionada no final do processo de transesterificação; obtenção de biodiesel com óleo residual lavado, pela rota etílica, com ou sem água adicionada no final do processo de transesterificação. Foi também testada a produção de biodiesel na usina com óleo refinado de soja e com óleo residual. Os resultados laboratoriais demonstraram que a produção de biodiesel, utilizando o óleo não residual, pela rota metílica, apresenta o mesmo rendimento da rota etílica. A utilização de óleo residual lavado e com adição de água ao final do processo permite produção de biodiesel com qualidade visual semelhante à do óleo não residual através dos procedimentos laboratoriais e com rendimento 5% inferior quando comparado com o óleo não residual. O rendimento de biodiesel na usina foi em torno de 80% para o residual ou não residual, demonstrando que em larga escala o rendimento de biodiesel pode ser inferior aos obtidos nos processos laboratoriais, sendo obtida uma produção média de 300 litros de biodiesel para cada 300 litros de óleo vegetal.

Palavras-chave: Óleo vegetal, transesterificação, óleo de fritura.

ABSTRACT

BIODIESEL AND SOAP PRODUCTION FROM RESIDUAL OIL IN THE REGION OF MACHADO – MG. Adviser: SILVA, Adriano B. Alfenas: UNIFENAS, 2009. Dissertation (Masters degree in farm production systems).

The present study aimed at testing the possibility of using residual oil in biodiesel production, thus reducing the amount of this oil that is released daily in the sewer system and causes much of water pollution. Five treatments were carried through in laboratory procedures. They consisted of biodiesel production with refined soybean oil by methyl and ethylic route; biodiesel production from waste oil by ethylic route with water addition at the end of the transesterification process; biodiesel production from washed residual oil, by alcoholic route, with or without water addition at the end of the transesterification process. The biodiesel production was also tested at the plant with refined soybean oil and residual oil. Laboratory results have shown that the biodiesel production using non-residual oil, by methyl route, has the same yield of the ethylic route. The use of washed residual oil with water addition at the end of the process allows the production of biodiesel with visual quality similar to that of non-residual oil obtained through laboratory procedures and with return 5% lower than non-residual oil. The yield of biodiesel at the plant was around 80% for residual or non-residual, indicating that biodiesel yield may be lower in large-scale production than in laboratory production processes, getting an average production of 300 liters of biodiesel for each 300 liters of vegetable oil.

Keywords: Vegetable oil, transesterification, frying oil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	MEIO AMBIENTE.....	15
2.2	USO DO ÓLEO RESIDUAL.....	23
2.3	ÓLEOS VEGETAIS	26
2.4	BIODIESEL	27
2.5	HISTÓRICO DOS COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DOS ÓLEOS VEGETAIS.....	29
2.6	ASPECTOS TÉCNICOS.....	31
2.7	PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL	32
2.8	BIODIESEL NO BRASIL.....	34
2.9	PRODUÇÃO DE BIODIESEL	37
2.10	PRODUÇÃO DE SABÃO.....	38
2.11	GLICERINA.....	40
3	MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1	PRODUÇÃO DE SABÃO EM BARRA E DETERGENTE LÍQUIDO	45
3.1.1	PRODUÇÃO DE SABÃO EM BARRA	45
3.1.1.1	PROCEDIMENTO.....	46
3.1.2	PRODUÇÃO DE DETERGENTE LÍQUIDO	46
3.1.2.1	PROCEDIMENTO.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A ação do homem na busca pelo desenvolvimento de sistemas de cultivo e produção cada vez mais aprimorados tem causado efeitos negativos na natureza, levando-o à percepção de que está colocando em risco os recursos naturais, a qualidade de vida da humanidade e principalmente sua própria sobrevivência.

Entretanto, o homem da sociedade moderna busca cada vez mais uma vida prática e fácil em todos os setores de sua vida. No setor alimentício, a praticidade tem levado ao desenvolvimento de técnicas alimentares que agilizam o trabalho de preparo e conservação dos alimentos (PORTO- GONÇALVES, 2004).

Com isso, ocorre um crescimento de diversos setores alimentícios, dentre eles o consumo de óleos para o processo de fritura. A fritura causa alterações físicas e químicas nos óleos e gorduras, o que pode trazer implicações nutricionais, tornando-o um produto de descarte que é altamente poluente e normalmente jogado na rede de esgoto, poluindo rios e mares.

O óleo residual possui densidade menor que a da água e forma uma barreira que impede a entrada de luz e consequentemente à oxigenação da água. Sem o oxigênio, toda a cadeia alimentar aquática fica comprometida. Outros problemas são também gerados pela presença dos óleos e gorduras na água, como o mau cheiro, o entupimento da rede de esgoto e o mau funcionamento das estações de tratamento de água e esgoto. Para desentupir os canos de esgoto são utilizados produtos que são tóxicos e acabam aumentando os problemas ambientais.

A cidade de Machado, localizada no sul de Minas Gerais, está inserida nestes processos de mudanças alimentares e vivencia os mesmos problemas ambientais, produzindo

grande quantidade de óleos que são descartados na rede de esgoto e posteriormente lançados nas águas do rio Machado sem qualquer tratamento.

A busca de alternativas que possam reduzir o impacto ambiental causado por estes óleos levou à realização de um levantamento da produção de óleos residuais e à implantação de um sistema de coleta destes óleos na cidade de Machado e região, para posteriormente serem tratados na usina de biodiesel já existente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Machado – objetivando a produção de biodiesel e a produção de sabão a partir do óleo residual.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MEIO AMBIENTE

O homem, com suas ações para a sua sobrevivência, sempre causou impactos no ambiente em que vive. Estes impactos são proporcionais ao tamanho do grupo e ao seu nível tecnológico e de conhecimento. Uma parte significativa da superfície do planeta é usada ou afetada de maneira negativa pela ação humana na habitação, indústria, mineração, produção e exploração de alimentos (BEGON *et al.*, 2007).

Com o desenvolvimento da tecnologia e o avanço da industrialização, os problemas ambientais têm se agravado, e os sistemas de produção tornaram-se os grandes vilões do meio ambiente. Esses sistemas de produção encontram-se alicerçados no seu crescimento e valor econômico, o que tem provocado alterações irreversíveis na natureza, e levado a uma crise ambiental de proporções incalculáveis.

A ideia que se tinha sobre as riquezas ambientais era de que seriam infinitas e gratuitas, e que poderia delas se apossar qualquer um que tivesse condições de extraí-las, sem preocupação ambiental. Porém, com toda a ação do homem, os problemas ambientais ao longo do tempo passaram de pequenos desmatamentos em grupos nômades, para ações que atingem o espaço além do local onde o homem está instalado, como a poluição do ar, da água etc.

Dentre todos os problemas causados pela ação do ser humano na natureza, aqueles que mais têm causado preocupações, são as alterações climáticas provocadas pelo agravamento do efeito estufa, principal fator da elevação da temperatura média, devida principalmente à utilização de combustíveis fósseis.

Temperaturas mais elevadas significam elevação do nível do mar à medida que as

calotas polares derretem. Tal aumento põe em perigo as zonas costeiras e as pequenas ilhas. As alterações climáticas tornam o tempo mais instável, trazendo mais tempestades e secas e, com elas, inundações e escassez de água. Algumas doenças, como a malária, propagar-se-ão a novas regiões. Algumas espécies, incapazes de acompanhar o ritmo da mudança, extinguir-se-ão (ASSUNÇÃO & PESQUERO, 1999).

A preocupação com o aquecimento global vem ganhando espaço nas agendas internacionais de negociações, em função do aumento da temperatura média da superfície terrestre. Esse aumento tem como principal causa a emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), o ozônio (O_3), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Essa intensificação da temperatura pode levar a eventos climáticos cada vez mais extremos, como recorde da amplitude das ondas, maior número de ciclones, tempestades cada vez mais destrutivas, frequentes enchentes, secas cada vez mais intensas, rápido ressecamento dos solos e extinção de algumas espécies de plantas e animais, entre outros (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Com todos esses problemas, surge então um movimento global de monitoramento das condições ambientais, de melhoramento destas condições e de adaptação das novas tecnologias em benefício do meio ambiente. Para que estes programas possam ter êxito é necessário amplo conhecimento do funcionamento dos ecossistemas que compõem a biosfera.

Surge neste contexto a ideia de sustentabilidade, que evoluiu desde a criação da ecologia como ramo científico, passando pelo surgimento do ambientalismo moderno e seu desdobramento no desenvolvimento sustentável até abordagens mais recentes da ecologia política. Entretanto, as visões de sustentabilidade que hoje ocupam espaços de debate acadêmico e a mídia não são mais imutáveis (ecologia radical), o reconhecimento de que a crise ambiental tem efeitos que comprometem simultaneamente o ecológico, o econômico e o social aproxima-se de uma abordagem de busca de alternativas para a sustentabilidade

(JATOBÁ, 2009).

A sustentabilidade pode ser entendida como um objetivo maior, que almeja condição de manutenção, sobrevivência e harmonia de todas as formas de vida na Terra, em contraposição a um padrão de desenvolvimento ecologicamente desequilibrado, economicamente instável e socialmente desigual (JATOBÁ, 2009).

Para que esta sustentabilidade possa ocorrer, faz-se necessário que os governos possam contabilizar os recursos naturais como econômicos e ambientais, ou seja, bens que têm que ser protegidos não só pelo seu valor financeiro, mas principalmente pela garantia da qualidade de vida e da sobrevivência das gerações futuras. Uma das possibilidades para que ocorram mudanças nesta estrutura é o fortalecimento das atividades práticas produtivas de pequeno porte, uma vez que estas são mais sustentáveis em termos ecológicos.

