UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

UFRJ

ENGENHARIA QUÍMICA

Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

ESTUDO DE CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Dissertação de Mestrado

GILMARA CAIXETA

Rio de Janeiro

Abril de 2009

GILMARA CAIXETA

ESTUDO DE CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Instituto de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

Rio de Janeiro

Abril de 2009

ESTUDO DE CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

GILMARA CAIXETA

Dissertação submetida ao corpo docente do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre (M.Sc.).

Orientada por:

Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.
UFRJ

Aprovada por:

Prof. (a) Magali Christe Cammarota, D.Sc.
UFRJ

Prof. (a) Alcina Maria Fonseca Xavier, D.Sc.
UNIMINAS

Prof. Humberto Molinar Henrique, D.Sc.
UFU

Rio de Janeiro

Abril de 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Caixeta, Gilmara.

Estudo de cenário de produção de biodiesel / Gilmara Caixeta. Rio de Janeiro, Abril de 2009.

xvi, 139 f.: il.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2009.

Orientador: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Dr.

I. Pessoa Pellegrini Luiz, Fernando (Orient.)
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química. Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.
III.Título.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação de mestrado à minha mãe, por nunca medir esforços para me proporcionar a melhor educação e qualidade de vida possível, à meu pai que, apesar de não estar de corpo presente, está sempre iluminando em espírito, e ao meu namorado, companheiro de sempre, pela dedicação, ensinamentos e paciência nos momentos de ausência, o meu profundo agradecimento a vocês, são eles:

Vilma Narzina de Oliveira e Silva
Gilmar Caixeta da Silva (in-memorian)
Antônio Carlos Aldrovandi

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com a ajuda e o apoio de várias pessoas a quem pretendo dedicar algumas linhas:

Ao nosso Deus, que me deu forças para atingir mais um objetivo em minha longa caminhada.

À minha mãe, Vilma, pelo constante apoio, amor, incentivo e pela presença indispensável em todos os momentos difíceis ocorridos durante minha vida, pois sem isto não chegaria onde estou.

A todos meus amigos e colegas do mestrado, pelo companheirismo, pessoas estas que me deram uma ajuda imprescindível e por quem tenho um grande carinho.

Ao meu orientador, Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, pela fundamental orientação, que serviu de alavanca para meu desenvolvimento, o meu muito obrigado.

Aos demais Professores do Programa Minter que contribuíram para o enriquecimento de meus conhecimentos, e que, de alguma forma, contribuíram para a consolidação deste trabalho.

Ao consultor Robson Gama, pelo incondicional auxílio na construção das tabelas de dados e fluxogramas de processos, nos quais pude desenvolver o último capítulo dessa dissertação, o meu muito obrigado.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à UFRJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. (M.Sc.)

ESTUDO DE CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

GILMARA CAIXETA

Rio de Janeiro, Abril de 2009

Orientação: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Dr.

RESUMO

O Brasil é detentor de uma grande extensão territorial e apresenta grande diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel em regiões diferentes. No entanto, a viabilidade de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, passando inclusive por importantes aspectos agronômicos. Considerando os entraves ligados à produção de biodiesel no país, e, não sendo possível tratar de todos detalhadamente em um único trabalho, optou-se por privilegiar a análise de um cenário de produção de biodiesel com óleo de mamona. Foi desenvolvido um modelo econômico em planilha eletrônica para simulação e avaliação de cenários e foi realizado um estudo focando o biodiesel de óleo de mamona em uma planta com produção diária de 50 ton/dia, com 90% de recurso financeiro financiado. Obteve-se dessa simulação um cenário positivo na produção de biodiesel, resultando assim, a aceitação do projeto em estudo. Em particular, buscou-se elaborar e testar a ferramenta operacional para que futuros trabalhos possam também utilizá-la.

Summary of dissertation submitted to UFRJ as part of the requirements necessary to obtain the title of Master of Technology of Chemical and Biochemical Processes. (M.Sc.)

STUDY OF THE SCENARIO FOR PRODUCTION OF BIODIESEL

GILMARA CAIXETA

Rio de Janeiro, April 2009

Advisor: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Dr.

ABSTRACT

Brazil is holding a large territory and has a great diversity of raw materials for the production of biodiesel in different regions. However, the feasibility of each raw material will depend on their competitive technical, economic and socio-environmental, including by passing important agronomic features. Considering the obstacles linked to the production of biodiesel in the country, and it is not possible to cover all details in a single work, we chose to focus on a scenario analysis of biodiesel production with castor oil. Was developed in an economic model for spreadsheet simulation and evaluation of scenarios and a study was conducted focusing on the biodiesel from castor oil in a plant with daily production of 50 ton / day, with 90% of funds financed. Obtained from this simulation a positive scenario for the production of biodiesel, thus, the acceptance of the project under study. In particular, sought to develop and test the operational tool for future work could also use it.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Pilares do Projeto do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.....	29
FIGURA 3.1	Representação esquemática do processo de obtenção de biodiesel a partir da transesterificação.....	36
FIGURA 3.2	Reação de Transesterificação …..……..	38
FIGURA 3.3	Esquema da reação de transesterificação em passos	39
FIGURA 3.4	Craqueamento de um triglicerídeo …….	43
FIGURA 3.5	Reações de hidrólise de triglicerídeos e de esterificação de ácidos graxos.....	44
FIGURA 3.6	Reações de saponificação com hidróxido de potássio e de sódio e a reação inversa a de esterificação devido ao excesso de água.....	47
FIGURA 3.7	Conversão da reação de transesterificação metílica de óleo de colza em função do teor de água.....	48
FIGURA 3.8	Conversão dos ácidos graxos livres em função da razão molar.....	49
FIGURA 5.1	Oleaginosas em uso e em avaliação para a produção de biodiesel.....	63
FIGURA 5.2	Potencialidades agrícolas no Brasil e Informações de oleaginosa por região.....	64
FIGURA 5.3	Produção de mamona no Brasil em mil toneladas.....	74
FIGURA 5.4	Preços internacionais em dólares FOB por tonelada do óleo bruto de mamona	76
FIGURA 5.5	Quantidade produzida de soja em grão no Brasil e nos principais estados (mil toneladas)	84
FIGURA 5.6	Produção Mundial de óleo de dendê (toneladas).....	92
FIGURA 5.7	Produção brasileira de caroço de algodão (mil toneladas).....	96
FIGURA 5.8	Produção/exportação brasileira de óleo de algodão (toneladas).....	97
FIGURA 6.1	Legislação Brasileira – Lei 11.097/2005.....	102
FIGURA 6.2	Matriz Energética Brasileira	105
FIGURA 6.3	Fluxo do Processo de Produção de Biodiesel utilizando 50 ton/dia de Mamona	112
FIGURA 6.4	Cenário escolhido para a simulação	117

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1	Características de culturas oleaginosas no Brasil	22
QUADRO 2.2	Principais países poluidores segundo a ONU	31
QUADRO 3.1	Balanço de massa e energia na produção de biodiesel	35
QUADRO 3.2	Estimativa dos Preços dos Insumos.....	40
QUADRO 3.3	Receita Estimada dos Co-Produtos.....	41
QUADRO 4.1	Diferenças das rotas etílica e metílica	56
QUADRO 4.2	Vantagens e Desvantagens do uso do Metanol	59
QUADRO 4.3	Vantagens e Desvantagens do uso do Etanol .....…….	59
QUADRO 5.1	Competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental de cada matéria-prima	65
QUADRO 5.2	Características de alguns cultivares	71
QUADRO 5.3	Produção de mamona no Brasil (em mil toneladas).....	78
QUADRO 5.4	Produtividade regional em kg por hectare.....	78
QUADRO 5.5	Mamona em sequeiro sem adubação.....	80
QUADRO 5.6	Mamona em sequeiro com adubação.....	80
QUADRO 5.7	Balanço de oferta e demanda de soja em grãos (mil toneladas).....	85
QUADRO 5.8	Balanço de oferta e demanda de óleo de soja (mil toneladas).....	85
QUADRO 5.9	Capacidade instalada de processamento de soja (mil toneladas)	86
QUADRO 6.1	Impostos governamentais fixados para a produção nacional de Biodiesel	104
QUADRO 6.2	Previsão de Consumo de Diesel no Brasil e produção de Biodiesel (Bilhões de litros)	106
QUADRO 6.3	Evolução do preço médio do álcool – Região Nordeste	107
QUADRO 6.4	Dados de Entrada do Usuário	110
QUADRO 6.5	Consumo na produção de biodiesel de Mamona – 50 ton/dia	118

QUADRO 6.6 Produção de biodiesel de Mamona – 50 ton/dia 113

QUADRO 6.7 Cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) 114

QUADRO 6.8 Cálculo da TIR (Taxa Interna de Retorno) 115

QUADRO 6.9 Cálculo do Pay Back (Retorno) 116

QUADRO 6.10 Critério de Decisão do Projeto 117

LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1	Oleaginosas disponíveis no território nacional para a produção de Biodiesel	62
TABELA 5.2	Períodos de colheita da soja, girassol, algodão, amendoim, mamona e dendê nas cinco macrorregiões do Brasil	66
TABELA 5.3	Produções de matéria-prima – Safras 1999–2000 a 2003–2004 (em toneladas)	67

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CO_2	Gás Carbônico
GEE	Gases Geradores de Efeito Estufa
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
UFC	Universidade Federal do Ceará
PRODIESEL	Programa Nacional de Biodiesel
OVEG	Programa de Óleos Vegetais
MDL	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IPI	Imposto Produto Industrializado
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
IAA	Instituto do Açúcar e Álcool
SDR	Secretaria de Desenvolvimento Regional
ONU	Organização das Nações Unidas
DS	Desenvolvimento Sustentável
CFC	Clorofluorcarbonetos
CO	Monóxido de Carbono
MP	Material Particulado
HC	Hidrocarbonetos Totais
SOx	Óxido de Enxofre
NOx	Óxido de Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de Sódio
KOH	Hidróxido de Potássio
HCl	Ácido Clorídrico
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
OH	Hidroxila
OR	Alcoxíla
SAR	Relação Sílica/Alumina
WZA	Zircônia-Alumina
CH_3OH	Metanol ou Álcool Metílico
MME	Ministério das Minas e Energia
MO	Mão-de-obra
ACV	Análise do Ciclo de Vida
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

H_3PO_4	Ácido Fosfórico
EBDA	Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A
ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
FAO	Food and Agriculture Organization
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
PPP	Parcerias Públicas Privadas
PIS	Programa Integração Social
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
TIPI	Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SICAF	Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores
CIDE	Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico
GLP	Gases Liquefeitos de Petróleo
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DRE	Demonstrativo de Resultado
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

SUMÁRIO

RESUMO vii
ABSTRACT viii
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE QUADROS x
LISTA DE TABELAS xii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS xiii
1 INTRODUÇÃO 17
1.1 Cenário e apresentação do tema 17
1.2 Objetivos 20
1.2.1 Objetivo geral 20
1.2.2 Objetivos específicos 20
1.3 Estrutura dos Capítulos 21
2 BIODIESEL: FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA 22
2.1 Conceito de Biodiesel 22
2.2 Biodiesel no Mundo e no Brasil 24
2.3 Vantagens Ambientais – Sociais – Mercadológicas 25
2.4 Protocolo de Kyoto 30
3 TECNOLOGIA E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL 33
3.1 Tecnologia e Processo de Produção do Biodiesel 33
3.2 Transesterificação 37
3.3 Parâmetros do Processo de Produção do Biodiesel 41
3.4 Craqueamento 43
3.5 Esterificação 43
3.6 Processo Catálise Alcalina Homogênea 45
3.7 Processo Catálise Ácida Homogênea 48
3.8 Processo Catálise Heterogênea 51
3.9 Processo Catálise Enzimática 53
4 IMPACTO DE UTILIZAÇÃO ENTRE METANOL E ETANOL 55
4.1 Um comparativo entre Metanol e Etanol 55
4.2 Metanol 56
4.3 Etanol 57
4.4 Estequiometria da reação 57
4.5 Metanol ou Etanol 58
5 PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SUA CARACTERIZAÇÃO 60
5.1 Matérias-primas para o uso do biodiesel 60

5.2 Mamona 69
5.3 Soja 82
5.4 Dendê 87
5.5 Algodão 93
6 ESTUDO DE CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL 98
6.1 Ambiente Político-legal 98
6.2 Aspectos Sócio-culturais 103
6.3 Demanda 104
6.4 Custos para a produção 107
6.5 Programa Computacional 110
6.6 Caso Base 111
6.7 Cálculos do Projeto Caso Base 114
6.8 Considerações da Simulação..... 117
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 118
7.1 Conclusões 118
7.2 Recomendações 120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 122
APÊNDICE I 134

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Introdução e Apresentação do Tema

A globalização é um processo em curso de integração de economias e mercados nacionais. No entanto, representa não somente o fluxo monetário e de mercadoria, mas também a interdependência dos países e das pessoas, em um processo de uniformização de padrões, que abrange toda a cadeia produtiva e de tecnologia. Tal processo gera uma demanda por energia, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, seja pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos.

Diante de uma nova realidade econômica, social, política e tecnológica, as pessoas, as organizações e por último, as nações desenvolvidas e em desenvolvimento, se vêem em uma situação de necessidade latente de adequação a um novo papel na sociedade, não tendo somente uma visão financeira, lucrativa e de soberania, mas também visando uma nova realidade social. Preocupa-se cada vez mais com o respeito à vida humana, visando o bem estar dos seus funcionários e da comunidade onde estão inseridos, chamados de responsabilidade social empresarial. Neste sentido, a preocupação mundial com a redução das emissões atmosféricas, devido ao aquecimento global, vem sendo bastante discutida.

Pesquisas sobre o comportamento do clima mundial afirmam que este aquecimento global está ocorrendo em função do aumento de poluentes, principalmente de gases derivados da queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel etc), na atmosfera. O desmatamento e a queimada de florestas e matas também colaboram para este processo. Os raios do Sol atingem o solo e irradiam calor na atmosfera. Como esta camada de poluentes dificulta a dispersão do calor, o resultado é o aumento da temperatura global. Embora este fenômeno ocorra de forma mais evidente nas grandes cidades, já se verificam suas conseqüências em nível global. Como conseqüências do aquecimento global, temos: a) *Aumento do nível dos oceanos* - com o aumento da temperatura no mundo, está em curso o derretimento das calotas polares; ao aumentar o nível das águas dos oceanos, pode ocorrer, futuramente, a submersão de muitas cidades litorâneas; b) *Crescimento e surgimento de desertos*: o aumento da temperatura

provoca a morte de várias espécies animais e vegetais, desequilibrando vários ecossistemas; somado ao desmatamento que vem ocorrendo, principalmente em florestas de países tropicais (Brasil, países africanos), a tendência é aumentar cada vez mais as regiões desérticas em nosso planeta; c) *Aumento de furacões, tufões e ciclones*: o aumento da temperatura faz com que ocorra maior evaporação das águas dos oceanos, potencializando estes tipos de catástrofes climáticas; d) *Ondas de calor*: regiões de temperaturas amenas têm sofrido com as ondas de calor; no verão europeu, por exemplo, tem se verificado uma intensa onda de calor, provocando até mesmo mortes de idosos e crianças (TOLMASQUIM, 2003).

Desde a Revolução Industrial, o desenvolvimento da sociedade humana vem se apoiando em um grande e crescente consumo energético. A princípio, a queima do carvão proporcionou a energia necessária para sustentar os processos industriais. A partir da segunda metade do século XIX, no entanto, com o descobrimento das jazidas de hidrocarbonetos fósseis, o petróleo afirmou-se como uma fonte mais eficiente e passou a ser preferencialmente utilizado em todo o mundo, originando um ramo específico da indústria que se convencionou chamar de petroquímica. Daí em diante, um reduzido leque de matérias-primas básicas oriundas do processamento de petróleo e gás passou a ser utilizado para, através de processos como polimerização, oxidação, condensação, cloração, nitração, aminação, redução, etc., fornecer insumos para praticamente todos os segmentos em que se dividia a indústria química, desde o de medicamentos até o de agroquímicos, passando pelo setor de produtos para uso industrial (TOLMASQUIM, 2003).

Nas últimas décadas, porém, um conjunto de fatores vem tornando clara e urgente a necessidade da busca de alternativas para modificar a base de matérias-primas industriais e seu processamento. Em primeiro lugar, os hidrocarbonetos fósseis são fontes de energia não-renováveis, e seu esgotamento é só uma questão de tempo. A produção de petróleo e gás em campos de baixo custo está diminuindo progressivamente e as novas descobertas se situam em áreas de alto custo de produção, acarretando que os preços dos combustíveis e das matérias-primas necessárias à indústria química sejam impulsionados para cima.

Além disso, o processamento industrial do petróleo vem gerando rejeitos que causam sérios problemas ambientais como poluição hídrica e atmosférica, aumento do efeito estufa e da ocorrência de chuvas ácidas.

A partir da análise de realidades futuras da matriz energética mundial, com vistas a conferir sustentabilidade, competição e maior equidade entre os agentes das cadeias de energia, em conformidade com os anseios da sociedade e do meio ambiente, é imprescindível buscar fontes de energia alternativas, especialmente as renováveis. Neste sentido, ganha destaque a biomassa, para a produção do álcool e biodiesel (TOLMASQUIM, 2003).

As energias renováveis têm o potencial técnico de atender parte da demanda de energia do mundo e contribuir para a economia de importantes recursos naturais não-renováveis. Neste sentido, há três aspectos importantes a salientar: viabilidade econômica, sustentabilidade de cada fonte e disponibilidade de recursos renováveis. Por essas e outras razões, que as regiões tropicais deverão, doravante, assumir um importante papel de suprir o mundo com energia, ao mesmo tempo limpar as seqüelas atmosféricas causadas pela queima dos combustíveis fósseis, dando início assim ao que poderia ser apropriadamente designada por era tropical (PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA, 2005).

Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias baseadas em fontes de energia renováveis e que possibilitem processos de síntese de produtos químicos mais baratos, mais eficientes e menos agressivos ao ambiente vem se tornando regra para a indústria química em todo o mundo. Com o Pró-álcool e as pesquisas relativas ao biodiesel o processo que se aceleram a cada dia, ao mesmo tempo em que rápidos desenvolvimentos de Biotecnologia aplicáveis aos processos químicos oferecem alternativas concretas e extremamente vantajosas. O notável progresso nas técnicas agrícolas com grande elevação da produção e o aprimoramento da bioquímica e da genética incorporadas à biotecnologia respaldam a ideologia dessa nova indústria química que, tendo suas bases na utilização e aplicação da biotecnologia em processos de síntese e catálise, vem sendo batizada de “química sustentável”.

As atuais mudanças na indústria química constituem uma grande oportunidade para o Brasil, país que abriga a maior biodiversidade do planeta. Possuímos vantagens comparativas significativas, em especial no campo da química verde, em função da pujança da produção agrícola nacional, das condições climáticas favoráveis e da disponibilidade de novas áreas férteis.

Os EUA, a China e a Índia, por exemplo, já têm uma ocupação extensa de áreas agricultáveis e não dispõem da insolação, da água e outras vantagens naturais que o Brasil possui.

Neste sentido, vários encontros entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento de organizações não governamentais, vêm acontecendo com o objetivo de se definir uma política de redução do impacto ambiental provocado por agentes poluentes, dentre eles, o Protocolo de Kyoto[1]. Na mesma corrente de política pública do PRO-ÁLCOOL, programa relativamente bem sucedido, foi pensada a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira em 2004.

Portanto, esta dissertação busca enfatizar a importância da substituição do combustível fóssil por fontes de energias renováveis, os biocombustíveis, visando ampliar as discussões que envolvem a produção desse combustível e, principalmente, simular um cenário de produção de biodiesel com óleo de mamona.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esta dissertação tem como objetivo geral estudar um cenário de produção de biodiesel com óleo de mamona.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apontar as tendências, as tecnologias de produção e o contexto brasileiro de energias renováveis;
- Demonstrar os potenciais do biodiesel nos aspectos: sociais, ambientais e mercadológicos;
- Realizar um comparativo entre o metanol e o etanol para a produção de biodiesel;
- Verificar tecnologias e processos existentes de produção de biodiesel;

[1] Protoloco de Kyoto: Este protocolo é um acordo internacional que visa a redução da emissão dos poluentes que aumentam o efeito estufa no planeta. Entrou em vigor em 16 fevereiro de 2005. O principal objetivo é que ocorra a diminuição da temperatura global nos próximos anos. Infelizmente os Estados Unidos, país que mais emite poluentes no mundo, não aceitou o acordo, pois afirmou que ele prejudicaria o desenvolvimento industrial do país.

- Caracterizar oleaginosas: mamona, soja, dendê e algodão;
- Apontar demanda de produção, consumo, custos diretos e indiretos.
- Elaborar um programa computacional em planilha em excel e testar um cenário de produção de biodiesel com óleo de mamona.

1.3 Estrutura dos Capítulos

Esta dissertação está dividida em sete capítulos, sendo que o primeiro capítulo trata resumidamente das questões abordadas nesta pesquisa, assim como os objetivos, gerais e específicos e a metodologia de pesquisa utilizada para abordar os conceitos relativos ao tema biodiesel.

São apresentados no segundo capítulo os conceitos relativos ao biodiesel em geral, no mundo e no Brasil, bem como suas vantagens ambientais, sociais e mercadológicas.

No terceiro capítulo, os atuais contextos relacionados ao biodiesel quanto aos processos e tecnologias de produção.

O quarto capítulo apresenta os principais conceitos relativos ao metanol e ao etanol, bem como suas características, vantagens e desvantagens, e a importância da rota etílica para o Brasil.

O quinto capítulo faz um levantamento das principais matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel e sua caracterização.

O sexto capítulo apresenta o estudo de cenários para a produção de biodiesel utilizando um programa computacional.

Por fim o sétimo e último capítulo, a conclusão e recomendação do trabalho com os principais destaques da pesquisa, visando à contribuição para trabalhos complementares sobre o tema.

CAPÍTULO 2

BIODIESEL: FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA

2.1 Conceito de Biodiesel

O biodiesel é um combustível similar e alternativo ao óleo diesel de petróleo, produzido a partir de óleos vegetais e gorduras animais. Além de ser um combustível renovável, reduz a poluição atmosférica e o aumento do efeito estufa, pois reduz a emissão de CO_2, um dos principais GEE (Gases Geradores de Efeito Estufa), e de gases de enxofre causadores da chuva ácida. Quimicamente, o biodiesel é conhecido como éster metílico, ou etílico, de ácidos graxos, dependendo do álcool utilizado, que pode ser obtido por diferentes processos como a esterificação ou transesterificação (AGUIAR, 2005).

Existem dezenas de espécies vegetais no país que podem ser utilizadas para produção do biodiesel, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso, soja, dentre outras (www.portaldobiodiesel.com.br).

O Quadro 2.1 apresenta as principais características das oleaginosas no Brasil. O custo de produção do biodiesel depende principalmente da fonte oleaginosa que será utilizada. Empregar uma única matéria-prima para produzir biodiesel num país com a diversidade do Brasil seria um grande equívoco (GUIMARÃES, 2005).

Quadro 2.1 – Características de culturas oleaginosas no Brasil.

Espécie	**Origem Do óleo**	**Teor de óleo (%)**	**Meses de colheita/ ano**	**Rendimento (t óleo/ha)**
Dendê/Palma	Amêndoa	22,0	12	3,0 – 6,0
Coco	Fruto	55,0 – 60,0	12	1,3 – 1,9
Babaçu	Amêndoa	66,0	12	0,1 – 0,3
Girassol	Grão	38,0 – 48,0	3	0,5 – 1,9
Colza/Canola	Grão	40,0 – 48,0	3	0,5 – 0,9
Mamona	Grão	45,0 – 50,0	3	0,5 – 0,9
Amendoim	Grão	40,0 – 43,0	3	0,6 – 0,8
Soja	Grão	18,0	3	0,2 – 0,4
Algodão	Grão	15,0	3	0,1 – 0,2

Fonte: EMBRAPA (2005).

Na Europa, usa-se predominantemente a colza, por falta de alternativas, embora se fabrique biodiesel também com óleos residuais de fritura e resíduos gordurosos. No Brasil, têm-se dezenas de alternativas, como demonstram as experiências realizadas em diversos estados com mamona, dendê, soja, girassol, pinhão manso, babaçu, amendoim, pequi, etc. Cada cultura desenvolve-se melhor dependendo das condições de solo, clima, altitude e assim por diante. A mamona é importante para o semi-árido, por se tratar de uma oleaginosa com alto teor de óleo, adaptada às condições vigentes naquela região e para cujo cultivo já se detém conhecimento agronômico suficiente. Além disso, o agricultor familiar nordestino já conhece a mamona. O dendê será, muito provavelmente, a principal matéria-prima na região Norte (EMBRAPA, 2005).

Independente da oleaginosa e da rota tecnológica, o biodiesel é introduzido no mercado nacional de combustíveis com especificação única e qualificação internacional. A regulação e fiscalização são de responsabilidade da Agência Nacional do Petróleo (ANP), por meio da portaria nº 255/2003, que define biodiesel como sendo um combustível composto de mono-alquilesteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais. Mundialmente, passou-se a adotar uma nomenclatura bastante apropriada para identificar a concentração do biodiesel na mistura. Por exemplo, B2, B5, B20 e B100 são combustíveis com concentrações de 2%, 5%, 20% e 100% de biodiesel, respectivamente. Designado por B100, representa uma concentração de 100% de biodiesel, ou seja, o biodiesel puro (AGUIAR, 2005).

