

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**SARA FERNANDES MARTINS**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO DE UMA MICRO  
USINA DE BIODIESEL UTILIZANDO MATERIAL DE SUCATA E  
RECICLAGEM**

Botucatu-SP  
Dezembro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**SARA FERNANDES MARTINS**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO DE UMA MICRO  
USINA DE BIODIESEL UTILIZANDO MATERIAL DE SUCATA E  
RECICLAGEM**

Orientador: Prof. Ms. Ricardo Ghantous Cervi

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Tecnólogo no Curso Superior de Produção  
Industrial.

Botucatu-SP  
Dezembro – 2011

*À minha mãe, por me apoiar em todas as etapas da minha vida, ao Eliel por todos os valores que me ensinou ao longo dos anos e ao Thiago pela alegria de sua breve permanência neste mundo.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por permitir que eu tenha chegado até aqui apesar das adversidades.

Ao Professor Ricardo Cervi, pela orientação sempre impecável, segura e criteriosa, pela paciência, apoio e dedicação ao longo deste trabalho.

À coordenação do Curso de Produção, em especial ao Professor Alexandre Adolfo Vernini pela colaboração e por me atender prontamente sempre que necessário.

Ao Professor Gilson Tarrento, pelo exemplo de dedicação e amor à profissão, e por todo o conhecimento acadêmico e pessoal compartilhado.

Ao Professor Celso Fernandes por ter me colocado no caminho da pesquisa acadêmica;

Ao Professor Ieoschua Katz não só pela colaboração para este trabalho, mas pela disposição a ajudar a todo instante e em qualquer situação.

Ao Silas, funcionário e aluno da FATEC de Botucatu por toda ajuda prestada durante as pesquisas para este e outros trabalhos.

À todos os professores e funcionários da FATEC de Botucatu que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

À UNESP de Araraquara pela colaboração.

À minha mãe Martha pelo exemplo de vida e por ter batalhado a vida toda para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Rodrigo e Guilherme, meus avós José e Joselina, Tia Vera e Vítor.

Aos amigos e colegas de sala pelo companheirismo e paciência durante os últimos anos.

À minha amiga Luciana por todos os momentos em que estivemos juntas até hoje e pelo exemplo de superação.

À Andréa, Daniele, Rafael, Fabiana, Zilda, João, Felipe, Bianca e Diele por serem tão importantes em minha vida.

Às crianças Matheus, Paola, Poliana, Jamille e Natã por trazerem sempre tanta alegria.

## RESUMO

A constante busca por novas fontes renováveis de energia é essencial para o desenvolvimento de pesquisas, sejam elas acadêmicas ou empresariais. O Biodiesel, oriundo de fonte renovável, é apropriado para utilização em motores a combustão interna por compressão ou ignição, ou ainda para gerar outros tipos de energia, como geradores elétricos, por exemplo, substituindo total ou parcialmente as fontes de origem fóssil. Existem atualmente no Brasil poucas empresas que são detentoras de tecnologias para o desenvolvimento e construção de usinas produtoras de biodiesel, sendo a maioria delas de grande capacidade produtiva e alto valor agregado, não sendo acessível aos pequenos produtores, assentados e pesquisadores. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da construção de uma micro usina produtora de biodiesel, elaborada em um cenário hipotético – segundo a Resolução nº 25 de 02/09/2008 da ANP - Agência Nacional do Petróleo o produtor não está autorizado a vender sua produção diretamente a terceiros –, a partir de materiais de sucata e/ou reciclagem, projetando custos de obtenção de materiais, mão de obra, e matéria prima, bem como a definição do ponto de equilíbrio da produção, taxa de retorno e *payback*. Dentro das condições pré estabelecidas a construção da micro usina se mostrou viável com ponto de equilíbrio mensal igual 1757 litros e receita de equilíbrio mensal igual a R\$4.269,51, rentabilidade de 3,39% ao mês, margem de lucro 4,62% e *payback* de 2 anos e 6 meses.

**Palavras – chave:** Biodiesel. Micro usina. Viabilidade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	9
LISTA DE SÍMBOLOS .....	10
1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Objetivos.....	12
1.2 Justificativa .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 O biodiesel .....	14
2.2 Definição:.....	17
2.3 Propriedades .....	19
2.3.1 Viscosidade e densidade .....	19
2.3.2 Lubricidade .....	20
2.3.3 Ponto de Névoa e de Fluidez .....	20
2.3.4 Ponto de Fulgor.....	21
2.3.5 Poder Calorífico.....	21
2.3.6 Índice de Cetano (NC).....	21
2.3.7 Teor de Enxofre .....	22
2.3.8 Poder de Solvência.....	23
2.3.9 Acidez.....	23
2.4 Processos de Transformação .....	23
2.4.1 Craqueamento.....	24
2.4.2 Esterificação .....	25
2.4.3 Transesterificação.....	25
2.4.3.1 Catalisadores utilizados na reação de transesterificação.....	27
2.4.3.2 Subprodutos finais.....	28
2.5 Matéria Prima.....	28
2.5.1 Óleo de fritura ou de descarte como matéria prima .....	29
2.6 Rota Metílica .....	30
2.6.1 Vantagens .....	31
2.6.2 Desvantagens.....	31
2.7 Rota Eética.....	31
2.7.1 Vantagens .....	32
2.7.2 Desvantagens.....	32
2.8 Vantagens do Biodiesel.....	32
2.9 Desvantagens ou limitações do biodiesel .....	33
2.10 Purificação do Biodiesel .....	34
2.10.1 Purificação úmida.....	35
2.10.2 Purificação a seco.....	35
2.11 O biodiesel no brasil .....	35
2.12 Políticas e Incentivos Governamentais .....	39
2.13 Legislação e Normas sobre o biodiesel.....	41
2.13.1 Leis .....	41
2.13.2 Decretos .....	41
2.13.3 Portarias .....	42
2.13.4 Resoluções .....	42
2.13.5 Instruções Normativas .....	43
2.14 Análise de viabilidade de projetos.....	43

<b>2.14.1</b>	<b>Arquitetura do Projeto.....</b>	<b>44</b>
<b>2.14.2</b>	<b>Engenharia do Projeto .....</b>	<b>44</b>
<b>2.14.3</b>	<b>Receitas do Projeto .....</b>	<b>44</b>
<b>2.14.4</b>	<b>Custos do Projeto.....</b>	<b>45</b>
<b>2.14.4.1</b>	<b>Custos Fixos .....</b>	<b>45</b>
2.14.4.1.1	Depreciação Linear.....	46
2.14.4.1.2	Juros.....	47
<b>2.14.4.2</b>	<b>Custos variáveis .....</b>	<b>47</b>
<b>2.14.5</b>	<b>Ponto de Equilíbrio.....</b>	<b>48</b>
<b>2.14.6</b>	<b>Margem de Lucro .....</b>	<b>50</b>
<b>2.14.7</b>	<b>Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE) .....</b>	<b>50</b>
<b>2.14.8</b>	<b>Taxa de Retorno .....</b>	<b>50</b>
<b>2.14.9</b>	<b>Payback .....</b>	<b>51</b>
<b>2.14.10</b>	<b>Comercialização da glicerina .....</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Material .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2</b>	<b>Métodos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Projeto e dimensionamento da usina .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Definição e cotação dos materiais .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Investimento total .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Dimensionamento de insumos .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Cálculo dos custos fixos e variáveis.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Análise da viabilidade econômica .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Análise físico-químico do biodiesel .....</b>	<b>55</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 – O Biodiesel .....	15
2 - Craqueamento térmico ou termocatalítico .....	24
3 - Reação de Esterificação .....	25
4 - Reação de Transesterificação de um triglicerídeo reagindo com álcool na presença de um catalisador.....	26
5 - R` = Cadeia carbônica do ácido graxo R= Grupo Aquil do Álcool.....	27
6 - R` = Cadeia carbônica do Ácido Graxo R= Grupo Alquil do Álcool.....	27
7 - Gráfico da evolução de produção de biodiesel.....	38
8 – Gráfico representativo dos custos fixos.....	46
9 – Gráfico representativo do custo variável em função do volume produzido.....	48
10 – Gráfico representativo do Ponto de Equilíbrio Contábil .....	49
11 – Esquema planificado da micro usina.....	57
12 – Projeto do reator da micro usina.....	59
13 – Desenho do projeto da coluna de purificação a seco, com garrafa PET. ....	59
14 – Planta das instalações da micro usina.....	61
15 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio Contábil.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 – Definição de Biodiesel.....	18
2 – Valores médios do biodiesel e do diesel.....	34
3 – Dados da capacidade nominal e produtiva de biodiesel.....	36
4 – Produção Nacional de Biodiesel 2005 – 2010 e novas usinas autorizadas para produção industrial de Biodiesel .....	40
5 – Evolução dos custos fixos .....	45
6 – Evolução dos custos variáveis .....	47
7 – Matérias utilizados na micro usina.....	58
8 – Investimento para construção da usina.....	60
9 – Investimento total do projeto da usina.....	62
10 – Quantidade de insumos por batelada.....	63
11 – Preço dos insumos.....	63
12 – Custos fixos.....	64
13 – Custos variáveis.....	64
14 – Volume de produção em litros.....	65
15 – Volume efetivo produzido após retirada das amostras.....	65
16 – Receita bruta de venda.....	66
17 – Impostos sobre a venda receita bruta.....	66
18 – Outras receitas: venda da glicerina bruta.....	66
19 – Definição do Ponto de Equilíbrio Contábil.....	67
20 – Demonstrativo do resultado do exercício (R\$).....	68
21 – Demonstrativo mensal e anual dos indicadores.....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais  
ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores  
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis  
Art. – Artigo  
ASTM – American Society for Testing and Materials  
CBF – Fundo Bio de Carbono  
CD2 – *Cluster of differentiation 2* (Grupo de Diferenciação 2)  
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia  
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrícola  
MDL – Mecanismo de desenvolvimento limpo  
NC – Número de Cetano ou Índice de Cetano  
NOx – Número de Oxidação  
PCF – Fundo do Protótipo de Carbono  
PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia  
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel  
SCS – Selo Combustível Social

## LISTA DE SÍMBOLOS

- 1)  $Al_2O_3$ : óxido de alumínio
- 2)  $CO_2$ : Dióxido de Carbono
- 3)  $KOH$ : hidróxido de potássio
- 4)  $mm^2 / s$ : milímetro ao quadrado por segundo
- 5)  $NaOH$ : hidróxido de sódio
- 6)  $-OH$ : hidroxila
- 7)  $-OR_1$ : alcooxila
- 8)  $SiO_2$ : óxido de silício

## 1 INTRODUÇÃO

A constante busca por novas fontes renováveis de energia é essencial para o desenvolvimento de pesquisas, sejam elas acadêmicas ou empresariais, que culminarão no desenvolvimento de novas tecnologias.

O Biodiesel, oriundo de fonte renovável, é apropriado para utilização em motores a combustão interna por compressão ou ignição, ou ainda para gerar outros tipos de energia, como geradores elétricos, por exemplo, substituindo total ou parcialmente as fontes de origem fóssil. Além disso, é um combustível que possui baixos índices de emissão de poluentes e pode ser produzido a partir de matéria prima de fácil aquisição, como o óleo de descarte por exemplo. O biodiesel é isento de petróleo, e além de atóxico é livre de compostos sulfurados (MACEDO & NOGUEIRA, 2005).

Este biocombustível é, em sua maioria, obtido através do processo denominado transesterificação. Desta reação, obtém-se os ésteres (metílicos ou etílicos) ou biodiesel e um subproduto denominado glicerol ou glicerina. A glicerina resultante do processo possui várias aplicações dentro da cadeia produtiva, após sua purificação ou estado bruto, podendo ser utilizada na fabricação de sabonetes, fertilizantes, farelo, entre outros. A utilização ou comercialização da glicerina agregam valor ao processo de produção de Biodiesel, podendo aumentar a renda do produtor.

Quando adicionado ao óleo diesel com baixo teor de enxofre, o biodiesel proporciona uma maior lubricidade do combustível, fator importante nos motores a combustão interna. Logo, infere-se que ele pode ser usado puro, ou misturado ao diesel de origem fóssil. Considera-se uma boa opção, a adição de 5 a 8% de biodiesel ao diesel de petróleo, para

otimizar essa lubricidade, apesar de poder ser misturado em diversas proporções (MACEDO & NOGUEIRA, 2005).

Existem atualmente no Brasil, poucas empresas que são detentoras de tecnologias para o desenvolvimento e construção de usinas produtoras de biodiesel, sendo a maioria delas de grande capacidade produtiva (a partir de 1000 litros/dia) que demandam investimentos iniciais de aproximadamente R\$600.000,00, tornando impossível a aquisição dessas unidades por produtores de pequeno porte, assentamentos rurais ou até mesmo pesquisadores da área em nível acadêmico (NASCIMENTO et al., 2006).

Visando a melhoria da estrutura de ensino nas disciplinas voltadas às áreas de energias renováveis nas universidades, empresas vêm desenvolvendo e utilizando módulos didáticos de produção de biodiesel, como na Universidade de Itaúna. A constante busca por métodos de geração e aproveitamento de novas energias renováveis reforça a importância dos estudos experimentais nos cursos universitários (BRASIL et al., 2002).

O uso de módulos didáticos permite realizar um escalonamento experimental para o processo produtivo em larga escala. Permite ainda variar as matérias primas e catalisadores utilizados no processo sem os prejuízos que haveriam em uma usina de grande porte. Para tanto, o processo em si, bem como o transporte e manuseio desses materiais devem ser simples.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da construção de uma micro usina produtora de biodiesel, a partir de materiais de sucata e/ou reciclagem, projetando custos de obtenção de materiais, mão de obra, e matéria prima, bem como definir o ponto de equilíbrio da produção, margem de lucro, a taxa de retorno e o *payback*.

## **1.2 Justificativa**

O projeto de construção e análise de sua viabilidade econômica permitiram estudar todos os aspectos envolvidos na produção deste biocombustível, tanto no que diz respeito às etapas de escolha dos materiais, projeção de custos e processos em si, quanto aos aspectos ligados a possibilidade da micro usina atender as necessidades de pequenos produtores, assentamentos rurais, ou pesquisadores independentes que não possuem recursos para obter

uma estação produtora de grande porte e em sua maioria, não dispõem de grande quantidade de matéria prima.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O biodiesel

A realidade de utilizar óleos vegetais puros ou reutilizados e gorduras animais para a produção de um combustível diesel de fonte renovável é cada vez mais presente e fascinante. O biodiesel, hoje, é utilizado puro ou misturado com combustíveis derivados do petróleo.

O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje, mas tais óleos podem se tornar ao longo do tempo, tão importantes quanto o petróleo e o carvão de hoje (Rudolf Diesel, 1912).

O primeiro motor movido a biocombustível foi apresentado em uma feira em Paris, por Rudolf Diesel, em 1900, naquele momento representado pelo óleo de amendoim.

Logo, os óleos vegetais foram substituídos, devido a fatores econômicos e técnicos, por um derivado do petróleo: o Óleo Diesel (nome que faz referência ao inventor do motor ciclo diesel), devido à falta de consciência ambiental da época, fator hoje determinante nos estudos de produção de biodiesel.

Na década de 30, o governo francês incentivava as experiências com o óleo de amendoim visando a conquistar a independência energética (KNOTHE, et. al., 2006). Durante a II Guerra Mundial, o combustível de origem vegetal foi utilizado extensamente em vários países, incluindo a China, a Índia e, obviamente, a Bélgica. Em 1941 e 1942, havia uma linha de ônibus entre Bruxelas e Louvain, que utilizava combustível obtido a partir do óleo de palma (KNOTHE, et. al., 2006).

Foi após a crise energética da década de 70 e com a elevação dos preços do petróleo em quase 300% que o mundo passou a dar mais valor e atenção às energias renováveis, que começaram a ser procuradas como substituto do petróleo. Já no Brasil, em 1979 o Brasil

passou a produzir álcool em grande escala, fazendo com que a frota de veículos produzidos no país se tornasse quase que 80% movida com motores a álcool.

O biodiesel, representado pela Figura 1, foi desenvolvido no Brasil na década de 70. Enquanto na Europa estudos eram cada vez maiores para começar a produzir e utilizar o biocombustível, no Brasil, com a queda dos preços do petróleo, a partir de 1986, os estudos foram paralisados e praticamente esquecidos.

Figura 1 – O Biodiesel



Fonte: Biofuels and glycerol, 2010.

Iniciaram-se as primeiras transformações químicas nos óleos vegetais, a fim de torná-lo menos viscoso e mais eficiente. A pirólise foi o primeiro método de transformação utilizado, seguido da transesterificação e esterificação (POUSA et al., 2007), mas a primeira patente mundial de produção industrial de biodiesel por transesterificação surgiu na década de 80, no Brasil, de autoria do engenheiro químico Expedito José de Sá Parente (OLGA, 2005).

Quanto aos aspectos econômicos, o biodiesel é uma alternativa de diminuição da dependência dos derivados de petróleo, recursos cada vez mais escassos e com preços suscetíveis a oscilações políticas, ajudando a diversificar a matriz energética brasileira e propiciando uma economia de divisas. Em 2007, o consumo anual esperado de diesel no Brasil é de cerca de 40 bilhões de litros, e 5% desse valor, ou seja, 2 bilhões de litros, são importados. A produção de biodiesel prevê uma redução de quase 50% destas importações, significando uma redução próxima aos US\$ 640 milhões na saída de divisas (CRISTINA, 2007).

No âmbito legal, o biodiesel será um componente obrigatório no curto/médio prazo na composição do óleo diesel comercializado no território nacional. O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel de petróleo em diversas proporções. O Art. 2º, Lei nº

11.097 de 13.01.2005, determina a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, fixado em 5% (cinco por cento) em volume o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final em qualquer parte do território nacional. O prazo para aplicação do disposto no *caput* deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação da Lei, sendo de 3 (três) anos o período, após a publicação da Lei, para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% (dois por cento) em volume (MCT, 2005).

Em se tratando do cunho social, o biodiesel possibilita a geração de novos empregos em regiões carentes do país, tendo como resultado a redução da violência urbana. A criação de um novo mercado para oleaginosas, recurso do qual o biodiesel pode ser gerado, aumenta seu valor agregado e possibilita a reversão das migrações campo-cidade, diminuindo o custo de investimento em infra-estrutura nas cidades e evitando a desertificação pelo desenvolvimento da agricultura. Ocorre, ainda, a ampliação do acesso à energia para cerca de um terço da população mundial melhorando sua qualidade de vida (PETROBRAS, 2006).