Os governos e entidades que pretendem, portanto, mudanças na defesa e proteção ambiental devem investir e incentivar as pequenas propriedades. Isto garante, além de melhor proteção ambiental, uma melhor distribuição de renda entre a população mais carente.

Diversas ações humanas podem melhorar as condições ambientais, reduzindo as consequências da ação do homem no meio ambiente, entre elas o agravamento do efeito estufa. Dentro dessas ações temos a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis, como o biodiesel, que além de poluir menos, oferecem diversas vantagens, como a possibilidade de geração de emprego e renda às populações de regiões mais pobres, uma vez que diversas são as oleaginosas que podem ser matéria-prima para a produção de biodiesel.

Outro fator para que a sustentabilidade seja real é a necessidade de que se respeite a capacidade de cada ambiente de se regenerar e absorver tudo aquilo que lhe é imposto. Para isso, é necessário pensar em formas de garantir o equilíbrio da exploração ambiental e sua preservação conciliada com o crescimento econômico.

Em 2000, a ONU – Organização das Nações Unidas, ao analisar os maiores problemas mundiais, estabeleceu Oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM, que no Brasil são chamados de Oito Jeitos de Mudar o Mundo.

Os ODM estabelecem, aos países do mundo em diferentes níveis de desenvolvimento e graus de pobreza, metas mensuráveis para os resultados serem observados em ações ligadas à redução da pobreza extrema em suas dimensões como fome, doença, falta de moradia e exclusão, ao mesmo tempo em que estabelecem também metas e prazos para promoção da igualdade entre homens e mulheres, grupos étnicos, acesso à educação de qualidade e também a promoção da sustentabilidade ambiental (SACHS, 2000).

Uma maneira de reduzir esses problemas ambientais é a redução do uso de combustíveis fósseis, que apresentam impacto significativo na qualidade do meio ambiente, sendo a poluição do ar das grandes cidades um dos efeitos mais visíveis da utilização desses combustíveis. Nos Estados Unidos, os caminhões e automóveis são responsáveis pela emissão de 67% do monóxido de carbono (CO), 41% dos óxidos de nitrogênio (NOx), 51% dos gases reativos, 23% dos materiais particulados e 5% do dióxido de enxofre (SO₂) (VASCONCELOS, 1996).

A utilização dos combustíveis fósseis é apontada como o principal responsável pelo agravamento do efeito estufa, o que provoca o aquecimento global. Isto se dá em função da liberação dos gases no processo de combustão, principalmente do dióxido de carbono, que retém a radiação infravermelha do Sol na atmosfera. A preocupação mundial é de que o efeito estufa possa colocar em risco a sobrevivência dos seres vivos na Terra.

Os problemas ambientais passaram a fazer parte da agenda internacional com a Conferência de Estocolmo, em 1972, entretanto a questão ambiental só adquiriu importância com a primeira Conferência Mundial sobre o Clima em 1979, pela Organização Meteorológica Mundial cujos países participantes chegaram à conclusão de que a queima de

combustíveis fósseis, o desmatamento e as mudanças no uso do solo aumentaram o montante de CO₂ na atmosfera em 15% durante os cem anos que precederam esta conferência (BRAZ, 2003).

Os primeiros resultados concretos desta conferência surgiram 11 anos depois, com a realização do Primeiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPPC) e a Segunda Conferência sobre o Clima em 1990 e, posteriormente, a Convenção Quatro sobre Mudanças Climáticas da ONU, em 1992, e a subsequente adoção por grande parte dos países do mundo do Protocolo de Quioto, em 1997 (BRAZ, 2003).

O Primeiro Relatório do IPPC, publicado em 1990, concluiu que o aquecimento global teria maior impacto nas regiões polares, causando derretimento das geleiras e consequentemente aumento do nível dos mares, bem como o aumento da temperatura da superfície do oceano, afetando a agricultura, as florestas e todos os ecossistemas terrestres, além de causar problemas na distribuição dos recursos hídricos. Como resultado desta avaliação, 137 países se reuniram em novembro de 1990 para a Segunda Conferência Mundial sobre o Clima, realizada em Genebra, a qual tinha como base política a estabilização dos níveis de CO₂ a partir de políticas que seriam definidas posteriormente (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Em 1992, 178 governos e, entre eles, mais de 100 Chefes de Estado ou de Governo se reuniram no Rio de Janeiro para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92). Nesta conferência o destaque foi a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que foi assinada por 154 Estados e pela Comunidade Europeia. A proposta da Convenção foi o monitoramento dos progressos obtidos e a adoção de possíveis medidas para redução da emissão global de gases causadores do efeito estufa, bem como a conservação e ampliação de sumidouros de CO₂ (chamados *sinks* – florestas e oceanos) (ONU-BRASIL, 2010).

Outro fator importante da convenção considerou o relacionamento entre países desenvolvidos e aqueles em desenvolvimento. A Convenção-Quadro estabeleceu compromissos distintos para cada grupo de países: os países desenvolvidos deveriam cooperar com aqueles em desenvolvimento para minimizar os impactos ambientais. Tal conceito recebeu a denominação de *common but differentiated responsibility* (CBDR), e se baseia, primeiramente, na noção de que somente por meio da cooperação internacional poderá ser solucionado um problema da magnitude do aquecimento global (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Outro conceito introduzido pela Convenção-Quadro foi a de “abordagem abrangente”, pela qual as reduções de gases não se limitariam à emissão de CO₂, mas abrangeriam os demais gases causadores do efeito estufa, que não haviam sido incluídos no Protocolo de Montreal.

No Brasil, o estabelecimento de uma organização administrativa própria para a proteção do meio ambiente só aconteceu a partir da edição da Lei nº. 6.938/81 (arts. 6º e 10º), que criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente, constituído por órgãos ontologicamente responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, a alguns dos quais incumbiu de promover o prévio licenciamento ambiental das atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos ambientais (BRAZ, 2003).

O Brasil vem exercendo papel de destaque nas negociações internacionais relacionadas ao meio ambiente, desde a Conferência Rio 92 ou ECO 92, destaque este que ficou mais evidente durante as negociações para a adoção do Protocolo de Quioto (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Em dezembro de 1997, foi adotado o Protocolo de Quioto, que estabelece metas de redução de emissão de gases de efeito estufa e mecanismos adicionais de implementação para que estas metas sejam atingidas (BRASIL, 2003).

O protocolo de Quioto, concebido durante o fórum ambiental Rio-92 e ratificado desde então por mais de 93 países, vem tentando mobilizar a comunidade internacional para que esta promova uma ação conjunta com o objetivo de estabilizar na atmosfera a concentração dos gases causadores do efeito estufa e, assim, limitar a interferência antropogênica sobre o sistema climático global (GREENPACE INTERNATIONAL, 2003).

Para que as metas estabelecidas pelo protocolo de Quioto sejam alcançadas, serão necessárias mudanças drásticas no processo de utilização de energia, passando da utilização de energia de combustíveis fósseis para a utilização da biomassa para fins energéticos (PESSUTI, 2003).

Neste cenário, o Brasil tem grande potencial para desenvolver energias limpas ou renováveis, principalmente pela sua capacidade agroindustrial para o cultivo de produtos como a cana-de-açúcar, usada na produção do álcool e para a produção de oleaginosas (mamona, soja, etc.) que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, e ainda pelo uso de resíduos agrícolas (madeira, casca de arroz, etc.), industriais e domésticos (lixo municipal) (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Outro fator importante que permitiu ao Brasil ser uma referência em energia renovável é o incentivo brasileiro à produção e ao uso dessa energia que foi impulsionada pela implantação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que passou a ser um dos principais pilares do governo brasileiro no sentido de se atingir a autossuficiência energética.

O Proálcool foi um programa de substituição, em larga escala, dos derivados de petróleo. Foi desenvolvido para evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo. De 1975 a 2000, foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos a álcool hidratado. Além disso, o programa implantou a substituição de uma fração de gasolina por álcool anidro (entre 1,1% a 25%), num volume de gasolina pura consumida por uma frota superior a 10 milhões de veículos a gasolina, evitando, assim, nesse período,

emissões de gás carbônico da ordem de 110 milhões de toneladas de carbono (contido no CO₂) (BIODIESELBR, 2009 ?).

Mais recentemente, o governo vem desenvolvendo o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) que tem como objetivo aumentar a participação das energias alternativas no sistema interligado e diversificar a matriz energética brasileira. Neste projeto uma das fases tem como meta assegurar que 15% do crescimento anual do mercado seja atendido por fontes eólica, de biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas (BRASIL, 2003).

Para o Brasil, o investimento em biocombustíveis oferece a oportunidade de se projetar no mercado internacional, pleiteando inclusive financiamentos internacionais em condições especiais no mercado de crédito de carbono utilizando o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) previsto no Protocolo de Quioto.

O MDL tem como ideia principal promover a cooperação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento com o objetivo de incentivar os últimos a seguirem um caminho de crescimento mais eficiente utilizando menos a energia convencional. A ideia dessa cooperação é a de incorporar a noção de “salto tecnológico”, na qual o processo de desenvolvimento desses países não ocorreria da mesma forma que ocorreu nos países desenvolvidos, ou seja, os países desenvolvidos ajudariam aqueles em desenvolvimento a saltarem algumas etapas neste processo por meio de financiamento e transferência de tecnologias, para que eles seguissem um caminho mais curto em direção a uma economia menos intensiva em relação à emissão de gases de efeito estufa (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

2.2 USO DO ÓLEO RESIDUAL

A industrialização permitiu ao homem domínio total dos processos de produção, o que levou a crer que este domínio se estenderia sobre a natureza. A preocupação sempre foi a da satisfação das necessidades humanas, com isso a ambição e o acúmulo de riquezas passaram a mudar o cenário da disposição do homem na natureza.