Como o biodiesel se trata de uma energia limpa, não poluente e que pode ser usada pura ou misturada com o diesel mineral, o seu uso em um motor diesel resulta, quando comparado com a queima do diesel mineral, em redução das emissões de gases poluentes. A emissão de CO_2 é reduzida em 7% na utilização de B5; 9% na utilização de B20; e 46% no caso do uso de biodiesel puro. A emissão de material particulado e fuligem são reduzidas em até 68% com o uso de biodiesel e há queda de 36% dos hidrocarbonetos não queimados. Extremamente significativa, também, é a redução dos gases de enxofre causadores da chuva ácida, de 17% para o B5; 25% para o B20; e 100% para o biodiesel puro, haja vista que, diferentemente do diesel de petróleo, o biodiesel não contem enxofre (AGUIAR, 2005).

2.2 O Biodiesel no Mundo e no Brasil

Vários países têm demonstrado interesse no biodiesel, seja para produzir, adquirir ou consumir. Na Alemanha, a história do biodiesel é ainda mais antiga. No início dos anos 90, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa, e hoje este país é o principal mercado de biodiesel do mundo. As refinarias de petróleo da Europa têm buscado a eliminação do enxofre do óleo diesel, pois, como a lubricidade do óleo diesel mineral dessulfurado diminui muito, a correção tem sido feita pela adição do biodiesel, já que sua lubricidade é elevada. O modelo de produção da Alemanha, assim como em outros países da Europa, possui características importantes, onde os produtores plantam canola para nitrogenar naturalmente os solos exauridos daquele elemento e dessa planta extraem o óleo, que é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel. Depois de produzido, o biodiesel é distribuído de forma pura, isento de qualquer mistura ou aditivação.

Outros países produtores de biodiesel que se destacam são: França, Itália, República Tcheca, Dinamarca, Estados Unidos, Áustria, Argentina, Malásia e outros. O álcool é um combustível que já possui seu lugar assegurado na matriz energética brasileira. O biodiesel por sua vez, desde a década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis (GUIMARÃES, 2005).

Na década de 70, a Universidade Federal do Ceará – UFC – desenvolveu pesquisas com o intuito de encontrar fontes alternativas de energia. As experiências acabaram por revelar um novo combustível originário dos óleos vegetais e com propriedades semelhantes ao óleo diesel convencional: o biodiesel. Durante quase meio século, o Brasil desenvolveu pesquisas sobre biodiesel e foi um dos pioneiros ao registrar a primeira patente, na qual o combustível foi produzido através de uma mistura de vários óleos vegetais com metanol e etanol. O responsável pela patente em 1980, foi o professor Expedito José de Sá Parente, juntamente com a Universidade Federal do Ceará (PARENTE, 2003).

Com o envolvimento de outras instituições de pesquisas, da Petrobras e do Ministério da Aeronáutica, criou-se o PRODIESEL em 1980. Em 1983, o Governo Federal, motivado pela alta dos preços do petróleo, lançou o Programa de Óleos Vegetais – OVEG, no qual testou-se a utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorrem mais de um milhão de quilômetros.

Desde o ano de 2000, existe também, no campus da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus (BA), uma planta piloto de produção de biodiesel de éster metílico, a partir de óleo de dendê e gorduras residuais. Na região Nordeste do país, nos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, existem projetos pilotos para a implantação de unidades processadoras de biodiesel, baseadas no óleo de mamona. No Rio de Janeiro, existe uma unidade piloto de produção de biodiesel na Universidade Federal (UFRJ), baseada em óleos de frituras usados e cuja capacidade produtiva é de 6,5 mil litros por dia. Algumas cidades de São Paulo, como exemplo a cidade de Ribeirão Preto, já começaram a utilizar o biodiesel, em suas frotas de ônibus urbanos (PARENTE, 2003).

O Brasil, pela suas imensas extensões territoriais, associadas às excelentes condições climáticas, é considerado um país, por excelência, apto para a exploração da biomassa para fins alimentares, químicos e energéticos (PARENTE, 2003).

2.3 Vantagens Ambientais - Sociais - Mercadológicas

O biodiesel no Brasil possui inúmeras vantagens em vários aspectos, pois pode aproveitar a vantagem ambiental em termos econômicos ao enquadrar o uso do biodiesel nos acordos estabelecidos no Protocolo de Kyoto, através das diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além dos créditos de carbono, as vantagens econômicas passam pela redução de importações de petróleo e de diesel refinado. A implantação do biodiesel deverá incrementar a atividade econômica interna e incentivar os investimentos com a instalação de novas indústrias. Também, promoverá a geração de cerca de 200 mil empregos, além de aumentar consideravelmente a área de cultivo (AGUIAR, 2005).

O país tem capacidade para liderar o maior mercado de energia renovável do mundo, graças a matéria-prima e terras propícias para o desenvolvimento de inúmeras espécies de oleaginosas, principais fonte do biodiesel (GUIMARÃES, 2005).

No projeto desenhado pelo governo brasileiro, o biodiesel tem forte apelo social. A idéia é privilegiar a agricultura familiar nas regiões norte e nordeste. Isso estimularia lavouras da mamona e do dendê como principais fontes para o combustível. No programa, o governo propõe mecanismos fiscais para viabilizar o plantio. O biodiesel produzido por agricultores

familiares das regiões norte, nordeste e do semi-árido teria uma redução de 100% na cobrança de impostos (STEFANO, 2005).

Por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em 6 de dezembro de 2003, definiram-se as linhas de financiamento, estruturou-se a base tecnológica e editou-se o marco regulatório do combustível. Esse programa tem como objetivo implantar um programa sustentável, tanto técnica como economicamente, de produção e uso do biodiesel, também conhecido como "combustível verde" (GRANDO, 2005).

Progressos crescentes vêm sendo feitos em diversas universidades e institutos de pesquisa, oferecendo grande diversidade de tecnologias disponíveis para a produção do biodiesel no Brasil.

Pode-se dizer que o país já dispõe de conhecimento tecnológico suficiente para iniciar e impulsionar a produção de biodiesel em escala comercial, embora deva continuar avançando nas pesquisas e testes sobre este combustível e outras fontes renováveis de energia, como, aliás, se deve avançar em todas as áreas tecnológicas, de forma a ampliar a competitividade do país (www.portaldobiodiesel.com.br).

O objetivo do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) é promover a inclusão social e, nessa perspectiva, tudo indica que as melhores alternativas para viabilizar esse objetivo nas regiões mais carentes do país são a mamona, no semi-árido, e o dendê, na região norte, produzidos pela agricultura familiar. Diante disso, o programa prevê tratamento diferenciado a esses segmentos e os estados também deverão fazê-lo, não apenas na esfera do ICMS, mas de outras iniciativas e incentivos. Uma vez lançadas as bases do PNPB, todas as matérias-primas e rotas tecnológicas são candidatas em potencial para a produção do biodiesel. Isso vai depender das decisões empresariais, do mercado e da rentabilidade das diferentes alternativas. Sabe-se, também, que a soja, tanto diretamente como mediante a utilização dos resíduos da fabricação de óleo e torta, será uma alternativa importante para a produção de biodiesel no Brasil, sobretudo nas regiões com maior aptidão para o desenvolvimento dessa cultura (www.portaldobiodiesel.com.br).

A regulamentação do biodiesel no Brasil é bastante extensa, mas sem dúvida o grande destaque é a Lei do Biodiesel (Lei nº 11.097/05), oriunda da aprovação pelo Congresso Nacional da MP n° 214/04, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira e atribuiu à ANP a competência para regular sua produção e comercialização. Ademais, esta lei

estabeleceu os percentuais mínimos de 2% e 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel, a serem atingidos a partir de janeiro de 2008 e 2013, respectivamente (www.portaldobiodiesel.com.br).

Para regulamentar a Lei do Biodiesel, foi editado o Decreto nº 5.448/05, que autorizou a mistura de 2% de biodiesel ao óleo diesel de origem fóssil, até que a mistura se torne obrigatória a partir de 2008. Este decreto também estabeleceu a possibilidade de uso do biodiesel em percentuais superiores a 2%, mediante autorização prévia da ANP, em condições específicas, tais como: frotas veiculares cativas ou específicas; transporte aquaviário ou ferroviário; geração de energia elétrica e processo industrial específico.

O uso comercial do biodiesel, a partir da mistura de 2% ao diesel de petróleo, cria um mercado interno potencial nos próximos três anos de pelo menos 800 milhões de litros/ano para o novo combustível. Isto possibilitará ganhos à balança comercial de até US$160 milhões/ano com a redução das importações de petróleo (www.portaldobiodiesel.com.br).

Além das vantagens econômicas e ambientais, há o aspecto social, de fundamental importância, sobretudo em se considerando a possibilidade de conciliar sinergicamente todas essas potencialidades, pois as regras permitem a produção do biodiesel a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar. A área plantada necessária para atender ao percentual de mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é estimada em 1,5 milhão de hectares, o que equivale a 1% dos 150 milhões de hectares plantados e disponíveis para agricultura no Brasil. Este número não inclui as regiões ocupadas por pastagens e florestas (www.portaldobiodiesel.com.br).

Para estimular ainda mais esse processo, o Governo Federal lançou o Selo Combustível Social, um conjunto de medidas específicas visando estimular a inclusão social da agricultura nessa importante cadeia produtiva. O uso comercial do biodiesel terá apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel prevê financiamento de até 90% dos itens passíveis de apoio para projetos com o Selo Combustível Social e de até 80% para os demais projetos.

Os financiamentos são destinados a todas as fases de produção do biodiesel, entre elas, agrícola, produção de óleo bruto, armazenamento, logística, beneficiamento de subprodutos e aquisição de máquinas e equipamentos homologados para o uso deste (www.portaldobiodiesel.com.br).

Em 28 de setembro de 2005, o Conselho Nacional de Política Energética editou a Resolução n° 03, que regulamentou a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao óleo diesel de petróleo para janeiro de 2006, previsto inicialmente para janeiro de 2008, nos termos da Lei n° 11.097/95 citada anteriormente. Entretanto, tal antecipação é restrita ao biodiesel com Selo Combustível Social e comercializado em leilões públicos coordenados pela ANP. Essa medida é importante para viabilizar os empreendimentos de produção de biodiesel já existentes, bem como projetos futuros, com a devida observância das metas do Governo Federal para a inclusão social e a participação da agricultura familiar. O biodiesel a ser comercializado, seja via leilões públicos ou por meio de negociação direta entre os agentes privados, deve obedecer às especificações técnicas estabelecidas pela ANP. Essas especificações foram fruto de uma consulta pública que também permitiu a revisão de um conjunto de portarias que ainda não contemplavam a figura do novo combustível. Essas portarias fazem parte do pacote lançado em dezembro de 2004, que também trouxe a Medida Provisória nº 227, convertida na Lei nº 11.116/05, que estabeleceu as bases para o regime tributário.

Ademais, o Decreto n° 5.298/04 instituiu alíquota zero de IPI na cadeia produtiva do biodiesel. Além dos benefícios tributários, em âmbito federal, a Lei n° 10.848/04 inclui a possibilidade de uso do biodiesel na Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), com vistas a compensar o custo mais elevado do combustível na geração de energia elétrica em sistemas isolados. De acordo com o exposto acima, o PNPB têm o desafio de implantar um projeto energético auto-sustentável, considerando preço, qualidade e garantia de suprimento do biodiesel, propiciando a geração de renda com inclusão social, bem como estimular o desenvolvimento tecnológico e mercadológico por meio de convênios entre o Ministério da Ciência e Tecnologia e fundações estaduais de amparo à pesquisa, conforme apresenta a Figura 2.1 a seguir.

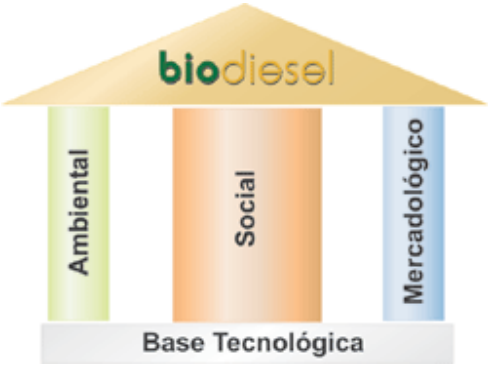

Figura 2.1 – Pilares do Projeto do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
Fonte: EMBRAPA, 2005.

O enquadramento social de projetos ou empresas produtoras de biodiesel permite acesso a melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras, além de dar o direito à concorrência em leilões de compra de biodiesel. As indústrias produtoras também terão direito à desoneração de alguns tributos, mas deverão garantir a compra da matéria-prima, preços pré-estabelecidos, oferecendo segurança aos agricultores familiares. Há, ainda, possibilidade dos agricultores familiares participarem como sócios ou quotistas das indústrias extratoras de óleo ou de produção de biodiesel, seja de forma direta, seja por meio de associações ou cooperativas de produtores.

O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser assimilado pelas lideranças de uma empresa como uma nova forma de produzir sem degradar o meio ambiente, estendendo essa cultura a todos os níveis da organização, para que seja formalizado um processo de identificação do impacto da produção da empresa no meio ambiente e resulte na execução de um projeto que alie produção e preservação ambiental, com uso de tecnologia adaptada a esse preceito. Algumas outras medidas para a implantação de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são: a) uso de novos materiais na construção; b) reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais; c) aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica; d) reciclagem de materiais reaproveitáveis; e) consumo racional de água e de alimentos; f) redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos (www.portaldobiodiesel.com.br).

O atual modelo de crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios; se, por um lado, nunca houve tanta riqueza e fartura no mundo, por outro lado, a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia-a-dia. Diante desta constatação, surge a idéia do Desenvolvimento Sustentável (DS), buscando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, fim da pobreza no mundo.

2.4 Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Quioto ou Kyoto é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo *IPCC's First Assessment Report* em Sundsvall, Suécia (agosto de 1990) e que culminou com a *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática* na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992). (www.wikipedia.org).

Por ele se propõe um calendário pelo qual, os países desenvolvidos têm a obrigação de reduzir a quantidade de gases poluentes em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990. Os países signatários terão que colocar em prática planos para reduzir a emissão desses gases entre 2008 e 2012. A redução das emissões deverá acontecer em várias atividades econômicas. O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas ações básicas: a) reformar os setores de energia e transportes; b) promover o uso de fontes energéticas renováveis; c) eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção; d) Limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos; e) proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

Se o Protocolo de Kyoto for implementado com sucesso, estima-se que deva reduzir a temperatura global entre 1,4ºC e 5,8ºC até 2100. Entretanto, isto dependerá muito das negociações pós período 2008/2012, pois há comunidades cientificas que afirmam categoricamente que a meta de redução de 5,2% em relação aos níveis de 1990 é insuficiente para a mitigação do aquecimento global. A esperança e as pressões, por parte principalmente da Europa, recaem sobre a Rússia. Abaixo, o Quadro 2.2 com a classificação dos principais países poluidores, segundo o Protocolo de Kyoto.

Quadro 2.2 – Principais países poluidores segundo a ONU.

País	**Diferença entre as emissões de CFC (1990-2004)**	**Objetivo da <u>União Européia</u> para 2012**	**Obrigação do Tratado 2008-2012**
Alemanha	-17%	-21%	-8%
Canadá	+27%	Não assinado	-6%
Espanha	+49%	+15%	-8%
Estados Unidos	+16%	*Não assinado*	*Não assinado*
França	-0.8%	0%	-8%
Grécia	+27%	+25%	-8%
Irlanda	+23%	+13%	-8%
Japão	+6.5%	*Não assinado*	-6%
Reino Unido	-14%	-12.5%	-8%
Portugal	+41%	+27%	-8%
Outros 15 países da UE	-0.8%	*Não assinado*	-8%

Fonte: <www.wikipedia.org>.

De qualquer maneira, países europeus, por exemplo, prometem cumprir as regras, ainda que o Protocolo não se transforme em realidade. Foram criados mecanismos econômicos para facilitar o cumprimento desses objetivos por um menor custo, permitindo que os poluidores (Estados Unidos, União Européia, Canadá, Japão, Rússia, etc.) comprem créditos de carbono de países em desenvolvimento, como o Brasil, ou seja, pagam pelas reduções de emissões de poluentes, efetuadas por meio de financiamento de projetos de energias/combustíveis renováveis (bagaço de cana, energia eólica, resíduos florestais, pequenas hidrelétricas, gás metano, etc.) e seqüestro de carbono (seringueira, conservação florestal, etc.), evitando desta forma que países em desenvolvimento a não sigam a mesma trilha poluidora dos países desenvolvidos.

A principal colaboração do biodiesel tem sido a redução da emissão de gases na atmosfera. O uso do biodiesel metílico em comparação com o diesel mineral reduz as emissões dos gases causadores do efeito estufa em 95%, no biodiesel etílico essa redução é de 96,2% o que demonstra uma redução pouco significativa entre a utilização de um ou outro álcool e a emissão de gases poluentes.

Uma importante observação a ser feita, é que as emissões de poluentes locais do biodiesel variam, basicamente, em função do tipo de óleo vegetal (soja, mamona, girassol, etc) ou gordura animal usados na produção. Uma avaliação feita com o biodiesel puro (B100) produzido com a utilização de óleo de soja mostrou uma redução das emissões de monóxido de carbono (CO) em 48%, de material particulado (MP) em 47%, de óxido de enxofre (SOx) em praticamente 100% e dos hidrocarbonetos totais (HC) em 67%.

Entretanto, conforme apresentado pelo Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial em Dezembro de 2003, "*em relação ao diesel de origem fóssil, o uso do biodiesel aumenta em aproximadamente 10% as emissões de óxido de nitrogênio (NOx), lembrando que no nível do solo causa inflamação dos pulmões, agrava a asma e é precursor da formação de ozônio, o que não deve constituir obstáculo para seu uso devido às grandes vantagens em relação aos outros poluentes. Ademais, há estudos em andamento visando reduzir a formação de NOx mediante o emprego de catalisadores adequados, a identificação da fonte ou propriedade que pode ser modificada para minimizar as emissões e a mudança do tempo de ignição do combustível, com a finalidade de alterar as condições de pressão e temperatura de modo a proporcionar menor formação de óxido de nitrogênio*".

Vale ressaltar que o transporte de petróleo e derivados é de alto risco ambiental, causando conseqüências inestimáveis à fauna e à flora. Dentro deste cenário, o biodiesel. possui uma vantagem muito importante, pois trata-se de um combustível atóxico e biodegradável, apresentando menores riscos de contaminação ao ser transportado, manipulado e armazenado.

A vantagem deste combustível em termos ambientais refere-se à necessidade de redução das emissões de poluentes na atmosfera e venda de créditos de carbono como "subproduto" da refinaria.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGIA E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

3.1 Tecnologia e Processo de Produção do Biodiesel

Existem processos para produção de biodiesel, tais como o craqueamento, a esterificação ou a transesterificação, que pode ser etílica, mediante o uso do álcool comum (etanol), ou metílica, com o emprego do metanol. Embora a transesterificação etílica deva ser o processo mais utilizado no Brasil, em face da disponibilidade do álcool, ao governo não cabe recomendar tecnologias ou rotas tecnológicas, como se diz tecnicamente, porque essas devem ser adaptadas a cada realidade regional. Diante das dimensões continentais e diversidade do Brasil, não se deve optar por uma única rota tecnológica. O papel do governo é o de estimular o desenvolvimento tecnológico na área do biodiesel, como já vem fazendo, por meio de convênios entre o Ministério da Ciência e Tecnologia e fundações estaduais de amparo à pesquisa, para permitir a produção desse novo combustível a custos cada vez menores. É preciso estimular o que usualmente se chama de curva de aprendizado, permitindo que o biodiesel seja cada vez mais competitivo, como ocorreu com o álcool, por exemplo, e com inúmeros outros produtos (www.portaldobiodiesel.com.br).

O processo mais utilizado para obtenção de biodiesel, conhecido como transesterificação, consiste na mistura de óleo vegetal (animal ou residual) ao etanol (rota etílica) ou metanol (rota metílica), adicionando-se a esta mistura um catalisador alcoolato ou hidróxidos (NaOH ou KOH), tendo como produtos o biodiesel e a glicerina.

A transesterificação é a reação de um lipídio com um álcool para formar ésteres e um subproduto, o glicerol (ou glicerina). Um catalisador é normalmente usado para acelerar a reação, podendo ser básico, ácido ou enzimático. O hidróxido de sódio (base) é o catalisador mais usado, tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado. As reações com catalisadores básicos são mais rápidas do que com catalisadores ácidos. Somente álcoois simples, tais como metanol, etanol, propanol, butanol e amil-álcool, podem ser usados na transesterificação.

O metanol é mais utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). O tipo de catalisador, as condições da reação e a concentração de impurezas numa

reação de transesterificação determinam o caminho que a reação segue.

A utilização do álcool etílico na produção de biodiesel é de alto interesse, não apenas por ser menos agressivo ambientalmente que o álcool metílico, mas também pela condição do Brasil como potência mundial na produção de cana-de-açúcar e álcool com os menores custos de mercado. Um dos subprodutos da reação é a glicerina, que tem um grande potencial de comercialização se forem mantidos os padrões de qualidade.

Embora os processos de transesterificação enzimática para obtenção de biodiesel ainda não sejam comercialmente desenvolvidos, novos e promissores resultados têm sido reportados em artigos, principalmente utilizando a lipase. Tais estudos são de extrema importância para o desenvolvimento de novas rotas de processo a custos mais competitivos (CASTRO, 2004).

A partir daí, o processo é separado em fase leve (ésteres metílicos ou etílicos) e fase pesada (glicerina). Em ambas as fases existe excesso de álcool e água, que serão recuperados através de desidratação, para que o álcool retorne à reação de transesterificação.

Na fase pesada ocorre a destilação da glicerina, que é feita à vácuo, gerando o resíduo glicérico e a glicerina destilada. O resíduo glicérico ainda está sendo estudado, visando descobrirem-se as suas possíveis aplicações.

A última etapa do processo é a purificação dos ésteres, que são lavados por centrifugação e desumidificados para que possam ser considerados biodiesel.

Vale ressaltar que o balanço de massa e energia varia na produção do biodiesel, dependendo da rota tecnológica (etílica ou metílica) e do catalisador utilizados, conforme mostrado no Quadro 3.1. Pode-se perceber que o custo de produção do biodiesel pela rota etílica é maior que pela rota metílica.

Quadro 3.1: Balanço de massa e energia na produção de biodiesel.

MATERIAIS E ENERGIAS		UNIDADE	QUANTIDADE			
			Rota metílica		Rota etílica	
			Catalisador		Catalisador	
			NaOH	KOH	NaOH	KOH
ENTRADA	Óleo de mamona	Kg	1.000	1.000	1.000	1.000
	Etanol	l	-	-	200	200
	Metanol	l	146	146	-	-
	Hidróxido de sódio	Kg	5,5	-	6,8	-
	Hidróxido de potássio	Kg	-	7,4	-	9,6
	Ácido fosfórico	Kg	12,9	12,9	16,7	16,7
	Água de processo	l	200	200	300	300
	Eletricidade	Kwh	70	70	80	80
	Calor	Kcal	360.000	360.000	600.000	600.000
SAÍDA	Biodiesel	l	1.000	1.000	1.000	1.000
	Glicerina bruta	Kg	130	130	130	130

Fonte: TECBIO, 2005.

Ao analisar os catalisadores que podem ser utilizados na reação de transesterificação, têm-se como opções os catalisadores ácidos e básicos, sendo a diferença resultante da escolha de um deles na utilização é pequena. Sabe-se que o emprego de catalisadores ácidos ocasiona uma reação mais lenta quando comparada ao uso de catalisadores básicos. A vantagem de utilização de hidróxido de sódio (NaOH) no Brasil deve-se ao seu preço ser bem menor que o hidróxido de potássio (KOH). No caso dos alcoolatos, o produto é fornecido pronto para uso e é praticamente isento de água, no entanto, por ser um produto importado, é mais caro. (PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA, 2005). A Figura 3.1 representa o processo de produção de biodiesel.

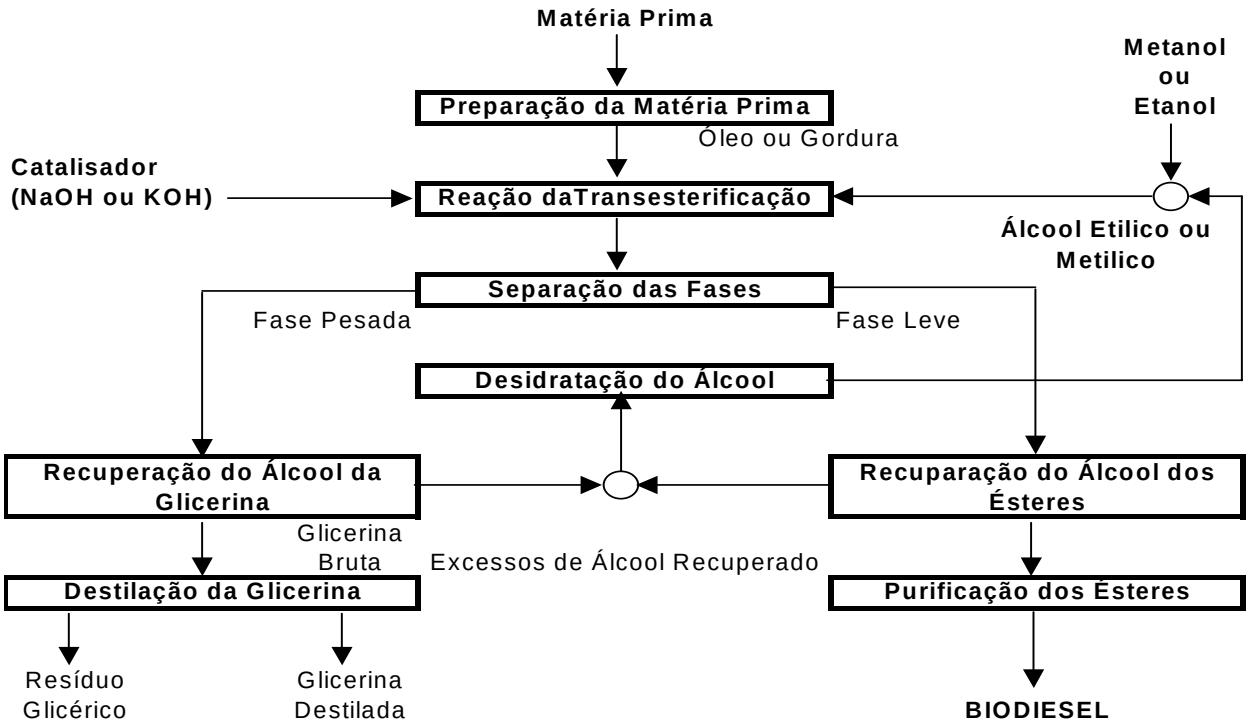

Figura 3.1 – Representação esquemática do processo de obtenção de biodiesel a partir da transesterificação.
Fonte: Plano Nacional de Agroenergia (2005).