Quanto aos aspectos ambientais, há um ganho devido à perspectiva de redução da emissão de poluentes e por ser uma alternativa para exportação de créditos de carbono relativos ao Protocolo de Kyoto, incorrendo, também, em vantagem econômica. O biodiesel não é nocivo ou tóxico, não é explosivo ou inflamável à temperatura ambiente, não provoca danos ecológicos por vazamento em oleodutos, navios, tanques etc (ARAÚJO, 2009).

Além da vantagem de ser um combustível 100% nacional, os ganhos ambientais do uso do biodiesel, como a redução de emissão de gases poluentes, são indiscutíveis. A emissão de dióxido de carbono tem uma redução de 46% quando o biodiesel é utilizado em sua forma pura e, redução de 68% de material particulado (TORRES e AVILA, 2006).

Estudos apresentados em Ferreira et al., (2006) apontam que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel, se tomado o biodiesel 100% puro em comparação ao diesel, tem como resultado as seguintes reduções de emissões:

20% de enxofre, não contribuindo para chuva ácida,

9,8% de anidrido carbônico,

14,2% de hidrocarbonetos não queimados,

26,8% de material particulado;

4,6% de óxido de nitrogênio.

No caso de mistura, a redução é proporcional às percentagens apresentadas. A redução de poluentes como o dióxido de carbono promove a reversão do efeito estufa na fase

de implantação do programa (AMBIENTE BRASIL, 2006). Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas, pois o país poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Assim, haveria a possibilidade da venda de cotas de carbono através do Fundo Protótipo de Carbono (PCF), pela redução das emissões de gases poluentes e também créditos de carbono, através do Fundo Bio de Carbono (CBF), administrados pelo Banco Mundial (MEIRELLES, 2003). Neste sentido, o biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, no qual o CO<sub>2</sub> é absorvido durante o período de crescimento da planta e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor (HOLANDA, 2004).

São várias as qualidades do Biodiesel, porque além de ser miscível com o Diesel de origem fóssil ele ainda é derivado de matérias primas renováveis e de procedência natural, biodegradável, reduz a emissão de gases provenientes da exaustão (exceto os óxidos de nitrogênio), possui manuseio e armazenagem mais seguros, possui nicho de mercado diretamente associado à produção agrícola, apresenta alta lubrificidade e, se produzido através do óleo de fritura, possui grande apelo ambiental. Por isso, muitos países passaram a utilizar essa mistura ao invés de utilizar o biodiesel puro. Estas misturas, portanto, não podem ser caracterizadas como biodiesel. Obviamente, óleos vegetais e gorduras de origem animal não transesterificadas também não podem ser denominadas 'biodiesel' (KNOTHE, et. al., 2006).

O Biodiesel possui ainda valor comercial no mercado superior ao do diesel derivado do petróleo (COSTA NETO, 2006).

Por fim, não pode ser descartado o desenvolvimento científico e tecnológico derivado da nova atividade de negócios para um mercado já definido (ARAÚJO, 2009).

No Brasil, por exemplo, onde o etanol é mais barato, ésteres etílicos são utilizados como combustíveis (KNOTHE, et. al., 2006). O Brasil é hoje o país com o maior potencial para produção de biodiesel, tendo em vista a abundância de terras cultiváveis e etanol. Com a conscientização acerca do tema do aquecimento global, o tema biocombustível vem sendo pauta constante e foco de novos estudos e pesquisas.

## **2.2 Definição:**

A MB do Brasil (2006) define biodiesel como um combustível de queima limpa, derivado de fontes naturais e renováveis. Já o PNPB (2006) descreve o biodiesel como um combustível biodegradável, composto de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa

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 conforme a especificação contida no Regulamento Técnico ANP N°1/2008, existindo inúmeras espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como a mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, algodão, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

Biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos de enxofre e aromáticos, o biodiesel pode ser obtido por fontes domésticas como óleos residuais de frituras e culinária. Possui características similares ao diesel convencional, podendo ser utilizado em veículos sem necessidade de adaptações e seu uso pode ser integral ou através de misturas com o próprio diesel de petróleo (BIODIESEL ORG, 2009).

Parente, (2003) disserta que o biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, sucedâneo ao óleo diesel mineral, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente.

A Tabela 1 sintetiza a definição do biodiesel.

Tabela 1 – Definição de Biodiesel

<b>DEFINIÇÃO DO BIODIESEL</b>	
<b>Características</b>	Renovável, queima limpa, biodegradável.
<b>Origem</b>	Gorduras animais ou óleos vegetais como dendê, algodão soja, girassol, amendoim, mamona, dentre outros, e óleos residuais de fritura e biomassa.
<b>Obtenção</b>	Processos de craqueamento, esterificação ou transesterificação.
<b>Utilização</b>	Motores de combustão interna por ignição a compressão, fornos, caldeiras, combustível para navios, motores de grande porte, máquinas pesadas, geração termoelétrica e indústrias.
<b>Classificação química</b>	Éster metílico ou etílico composto de mono-alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa.
<b>Reação química</b>	Qualquer ácido graxo ou triglicerídeo com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol)

Fonte: Knothe et. al., 2006.

Misturas de biodiesel numa porcentagem de 2% recebem a denominação usual de B2, bem como o termo B5 é utilizado para uma mistura de 5%. O B100 constitui o biodiesel puro.

## **2.3 Propriedades**

O biodiesel é um éster de ácido graxo, renovável e biodegradável, obtido comumente a partir da reação química de óleos ou gorduras, de origem animal ou vegetal, com um álcool na presença de um catalisador (reação conhecida como transesterificação). Pode ser obtido também pelos processos de craqueamento e esterificação.

### **2.3.1 Viscosidade e densidade**

As propriedades fluidodinâmicas de um combustível, importantes no que diz respeito ao funcionamento de motores de injeção por compressão (motores diesel), são a viscosidade e a densidade. Tais propriedades exercem grande influência na circulação e injeção do combustível.

A viscosidade é uma medida de resistência da vazão de um líquido em relação à fricção ou atrito interno de uma parte do fluido que escoar sobre outra. Esta condição afeta a “pulverização” do combustível no momento de sua injeção na câmara de combustão e, por último, a formação de depósito no motor (KNOTHE et al., 2006).

Por possuir propriedades fluidodinâmicas semelhantes ao do óleo diesel mineral, não é necessário fazer alterações ou regulagens nos sistemas em que serão aplicados como tanques, motores e bombas, independentemente a origem do biodiesel (residual, animal, etc.). Além disso, este biocombustível não causa corrosão nos motores, não altera a partida do veículo, flui corretamente nas mangueiras (devido a sua baixa densidade), propicia menor formação de resíduos no motor e não carboniza os bicos injetores de combustível.

A análise de amostras de biodiesel produzido através do óleo residual (soja e milho), mostrou que a viscosidade cinemática variou em valores que vão de 4,2215 a 4,4295 mm<sup>2</sup>/s (SANTOS, et. al., 2007).

O biodiesel independe da matéria prima de origem para enquadrar-se na faixa de viscosidade dos óleos diesel oferecidos no mercado e, além disso, a lubrificidade de qualquer biodiesel supera, em muito, a lubrificidade do óleo diesel. Da mesma forma, o biodiesel

substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivos (caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc). Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções (PARENTE, 2003).

### **2.3.2 Lubricidade**

É o poder de lubrificação de uma substância e depende de outras propriedades físicas, destacando-se a viscosidade e a tensão superficial (KOEHLER, 2007).

Os motores movidos a diesel mineral necessitam que o combustível tenha alta capacidade de lubrificação e lubrifique adequadamente suas peças, diferentemente dos movidos a gasolina. A lubricidade do óleo mineral é superada, em muito, por qualquer biodiesel.

A compatibilidade ao uso de biodiesel nos motores a diesel convencionais está associada ao tempo de vida útil do motor e de suas respectivas peças, visto que para um motor a diesel, o combustível serve também como lubrificante. Isso se deve ao fato de o biodiesel aumentar a vida útil desses motores, uma vez que sua lubricidade é maior que a do diesel mineral conforme citado anteriormente e, além disso, gerar menor quantidade de depósitos.

### **2.3.3 Ponto de Névoa e de Fluides**

Ponto de névoa é a temperatura em que o líquido, por refrigeração, começa a ficar turvo e ponto de fluides é a temperatura em que o líquido não mais esco livremente (PARENTE, 2003).

O ponto de fluides e o ponto de névoa do biodiesel variam de acordo com a matéria prima que lhe deu origem, e, ainda, com o álcool utilizado na reação de transesterificação. Essas propriedades são consideradas importantes no que diz respeito à temperatura ambiente onde o combustível deva ser armazenado e utilizado. O ponto de névoa do biodiesel é maior, no Brasil onde as temperaturas são mais amenas, não havendo problemas de congelamento do combustível, sobretudo porque se pretende usar o biodiesel misturado com o óleo diesel mineral.

### **2.3.4 Ponto de Fulgor**

É a temperatura em que um líquido torna-se inflamável na presença de uma chama ou faísca. Esta propriedade somente assume importância no que diz respeito à segurança nos transportes, manuseios e armazenamentos (PARENTE, 2003).

O ponto de fulgor do biodiesel é superior à temperatura ambiente, quando completamente isento de metanol ou etanol. Logo, este combustível não é inflamável nas condições normais onde ele é transportado, manuseado e armazenado, sendo inclusive apropriado para ser utilizado em embarcações.

### **2.3.5 Poder Calorífico**

O poder calorífico de um combustível indica a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível por unidade de massa, quando ele é queimado. No caso de um combustível de motores, a queima significa a combustão no funcionamento do motor (PARENTE, 2003).

O poder calorífico do biodiesel é menor, mas muito próximo ao poder calorífico do óleo diesel mineral. A diferença média em favor do óleo diesel do petróleo situa -se na ordem de 5%. Entretanto, com uma combustão mais completa, o biodiesel possui um consumo específico equivalente ao diesel mineral.

### **2.3.6 Índice de Cetano (NC)**

O índice de octano ou octanagem dos combustíveis está para motores do ciclo Otto da mesma forma que o índice de cetano ou cetanagem está para os motores do ciclo Diesel. Portanto, quanto maior for o índice de cetano de um combustível, melhor será a combustão desse combustível num motor diesel (PARENTE, 2003).

Geralmente, o número de cetano (NC) é um indicativo adimensional da qualidade de ignição de um combustível diesel, por isso representa um excelente indicador da qualidade do combustível diesel (KNOTHE et al., 2006). A norma ASTM D975 para combustíveis diesel convencionais exige um NC mínimo de 40, enquanto as especificações de biodiesel prescrevem um mínimo de 47 (ASTM D6751) ou 51 (especificação europeia EM 14214). Devido ao alto NC de muitos compostos graxos, que pode eventualmente exceder a escala de

cetanagem, o termo “número de qualidade de combustão de lipídeos” foi sugerido para estes compostos (KNOTHE et al., 2006).

O índice de cetano do biodiesel é em média 60, enquanto para o óleo diesel mineral a cetanagem situa-se entre 48 a 52. Esta é a razão pelo qual o biodiesel queima muito melhor num motor diesel que o próprio óleo diesel mineral: sua alta cetanagem. Segundo Parente (2003), independente da matéria prima utilizada na produção do biodiesel, sua cetanagem será sempre maior que 60, muito superior à dos melhores óleos diesel oferecidos no mercado.

O número de cetano é uma medida de qualidade da auto-ignição do combustível. Combustíveis com baixa cetanagem podem causar dificuldade em dar partida e na operação do motor, gerando altos níveis de ruídos e emissões significativas de hidrocarbonetos, de material particulado e de NO<sub>x</sub> (LAPUERTA et al., 2009).

O fato de o número de Cetano de ésteres alquílicos de ácidos graxos ser a principal propriedade destes, qualifica o biodiesel como um excelente substituto ao Diesel fóssil de petróleo. Os ésteres alquílicos de ácidos graxos são constituídos de cadeias carbônicas lineares e longas, similares às dos n-alcanos encontrados no diesel derivado do petróleo que, por sua vez, são os compostos que apresentam maiores Números de Cetano no diesel fóssil (LAPUERTA et al., 2009).

Além do NC, o calor de combustão é uma propriedade que demonstra a adequação dos vários tipos de compostos graxos para uso como combustível diesel. O calor de combustão, contido em óleos vegetais e seus respectivos ésteres alquílicos, corresponde a aproximadamente 90% daquele observado em CD2 (*Cluster of differentiation 2* – Grupo de Diferenciação 2) (KNOTHE et al., 2006).

O comportamento de auto-ignição do biodiesel, em geral, é considerado um pouco melhor que o do diesel fóssil convencional. No entanto, o Número de Cetano depende do comprimento da cadeia carbônica e do número de ligações duplas presentes nos ésteres alquílicos de ácidos graxos que compõem o biodiesel, uma vez que o Número de Cetano aumenta com o aumento do tamanho da cadeia carbônica do ácido graxo e diminui com o aumento do número de ligações duplas (insaturações) presentes na cadeia (LAPUERTA et al., 2009).

### **2.3.7 Teor de Enxofre**

Os derivados do enxofre são extremamente nocivos ao meio ambiente, ao motor e

seus anexos. A poluição emitida será maior quanto maior for o teor de enxofre (PARENTE, 2003).

O biodiesel derivado de óleos vegetais e gorduras de animais é completamente isento de enxofre, uma vez que não contém este elemento em sua composição. Infere-se que o biodiesel é um combustível limpo, enquanto o diesel mineral danifica a flora, a fauna, o homem e o motor por conter enxofre.

### **2.3.8 Poder de Solvência**

É a capacidade que uma substância ou elemento possui de solubilizar outros (PARENTE, 2003).

O biodiesel solubiliza um grupo muito grande de substâncias orgânicas, por ser constituído por uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos. Em razão disto, cuidados especiais devem ser tomados com o manuseio do biodiesel nas proximidades do ponto ou bocal de abastecimento para evitar danos à pintura dos veículos, pois ele também dissolve as resinas que compõem as tintas.

### **2.3.9 Acidez**

Existe uma correlação entre o número de acidez e a corrosividade (PARENTE, 2003). Em princípio, a experiência prática demonstra que a corrosividade do biodiesel neutro é zero. Caso haja acidez elevada, o biodiesel apresentasse como corrosivo, causando problemas em algumas mangueiras e elastoméricos dos equipamentos auxiliares à injeção do motor se empregado acima de B20.

## **2.4 Processos de Transformação**

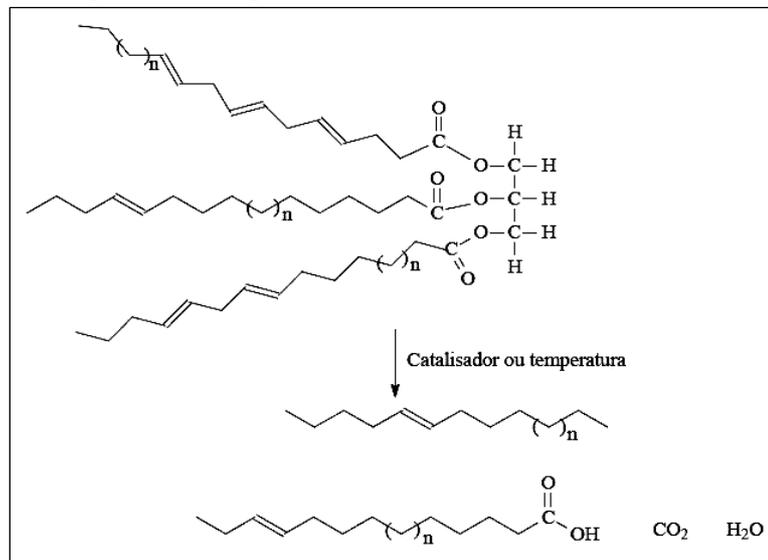
De acordo com Knothe et. al., (2006), quatro métodos têm sido investigados para reduzir a alta viscosidade de óleos vegetais permitindo seu uso em motores diesel sem problemas operacionais, tais como a formação de incrustações e depósitos: uso de misturas binárias com petrodiesel, pirólise, microemulsificação (ou mistura co-solvente) e transesterificação. Outros autores citam também a esterificação e o craqueamento como processos para transformação de biodiesel.

Serão apresentados a seguir estes métodos de transformação, incluindo o mais utilizado que é a transesterificação.

### 2.4.1 Craqueamento

É a conversão de uma substância em outra por meio de calor ou com calor e ajuda de um catalisador, denominados craqueamento térmico e craqueamento termocatalítico, respectivamente. Craqueamento térmico é o processo que provoca a quebra de moléculas por aquecimento a altas temperaturas (superiores a 350°C), na ausência de oxigênio, conforme ilustrado na Figura 2. Esse processo pode ser auxiliado por um catalisador (sendo tipicamente empregados o óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) e o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)) em algumas situações, para a quebra das ligações químicas, gerando moléculas menores (HOLANDA, 2004). Os produtos formam uma mistura de compostos químicos com propriedades similares as do diesel de petróleo e a gasolina (WEISZ, HAAG, RODEWALD, 1979).

Figura 2 - Craqueamento térmico ou termocatalítico



Fonte: Geris, et. al., 2007.

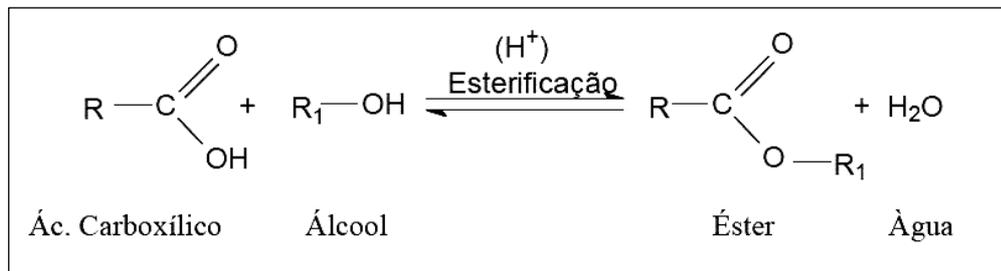
Apesar do alto custo com energia térmica a tecnologia viabiliza a produção em pequena escala. O produto final é quimicamente similar ao óleo diesel. A remoção do oxigênio do processo reduz os benefícios provenientes de um combustível oxigenado, o que acaba por produzir um combustível mais próximo da gasolina que do diesel, reduzindo suas vantagens em relação ao meio ambiente. O combustível produzido pelo craqueamento térmico

não é considerado biodiesel pela nomenclatura internacional, apesar de ser semelhante ao óleo diesel (HOLANDA, 2004).

#### 2.4.2 Esterificação

É um processo de obtenção de ésteres, a partir da substituição de uma hidroxila (-OH) de um ácido por um radical alcoxila (-OR<sub>1</sub>), conforme Figura 3. Esta reação é reversível, havendo eliminação de água e a reação inversa é conhecida como hidrólise.