As culturas de subsistência foram substituídas por culturas exploratórias e predatórias; esse desenvolvimento teve como fonte energética recursos finitos e altamente devastadores, o que levou à instalação de problemas ambientais cada vez mais complexos e evidentes, hipotecando o futuro de todos (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Estes problemas são gerados na maioria das vezes pela ignorância do ser humano de sua dependência e relação com a natureza. Existe ainda uma falsa ideia de que somos superiores e desintegrados da natureza. Não se percebe que tudo que somos vem da natureza, ou seja, somos parte integrante de uma grande teia e, a cada fio que movemos, estamos interligados de um modo ou outro a este fio, portanto os prejuízos acabam chegando a nós (CAPRA, 2001).

Neste cenário confrontam-se o desenvolvimento alicerçado na exploração e a ideia de que a preservação impede o desenvolvimento e o uso dos recursos existentes em um país. Porém uma nova visão surge no mesmo cenário: a de que é possível a utilização dos recursos de modo consciente e controlado minimizando os problemas para o meio ambiente e sem a suspensão do desenvolvimento econômico da sociedade (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Um destes problemas ambientais foi causado pela mudança de hábitos nas famílias, o que levou a alterações na forma de preparo dos alimentos, que antes podiam ser preparados com horas de antecedência, uma vez que a mulher ficava em casa e dispunha de tempo para

esta preparação. Após a conquista do mercado de trabalho pela mulher e das mudanças na estrutura familiar, a busca por mecanismos que tornem o preparo do alimento mais fácil, ou do alimento já preparado em lanchonetes e restaurante, passa a ser uma característica comum às famílias.

Deste modo ocorreu o crescimento de diversos setores alimentícios, dentre eles o consumo de óleos, que se deve à modificação dos hábitos alimentares, resultado de uma combinação de profundas mudanças sociais, econômicas e tecnológicas, associadas ao grande desenvolvimento dos setores de restaurantes, sistemas de alimentação coletiva e alimentos de consumo imediato (POZO-DÍEZ, 1995).

Dentre os diversos processos de preparo dos alimentos, a fritura causa alterações físicas e químicas nos óleos e gorduras, o que pode trazer implicações nutricionais, tornando-o um produto de descarte, que é altamente poluente. Estes são lançados na rede de esgoto e não passam por nenhum processo de tratamento na maior parte dos municípios, sendo lançados diretamente em rios, causando poluição e degradação ambiental (MENDONÇA, 2008).

O consumo de alimentos fritos e pré-fritos vem ganhando espaço cada vez maior na mesa do consumidor, contribuindo para a maior ingestão de óleos e gorduras após terem sido submetidos a elevadas temperaturas em processo de fritura. Esse processo fornece alternativa de preparo rápido ao mesmo tempo conferindo aos alimentos fritos características organolépticas¹ agradáveis.

A aceitação de alimentos processados por fritura é universal e apreciada por diferentes grupos populacionais. As diversas mudanças registradas nas atitudes do consumidor ao longo dos últimos anos fizeram com que as indústrias de alimentos passassem a dispor de produtos específicos para o processo de fritura, como os alimentos congelados, que são largamente

¹ Características de uma substância que podem ser percebidas com os sentidos.

aceitos pelo mercado consumidor (CORSINI & JORGE, 2006).

O crescimento de indústrias que produzem alimentos fritos e pré-fritos levou ao desenvolvimento de novos equipamentos para fritura (fritadeiras), tanto industriais como domésticas, nos quais grandes quantidades de óleo são aquecidas por longos períodos (GIÃO *et al*, 1999).

Segundo Santos, 2006, o óleo utilizado em fritura pode ser reciclado para a produção de diversos produtos, como cola e tinta para uso industrial. Outra alternativa de utilização destes óleos é a produção de sabão, que já ocorre artesanalmente, e como matéria-prima para a produção de biodiesel.

A utilização do óleo residual para a produção de biodiesel, que como combustível vem apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, é um mercado que cresce aceleradamente. Isto ocorre devido a sua enorme contribuição ao meio ambiente com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos, e como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo (FERRARI, 2005).

A utilização de biodiesel como fonte energética possui inúmeras vantagens, dentre as quais podemos citar o fato de que é uma energia renovável, ou seja, pela fotossíntese, parte da energia solar é armazenada na forma de moléculas que compõem as plantas e que, quando adultas, são aproveitadas como combustível na forma de lenha, álcool e óleos vegetais que, transesterificados², podem ser utilizados nos motores a diesel (NOGUEIRA & VIDAL, 1999).

Testes demonstram que o óleo residual como matéria-prima para o biodiesel é uma opção viável e de fácil realização, sendo necessários alguns cuidados básicos para a sua produção (COSTA & ROSSI, 2000).

A produção de biodiesel utilizando óleo residual pode ser um bom empreendimento,

² Reação química que pode ocorrer entre um éster e um álcool ou entre um éster e um ácido, sempre tendo a formação de um novo éster.

tendo em vista que a matéria-prima para a produção de biodiesel compete com a venda para a alimentação a preços que vão contra a economia do combustível. Já o óleo residual, que quase sempre é descartado, torna-se um forte concorrente para o mercado.

As principais características do biodiesel, que o tornam vantajoso sobre o diesel convencional: energia proveniente de fonte renovável, ter várias fontes (qualquer óleo vegetal pode ser matéria prima) e emitir menos gases de efeito estufa que o diesel obtido a partir do petróleo (TAGLIARI, 2006).

2.3 ÓLEOS VEGETAIS

Os óleos vegetais mais comuns, cuja matéria-prima é abundante no Brasil, são extraídos de soja, milho, girassol, amendoim, algodão, babaçu e palma. A soja, considerada a rainha das leguminosas, dispõe de uma oferta muito grande do óleo, pois quase 90% da produção de óleo no Brasil provém dessa leguminosa (FERRARI, 2005).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. Na safra 2006/07, a cultura ocupou uma área de 20,687 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 58,4 milhões de toneladas. Os Estados Unidos, maior produtor mundial do grão, responderam pela produção de 86,77 milhões de toneladas de soja. A produtividade média da soja brasileira é de 2823 kg por hectares, chegando a alcançar cerca de 3000 kg ha no estado de Mato Grosso, o maior produtor brasileiro de soja (EMBRAPA, 2009?).

De acordo com os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, a soja tem importante participação nas exportações brasileiras; em 2006, foram US\$ 9,3 bilhões, o que representou 6,77% do total exportado (EMBRAPA, 2009?).

A produção mundial de óleos vegetais e graxos, em 2006, foi de 147 milhões de toneladas. Deste total, 113,6 milhões de toneladas são óleos vegetais. O mercado crescia continuamente à taxa de 5% ao ano, mas, devido ao avanço na produção de biodiesel, para o

ano de 2007, a estimativa de aumento de produção foi de 6,5 milhões de toneladas. O aumento do consumo, no entanto, foi estimado em 9 milhões de toneladas, provocando um déficit a ser coberto com os estoques. A resposta do mercado veio de imediato, com elevação do preço dos principais óleos vegetais na ordem de 40% em 2007 (PENTEADO, 2007).

2.4 BIODIESEL

De acordo com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (2006), o Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos, tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras (SUAREZ & ABREU, 2005).

Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, biodiesel é um

Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 2005).

O biodiesel substitui, total ou parcialmente, o óleo diesel de petróleo em motores ciclo-diesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc.). Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100 (DORNELLES, 2006).

A utilização do biodiesel tem se mostrado um potencial promissor no mundo inteiro, pela sua contribuição com o meio ambiente, reduzindo os níveis de poluição ambiental e como fonte de energia renovável substituindo o diesel e outros derivados do petróleo, podendo ser extraído das mais diversas matérias-primas como a soja, a canola, os óleos de fritura e outros (COSTA & ROSSI, 2000).

Como combustível, o biodiesel possui características que representam vantagens sobre os combustíveis derivados do petróleo, além de ser proveniente de fontes renováveis, pois pode ser obtido a partir de qualquer óleo vegetal novo ou usado, ou de gorduras (TAGLIARI, 2006).

A utilização do óleo residual mostra-se uma opção viável e de fácil realização, o que permite a dupla utilização do produto, na alimentação e depois como matéria-prima para a produção de biodiesel (COSTA & ROSSI, 2000).

Muitos países investem na busca de fontes alternativas e de ampliação da produção de biodiesel. A União Europeia produz anualmente mais de 1,35 milhões de toneladas de biodiesel, em cerca de 40 unidades de produção. Isso corresponde a 90% da produção mundial de biodiesel.

Os governos oferecem incentivos fiscais aos produtores. A tributação dos combustíveis de petróleo na Europa, inclusive do óleo diesel mineral, é extremamente alta, garantindo a competitividade do biodiesel no mercado. O maior produtor e consumidor mundial de biodiesel é a Alemanha, responsável por cerca de 42% da produção mundial (PENTEADO, 2007).

Segundo Ramos (2003), as vantagens da utilização do biodiesel em relação ao diesel derivado do petróleo são:

- utiliza matéria-prima renovável;
- é biodegradável;
- reduz a emissão de gases de exaustão (exceto óxidos de N, NOX);
- possui alto poder de fulgor (maior segurança para manuseio e armazenamento);
- possui excelente lubricidade;

Entretanto apresenta alguns problemas:

- Alto custo;

- Aumento na emissão de NOx nos gases de exaustão;
- Baixa estabilidade quando exposto ao ar (oxidação);

A utilização direta do óleo virgem como combustível apresenta algumas desvantagens:

- ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor;
- a obstrução nos filtros de óleos e bicos injetores;
- a diluição parcial do combustível no lubrificante;
- o comprometimento da durabilidade do motor; e
- um aumento considerável em seus custos de manutenção (RAMOS, 2003).