A separação de fases é uma etapa importante da produção de biodiesel. O processo de refino dos produtos decorrentes da sua produção pode ser tecnicamente difícil e pode elevar substancialmente os custos de produção. A pureza do biodiesel deve ser alta e de acordo com as especificações. De acordo com a especificação da União Européia, o teor de ácidos graxos livres, álcool, glicerina e água devem ser mínimos de modo que a pureza do biodiesel seja maior que 96,5% (KARAOSMANOGLU, 1996).

A mistura típica do produto de uma reação de transesterificação contém ésteres, monoglicerídeos, diglicerídeos, glicerol, álcool e catalisador, em várias concentrações. Na separação, o principal objetivo é remover os ésteres dessa mistura, a baixo custo, e assegurar um produto de alta pureza. O glicerol na sua forma pura é visto como um produto secundário da reação, mas, para manter a competitividade do custo de produção, a remoção e a revenda de glicerol é essencial. As misturas restantes, que contém subprodutos e álcool, devem ter o mínimo de contaminantes se a conversão for alta, exceto para o álcool que ainda for destilado.

Se a reação atingir um alto nível de conversão, o produto formará duas fases líquidas e

uma fase sólida se for usado um catalisador sólido. A fase de fundo será o glicerol e a fase de topo será álcool e ésteres (KARAOSMANOGLU, 1996).

A fase de fundo contém água e álcool e deve ser submetida a um processo de evaporação. Os vapores de água e álcool são, a seguir, liquefeitos em um condensador. Da mesma forma, o álcool residual é recuperado da fase de topo. Após essa recuperação, o álcool ainda contém água e deve ser desidratado. Essa desidratação normalmente é feita por destilação (KARAOSMANOGLU, 1996).

A desidratação do metanol é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande e inexiste e azeotropia. A desidratação do etanol é mais difícil em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada (KARAOSMANOGLU, 1996).

A glicerina bruta do processo contém impurezas e, se for purificada, terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente (KHALIL, 2003).

Caso a reação de transesterificação seja incompleta ou a purificação seja insuficiente, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol livre e retido, triglicerídeos e álcool. A presença de contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente. Os ésteres deverão ser lavados com centrifugação e, posteriormente, desumidificados (KHALIL, 2003).

3.2 Transesterificação

A reação de transesterificação, citada anteriormente está representada pela Figura 3.2, é uma reação de um triglicerídeo com um álcool, preferencialmente de cadeia curta, podendo ou não ocorrer na presença de um catalisador. Para cada mol de triglicerídeo são formados três mols de ésteres e um de glicerol. Isto reduz significantemente a viscosidade elevada dos triglicerídeos (DEMIRBAS, 2006).

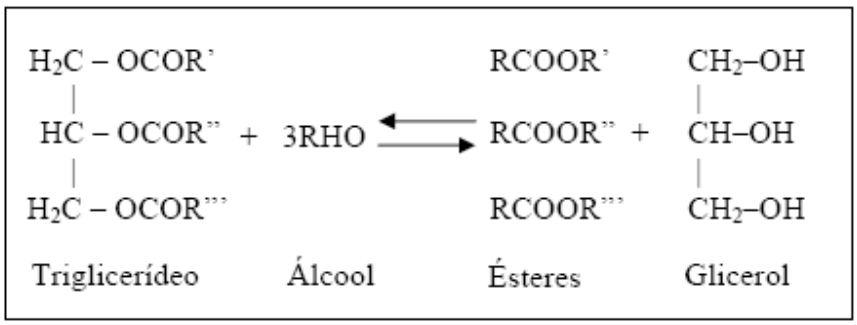

Figura 3.2: Reação de Transesterificação.
Fonte: DEMIRBAS, 2006.

A transesterificação de óleos vegetais via catálise básica homogênea é a rota mais tradicional para a produção de biodiesel em larga escala. De um modo geral chama-se transesterificação a reação de um óleo ou gordura (lipídeo) com um álcool para produzir um éster e um co-produto, o glicerol. O processo global de transesterificação de óleos vegetais e gorduras é uma seqüência de três reações reversíveis e consecutivas, em que os monoglicerídeos e os diglicerídeos são os intermediários.

Nesta reação são necessários 3 mols de álcool por cada mol de triglicerídeo (VARGAS et al., 1998). Na prática, é sempre utilizado um excesso de álcool de modo a aumentar o rendimento em ésteres (deslocar a reação para o lado dos produtos) e permitir a separação do glicerol formado (MA e HANNA, 1999).

Na Figura 3.3 é mostrada em etapas, a transesterificação aplicada à obtenção do biodiesel.

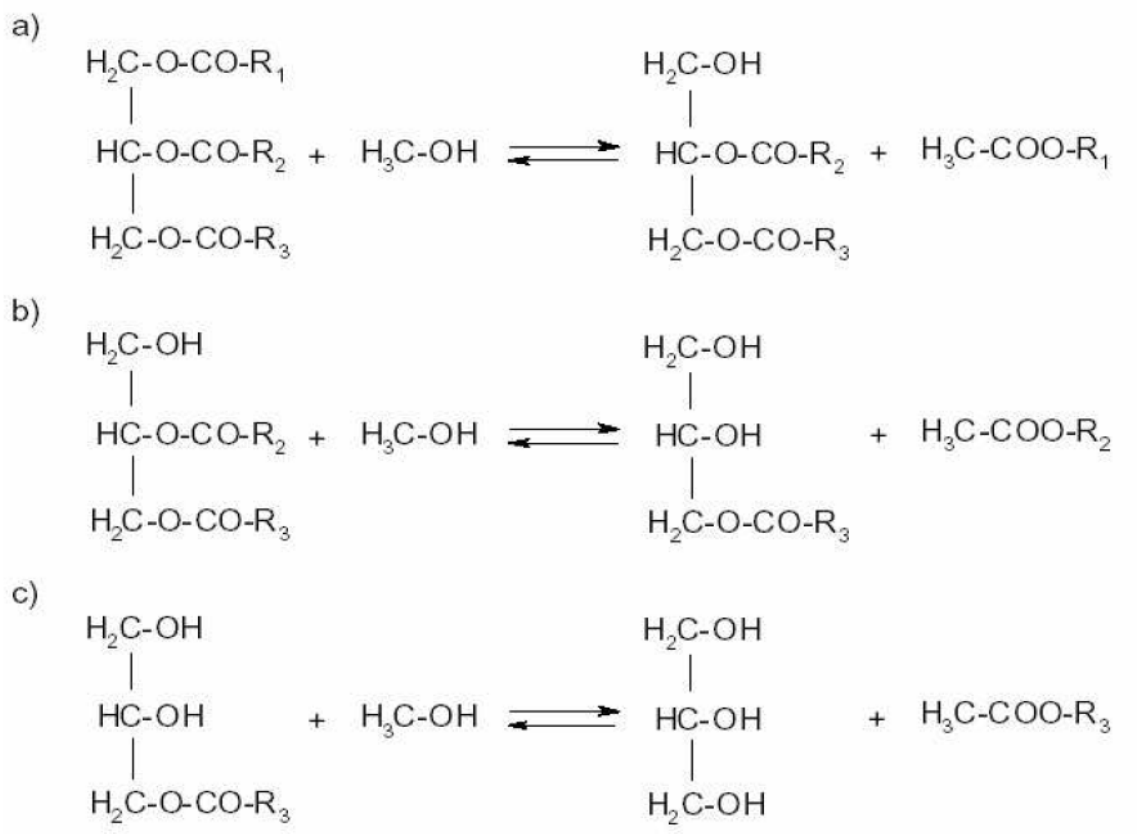

Figura 3.3: Esquema da reação de transesterificação em passos.
Fonte: RABELO, 2001.

A reação apresentada mostra a reação de transesterificação aplicada à obtenção do biodiesel na rota metílica. A literatura aponta que a reação de transesterificação sofre os efeitos das variações causadas pelo tipo de álcool, pelas proporções necessárias de álcool, por diferentes catalisadores, pela quantidade de catalisador, pela agitação da mistura, pela temperatura e pelo tempo de duração da reação (RABELO, 2001).

Com relação aos catalisadores, a transesterificação pode ser realizada tanto em meio ácido quanto em meio básico (FANGRUI e HANNA, 1999).

Porém, ela ocorre de maneira mais rápida na presença de um catalisador alcalino do que na presença da mesma quantidade de catalisador ácido, observando-se maior rendimento e seletividade, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos (ZANIER e JACKIE, 1996 ; FERRARI et al., 2005).

Os catalisadores mais eficientes para esse propósito são KOH e NaOH (FERRARI et al., 2005; CONCEIÇÃO et al., 2005). É importante mencionar que apenas os álcoois simples tais como o metanol, etanol, propanol, butanol e o álcool amílico, podem ser utilizados na transesterificação (NYE et al., 1983; FREEDMAN et al., 1984). Dentre estes, o metanol e o etanol são os mais utilizados, sendo a utilização de metanol na transesterificação geralmente preferida por razões econômicas e por razões relacionadas com o processo. De fato, o metanol é mais barato que o etanol isento de água e possui uma cadeia mais curta e uma maior polaridade. Esta última propriedade torna mais fácil a separação entre os ésteres e a glicerina.

O grande obstáculo na comercialização do biodiesel é o custo de produção. Atualmente, os custos de matéria-prima e o custo de produção fazem com que o preço de venda do biodiesel seja muito alto. O método de produção mais utilizado é em reatores de batelada. As principais matérias-primas são metanol ou etanol e óleo processado.

O uso de processos contínuos e óleos crus pode contribuir para a redução dos custos de produção. No Quadro 3.2 a seguir, tem-se uma estimativa do custo de produção do biodiesel decorrente de um convênio entre o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, Petrobras e Sementes Sant´ana, que está viabilizando a implantação de uma planta piloto no Vale do Açu.

A planta está dimensionada para processar 500 kg de sementes por batelada e realizar até 20 bateladas por dia, tendo, portanto, uma capacidade de processamento diário de 10 toneladas, e uma produção diária estimada em 5600 litros de biodiesel puro. Os co-produtos serão: 500 kg de glicerina bruta, 200 kg de casca da semente de mamona e 3000 kg de polpa. O saco de 60 kg de mamona em baga tem garantia de preço mínimo do Governo Federal de R$ 30,30 (KHALIL, 2003).

Quadro 3.2 – Estimativa dos Preços dos Insumos

Insumos	**Quantidade**	**Preço (R$)**
Semente de Mamona	10000 kg	8.000,00
Etanol	750 L	750,00
Catalisador	50 kg	100,00
Custo de Processo	10 %	900,00
	Total	9.750,00

Fonte: (KHALIL, 2003).

Tem-se, portanto, um custo global de R$ 9.750 para cada 10 toneladas de sementes processadas por dia. A receita estimada com valores médios de mercado de cada co-produto é mostrada no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Receita Estimada dos Co-Produtos

Co-produto	Quantidade (kg)	Receita (R$)
Glicerina	500	1.000,00
Polpa de Mamona	3000	2.250,00
Casca	2000	1.000,00
	Total	4.250,00

Fonte: (KHALIL, 2003).

3.3 Parâmetros do Processo de Produção de Biodiesel

Para realizar um processo de obtenção de biodiesel são necessários:

- Álcool (Metanol/Etanol);
- Excesso de reagente (álcool);
- Óleo (bruto/tratado);
- Teor de água;
- Catalisador (ácido/básico, homogêneo/heterogêneo, concentração);
- Reator (batelada ou contínuo).

a) Parâmetros do processo: óleo bruto ou tratado

Óleo bruto contém:

- Traços de metais (Ca, Mg) podem impedir a decantação e o refino do glicerol;
- Umidade;
- Ácidos graxos livres;
- Surfactantes naturais (fosfolipídios) que causam emulsão;
- Degomar, Neutralizar e Secar óleo são desejáveis.

b) Parâmetros do processo: Teor de água

Contribuem para elevar o teor de água:

- Óleo;
- Álcool, Etanol deve ser anidro;
- Catalisador.

A concentração de água deve ser a menor possível.

Separação do Glicerol depende de muitos parâmetros:

- Álcool;
- Óleo;
- Catalisador.

c) Parâmetros do processo: O catalisador

Básico: Alcoolatos, Hidróxidos
- Catálise rápida
- Neutraliza Ácidos Graxos Livres, acidez < 0,1%

Ácido: H_2SO_4, organometálicos, zeólitas (catálise heterogênea)
- Reação é lenta
- Eficiente para óleo bruto

Enzimático: Lipases (Biorreatores)

3.4 Craqueamento

O craqueamento térmico é um processo que provoca a quebra de moléculas de óleos vegetais por aquecimento a altas temperaturas (temperaturas superiores a 350°C), formando uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo, podendo este processo ocorrer na presença ou não de catalisadores. A Figura 3.4 mostra que além das cadeias longas de carbono, as quais apresentam características semelhantes as do diesel, são formados também o ácido propiônico (ou propanóico), monóxido de carbono, dióxido de carbono e água (SUAREZ, 2006).

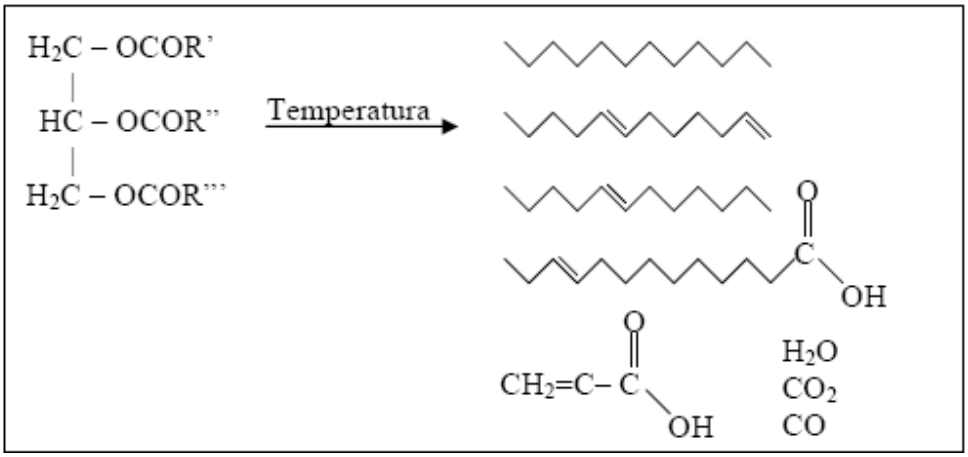

Figura 3.4: Craqueamento de um triglicerídeo.
Fonte: SUAREZ, 2006.

Embora seja um processo simples, o craqueamento apresenta desvantagens como a obtenção de compostos oxigenados no produto final (os quais o tornam levemente ácido, podendo promover corrosão no motor) e a baixa seletividade (diminuindo sua eficiência).Uma forma de contornar estes problemas é o controle da temperatura e o uso de catalisadores.

3.5 Esterificação

Conforme mostra a Figura 3.5, a esterificação é o processo de obtenção de um éster a

partir da reação de um ácido orgânico ou inorgânico com um álcool, pela substituição de uma hidroxila (-OH) de um ácido por um radical alcoxíla (-OR) do álcool, havendo eliminação de água.

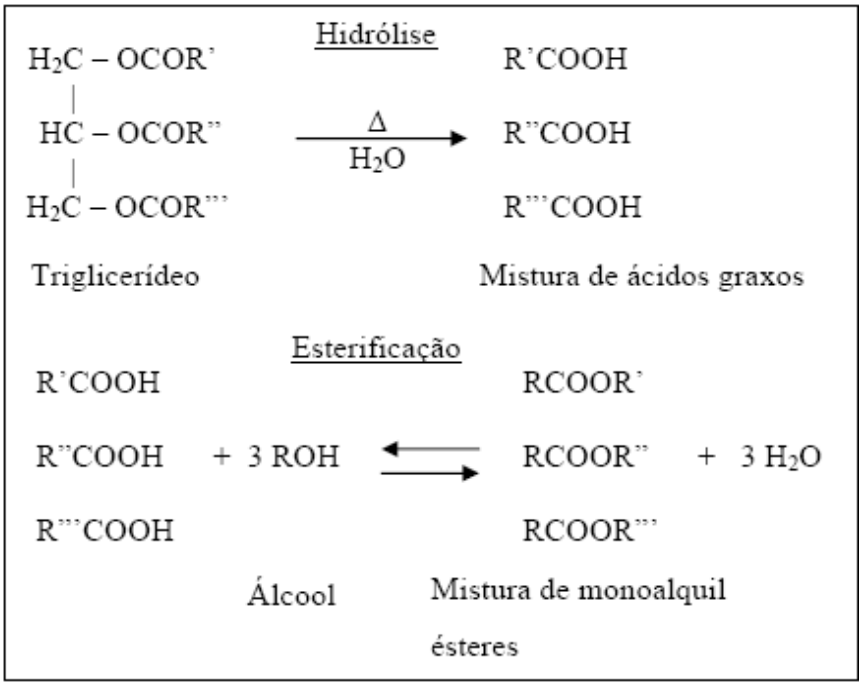

Figura 3.5: Reações de hidrólise de triglicerídeos e de esterificação de ácidos graxos.
Fonte: Adaptado de FERRARI *et al.* (2004).

A Figura 3.5 também mostra que a esterificação pode ser precedida da hidrólise de uma molécula de triglicerídeo, produzindo-se uma mistura de ácidos graxos, que são então esterificados. Pode-se observar que, enquanto na transesterificação utiliza-se 3 moléculas de álcool para cada molécula de triglicerídeo, a esterificação obedece uma estequiometria de 1 mol de álcool para cada mol de ácido graxo. Outro aspecto a ser notado é que o subproduto da reação de esterificação é a água, o que representa uma vantagem ambiental quando comparado com a reação de transesterificação, que gera glicerol.

A reação abaixo demonstra o processo de esterificação utilizando metanol:

Ácido Graxo + Metanol → Éster Metílico + Água

$R\text{-}COOH + CH_3OH \rightarrow R\text{-}COOCH_3 + H_2O$

A reação abaixo demonstra o processo de esterificação utilizando etanol:

Ácido Graxo + Etanol → Éster Etílico + Água

$R\text{-}COOH + CH_3CH_2OH \rightarrow R\text{-}COOC_2H_5 + H_2O$

3.6 Processo de Catálise Alcalina Homogênea

Atualmente, a catálise homogênea tem sido a rota tecnológica preferida para a produção de biodiesel. Esta pode se processar em meio ácido ou alcalino.

A catálise homogênea em meio alcalino é a rota tecnológica predominante, no meio industrial, para a produção do biodiesel. Portanto, pode-se perfeitamente afirmar que esta rota tecnológica, devido a sua maior rapidez e simplicidade, ainda prevalecem como a opção mais imediata e economicamente viável para a transesterificação de óleos vegetais (MA e HANNA, 1999; ZAGONEL e RAMOS, 2001; PETERSON et al., 2002; RAMOS et al., 2003).

As reações de transesterificação catalisadas por álcali são mais rápidas do que as conduzidas em meio ácido (MA e HANNA, 1999; VICENTE et al., 2004).

Além disto, o catalisador alcalino é menos corrosivo e exige menores razões molares entre o álcool e o óleo vegetal. Nesse sentido, muitas rotas tecnológicas têm sido demonstradas, através do uso de catalisadores como os carbonatos de sódio e potássio e alcóxidos, como metóxido, etóxido, propóxido e butóxido de sódio (VICENTE et al., 2004; SCHUCHARDT et al., 1998).

A transesterificação de óleos vegetais na presença de catalisadores alcalinos homogêneos de baixo custo é uma reação relativamente simples, que ocorre à pressão atmosférica, com temperaturas amenas e com menor razão molar álcool/óleo em relação a catalise ácida homogênea. As taxas de reação são cerca de 4000 vezes mais rápidas do que a catálise ácida quando é utilizada a mesma quantidade de catalisador (LOTERO *et al.*, 2005; SUAREZ *et al.*, 2007).

As condições operacionais mais brandas tornam o meio reacional menos corrosivo à superfície dos reatores. Todos estes fatores tornaram à transesterificação de óleos vegetais via

catálise básica mais aplicada mundialmente para produção de biodiesel nos processos industriais (SOLDI *et al.*, 2006).

Neste tipo de catálise, o hidróxido de sódio e o de potássio são os catalisadores mais utilizados para produzir o biodiesel. O metilato e etilato de sódio ou potássio também podem ser utilizados, mas seu custo é superior aos dos catalisadores supracitados. Normalmente a alcoólise alcalina de óleos vegetais é conduzida a temperatura próxima do ponto de ebulição do álcool, estando a temperatura correlacionada com o tempo de reação (MA e HANNA, 1999).

O tempo reacional da reação de transesterificação é bastante curto. Por exemplo, SCABIO *et al.* (2005) indicam que na transesterificação de óleo neutro de soja, a 50°C e catalisada por hidróxido de sódio, a conversão em ésteres etílicos é próxima do valor máximo com apenas 5-10 min de reação, estabilizando neste valor após 20-30 min. Sugerem ainda que no equilíbrio existam diglicerídeos e monoglicerídeos com concentração de 2 e 4%, respectivamente. Os autores estabeleceram que para um sistema contendo 3 litros de óleo e 1,5 litros de etanol anidro e 15g de NaOH, tempos de 5 minutos foram suficientes para a ocorrência da conversão completa do óleo neutro e seco de soja em ésteres. Os autores chegaram a esta conclusão após o acompanhamento cromatográfico dos produtos formados em distintos tempos de reação. O fato do óleo não apresentar ácidos graxos livres e ser isento de umidade favoreceu a formação rápida dos ésteres etílicos A presença de água e ácido graxo em níveis elevados pode levar a reações indesejadas, tais como a saponificação e a hidrólise do éster, principalmente em reações conduzidas a temperaturas altas. A Figura 3.6 mostra duas reações de saponificação que ocorrem com a presença de ácido graxo livre e catalisador homogêneo básico (a primeira com hidróxido de potássio e a segunda com hidróxido de sódio). A terceira representa a hidrólise do éster em presença de água, reação inversa à de esterificação. Nota-se que as reações de saponificação e esterificação geram água, deslocando o equilíbrio para a formação do reagente (ácido carboxílico), observado na terceira reação.

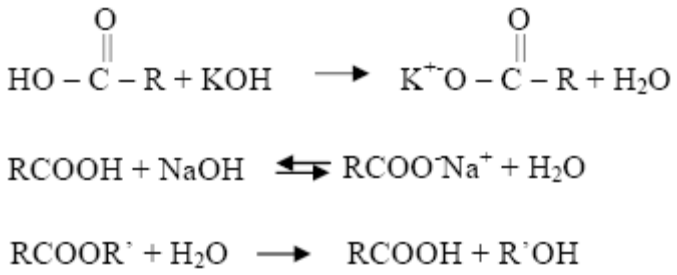

Figura 3.6: Reações de saponificação com hidróxido de potássio e de sódio e a reação inversa a de esterificação devido ao excesso de água.
Fonte: VAN GERPEN, 2005.

KUSDIANA e SAKA (2004) avaliaram o efeito da água no rendimento em éster em reações de transesterificação de triglicerídeos e esterificação de ácidos graxos, ambas metílicas, tanto na reação não catalítica conduzida em meio supercrítico quanto na reação catalisada por hidróxido de sódio e ácido sulfúrico. Os resultados obtidos pelos autores indicaram que tanto para a catálise ácida quanto para a básica foi observado um decréscimo na conversão em metil éster, sendo que para a catálise ácida este decréscimo foi mais acentuado do que para a básica. No entanto, como apresentado na Figura 3.7, no processo não catalítico em estado supercrítico não foi observado nenhum efeito adverso pela presença de água, sendo que esta discussão será retomada mais adiante quando for abordado o sistema não catalítico utilizando gases comprimidos.