Figura 3 - Reação de Esterificação



Fonte: Geris, et. al., 2007.

Quando um ácido graxo é processado com um álcool na presença de um catalisador ocorre a reação de esterificação, produzindo ésteres e água. Esta reação utiliza de preferência álcoois como o etanol e metanol por possuírem baixo peso molecular. A catálise alcalina não é utilizada, já que ao se combinar com um ácido graxo o catalisador tende a produzir sabão, favorecendo emulsões entre o álcool e o ácido graxo, tornando-se a esterificação menos apta a ocorrer. (ARAUJO, 2009).

#### 2.4.3 Transesterificação

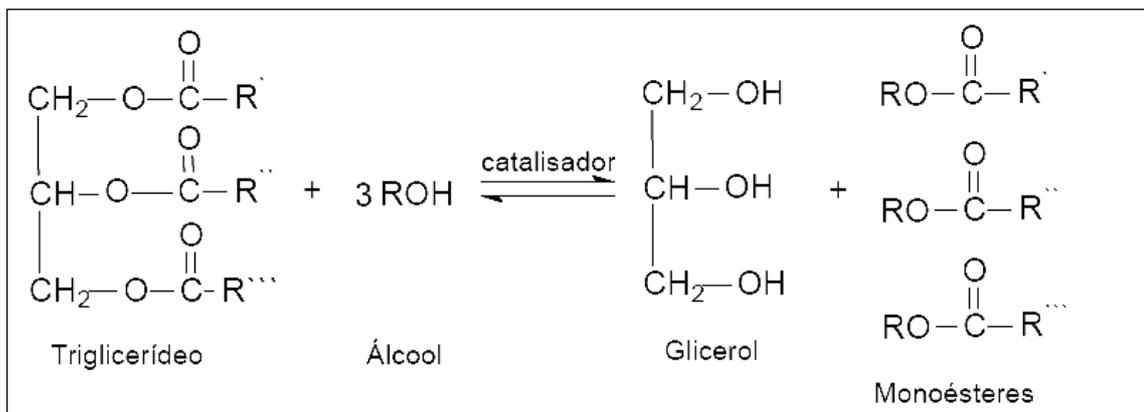
Meirelles, (2003) discorre que a transesterificação consiste na reação química de um óleo vegetal com um álcool na presença de um catalisador. Como resultado, obtém-se o éster metílico ou etílico (denominados biodiesel), conforme o álcool utilizado, e a glicerina. Durante o processo em que ocorre a transformação do óleo vegetal em biodiesel, a glicerina, que compõe cerca de 20% da molécula de óleo vegetal e cujo principal constituinte é o glicerol, é removida e substituída pelo álcool, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade.

Segundo a MB do Brasil (2006), para a realização da transesterificação, o óleo vegetal é misturado ao álcool e aos catalisadores em um reator e sofre agitação por meia hora. É necessário utilizar um excesso de álcool para aumentar a eficiência do processo, porém este excesso pode ser recuperado posteriormente. Nesta etapa observam-se duas fases: a glicerina e o biodiesel. Após a separação, o biodiesel deve ser purificado antes da liberação para venda. A glicerina pode ser recuperada e, devido ao seu valor agregado, aumentar a lucratividade deste processo. Porém, a recuperação exige mais etapas, gerando um custo adicional.

Apesar de transesterificação ser uma reação de equilíbrio e poder ocorrer pela simples mistura dos reagentes, a presença de um catalisador (ácido ou uma base forte) acelera consideravelmente esta reação (SCHUCHARDT, SERCHEL, VARGAS, 1998).

A Figura 4 demonstra a reação de transesterificação de um triglicerídeo com o metanol ou etanol na presença de um catalisador.

Figura 4 - Reação de Transesterificação de um triglicerídeo reagindo com álcool na presença de um catalisador.



Fonte: Geris, et. al., 2007.

Freedman et al., (1985) afirmam que a transesterificação é uma reação de equilíbrio onde o rendimento de ésteres corresponde a aproximadamente 75% do rendimento teórico. A camada de glicerina (que contém traços de álcool não reagido e catalisador) é removida e uma nova partida de metanol e catalisador é adicionada, repetindo-se a reação. Este processo em duas etapas resulta em rendimentos de transesterificação superiores a 98%, com quantidades ínfimas de acilgliceróis não reagidos. O produto final separa-se rapidamente da fase líquida polar, que contém o álcool não reagido, glicerol e o catalisador.

De acordo com Innocentini, (2007), o processo de produção industrial do biodiesel segue os passos a seguir: preparação da matéria prima oleaginosa (triglicerídeo); preparação

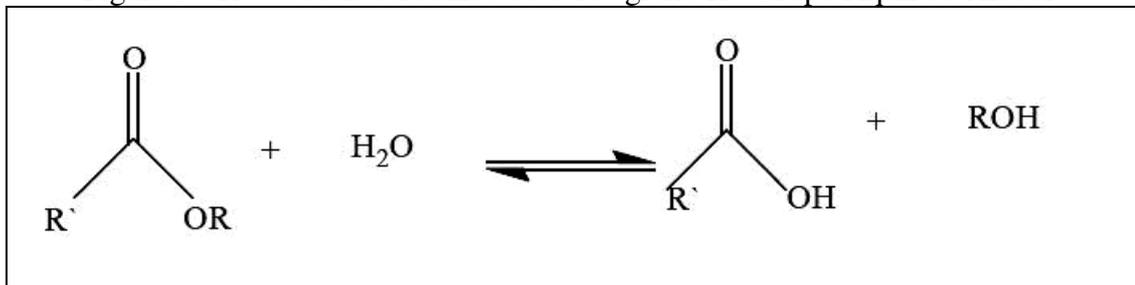
de catalisador (solução alcoólica); processo reacional; separação das fases; recuperação de excesso de álcool; lavagem do biodiesel; secagem do biodiesel; purificação da glicerina.

### 2.4.3.1 Catalisadores utilizados na reação de transesterificação

A catálise homogênea é hoje a mais utilizada para a produção do biodiesel. Os catalisadores ácidos mais utilizados são o ácido clorídrico e ácido sulfúrico (HCl e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) enquanto que os catalisadores básicos mais utilizados são o hidróxido de sódio e hidróxido de potássio (NaOH e KOH). Contudo, a catálise homogênea em meio alcalino é o processo mais comumente empregado devido à sua maior rapidez, simplicidade e eficiência.

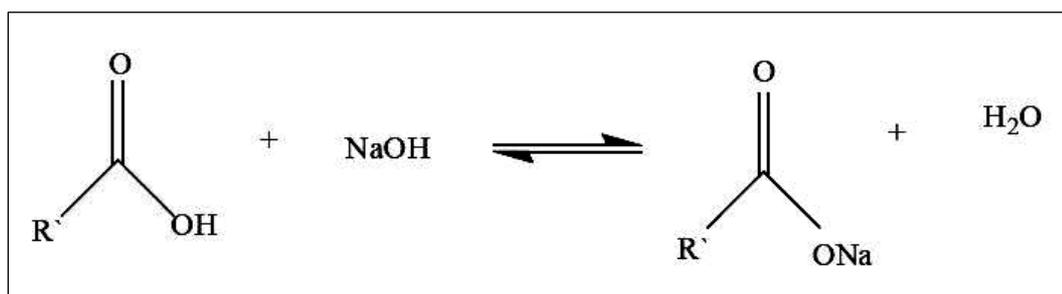
Grande parcela da literatura acerca da catálise básica aponta para vantagens no processo tais como maior rendimento e seletividade, além de menos problemas de corrosão observado nos equipamentos. Esses catalisadores apresentam o inconveniente de formarem sabões em presença de ácidos graxos (Figura 5 e Figura 6), implicando no consumo das matérias-primas e formação de emulsões que dificultam o processo de purificação do biodiesel (CORMA, 1995; LOTERO et al, 2005; MEHER et al, 2006).

Figura 5 - R`= Cadeia carbônica do ácido graxo R= Grupo Aquil do Álcool



Fonte: Geris, et. al., 2007.

Figura 6 - R`= Cadeia carbônica do Ácido Graxo R= Grupo Alquil do Álcool



Fonte: Geris, et. al., 2007.

#### **2.4.3.2 Subprodutos finais**

A glicerina, ou glicerol, é um subproduto resultante da reação de alcoólise de triglicerídeos. É feita uma distinção de dois tipos de glicerina: a glicerina livre e a glicerina combinada. A glicerina livre é o glicerol propriamente dito, um triálcool resultante da quebra da molécula de triglicerídeo e da combinação com o álcool transesterificante. A glicerina combinada, por sua vez, pode-se dizer que é o próprio triglicerídeo, ou seja, no óleo, antes da reação, há 100% de glicerina combinada e 0% de glicerina livre, pois se tem somente triglicerídeo e não se tem nada de glicerol. A medida que a reação prossegue e a molécula de triglicéris vai sendo quebrada, formando os ésteres lineares e o glicerol, a quantidade de glicerina combinada (triglicerídeo) diminui e a quantidade de glicerina livre (glicerol) aumenta. Portanto, a conversão da reação é medida em termos da diminuição da glicerina combinada ou da formação de glicerol (COSTA FILHO, 2008).

Ainda sim, embora a maioria das reações seja realizada com todo cuidado, ainda é possível observar uma pequena porcentagem indesejável de glicerina livre no biodiesel produzido. Esse resíduo precisa estar dentro de quantidades estreitas para não prejudicar o funcionamento dos motores diesel, necessariamente permanecendo até 0,020 % (p/p) no biodiesel, segundo a Agência Nacional de Petróleo. Logo, seu doseamento é parte integrante na análise da qualidade de qualquer amostra de biodiesel produzido (ANP, 2008).

A glicerina obtida na produção do biodiesel é geralmente mais escura e contém certas impurezas, por isso o grande interesse na sua purificação e no seu reaproveitamento, levando-se em conta o fato de ser um produto de valor comercial e possuir inúmeras aplicações industriais. Inúmeros estudos já vem sendo realizados para levar à viabilização deste processo, criando assim grande competitividade do biodiesel no mercado de combustíveis.

### **2.5 Matéria Prima**

Todo e qualquer óleo vegetal que se enquadre como óleo fixo ou triglicerídicos, pode ser utilizado para transformar-se em biodiesel. Logo, as seguintes espécies de óleos vegetais tais como amêndoa do coco de dendê, grão de amendoim, polpa do dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, semente de girassol, baga de mamona, semente de colza, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço

de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate, entre muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas ou polpas, poderiam constituir matéria-prima para a produção de biodiesel.

O Brasil é destaque por apresentar grande diversidade e produtividade de grãos que podem ser utilizados na fabricação de óleos vegetais (soja, mamona, dendê, algodão, canola, amendoim, pupunha e outras), apresentando grandes possibilidades para alternativas energéticas, no caso da substituição do diesel por diesel produzido a partir de óleos vegetais. Algumas oleaginosas como o gergelim, o babaçu, a mamona, o amendoim, e outras podem ser cultivadas facilmente em regiões como o Nordeste Brasileiro (PERES, 2005).

Os óleos vegetais, constituídos principalmente de glicerídeos e contendo outros lipídeos em pequenas quantidades podem ser encontrados nas sementes das plantas e em algumas polpas de frutos. As diferenças entre propriedades como ponto de fusão, solubilidade, calor e pesos específicos, reatividade química, viscosidade e estabilidade térmica destes óleos estão relacionadas às diferenças funcionais entre os ácidos graxos constituintes dos óleos vegetais (PERES, 2005). O perfil de ácidos graxos é, provavelmente, o parâmetro de maior influência sobre as propriedades dos óleos vegetais e gorduras animais de onde se originam (KNOTHE, et. al., 2006).

Além das oleaginosas já citadas acima utilizadas para a produção de biodiesel pode-se citar o óleo de descarte (óleo de fritura) e as gorduras animais, em sua maioria o sebo. A escolha da matéria-prima ideal envolve diferentes variáveis como, por exemplo, a disponibilidade na região e o custo associado. A qualidade e a origem da matéria-prima influenciam diretamente no processo de produção.

### ***2.5.1 Óleo de fritura ou de descarte como matéria prima***

Além de óleos vegetais e gordura animal, outros materiais como óleos utilizados para a cocção de alimentos (fritura) também são adequados para a produção de biodiesel (KNOTHE, et. al., 2006).

A fritura por imersão tem importância indiscutível para a produção de alimentos em lanchonetes e restaurantes e é um processo que utiliza óleos ou gorduras vegetais como meio de transferência de calor. A falta de legislação quanto ao tempo de reuso de óleo faz com que este tempo varie de estabelecimento para estabelecimento. Por isso é difícil mensurar a quantidade de óleo residual nos grandes e médios centros urbanos. Estima-se que são

produzidos cerca de 100 toneladas de óleo de fritura nos grandes centros urbanos, porém muito deste volume ainda é descartado no esgoto doméstico. A outra porção deste volume destina-se geralmente a produção de massa de vidraceiro, sabão e ração animal. Experiências com cobaias em laboratório, mostram que os animais que consomem este tipo de ração acabam tornando-se impróprios para o consumo humano, uma vez que a ingestão destas gorduras oxidadas causam um aumento de peroxidação dos cromossomos (COSTA NETO et. al, 2006).

Vários autores reportam a viabilidade técnica e ambiental da utilização de óleo usado para produção de biodiesel. Kulkarni et al., (2006) publicaram que os motores que funcionaram com o biodiesel obtido de óleo de fritura apresentaram um melhor desempenho e a sua queima emite menos CO<sub>2</sub>, materiais particulados e gases do efeito estufa. Segundo Costa Neto et. al., (2000), a significativa redução de fumaça, obtida em teste com biodiesel de óleo usado, demonstrou que vale a pena reutilizar o óleo descartado de frituras para produção desse biocombustível, fornecendo um destino mais adequado para esse poluente.

Os óleos e gorduras animais ou vegetais, depois de usados, tornam-se um resíduo indesejado e sua reciclagem como biocombustível alternativo não só retiraria do meio ambiente um poluente, mas também permitiria a geração de uma fonte alternativa de energia. Assim, duas necessidades básicas seriam atendidas de uma só vez. Sabemos que 80% do custo de produção do biodiesel vêm das matérias-primas. Assim, após qualificado, o óleo pode ser transformado em biodiesel com baixo custo, por se tratar de material residual descartável - depois de usado.

Conhecer as particularidades das características físico-químicas dos óleos residuais pode aumentar a realidade dos programas de coleta de óleos residuais das residências. Deve-se observar, não apenas pelo valor final atribuído ao litro de biodiesel, mas os ganhos indiretos de valores agregados como a redução do despejo deste óleo residual no esgoto doméstico, chegando aos leitos e rios, a melhoria da qualidade do ar, a geração de divisas e a criação de empregos (COELHO et. al., 2005).

## **2.6 Rota Metílica**

As reações que utilizam o metanol, em sua maioria utilizam menor quantidade deste álcool quando comparado à utilização de etanol.

### **2.6.1 Vantagens**

Consumo é cerca de 45% menor que o de etanol anidro;

Normalmente, o preço é inferior ao do etanol;

É mais reativo. Para as mesmas condições operacionais, o tempo de reação é menos da metade do tempo quando se emprega o etanol;

Considerando a mesma quantidade de produção, a rota metílica consome cerca de 20% de vapor do consumido na rota etílica, e consome menos da metade de eletricidade.

Para uma mesma produtividade, os equipamentos do processo são cerca de ¼ do volume dos equipamentos para a rota etílica.

### **2.6.2 Desvantagens**

É, em sua maioria, sintetizado a partir do gás natural de origem fóssil, apesar de poder ser produzido a partir de biomassa.

Altamente tóxico;

Por ser mais volátil e sua chama ser invisível, possui maior risco de causar incêndios.

Transporte controlado por autoridades federais, por ser um material também utilizado para extração de drogas;

Por não ser auto suficiente, só garantiria o estágio inicial de um programa de âmbito nacional.

## **2.7 Rota Etílica**

Conforme ilustrado na tabela anterior, os processos de transesterificação por rota etílica, demandam uma maior quantidade de etanol.

Algumas publicações apontam o etanol como um álcool não indicado no processo de transesterificação, afirmando que seu uso como reagente não é adequado ao processo. Vale frisar que a tecnologia utilizada no processo de produção de biodiesel restringe o álcool a ser utilizado, como o álcool etílico por exemplo. O álcool anidro é geralmente empregado para evitar reações de saponificação (grau de pureza > 99%) (BIOFUELS AND GLYCEROL, 2009).

### **2.7.1 Vantagens**

Produção autosuficiente e consolidada no Brasil  
Biodiesel com maior índice de cetanagem e lubrificidade comparado ao metílico;  
Combustível 100% renovável se produzido a partir de biomassa (quase toda produção brasileira é feita desta forma);  
Maior geração de renda e ocupação no meio rural;  
Aumento da economia de divisas;  
Menos tóxico que o metanol;  
Menor risco de incêndios.

### **2.7.2 Desvantagens**

Os ésteres etílicos possuem maior afinidade à glicerina, dificultando a separação;  
Demanda mais gastos com energia e equipamentos devido ao processo de desidratação por ser o etanol azeotrópico quando misturado em água;  
No processo da planta, a rota metílica utiliza cerca de ¼ do volume dos equipamentos para rota etílica, para uma produção de mesma quantidade de qualidade.  
O custo de produção de biodiesel etílico pode chegar a ser 100% maiores que o metílico dependendo do valor da matéria prima empregada.

## **2.8 Vantagens do Biodiesel**

Enquanto produto pode-se dizer que o biodiesel tem as seguintes vantagens em relação ao óleo diesel mineral (BOZBAS, 2008):

Prolonga a vida útil do motor e reduz a necessidade de manutenção (o biodiesel tem melhores propriedades lubrificantes que o diesel de petróleo);

É menos tóxico e mais biodegradável;

Reduz a descarga de emissões gasosas (embora em algumas circunstâncias possa aumentar outras, como o teor de NO<sub>x</sub>);

É eficiente, limpo, é uma energia alternativa 100% natural. Pode ser usado em motores a diesel sem que seja necessária qualquer conversão e ainda oferecendo a mesma performance do motor;

É virtualmente livre de enxofre e aromáticos, visto que são características típicas de combustíveis fósseis;

Tem alta cetanagem. Sua cetanagem é geralmente maior que o do óleo diesel mineral. Quanto mais longas as cadeias dos ácidos graxos e mais saturadas forem suas moléculas maior o NC. O biodiesel produzido a partir de gorduras animais tem um NC maior que o produzido a partir de óleos vegetais (DEMIRBA, 2001);

Em estudos realizados com diferentes misturas diesel-biodiesel, 100% diesel e 100% biodiesel em motores de trator, em diferentes rotações e torque, observou-se que tanto as misturas quanto a utilização de 100% biodiesel ofereceram rendimento com mínima diferença ao rendimento da utilização de 100% diesel (BARBOSA, et. al., 2008);

Possui teor médio de oxigênio em torno de 11%. Os átomos de oxigênio presentes nas moléculas do biodiesel favorecem a completa combustão e, conseqüentemente, maior liberação de energia (RAMADHAS, 2005);

Possui maior ponto de fulgor que o diesel convencional. Pequenas quantidades de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral podem definitivamente melhorar o ponto de fulgor, conferindo à mistura maior segurança na estocagem e no transporte (RAMADHAS, 2005);

Possibilita a diminuição da miséria no campo, com inclusão social de milhares de famílias na cultura de oleaginosas, voltadas para a produção do biodiesel (PARENTE, 2003).