Uma das maneiras de resolver estes problemas seria a adaptação dos motores; entretanto, isso não é possível em motores de regime de funcionamento variável, sendo necessário então o desenvolvimento de tecnologias que modificassem as especificidades do óleo a ser utilizado. Assim, em meados da década de 70, surgiram as primeiras propostas de modificação do óleo através da transesterificação, que reduz o ponto de fluidez e ajusta os índices de viscosidade e densidade específica (SHAY, 1993).

2.5 HISTÓRICO DOS COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DOS ÓLEOS VEGETAIS

Muitos anos antes da crise energética nos anos 70 e 80, os óleos vegetais e as gorduras animais já eram investigados como combustível para motores do ciclo diesel. Rudolf Diesel (1858 – 1913), que desenvolveu o motor que leva seu nome, iniciou seus trabalhos através de um ponto de vista termodinâmico, para desenvolver uma máquina eficiente, e também teve interesse neste tipo de combustível.

Segundo Gerhard Knoth (2005), em 1900, durante a exposição de Paris, a companhia francesa Otto fez uma demonstração de um motor construído para a utilização do petróleo, utilizando o óleo vegetal (amendoim), sendo que este apresentou o mesmo rendimento que o

petróleo. Entretanto, existem contradições sobre o mesmo fato.

O governo francês imaginou a possibilidade de produzir o óleo em uma de suas colônias africanas, evitando assim a importação de carvão e combustíveis líquidos, porém mudanças políticas nos ministérios não permitiram a evolução desta questão.

Ensaio similares foram realizados em São Petersburgo com mamona e óleos animais e também deram excelentes resultados, sendo que estes seriam de extrema importância no futuro, quando as reservas de combustíveis líquidos acabassem (TAGLIARI, 2006).

A maior parte dos países que possuíam colônias já demonstrava anseio por uma liberdade energética. Durante a 2ª Guerra mundial, óleos vegetais foram usados em regime de emergência, e após a guerra, muitos países como a Índia expandiram suas pesquisas. Entretanto, estas pesquisas foram abandonadas assim que os preços dos combustíveis fósseis retornaram a preços acessíveis (SUAREZ & ABREU, 2005).

Nos EUA, a preocupação com o aumento descontrolado do uso do petróleo incentivou o uso de misturas binárias de diesel e óleo vegetal, sendo realizadas pesquisas na Universidade de Ohio (Columbus-Ohio) e na Escola Tecnológica da Geórgia. Atualmente, os incentivos se dão pela segurança nacional; com isso a produção do biodiesel teve um aumento significativo (AZEVEDO, 2008).

Segundo Gerhard Knoth (2005), o motor diesel, por usar uma fração do petróleo que era considerada resíduo e por ser mais resistente, ganhou popularidade histórica, hoje é empregado nos utilitários e em carros de passeio, principalmente na Europa (33%); entretanto, a utilização do biodiesel nestas frotas ainda é pequena. Com o preço do petróleo instável e a preocupação ambiental, esta utilização vem aumentando significativamente.

A produção de biodiesel utiliza matérias-primas distintas, sendo levada em consideração para a sua produção a disponibilidade de cada região onde ele será produzido. Em muitos relatórios publicados na década de 20, a palma é indicada como matéria-prima que

merece atenção especial, e neste caso as regiões tropicais têm especial atenção por ser *habitat* ideal para esta planta (TAGLIARI, 2006).

Até hoje, a substituição do diesel pelo biodiesel vem sendo lenta e, para muitos, imperceptível. Para que haja uma maior difusão do uso desse biocombustível, faz-se necessária uma maior divulgação do produto para a população, visando a incentivar principalmente os agricultores e investidores, que seriam as peças-chave para a inserção desta nova alternativa no mercado nacional (TAGLIARI, 2006).

2.6 ASPECTOS TÉCNICOS

Segundo Gerhard Knoth (2005), a viscosidade de óleos vegetais é de uma ordem superior a de combustíveis derivados do petróleo, o que acarreta sérios problemas como a deposição nas partes internas do motor. Desde a retomada pelos biocombustíveis a partir do final da década de 70, quatro soluções passaram a ser investigadas para resolver este problema:

- A transesterificação;
- A pirólise (degradação térmica, ausência parcial ou total de um agente oxidante);
- A diluição no diesel convencional;
- A micro emulsificação;

Destes, a transesterificação com o uso de metanol é a mais comum, em função do seu baixo custo na maioria dos países e às suas vantagens físicas e químicas (polaridade, álcool de cadeia mais curta, que reage rapidamente com o triacilglicerídeo e dissolve facilmente o catalisador básico) (MA, 1999).

Além destas vantagens, a transesterificação permite a separação do glicerol. A mesma reação usando etanol é mais complicada, pois requer um álcool anidro, bem como um óleo

com baixo teor de água para levar à separação do glicerol (SCHUCHARDT, 1998).

A transesterificação é o processo mais utilizado atualmente para a produção de biodiesel, pelo fato de ser um processo relativamente simples e reduzir a massa molecular para um terço em relação aos triacilglicerídeos, como também reduz a viscosidade e aumenta a volatilidade (GERIS *et al.*, 2007).

Este processo consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com o álcool comum (etanol) ou o metanol, estimulada por um catalisador (ácido ou base), da qual também se extrai a glicerina, produto com aplicações diversas na indústria química (GERIS *et al.*, 2007).

Além da glicerina, a cadeia produtiva do biodiesel gera uma série de outros co-produtos (torta, farelo etc.) que podem agregar valor e se constituir em outras fontes de renda importantes para os produtores.

Neste ensaio fizemos a opção por usar o etanol, apesar de estudos comprovarem que, com o metanol, o processo é mais rápido (GERIS *et al.*, 2007). A opção pelo etanol no processo se dá pelo menor custo e por não ser tóxico.

2.7 PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) tem como objetivo a implementação da produção e uso de biodiesel de forma sustentável, dando enfoque ao desenvolvimento regional, à geração de emprego e renda, e tem como principais diretrizes:

- Implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social;
- Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento;
- Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões

diversas, apoiado no *Triple Bottom Line* ou tripé da sustentabilidade:

A imagem do tripé é perfeita para entender a sustentabilidade. No tripé estão contidos os aspectos econômicos, ambientais e sociais, interagindo de modo a satisfazer o conceito de sustentabilidade. Nesta visão, além das questões econômicas, um país deve trabalhar um conceito que inclui um viés social e ambiental. Afinal, o desenvolvimento tem que incluir uma repartição da riqueza gerada pelo crescimento econômico, seja por meio de mais empregos criados, seja por mais serviços sociais para a população em geral. Esse critério, na maioria das vezes, é medido pelo Produto Interno Bruto (PIB) do país.

O fator ambiental era inicialmente um problema, uma vez que não existia a percepção de que, se não houvesse a preservação, não haveria matéria-prima. Felizmente, esta visão já está bastante ultrapassada e hoje é uma constatação que só teremos qualidade de vida e matéria-prima para nossas atividades se alterarmos nossas ações de modo a conseguir uma utilização dos recursos naturais de modo sustentável.

O *triple bottom line* (FIG 1) é também conhecido como os três Ps (*People, Planet and Profit*, ou, em português, PPL - Pessoas, Planeta e Lucro) (ARREBOLA, 2004).



Figura 1 - O conceito de sustentabilidade segundo a abordagem Triple Bottom Line, em suas três dimensões Fonte: Almeida, 2006.

People – Seria o capital humano de uma empresa ou sociedade. Leva em consideração o bem-estar dos funcionários pensando numa qualidade nas condições de trabalho dos funcionários e melhor atendimento possível à população que é afetada pela atividade econômica em questão.

Planet – Refere-se ao capital natural de uma empresa ou sociedade. São consideradas nesta perna do tripé as questões ambientais, uma vez que toda atividade humana causa impactos negativos no meio em que está instalada. Devem-se considerar todas as formas de reduzir os impactos causados pela ação e de compensar os prejuízos causados ao meio ambiente. Neste caso deve-se considerar também a adequação a legislação vigente.

Profit – Trata-se do lucro. Neste caso é considerado o resultado econômico positivo de uma empresa ou governo. Deve estar em sintonia com os outros dois aspectos do *triple bottom*.

2.8 BIODIESEL NO BRASIL

O Brasil passou quase meio século desenvolvendo pesquisas sobre biodiesel, promovendo diversas iniciativas para uso e testes desse combustível, sendo pioneiro ao registrar a primeira patente sobre o processo de produção de combustível em 1980 (BARROS, 2007).

A partir de 2002, com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), organizou-se uma cadeia produtiva, definindo e estruturando a base tecnológica a partir da edição do marco regulatório do novo combustível. Neste período foram criadas também diversas linhas de crédito para a produção de matéria-prima para a produção do combustível.

Em julho de 2003, a Presidência da República instituiu, por meio do Decreto de 23 de dezembro de 2003, um grupo de Trabalho Interministerial que tinha como objetivo apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia. Como resultado deste estudo, foi elaborado um relatório que serviu como base para estabelecer o PNPB como ação estratégica e prioritária para o Brasil.

Em 05 de dezembro de 2004, foi lançado oficialmente o Marco Regulatório que estabelece as condições legais para a introdução do biodiesel na Matriz Energética Brasileira de combustíveis líquidos, sendo que, em 13 de janeiro de 2005, foi publicada a Lei 11.097, que estabelece a obrigatoriedade da adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor, sendo este percentual inicialmente autorizado de 2%, de 2005 a 2007, passando à obrigatoriedade de 2% em 2008 e autorizado de 5%, passando este valor a ser obrigatório a partir de 2013.