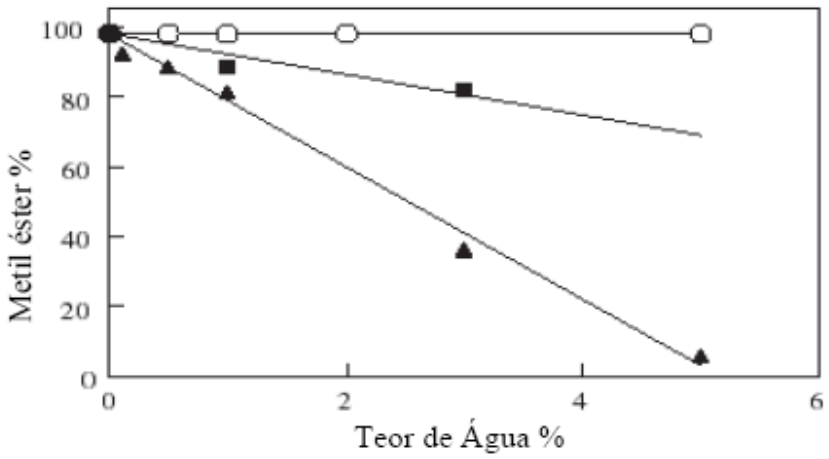

Figura 3.7: Conversão da reação de transesterificação metílica de óleo de colza em função do teor de água. (■) catálise básica, (▲) catálise ácida, (○) sistema não-catalítico supercrítico.
Fonte: KUSDIANA e SAKA, 2004.

A reação de saponificação, além de diminuir o rendimento da transesterificação, gera emulsões e dificulta os processos de separação do glicerol e a purificação do biodiesel.

Sendo assim, o uso de catalisadores homogêneos básicos em reações de transesterificação exige uma matéria-prima com especificações mais severas, envolvendo um número maior de etapas na produção do biodiesel (elevando os custos), gerando uma grande quantidade de efluentes líquidos (principalmente na etapa de lavagem do biodiesel para neutralização do catalisador) e não possibilitando a recuperação do catalisador (SCHUCHARDT *et al.*, 2006).

Tais desvantagens sugerem a necessidade de se estudar processos alternativos para produção de biodiesel.

3.7 Processo de Catálise Ácida Homogênea

A catálise ácida homogênea é mais utilizada na reação de esterificação, visto que, conforme detalhado anteriormente, a transesterificação catalisada por bases é afetada pela concentração de ácidos graxos livres, promovendo a indesejada reação de saponificação. O ácido sulfúrico é o catalisador homogêneo ácido mais utilizado para a produção de biodiesel. Reações de esterificação são também utilizadas na produção de biodiesel a partir de resíduos com altos teores de ácidos graxos livres. Estes resíduos, quando empregados no processo de

transesterificação via catálise homogênea básica, são geralmente purificados através da remoção por vaporização da água e da neutralização dos ácidos graxos livres, visto que podem causar uma diminuição na produção de ésteres de alquila devido a formação de sabões. Esta etapa de purificação aumenta de forma significativa os custos de produção, incrementando também o tempo total do processo.

WANG *et al.* (2007) também avaliaram o uso de duas etapas para produção de biodiesel, sendo a primeira a esterificação de ácidos graxos livres catalisados por sulfato férrico e a segunda a transesterificação de triglicerídeos catalisada por KOH, utilizando óleo de fritura como matéria-prima, ambas pela rota metílica. Em relação à esterificação, a Figura 3.8 mostra que a conversão dos ácidos graxos livres sofre um ligeiro aumento com a razão molar metanol/óleo de fritura, até uma razão 7:1. A partir daí, observa-se que o excesso de álcool não é mais tão relevante e a conversão começa a estabilizar.

ROCHA *et al.* (2007) observaram que ao aumentar a razão molar de 1,2 para 3, na esterificação de ácido graxos de soja e de mamona, a 150°C e 200°C, o aumento da razão molar apresentou um acréscimo insignificante na conversão da reação.

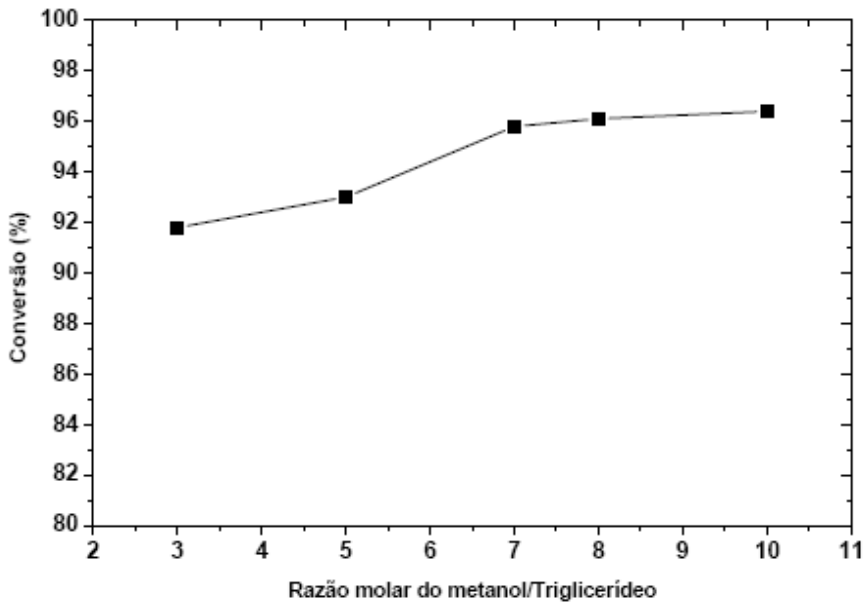

Figura 3.8: Conversão dos ácidos graxos livres em função da razão molar. T=950C, t= 3h
Fonte: WANG *et al.*, 2007.

A conjunção da esterificação com a transesterificação também pode ser encontrada na literatura de patentes, aplicada a resíduos com alto teor em ácidos graxos livres e com a vantagem de eliminar a etapa de purificação. Neste sentido, KONCAR *et al.* (2003), LUXEM *et al.* (2004) e AIKEN (2007), submeteram resíduos contendo triglicerídeos e altos teores de ácidos graxos livres (até 70%) a uma esterificação na qual os ácidos graxos livres eram transformados em ésteres; seguida de uma transesterificação, onde o biodiesel era produzido a partir dos ésteres formados na esterificação e dos triglicerídeos presentes no resíduo. Nas três patentes empregou-se um catalisador homogêneo básico e metanol na etapa de transesterificação.

Quanto à esterificação, os autores apresentaram diferenças no que diz respeito à rota de síntese (catalítica ou não catalítica) e ao álcool empregado. KONCAR *et al.* (2003) utilizaram metanol e catalisador homogêneo ácido (ácido sulfúrico) nesta etapa. AIKEN (2007) propôs a utilização de alcoóis de baixa solubilidade em água (ex. hexanol, heptanol, isononanol) e catalisador homogêneo ácido. O emprego destes alcoóis facilita a separação das fases água e álcool, este último sendo recirculado ao reator de esterificação, garantindo-se o excesso de álcool no sistema reacional. Por outro lado, a esterificação com alcoóis de cadeia mais longa que a do metanol e etanol resulta em cinéticas mais lentas, sendo necessário o aumento da temperatura reacional. Os testes apresentados pelos autores foram conduzidos a 180ºC.

ARANDA *et al.* (2008) estudaram a esterificação de resíduos ácidos oriundos do processamento de óleo de palma de forma não catalítica e utilizando catalisadores homogêneos (ácido metano sulfônico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico e ácido tri-cloroacético), com concentração variando de 0,01 a 0,1% m/m, na presença de metanol ou etanol, na razão molar de 3:1 (álcool: ácidos graxos de óleo de palma) a uma temperatura de 130°C. As maiores conversões foram obtidas para os ácidos sulfúrico e metano sulfônico, tanto para a reação com etanol quanto com metanol. Segundo os autores, o maior rendimento observado para estes dois catalisadores pode ser explicado por sua maior força ácida, quando comparado com os demais.

Os autores avaliaram também o efeito do teor de água na reação catalisada por ácido meta sulfônico. Observou-se um efeito negativo da água no rendimento da reação de esterificação. Salienta-se que a reação com etanol sofre mais marcadamente este efeito, enquanto que com o metanol ocorreu apenas um pequeno decréscimo na conversão da reação.

ROSA *et al.* (2007) apresentaram um resultado interessante para a transesterificação de gordura suína na temperatura de 120 ºC, com 2 horas de reação, 3% de catalisador (H_2SO_4) em relação ao peso da gordura e razão molar de 6:1 (etanol: gordura).

Foram obtidas conversões de até 98% para os experimentos utilizando etanol e de 61,5 % para metanol. Resumindo, a catálise ácida possui uma velocidade de reação satisfatória para reações de esterificação, incentivando o uso de catalisadores ácidos. Além de catalisadores homogêneos, como ácido sulfúrico, metanosulfônico, fosfórico e tricloroacético (ARANDA *et al.*, 2008), existem trabalhos com o uso de catalisadores heterogêneos.

3.8 Processo de Catálise Heterogênea

O desenvolvimento de catalisadores heterogêneos ativos em reações de produção de biodiesel traz uma série de vantagens ao processo: maior facilidade na separação dos produtos no final da reação, possibilidade de recuperação e reutilização dos catalisadores e de condução da reação em regime contínuo. A maior facilidade de separação dos produtos no final da reação leva a uma redução significativa no volume de efluentes líquidos gerados, principalmente com a minimização do uso de água, que é empregada em grandes quantidades nos processos baseados em catalisadores homogêneos para neutralização do catalisador. Outra vantagem é que estes catalisadores não favorecem nem a saponificação e nem a corrosão. Contudo, em geral, fornecem rendimentos inferiores aos da catálise homogênea, em especial, para álcoois de cadeias longas (DI SERIO *et al*., 2008).

Vários trabalhos têm sido conduzidos no intuito do desenvolvimento de catalisadores heterogêneos para a reação de transesterificação, tais como o uso de zeólitas, trocadas ou não, óxidos de magnésio e de nióbio (OOI *et al.*, 2004; DOSSIN *et al.*, 2006), alumina dopada com metais alcalinos (XIE *et al.*, 2006; EBIURA *et al.*, 2005) e zircônia (JITPUTTI *et al.*, 2006). Dentre tais catalisadores, as hidrotalcitas (argilas aniônicas com estrutura lamelar formada por hidróxidos de magnésio e alumínio) apresentam-se atraentes para utilização como catalisadores heterogêneos, pois possuem alta área superficial, propriedades ácido-base e redox ajustáveis, além da estabilidade térmica. O desenvolvimento de catalisadores preparados a partir de precursores tipo hidrotalcita permite aumentar a atividade e o tempo de vida útil do catalisador, já que a estrutura lamelar confere uma distribuição mais homogênea à fase ativa

(XIE *et al.*, 2005; DI SERIO *et al.*, 2006; DI SERIO *et al.*, 2007).

MARCINIUK *et al.* (2007) transesterificaram óleo de soja através da rota metílica utilizando como catalisador heterogêneo difosfato ácido de lantânio, alcançando conversão de 95% em 120 min para as seguintes condições reacionais: 175ºC, razão molar óleo de soja:metanol 1:12,5 % (m/m) de catalisador. Afirmam ainda que este catalisador pode catalisar reações com etanol hidratado sem perder a sua eficiência, já que os sólidos não perdem suas atividades frente a pequenas quantidades de água. No entanto, após três reutilizações o catalisador apresentou perdas em seu rendimento, um tempo relativamente curto quando se pretende utilizá-lo para produção em meio contínuo.

O óxido de nióbio possui uma acidez que o habilita, como catalisador ou suporte, para reações de esterificação (TANABE e OKASAKI, 1995; RODRIGUES *et al.*, 2005) e para outras reações que necessitem de sítios ácidos, tais como as de hidroprocessamento (WEISSMAN, 1996). BRAGA *et al.* (2006) utilizaram pentóxido de nióbio suportado em cinzas de casca de arroz para esterificação do ácido oléico.

BARBOSA *et al.* (2006) utilizaram pentacloreto de nióbio na síntese de ésteres aromáticos. No Brasil, já foi implantada uma planta de produção de biodiesel via esterificação heterogênea pela empresa Biopalma (Belém-PA) utilizando pentóxido de nióbio via rota ácida (ARANDA e ANTUNES, 2004). ROCHA *et al.* (2007) investigaram a esterificação de ácidos graxos de mamona (87%) e de soja (92%) em ésteres metílicos empregando o óxido de nióbio.

Quando se estuda um catalisador heterogêneo, é importante investigar a granulometria deste, conforme fizeram RODRIGUES *et al.* (2005) e CARVALHO *et al.* (2005a). Estes autores evidenciaram que o óxido de nióbio em pó (diâmetro médio de 2,94 μm), para 1h de reação a 130°C, converteu cerca de 60% dos ácidos graxos, enquanto que o emprego do catalisador no formato de pellet pequeno (lascas finas de 1x0, 8 mm) levou a conversões da ordem de 83%.

GONÇALVES *et al.* (2007) esterificou individualmente os principais ácidos graxos encontrados nas oleaginosas (linoléico, oléico, láurico, palmítico e estereático) obtendo conversões entre 85% e 92% para uma reação catalisada por óxido de nióbio. A partir destes resultados os autores sugerem que o aumento de reatividade da esterificação metílica sobre o ácido nióbico está diretamente relacionado com o aumento do grau de insaturação e diminuição do tamanho da cadeia carbônica. BRAGA *et al.* (2006 e 2007) realizaram reações

de esterificação de ácido oléico com etanol por 24h a 185°C, com razão molar de 6:1 (álcool : ácido) para um sistema catalisado por apenas óxido nióbio, outro com 0,5g de óxido de nióbio suportado em cinza de casca de arroz e o último com 0,5g de cinza de casca de arroz. Foi constatado que tanto a reação com apenas o óxido de nióbio quanto aquela contendo apenas casca de arroz resultaram em conversões da ordem de 92%, enquanto que para o sistema com o óxido de nióbio suportado nas cinzas da casca de arroz obteve-se conversão de 100%, evidenciando a boa atividade dos catalisadores.

POUSA *et al.* (2007) estudaram a esterificação metílica de uma mistura de ácidos graxos proveniente do óleo de soja catalisada por óxido de estanho, um ácido de Lewis. Os autores obtiveram uma conversão próxima de 50% com 2% de catalisador (em relação à massa de ácido graxo), a 1600ºC, tempo de reação de 30 minutos e razão molar álcool/ácido de 3:1, enquanto a reação não-catalítica, nas mesmas condições reacionais, apresentou conversão em torno de 30%.

DI SERIO *et al.* (2008) publicaram um excelente trabalho de revisão sobre o uso de catalisadores heterogêneos ácidos e básicos para produção de biodiesel, revisando tanto a literatura científica quanto a de patentes. Na maioria dos sistemas apontados pelos autores, predominou o uso de óxidos de zinco e magnésio e alumina dopada. Eles destacaram que a maioria dos trabalhos não examinou profundamente a estabilidade do catalisador, fundamental para sua aplicação industrial. Além da estabilidade, outras características foram apontadas como fundamentais, tais como catalisar tanto a esterificação quanto a transesterificação, não desativar na presença de água, não lixiviar nas condições de reação, ser ativo a baixas temperaturas e ser seletivo.

3.9 Processo de Catálise Enzimática

O interesse industrial por tecnologias enzimáticas vem aumentando gradativamente, principalmente nas áreas de engenharia de proteínas e enzimologia em meios não convencionais (solventes orgânicos, fluidos supercríticos, gases e substratos líquidos), as quais ampliaram consideravelmente o potencial de aplicação das enzimas como catalisadores em processos industriais (LIMA e ANGNES,1999).

Entre os diversos tipos de enzimas disponíveis, as lípases são de especial interesse para

a produção de biodiesel. São enzimas classificadas como hidrolases e comumente encontradas na natureza, podendo ser obtidas a partir de fontes animais, vegetais e microbianas (JAEGER e REETZ, 1998).

As reações lipolíticas ocorrem na interface água lipídeo (SHARMA e BANERJEE, 2001). A determinação da estrutura tridimensional da lipase fornece uma explicação para a ativação interfacial. O sítio ativo e agumas lipases é coberto por uma superfície entrelaçada, denominada de tampa (ou borda). Quando há ligação do substrato na superfície da enzima, esta tampa move-se, alterando a forma fechada da enzima para a forma aberta, com o centro ativo agora acessível ao substrato e, ao mesmo tempo, expondo uma larga superfície hidrofóbica que facilita a ligação da lipase à interface (JAEGER e REETZ, 1998).

OLIVEIRA *et al.* (2004) investigaram a transesterificação do óleo de mamona catalisada por lipase comercial (Lipozyme IM) usando 40 ml de n-hexano como solvente em 1g de óleo e razão molar óleo: etanol de 3:1 a 65°C por 8 h, atingindo conversões de 99%.

Segundo CASTRO *et al.* (2004), na hidrólise de óleo de sebo e óleos de coco e oliva utilizando lipases de *Candida rugosa*, *Aspergillus niger* e *Rhizopus arrhizus*, pode-se obter conversões de 97-99% em 72h. A reação de hidrólise utilizando sistemas combinados de lipases microbianas, tais como *Penicillium sp*. e *Rhizopus niveous* ou *Penicillium sp*. e *Rhizopus delemar*, atingiu conversões de 98-99,5% em 10h, e enquanto utilizando apenas uma lípase obteve-se conversão entre 7,2 e 44,4%.

Diversos estudos apontam para o emprego de lipases como catalisadores para a reação de transesterificação (MAMURO *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et. al.*, 2005). Apesar de consideráveis progressos terem sido feitos nos últimos anos na direção do desenvolvimento de sistemas enzimáticos de baixo custo, no presente momento, o elevado custo da produção e purificação de enzimas e a cinética relativamente lenta do processo tem se tornado o maior obstáculo para a produção em escala de biodiesel com tais biocatalisadores (MADRAS *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 4

IMPACTO DE UTILIZAÇÃO DE METANOL OU ETANOL

4.1 Um comparativo entre o metanol e o etanol

O metanol é o álcool predominante utilizado em todo o mundo para a produção de ésteres de ácidos graxos. Ésteres metílicos de ácidos graxos são empregados como biodiesel na grande maioria dos laboratórios, testes em motores estacionários, testes de campo e demonstrações práticas. As razões para esta escolha se devem ao fato de que o metanol é de longe o mais barato dos álcoois. Nos Estados Unidos, o metanol é 50% mais barato que o etanol, seu competidor mais próximo. Em algumas regiões, mais notadamente no Brasil, a disponibilidade de matéria-prima e tecnologia permite a produção economicamente de etanol por processos fermentativos, resultando em um produto que é mais barato que o metanol. Nestas regiões, o biodiesel de natureza etílica é um produto em potencial. O etanol também foi utilizado para a produção de biodiesel nos Estados Unidos em situações onde havia disponibilidade de etanol derivado da fermentação de substratos ricos em amido (RAMOS, 2006).

A quase totalidade do biodiesel produzido no mundo é do tipo metílico, porém, devido à grande vocação agrícola brasileira e a já existente e consolidada indústria do etanol no Brasil, é mais do que natural o fortalecimento da idéia de substituição do metanol pelo etanol para a produção do biodiesel (RAMOS, 2006).

É fato bastante reconhecido, a importância do álcool etílico no mercado brasileiro. Entretanto, é oportuno que sejam esclarecidos os seguintes aspectos, a propósito das vantagens comparativas do uso do metanol na transesterificação:

1. O consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor que do etanol anidro;
2. Para uma mesma taxa de conversão, o tempo de reação utilizando o metanol é cerca de metade do tempo quando se emprega o etanol;
3. Considerando a mesma produção de biodiesel, o consumo de vapor na rota metílica é cerca de 20% do consumo na rota etílica, e o consumo de eletricidade é menos da metade;
4. Os equipamentos da planta com rota metílica são cerca de um quarto do volume dos

equipamentos para a rota etílica.

Podem-se observar no Quadro 4.1 abaixo algumas propriedades das rotas etílica e metílica:

Quadro 4.1 - Diferenças das rotas etílica e metílica.

Características	Rota Metílica	Rota Etílica
Conversão (óleo/biodiesel)	97,50%	94,30%
Glicerina total no biodiesel	0,87%	1,40%
Quantidade consumida de álcool por 1000L de Biodiesel	90kg	130kg
Preço médio de álcool (US$/Kg)	190	360
Temperatura da reação	60˚C	85˚C
Tempo de reação	45 min	90 min

Fonte: TECBIO, 2005.

4.2 Metanol

Metanol (CH_3OH), ou álcool metílico, é o primeiro álcool da série alifática de mono álcoois. Era inicialmente produzido a partir da destilação da madeira e, por isso, originalmente denominado de "álcool de madeira". Entretanto, outras rotas tecnológicas de produção do metanol foram desenvolvidas e, pouco a pouco, a via renovável de produção deste álcool foi abandonada por razões técnico-econômicas (RAMOS, 2006).

Atualmente, o metanol é produzido industrialmente através da redução catalítica do monóxido e dióxido de carbono, segundo as reações a seguir:

$$\mathbf{CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH}$$

$$\mathbf{CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O}$$

A matéria-prima desses reagentes é o gás natural, abundante e barato para a maioria dos países. O metanol é um líquido incolor, de baixa viscosidade e com cheiro característico.

Quimicamente, é uma substância inflamável à temperatura ambiente e tóxica, não somente pela inalação, mas também através da ingestão e contato prolongado com a pele. Um aspecto curioso e preocupante é que o metanol, quando em combustão, produz uma chama transparente, dificultando o alerta em caso de acidente. Possui aplicações como solvente, anticoagulante, agente de limpeza e combustível, sendo utilizado industrialmente em diversas sínteses químicas, mas principalmente na fabricação do formaldeído (RAMOS, 2006).

4.3 Etanol

Vulgarmente chamado de "álcool", o etanol ou álcool etílico é uma substância límpida, transparente, sem cor, de cheiro agradável, fortemente penetrante. Diluído em água, apresenta um sabor adocicado. Na forma concentrada, é um poderoso combustível, perfeitamente miscível em água, assim como em glicerina, gasolina, etc. O etanol combustível é composto, aqui no Brasil, de 96% de etanol e 4% de água, e aparece na nossa gasolina como substituto do chumbo, formando o chamado gasool. Em princípio, o álcool etílico pode ser obtido, por via fermentativa, a partir de qualquer vegetal rico em açúcar, como a cana-de-açúcar e a beterraba, a partir do amido, extraído do arroz e do milho, e a partir da celulose, extraída da madeira.
Entretanto, por questões técnico-econômicas, a quase totalidade do etanol produzido no Brasil provém da cana-de-açúcar. Além disso, o etanol também pode ser obtido através da hidratação, direta ou indireta, do eteno (produto do petróleo). Essa rota tecnológica só é importante em países com baixa disponibilidade de terras adaptáveis à cana-de-açúcar. São inúmeras as aplicações do álcool etílico. É utilizado como matéria-prima ou como insumo do processo de fabricação de outras substâncias ou produtos, pode ser empregado como combustível, além de ter larga aplicação na fabricação de bebidas e no processo de produção de biodiesel (RAMOS, 2006).

4.4 Estequiometria da Reação

Com o intuito de analisar somente a estequiometria da transesterificação, será considerado arbitrariamente que o óleo vegetal empregado como matéria-prima é uma substância pura, composta exclusivamente do triglicerídeo de ácido ricinoléico (presente

predominantemente no óleo de mamona).

Dessa forma, a reação de transesterificação metílica de óleo vegetal pode ser representada simplificadamente a seguir:

$$\mathbf{C_{57}H_{104}O_9 + 3CH_4O \rightarrow 3C_{19}H_{36}O_3 + C_3H_8O_3}$$

Óleo Vegetal Metanol Biodiesel Glicerol

Considerando as massas molares de tais substâncias, o consumo de metanol é cerca de 10% da massa de óleo vegetal processada. Fazendo uma análise análoga com a rota etílica:

$$\mathbf{C_{57}H_{104}O_9 + 3C_2H_6O \rightarrow 3C_{20}H_{38}O_3 + C_3H_8O_3}$$

Óleo Vegetal Etanol Biodiesel Glicerol

Com isso, o consumo de etanol é cerca de 15% da massa da matéria-prima (50% maior que na rota metílica).

4.5 Metanol ou Etanol

Tanto a utilização do metanol quanto a do etanol apresentam vantagens e desvantagens, como são mostradas nos Quadros 4.2 e 4.3. Porém, atualmente, segundo o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI, 2003), a rota de transesterificação metílica é mais aceita pelos fabricantes de motores e sistemas automotores no Brasil, por apresentar a possibilidade do uso do biodiesel em curto prazo, considerando que já é uma tecnologia difundida e testada na Europa e nos EUA. Em decorrência disto, existem mais informações disponíveis sobre esta rota tecnológica.

Quadro 4.2: Vantagens e Desvantagens do uso do Metanol.

VANTAGENS METANOL	DESVANTAGENS METANOL
- O consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor que do etanol anidro; - O metanol é mais barato que o etanol; - Mais reativo; - Para uma mesma taxa de conversão (e mesmas condições operacionais), o tempo de reação utilizando o metanol é menos da metade do tempo quando se emprega o etanol; - O consumo de vapor na rota metílica é cerca de 20% do consumo na rota etílica, e o consumo de eletricidade é menos da metade; - O volume de equipamentos de processo da planta com rota metílica é cerca de um quarto menor do que para a rota etílica, para uma mesma produtividade e qualidade; - Possibilita o uso do biodiesel no Brasil em curto prazo, pois é uma tecnologia já difundida e testada na Europa e nos EUA; - Maior aceitação pelos fabricantes de motores e sistemas automotores; - Diversificação de insumos, visto que o etanol é usado como aditivo à gasolina; - Custo de R$ 700/t.	- Produto de origem fóssil, portanto não renovável; - Bastante tóxico; - Maior risco de incêndios: mais volátil e chama invisível; - O transporte é controlado pela Polícia Federal, por se tratar de matéria-prima para extração de drogas; - Apesar de ser ociosa, a capacidade atual de produção de metanol brasileira só garantiria o estágio inicial de um programa de âmbito nacional.