## **2.9 Desvantagens ou limitações do biodiesel**

As desvantagens técnicas do biodiesel em relação ao diesel fóssil incluem problemas com o congelamento do combustível em clima frio, a redução da densidade energética e a degradação pela estocagem por longos períodos. Um problema adicional verificado nos veículos que utilizam pela primeira vez o biodiesel, mesmo quando misturado ao diesel mineral, é a remoção do depósito de hidrocarbonetos, que se acumula no fundo dos tanques de combustível. O biodiesel promove a deposição, causando constantes obstruções nos filtros de combustível dos veículos. Entretanto, uma manutenção inicial nos filtros pode reduzir tal transtorno (BOZBAS, 2008). Pode-se destacar também que o biodiesel:

Possui maior viscosidade, mas em níveis praticamente irrelevantes, não prejudicando a atomização do combustível no sistema de injeção (BOZBAS, 2008);

Apresenta menor capacidade calorífica. A quantidade de O<sub>2</sub> na cadeia diminui a capacidade calorífica, mas em contrapartida, melhora a ignição e a combustão (BOZBAS, 2008);

Acarreta maiores emissões de NO<sub>x</sub> (NABI et al., 2006);

O preço de mercado é relativamente superior ao do diesel (RAMOS, 1999). A otimização dos processos de recuperação e aproveitamento da glicerina e catalisador poder ajudar o biodiesel a ter um preço competitivo com o diesel das bombas dos postos de combustível.

Porém, o biodiesel precisa atender a características indispensáveis para ser um combustível de qualidade. A reação de transesterificação por exemplo, deve ser completa para evitar ácidos graxos remanescentes. Além disso ele deve possuir pureza total, não apresentando resquícios de glicerina, catalisador, solventes ou álcool.

A Tabela 2 apresenta valores médios comparativos entre o biodiesel e o diesel de petróleo:

Tabela 2 – Valores médios do biodiesel e do diesel.

<b>Propriedade</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Diesel</b>
Peso Específico (kg/L)	0,87 - 0,89	0,84 - 0,86
Calor de Combustão (MJ/kg)	39,3 - 39,8	45,3 - 46,7
Ponto de Fulgor (K)	408 - 423	325 - 350
Ponto de Névoa (K)	262 - 289	256 - 265
Ponto de Orvalho (K)	258 - 286	237 - 243
Viscosidade Cinemática (313K)	3,7 - 5,8	1,9 - 3,8
Cinzas (%p/p)	0,002 - 0,01	0,006 - 0,1
Enxofre (%p/p)	0,0000 - 0,00024	0,04 - 0,1
Número de Cetano	46 - 70	47 - 55

Fonte: Bozbas, 2008.

## 2.10 Purificação do Biodiesel

São necessárias etapas de limpeza do biodiesel final, de forma eficiente, a fim de remover quaisquer resquícios de glicerina livre, sabões e/ou água, ou qualquer contaminante ou impureza, para que o biocombustível atenda as especificações da ANP.

### **2.10.1 Purificação úmida**

A água foi a primeira a ser utilizada no processo de purificação ou lavagem do biodiesel, devido a sua capacidade de solubilizar a glicerina proveniente da transesterificação, e o metanol residual que permanece no biodiesel quando utilizado em quantidade excessiva na reação (FACCINI, 2008).

Porém é preciso cautela na utilização da água, uma vez que devido à presença dos glicerídeos no biodiesel, pode ocorrer formação de emulsão, tornando difícil a sua separação.

Em trabalho realizado por Wang (citado por FACCINI, 2008), obteve-se biodiesel de qualidade após a purificação úmida, porém houve a desvantagem do grande volume de água utilizado e como consequência, a geração de um grande volume de efluentes.

Apesar da utilização da água ter a vantagem de ser de fácil manuseio e fácil acesso, o volume de efluentes gerados que necessitam de tratamento correto por questões ambientais, acabam por encarecer o processo.

### **2.10.2 Purificação a seco**

Apesar de não existirem muitos estudos ou artigos publicados sobre o tema, a purificação a seco já vem sendo amplamente utilizada por usinas de médio e grande porte. Faccini, (2008) descreve os variados tipos de adsorventes utilizados no processo como silicato de magnésio, de cálcio, de alumínio, de sódio, fosfato de magnésio, óxidos e hidróxidos metálicos, carbonatos, bicarbonatos, argilas entre outros.

Alguns purificadores como Florisil®, Mizukaife F1® e Magnesol® estão disponíveis no mercado. Adsorventes orgânicos como a casca de arroz vem sendo estudados pelo fato de apresentar 60% de sílica e por ser de fácil obtenção.

A purificação utilizando sílica foi feita pela primeira vez por Yori (citado por FACCINI, 2008), e apresenta grande poder de absorção de água. Este tipo de resina como a Amberlite BD10 DRY® é utilizada colocando-a em colunas verticais.

## **2.11 O biodiesel no brasil**

O biodiesel deixou de ser um combustível experimental após anos de pesquisas em relação à sua produção e utilização.

Foi em dezembro de 2004 que Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) foi criado através de uma parceria entre grupos de trabalho interministerial e duas associações empresariais: a ANFAVEA e a ABIOVE.

O óleo diesel comercializado em todo o Brasil desde 1º de janeiro de 2010 contém 5% de biodiesel, atendendo à regra estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Dados da ANP apontam o Brasil como um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, totalizando uma produção anual de 1,6 bilhões de litros em 2009 e uma capacidade instalada para cerca de 4,7 bilhões de litros em janeiro de 2010.

Com uma produção de 1,2 bilhão de litros de biodiesel em 2008, O Brasil tornou-se o terceiro produtor e consumidor de biodiesel no mundo em 2008, com produção anual de 1,2 bi litros, ficando atrás de Alemanha e Estados Unidos.

A Tabela 3 apresenta dados atualizados da ANP do ano de 2009.

Tabela 3 – Dados da capacidade nominal e produtiva de biodiesel.

<b>CAPACIDADE NOMINAL E PRODUÇÃO DE BIODIESEL - B100</b>			
<b>Unidade Produtora</b>	<b>Município (UF)</b>	<b>Capacidade Nominal m3/ano</b>	<b>Produção m3</b>
Total		3.315.339	1.167.128,1
ADM	Rondonópolis (MT)	204.600	171.651,8
Agrenco	Alto Araguaia (MT)	198.000	2.045,5
Agropalma	Belém (PA)	24.000	2.625,2
Agrosoja	Sorriso (MT)	24.000	5.149,0
Amazonbio	Ji-Paraná (RO)	13.500	4,0
Ambra	Varginha (MG)	720	-
Araguassu	Porto Alegre do Norte (MT)	30.000	1,8
Barralcool	Barra do Bugres (MT)	57.138	22.370,1
Big Frango	Rolândia (PR)	12.000	16,5
Binatural	Formosa (GO)	25.200	1.118,1
Bio Óleo	Cuiabá (MT)	3.000	225,6
Biocamp	Campo Verde (MT)	46.200	11.838,4
Biocapital	Charqueada (SP)	247.200	69.665,3
Biocar	Dourados (MS)	9.000	-
Biolix	Rolândia (PR)	9.000	-
Biominas	Araxá (MG)	9.000	-
Bionorte	São Miguel do Araguaia (GO)	28.410	-
Biopar	Nova Marilândia (MT)	10.800	957,4
Biopar	Rolândia (PR)	36.000	7.277,9
Biotins	Paraiso Tocantins (TO)	8.100	2.833,0
Bioverde	Taubaté (SP)	80.232	30.356,6
Bracol	Lins (SP)	99.900	69.196,4
Brasil Ecodiesel	Crateús (CE)	108.000	14.416,5

(cont.)

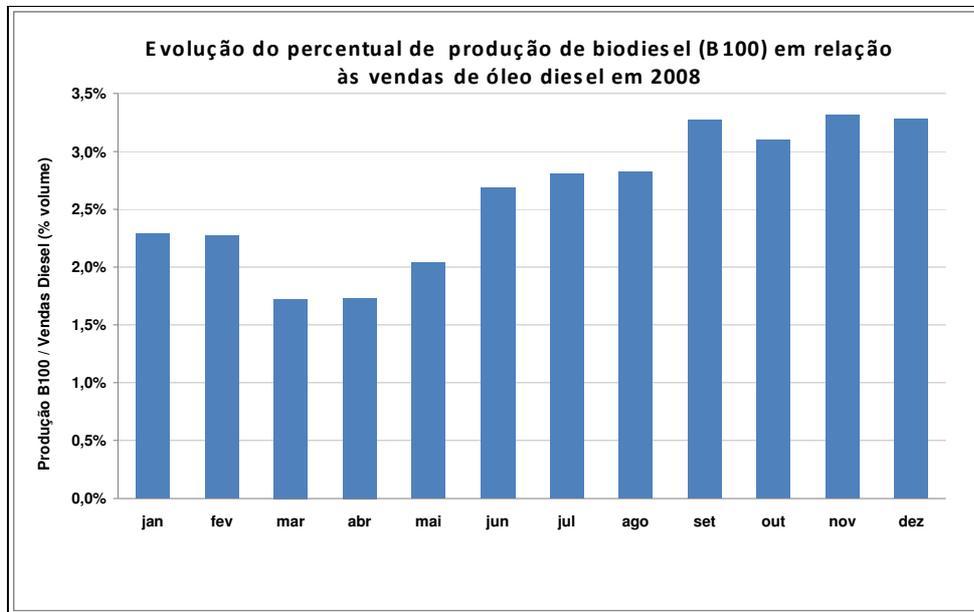
(cont.)

Brasil Ecodiesel	Florianópolis (PI)	81.000	4.547,6
Brasil Ecodiesel	Iraquara (BA)	108.000	36.264,3
Brasil Ecodiesel	Porto Nacional (TO)	108.000	10.301,5
Brasil Ecodiesel	Rosário do Sul (RS)	108.000	37.923,6
Brasil Ecodiesel	São Luís (MA)	108.000	36.172,3
Bsbios	Passo Fundo (RS)	103.500	87.342,1
Caramuru	São Simão (GO)	187.500	108.270,5
Cesbra	Volta Redonda (RJ)	18.000	-
CLV	Colider (MT)	30.000	60,9
Comanche	Simões Filho (BA)	100.500	20.097,9
Comandolli	Rondonópolis (MT)	3.000	-
Cooami	Sorriso (MT)	3.000	14,6
Coomisa	Sapezal (MT)	3.600	11,8
Cooperbio	Lucas do Rio Verde (MT)	3.000	153,4
Cooperfeliz	Feliz Natal (MT)	3.000	693,0
Dhaymers	Taboão da Serra (SP)	7.800	-
DVH	Tailândia / PA	10.500	-
Fertibom	Catanduva (SP)	42.000	16.375,9
Fiagril	Lucas do Rio Verde (MT)	122.988	68.999,9
Frigol	Lençóis Paulista (SP)	12.000	-
Fusermann	Barbacena (MG)	9.000	-
Granol	Anápolis (GO)	183.900	131.975,4
Granol	Cachoeira do Sul (RS)	140.001	85.144,6
Granol	Campinas (SP)	90.000	-
Innovatti	Mairinque (SP)	9.000	-
KGB	Sinop (MT)	1.500	-
Nutec	Fortaleza (CE)	720	-
Oleoplan	Veranópolis (RS)	198.000	95.645,7
Ouro Verde	Rolim de Moura (RO)	5.100	223,6
Petrobras	Candeias (BA)	56.400	9.619,9
Petrobras	Montes Claros (MG)	56.400	-
Petrobras	Quixadá (CE)	56.400	4.791,0
Renobras	Dom Aquino (MT)	6.000	-
Soyminas	Cássia (MG)	12.000	-
SSIL	Rondonópolis (MT)	30	29,5
Tauá Biodiesel	Nova Mutum (MT)	30.000	-
Transportadora Caibiense	Rondonópolis (MT)	4.500	720,0
Usibio	Sinop (MT)	6.000	-
Vermoehlen	Rondonópolis (MT)	3.000	-

Fonte: ANP/SPP, 2009.

A Figura 7 apresenta gráfico da evolução do percentual de produção de biodiesel em relação ao diesel fóssil em 2008.

Figura 7 - Gráfico da evolução de produção de biodiesel.



Fonte: ANP/SPP, 2009.

Dados do Ministério de Minas e Energia mostram que o crescimento está diretamente ligado à obrigatoriedade da adição de biodiesel ao diesel, que começou com um percentual de 2%, no segundo semestre para 3% e atualmente 5%.

Segundo a ANP, o Brasil economizará em torno de US\$1,4 bi por ano com o início da mistura (adição de 5% de biodiesel ao diesel), iniciada em janeiro de 2010. O combustível com 4% de biodiesel na mistura, o B4, foi utilizado até o final de 2009, o que auxiliou na redução da importação de combustível fóssil.

Ainda segundo estudos da ANP, cada litro da nova mistura reduziu a emissão de material particulado e a emissão de gás carbônico na atmosfera foi reduzida em 3%.

Em leilão realizado em novembro de 2009 pela ANP foram adquiridos 575 milhões de litros de biodiesel pela Petrobrás e a Refap para atender a mistura do B5.

A promoção de leilões durante os três últimos anos vem conseguindo atender o mercado de biodiesel, conseqüência também de uma organização da cadeia produtiva.

Curitiba, capital do Paraná, desenvolveu um projeto pioneiro no Brasil no uso de biodiesel. Desde agosto de 2009, 1/3 dos ônibus da Linha Verde utiliza biodiesel a base de soja B100, que não é misturado com o diesel oriundo de petróleo. O projeto é uma parceria entre a Urbanização de Curitiba S/A, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, fabricantes e

distribuidores de biodiesel e companhias de transporte urbano. Após o início da circulação desses veículos, através de medições específicas, foi constatado índice 25% menor de emissão de fumaça, e redução de 30% das emissões de CO. Este experimento com os veículos de transporte coletivos durará 18 meses com a intenção de ampliar o uso do biodiesel para toda a frota da Linha Verde. Se a viabilidade do uso de biodiesel for comprovada, o restante da frota também fará uso deste combustível.

## **2.12 Políticas e Incentivos Governamentais**

Segundo dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) no ano de 2009 1,26 bilhões de litros de biodiesel foram consumidos no Brasil, configurando um aumento de 39% em relação ao ano anterior. Apesar de atender o que foi projetado pelo PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia) de 2009, a análise desses dados mostra que em 2009 o biodiesel apresentou um preço superior ao diesel na bomba em aproximadamente 10,8%, deixando claro que o custo de produção deste biocombustível é o maior obstáculo dentro do PNPB. Demonstra ainda que a parcela de biodiesel presente nas matrizes energéticas do Brasil são pequenas, e o volume despendido, apesar do visível potencial de crescimento, ainda é pouco.

É com o intuito de aumentar a parcela de fontes alternativas e renováveis nas matrizes energéticas brasileiras, diminuindo a dependência do diesel de petróleo que o PNPB está criando diretrizes para a produção e comercialização do biodiesel, aumentando as linhas de financiamento. A PETROBRAS tem papel fundamental nesta etapa, instalando usinas piloto, financiando o cultivo de oleaginosas e arrematando leilões realizados pela ANP.

O Governo tem disponibilizado incentivos fiscais para produtores de biodiesel e linhas de crédito para fornecedores de matéria prima e tecnologias a fim de aumentar sua produção, incrementando assim a implementação no PNPB. Através do Decreto nº 5297/04 (BRASIL, 2004), foi criado o Selo Combustível Social (SCS), para garantir a inclusão de agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel. O SCS concede redução de alíquotas do PIS/PASEP e COFINS e melhores condições de financiamentos aos produtores de Biodiesel que comprarem matérias-primas da agricultura familiar em percentual pré estabelecido pela Instrução Normativa nº 01, de 19/02/2009 (BRASIL, 2009), do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

Esses incentivos são imprescindíveis para o início e manutenção inicial do PNPB. Acredita-se que o Brasil com a adoção obrigatória do B5 poderá ser tornar um dos principais produtores mundiais de biodiesel.

A Tabela 4 mostra o volume de produção brasileira de biodiesel entre 2005 e 2010, em m<sup>3</sup>, e o número de novas usinas autorizadas para produção industrial de biodiesel.

Tabela 4 – Produção Nacional de Biodiesel 2005 – 2010 e novas usinas autorizadas para produção industrial de Biodiesel

<b>Ano</b>	<b>Produção Nacional de Biodiesel 2005 – 2010 (m<sup>3</sup>)</b>		<b>Nº de novas usinas autorizadas a produzir biodiesel</b>
2005	736		8
2006	69.002	9.275,27%	11
2007	404.329	485,96%	30
2008	1.167.128	188,65%	15
2009	1.608.448	37,81%	4
2010	1.780.532 (até set/10)	10,69%	8 (até out/10)

Fonte: ANP, 2010.

Considerando que os custos de produção de biodiesel são superiores ao custo de produção do diesel de petróleo, as atividade envolvidas neste processo necessitam subsídios (CUNHA, 2010).

A cadeia produtiva de biodiesel brasileira apresenta grande potencial quanto a geração de empregos pois envolve os setores de produção de matéria prima, distribuição de máquinas e equipamentos, desenvolvimento de plantas produtivas, a produção do biocombustível em si, a adição ao diesel, transporte e distribuição.

A Presidência da República destacou em 2010 que o investimento no PNPB entre 2007 e 2009 foi de aproximadamente R\$ 200 milhões, entre financiamentos, estruturação tecnológica e organização da cadeia produtiva. Informou ainda que o Brasil possui capacidade produtiva de 4 bilhões de litros/ano através das 50 usinas em funcionamento, reduzindo assim gastos em torno de U\$750 milhões em importações do diesel em função das misturas de combustível diesel-biodiesel. Destacou ainda que para fiscalização da cadeia distributiva de petróleo e biocombustíveis, a ANP contará com R\$63 milhões.