O governo visualizou, além das vantagens econômicas e ambientais, a possibilidade de trabalhar o aspecto social com a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira. Isso em função da área que será necessária para atender aos valores estimados na Lei 11.097, sendo que a área necessária para atender ao percentual de mistura de 2% equivale a 1% da área disponível para agricultura no Brasil.

A grande vantagem do biodiesel é que ele pode ser produzido a partir de diferentes oleaginosas, o que favorece o desenvolvimento de projetos em qualquer parte do país. Além disso, as regras da produção de oleaginosas foram desenvolvidas no sentido de favorecer a participação do agronegócio e da agricultura familiar, promovendo assim a inclusão social nas mais diversas regiões do Brasil (BARROS, 2007).

Outra vantagem da produção de matéria-prima para o biodiesel é a possibilidade de plantio consorciado com outras culturas, como, por exemplo, a mamona, que pode ser consorciada com o feijão e o milho.

No intento de incentivar o processo de instalação de projetos que favoreçam a inclusão social, o Governo Federal lançou o Selo Combustível Social, que permite às empresas que estiverem dentro destas regras melhores condições de financiamento junto ao BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e outras instituições financeiras. Além destas medidas, o governo favoreceu o acesso dos pequenos produtores que desejarem participar da cadeia produtiva do biodiesel a linhas de crédito especiais como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar).

A produção de biodiesel permitirá também o surgimento e a evolução de empresas no setor de combustível, ampliando o parque industrial em todo o país. A legislação vigente regulamenta o produtor de biodiesel e as especificações desse biocombustível e estrutura a cadeia de comercialização. Além disso, o governo tem incentivado este setor da economia, lançando o Pró-biodiesel, que pretende apoiar a produção de biodiesel para ser adicionado ao diesel e a geração de emprego através da implantação deste projeto, beneficiando em especial a região do semiárido nordestino com o incentivo ao plantio de mamona (BRASIL, 2003).

Outra região que também possui grande potencial para a produção de biodiesel, e neste caso com uma conotação ainda mais ecológica, é a região amazônica, a partir do óleo de dendê.

Neste aspecto, existem vários projetos em andamento no Brasil sobre o uso do biodiesel. Entre eles, a Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ) desenvolve, em parceria com a Hidroveg Indústria Química Ltda., a utilização de óleo de fritura da cadeia transnacional McDonald's como matéria-prima para a produção de biodiesel, que é testado em veículos; e a Embrapa vem desenvolvendo juntamente com a Petrobras um projeto para obtenção de biodiesel a partir da mamona (BRASIL, 2003).

A mistura do biodiesel e a distribuição serão feitas pelas distribuidoras e refinarias de combustíveis do mesmo modo que já acontece com a adição de álcool anidro à gasolina. A legislação abre ainda a possibilidade de adição de misturas maiores que as já estabelecidas pelo marco regulatório, desde que autorizadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo).

A produção de biodiesel permite economia de divisas com a importação de petróleo e óleo diesel, que hoje é de 10% do consumo nacional. A utilização do diesel convencional na frota de carga e de transporte de passageiros equivale a 57,7% do consumo nacional de combustíveis veiculares. A redução na importação tem impacto imediato na balança comercial brasileira. A mistura de 2%, equivalente a 800 milhões de litros de biodiesel/ano, representa uma economia anual de aproximadamente US\$ 160 milhões.

O biodiesel já é utilizado em outros países, como a Alemanha, que já trabalha com o B100 (biodiesel puro). A União Europeia definiu também uma meta de 2% até 2005 e de 5,75% a partir de 2010. Esta utilização em outros países abre as portas para que o Brasil possa tornar-se um grande exportador de biodiesel (BIODIESEL, 2009?).

2.9 PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A produção de biodiesel pode ser realizada com os mais diversos tipos de óleos vegetais. O óleo refinado é sempre utilizado como referência por ser mais fácil de adquirir e por ter um preço mais acessível. Os tipos de insumos e produtos no processo de fabricação do biodiesel também podem variar.

O óleo reage com um álcool, que pode ser o etanol ou o metanol, numa proporção de 140 L de metanol ou de 200 L de etanol para cada 1000 L de biodiesel produzidos. Como catalisador podem ser utilizados o hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, ácido clorídrico

ou ácido fosfórico nas proporções de 4,5 kg, 5 kg, 7 kg, ou 14 kg, respectivamente. Este processo é denominado de transesterificação (FIG 2).

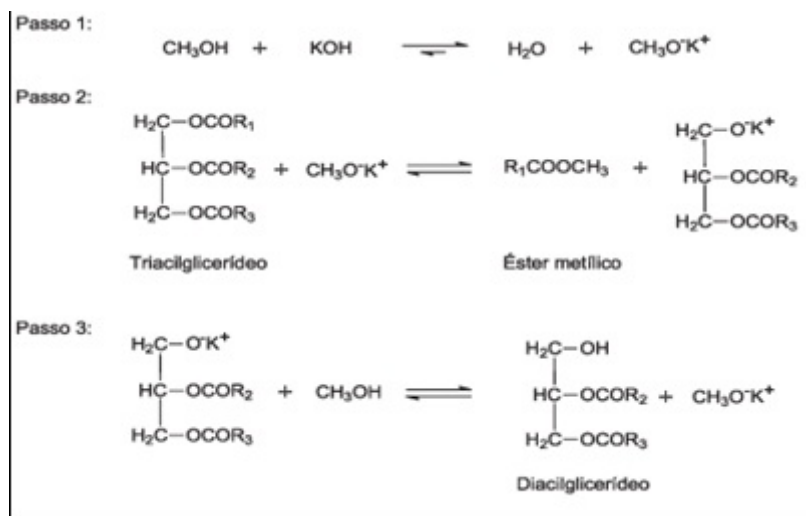


Figura 2 – Equações da reação de transesterificação de um triacilglicerídeo com metanol catalisada por hidróxido de potássio Fonte: Geris et al, 2007.

Nestas condições a proporção de biodiesel é de 100 L de biodiesel para cada 998 L de óleo vegetal (ECIRTEC, 2010?).

2.10 PRODUÇÃO DE SABÃO

As referências mais antigas aos sabões remontam ao início da Era Cristã. O sábio romano Plínio, o Velho (Gaius Plinius Secundus, 23 ou 24-79 d.C), autor da célebre *História Natural*, menciona a preparação do sabão a partir do cozimento do sebo de carneiro com cinzas de madeira. De acordo com sua descrição, o procedimento envolve o tratamento repetido da pasta resultante com sal, até o produto final. Segundo Plínio, os fenícios conheciam a técnica desde 600 a.C. O médico grego Galeno (130-200 d. C), que fez carreira, fama e fortuna em Roma, também descreve uma técnica segundo a qual o sabão podia ser preparado com gorduras e cinzas, apontando sua utilidade como medicamento para a remoção de sujeira corporal e de tecidos mortos da pele. O alquimista árabe Geber (Jabir Ibn Hayyan),

em escrito do século VIII da Era Cristã, também menciona o sabão como agente de limpeza. (UCS, 2009).

No século XIII, a indústria de sabão foi introduzida na França, procedente da Itália e da Alemanha. No século XIV, passou a se estabelecer na Inglaterra. Na América do Norte, o sabão era fabricado artesanalmente até o século XIX. A partir daí surgem as primeiras fábricas. No Brasil, a indústria de sabões data da segunda metade do século XIX (ALBERICI & PONTES, 2004).

Dois grandes avanços químicos marcam a revolução na produção de sabões. Em 1791, Nicolas Leblanc (1742-1806) concluiu o desenvolvimento do método de síntese da barrilha (carbonato de sódio) a partir da salmoura (solução de cloreto de sódio). Michel Eugène Chevreul (1786-1889), entre 1813 e 1823, esclareceu a composição química das gorduras naturais. Assim, os fabricantes do século XIX puderam ter uma ideia do processo químico envolvido, bem como dispor de matéria-prima necessária (MATTA *et al.*, 2005).

Atualmente, o sabão é obtido de gorduras (de boi, de porco, de carneiro, etc) ou de óleos (de algodão, de vários tipos de palmeiras, etc.).

A hidrólise alcalina de glicerídeos é denominada, genericamente, de reação de saponificação neste tipo de reação; quando é utilizado um éster proveniente de um ácido graxo, o sal formado recebe o nome de sabão. O mais comum de todos é o sabão de sódio. O sabão neutro, que contém glicerina, óleos, perfume e corantes é denominado sabonete.

Os detergentes são produtos sintéticos, resultantes da indústria petroquímica. Eles começaram a ser usados intensamente a partir da Segunda Guerra Mundial, quando houve escassez de óleos e gorduras para a fabricação de sabão comum.

Os detergentes sintéticos são substâncias não biodegradáveis, isto é, não são consumidas pelos micro-organismos existentes na água, causando o aparecimento de espumas, inviabilizando a vida de outras espécies na água devido ao impedimento da entrada

de oxigênio na água.

Posteriormente, passou-se a usar detergentes biodegradáveis, o que possibilita que os organismos façam a degradação dessas substâncias.

Outro problema é causado pelos fosfatos existentes na formulação dos detergentes. Os fosfatos são adubos ou fertilizantes e, quando atingem as águas dos rios e lagos, acabam provocando um crescimento exagerado de certas algas e plantas aquáticas (eutrofização), que consomem boa parte do oxigênio da água. Isso acaba por impedir a existência de outras formas de vida, inclusive a dos peixes. Atualmente, os fosfatos estão sendo substituídos, ao menos em parte, por carbonato de sódio, silicato de sódio, citrato de sódio e outras substâncias menos nocivas (CHEMELLO, 2010).