Fonte: TECBIO (2005), GTI (2004) e DORNELES (2005).

Quadro 4.3: Vantagens e Desvantagens do uso do Etanol.

VANTAGENS ETANOL	DESVANTAGENS ETANOL
- Produção alcooleira no Brasil já consolidada; - Produz biodiesel com um maior índice de cetano e maior lubricidade, se comparado ao biodiesel metílico; - Se for feito a partir da biomassa (como é o caso de quase toda a totalidade da produção brasileira), produz um combustível 100% renovável; - Gera mais ocupação de renda no meio rural; - Gera mais economia de divisas; - Não é tóxico como o metanol e possui menor risco de incêndios; - Representa uma oportunidade para o Brasil, considerando o potencial de produção e distribuição do etanol como um reagente renovável.	- Os ésteres etílicos possuem maior afinidade à glicerina, dificultando a separação; - Possui azeotropia, quando misturado em água. Com isso sua desidratação requer maiores gastos energéticos e investimentos com equipamentos; - O volume de equipamentos da planta de produção da rota etílica é cerca de um quarto maior do que o da rota metílica, para uma mesma produtividade e qualidade; - Dependendo do preço da matéria-prima, os custos de produção do biodiesel etílico podem ser até 100% maiores que o metílico; - Não dispõe de referência internacional, o que demandaria extensos testes, com relação a emissão e desempenho em bancada e urabilidade em campo; - Custo de R$ 950/t.

Fonte: TECBIO (2005), GTI (2004) e DORNELES (2005).

CAPÍTULO 5

PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SUA CARACTERIZAÇÃO

5.1 Matérias-primas para uso do Biodiesel

Em todo o mundo, as matérias-primas graxas mais típicas para a produção de biodiesel são os óleos vegetais refinados. Neste grupo, a escolha da matéria-prima varia de uma localização à outra de acordo com a disponibilidade sendo a matéria graxa mais abundante geralmente a mais utilizada. As razões para isto não estão apenas relacionadas ao desejo de se ter uma ampla oferta de combustível, mas também devido à relação inversa que existe entre oferta e custo. Óleos refinados podem ser relativamente dispendiosos mesmo sob as melhores condições, quando comparados com os produtos derivados do petróleo, e a produção de óleo para a produção de biodiesel depende da disponibilidade local e da viabilidade econômica correspondente. Assim, os óleos de colza e girassol são utilizados na União Européia, o óleo de palma predomina na produção de biodiesel em países tropicais, e o óleo de soja e as gorduras animais representam as principais matérias-primas nos Estados Unidos (RAMOS, 2006).

A produção de ésteres de ácidos graxos também foi demonstrada para uma variedade de outras matérias-primas, incluindo os óleos de coco, arroz, açafrão, polpa de coco, mostarda etíope e gorduras animais como sebo e banha. Qualquer lipídeo de origem animal ou vegetal deve ser considerado como adequado para a produção de biodiesel (RAMOS, 2006).

Vários fatores, como a disponibilidade, o custo, as propriedades de armazenamento e o desempenho como combustível, irão determinar qual o potencial de uma determinada matéria-prima em particular ser adotada na produção comercial de biodiesel (RAMOS, 2006).

Entre as matérias-primas, pode-se destacar a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e a canola. A soja, apesar de ser maior fonte de proteína que óleo, pode ser uma importante matéria-prima no esforço de produção de biodiesel, uma vez que quase 90% da produção no Brasil provêm dessa leguminosa (HOLANDA, 2004).

O amendoim, por ter mais óleo que proteína, poderá voltar a ser produzido com grande

vigor nessa era energética dos óleos vegetais. De fato, para se expandir a produção de óleos em terras homogêneas do cerrado brasileiro, com absoluta certeza o amendoim poderá ser a melhor opção, pois é uma cultura totalmente mecanizável, produz um farelo de excelente qualidade nutricional para rações e alimentos, e ainda possui, em sua casca, as calorias para a produção de vapor (HOLANDA, 2004).

O girassol situa-se em numa posição intermediária entre a soja e o amendoim. As características alimentares de seu óleo poderão dificultar o seu emprego na produção energética. No entanto, poderão favorecer um deslocamento de parte expressiva do óleo de soja para a produção de biodiesel. O girassol, produzido em safrinhas, na rotação de culturas, pode render 800 litros de óleo por hectare, rendimento próximo ao da soja (HOLANDA, 2004).

Outra cultura em destaque é a mamona, que pode vir a ser a principal fonte de óleo para a produção de biodiesel no Brasil. Estudos multidisciplinares recentes sobre o agronegócio da mamona concluíram que ela constitui, no momento, a cultura de sequeiro mais rentável em certas áreas do semi-árido nordestino (HOLANDA, 2004).

Nesses estudos verificou-se, com base em séries históricas das áreas tradicionalmente produtoras de mamona, uma produtividade média de 1.000 kg por ano de baga de mamona por hectare. Contudo, essa produtividade é considerada conservadora, pois, com as modernas cultivares desenvolvidas pela Embrapa, atingiu-se produtividade superior a 2.000 kg por hectare por ano (HOLANDA, 2004).

A cultura de maior destaque mundial para a produção de biodiesel é a da canola. O óleo de canola é a principal matéria-prima para a produção de biodiesel na Europa. A produtividade, situada entre 350 e 400 kg óleo por hectare, tem sido considerada satisfatória para as condições européias. O agronegócio da canola envolve a produção e a comercialização do farelo, rico em proteínas, que corresponde a mais de 1.000 kg por hectare e, além disso, a sua lavoura promove uma excelente adubação natural do solo. A canola pode ser cultivada no Brasil, a exemplo das culturas temporárias, por meio de uma agricultura totalmente mecanizada (HOLANDA, 2004).

Entre as culturas permanentes, pode-se destacar o dendê e o babaçu. A cultura do dendê pode ser uma importante fonte de óleo vegetal, pois apresenta a extraordinária produtividade de mais de 5.000 kg de óleo por hectare por ano. Esse valor é cerca de 25 vezes

maior que o da soja, contudo, esse valor somente é atingido 5 anos após o plantio.

O óleo extraído do coco do dendê pode ser obtido da polpa e das amêndoas. O óleo da polpa, denominado de óleo de dendê, é o tradicional óleo da culinária baiana, de cor vermelha, com sabor e odor característicos, sendo comercializado internacionalmente com a designação "palm oil". Seu preço varia na faixa de 300 a 400 dólares a tonelada. O óleo obtido das amêndoas, denominado de óleo de palmiste, é comercializado no mercado internacional com preços superiores a 500 dólares a tonelada (HOLANDA, 2004).

De uma forma geral, pode-se afirmar que monoalquil-ésteres de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de óleo vegetal, mas nem todo óleo vegetal pode (ou deve) ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel. Isso porque alguns óleos vegetais apresentam propriedades não ideais, como alta viscosidade ou alto número de iodo, que são transferidas para o biocombustível, tornando-o inadequado para uso direto em motores do ciclo diesel.

Dentre as oleaginosas já investigadas para a produção de biodiesel, figuram a soja, o girassol, a mamona, o milho, a canola, o babaçu, o buriti, o dendê, o amendoim, o pinhão manso, algodão, entre outras, conforme ilustra a Tabela 5.1 abaixo (PARENTE, 2003).

Tabela 5.1: Oleaginosas disponíveis no território nacional para a produção de Biodiesel.

Região	*Óleos vegetais disponíveis*
Norte	Dendê, babaçu e soja
Nordeste	Babaçu, soja, mamona, dendê, algodão e coco
Centro-oeste	soja, mamona, algodão, girassol, dendê, nabo forrageiro
Sudeste	soja, mamona, algodão e girassol
Sul	soja, canola, girassol, algodão e nabo forrageiro

Fonte: PARENTE, 2003.

Pode-se observar na Figura 5.1 abaixo a diversidade de matérias primas que o Brasil possui, algumas em pleno uso e outras em avaliação para possível uso na produção de biodiesel.

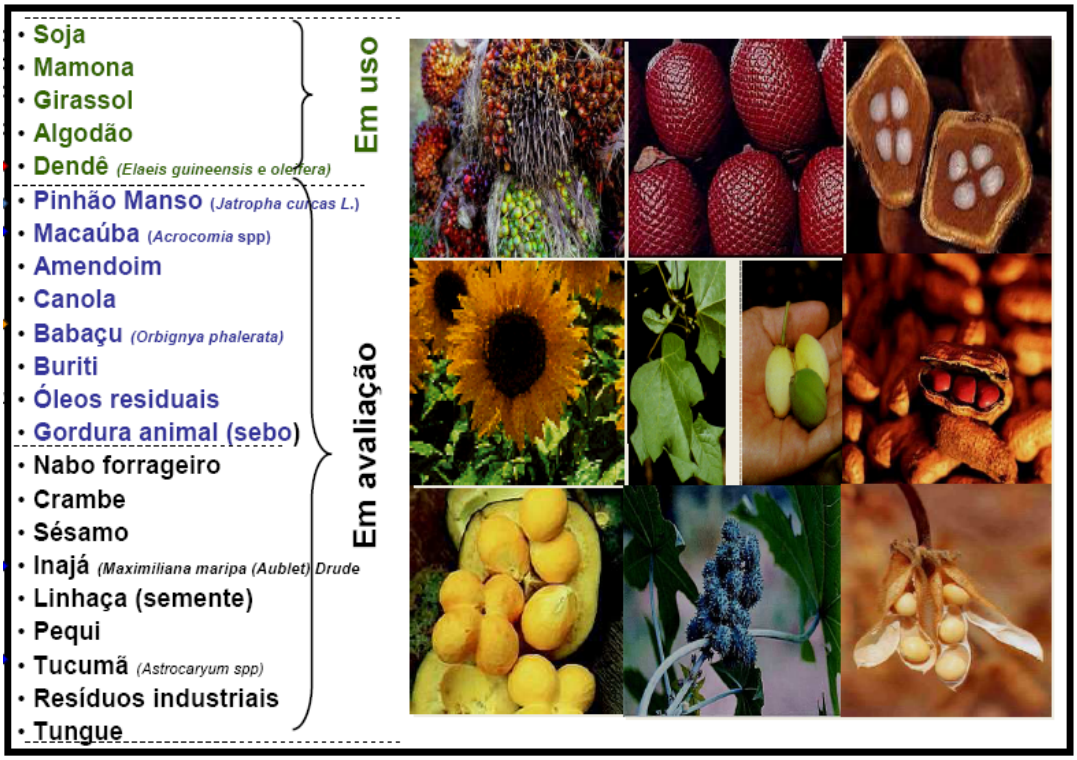

Figura 5.1 – Oleaginosas em uso e em avaliação para a produção de biodiesel.
Fonte: http://www.cnpae.embrapa.br (Acesso em: Julho de 2008).

O Brasil, por ser detentor de uma grande extensão territorial, apresenta uma grande diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel em regiões diferentes, conforme apresenta a Figura 5.2.

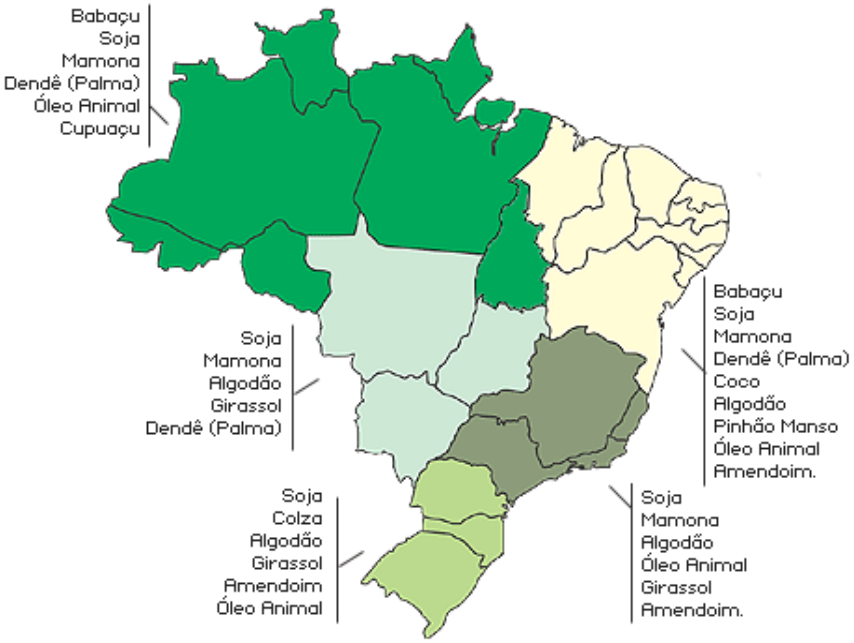

Figura 5.2: Potencialidades agrícolas no Brasil e informações de oleaginosas por região.
Fonte: Ministério das Minas e Energia (MME, 2004).

No entanto, a viabilidade de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental (Quadro 5.1), passando inclusive por importantes aspectos agronômicos, tais como: (a) o teor em óleos vegetais; (b) a produtividade por unidade de área; (c) o equilíbrio agronômico e demais aspectos relacionados ao ciclo de vida da planta; (d) a atenção aos diferentes sistemas produtivos; (e) o ciclo da planta (sazonalidade); e (f) a sua adaptação territorial, que deve ser tão ampla quanto possível, atendendo às diferentes condições edafoclimáticas (RAMOS et al; 1999, 2003; PERES e FREITAS JR., 2003).

Quadro 5.1: Competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental de cada matéria-prima.

Espécie	Produtividade (ton/ha)	Ciclo de Produção	Regiões Produtoras	Modo de Produção	Percentual e óleo	Rendimento (ton.óleo/ha)
Mamoma	0,5 a 1,5	Anual	Nordeste	MO * intensiva	43 a 45	0,5 a 0,9
Dendê	15 a 25	Perene	BA e PA	MO * intensiva	20	3 a 6
Algodão	0,86 a 1,4	Anual	MT, GO, MS, BA e MA	Mecanizada	15	0,1 a 0,2
Soja	2 a 3	Anual	MT, PR, RS, GO, MS, MG e SP	Mecanizada	17	0,2 a 0,4
Pinhão manso	2 a 12	Perene	Nordeste e MG	MO * intensiva	50 a 52	1 a 6
Girassol	1,5 a 2	Anual	GO, MS, SP, RS E PR	Mecanizada	38 a 48	0,5 a 0,9
Amendoim	1,5 a 2	Anual	SP	Mecanizada	40 a 43	0,6 a 0,8

*** MO = Mão-de-obra**

Fonte: Amorim, 2005. Adaptado de Meirelles, F.S. 2003.

Avaliações como essas têm sido consideradas absolutamente fundamentais para a compilação da análise do ciclo de vida (ACV) do biodiesel, fato hoje da maior importância para um país que pretende explorar os seus recursos naturais (biomassa), de forma comprovadamente sustentável, para aplicações no setor energético.

Da mesma forma como foram definidos alguns aspectos agronômicos essenciais para que um determinado óleo vegetal apresente competitividade como matéria-prima para a produção de biodiesel, importantes aspectos tecnológicos também precisam ser atendidos. E estes estão relacionados: (a) à complexidade exigida para o processo de extração e tratamento do óleo; (b) à presença de componentes indesejáveis no óleo, como é o caso dos fosfolipídeos presentes no óleo de soja; (c) ao teor de ácidos graxos poli-insaturados; (d) ao tipo e teor de ácidos graxos saturados; e (e) ao valor agregado dos co-produtos, como hormônios vegetais, vitaminas, anti-oxidantes, proteína solúvel e fibras de alto valor comercial.

Várias oleaginosas que ainda se encontram em fase de avaliação e desenvolvimento de suas cadeias produtivas, podem ser empregadas para a produção do biodiesel. Várias dessas oleaginosas já tiveram as suas respectivas competitividades técnica e sócio-ambiental demonstradas para a produção de biodiesel, restando apenas a implementação de projetos de ampliação de escala e a condução de estudos agronômicos mais aprofundados que venham a garantir a disponibilidade da matéria-prima nos momentos de maior demanda (CAMPOS, 2003; PARENTE, 2003; PERES e JUNIOR, 2003).

A Tabela 5.2 apresenta um calendário agrícola, que compila os períodos de colheita – oferta – das matérias-primas em todos os meses.

Tabela 5.2: Períodos de colheita da soja, girassol, algodão, amendoim, mamona e dendê nas cinco macrorregiões do Brasil.

Região	Cultura	Períodos de colheita (%)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Sul	Soja	15,5	32,8	34,5	17,2								
	Girassol[1]												
Sudeste	Soja		20,5	39,2	29,5	10,8							
	Girassol[1]												
	Amendoim águas	16,2	33,1	33,8	16,9								
	Amendoim secas					12,1	44,3	36,5	7,1				
Centro-Oeste	Soja	4,3	23,5	42,1	24,4	5,8							
	Girassol[1]												
	Algodão		0,2	1,5	2,2	8,8	29,7	36,9	19,1	1,6			
Nordeste	Soja		14,5	36,9	33,0	13,1	2,6						
	Algodão				3,6	30,1	31,5	31,3	2,2	0,6	0,4	0,3	
	Mamona	23,6	47,6	25,0	1,9	1,0	0,4	0,3	0,2				
Norte	Soja		27,2	43,3	22,8	6,7							
	Dendê	10,0	9,0	10,0	9,0	12,0	9,0	8,0	7,5	6,5	5,5	4,5	9,0

Fonte: CONAB, 2005.

Os montantes indicados a seguir são baseados em informações das safras 1999–2000 e 2003–2004, publicadas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), este último no caso específico do dendê (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Produções de matéria-prima – Safras 1999–2000 a 2003–2004 (em toneladas).

Região	Cultura	Mínimo	Máximo	Média	kg/ha
Sul	Soja	3.900	10.400	6.880	1.300
	Girassol	12.614.900	21.340.600	160.415.060	2.385
Sudeste	Soja	2.569.700	4.474.400	3.487.600	2.512
	Girassol	2.600	3.000	2.820	1.531
	Amendoim águas(1)	129.000	162.300	144.120	2.188
	Amendoim secas(1)	18.700	26.500	23.140	696
Centro-Oeste	Soja	14.945.300	24.613.100	20.097.720	2.746
	Girassol	46.300	90.800	63.680	1.476
	Caroço de algodão	760.700	1.371.800	1.020.380	2.011
Nordeste	Soja	2.064.000	3.538.900	2.458.820	2.267
	Caroço de algodão	127.300	467.500	226.440	765
	Mamona	68.100	104.500	84.620	770
Norte	Soja	150.700	913.700	441.700	2.431
	Dendê	361.656	729.184	579.334	14.500

(1) Amendoim: sem casca.

Fonte: CONAB e IBGE, 2005.

Acredita-se que a tomada de cinco safras para os cálculos das ofertas mínimas, médias e máximas de cada matéria-prima em questão seja um indicativo seguro de patamares a serem considerados para uma unidade de biodiesel. Acredita-se que em cinco safras é possível amenizar o impacto de variações abruptas de um único ciclo, ocasionadas, por exemplo, por fatores climáticos extraordinariamente adversos ou favoráveis.

O óleo de soja surgiu como um subproduto do processamento do farelo e, atualmente, tornou-se um dos líderes mundiais no mercado de óleos vegetais. Dada à grandeza do agronegócio da soja no mercado brasileiro, é relativamente fácil reconhecer que essa oleaginosa apresenta o maior potencial para servir de modelo ao desenvolvimento de um programa nacional de biodiesel. Apenas como exemplo, dados divulgados pela ABIOVE (Associação Brasileira dos Produtores de Óleos Vegetais) demonstraram que o setor produtivo da soja já está preparado para atender à demanda nacional de misturar até 5% de biodiesel no diesel de petróleo. Proporções superiores a esta mereceriam uma nova avaliação para que não haja dúvidas quanto ao abastecimento de óleo nesse novo setor da economia.

Por outro lado, segundo dados oficiais da Embrapa (PERES e JUNIOR, 2003), o Brasil apresenta um potencial de mais de 90 milhões de hectares de áreas degradadas e/ou não exploradas que poderiam servir para um projeto de expansão da atual fronteira agrícola. Considerando apenas a utilização da soja como matéria-prima para a produção de biodiesel, serão necessários "apenas" 3 milhões de hectares, ou 1,8 bilhões de litros de óleo, para a implementação do B5 (mistura composta de 5% de biodiesel e 95% do petrodiesel), o que culminaria na geração dos já divulgados 234 mil empregos diretos e indiretos.

Cerca de 99% dos triglicerídeos presentes no óleo de soja são compostos pelos ácidos esteárico (3,7%), linolênico (8,6%), palmítico (10,2%), oléico (22,8%) e linoléico (53,7%) (MA e HANNA, 1999). Além dos triglicerídeos presentes no óleo vegetal bruto, ainda existem pequenas quantidades de componentes não-glicerídicos, tais como fitoesteróis, ceras, hidrocarbonetos, carotenóides, tocoferóis e fosfatídeos. Dentre estes merecem destaque os tocoferóis e, principalmente, os fosfatídeos (MORETTO e FETT, 1998).

Os tocoferóis são componentes antioxidantes que conferem aos óleos brutos maior estabilidade à rancidez oxidativa. Entretanto, durante as etapas de refino, especialmente na neutralização e na clarificação, há uma perda de tais agentes de estabilização e os óleos vegetais passam a apresentar menor estabilidade à oxidação e/ou rancificação (MORETTO e FETT, 1998).

Esta tendência, que compromete a vida útil do óleo para fins alimentícios, também pode ser transferida para o éster obtido via transesterificação, constituindo-se em problema crítico para a viabilidade técnica do biodiesel.

Os fosfatídeos correspondem a moléculas de glicerol esterificadas com ácidos graxos e ácido fosfórico (H_3PO_4). No óleo bruto de soja, esses componentes são representados por lecitinas, cefalinas e pelo fosfatidil-inositol, que correspondem, em média, a 2,1% de sua composição química (MORETTO e FETT, 1998).

Na transesterificação, a presença de fosfatídeos no meio reacional causa dificuldades na purificação dos ésteres e, conseqüentemente, compromete a qualidade do biodiesel produzido, pois suas propriedades tensoativas limitam a recuperação da glicerina por dificultar a separação de fases (ZAGONEL, 2000).

Por outro lado, os fosfatídeos causam danos irreversíveis às partes internas do motor, como aumento de depósitos de carbono e corrosão durante o processo de combustão.

Entretanto, os fosfatídeos são facilmente removidos do óleo bruto por lavagem aquosa, devido às suas propriedades anfótericas e comportamento micelar. Este processo é chamado de degomagem e os resíduos dele provenientes correspondem às gomas ricas em lecitina, as quais têm grande importância na indústria alimentícia. De um modo geral, a degomagem é a primeira etapa do processo de refino de óleos brutos e, portanto, antecede as etapas de branqueamento e desodorização.

O processo de refino também apresenta outras finalidades como a eliminação de substâncias coloidais, proteínas, ácidos graxos livres e seus sais, ácidos graxos oxidados, polímeros, lactonas, acetais e substâncias inorgânicas, tais como sais de cálcio, silicatos e fosfatos livres (MORETTO e FETT, 1998).

Portanto, para que a qualidade no produto final (biodiesel) seja garantida, certos óleos vegetais poderão exigir etapas de pré-tratamento ou de refino e este é certamente o caso da soja, cujo óleo é rico em gomas e fosfolipídeos (RAMOS et al., 2003).

Enfim, dada à multiplicidade de matérias-primas que hoje existe para a produção de biodiesel, é plausível dizer que somente através do conhecimento pleno das propriedades que determinam os padrões de identidade do biodiesel é que será possível estabelecer parâmetros de controle que garantirão a qualidade do produto a ser incorporado na matriz energética nacional.

5.2 Mamona

Características gerais da produção

A mamoneira teve origem na África, possivelmente na Etiópia. Sementes de mamona foram encontradas nas tumbas de antigos egípcios. A mamona foi introduzida no novo mundo pelos escravos.

Há algumas décadas, o Brasil era o maior exportador de óleo de mamona. O Brasil já foi o maior produtor mundial de mamona, tendo produzido 573 mil toneladas em 1974. Em 2004, a produção nacional foi cerca de 4 vezes menor que a de 1974. Atualmente, Índia e China são os maiores produtores mundiais (LIMA, 2007).

A variação dos preços do óleo de mamona tem relação com as guerras. A guerra do

Iraque, por exemplo, fez o óleo de mamona atingir, no mercado internacional, o valor de US$ 1.170 por tonelada.

Na Segunda Guerra Mundial, na Guerra do Vietnam e na Guerra do Golfo, o fenômeno da elevação nos preços do óleo de mamona também aconteceu. Entre as guerras, os estoques do óleo de mamona se recompõem e os preços do mercado internacional podem cair para US$ 400 dólares por tonelada. O preço médio nos últimos dez anos foi de US$ 910 por tonelada.

Registre-se que a variabilidade dos preços do óleo de mamona já causou dificuldades financeiras a muitos, em especial aos pequenos agricultores nordestinos, que representam o elo mais frágil da cadeia produtiva (LIMA, 2007).

A Região Nordeste possui potencial para cultivar até 6 milhões de hectares de mamona. No Semi-Árido brasileiro concentra-se 80% da produção nacional de mamona, sendo a Bahia o principal produtor nacional. A cultura da mamoneira pode ter grande importância para a economia do Semi-Árido brasileiro, por ser resistente à seca, ser fixadora de mão-de-obra, bem como geradora de emprego.