## **2.13 Legislação e Normas sobre o biodiesel**

### ***2.13.1 Leis***

Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 - Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.

Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005 - Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto; altera as Leis nº 10.451, de 10 de maio de 2002, e 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências.

### ***2.13.2 Decretos***

Decreto nº 5.457, de 06 junho de 2005 - Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel.

Decreto 5.448, de 20 de maio de 2005 - Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências.

Decreto 5.298, de 06 dezembro de 2004 - Altera a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados incidente sobre o produto que menciona.

Decreto 5.297, de 06 de dezembro de 2004 - Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas de contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências.

Decreto de 23 dezembro de 2003 - Institui a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia.

Decreto de 02 julho de 2003 - Institui Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal – biodiesel como fonte alternativa de energia, propondo, caso necessário, as ações necessárias para o uso do biodiesel.

### **2.13.3 Portarias**

Portaria MME- Ministério de Minas e Energia nº 483, de 3 de outubro de 2005 - Estabelece as diretrizes para a realização pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP de leilões públicos de aquisição de biodiesel de que trata o art. 3º, da Resolução do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE nº 3, de 23 de setembro de 2005.

Portaria ANP- Agência Nacional de Petróleo nº 240, de 25 de agosto de 2003 - Estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no País.

### **2.13.4 Resoluções**

Resolução nº 31, de 04 de novembro de 2005 - Regula a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel.

Resolução CNPE nº 3, de 23 setembro de 2005 - Reduz o prazo de que trata o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e dá outras providências.

Resolução ANP nº 42, de 24 de novembro de 2004 - Estabelece a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel na proporção 2% em volume.

Resolução ANP nº 41, de 24 de novembro de 2004 - Fica instituída a regulamentação e obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel.

Resolução BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social nº 1.135/2004 - Assunto: Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia.

### ***2.13.5 Instruções Normativas***

Instrução Normativa MDA- Ministério do Desenvolvimento Agrário nº 01, de 05 de julho de 2005 - Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social.

Instrução Normativa MDA nº 02, de 30 de setembro de 2005 - Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social.

Instrução Normativa SRF- Receita Federal do Brasil nº 526, 15 de março de 2005 - Dispõe sobre a opção pelos regimes de incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003, o art. 23 da Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004, e o art. 4º da Medida Provisória nº 227, de 6 de dezembro de 2004.

Introdução Normativa SRF nº 516, de 22 de fevereiro de 2005 - Dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências.

## **2.14 Análise de viabilidade de projetos**

A realização de um projeto só mostra sentido social e econômico quando resulta na produção de bens de consumo ou serviços. Para cada ramo de atividade ou para cada finalidade de empreendimento, existe um caminho para a realização do projeto de viabilidade econômica (BRITO, 2011).

Com os riscos prováveis e incertezas, dimensionar um projeto torna-se uma tarefa trabalhosa. Para tanto, é preciso assegurar normas que conduzam à eficiência da produção desses bens ou serviços. Vale ressaltar no entanto, que, o projeto deve possuir um roteiro simplificado, além de ser adaptável e flexível (BRITO, 2011).

De acordo com o setor produtivo, Brito, (2011) classifica os projetos como (a) agrícolas; (b) pecuários; (c) agropecuários; (d) industriais; (e) agroindustriais; (f) de serviços básicos – água, saneamento, energia, transportes estradas, comunicações, telefones; (g) de serviços sociais – escolas, habitações, lazer; (h) outros serviços.

#### ***2.14.1 Arquitetura do Projeto***

Em sua maioria, a arquitetura de projetos possui duas características básicas: economia de custos, que visam a eliminação de obras desnecessárias ou impraticáveis, e funcionalidade que permitem a execução segura e prática dos processos produtivos. Brito, (2011) relaciona as plantas obrigatórias em um projeto:

- planta baixa;
- planta de cortes transversais;
- planta de cobertura;
- planta de situação, indicando quadro de áreas, índices de aproveitamento e taxa de ocupação;
- plantas de fachadas.

#### ***2.14.2 Engenharia do Projeto***

A engenharia divide-se nas concepções de construção e funcionamento do projeto. São definidos ainda parâmetros para avaliação técnica do projeto como ensaios, pesquisas, seleção da tecnologia e equipamentos, seleção de solos, de edificações, centros produtivos e do processo produtivo (BRITO, 2011). O resultado destes estudos define os fluxogramas e *layouts*.

#### ***2.14.3 Receitas do Projeto***

O estudo da demanda produtiva determina o volume a ser vendido e seu respectivo preço. O volume vendido multiplicado pelo valor de venda, define a receita operacional. Despesas não operacionais são aquelas que estão diretamente envolvidas no processo produtivo.

#### **2.14.4 Custos do Projeto**

Os custos podem ser definidos como fixos e variáveis.

##### **2.14.4.1 Custos Fixos**

Bruni, (2006) define custos fixos como aqueles que não variam independente do volume de produção. Eles existem mesmo que não haja produção alguma. Estão relacionados as despesas como aluguel, depreciação, seguros, imposto predial, etc. Mesmo que nenhum produto seja produzido, o aluguel deverá ser pago, as máquinas sofrerão depreciação, etc.

A Tabela 5 ilustra o conceito de custo fixo, baseando-se no exemplo de uma sorveteria que possui capacidade de produção mensal de 10.000 kg.

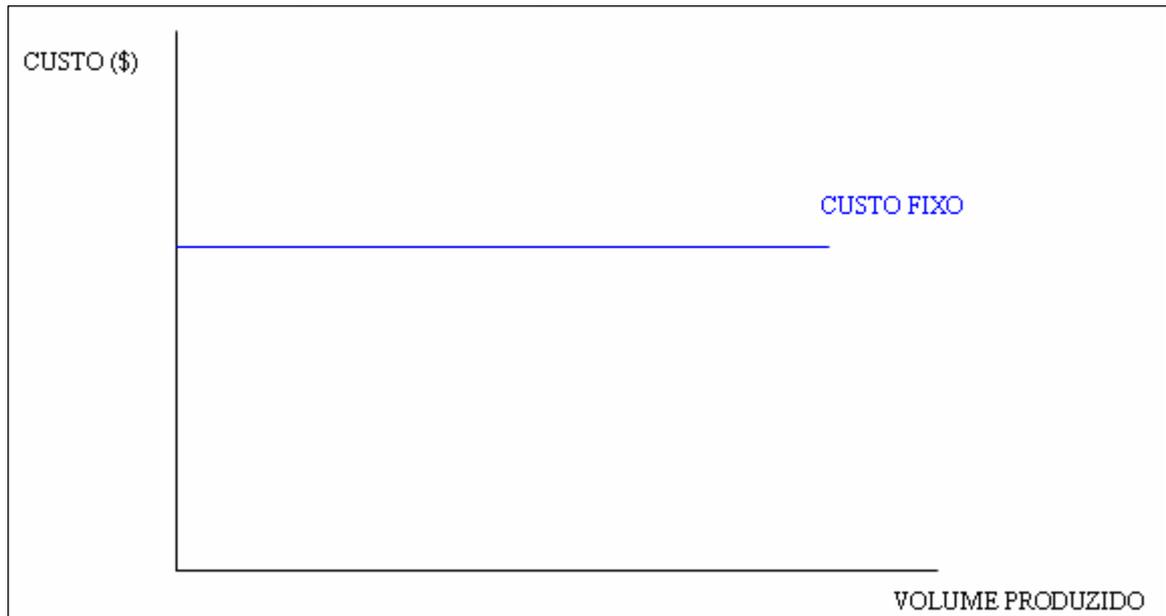
Tabela 5 – Evolução dos custos fixos

<b>Volume</b>	<b>Custo Fixo Total (R\$)</b>	<b>Custo Fixo Unitário (R\$)</b>
0	1.000,00	
10	1.000,00	100,00
50	1.000,00	20,00
100	1.000,00	10,00
500	1.000,00	2,00
1000	1.000,00	1,00
10000	1.000,00	0,10

Fonte: Bruni, 2006.

O custo fixo pode ser representado graficamente pela Figura 8.

Figura 8 – Gráfico representativo dos custos fixos



Fonte: Bruni, 2006.

Pode-se observar que os custos fixos são invariáveis independente do volume produzido.

#### 2.14.4.1.1 Depreciação Linear

Máquinas ou quaisquer outros bens tangíveis adquiridos por uma empresa são considerados investimentos. Este investimento, à medida que estes equipamentos sofrem desgastes, se tornará uma despesa no decorrer de sua vida útil (ABREU, 2006).

O método de depreciação utilizado foi o da depreciação linear descrito por Nogueira, (2001) na Equação 1.

$$D = \frac{Ci - Cf}{Vu} \quad \dots(1)$$

Onde:

D – Depreciação linear(R\$/ano);

Ci – Custo inicial (R\$);

Cf – Custo final (R\$);

Vu – Vida útil (anos)

#### 2.14.4.1.2 Juros

O juro sobre o capital investido foi determinado em relação ao capital médio durante a vida útil dos bens a uma taxa de juros anual de 6%, conforme o rendimento anual da caderneta de poupança. Segundo o método descrito por Nogueira, (2001) o custo de oportunidade do capital pode realizado conforme a Equação 2.

$$Vk = \frac{Vi + Vf}{2} r \quad \dots(2)$$

Onde:

Vk – Custo de oportunidade do capital (R\$/ano);

Vi – Valor total do investimento (R\$)

Vf – Valor final do ativo (R\$)

r – taxa de juros anual (%/ano)

#### 2.14.4.2 Custos variáveis

Os custos variáveis como definido pelo próprio nome, são aqueles que variam de acordo com o volume produzido. Estão relacionados ao processo produtivo como volume de insumos ou até mesmo às questões administrativas, ou envolvidas diretamente em vendas. Apesar disso, os custos variáveis unitários são considerados fixos segundo Bruni, (2006) conforme ilustrado na Tabela 6.

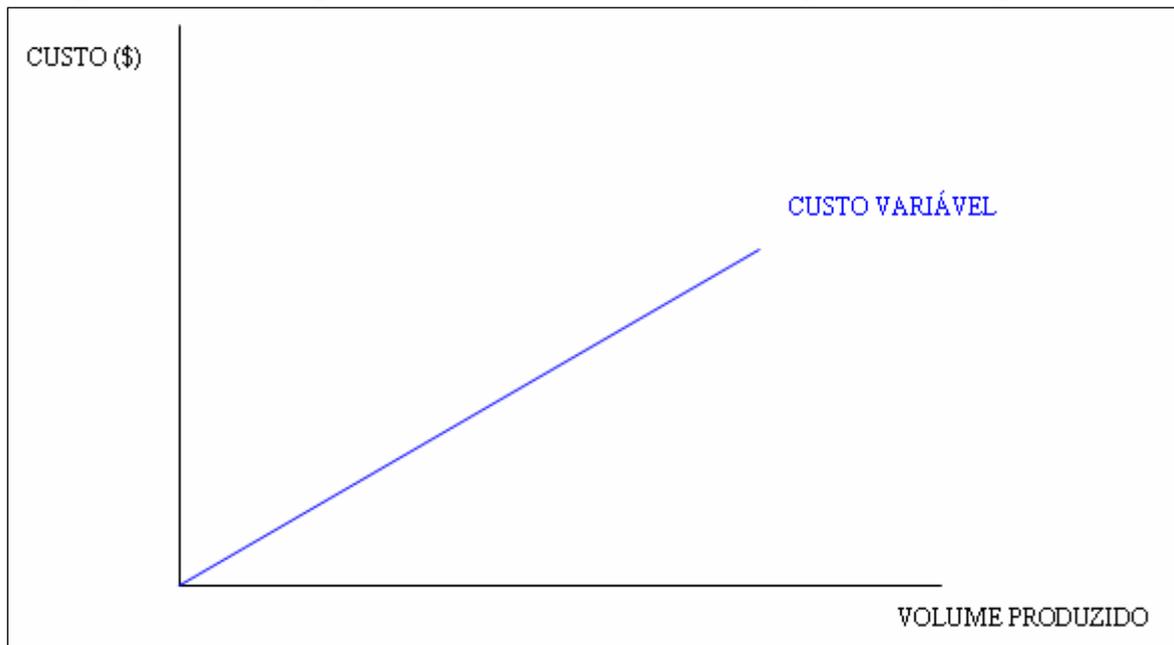
Tabela 6 – Evolução dos custos variáveis

Volume	Custo Variável Total (R\$)	Custo Variável Unitário (R\$)
0		8,00
10	80,00	8,00
50	400,00	8,00
100	800,00	8,00
500	4.000,00	8,00
1000	8.000,00	8,00
5000	40.000,00	8,00
10000	80.000,00	8,00

Fonte: Bruni, 2006.

A Figura 9 ilustra graficamente o custo variável em função da quantidade produzida.

Figura 9 – Gráfico representativo do custo variável em função do volume produzido



Fonte: Bruni, 2006.

### ***2.14.5 Ponto de Equilíbrio***

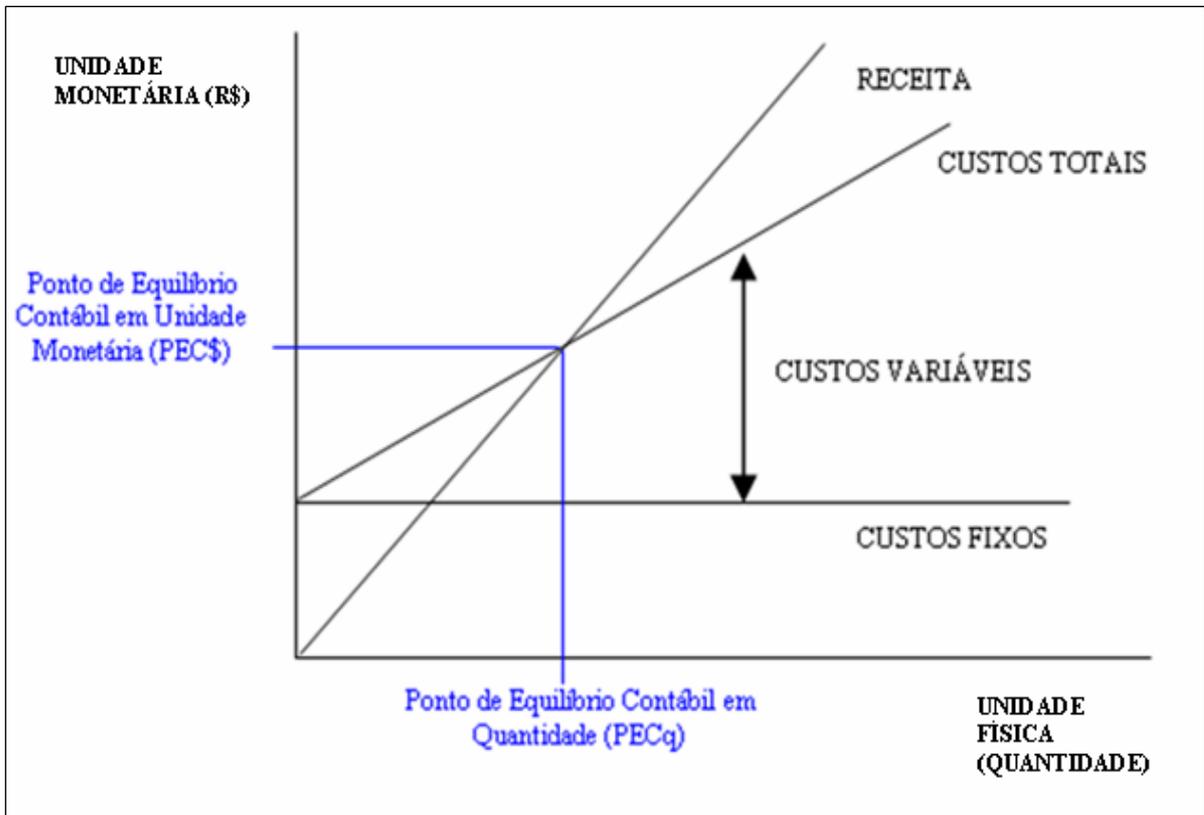
O ponto de equilíbrio representa qual o volume mínimo a ser produzido para que os custos sejam cobertos, ou seja, para que não haja lucro ou prejuízo (BRUNI, 2006).

Brito, (2011) afirma que o ponto de equilíbrio não deve ser superior a 50 % da receita bruta, e ainda, quanto menor o ponto de equilíbrio, melhor.

Bruni, (2006) apresenta diferentes conceitos de ponto de equilíbrio: contábil, financeiro e econômico.

A Figura 10 representa o gráfico do ponto de equilíbrio.

Figura 10 – Gráfico representativo do Ponto de Equilíbrio Contábil



Fonte: Bruni, 2006.

O cálculo do ponto de equilíbrio é dado pela Equação 3, utilizando o valor do Custo Fixo, do Preço do Produto Vendido e do Custo Variável Unitário.

$$PECq = \frac{CF}{(P - CVU)} \quad \dots(3)$$

Onde:

CF – Custo Fixo;

P – Preço do Produto Vendido;

CVU – Custo Variável Unitário

O cálculo do ponto de equilíbrio em unidade monetária é dado pela Equação 4.

$$PEC\$ = PECq * P \quad \dots(4)$$

### **2.14.6 Margem de Lucro**

Bruni, (2006) define margem de lucro como a relação entre o lucro (L) e a receita (R), conforme demonstrado na Equação 5.

$$ML = \frac{Lucro}{Receita} \quad \dots(5)$$

### **2.14.7 Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE)**

Para que seja apurado o resultado contábil de uma empresa é utilizado o Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE). Fipecafi, (2000) define:

A Lei nº 6.404/76 define o conteúdo da Demonstração do Resultado do Exercício, que deve ser apresentada na forma dedutiva, com os detalhes necessários das receitas, despesas, ganhos e perdas e definindo claramente o lucro ou prejuízo líquido do exercício, e por ação, sem confundir-se com a conta de Lucros Acumulados, onde é feita a distribuição ou alocação do resultado.

Através de um resumo ordenado de todas as receitas e despesas a DRE é realizada com o objetivo de permitir uma objetiva visualização das contas de determinada empresa, auxiliando as tomadas de decisão (MARION, 1998).

A Lei nº 6.404/76 define claramente o conceito de lucro líquido estabelecendo os critérios classificatórios de determinadas despesas. Fipacafi, (2000) define a DRE como uma apresentação resumida de todas as operações financeiras realizadas por uma empresa, durante determinado exercício, com o objetivo de ressaltar o resultado líquido do período.

Em posse do valor total da receita são deduzidos os custos de vendas, obtendo-se o lucro bruto. Em seguida são deduzidos os custos operacionais, despesas administrativas e gerais, chegando ao lucro operacional, importante para análise operacional de uma empresa.