2.11 GLICERINA

A glicerina (ou glicerol) é um subproduto da fabricação do sabão e da produção de biodiesel. Por esse motivo, toda fábrica de sabão também vende glicerina. Ela é adicionada aos cremes de beleza e sabonetes, pois é um bom umectante, isto é, mantém a umidade da pele. Em produtos alimentícios ela também é adicionada com a finalidade de manter a umidade do produto e aparece no rótulo com o código "umectante U.I".

Na produção de biodiesel também temos como subproduto a glicerina, que pode ser comercializada para os mais diversos fins. Dentro do IF Sul de Minas, campus Machado, a glicerina será utilizada no desenvolvimento de outro projeto, onde será testada a viabilidade do seu uso como complemento alimentar para bovino, uma vez que será utilizado o etanol no processo, que não é tóxico para os animais.

A tabela 1 mostra as diversas aplicações para a glicerina.

Tabela 1 - Aplicações da Glicerina

APLICAÇÕES	PERCENTUAL
Síntese de resinas, ésteres	18%
Aplicações farmacêuticas	7%
Uso em cosméticos	40%
Uso alimentício	24%
Outros	11%

Fonte: Biodieselbr, 2009.

A demanda da glicerina cresce mais nos mercados de uso pessoal e higiene dental e alimentos, onde o produto tem maior pureza e valor. Corresponde a 64% do total. Em alimentos, a demanda de glicerina e derivados cresce em 4% ao ano.

Atualmente, a glicerina é um dos ingredientes mais utilizados na indústria farmacêutica na composição de cápsulas, supositórios, anestésicos, xaropes e emolientes para cremes e pomadas, antibióticos e antissépticos (BIODIESELBR, 2009?).

Além destas utilizações, a glicerina é usada também no processamento de tabaco, tornando as fibras mais resistentes, como emoliente e umectante em pastas de dente, como umectante e conservante de alimentos, para amaciar fibras têxteis, como lubrificante de máquinas e processadores de alimentos, na fabricação de tintas e resinas, na fabricação de dinamite, entre outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado nas dependências do Laboratório de Química e da Usina de Biodiesel do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Machado*, Machado-MG.

O biodiesel foi produzido pelo processo de transesterificação, que consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com o álcool comum (etanol) ou o metanol, estimulada por um catalisador (ácido ou base), da qual também se extrai a glicerina, produto com aplicações diversas na indústria química (GERIS *et al.*, 2007).

A rota etílica é pouco utilizada devido à dificuldade de separação do biodiesel e glicerina. A solução para este problema foi encontrada, de forma simples, pela adição de água após a reação de transesterificação para provocar a separação da glicerina. Na usina optou-se pela produção de biodiesel a partir da rota etílica, uma vez, que a rota metílica é tóxica e apresenta risco de contaminação para os alunos e para o meio ambiente.

O óleo vegetal usado na produção de biodiesel foi o óleo refinado de soja, sendo denominado de óleo não residual (ONR). Além do óleo não residual, foi usado óleo denominado residual (OR), descartado após o preparo de alimentos processados por fritura, de cozinhas domésticas e de restaurantes da região de Machado – MG.

O óleo residual foi separado por sua qualidade visual em classificado e não classificado. O óleo residual classificado (ORC) foi o de melhor qualidade por apresentar menor índice de impurezas, como material particulado, e menor odor, e o óleo residual não classificado (ORNCL) foi aquele óleo com maior deposição de resíduos.

Nos procedimentos laboratoriais foram realizados cinco tratamentos, os quais contaram da produção de biodiesel com uso de óleo refinado de soja pela rota etílica e

metílica; produção de biodiesel a partir de óleo residual classificado pela rota etílica com água adicionada no final do processo de transesterificação; obtenção de biodiesel com óleo residual classificado lavado, pela rota etílica, com ou sem água adicionada no final do processo de transesterificação.

O óleo residual não classificado foi lavado no intuito de reduzir as impurezas. Neste processo, nos 250 mL de óleo residual foram adicionados 25 mL de água e esta mistura foi agitada por 3 minutos e deixada em repouso por 24 horas, após este período foi separado do óleo a água e seus resíduos, sendo o óleo levado ao processo de transesterificação.

Para todos os tratamentos, na reação de transesterificação, foram empregados 250 mL de óleo (residual ou não residual); como catalisador foi utilizado 0,05 g de hidróxido de sódio (NaOH) e 25mL de álcool (etanol ou metanol). O hidróxido de sódio foi diluído no álcool, e a mistura adicionada ao óleo à temperatura ambiente de 27° C. A mistura foi agitada por aproximadamente 10 minutos e deixada em decantação por aproximadamente 40 minutos, período em que ocorre a separação da glicerina, que é mais pesada, na parte inferior, e o biodiesel, que é mais leve, na parte superior. Na rota etílica foram empregados ainda na reação mais 25 mL de água visando à separação da glicerina.

Para a produção de biodiesel pela rota etílica, na usina, foram utilizados 350 L de óleo vegetal, 7 kg de hidróxido de sódio (NaOH), 35 L de álcool etílico e 35 L de água. O óleo foi colocado no aquecedor (70° por 15 minutos) e o hidróxido de sódio e o álcool etílico foram colocados no misturador ou catalisador (figura 3). O óleo aquecido e a mistura de álcool e hidróxido de sódio passam então para o reator (figura 3), que promove a transesterificação, sob agitação durante 15 minutos, sendo, em seguida adicionada a água. Posteriormente, esta mistura é agitada por mais 35 minutos, sendo levada para os decantadores por aproximadamente 40 minutos. A glicerina, por apresentar maior densidade que o biodiesel, fica na parte baixa do decantador e é retirada por uma válvula. O biodiesel produzido é então

conduzido ao secador (figura 3), e finalmente armazenado no reservatório.



Figura 3 – Usina de Biodiesel. 1 Aquecedor de óleo; 2 Catalisador; 3 Reator; 4 (a,b,c) Decantadores; 5 Secador.

Na usina, foram realizados dois tratamentos compostos por óleo refinado de soja não residual (US – ONR) e óleo residual classificado (US – ORC). Nos procedimentos laboratoriais e na usina foram avaliadas as seguintes características: produção de biodiesel, glicerina e o rendimento de biodiesel a partir do óleo não residual e do óleo residual.

O delineamento foi o inteiramente casualizado (DIC), constando de cinco tratamentos com cinco repetições para os procedimentos laboratoriais, sendo a análise realizada pelo programa SISVAR (FERREIRA, 1999) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos dados obtidos, na usina, foi realizada análise estatística descritiva, constando de dois tratamentos com cinco repetições.

3.1 PRODUÇÃO DE SABÃO EM BARRA E DETERGENTE LÍQUIDO

3.1.1 Produção de sabão em barra

A produção de sabão foi realizada com o óleo residual (óleo comestível usado, óleo de soja) de qualidade inferior, que não poderia ser utilizado para a produção de biodiesel. O critério utilizado para classificar este óleo foi a análise visual de comparação de cor, odor e textura em relação ao óleo não residual.

Material para produção:

- 4 L de óleo comestível usado;
- 2 L de água,
- 150 g de sabão em pó;
- 1 kg de soda cáustica (NaOH);

O sabão produzido foi transformado artesanalmente em sabão em pó (FIG 4), para a utilização na lavanderia do campus .



Figura 4 - Sabão em pó produzido no Campus

3.1.1.1 Procedimento

O sabão em pó é dissolvido em 0,5 L de água quente; em seguida o hidróxido de sódio é dissolvido em 1,5 L de água quente. A solução de hidróxido de sódio é acrescentada ao óleo residual em um recipiente de 10 L; a mistura é agitada por cinco minutos. Em seguida, o sabão dissolvido é acrescentado à solução e agitado novamente por 20 minutos. Ao final do processo é acrescentado lentamente vinagre (ácido acético) e controlado o pH entre 6 e 8 com a ajuda de um papel indicador (ou papel de tornassol). A finalidade de se adicionar ácido durante a preparação do sabão é controlar o pH na faixa da neutralidade, pois não é aconselhável utilizar sabões que sejam muito básicos nem muito ácidos, pois podem causar irritação.

Durante todo o processo é necessária a utilização de luvas de borracha, óculos de proteção e botas de borracha para manusear os produtos do sabão.

3.1.2 Produção de detergente líquido

Para a produção do detergente líquido são utilizados:

- 3 L de óleo residual
- 2 L de água (bem gelada)
- 1 kg soda cáustica
- 2 L de álcool (etanol)
- 45 L de água em temperatura ambiente

3.1.2.1 Procedimento

A soda cáustica é dissolvida na água gelada e o óleo é acrescentado. A mistura é agitada por 30 minutos, à solução é adicionado o álcool aos poucos. Após o processo de agitação a mistura foi adicionada aos 45 L de água restante. Neste tipo de sabão pode ser

acrescentado 1 L de cloro no final da reação.

No *Campus* Machado, trabalhou-se com a receita utilizando 45 L de água, e com outra receita utilizando apenas 35 L para obter um material mais consistente para uso nas máquinas de lavar roupas industriais e na cozinha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção de biodiesel em laboratório apresenta contrastes entre o óleo residual e o óleo não residual. Os dados da produção laboratorial de biodiesel estão apresentados na tabela 2. Em laboratório, utilizando o óleo não residual, pela rota metílica (ONR–rm) foram produzidos 250 mL de biodiesel e 25 mL de glicerina para cada 250 mL de óleo utilizado (TABELA 2).

Tabela 2 – Produção de biodiesel e glicerina a partir de procedimentos laboratoriais.