No que se refere ao potencial para a produção de biodiesel, a semente de mamona é considerada uma excelente opção, pois apresenta um elevado teor de óleo, que pode chegar próximo de 50%. O óleo extraído dessa semente, além do mercado de biodiesel, conta com um mercado internacional, garantido por centenas de aplicações que incluem uso medicinal, em cosméticos e em substituição ao petróleo na fabricação de lubrificantes.

O produto também é utilizado na produção de fibra ótica, vidro à prova de balas e próteses ósseas, além de ser utilizado para impedir o congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais, submetidos a baixíssimas temperaturas.

Os restos do cultivo da mamoneira podem devolver grande quantidade de biomassa ao solo. Suas folhas podem servir de alimento para o bicho-da-seda. O caule pode fornecer celulose para a fabricação de papel, além de ser matéria-prima para a fabricação de tecidos grosseiros. A torta de mamona, resultante do esmagamento da semente, tem uso agrícola pela sua riqueza em nitrogênio (LIMA, 2007).

Características da planta

A mamoneira pode ter de 1,8 m a 5 m de altura. Possui raízes laterais e uma pivotante que vai a 1,5 m de profundidade. O caule é redondo, liso, esverdeado e coberto com cera. As folhas verde-escuro são grandes, com 5 a 111 lóbulos. As flores em cacho terminal com flores masculinas, femininas e hermafroditas, apresentam pólen viável por 1 semana. A semente com cor e tamanho variados apresenta de 40% a 49% de óleo, tendo como maior componente o ácido ricinoléico (LIMA, 2007).

Os cultivares de mamoneira são classificados segundo seu porte e grau de deiscência (abertura) do fruto maduro. Quanto ao porte da planta, os cultivares são classificados em:

- anão: altura de até 1,8 m;
- médio: altura entre 1,8 e 2,5 m;
- alto: altura entre 2,5 e 5,0 m;
- arbóreo: altura superior a 5,0 m.

Quanto à deiscência do fruto, os cultivares são classificados em:

- deiscente: com abertura total;
- semideiscente: com abertura parcial;
- indeiscente: sem abertura do fruto.

No Nordeste, tem sido utilizado, com boa produção, os cultivares Canela de Juriti, Amarelo de Irecê e Sangue de Boi. Pesquisas evidenciaram que no semi-árido os cultivares nordestina (BRS 149), pernambucana, SIPEAL 28 e baianita podem apresentar boa produtividade, conforme mostrado no Quadro 5.2 abaixo:

Quadro 5.2: Características de alguns cultivares.

Cultivar	Porte	Produtividade (kg/ha)	Óleo (%)
Nordestina (BRS 149)	médio	1.500	48,9
Pernambucana	médio	1.300	47,28
Baianita	médio	1.150	47,49
SIPEAL 28	médio	1.130	47,47

Fonte: EMBRAPA, 2005.

Na escolha do cultivar, além da adaptabilidade à região, deve-se levar em consideração a produtividade, precocidade, deiscência do fruto, uniformidade de maturação e porte. A mamoneira é planta anual, com ciclo 250 dias, a semiperene, de 5 anos.

Clima e Solo

A mamoneira é planta de clima tropical e subtropical, precisando de chuvas regulares no início do período seco para a maturação dos frutos. Não suporta geadas, ventos fortes freqüentes e nebulosidade.

As condições ideais para o cultivo da mamona são: temperatura entre 20 e 26ºC, chuvas de 600 a 700 mm anuais, dias longos com 12 horas de duração e altitude entre 300 e 1500 m. Em clima temperado, a planta se desenvolve bem, mas tem a produção de óleo prejudicada.

A mamoneira não se adapta a solos de textura argilosa e de drenagem precária. Solos profundos de textura variável, com boa estrutura, boa drenagem, fertilidade média e pH de 6,0 a 6,8 são ideais para o cultivo da mamoneira. O terreno deve ter topografia plana a suavemente ondulada, sem erosão.

Exigente em nutrientes minerais, a mamoneira é planta esgotante do solo. Pesquisas indicam que 40-100 kg/ha de nitrogênio (110-200 kg de uréia), 40-60 kg/ha de fósforo (220-330 kg de superfosfato simples) e 15-60 kg/ha de potássio (25 a 100 kg de cloreto de potássio) podem satisfazer as necessidades da mamoneira (LIMA, 2007).

Plantio

O plantio deve ser feito no início da estação chuvosa após precipitação de pelo menos 30 mm. O semeio pode ser manual ou mecanizado. O semeio manual é feito deixando-se cair 3 ou mais sementes. Em terrenos arenosos, as covas devem ter 5 cm de profundidade. Em terrenos arenosos, as covas devem ter 5 cm de profundidade. Em terrenos argilosos, a profundidade da cova deve ser de 3 cm.

Consome-se de 5 a 15 kg de sementes para se plantar um hectare. O plantio mecanizado é utilizado para cultivares de mamona com sementes tamanho pequeno ou médio, cujo espaçamento de plantio, entre plantas na fileira, é de 0,5 a 1,0 m.

O sistema de cultivo pode ser solteiro ou em consórcio. Normalmente, a mamona é consorciada com feijão ou milho. Arroz e amendoim também podem ser consorciados à mamona (LIMA, 2007).

Colheita

De uma maneira geral, é feita a colheita quando dois terços do cacho estiverem secos. Para variedades deiscentes, a colheita deve ser parcelada em 3 a 4 vezes, com colheita manual. Para variedades indeiscentes procede-se a uma colheita única, manual ou mecânica (LIMA, 2007).

Beneficiamento

Após a colheita, os frutos têm a sua secagem completada em terreiro. Para retirar frutos dos cachos, faz-se um penteamento, que é um processo pelo qual se passa o cacho por um pente rústico, com pregos presos a uma ripa fixada em um suporte. Os frutos são estendidos no terreiro, em camadas de 4 a 5 cm, e remexidos várias vezes por dia para secagem uniforme. À tarde, devem ser enleirados e de manhã novamente esparramados.

Os frutos não abertos na secagem do terreiro devem ser trilhados com uso de varas flexíveis e peneirados para eliminar-se a casca e obter-se semente limpa. Para isso, também são utilizadas despolpadoras motorizadas. Em seguida, as sementes são acondicionadas em sacos de aniagem. A sacaria deve ser empilhada sobre estrados de madeira, em armazéns limpos, secos e arejados.

Muito embora o PNPB tenha em pauta programações para as diversas culturas possíveis ao biodiesel, a mamona se destaca, uma vez que seu modo de produção, baseado na agricultura familiar, corresponde aos objetivos sociais do programa, além das vantagens biológicas para sua produção em solo brasileiro (BIODIESEL, 2006).

A mamoneira (*Ricinus communis L.*) se alastrou no Brasil devido ao clima tropical favorável, podendo hoje ser encontrada em quase toda a extensão territorial. Entretanto, é na região do Semi-árido que apresenta maior vantagem competitiva, dado o baixo custo de produção na região. Segundo os mesmos autores "é uma das únicas alternativas viáveis de produção agrícola na região, dada a sua resistência à seca e à facilidade no manejo" (CHIERICE; CLARO NETO, 2001).

O contraponto destas características é que a produção nesta região se sedimentou de modo arcaico, sem recursos tecnológicos que pudessem gerar um aumento na produtividade.

A força de trabalho da própria família explora pequenas áreas sempre sob o modelo do triconsórcio (feijão, milho e mamona). A mamona assume papel social de grande relevância, assegurando uma contínua fonte de renda para as despesas da casa. Este sistema é pouco mecanizado, os agricultores utilizam sementes comuns e não usam insumos modernos, como adubos e agrotóxicos (SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO, 1995).

Um dos reflexos deste modo de produção é a variação na quantidade produzida. A Figura 5.3 representa o nível de produção e as grandes flutuações dos últimos anos. Mesmo nas décadas de 60, 70 e 80, período em que o Brasil foi o maior exportador mundial de derivados de mamona, não houve estabilidade na produção (AMORIM, 2005).

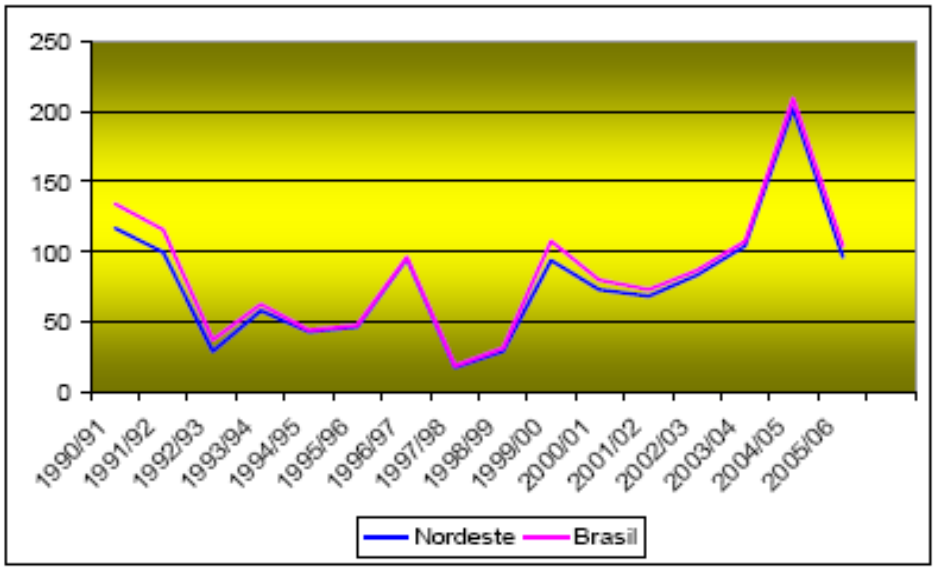

Figura 5.3 - Produção de mamona no Brasil em mil toneladas.

Fonte: CONAB, 2007.

Segundo PONCHIO (2004), esta flutuação na quantidade produzida pode ser explicada pelos seguintes fatores:

a) Sistema de produção desorganizado: utilização de sementes não melhoradas, baixa tecnologia e práticas de produção inadequadas, dificuldades para obtenção de crédito e assistência ao produtor;
b) Mercado interno inconsistente: são poucos os agentes envolvidos na comercialização, sobretudo em relação aos compradores;
c) Preços baixos recebidos pelos produtores. As variações nas quantidades produzidas e nos preços recebidos pelos produtores antes do estabelecimento do PNPB foram influenciadas pelo comportamento da demanda, principalmente no mercado internacional, responsável por grande parte da absorção do óleo de mamona (PAULA NETO; CARVALHO, 2006).

O óleo é o principal produto oriundo da mamona. Suas características, como a solubilidade em álcool e formas de utilização (hidrogenado, desidratado e oxidado) possibilita sua ampla utilização industrial, de modo a ser empregado na fabricação de tintas, lubrificantes, drogas farmacêuticas, cosméticos, desinfetantes, inseticidas, além de *nylon* e matéria plástica (BIODIESEL, 2006).

A torta de mamona (subproduto da extração do óleo) possui mais de 35% de fibra em sua composição e se constitui em excelente fertilizante, com notável capacidade de recuperação de terras esgotadas. Além disso, pode ser uma fonte protéica importante para rações animais, desde que seja tornada atóxica (BIODIESEL 2006).

O principal produtor de grãos e óleo de mamona é a Índia, com grande influência sobre os preços do óleo no mercado internacional. A China e o Brasil também ocupam posição de destaque neste mercado (PAULA NETO; CARVALHO, 2006).

Apesar de o mercado internacional ser o principal fator de influência nos preços e na produção de mamona no Brasil, existe a consolidação de um mercado interno para o óleo, graças à ampla utilização nos processos industriais, e mais recentemente ao desenvolvimento do biodiesel.

A Figura 5.4 mostra o comportamento dos preços internacionais do óleo de mamona, praticados no mercado de Roterdã (Holanda), no período de agosto de 2004 a abril de 2007.

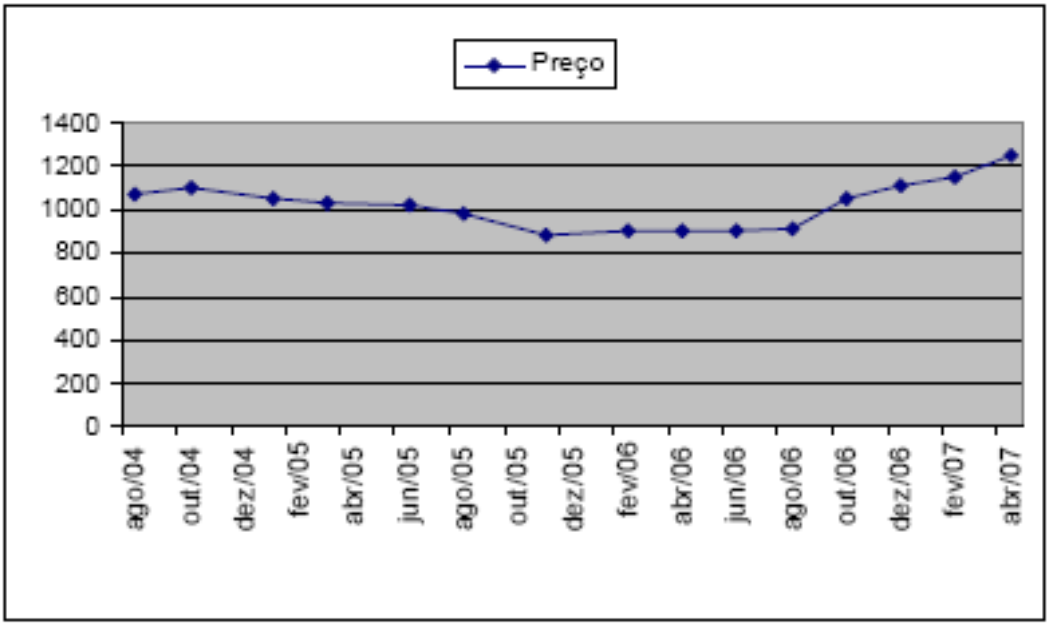

Figura 5.4 - Preços internacionais em dólares FOB por tonelada do óleo bruto de mamona
Fonte: CONAB, 2007

Os dados da CONAB apontam nos últimos meses uma tendência de alta para o preço do óleo no mercado internacional. Esta tendência pode ser extremamente positiva para os produtores de óleo e de mamona no Brasil.

Entretanto, como os preços internacionais são cotados em dólares, a recente valorização cambial pode influenciar a margem de lucro dos produtores brasileiros, uma vez que seus custos são expressos em reais. De qualquer modo, esta tendência pode influenciar positivamente as decisões da produção brasileira de grãos e de óleo de mamona.

Para que a mamona seja viável aos objetivos de geração de renda do PNPB, a produção, além de ocorrer em quantidade suficiente, deve acontecer com custos relativamente baixos, do contrário a mamona será preterida em relação às demais culturas disponíveis (PIRES et al., 2004).

Além da produtividade na lavoura, a qualidade da mamona produzida é tão ou mais importante, pois determina o rendimento agroindustrial em óleo, no momento do

esmagamento das bagas. O rendimento médio padrão de 45% em óleo pode sofrer redução para até 30% (PAULA NETO; CARVALHO, 2006).

Nesse sentido, a questão da produtividade se mostra determinante para a viabilização da mamona, pois os ganhos de produtividade serão correspondidos por menores custos de produção.

A análise desta questão demonstra a diferença no grau de produtividade entre o modo de produção empregado na agricultura familiar, e o modo utilizado na agricultura empresarial mecanizada.

Conforme estudos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A – EBDA na região dos Cerrados (Oeste baiano), a mamona é produzida em escala empresarial, com insumos apropriados e recursos tecnológicos desde a preparação do solo até a colheita mecanizada, atingindo produtividades de mais de 3.000 kg/ha.

Os produtores desta região têm considerado ampliar a área plantada desde que tenham garantias de aquisição da produção a preços interessantes. Isto pode facilitar a criação de programas governamentais direcionados ao aumento da oferta de mamona. Este interesse também pode ocorrer no Semi-árido, muito embora nesta região a expectativa dos produtores em relação ao preço de venda é frustrada na maioria das vezes (EBDA, 2006).

Ainda em relação à produtividade, levantamentos realizados pela EBDA permitem o dimensionamento da diferença entre os dois modos de produção. No período 2004/2005 a Bahia produziu 148.981 toneladas de mamona em uma área de 147.760 ha, com uma produtividade média de 1.008 kg/ha. A maior parte desta produção ocorreu na região de Irecê, local onde o cultivo é explorado em grande parte pela agricultura familiar. Neste caso, o escalonamento da colheita abrange de quatro a seis meses, mantendo os agricultores ocupados durante toda a safra (EBDA, 2006).

Verifica-se que a agricultura empresarial mecanizada apresenta, em média, o triplo da produtividade das lavouras cultivadas pelos pequenos agricultores em sistema de consórcio.

Entretanto, apesar da produtividade do setor empresarial ser muito superior à da agricultura familiar, os custos de produção deste setor se mostram superiores, quando comparados aos dispêndios realizados na produção familiar.

Quanto à produtividade da mamona nas diferentes regiões do país, os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), apresentados nos Quadros 5.3 e 5.4,

mostram que apesar de ser a região com maior volume de produção, o Nordeste não apresenta o melhor nível de produtividade. O melhor nível de produtividade foi verificado na região Sudeste, provavelmente resultado da melhor tecnologia empregada na produção, uma vez que a mamona apresenta grande resistência às condições climáticas adversas existentes no Nordeste.

Quadro 5.3 – Produção de mamona no Brasil (em mil toneladas)

Região	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Norte	-	-	-	-	-	-
Nordeste	73,2	68,1	83,8	104,5	202,0	95,7
Centro-Oeste	-	-	-	-	-	-
Sudeste	6,7	4,3	2,5	2,8	6,7	7,5
Sul	-	-	-	-	1,1	0,7
TOTAL	79,9	72,4	86,3	107,3	209,8	103,9

Fonte: CONAB – Levant: Mar/2007.

Quadro 5.4 – Produtividade regional em kg por hectare

Região	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Norte	-	-	-	-	-	-
Nordeste	470	553	663	638	963	673
Centro-Oeste	-	-	-	-	-	-
Sudeste	1.155	1.483	1.250	1.167	1.558	1.442
Sul	-	-	-	-	1.100	1.400
TOTAL	495	574	673	646	975	703

Fonte: CONAB – Levant: Mar/2007.

Os registros da CONAB mostram que a safra de 2004/05 apresentou um nível de produção e produtividade bem acima da média dos demais anos. Entretanto, deve-se ressaltar

que este ainda se encontra bem abaixo do potencial de produção de 1.200 kg/ha, conforme apontam estudos especializados na área.

Poder-se-ia afirmar que esta safra refletiu o avanço da produção decorrente dos programas governamentais de incentivo à produção de biodiesel, mas a queda verificada nos dados preliminares da safra de 2005/06 não suporta esta afirmação (CONAB, 2007).

Uma condição climática favorável na safra 2004/05 também pode ter contribuído para a produção, pois apesar da resistência da mamona à seca, as condições climáticas influenciam na produção da oleaginosa (CHIERICE; CLARO NETO, 2001).

No Brasil, houve alguns avanços em relação ao desenvolvimento de sementes para geração de melhores plantas, e institutos especializados, como a Embrapa Algodão, seguem pesquisando novos cultivares, principalmente após o desenvolvimento do PNPB (BIODIESEL, 2006).

Os estudos disponibilizados neste sentido mostram muitas vezes resultados inconsistentes, de acordo com a metodologia e os parâmetros considerados. Mas este debate tende a progredir, pois o estabelecimento de um método ótimo de produção, adaptado às condições da região produtora é de fundamental importância para o sucesso da mamona.

Custos de Produção

Como o custo de produção da mamona pode variar devido a fatores como clima e topografia da região produtora, insumos utilizados na produção, além de fatores de mercado, destacando-se a inexistência de uma cadeia produtiva organizada, os estudos de custo de produção não constituem parâmetros concretos para avaliação.

A descrição de alguns estudos relacionados a seguir, elaborados por diferentes instituições, ilustra a dificuldade em se estabelecer um parâmetro sólido para os custos de produção, pois estes variam conforme os fatores descritos anteriormente e a metodologia empregada em cada estudo.

Estudos realizados pela EBDA em diferentes regiões da Bahia indicam que o custo de produção no Semi-árido gira em torno de R$ 900,00 por hectare, considerando-se uma produtividade de 1.500 kg/ha. O custo do litro do óleo atinge R$ 1,25.

Já na área dos Cerrados (agricultura empresarial mecanizada), o custo de produção situa-se em torno de R$ 1.400,00 por hectare. Considerada uma produtividade de 3.000kg/ha e um rendimento de óleo de 1.440 litros/ha, o custo do litro do óleo seria de aproximadamente R$ 0,97 (EBDA, 2006).

Outro levantamento realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) aponta a mão-de-obra como o componente principal na composição do custo de produção da mamona em área de sequeiro.

Os Quadros 5.5 e 5.6 exibem de forma detalhada a composição do custo de produção da mamona em área de sequeiro, considerando três esquemas de produção: sem adubação, com adubação e em consórcio com feijão.

Quadro 5.5: Mamona em sequeiro sem adubação

Item	**Quantidade**	**Valor**
Preparo do solo mecanizado (aração e gradagem)	3 horas de trator	90,00
Mão-de-obra p/ plantio, capinas, pulverizações e colheita.	30 diárias	360,00
Sementes	6 kg	21,00
Inseticidas para controle de formigas e outras pragas	Verba	50,00
Beneficiamento das sementes	Serviço	15,00
Total de custos	**R$ 536,00**	

Fonte: EMBRAPA, 2005.

Quadro 5.6: Mamona em sequeiro com adubação

Item	**Quantidade**	**Valor**
Preparo do solo mecanizado (aração e gradagem)	3 horas de trator	90,00
Mão-de-obra p/ plantio, capinas, pulverizações e colheita	30 diárias	360,00
Sementes	6 kg	21,00
Fertilizantes químicos	390 kg = R$ 0,80	312,00
Inseticidas para controle de formigas e outras pragas	Verba	50,00
Beneficiamento das sementes	Serviço	23,00
Total de custos	**R$ 856,00**	

Fonte: EMBRAPA, 2005.

Em suma, os dados da Embrapa apontam um custo de R$ 536,00/ha para a produção sem adubação; R$ 856,00/ha para a produção com adubação e R$ 686,00/ha para a produção consorciada com feijão, sendo esta última considerada a forma de produção ideal em termos de fluxo de caixa para o pequeno agricultor (SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO, 1995).

Estes resultados se mostram inferiores aos apurados pela EBDA, indicando a dificuldade em se estabelecer um parâmetro para a questão dos custos de produção da mamona.

Conforme descrito no início deste item, a exploração da mamona tem ocorrido no Brasil em função da utilização industrial do óleo armazenado em suas sementes como matéria-prima para diversos produtos.

Segundo PONCHIO (2004), existem vários estudos sobre o ciclo de exploração econômica da mamona, mas a cadeia produtiva da oleaginosa ainda não conta com um alto nível de organização, reflexo das oscilações na produção decorrentes das alterações nos preços ao longo dos anos, das flutuações da demanda externa e da inconsistente política pública de incentivos.

Para a diminuição dos custos de produção da mamona e do biodiesel produzido, o estabelecimento de uma Cadeia Produtiva do Biodiesel da Mamona é fundamental, pois a gestão em cadeia pode aperfeiçoar as relações entre os agentes envolvidos, otimizando as relações de produção e reduzindo os custos de transação incorridos no processo (ARRUDA et al., 2004).

Para ARRUDA et al. (2004), existem muitos desafios em relação ao fornecimento de insumos, produção e comercialização do biodiesel da mamona de modo sustentável e competitivo, permitindo que os envolvidos colham os benefícios do processo. O principal desses desafios é a articulação integrada de todos os elos da cadeia produtiva, exigindo uma articulação eficiente do ponto de vista institucional, com a participação de todos os agentes envolvidos.

Nesse sentido, apesar dos avanços que vem ocorrendo com o desenvolvimento do biodiesel, muitas vezes os órgãos responsáveis por prestar assistência ao produtor não cumprem sua função como deveriam, inibindo o desenvolvimento da cultura do sequeiro no nordeste do Brasil (SEAGRI, 2003).

Um exemplo é a inadequação e burocracia existentes na concessão de crédito ao produtor, pois apesar dos projetos criados pelo governo, não são todos os produtores que contam com condições favoráveis na concessão de crédito. Além disso, a falta de garantia de retorno para os investimentos feitos na produção reduz a confiança dos produtores para o engajamento planejado e contínuo nos esforços de abastecimento de insumos, produção e comercialização do biodiesel de mamona (ARRUDA et al., 2004).

Antes de avaliar o sistema de incentivos à produção, porém, cabe a reflexão sobre dois outros fatores determinantes para o cumprimento dos objetivos do PNPB, a saber, comportamento dos preços recebidos pelos produtores e a possibilidade de expansão da fronteira agrícola da mamona. Esses fatores estão diretamente relacionados e serão influenciados pelas políticas do programa.

5.3 Soja

O complexo soja brasileiro se consolidou em momentos de fortes mudanças do setor agrícola do país. Sua origem encontra-se nos primórdios da industrialização dos produtos agrícolas nacionais, mas enquanto setor estruturado, o complexo soja passa a ter esse perfil quando as atividades da sojicultura tornam-se totalmente integradas, a jusante e a montante, aos outros setores da economia. Por mais que aspectos conjunturais tenham influenciado para que pudesse ter havido a expansão da soja em 1973, foi o tipo de produção, tanto em seus aspectos tecnológicos, quanto comerciais, que permitiu a continuação da expansão dessa atividade.