### **2.14.8 Taxa de Retorno**

De acordo com Santos, (1995), a taxa de retorno é em geral expressa em percentual ao ano, onde são considerados critérios como:

- os objetivos de sobrevivência, crescimento ou manutenção da empresa;
- os níveis de retornos proporcionados pelo segmento e atingidos pelas concorrentes.

A taxa de retorno é definida pela Equação 6, considerando o lucro líquido anual e o investimento total.

$$TR = \frac{LL}{I} \quad \dots(6)$$

Onde:

TR – Taxa de retorno;

LL – Lucro líquido;

I – Investimento

#### **2.14.9 Payback**

O *payback* pode ser definido como o período que um projeto leva para recuperar seu capital investido em função do lucro, conforme demonstrado pela Equação 7.

$$PB = \frac{I}{LL} \quad \dots(7)$$

#### **2.14.10 Comercialização da glicerina**

O mercado ainda não é capaz de absorver a toda a produção de glicerina no Brasil. Isto causa certa preocupação já que este subproduto do biodiesel, de certa forma indesejado, é altamente poluente e comumente descartado de forma incorreta na natureza.

Para que a produção de biodiesel torne-se viável, é preciso aplicar a glicerina em setores produtivos alternativos, como por exemplo, para a produção de biogás, aditivo para gasolina e para ser transformado em polímeros, aumentando assim a demanda e conseqüentemente, elevando o valor de venda. Contudo, a curto prazo, o futuro das aplicações deste excedente de glicerina ainda é incerto.

Com o excesso de glicerina inserido no mercado, os preços acabam alcançando preços baixíssimos. Costa, (2008) afirma que o preço de venda da glicerina despencou de R\$4,00/kg para R\$1,40/kg, devido ao excedente despejado no mercado após a implantação do B2 que define a adição de 2% de biodiesel ao diesel fóssil, no final de 2006.

O glicerol é competitivo no que diz respeito ao fato de caracterizar uma concorrência perfeita, uma vez que os agentes mercadológicos não possuem força individual para influenciar a demanda e conseqüentemente, seu preço (PINDYCK & RUBIENFELD 1995).

Para que o preço da glicerina se eleve no mercado, é preciso que surjam novos mercados para sua utilização, do contrário, ele continuará saturado (OLIVEIRA et. al., 2009).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

Para este trabalho foram utilizados:

- Computador Acer Aspire 5920 Intel® Core 2 Duo, 3 GB DDR2;
- Software Autodesk Inventor LT 2010;
- Pacote Microsoft Office® 2003
- Pendrive Kingston 4Gb

#### **3.2 Métodos**

A metodologia utilizada para o dimensionamento do projeto e análise de viabilidade econômica foi baseada na literatura disponível, em estudos realizados anteriormente em menor escala e em cotações de mercado e fornecedores brasileiros.

##### ***3.2.1 Projeto e dimensionamento da usina***

O projeto da micro usina foi baseado no processo produtivo utilizado para a obtenção de biodiesel em escala laboratorial realizado no laboratório da FATEC de Botucatu, que utiliza um homogeneizador industrial com rotação de 300 RPM durante 40 minutos para produção de 1 litro de biodiesel.

Foi definido um esquema simples da disposição dos setores da micro usina a fim de discriminar quais componentes e materiais seriam utilizados na construção.

Equipamentos de segurança coletiva como extintores de incêndio e material para sinalização bem como equipamentos de proteção individual também foram incluídos.

### ***3.2.2 Definição e cotação dos materiais***

Os materiais foram cotados de acordo com o volume dimensionado para a micro usina na quantidade de 40 litros/batelada, considerada a capacidade produtiva efetiva, e de acordo ainda com sua condição de sucata ou material oriundo de reciclagem.

Após definidos os materiais, foram levantados os valores de cada material e definido o valor total do investimento para construção da usina.

### ***3.2.3 Investimento total***

O investimento total foi calculado somando o valor dos materiais para construção da usina, valor dos equipamentos de segurança e outros materiais como mesas, armários, cadeiras, além de veículos e documentações.

Dentro do cálculo do investimento total, foram calculadas a depreciação mensal e anual e os juros.

### ***3.2.4 Dimensionamento de insumos***

Já definida a capacidade produtiva do reator foram dimensionados e cotados os insumos utilizados no processo como óleo de fritura, álcool metílico, hidróxido de sódio e resina para purificação. Também foram avaliados os custos de energia elétrica do reator e do ebulidor.

### ***3.2.5 Cálculo dos custos fixos e variáveis***

Os custos fixos e variáveis foram determinados de acordo com o recomendado na literatura. Foram considerados custos fixos os custos de aluguel, energia elétrica, telefone e água das instalações, material de escritório, limpeza, combustível, salários e encargos sociais,

depreciação e juros. Para o cálculo da depreciação foram considerados os prazos de vida útil dos bens conforme instrução normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998, Anexo I. O método adotado para o cálculo de depreciação foi o descrito na literatura. Para o cálculo do custo de oportunidade do capital (juros) foi considerado o valor médio do capital, também descrito na literatura. Foi considerada a taxa de juros de 6% a.a., como sendo a taxa mínima de atratividade do investimento livre de risco. Insumos para produção como matéria prima, energia elétrica do reator e resina de purificação foram considerados custos variáveis.

A receita e o ponto de equilíbrio da produção assim como os custos, foram calculados com base na literatura disponível. Para cálculo da receita, foi considerado que todo volume produzido foi efetivamente vendido. Considerou-se ainda como outras receitas, a venda da glicerina bruta.

### ***3.2.6 Análise da viabilidade econômica***

Após obtido o valor do lucro no período através do Demonstrativo do Resultado do Exercício e do investimento total, foram determinadas, conforme Bruni, (2006), o ponto de equilíbrio contábil em unidades físicas e monetária, a margem de lucro, a taxa de retorno e o *payback* do projeto.

A alíquota do imposto de renda foi fixada em 15%, valor estipulado pela Receita Federal para Pessoa Jurídica:

As alíquotas do imposto de renda em vigor desde o ano-calendário 1996 são as seguintes: a) 15% (quinze por cento) sobre o lucro real, presumido ou arbitrado apurado pelas pessoas jurídicas em geral, seja comercial ou civil o seu objeto;

### ***3.2.7 Análise físico-químico do biodiesel***

Para este trabalho foi considerado que as análises seriam feitas em caráter de colaboração com instituições de ensino (Universidades Estaduais e/ou Federais) ou governamentais envolvidas na produção ou estudo do biodiesel. Logo, seu custo não foi considerado.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos estudos realizados, chegou-se ao objetivo de avaliar a viabilidade econômica do projeto.

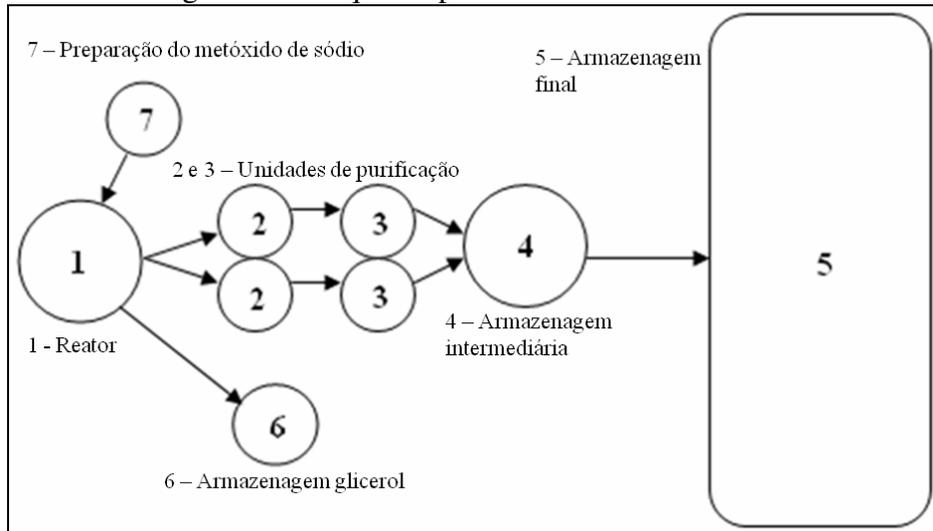
A construção da micro usina foi baseada na literatura disponível e em experimentos realizados em menor escala anteriormente. Os materiais utilizados são fáceis de encontrar em depósitos denominados “sucatoões” ou até mesmo em depósitos do tipo “ferro-velho”, e possuem preço acessível, além de possuírem grande apelo ecológico no que diz respeito ao reaproveitamento de materiais, evitando assim o descarte de mais material ao fim de sua vida útil. Já os materiais que não puderam proceder de sucata ou reciclagem, apresentaram também preço acessível.

O processo de obtenção de biodiesel, a transesterificação, foi realizado com sucesso em menor escala, em estudos anteriores, o que mostra que sua produção em maior escala, seguindo o mesmo método, obterá os mesmos resultados.

Todos os valores levantados para o projeto foram baseados naqueles cotados no primeiro ou segundo semestre de 2011, tanto para os materiais para construção da usina e outros itens de investimento, quanto de matéria prima, preço de venda por litro de biodiesel e de glicerina.

Inicialmente foi projetado um esquema simples, em forma de organograma, da planta da micro usina conforme Figura 11.

Figura 11 – Esquema planejado da micro usina.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Todos os setores da micro usina foram discriminados conforme Tabela 7.

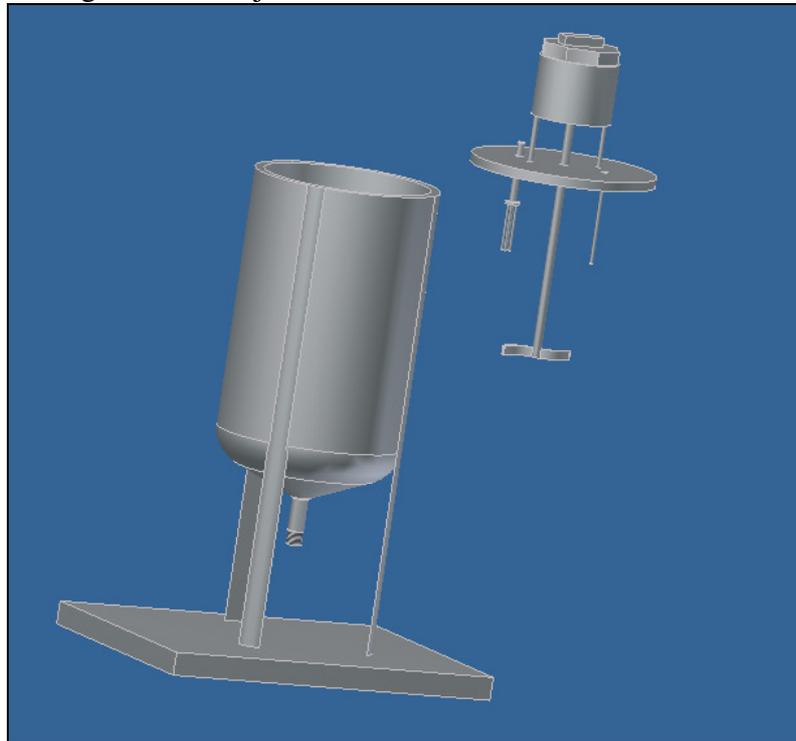
Tabela 7 – Matérias utilizados na micro usina.

<b>1 – Unidade de produção de biodiesel (reator)</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Ítem</b>
01	tambor Inox (sucata de autoclave de alta pressão com serpentina acoplada) com capacidade para 50 L
03	suportes metal para base 300mm cada
01	tampa metal
01	termômetro de laboratório (escala -10°C a 110°C)
01	ebulidor mergulhão
01	termostato
01	haste de metal 400 x 10 mm
02	pás metal 30 x 100 mm
10	eletrodos de inox
01	motor elétrico 1/3 CV 110 V
01	registro metal
01	Adaptador ajuste ½
01	bico torneira engate
01	engate rápido
01	funil metal
01	mangueira transparente alta temperatura (2m)
01	mangueira transparente alta resistência (introdução do metóxido de sódio)
<b>2 e 3 – Unidades de purificação do biodiesel</b>	
04	garrafas do tipo PET 2 litros
04	mangueiras transparentes 3m cada
04	registros plásticos
<b>4 – Unidade de armazenagem intermediária de biodiesel</b>	
01	tambor com capacidade para 50 L
04	mangueiras transparentes 3m cada
01	bomba manual
<b>5 – Unidade de armazenagem final do biodiesel</b>	
01	reservatório para combustível diesel capacidade 2000 litros
<b>6 – Unidade de armazenagem do glicerol</b>	
03	tambor com capacidade para 100 L
01	mangueira transparente 2m
<b>7 – Unidade de preparação do metóxido de sódio</b>	
02	galões transparentes com capacidade para 10 L
02	mangueiras resistentes 1m cada
<b>Outros materiais</b>	
01	base plana metal 2 x 2m
04	rodinhas com trava
02	interruptores simples
02	tomadas
	fiação elétrica

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

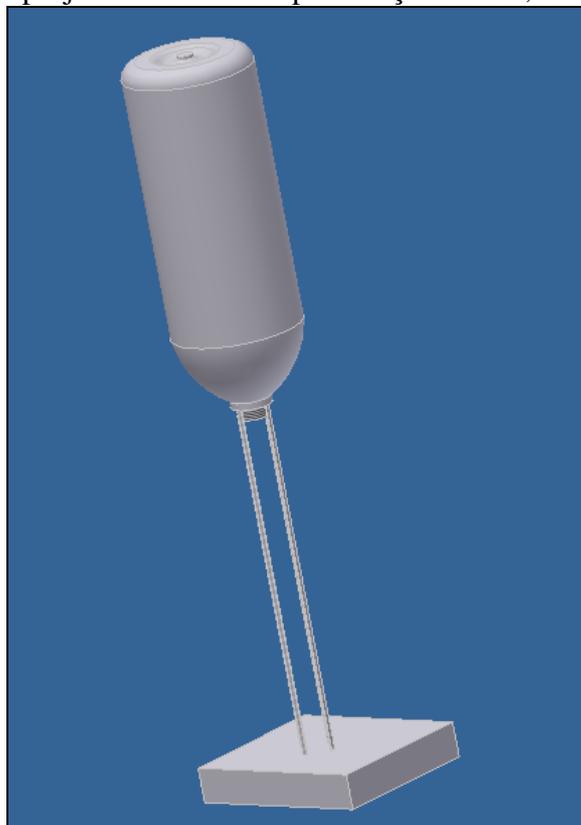
As Figuras 12 e 13 apresentam o projeto inicial do reator e da coluna de purificação a seco respectivamente.

Figura 12 – Projeto do reator da micro usina.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Figura 13 – Desenho do projeto da coluna de purificação a seco, com garrafa PET.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Antes de calcular o valor total do investimento, foi elaborado o valor do investimento apenas para construção da usina, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Investimento para construção da usina.

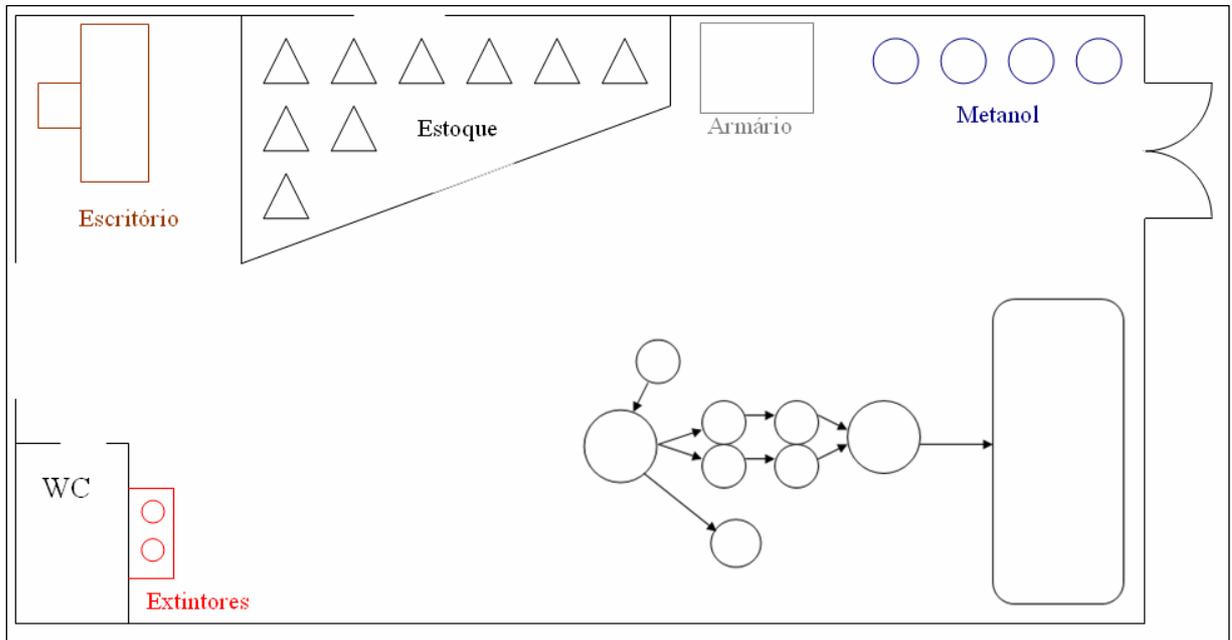
<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
R/S	Tambor INOX 50 L	100,00
R/S	Suportes bases	18,00
R/S	Tampa INOX	29,00
	Termômetro laboratório	28,65
R/S	Haste metal	8,00
R/S	Pás metal	8,00
	Eletrodo Inox	7,50
R/S	Motor Elétrico	30,00
	Registro metal	17,50
	Serviço solda TIG	50,00
R/S	Garrafa PET	
R/S	Tambor 100 L 3 un	135,00
R/S	Tambor 50 L 1 un	8,00
R/S	Galão transparente 10L	10,00
R/S	Base plana metal	40,00
	Rodas com trava	51,60
	Interruptor	12,40
	Tomada	9,60
	Fiação elétrica	15,80
	Adaptador ajust 1/2	19,60
	Bico torneira engate	3,00
	Engate rápido água	5,00
	Ebulidor Mergulhão	19,90
	Termostato	40,00
	Mangueira cristal 1/2"	76,00
	Registro plástico 4 un	4,00
	Funil metal	27,00
R/S	Reservatório óleo Diesel 2.000l	500,00
	<b>Subtotal</b>	<b>1.273,55</b>

R/S: Reciclagem/sucata

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Para que fossem projetados todos os itens de investimento, foi projetada uma planta baixa de um galpão onde funcionaria a micro usina, conforme Figura 14.