Tratamentos	Óleo (mL)	Lavagem ¹ (mL)	Água retirada ² (mL)	Água no final do processo ³ (mL)	Biodiesel (mL)	Glicerina (mL)
ONR - rm	250	-	-	-	250 A	25 C
ONR - re*	250	-	-	25	250 A	50 B
ORC - re*	250	-	-	25	200 C	100 A
ORNCL - re	250	25	42,5	-	210 C	50 B
ORNCL - re*	250	25	39,5	25	235 B	50 B

¹Lavagem de óleo residual com água; ²água retirada após a lavagem; ³água adicionada após a transesterificação. ONR (óleo não residual); ORC (óleo residual classificado); ORNCL (óleo residual não classificado); rota etílica (re); rota metílica (rm); *tratamentos com adição de água no final do processo. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção, em laboratório, utilizando o óleo não residual pela rota etílica (ONR-re*), apresenta os mesmos valores para o biodiesel; entretanto a quantidade de glicerina foi de 50 mL em função dos 25 mL de água que tem que ser adicionada ao final do processo (TABELA 2). Isto acontece pelo fato de a glicerina e a água saírem juntas no processo de decantação.

A produção de biodiesel a partir do óleo residual pela rota etílica foi menor do que os valores alcançados quando comparado com o óleo não residual pela rota etílica ou metílica (TABELA 2). Estes valores já eram esperados, pois o óleo residual apresenta impurezas e menor qualidade, o que proporcionou menor produção de biodiesel. Entretanto, a produção do biodiesel a partir de óleo residual é uma possibilidade viável, conforme já comprovado por

Costa & Rossi (2000), principalmente por ser um resíduo da culinária apresentando baixo valor de mercado, facilidade de obtenção e, além disso, a produção de biodiesel a partir de óleo residual pode diminuir os impactos ambientais de lançamento desse resíduo no meio ambiente.

A produção de biodiesel, a partir de óleo residual classificado visualmente de melhor qualidade, sem lavar, e com a adição de água ao final do processo (ORC – re*), foi 20% inferior à do óleo não residual (TABELA 2).

A produção de biodiesel em laboratório a partir do óleo residual sem classificação visual, previamente lavado e sem adição de água no final do processo (ORNCL-re) está apresentada na Tabela 2. Ao compararmos com o óleo não residual, a primeira diferença é a falta de homogeneidade do óleo recebido e que a produção de biodiesel foi menor que a do óleo não residual.

A quantidade de água retirada após o processo de lavagem apresentou média de 42,5 mL, o que mostra a heterogeneidade do óleo recebido. Percebemos que o biodiesel produzido a partir do óleo lavado apresenta características de coloração e textura melhores do que o residual não lavado. A glicerina produzida não apresentou resíduo e tem também características visuais mais próximas da produzida pelo óleo não residual.

Para a produção de biodiesel em laboratório com o emprego de óleo residual lavado não classificado e com água adicionada no final do processo (ORNCL-re*), a quantidade de água retirada no processo apresentou variação entre 39 e 40 mL, com uma média de 39,5 mL (TABELA 2). Esta variação na quantidade de água se deve ao fato de o óleo, ao ficar no tambor, sofrer decantação e, mesmo que agitado no processo de coleta do óleo, apresentar esta variação na quantidade de água. A produção de biodiesel apresentou média de 235,5 mL, que representa um valor mais próximo dos 250 mL obtidos a partir do óleo não residual. Neste processo observou-se boa qualidade visual do biodiesel produzido. A glicerina produzida foi

de 50 mL e apresenta as mesmas qualidades que a produzida pelo óleo não residual.

A produção de biodiesel na usina a partir do óleo não residual (US-ONR) foi em média de 300 L de biodiesel e de 123,2 L de glicerina para 350 L de óleo utilizados (TABELA 3). Ao comparar a produção de biodiesel, na usina, a partir de óleo não residual com os procedimentos laboratoriais, verifica-se que, em laboratório, o rendimento foi 15% superior ao da usina (GRÁFICO 1). Provavelmente, os procedimentos laboratoriais, por apresentarem maior controle, não reproduziram a realidade da usina com seus possíveis contaminantes, como resíduos de outros processos de produção. Então, é sempre importante a limpeza e o controle do processo de produção de biodiesel na usina.

A produção de biodiesel na usina a partir do óleo residual classificado (US-ORC) foi em média de 282,5 L de biodiesel e 140,5 L de glicerina para 350 L de óleo, conforme Tabela 3. Na usina, o rendimento de biodiesel, produzido a partir de óleo residual, foi bastante semelhante aos dados obtidos no processo laboratorial com óleo residual classificado visualmente, sem lavar e com adição de água ao final do processo (GRÁFICO 1), o que demonstra que o rendimento da produção de biodiesel está diretamente relacionado à qualidade do óleo recebido e aos processos operacionais de produção.

Tabela 3 – Produção de biodiesel e glicerina produzidos na usina.

Tratamentos	Óleo (L)	Água no final do processo (L) ¹	Biodiesel (L) ²	Glicerina (L) ²
US – ONR (re*)	350	35	300,7±3,94	123,2±3,94
US – ORC (re*)	350	35	282,9±3,78	140,5±3,78

¹Água adicionada após a transesterificação; ² Médias obtidas de 4 repetições. US (usina); ONR (óleo não residual); ORC (óleo residual classificado); rota etílica (re); *tratamentos com adição de água no final do processo.

Ao comparar o óleo residual lavado com o residual não lavado, nos processos laboratoriais, houve rendimento maior quando utilizado o óleo residual lavado. Isto provavelmente pelo fato de a água e de os resíduos presentes neste óleo serem retirados no

processo de lavagem do óleo; entretanto não foi possível a utilização deste processo na usina pelo risco de ocorrer o processo de saponificação dentro dos tambores.

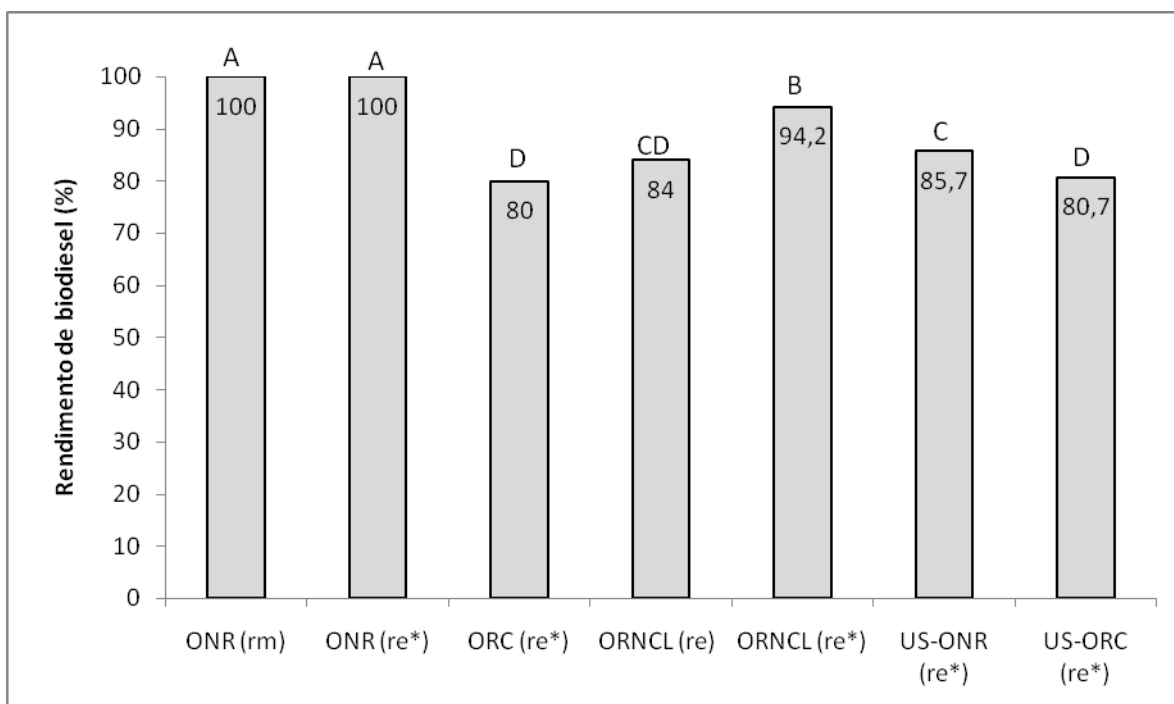


Gráfico 1 – Rendimento da produção de biodiesel nos procedimentos laboratoriais e na usina. ONR (óleo não residual); ORC (óleo residual classificado); ORNCL (óleo residual não classificado); rota etílica (re); rota metílica (rm); *tratamentos com adição de água no final do processo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Tagliari (2006), testes para a produção de biodiesel com óleo comercial e residual apresentaram resultados semelhantes, o que demonstra que o óleo residual de fritura é uma opção viável e de fácil realização, necessitando apenas de alguns cuidados básicos para o sucesso do procedimento, estando assim a fabricação ao alcance de pequenos produtores.

Este trabalho mostra que é possível minimizar o impacto ambiental com a busca de alternativas tecnológicas, a fim de melhorar a qualidade de vida da sociedade. Por isso, aproveitou-se o óleo de fritura, para a obtenção de sabão de baixo custo, e biodiesel, uma vez que esse óleo geralmente é jogado na rede de esgoto, levando ao entupimento e aumentando a carga de poluentes nas estações de tratamento, conforme já foi comprovado por Santos (2008).

Mecanismos que favoreçam a utilização dos recursos naturais de modo consciente e

controlado minimizam os problemas para o meio ambiente sem que haja necessidade da suspensão do desenvolvimento econômico da sociedade (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Evitar o descarte do óleo residual na rede de esgoto, produzindo biodiesel, contribui com o meio ambiente na redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos, e oferece uma fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo (FERRARI, 2005).

Para a produção de sabão, o processo de saponificação é rápido e o produto obtido apresenta boa qualidade. A utilização do sabão no *campus* levou à produção de sabão em pó e detergente, por ser produto de fácil produção e servirem como moeda de troca para o fornecimento do óleo residual. A produção de sabão, além de melhorar a qualidade ambiental, pode se tornar uma fonte de renda para as comunidades (SANTOS, 2006).