Cabe ressaltar, no caso brasileiro, a forte presença do Estado para levar a cabo a expansão da produção dessa oleaginosa, que em seu primeiro momento contava com políticas para favorecer a modernização da agricultura; em um segundo momento foram criadas medidas para que se pudesse agregar cada vez mais valor ao setor, tais como a taxação de exportação de grãos, com o objetivo de estimular cada vez mais a exportação de derivados. Em 1990, a participação dos produtos do complexo soja nas exportações (32,0%) foi superior à soma da participação dos demais produtos básicos (28,4%).

Para explicar a evolução da cultura da soja no Brasil é necessário entender suas causas e racionalidade. A partir daí pode-se compreender como se deu o seu deslocamento em direção ao Centro-Norte. Dos primeiros anos de cultivo de soja em escala comercial, até a

forte participação da produção brasileira no mercado internacional, a produção brasileira de soja concentrava-se na região tradicionalmente produtora, composta pelos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em 1995, pela primeira vez a produção da Região Tradicional foi inferior a 70% do total colhido no País; em 2004 essa cifra foi de 36,0% - apenas a produção do estado de Mato Grosso é quase do mesmo tamanho da produção de toda Região Sul (CONAB, 2007).

Um outro elemento significativo da expansão da sojicultura, e dos setores a ela ligados, é o modo como esses agricultores se comportam com relação às suas atividades. Pode-se afirmar que existe uma racionalidade e uma dinâmica que lhes são próprias. Os sojicultores foram atores dinâmicos no processo de crescimento da produção dessa cultura no Brasil. Eles foram bastante responsivos às Políticas Públicas e ao mercado internacional. Com relação às políticas, eles se modernizaram e se adequaram à demanda interna de produção de alimentos e matérias-primas para a indústria; com relação ao mercado internacional, eles passaram a fornecer produtos primários em forma de "commodities". O sucesso dessa atividade tem como base maior o padrão tecnológico adotado. De acordo com WEHRMANN (2000), os sojicultores apresentam um "comportamento-padrão", "uma 'racionalidade' que faz com que não existam variações significativas no modo como essa atividade (tecnologia) é conduzida".

À eficiência tecnológica pode-se acrescentar a propriedade dos meios de produção, a eficiência na gestão das atividades, que é baseada em "um cálculo de probabilidades que supõe a transformação do efeito passado em futuro esperado" e a propensão a migrar. No que tange a migração, pode-se afirmar que existiram, na história da sojicultura brasileira, dois momentos, e movimentos, de uma forte corrente de migração interna. A primeira saiu do Rio Grande do Sul em direção, principalmente, ao Paraná a segunda em direção à Região dos Cerrados do Centro-Oeste e a terceira em direção à Amazônia Legal (DUARTE e WEHRMANN, 2004).

Essa migração interna, apesar de ter sido "organizada e encorajada pelo Estado, com vistas a explorar uma parte deserdada do território nacional", ela foi uma busca de oportunidade, por parte dos agricultores, para aumentar as superfícies cultivadas. O incremento da área cultivada com soja foi significativo no Brasil: em 1970 foram plantados 1.319 mil ha e, em 2004, 21.244 mil; o rendimento médio saltou de 1.211 Kg/ha para 2.340, no mesmo período.

O parque de esmagamento de soja no Brasil também se consolidou rapidamente. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), em 1996 a capacidade esmagadora do País era de 111.475 t/dia, sendo que em 2002 ela foi de 110.560 t/dia. Nota-se que em 1996 esse parque estava consolidado e no período seguinte houve deslocamento das plantas industriais para regiões mais próximas da produção dos grãos, com fechamento das unidades pouco eficientes. O deslocamento do esmagamento para o Centro-Sul do País está dentro da racionalidade desses agentes, visto que ele está acompanhando o deslocamento da produção de grãos.

Considerando-se as dimensões continentais do Brasil, a produção de biodiesel será fortemente favorecida por uma regionalização de sua produção, equilibrada com o consumo de diesel, ao longo do país.

O Brasil é responsável por cerca de 28% da produção mundial de soja, com a safra de 2005 estimada ao redor de 51 milhões de toneladas. O país é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja em grão, farelo e óleo de soja (ABIOVE, 2005).

Pela Figura 5.5 a seguir, nota-se que os principais estados produtores são: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e São Paulo.

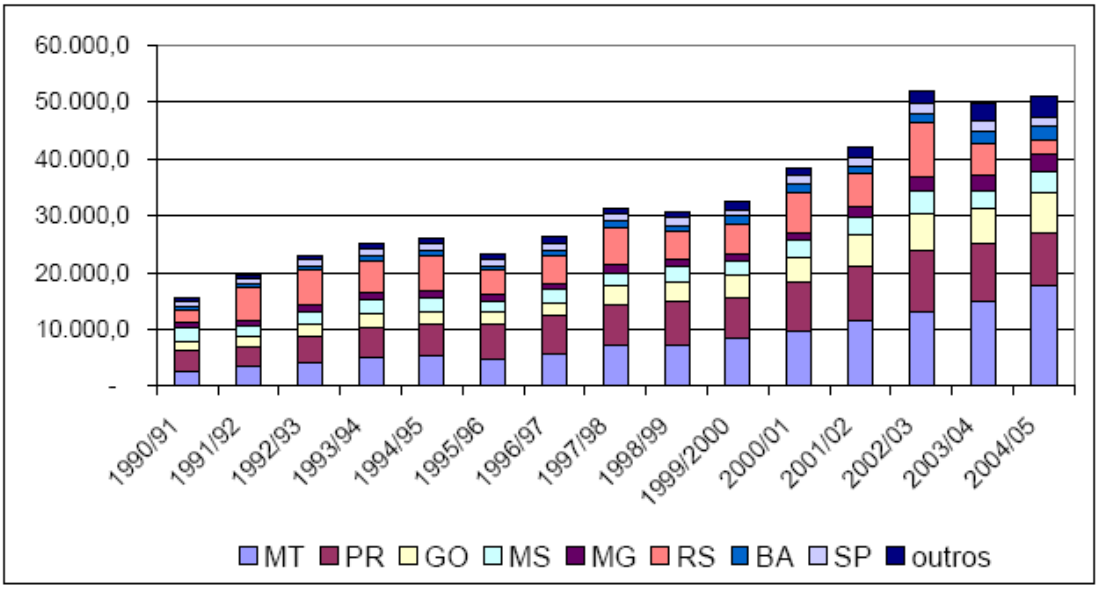

Figura 5.5: Quantidade produzida de soja em grão no Brasil e nos principais estados (mil toneladas).

Fonte: CONAB, 2007.

Uma das principais vantagens da soja é o nível tecnológico em que se encontra sua produção. O processo de modernização da agricultura e a cultura da soja confundem-se e, além disso, a cultura da soja teve grande influência nas discussões sobre a agroindústria, a pesquisa tecnológica e a infra-estrutura logística do país.

Pelo Quadro 5.7 abaixo nota-se que a produção tem crescido consideravelmente e que o Brasil possui um excedente de produção de soja.

Quadro 5.7: Balanço de oferta e demanda de soja em grãos (mil toneladas).

	1997/98	**1998/99**	**1999/00**	**2000/01**	**2001/02**	**2002/03**	**2003/04**	**2004/05**
Estoque inicial	450	360	624	459	429	341	294	1.124
Produção	27.327	32.665	31.377	34.127	39.058	42.769	51.875	50.085
Importação	1.453	355	615	799	849	1.100	1.124	364
Sementes(Perdas/Front.)	1.600	1.600	1.600	1.600	1.700	2.000	2.500	2.650
Exportação	8.326	9.324	8.912	11.778	15.522	16.074	19.987	18.952
Esmagamento	18.944	21.832	21.645	21.578	22.773	25.842	27.796	28.914
Estoque Final	360	624	459	429	341	294	1.124	779

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de óleos vegetais (ABIOVE, 2005).

A produção de óleo de soja também apresentou considerável crescimento apesar de, no período considerado ter sido menor que o crescimento na produção da soja em grãos, como se observa no Quadro 5.8.

Quadro 5.8: Balanço de oferta e demanda de óleo de soja (mil toneladas).

	1997/98	**1998/99**	**1999/00**	**2000/01**	**2001/02**	**2002/03**	**2003/04**	**2004/05**
Estoque inicial	164	131	208	195	253	114	170	202
Produção	3.559	4.157	4.142	4.111	4.369	4.959	5.349	5.549
Importação	154	190	133	111	66	110	47	14
Consumo Interno	2.682	2.826	2.820	3.015	2.935	2.936	2.962	3.050
Exportação	1.064	1.444	1.468	1.148	1.639	2.076	2.402	2.442
Estoque Final	131	208	195	253	114	170	202	275

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de óleos vegetais (ABIOVE, 2005).

No que se refere à capacidade de processamento instalada, o Paraná detém a liderança com 24% da capacidade, seguido pelo Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Goiás e São Paulo, com, respectivamente, 16, 15, 13 e 11% da capacidade, como mostra o Quadro 5.9.

A estimativa da ABIOVE é de que até 2020 o Brasil esteja produzindo aproximadamente 105 milhões de toneladas de soja. Esse aumento de 70% na produção seria acompanhado de um aumento de apenas 35% na área plantada devido aos ganhos em produtividade previstos em 1,5% ao ano.

Quadro 5.9: Capacidade instalada de processamento de soja (mil toneladas).

		Capacidade de Processamento				
Estado	**UF**	**2001 (ton/dia)**	**2002 (ton/dia)**	**2003 (ton/dia)**	**2004 (ton/dia)**	**%**
Paraná	PR	31.500	28.650	28.950	31.765	24
Mato Grosso	MT	10.820	14.500	14.500	20.600	16
Rio Grande do Sul	RS	19.000	20.150	20.100	19.700	15
Goiás	GO	8.660	9.060	10.320	16.920	13
São Paulo	SP	14.700	12.950	14.450	14.950	11
Mato Grosso do Sul	MS	7.330	6.630	6.980	7.295	6
Minas Gerais	MG	5.750	6.450	6.350	6.400	5
Bahia	BA	5.200	5.460	5.460	5.344	4
Santa Catarina	SC	4.130	4.050	4.000	4.034	3
Piauí	PI	260	260	1.760	2.360	2
Amazonas	AM	-	2.000	2.000	2.000	2
Pernambuco	PE	400	400	400	400	0
Ceará	CE	200	-	-	-	-
TOTAL		**107.950**	**110.560**	**115.270**	**131.768**	

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de óleos vegetais (ABIOVE).

Atualmente, o óleo de soja representa 90% da produção brasileira de óleos vegetais. Em função disso, a soja desponta como principal cultura oleaginosa que pode suprir a

demanda por biodiesel, no curto prazo. Porém, o mercado da soja já está muito bem desenvolvido e o uso desta oleaginosa a fins não alimentícios só será viável nos momentos em que o preço do óleo de soja estiver em patamares baixos.

5.4 Dendê

O dendezeiro é conhecido cientificamente por *Elaeis guineensis, Jacq., Monocotiledônea, Palmae.*A planta também é conhecida como palma-de-guiné, dendê (Angola), palmeira dendê e coqueiro-de-dendê. O fruto é conhecido como dendê.

O dendezeiro é uma palmeira com até 15 m de altura, com raízes fasciculadas, estipe (tronco) ereto, escuro, sem ramificações, anelado (devido a cicatrizes deixadas por folhas antigas). As folhas têm bases cobertas com espinhos. As flores são creme amarelado e estão aglomeradas em cachos.

Os frutos, nozes pequenas e duras, possuem polpa (mesocarpo) fibrosa que envolve o endocarpo pétreo; nascem negros e quando maduros alcançam cor que varia do amarelo forte ao vermelho rosado passando por matiz de cor alaranjada e ferrugem. Ovóides (angulosos e alongados) nascem em cachos onde, por abundância, acabam se comprimindo e se deformando. A polpa produz o óleo de dendê (óleo de palma), de cor amarela ou avermelhada (por presença de carotenóides), de sabor adocicado e cheiro *sui-generis*. A semente ocupa totalmente a cavidade do fruto e contém o óleo de palmiste (*palm kernel oil)* que é esbranquiçado e quase sem cheiro e sabor (SEAGRI, 2003).

No Brasil, quando se fala em dendê, a primeira lembrança é da culinária baiana: acarajé, vatapá, caruru e moquecas. Entretanto, como se verá a seguir, o óleo de dendê é muito mais que isto, é responsável pela notável riqueza de algumas nações, como Malásia e Indonésia.

O dendezeiro é a oleaginosa que representa a maior produtividade de óleo por área cultivada, chegando a 8,0 toneladas por hectare, equivalentes a 10 vezes mais que a soja. O óleo do dendê é o segundo mais produzido no mundo, sendo superado apenas pelo óleo de soja. A produção mundial de óleo de dendê é de 22,0 milhões de toneladas e o consumo de 21,8 milhões. A Malásia é o primeiro produtor mundial, com uma área cultivada de 2,0 milhões de hectares, e produção de 11,0 milhões de toneladas, seguida da Indonésia, com uma

produção de 6,8 milhões de toneladas. A Indonésia está investindo US$ 1,0 bilhão/ano na expansão dessa cultura, prevendo-se que supere a Malásia em termos de produção até o ano 2010 (SEAGRI, 2003).

Na América Latina a Colômbia lidera a produção, com 510 mil toneladas de óleo, seguido do Equador (245 mil ton) e da Costa Rica (109 mil ton).

Os preços do óleo de dendê têm-se mantidos estáveis em torno de US$ 450/tonelada. Esse nicho de mercado movimenta anualmente cerca de US$ 30,0 bilhões, e as previsões indicam que o consumo desse óleo deve superar o da soja nos próximos três anos.

A expansão mundial do cultivo do dendê foi amparada por forte apoio da pesquisa agronômica. O aumento da produtividade alcançou 315% entre 1951 e 1991, tomando-se por base as produções obtidas nas primeiras plantações formadas com a variedade do tipo Dura. Esse aumento ocorreu em função do uso intensivo de fertilizantes e de outros insumos, mas principalmente devido ao espetacular potencial genético das sementes do híbrido Tenera, largamente utilizadas nos países produtores (SEAGRI, 2003).

A área cultivada com dendê no Brasil é de 74 mil hectares, com uma produção de 15 mil toneladas de óleo, sendo que mais de 97% dos dendezais estão localizados nos estados do Pará e da Bahia. O consumo nacional é de 285 mil toneladas, com uma demanda reprimida de 400 mil toneladas e importações anuais de 180 mil toneladas.

O rendimento médio está em torno de 1.600 kg de óleo por hectare, entretanto, no estado do Pará, onde existem empresas relativamente grandes, o rendimento é de 2.500 kg de oléo por hectare. No Pará, a cadeia produtiva do dendê está mais estruturada, contemplando desde a produção primária, com adoção de tecnologias avançadas, até o refino industrial.

O estado da Bahia, com uma notável diversidade de clima e solos propícios ao cultivo do dendê, abriga uma área apta disponível superior a 700 mil hectares de terras, situadas nas regiões litorâneas que se estendem desde o Recôncavo Baiano até os Tabuleiros do Sul do estado. A maior parte da produção é oriunda dos dendezais subespontâneos, de baixa produtividade, localizados principalmente nos municípios de Valença, Taperoá, Nilo Peçanha, Ituberá e Camamu, que ocupam uma área de 33 mil hectares. Os dendezais cultivados ocupam uma área equivalente a 7 mil hectares, que também apresentam baixas produtividades por ter ultrapassado o período de produção (30 anos) e por se encontrarem em estado sanitário precário. As duas áreas juntas produzem 24 mil toneladas de óleo/ano, produção que se

concentra na microrregião Baixo Sul, onde estão instaladas as principais agroindústrias: OPALMA e OLDESA.

O beneficiamento do óleo de dendê apresenta dois segmentos fortemente diferenciados. O primeiro segmento é constituído pelos rodões, que representando a grande maioria das unidades processadoras de óleo, localizadas no Baixo Sul, é responsável pela geração de cerca de 3.000 empregos diretos, e parcela considerável da renda regional. São unidades centenárias e tradicionais, só existem na Bahia, fornecedoras de azeite de dendê para o mercado comestível em território baiano, especialmente Salvador, Costa do Dendê e Costa do Descobrimento. O segundo segmento está concentrado em quatro empresas de médio porte e de grande porte, que juntas processam a maior parte da matéria prima produzida no estado e normalmente controlam os preços pagos ao produtor.

Com relação à origem do dendê, acredita-se que ele seja oriundo da África. Para alguns estudiosos, o dendê teria alcançado a Costa do Brasil, vindo para a Bahia, trazido por escravos africanos. Para outros, o dendê foi introduzido pelos colonizadores portugueses, a partir de 1500. Ainda não há um consenso científico sobre o assunto (SEAGRI, 2003).

O dendezeiro é uma palmeira que se desenvolve normalmente no clima quente e úmido das regiões tropicais. De seus frutos podem ser extraídos dois tipos de óleo: o óleo de polpa, chamado de óleo de palma, conhecido no Brasil como azeite de dendê, e o óleo de amêndoa (caroço) chamado de óleo de palmiste, este muito parecido, na sua composição química, com os óleos de babaçu e de coco-da-baía. Dados atuais informam que se pode extrair até 22% de óleo de polpa e até 3,5% de óleo de amêndoa ou caroço (SEAGRI, 2003).

O dendê é uma cultura perene, com ciclo vital econômico de 25 a 30 anos, ao contrário da soja, do amendoim e de outras culturas anuais, que exigem renovação constante. Após 30 anos, cai o rendimento físico, e a colheita torna-se difícil por causa da altura da palmeira, havendo então a necessidade do replantio.

O dendezeiro começa a produzir no 3º ano e atinge a plenitude da produção durante o 7º e o 8º ano. Produz durante o ano todo, variando a quantidade conforme as estações do ano.

As características especiais dos produtos do dendezeiro conferem-lhe grande versatilidade, o que possibilita sua aceitação por indústrias mundiais diversas. A cultura do dendê é, provavelmente, a de maior potencial de crescimento no mundo dentre as culturas de significado econômico. Sua rentabilidade tem sido boa apesar do investimento alto para a

implantação, e os preços têm-se mantido estáveis, em torno de US$ 450/tonelada de óleo de palma, devido ao aumento de produção que tem acompanhado o crescimento do consumo (SEAGRI, 2003).

A colheita do dendê é praticada ao longo do ano utilizando-se instrumentos variados (ferro de cova, foice) para coleta dos cachos (segundo idade e altura das plantas). Quando os frutos (não mais que dez) são encontrados soltos, caídos ao pé da planta, identifica-se o estágio ideal de maturação para fins da colheita. A maturação dos cachos ocorre ao longo de todo o ano, exigindo que os intervalos de colheita sejam de 10 a 15 dias. O transporte dos cachos para o beneficiamento deve ser o mais rápido possível, das parcelas de plantio aos pontos à beira das estradas, o transporte é feito por bois, burros, micro tratores; da estrada para as usinas o transporte é feito em caminhões ou carretas basculares (SEAGRI, 2003).

Um plantio bem conduzido inicia a produção comercial ao final do terceiro ano pós-plantio, com produção de cachos entre 6 a 8 ton/ha. No oitavo ano de produção alcança de 20 a 30 ton/ha, podendo atingir até 35 ton/ha. Até o décimo sexto ano esse nível de produção se mantém, quando passa a declinar, ligeiramente, até o fim da vida útil produtiva do dendezeiro, aos 25 anos. O rendimento do óleo de dendê é de 22% do peso dos cachos, enquanto o rendimento do óleo de palmiste é de 3% do peso dos cachos.

Tratando-se do beneficiamento da produção de dendê, as razões econômicas que justificam a sua industrialização estão, fundamentalmente, no fator comercial e na agregação de valor. A matéria-prima beneficiada pode resultar em matéria alimentar dos animais, fertilizantes, tortas e farelo.

O transporte da matéria-prima é um dos entraves à comercialização do dendê. Geralmente os cachos são entregues nos postos de compra; a partir daí, as indústrias assumem a responsabilidade pelo transporte até as suas instalações. A atomização das propriedades produtoras, bem como o precário sistema viário na região, mormente no que diz respeito a estradas vicinais, tem dificultado bastante a coleta do produto, comprometendo sua qualidade e causando elevadas perdas.

O sistema de armazenagem também é bastante precário, sendo suas unidades localizadas, frequentemente, em áreas de difícil acesso. Como o processamento da matéria-prima deve realizar-se até 72 horas depois de colhida, o ideal seria o processamento da matéria-prima no mesmo dia, para que o azeite apresente um baixo índice de acidez. Esta

situação tem causado sérios problemas quanto à qualidade de óleo produzido pelas empresas. Como conseqüência, os lucros são diminuídos em função da redução no preço do produto final, quando entregue ao mercado consumidor. Este problema pode também ser indicado como uma das causas da política das empresas visando à expansão de plantações próprias, de modo a garantir o suprimento da matéria-prima nas condições desejadas.

O mercado de energia renovável, particularmente o de dendê, nunca teve uma política específica para o fomento da produção bioenergética, como havia acontecido com a cultura de cana-de-açúcar voltada à produção de álcool. Por falta de incentivos, políticas públicas, créditos aos produtores, e política de preços mínimos, a cadeia produtiva não se beneficia com significativa proteção e regulamentação, se comparada ao mercado de energia não-renovável – o caso de petróleo e também da hidreletricidade, protegidos pelo monopólio. Todavia, esse mercado é bastante promissor, devido à maior conscientização dos consumidores. Enquanto a bioenergia é menos poluente e sustentável, mudanças nos hábitos alimentares reorientam a preferência dos consumidores para óleos vegetais em detrimento das gorduras animais.

A produção do dendê em sistemas de produção agrícola familiar não se mostra capaz de proporcionar aumento de renda ao longo do tempo. A melhoria da eficiência do complexo rural de dendê poderá se dar: a) através da diminuição dos custos de produção, de beneficiamento e de transação, de forma a inserir competitivamente o dendê em uma economia de mercado; e/ou b) buscando-se alternativas que estimulem a coordenação das atividades por meio de parcerias e/ou cooperativas, em nichos de mercado nos quais os produtos de dendê possam adquirir uma diferenciação que compense o alto custo de produção – se comparando com o custo da soja, por exemplo.

De acordo com dados da FAO, a produção nacional de dendê em 2004 (Figura 5.6) foi de aproximadamente 550 mil toneladas, sendo que em 2003 importou-se aproximadamente 24.375 toneladas deste óleo. No que se refere à exportação, os números são insignificantes. Isso mostra que a produção nacional de óleo de dendê ainda não é suficiente para a demanda existente no mercado interno.

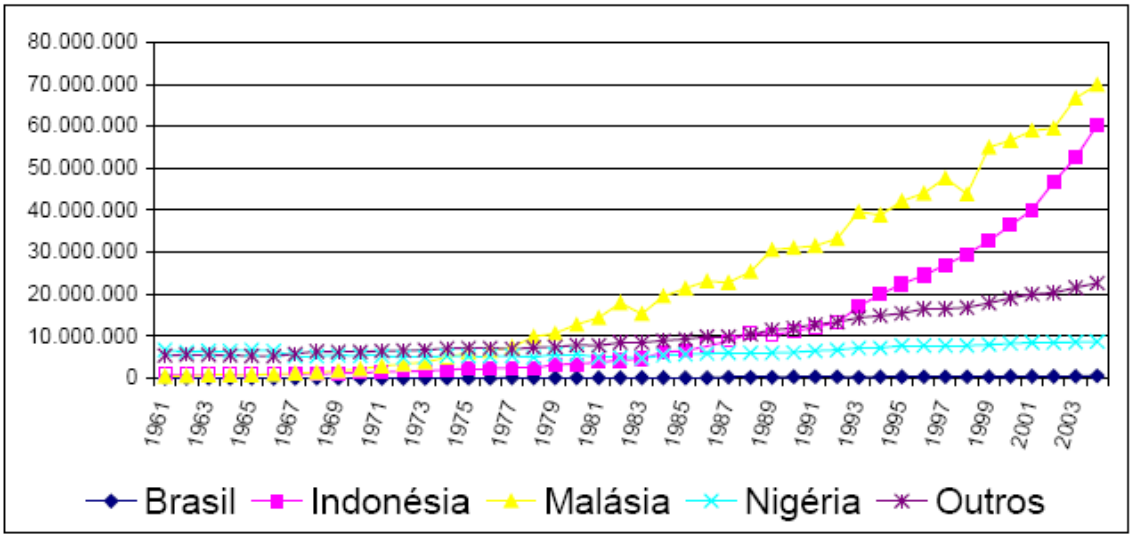

Figura 5.6: Produção Mundial de óleo de dendê (toneladas).

Fonte: FAO, 2005.

O Brasil possui o maior potencial mundial para a produção do óleo de dendê, dado os quase 75 milhões de hectares de terras aptas à dendeicultura. Conforme as pesquisas da Embrapa, no Brasil, a região amazônica e uma estreita faixa do litoral baiano apresentam condições edafoclimáticas (de clima e solo) favoráveis ao desenvolvimento da dendeicultura. No caso da Amazônia, os dendezais podem ser implantados em áreas já degradadas, com pouca ou nenhuma atividade produtiva econômica, as quais podem ser recobertas com esta cultura, convertendo-se assim em sistemas perenes, produtivos e altamente valorizados. Tais sistemas irão absorver a mão-de-obra rural presente nestas áreas, hoje empenhada em atividades de agricultura itinerante ou de extração ilegal de madeira, ambas de baixa rentabilidade, baixo benefício social e considerável capacidade de destruição da Floresta Amazônica.