Figura 14 – Planta das instalações da micro usina.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Para o investimento total demonstrado na Tabela 9 foram considerados todos os itens inseridos na planta do galpão.

Tabela 9 – Investimento total do projeto da usina.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor total (R\$)</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Depreciação (R\$/mês)</b>	<b>Juros (R\$/mês)</b>
R/S	Tambor INOX 50 L	100,00	10	0,83	0,25
R/S	Suportes bases	18,00	10	0,15	0,05
R/S	Tampa INOX	29,00	10	0,24	0,07
	Termômetro laboratório	28,65	5	0,48	0,07
R/S	Haste metal	8,00	10	0,07	0,02
R/S	Pás metal	8,00	10	0,07	0,02
	Eletrodo Inox	7,50	5	0,13	0,02
R/S	Motor Elétrico	30,00	10	0,25	0,08
	Registro metal	17,50	10	0,15	0,04
	Serviço solda TIG	50,00			
	Garrafa PET				
R/S	Tambor 100 L 3 um	135,00	5	2,25	0,34
R/S	Tambor 50 L 1 un	8,00	5	0,13	0,02
R/S	Galão transparente 10L	10,00	5	0,17	0,03
R/S	Base plana metal	40,00	10	0,33	0,10
	Rodas com trava	51,60	10	0,43	0,13
	Interruptor	12,40	10	0,10	0,03
	Tomada	9,60	10	0,08	0,02
	Fiação elétrica	15,80	5	0,26	0,04
	Adaptador ajust 1/2	19,60	5	0,33	0,05
	Bico torneira engate	3,00	5	0,05	0,01
	Engate rápido água	5,00	5	0,08	0,01
	Ebulidor Mergulhão	19,90	10	0,17	0,05
	Termostato	40,00	10	0,33	0,10
	Mangueira cristal 1/2"	76,00	2	3,17	0,19
	Registro plástico 4 un	4,00	5	0,07	0,01
R/S	Funil metal	27,00	10	0,23	0,07
	Reservatório óleo Diesel 2.000l	500,00	10	4,17	1,25
R/S	Mesa e cadeira	70,00	5	1,17	0,18
	Embalagens plásticas 300g	24,00	5	0,40	0,06
	Embalagens 1l amostragem	16,00	5	0,27	0,04
	Extintores 40 B:C	1.303,82			3,26
	Material para sinalização	57,00			0,14
	Bomba manual/alavanca p/ tambor	134,99	5	2,25	0,34
	Armário aço 4 prateleiras 2 portas	450,00	10	3,75	1,13
	Balança digital eletrônica	22,90	10	0,19	0,06
	Caminhonete S10 Pick-up Diesel	18.600,00	10	155,00	46,50
	Documentação veículo	243,70			
	Documentação inicial CNPJ	1.000,00			
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>23.195,96</b>		<b>177,75</b>	<b>57,78</b>

R/S: Reciclagem/Sucata

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Para a cotação destes materiais, foram orçados os materiais de sucata e reciclagem no ferro velho Elias Zacharias Ferreira ME e no Depósito de Ferro Velho Valter Acerra LTDA; materiais laboratoriais em distribuidora de produtos hospitalares local; equipamentos de segurança na ProSeg de Botucatu; conectores e outros materiais menores em lojas de materiais de construção de Botucatu; veículo em *site* especializado em vendas de automóveis de segunda mão; e documentações em sites estaduais responsáveis.

Na etapa seguinte foi calculado o volume de insumos por batelada (por processo), apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Quantidade de insumos por batelada.

<b>Descrição</b>	<b>Volume</b>
Óleo residual	40 L
Álcool metílico (99,8%)	8 L
Hidróxido de Sódio (98%)	0,3 kg
Resina	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

O valor da resina plástica para purificação não foi dimensionada por batelada já que é utilizada na proporção de 2kg para cada 1500 litros de biodiesel. Como foram utilizadas duas colunas de purificação de 2 litros cada para cada 1500 litros, foram dimensionados 16 kg/mês. Calculou-se então o valor mensal.

A Tabela 11 apresenta os valores dos insumos em função do lote mínimo de venda. A cotação do óleo residual foi feito através do site de compra e venda de produtos agrícolas MFRural, no segundo semestre de 2011, descrito como “óleo de fritura coado e lavado”. O álcool metílico é fornecido pela empresa quantiQ da cidade de São Paulo, onde no preço de venda são inclusos impostos e frete . A resina para purificação do biodiesel ABERLITE BD10DRY, são vendidas pela Dow Brasil S/A, pelo valor de R\$38,00, acrescidos de 5% de IPI, totalizando os R\$39,90. O hidróxido de sódio é vendido por uma rede de produtos hospitalares local, com referência ao segundo semestre de 2011.

Tabela 11 – Preço dos insumos.

<b>Ítem</b>	<b>Lote mínimo</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Óleo residual	1 L	1,00
Álcool metílico	1000 L	1.538,42
Hidróxido de sódio	1 kg	14,00
Resina de purificação	40 kg	39,90

Fonte: MFRural, 2011; QuantiQ, 2011; Biominas, 2011.

Os custos fixos e variáveis, envolvidos no processo de produção do biodiesel, estão descritos pelas Tabelas 12 e 13 respectivamente, considerando a quantidade de insumos por batelada e seu valor para os custos variáveis, e as despesas fixas mensais para os custos fixos.

Tabela 12 – Custos fixos.

<b>Ítem</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Aluguel barracão comercial 250 m <sup>2</sup>	500,00
Energia elétrica barracão	16,59
Materias de limpeza	20,00
Material de escritório	10,00
Telefone	49,90
Água	60,86
Salário	545,00
Encargos sociais	163,50
Depreciação	177,75
Juros	54,78
Combustível	158,40
<b>Total</b>	<b>1.756,78</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Tabela 13 – Custos variáveis.

<b>Ítem</b>	<b>Valor (R\$/batelada)</b>	<b>Valor (R\$/mês)</b>
Óleo residual	40,00	7.040,00
Álcool metílico (99,8%)	12,24	2.154,24
Hidróxido de Sódio (98%)	4,20	739,20
Energia elétrica motor do reator e ebulidor		82,57
Resina purificação a seco		16,80
<b>Total</b>		<b>10.032,81</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Nos custos fixos foram considerados todas as variáveis envolvidas em uma instalação industrial como água, energia elétrica, aluguel, telefone bem como suprimentos como materiais de limpeza e de escritório. Salário e encargos sociais são considerados custos fixos pois, independente do volume produzido, é pago ao funcionário. A depreciação e os juros também são considerados custos fixos. Para cálculo do custo do combustível, foi calculado dois abastecimentos de tanque cheio (tanque da caminhonete com capacidade 40 litros) mensais.

Nos custos variáveis, além dos insumos produtivos, estão incluídos os custos de energia elétrica do motor do reator e do ebulidor do reator, uma vez que estes valores variam de acordo com o volume produzido.

O volume de produção da micro usina foi calculado, conforme Tabela 14, considerando 8 horas trabalhadas por dia, totalizando 8 bateladas por dia, já que cada batelada consome o tempo total de 1 hora entre reação e decantação. Foram considerados 22 dias trabalhados no mês.

Tabela 14 – Volume de produção em litros.

<b>Diária (L)</b>	<b>Semanal (L)</b>	<b>Mensal (L)</b>
320	1600	7040

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Levando em consideração a necessidade de avaliar o combustível produzido, foram consideradas as retiradas de 1 litro de biodiesel por dia para análise, alternando a ordem de retirada de acordo com os dias. No primeiro dia, retira-se a amostra da primeira batelada do dia. No segundo dia, amostra da segunda batelada. No terceiro dia, amostra da terceira batelada, e assim sucessivamente. A receita bruta foi calculada considerando a retirada de 1 litro de biodiesel por dia conforme Tabelas 15.

Tabela 15 – Volume efetivo produzido após retirada das amostras.

<b>Diária (L)</b>	<b>Semanal (L)</b>	<b>Mensal (L)</b>
320	1600	7040
319	1594	7018

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Foi considerado ainda, para este trabalho, que todo o volume de biodiesel produzido seria efetivamente vendido. O valor de venda do biodiesel foi baseado nos boletins da ANP de dezembro de 2010. Foi considerado o preço de venda no produtor projetado para janeiro de 2011. Este boletim tem como objetivo apresentar informações sobre produção e preços de biocombustíveis, referentes e preços de matéria prima do biodiesel e ainda resultados referentes a gasolina C, diesel B e etanol hidratado do Programa Nacional do Monitoramento de Qualidade de Combustíveis – PMQC, da ANP. A receita bruta de venda pode ser observada na Tabela 16.

Tabela 16 – Receita bruta de venda.

<b>Volume</b>	<b>Preço (R\$/L)</b>	<b>Total (R\$)</b>
7018	2,43	17.053,74

Fonte: ANP, 2010.

De acordo com a Lei nº 11.116 de 18 de maio de 2005, incidem sobre a receita bruta da venda de biocombustíveis, PIS e COFINS, conforme Tabela 17.

Tabela 17 – Impostos sobre a venda receita bruta.

<b>Impostos</b>	<b>Alíquota (%)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>PIS</b>	6,15	1.048,81
<b>COFINS</b>	28,32	4.829,62
<b>Total</b>		<b>5.878,42</b>

Fonte: Secretaria da Fazenda, 2011

A venda da glicerina oriunda do processo de obtenção também foi considerada receita, gerando assim outra renda ao produtor. O valor de compra foi baseado em anúncio em site de vendas de produtos rurais (MFRural), e tem como referência, valores do primeiro semestre de 2011. O frete fica a cargo do comprador, e o lote mínimo para compra é de 1000 litros. A Tabela 18 quantifica o volume de glicerol produzido e seu preço de venda, totalizando assim a receita bruta da venda. Sobre a venda do glicerol não incidem impostos.

Tabela 18 – Outras receitas: venda da glicerina bruta.

<b>Ítem</b>	<b>Quantidade (L)</b>	<b>Valor (R\$/L)</b>
Glicerina	1280	1,20
<b>Total (R\$)</b>		<b>1.536,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2011; MFRural, 2011

De acordo com a literatura, a glicerina pode ser utilizada no setor de cosméticos para produção de sabões e/ou sabonetes, no setor agropecuário como suplemento alimentar para animais de grande porte (purificada e tratada), ou ainda como fertilizante.

Depois de definidos os custos totais e as receitas foi determinado o ponto de equilíbrio da produção, apresentado pela Tabelas 19.

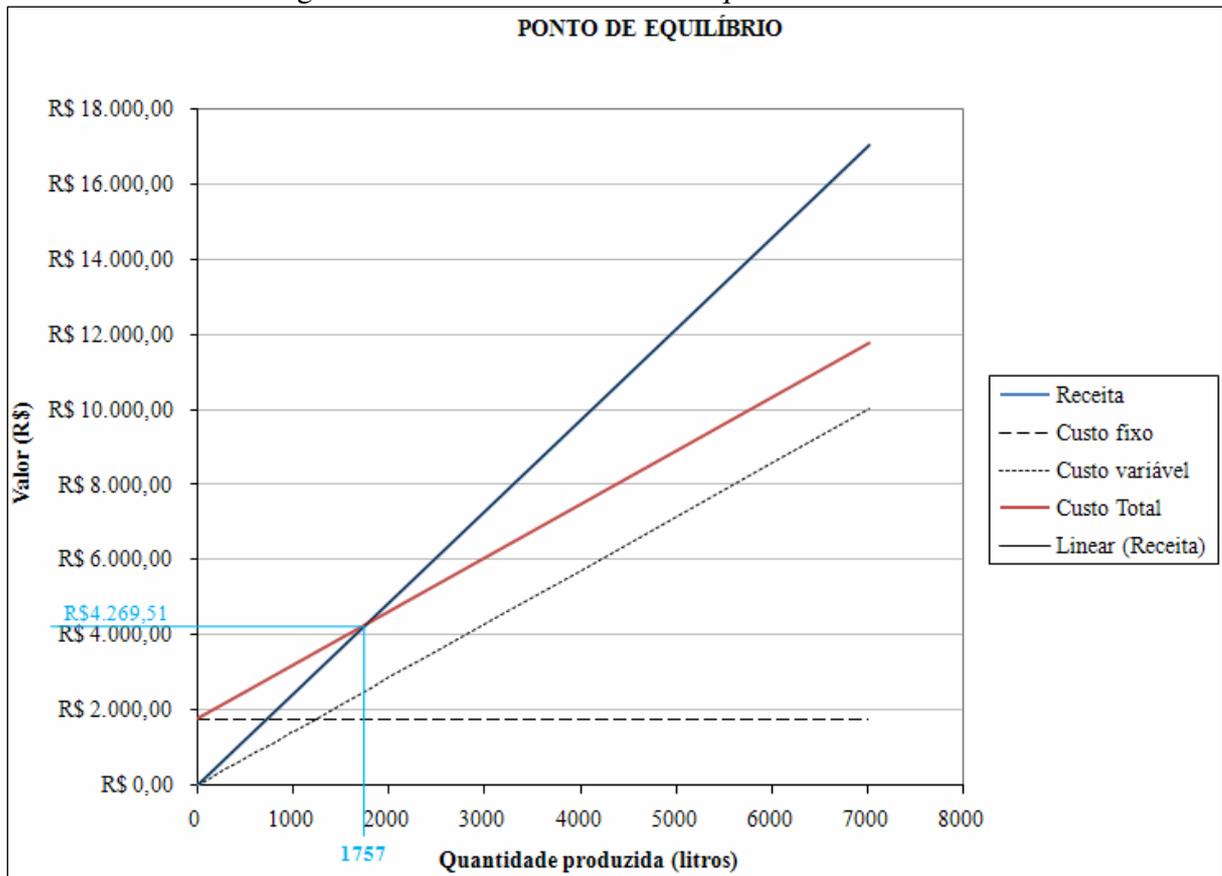
Tabela 19 – Definição do Ponto de Equilíbrio Contábil.

<b>Preço de venda (R\$)</b>	2,43
<b>Receita (R\$)</b>	17.053,74
<b>Custo fixo (R\$)</b>	1.756,78
<b>Custo variável (R\$)</b>	10.032,81
<b>Qtd. produzida (L)</b>	7018
<b>CVU (R\$)</b>	1,43
<b>PECq (L)</b>	1.757
<b>PEC\$ (R\$)</b>	4.269,51

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

A Figura 15 demonstra graficamente o ponto de equilíbrio da produção.

Figura 15 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio Contábil.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Para que o produtor não obtenha lucro nem prejuízo o gráfico apontou que deveriam ser produzidos 1757 litros de biodiesel para que fossem cobertas todas as despesas, não obtendo assim lucro ou prejuízo. A receita de equilíbrio obtida foi de R\$4.269,51.

A Tabela 20 demonstra o resultado do exercício e o lucro no período considerando a comercialização da glicerina bruta.

Tabela 20 – Demonstrativo do resultado do exercício (R\$).

Receita bruta	17.053,74
<b>(-)PINS/COFINS</b>	5.878,42
Receita operacional bruta	11.175,32
<b>(-)Custos operacionais</b>	9.985,69
matéria prima	9.950,24
energia	35,45
Lucro Bruto	1.189,63
<b>(-)Despesas administrativas</b>	1.524,25
salário	545,00
encargos sociais	163,50
aluguel	500,00
energia	16,59
água	60,86
telefone	49,90
material escritório	10,00
material limpeza	20,00
combustível	158,40
Lucro Operacional	<b>(334,62)</b>
<b>(+) outros receitas</b>	1.536,00
Lucro bruto antes do IR	1.201,38
<b>(-)IR (15%)</b>	180,21
Lucro	1.021,19
<b>(-)juros</b>	54,78
<b>(-)depreciação</b>	177,75
<b>Lucro Líquido</b>	<b>788,64</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

A margem de lucro foi calculada através da Equação 8, já citada anteriormente, considerando o lucro líquido e a receita.

$$ML = \frac{R\$788,64}{R\$17.053,74} = 0,0462 \quad \dots(8)$$

Assim, para este projeto a margem de lucro foi estimada em 4,62% ao mês. As Equações 9 e 10, também já citadas anteriormente apresentam os valores encontrados para a rentabilidade do investimento total (anual) e o *payback* (em meses).

$$TR = \frac{R\$788,64}{R\$23.195,96} = 0,03399 \quad \dots(9)$$

$$PB = \frac{R\$23.195,96}{R\$788,64} = 29,42 \quad \dots(10)$$

Com base nesses dados, verificou-se que o projeto da micro usina possui rentabilidade de 3,39 %, e um *payback* aproximado de 30 meses ou, 2 anos e 6 meses, ou seja, todo o valor investido será retornado neste período.

A Tabela 21 detalha os valores dos indicadores calculados ao mês e anual

Tabela 21 – Demonstrativo mensal e anual dos indicadores

	Mensal	Anual
<b>Margem de lucro (%)</b>	4,62	4,62
<b>Rentabilidade (%)</b>	3,39	40,68
<b><i>Payback</i></b>	30	2,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

A rentabilidade anual é o lucro líquido no ano em relação ao investimento total. Já a margem de lucro seria a mesma de 4,62%.

É preciso levar em consideração que esta análise econômica foi elaborada em um cenário hipotético, uma vez que segundo a Resolução nº 25 de 02/09/2008 da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Art. 4º Ficam autorizados para o exercício das atividades de construção, modificação e operação de planta produtora de biodiesel as Requerentes que venham a construir ou modificar e operar plantas produtoras de biodiesel com capacidade de produção de até 30.000 (trinta mil) litros mensais de biodiesel, desde que a referida produção seja destinada, exclusivamente, para consumo próprio ou para fins de pesquisa.

Ou seja, o pequeno produtor não está autorizado pela ANP a comercializar o Biodiesel produzido com o consumidor final. Para tanto, tramita no Câmara dos Deputados um Projeto de Lei que permite ao pequeno produtor, a comercialização direta do biodiesel produzido, sem necessidade da participação em leilões. Isto devido ao fato de o pequeno produtor não possuir quantidade produzida suficiente para atender a demanda dos leilões, a não ser que em sistema de cooperativas. O Projeto de Lei 1454/2007, de autoria de Uldurico Pinto do PMN, dispõe sobre a venda direta de biocombustíveis, autoriza o produtor de

biocombustível exportar ou vender a produção própria diretamente para os postos revendedores ou para os consumidores finais. Altera a Lei nº 9.847, de 1999, para penalizar o produtor que vender diretamente o biocombustível produzido por terceiros.