Na produção de sabão em barra temos um rendimento de 7 kg de sabão para 4 L de óleo residual, com a utilização de 1 kg de hidróxido de sódio. Este sabão pode ser transformado em sabão em pó, o que é realizado artesanalmente.

A produção do sabão líquido é de 53 L de sabão menos concentrado ou de 43 L de sabão com maior concentração para 3 L de óleo residual com a utilização de 1 kg de hidróxido de sódio. A receita com menos água teve melhor aceitação, pois permanece mais tempo na esponja e requer menor quantidade de sabão nas máquinas industriais.

Todo o processo, desde a coleta do óleo à produção de biodiesel e sabão, traz a ideia de sustentabilidade, não mais uma sustentabilidade imutável (ecologia radical), mas o reconhecimento de que a crise ambiental tem efeitos que comprometem simultaneamente o ecológico, o econômico e o social, aproximando-se de uma abordagem de busca de alternativas para a sustentabilidade (JATOBÁ, 2009).

No desenvolvimento do projeto foi importante a participação efetiva da comunidade envolvida no projeto com mudança de atitude, passando a armazenar o óleo residual e

encaminhando este óleo para uma destinação ecológica, evitando assim mais agressões ao meio ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões ambientais tão discutidas e debatidas em todos os setores precisam de ações que permitam a participação efetiva de toda a sociedade. Durante o desenvolvimento do trabalho, verificou-se déficit de ações no que diz respeito a mecanismos de proteção ao meio ambiente, e com isso vislumbramos diversas possibilidades como a de implantar novos mecanismos como o de coleta de lixo reciclável, que não existe formalmente em nenhuma das cidades envolvidas no projeto, a recuperação de áreas degradadas, entre outros.

É viável a utilização de óleo residual para a produção de biodiesel. Procedimentos laboratoriais podem servir como indicadores do rendimento de biodiesel na usina, servindo como testes de qualidade no recebimento do óleo residual.

A produção de sabão (figura 4), é viável e bastante vantajosa, pois reduz os custos com a compra de material industrializado, além de melhorar a qualidade da água de nossa região. Com o aumento da coleta de óleo, abre-se ainda a possibilidade da comercialização do sabão produzido pela usina, uma vez que a produção será maior que a demanda do *campus*.

Observou-se durante o desenvolvimento do trabalho a participação efetiva da comunidade envolvida e o desejo de melhorar a qualidade do meio em que vivem e evitar a degradação ambiental. Várias cidades estão interessadas em desenvolver trabalhos similares com sua população.

A qualidade do óleo recebido é fator relevante na produção; entretanto esta produção é viável, pois não é um produto para a comercialização e sim para a redução da compra de diesel convencional para o *campus*.

Novos trabalhos devem ser realizados no intuito de produzir biodiesel na usina com o emprego de óleo residual lavado, visando a desenvolver metodologia para evitar os riscos de saponificação durante o processo e aumentar o rendimento de biodiesel.

A glicerina produzida tem vários destinos, como produção de cosméticos, alimentação e outros. No *campus*, uma das possibilidades é a utilização da glicerina para enriquecer a alimentação de bovinos.

6 REFERÊNCIAS

ALBERICI, R. M.; PONTES, F. F. F. Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão. **Engenharia ambiental. Espírito Santo do Pinhal**, v.1, n.1, jan/dez. 2004.

ALMEIDA, M. F. L. **Sustentabilidade corporativa, inovação tecnológica e planejamento adaptativo**: dos princípios à ação. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica – PUC-RJ, 2006.

ARREBOLA, M. C. Responsabilidade social corporativa: competitividade e desenvolvimento social. **A prática do setor supermercadista** – São Paulo, ago 2004.

ASSUNÇÃO, J. V.; PESQUERO, C. R. Dioxinas e Furanos: origens e riscos. **Rev. Saúde Pública**, v.33, n.5, p.523-530, 1999.

AZEVEDO, C. V. J. C. **Atuação do Estado no domínio econômico e seus reflexos na política ambiental**: análise da proposta brasileira de fomento à inserção do biodiesel na matriz energética. São Paulo: Santos, 2008.

BARROS, R. **Energia para um novo mundo**. Rio de Janeiro: Monte Castelo Idéias, 2007.

BEGON, M. et al. **Ecologia**: indivíduos e ecossistemas. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BIODIESELBR. **Manual do Biodesel**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/pdf/biodiesel/manual-biodiesel.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2009.

BRASIL. Ministério da Justiça. **Boletim Científico da Escola Superior do Ministério Público da União**, v. II, - n. 9, Out/dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Justiça. **Boletim Científico da Escola Superior do Ministério Público da União**, v. II – n. 9, Out/dez. 2005.

BRAZ, M. S. A. Os mecanismos de cooperação internacional para redução de emissões sob o

Protocolo de Quito. **Boletim Escola Superior do Ministério da União**. Brasília, n. 9, p. 139-159, out/dez. 2003.

CAPRA, F. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 6.ed. São Paulo: Cultrix, 2001.

CHEMELLO, E. **Textos interativos** disponível em <http://crispassinato.wordpress.com/2008/05/17/sabao-naeq-ucs-prof%C2%BA-emiliano-chemello/> Acesso em maio 2010.

CORSINI, M.S; JORGE, N. **Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada**. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L.F.S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. In: **Revista Química Nova**, v. 4, n. 23, 2000.

DORNELLES, R. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. Rio de Janeiro: Departamento de Combustíveis Renováveis, maio/2006.

ECIRTEC. **Equipamentos e Acessórios Industriais Ltda**. Disponível em: <[http://www.ecirtec.com.br/#\[page\]prod_subCategoria.php?id_grupo=1&id_node=19](http://www.ecirtec.com.br/#[page]prod_subCategoria.php?id_grupo=1&id_node=19)>, Acesso em: 20/01/2010).

EMBRAPA. Artigo. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16>. Acesso em: 05 nov. 2009.

FERRARI, R. A. O; SILVA V; ARDALLA S. Biodiesel de soja — Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo v.28, n.1, jan./fev 2005.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4. 3 – Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 1999.

GERIS, R. et al. Biodiesel de Soja - Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**. v.30, n. 5, São Paulo, sept./oct. 2007.

GIÃO, V.; MATTOS, E. S.; JORGE, N. Avaliação da qualidade dos óleos de fritura usados em restaurantes, lanchonetes e similares. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 19, n.3, Campinas, set./dez, 1999.

GREENPEACE INTERNATIONAL. **Kyoto protocol.** Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

JATOBÁ, S. U. S. et al. Dossiê: sustentabilidade, regulação e desenvolvimento. **Sociedade Estado**, Brasília v. 24, n. 01, Jan/abr. 2009.

KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. **Fuel Process Tech**, v. 86, p. 1059-1070, 2005.

MA, F; HANNA, M. A.; Bioresour. **Technology**. 1999.

MATTA, A. P. R. C. et al. Sabão – **UFRJ**, Nov. 2005.

MENDONÇA, M. A. et al. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Com. Ciências Saúde**, v. 19, p. 115-122, 2008.

MOREIRA, H. M; GIOMETTI, A. B. Protocolo de Quioto e as responsabilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro v. 30, n. 1, jan/abr 2008.

NOGUEIRA. R.; VIDAL, J. W. B., **Nação do Sol**: preliminares. Para brasileiros de dois a cento e dois anos. Brasília: Ed. Stilo, 1999.

ONU-BRASIL. Disponível em: http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php. Acesso em 24/05/2010.

PENTEADO, R. A. N.; CUNHA, R. B. C.; PENTEADO, A.P. **Biodiesel** – Uma Sinopse das Conjunturas Brasileira e Mundial. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) – Centro Politécnico da UFPR , 2007.

PESSUTI, O. A biomassa paranaense e sustentabilidade de novos sistemas produtivos. In: **SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIODIESEL**, 1., 2003, Londrina. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.tecpar.br/cerbio/Seminario-palestras.htm>> Acesso em: 24/05/2010 de agosto de 2003.

PORTO-GONÇALVES, C. W. O desafio ambiental. São Paulo: Record, 2004. 179 p.

POZO-DÍEZ, R. M. **Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos**: comportamiento del aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico. 1995. 338 f. Tese (Doutorado em Farmácia) – Facultad de Farmacia, Universidad de Alcalá de Henares, Espanha, 1995.

RAMOS, L. P.; et al. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. n. 31, p.28 - 37, jul./dez. 2003.

SACHS, J. et al. **The Millenium Development Compact**: UN Official Declarations, set. 2000.

SANTOS, L. C. et al. Aproveitamento de óleo de fritura para a produção de sabão de baixo custo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA EM ENGENHARIA, 21, 2008, Santa Maria – RS. **Anais...** Santa Maria – RS, 2008.

SCHUCHARDT, U., SERCHELI, R., VARGAS, R. M. Transesterification of Vegetable Oils: a Review. **J. Braz. Chem.** vol. 9, n. 1, p. 199-210, 1998.

SHAY, E. G. Diesel fuel from vegetable oils: status and opportunities. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v.4, p. 227-242, 1993.

SUAREZ, P. A. Z.; ABREU, F. R. O biodiesel no Brasil. **Senatus**. Brasília, v. 4, n 1, p. 49-52, nov. 2005.

TAGLIARI, C. V.; et al. Produção enzimática de biodiesel. In.: SEPEX, 6, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2006.

UCS. Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <http://www.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_27.htm>. Acesso em: 15 out. 2009.

VASCONCELOS, E. A. **Transporte Urbano, Espaço e Equidade**. São Paulo: Editora Unidas, 1996.