A respeito da utilização do óleo de descarte como matéria prima, não existem resoluções que definam a concessão de Selo de Combustível aos produtores que a utilizem. Atualmente os selos são concedidos apenas àqueles que utilizam matéria prima proveniente da agricultura familiar, como a mamona, o dendê, etc. É preciso olhar com nova perspectiva para utilização do óleo de descarte, não só por seu baixo custo de obtenção, mas também por seu apelo ambiental evitando assim seu descarte indevido em rios, mananciais entre outros.

## **5 CONCLUSÃO**

Pode se concluir que apesar de elaborada em um cenário hipotético, uma vez que segundo a Resolução nº 25 de 02/09/2008 da ANP o pequeno produtor não está autorizado pela ANP a comercializar o Biodiesel produzido com o consumidor final, a proposta de construção da micro usina realizada neste estudo mostrou-se um projeto viável do ponto de vista técnico e também econômico. Dessa maneira este estudo poderá contribuir para a elaboração de políticas públicas que apoiem a produção e comercialização de biodiesel em usinas de pequena escala. Isso poderá abrir um novo nicho de mercado e conseqüentemente uma nova fonte geradora de renda e empregos, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, já que utiliza materiais de baixo custo para sua construção e matéria prima de descarte.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. **Fundamentos da contabilidade: utilizando EXCEL**. São Paulo: Saraiva, 2006. 261 p.
- AMBIENTE BRASIL, 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./educacao/index.php3&conteudo=./educacao/fruto.html>>. Acesso em: 12 mar. 2011.
- ANP, 2009. Boletim mensal. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2011.
- ANP, 2010. Boletim mensal. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2011.
- ARAÚJO, F. D. S.; MOURA; C. V. R.; CHAVES, M. H. Biodiesel metílico de *Dipteryx lacunifera*: Preparação, caracterização e efeito de antioxidantes na estabilidade à oxidação. **Química Nova**, v. XY, n. 00, 1-6, 200, 2009. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/No%20Prelo/Artigos/AR09778.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2011.
- BARBOSA, R. L. et al. Desempenho comparativo de um motor ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000500035&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000500035&lang=pt)>. Acesso em: 30 jan. 2011.
- BIOCOMBUSTÍVEIS, 2006. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/biocombustiveis/>>. Acesso em 13 mai. 2010.
- BIOFUELS AND GLYCEROL, 2010. Disponível em: <<http://www.theglycerolchallenge.org/>>. Acesso em: 21 maio 2011.
- BIOMINAS. Disponível em: <<http://www.biominas.ind.br/pt/>>. Acesso em: 14 mai 2011.
- BOZBAS, K. *Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2005. Disponível em: <<http://www.cti2000.it/Bionett/BioD-2005-101%20Biodiesel%20in%20the%20EU.pdf>> Acesso em: 24 mai. 2011.
- BRASIL. Decreto 5.297, de 06 de dezembro de 2004. Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas de contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências. **Brasil**: Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/decretos>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- BRASIL. Decreto 5.298, de 06 dezembro de 2004. Altera a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados incidente sobre o produto que menciona. **Brasil**: Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/decretos>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Decreto 5.448, de 20 de maio de 2005. Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Decreto de 02 julho de 2003. Institui Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal – biodiesel como fonte alternativa de energia, propondo, caso necessário, as ações necessárias para o uso do biodiesel. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Decreto\\_Casa\\_Civil\\_02.07.03.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Decreto_Casa_Civil_02.07.03.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Decreto de 23 dezembro de 2003. Institui a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Decreto\\_Casa\\_Civil\\_23.12.03.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Decreto_Casa_Civil_23.12.03.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Decreto n. 5.457, de 06 junho de 2005. Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/decretos>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa MDA- Ministério do Desenvolvimento Agrário nº 01, de 05 de julho de 2005. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/Minuta1.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa MDA nº 02, de 30 de setembro de 2005 - Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodiesel/IN\\_02\\_30-09-2005\\_Enquadramento.pdf](http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodiesel/IN_02_30-09-2005_Enquadramento.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa SRF- Receita Federal do Brasil nº 526, 15 de março de 2005. Dispõe sobre a opção pelos regimes de incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003, o art. 23 da Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004, e o art. 4º da Medida Provisória nº 227, de 6 de dezembro de 2004. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/2005/default.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL Instrução normativa SRF – Receita Federal do Brasil nº 162, 31 de dezembro de 1998, Anexo I. Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona. I – Anexo I: bens relacionados na Nomenclatura Comum do MERCOSUL - NCM; (Alterado pela IN SRF nº 130/99, de 10/11/1999). **Brasil:** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/ant2001/1998/in16298.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

BRASIL. Introdução Normativa SRF nº 516, de 22 de fevereiro de 2005. Dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/2005/in5162005.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Lei n. 11.116, de 18 de maio de 2005. Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução ANP nº 25, de 02 de setembro de 2008. Regulamenta a atividade de produção de biodiesel, que abrange a construção, modificação, ampliação de capacidade, operação de planta produtora e a comercialização de biodiesel, condicionada à prévia e expressa autorização da ANP. **Brasil:** Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2008/setembro/ranp%2025%20-%202008.xml](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/setembro/ranp%2025%20-%202008.xml)>. Acesso em: 13 mai. 2011.

BRASIL. Portaria ANP- Agência Nacional de Petróleo nº 240, de 25 de agosto de 2003. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/P240\\_2003.PDF](http://www.biodiesel.gov.br/docs/P240_2003.PDF)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Portaria MME- Ministério de Minas e Energia nº 483, de 3 de outubro de 2005. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/PortariaMME483-2005.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução ANP nº 41, de 24 de novembro de 2004. Fica instituída a regulamentação e obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Resolucao\\_41.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Resolucao_41.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução ANP nº 42, de 24 de novembro de 2004. Estabelece a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel na proporção 2% em volume. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Resolucao\\_42.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Resolucao_42.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social nº 1.135/2004. Assunto: Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/resolucao1135bndes.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução CNPE nº 3, de 23 setembro de 2005. Reduz o prazo de que trata o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e dá outras providências. **Brasil:**

Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/ResolucaoCNPEn3de28092005.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Resolução nº 31, de 04 de novembro de 2005. Regula a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel. **Brasil:** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/ResolucaoANPn31de2005Leilao.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BRASIL. Lei nº 6.404, de 17 de dezembro de 1976. Das sociedades por ações. **Brasil:** Disponível em: <[http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/dest/eventos/sociedade\\_por\\_aco es.pdf](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/dest/eventos/sociedade_por_aco es.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2011.

BRASIL. Receita Federal do Brasil. Dispõe sobre as Alíquotas do Imposto de Renda de Pessoas Jurídicas Tributadas pelo Lucro Real, Presumido ou Arbitrado. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/aliquotas/contribpj.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

BRITO, P. **Análise e viabilidade de projetos de investimentos**. 2. ed.; 3 reimpr. São Paulo: Atlas, 2011. 100 p.

BRUNI, A. L. **A administração de custos, preços e lucros**. São Paulo: Atlas, 2006. 388p.

COELHO, S. T. et al. **Análise do aproveitamento econômico energético do óleo de palma na Guiné - Bissau na perspectiva do desenvolvimento sustentável**. In: WORKSHOP BRASIL-JAPÃO EM ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, III, Campinas, 2005. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/projetos/provegam\\_bj.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/projetos/provegam_bj.pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2011.

CORMA, A. *Inorganic Solid Acids and Their Use in Acid-Catalyzed Hydrocarbon Reactions*. **Chemical Reviews**, 1995, p. 559-614. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr00035a006>>. Acesso em: 24 mar. 2011.

COSTA, R. A bela ou a fera? **biodieselBR**. Ano 1, nº 3, Fev/Mar, 2008.

COSTA FILHO, E. H. **Estudo da produção enzimática de Biodiesel utilizando óleo residual e etanol**. Fortaleza, 2008. 97 p. Disponível em: <<http://www.dominionpublico.gov.br/download/texto/cp072021.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2011.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P.; Produção de Biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, p. 531 – 537, 2000.

CRISTINA, L., Brasil deve superar ainda em 2007 a produção de biodiesel necessária para mistura obrigatória, **Agência Brasil**, Brasília, 2007. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/arquivo/node/341360>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

CUNHA, M. L. In: CUNHA, M. L. **Análise dos impactos de uma usina de biodiesel à luz dos objetivos e das diretrizes do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel**. Brasília, 2010. Disponível em:

<[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/5365/analise\\_impactos\\_cunha.pdf?sequence=1](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/5365/analise_impactos_cunha.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 21 mai. 2011.

DERMIBA, A. *Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. Energy conversion and management*, v. 43, p. 2349-2356, Turquia, 2001. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2P-44GHTDJ-2&\\_user=10&\\_coverDate=11%2F30%2F2002&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_origin=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1483283252&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=db108485a5b818a764b2da1b699d78eb&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2P-44GHTDJ-2&_user=10&_coverDate=11%2F30%2F2002&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1483283252&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=db108485a5b818a764b2da1b699d78eb&searchtype=a)>. Acesso em: 24 abr. 2011.

ESTADOS UNIDOS. ASTM D975 – 11. *Standard Specification for Diesel Fuel Oils*. Disponível em: <<http://www.astm.org/Standards/D975.htm>>. Acesso em: 17 ago 2011.

EUROPA. Norma Europeia, EN14214. Estabelece os limites impostos para as propriedades do biodiesel. Disponível em: <<http://www.lamtec-id.com/energias/biocombustiveis.php>>. Acesso em: 07 abr 2011.

FACCINI, Candice Schmitt. **Uso de adsorventes na purificação de biodiesel de óleo de soja**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FIPECAFI. **Manual de Contabilidade das Sociedades por Ações**: Aplicável as Demais Sociedades. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. *Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. Journal of the American oil Chemist Society*, v.61, pp. 1638-1643, 1985. Disponível em: <<http://ddr.nal.usda.gov/dspace/bitstream/10113/19247/1/ADL85030004.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2011.

GERIS, Regina et al . Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, Oct. 2007 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000500053&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500053&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 31 jul. 2011.

HOLANDA, A. **Biodiesel e Inclusão Social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <[http://www.ariostoholanda.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=115:0-biodiesel-e-a-inclusao-social&catid=15:biodiesel&Itemid=14](http://www.ariostoholanda.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=115:0-biodiesel-e-a-inclusao-social&catid=15:biodiesel&Itemid=14)>. Acesso em: 14 jan. 2011.

INNOCENTINI, M. D. M. **Biodiesel: Energia renovável**. In: SEMANA DO BIODIESEL, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://146.164.33.61/termo/cogeracao/SemanaBiodiesel.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2011.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de Biodiesel**. Tradução: Luiz Pereira Ramos. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 340 p.

KOEHLER, R. Mini usina de biodiesel para auto sustentabilidade energética de propriedades rurais e produção de farelo de soja na região do Distrito Federal. Distrito Federal, 2007.

Disponível em:

<[http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/2008/Ricardo\\_koehler\\_BT\\_Mini\\_usina\\_biodiesel\\_auto\\_sustentabilidade\\_energ%EA9tica\\_propriedades\\_rurais\\_produ%EA7%E3o\\_farelo\\_soja\\_regi%E3o\\_Distrito\\_Federal..pdf](http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/2008/Ricardo_koehler_BT_Mini_usina_biodiesel_auto_sustentabilidade_energ%EA9tica_propriedades_rurais_produ%EA7%E3o_farelo_soja_regi%E3o_Distrito_Federal..pdf)>. Acesso em 03 abr. 2011.

KULKARNI, M.G., DALAI, A.K. *Waste Cooking Oil – An Economical Source for Biodiesel: A Review*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 45, p. 2901-2913, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie0510526>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

LAPUERTA, M., RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J.; Mora, E.F. *Correlation for the estimation of the cetane number of biodiesel fuels and implications on the iodine number*. *Energy Policy*, v. 37, p. 4337-4344, Espanha, 2009. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2W-4WH0JWG-5&\\_user=10&\\_coverDate=11%2F30%2F2009&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_origin=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1483190750&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=e1fc44ad221f7b01319c79b68d9bfbf3&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2W-4WH0JWG-5&_user=10&_coverDate=11%2F30%2F2009&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1483190750&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=e1fc44ad221f7b01319c79b68d9bfbf3&searchtype=a)>. Acesso em: 24 abr. 2011.

LOTERO, E., LIU, Y.; LOPEZ, D. E.; SUWANNAKARN, K.; BRUCE, D.A.; GOODWIN, J.G.J. *Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis*. 2005. Disponível em: <<http://scienzechimiche.unipr.it/didattica/att/5dd4.5996.file.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.  
MB DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.mbdobrasil.com.br/html/modules.php?name=News&file=article&sid=936>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

MACEDO, I.C. ; NOGUEIRA, L.A.H. Biocombustíveis. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Cadernos NAE, Brasília, Brasil, Jan. 2005, 235p.

MARION, José Carlos. **Contabilidade empresarial**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MEHER, L. C. , SAGAR, D. VIDYA & NAIK, S. N. *Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 10, 2006, p. 248-268. Disponível em: <<http://envsus610.110mb.com/biodiesel9.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

MEIRELLES, F.S. Biodiesel. Informe Departamento Econômico **FAESP**, n. 67, Outubro 2003. Disponível em: <<http://www.faespsenar.com.br/faesp/economico/EstArtigos/biodiesel.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

MFRURAL. Compra e venda de produtos agrícolas. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/>>. Acesso em: 21 jul 2011.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Lei Nº. 11.097, de 13.01.2005**. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/legis/leis/11097\\_2005.htm](http://www.mct.gov.br/legis/leis/11097_2005.htm)>. Acesso em: 14 mar. 2011.

MIRANDA. Biodiesel nos EUA: temática é apresentada em Congresso na Paraíba, **EMBRAPA**, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpae.embrapa.br/pasta-NoticiasUd/noticiasud.2010-06-01.5948397434>>. Acesso em: 30 mai. 2011.

NABI, N.; AKHTER, S.; SHAHADAT, Z. *Improvement of engine emissions with conventional diesel fuel and diesel–biodiesel blends*. **Bioresource Technology**. v. 97, p. 372–378, 2006. Disponível em: <<http://www.library.nhs.uk/booksandjournals/details.aspx?t=diesel+fuel&stfo=True&sc=bnj.ovi.amed,bnj.ovi.bnja,bnj.ebs.cinahl,bnj.ovi.emez,bnj.ebs.heh,bnj.ovi.hmic,bnj.pub.MED,bnj.ovi.psyh&p=6&sf=srt.publicationdate&sfl=fld.title&sr=bnj.ovi&did=ovid.com:/bib/embase/2005455898&pc=48&id=58>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

NASCIMENTO, U. M. et al. Montagem e Implantação de Usina Piloto de Baixo Custo para Produção de Biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, I, 2006, Brasília. **Montagem e Implantação de Usina Piloto de Baixo Custo para Produção de Biodiesel...** Brasília, 2006, p. 147-150. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/producao/Montagem11.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

NOGUEIRA, E. Análise de investimentos. In: BATALHA, M. O. **Gestão agroindustrial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001. v. 1, 692 p.

OLGA, B. A Fabulosa Vida de Expedito Parente, **Agência Brasil**, Fortaleza, 2005. Disponível em: <[http://zapper.xitizap.com/xitizap%2031/index\\_files/Page566.htm](http://zapper.xitizap.com/xitizap%2031/index_files/Page566.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2011.

OLIVEIRA, R. A. et. al. **A glicerina na cadeia agroindustrial do biodiesel brasileiro**. UNEMAT, 2009. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/59871039/A-Glicerina-Na-Cadeia-A-Groin-Dust-Rial-Do-Biodiesel-Brasileiro>>. Acesso em: 10 nov 2011.

PARENTE, E. J.de S. et al. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

PERES, J. R.; FREITAS JR, E.; GAZZONI, D. Biocombustíveis, uma oportunidade para o agro-negócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n.5, p. 31-41, 2005. Disponível em: <[http://www.agronegocios-e.com.br/agr/down/artigos/Pol\\_Agr\\_1\\_2005\\_Art05.pdf](http://www.agronegocios-e.com.br/agr/down/artigos/Pol_Agr_1_2005_Art05.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2011.

PETROBRAS. Proger - Programa Tecnológico de Energias Renováveis. Disponível em: <[http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/portugues/programas\\_tecnologicos/proger.stm](http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/portugues/programas_tecnologicos/proger.stm)>. Acesso em: 01 jan. 2011.

PINDYCK, R. S; RUBIENFELD, D. L; **Microeconomia**. 3ªed. Trad. RABASCO, E; TOHARIA, L. Madrid:Prentice Hall, 1995.

POUSA, G. P. A. G.; DIAS, I. M.; MELLO, V. M., SUAREZ, P. A.Z. Avaliação da Atividade Catalítica de Óxido de Estanho (SnO) em Reações de Esterificação de Ácidos Graxos em Sistemas Heterogêneo. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/producao/6.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL. **O Biodiesel**. Ministério da Ciência de Tecnologia – MCT. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

QUANTIQU. Disponível em: < <http://www.quantiq.com.br/>>. Acesso em: 10 jun 2011.

RAMADHAS, A. S.; JAYARAJ, S.; MURALEEDHARAN, C. *Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. Fuel*. v. 84, p. 335–340, 2005. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236104002844>>. Acesso em: 14 mai. 2011.

RAMOS, L. P. Biocombustível alternativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja; Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária, 1999, Londrina. **Anais...** p. 233. Disponível em: < <http://www.biodieselecooleo.com.br/biodiesel/estudos/biocombustivel%20alternativo.htm>>. Acesso em: 07 abr. 2011.

RUDOLF DIESEL. In: Motor diesel. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/motor-diesel/motor-diesel.htm>>. Acesso em: 21 mai. 2011.

SANTOS, R. V. **Modelos de decisão para Gestão de Preço de Venda**. Dissertação de mestrado apresentada a FEA – USP. São Paulo, 1995.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M.; J. *Transesterification of Vegetable Oils: a Review. Brazilian Chemistry Society*. 1998, v. 9, 199. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-50531998000300002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-50531998000300002&script=sci_arttext)>. Acesso em: 07 jan. 2011.

TORRES, A.; AVILA, S. F. A importância dos co-produtos para a viabilidade técnica e econômica da cadeia produtiva do biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BODIESEL REVIEWS. **A importância dos co-produtos para a viabilidade técnica e econômica da cadeia produtiva do biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Co-Produtos/Importanci1.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2011.

WEISZ, P. B.; HAAG, W.O.; RODEWALD, P. G.; *Catalytic production of high-grade fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-selective catalysis. Science*, 1979. Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/206/4414/57> >. Acesso em: 17 mar. 2011.

Botucatu, 19 de dezembro 2011.

---

Sara Fernandes Martins

De Acordo:

---

Prof. Ms. Ricardo Ghantous Cervi  
(orientador)

Botucatu, 19 de dezembro 2011.

---

Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini  
Coordenador do Curso de Produção