Fatores favoráveis para o dendê:

- Se adapta às condições edafoclimáticas da região;
- Sistema de produção definido e validado;
- Maior produtividade entre as oleaginosas;
- Reduzidos impactos no ambiente;
- Pouco uso de mecanização e defensivos agrícolas;

- Alta capacidade de fixação de carbono.

Característica da cultura:
- Oleaginosa de maior produtividade: 4 a 6 ton/ha;
- Início da produção: 3 anos após o plantio;
- Baixa mecanização, produzindo 1 emprego/6 ha;
- Baixo custo de produção: 220 US$/ton.

Assim, tem-se que a utilização do dendê para produção de biodiesel necessita ainda de muito investimento. Como o Brasil não possui um excedente de produção, o preço deste óleo para o biodiesel será, no mínimo, seu custo de oportunidade, que é o preço praticado no mercado do óleo. É necessário então um aumento na área plantada com dendê para satisfazer a produção de biodiesel. Porém, devido ao dendê ser uma planta perene e com produção significativa apenas a partir do terceiro ano, este aumento necessário da produção só pode ocorrer a médio prazo.

5.5 Algodão

Atualmente a fibra do algodão é a mais importante das utilizadas na indústria dos tecidos. A preferência que se lhe dá deve-se ao fato de ser mais barata, não requer preparação mecânica nem tratamento químico custoso, ser lavável e mais resistente que a lã (ABIOSSA, 2005).

Uma das mais importantes das fibras têxteis do mundo está também conquistando seu lugar cativo na produção do biodiesel. Não é a primeira vez que especialistas apontam o caroço do algodão como a matéria-prima viável para produzir o biocombustível. Com base em análises comparativas feitas nas cinco regiões do país, o biodiesel mais viável e barato produzido no país é o do caroço do algodão. Custa R$ 0,81 o litro e sai da Região Nordeste. Essa afirmação já havia movimentado o setor, quando um estudo desenvolvido pelo CEPEA também apontou o caroço de algodão do Nordeste como a melhor matéria-prima, economicamente falando, para a produção do biodiesel (REVISTA BIODIESEL, 2008).

No ranking com oleaginosas de peso como a soja e a mamona, ele vence por fatores como facilidade de acesso e por resultar em subproduto com valor de mercado. O caroço de algodão é um subproduto da indústria têxtil e o seu farelo ainda serve para a ração animal, que tem valor de mercado. E mesmo possuindo um teor de óleo próximo ao da soja (de 14 a 18%) uma de suas vantagens é que não concorre com a alimentação humana, como é o caso da soja.

No início da década de 80 a população do semi-árido do Nordeste era de 20 milhões de pessoas, sendo que 2,3 milhões envolvidas diretamente no cultivo de 3,5 milhões hectares de algodão, fazendo o Nordeste um exportador do produto. Hoje, o algodão é responsável por um bilhão de dólares gastos em sua importação (REVISTA BIODIESEL, 2008).

Em meados de 80, uma praga - o bicudo - alastrou-se pelo Brasil, destruindo completamente as plantações de algodão em boa parte do país. Além disso, no início da década de 90, a liberalização das taxas de importação, com a abertura dos mercados, fez com que as indústrias passassem a importar a fibra do algodão de outros países, com a oferta de preços mais baixos. Como conseqüência, o abandono da cultura pelos agricultores, a migração e favelização nas pequenas e grandes cidades. Seis milhões de pessoas, direta ou indiretamente foram afetadas por essa crise em toda cadeia produtiva no Nordeste. No final da década de 90, a população do semi-árido se reduziu para 16 milhões de habitantes, sendo 250.000 hab empregados no cultivo de 135 mil hectares de algodão. No Brasil, desde que começou a tomar aspecto de cultura econômica, o algodão tem sempre figurado no grupo vanguardeiro das atividades que carreiam divisas para o país. Embora não seja cultivado de modo generalizado em todo o território, o algodão, até 1980, estava classificado entre as sete primeiras culturas no tocante ao valor de produção. A cultura é reconhecida historicamente como uma das mais importantes fontes de geração de emprego e renda no semi-árido.

Com os avanços no desenvolvimento do setor do biodiesel o algodão passa a ser a mola propulsora da geração de empregos e distribuição de renda no Nordeste.

O biodiesel é uma alternativa econômica viável para os pequenos produtores, mas para competir no mercado eles precisam ter uma produção integrada e organizada, seja por meio de associações ou cooperativas. Dessa forma, podem beneficiar a matéria-prima, além de aproveitar as oportunidades na cadeia de produção.

O impulso para o caroço do algodão, que antes era vendido “in natura” para criadores de gado ou para usinas esmagadoras para produzir óleo comestível, foi a alta dos preços dos

combustíveis e também a necessidade mundial de reduzir a emissão de gases provenientes de mineral fóssil, como o petróleo.

E não demorou muito para os primeiros resultados começarem a aparecer. Com o início da utilização do caroço para combustível, os preços que antes estavam na faixa de 55 dólares a tonelada (posto fazenda), hoje chegam até a 100 dólares por tonelada. Isto diretamente no preço do caroço, sem considerar o ganho que se pode obter com a agregação de valor produzindo o biocombustível (REVISTA BIODIESEL, 2008).

A demanda pelo caroço aumentou e deve aumentar ainda mais em função da demanda do biodiesel. Mas o que realmente irá impactar no plantio de áreas maiores da cultura continua sendo o preço da fibra. O Brasil produz 1,4 milhões de toneladas de fibra, desta quantidade seiscentas mil dependem diretamente da exportação. Nesse caso, o câmbio nem é apontado como um dos piores vilões para os produtores, mas sim os altos juros, a falta de leis sociais adequadas ao campo e políticas agrícolas de longo prazo.

A cultura do algodão sempre girou em torno do setor têxtil, tendo sua pluma como principal produto e as sementes como um subproduto. Contudo, no processamento do algodão, aproximadamente 62,5% do peso do produto antes do processamento é caroço, o qual é muito apreciado por seu azeite comestível e pelo farelo que resulta da moagem de seu resíduo usado na alimentação do gado e como fertilizante.

Segundo dados da CONAB, o maior Estado produtor de algodão no Brasil é, hoje, o Mato Grosso, com uma produção de 972,4 mil toneladas de caroço de algodão (Figura 5.7) e que nos últimos anos obteve um expressivo aumento em sua produção. Logo após o Mato Grosso, vem a Bahia, com produção de aproximadamente 477,8 mil toneladas, e por Goiás, com 260,5 mil toneladas.

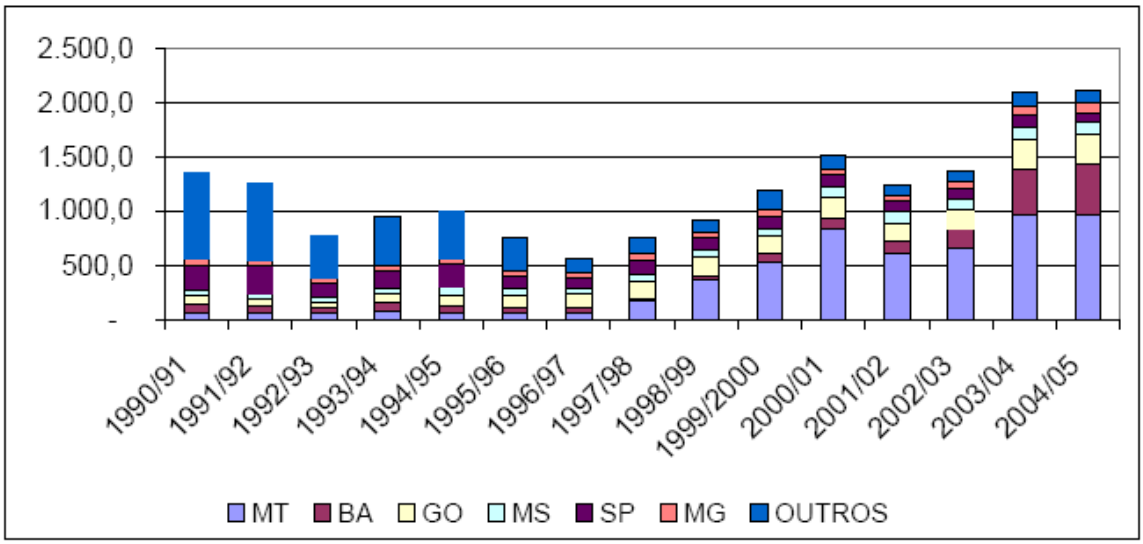

Figura 5.7: Produção brasileira de caroço de algodão (mil toneladas).

Fonte: CONAB, 2005.

Dados da FAO apontaram o Brasil como o sexto maior produtor de caroço de algodão mundial. O primeiro lugar ficou com a China com uma produção de aproximadamente 10 milhões de toneladas, e em segundo lugar os Estados Unidos, com uma produção de aproximadamente 5,6 milhões de toneladas.

A produção de óleo de algodão, pela Figura 5.8, até a metade dos anos 70 foi destinada quase que inteiramente ao consumo interno. A partir desta década, houve um considerável aumento da produção seguido de, também considerável, aumento das exportações. Essa alta na produção e exportação ocorreu até a metade da década de 80, quando a trajetória se reverteu chegando ao menor nível de produção do período em 1997. Desse período aos dias atuais vem ocorrendo uma trajetória de aumento na produção.

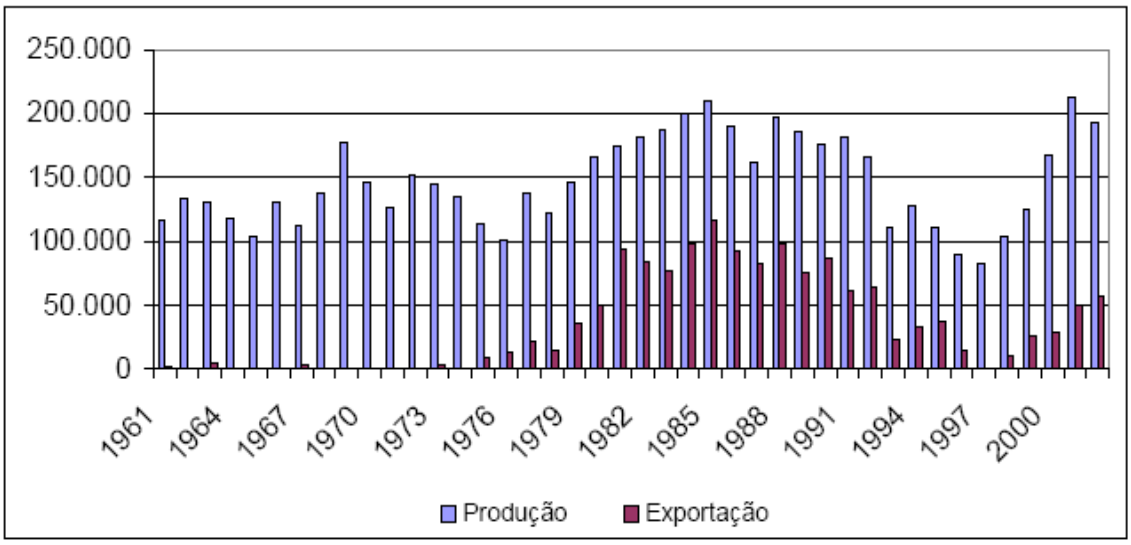

Figura 5.8: Produção/exportação brasileira de óleo de algodão (toneladas).

Fonte: FAO, 2005.

Assim, a utilização do algodão para produção de biodiesel dependerá da demanda da indústria têxtil por essa fibra, já que a semente é apenas um subproduto do algodão. O biodiesel não será capaz de inverter essa situação porque a porcentagem de óleo em sua semente é muito baixa com relação às outras oleaginosas, porém, ele poderá contribuir para um maior rendimento financeiro desta cultura.

CAPÍTULO 6

CENÁRIO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

6.1 Ambiente Político-Legal

No ambiente político-legal são apresentadas as principais legislações e normas brasileiras que norteiam o desenvolvimento do presente projeto. As mesmas são transcorridas em ordem cronológica, sendo desta forma, possível compreender todo o desenvolvimento deste ambiente perante o tema biodiesel.

Em 02 de Julho de 2003, foi instituído pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, através de um decreto, a criação do Grupo de Trabalho Interministerial – GTI – com o objetivo de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia. O relatório final foi apresentado em dezembro do mesmo ano e a principal conclusão do primeiro relatório foi: "*o biodiesel pode contribuir favoravelmente para o equacionamento de questões fundamentais para o país, como geração de emprego e renda, inclusão social, redução das emissões de poluentes, das disparidades regionais e da dependência de importações de petróleo, envolvendo, portanto, aspectos de natureza social, estratégica, econômica e ambiental*".

O relatório apresentado pelo GTI, além de considerar importante a relação das PPP´s – Parcerias Público Privadas – no desenvolvimento do tema, também colocou um conjunto de recomendações que serão apresentados resumidamente a seguir:

- incorporar o biodiesel à agenda oficial do Governo;
- adotar a inclusão social e o desenvolvimento regional como princípios orientadores básicos, visando geração de emprego e renda, principalmente nas regiões Norte e Nordeste que devem receber tratamento diferenciado;
- autorizar oficialmente o uso do biodiesel em nível nacional;
- realizar testes complementares, reconhecidos e certificados para o uso de biodiesel em misturas e puro;
- estabelecer convênios entre o governo brasileiro e os governos de países que produzem e

usam o biodiesel, especialmente Alemanha, França, Estados Unidos e Argentina;
- inserir a agricultura familiar nas cadeias produtivas do biodiesel, apoiando-a com financiamentos;
- promover a realização de estudos técnicos;
- estabelecer normas, regulamentos e padrões de qualidade de biodiesel;
- implementar políticas públicas de financiamento e assistência;
- criar uma Comissão Interministerial Permanente, encarregada de acompanhar a implementação das diretrizes e políticas públicas que vierem a ser definidas pelo Governo Federal.

Em 25 de agosto de 2003, foi criada pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, a portaria Nº 240, que estabeleceu a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não especificados no país.

Em 23 de dezembro de 2003, através de decreto, foi instituída a Comissão Executiva Interministerial que ficou encarregada da implantação das ações direcionadas à produção a ao uso de biodiesel como fonte alternativa de energia. Através deste decreto, foi encarregada a Comissão Executiva Interministerial as seguintes competências:

- coordenar a implantação das recomendações constantes do Relatório do Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal para a produção de biodiesel como fonte alternativa de energia, de que trata o Decreto de 2 de Julho de 2003;
- Elaborar, implementar e monitorar o programa integrado para a viabilização do biodiesel,
- Propor os atos normativos que se fizerem necessários à implementação do programa;
- Analisar, avaliar e propor outras recomendações e ações, diretrizes e políticas públicas não previstas no Relatório do Grupo de trabalho Interministerial.

Através da resolução Nº 41 da ANP, de 24 de Novembro de 2004, ficou instituída a regulamentação e obrigatoriedade de autorização pela Agência Nacional do Petróleo, possuindo o exercício da atividade de produção de biodiesel a ser regulamentado pela ANP.

Na mesma data, foi também publicado no Diário Oficial a Resolução Nº 42, que

estabeleceu a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel. Foi definido por esta resolução, que a designação B2 trata-se da mistura de 98% de óleo diesel e 2% de biodiesel e que o mesmo poderá ser comercializado pelos produtores de biodiesel, importadores e exportadores de biodiesel, distribuidores de combustíveis líquidos e refinarias.

No dia 06 de dezembro de 2004, foram publicados os decretos Nº 5.297 e Nº 5.298. O primeiro dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas de contribuição para o PIS/PASEP e da CONFINS, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, enquanto o segundo decreto, inclui na TIPI – Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados – o biodiesel com classificação fiscal (NCM) 3824.90.29 e alíquota 0%.

Cabe ressaltar o decreto Nº 5.298, o qual dispõe que o selo "Combustível Social" será concedido ao produtor de biodiesel que promover a inclusão social dos agricultores enquadrados no PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – que lhe forneçam matéria-prima e também que comprovem regularidade perante o SICAF – Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores.

As vantagens da obtenção do selo "Combustível Social" se resumem à vasta possibilidade de promoção comercial com a utilização do mesmo, além de conferir direito a benefícios de políticas públicas específicas voltadas para promover a produção de combustíveis renováveis com a inclusão social e desenvolvimento regional.

Os coeficientes de contribuição para o PIS/PASEP e COFINS, citados no decreto Nº 5.297, ficam instituídos da seguinte forma:

- R$ 39,65 para PIS/PASEP e R$ 182,55 para o COFINS, por metro cúbico de biodiesel, incidentes sobre a receita bruta auferida pelo produtor ou importador;
- R$ 27,03 para PIS/PASEP e R$ 124,47 para o COFINS, por metro cúbico de biodiesel fabricado a partir da mamona ou fruto, caroço ou amêndoa de palma produzidos nas regiões Norte, Nordeste e no semi-árido, incidentes sobre a receita bruta auferida pelo produtor;
- R$ 12,49 para PIS/PASEP e R$ 57,53 para o COFINS, por metro cúbico de biodiesel fabricado a partir de matérias-primas adquiridas de agricultor familiar enquadrados no PRONAF;
- R$ 0,00 por metro cúbico de biodiesel fabricado a partir de mamona ou fruto, caroço ou

amêndoa de palma produzidos nas regiões Norte, Nordeste e no semi-árido, adquiridos de agricultor familiar enquadrados no PRONAF.

Transcorrendo sobre a cronologia legislativa, no dia 06 de dezembro de 2004, foi aprovada a medida provisória Nº 227 que trata da tributação para produtores e importadores de biodiesel. Esta medida provisória dispõe que o produtor ou importador de biodiesel pagará uma alíquota de PIS/PASEP de 6,15% de 28,32% de COFINS sobre a receita bruta da venda, com a opção por regime especial, as contribuições serão de R$ 120.14 para o PIS/PASEP e de R$ 553,19 para o COFINS por metro cúbico.

Abaixo, os principais pontos da medida provisória 227/04:

- o executivo poderá fixar coeficiente para redução das alíquotas de tributação por volume em função da região de produção da matéria-prima do biodiesel, da espécie de matéria-prima, do produtor-vendedor ou da combinação desses fatores;
- para efeito dessa redução, o produtor-vendedor será considerado o agricultor familiar ou sua cooperativa agropecuária segundo definição do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF);
- a redução de alíquotas não de aplica à venda de biodiesel importado;
- o PIS/PASEP – Importação e a COFINS – Importação terão alíquotas iguais às da tributação por volume, independentemente de o importador ter optado por esse regime;
- aquele que importar biodiesel para insumo e for sujeito ao PIS/PASEP e a COFINS não-cumulativos poderá descontar da base de cálculo desses tributos, créditos obtidos pela aplicação dos índices de 1,65%, no caso do PIS/PASEP, e de 7,06%, no caso da COFINS, ou pela multiplicação do volume importado pelas alíquotas de 6,15% e 28,32%, respectivamente, se comprado para revenda;
- a redução da emissão de Gases Geradores de Efeito Estufa (GEE) será efetuada a partir de projetos do tipo "Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL)", no âmbito do protocolo de Kyoto.

Publicada em janeiro de 2005, a lei 11.097/2005 dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e altera as Leis Nº 9.478 de 06 de agosto de 1997, Nº 9.847 de

26 de outubro de 1999 e Nº 10.636 de 30 de dezembro de 2002 além de colocar outras providências, como ilustra a Figura 6.1 abaixo:

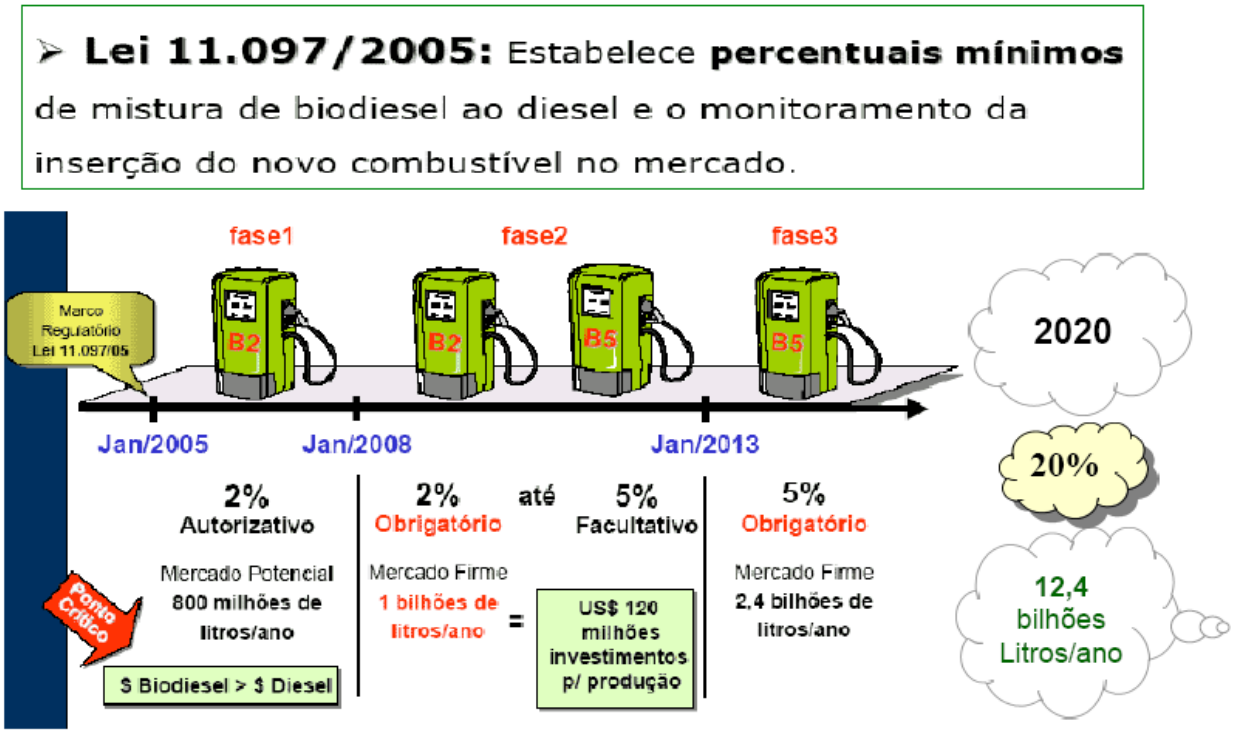

Figura 6.1: Legislação Brasileira – Lei 11.097/2005.
Fonte: DEDINI, 2006.

A referida lei esclarece o biodiesel derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil.

Também fica estipulado pela lei que os princípios e objetivos da política energética nacional visam incrementar em bases econômicas, sociais e ambientais a participação do biodiesel na matriz energética nacional. Desta forma, deve-se destacar que o texto aprovado determina aos Bancos do Brasil, do Nordeste e da Amazônia a criação de linhas de crédito específicas para o cultivo de oleaginosas, principalmente pela agricultura familiar. Ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a lei determina a criação de linhas de crédito específica para financiamentos de unidades industriais de produção de biodiesel.

Além disso, os biocombustíveis também passam a ser contemplados entre os projetos ambientais que possam receber recursos da Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico – CIDE.

De acordo com a lei em questão, está fixada em 2% o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. O prazo para a aplicação da lei é de 6 anos, sendo que de 3 anos após a data de publicação, o período para se utilizar um percentual mínimo obrigatório de 2% em volume.

Também ficou instituída pela referida lei, a ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis como órgão regulador da indústria do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis, que terá como finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria em questão.

A Lei Nº 11.116, de 18 de maio de 2005, dispõe sobre a autorização da Receita Federal, através de um registro especial de produtor ou importador de biodiesel.

A mais recente portaria (Nº 483 de 3 de outubro de 2005 dispõe sobre os leilões de biodiesel que o governo irá promover. Todos os produtores de biodiesel detentores do "Selo de Combustível Social" e "Registro Especial da Receita Federal do Brasil", poderão participar deste leilão que deverá ser realizado de acordo com as regras fixadas pela ANP, sendo que o produtor deve atender as especificações técnicas constantes na resolução ANP nº 42 de 24 de novembro de 2004.

Fica claro que o impacto destas leis, decretos e medidas serão diretos sobre o projeto de maneira que, para ter isenção fiscal, a refinaria deve ficar no Norte ou Nordeste e utilizar mamona ou palma como matéria-prima e obter o "Selo de Combustível Social". Para obter o "Selo Combustível Social" a refinaria deve adquirir pelo menos 50% da matéria-prima (oleaginosa) proveniente da agricultura familiar, sendo que os agricultores devem estar enquadrados ao PRONAF.

6.2 Aspectos Sócio-culturais

O Brasil tem capacidade para liderar o maior mercado de energia renovável do mundo. Isso porque no país existe matéria-prima renovável em abundância para fabricar o biodiesel.

Uma indústria que estiver nas regiões prioritárias (indicadas pelo governo) poderá ter isenção total de impostos, já que no programa consta que o biodiesel produzido a partir da mamona e dendê fornecidos por agricultores familiares das regiões Norte e Nordeste e do semi-árido terá 100% de redução em relação à regra geral de cobrança do PIS e COFINS para o produto. Isso não significa que as demais regiões não terão incentivos. Há um abatimento de 89,6% na carga tributária para o agricultor familiar que trabalhar com qualquer oleaginosa em qualquer outra região do Brasil, como demonstra o Quadro 6.1 abaixo:

Quadro 6.1: Impostos governamentais fixados para a produção nacional de biodiesel.

Impostos Federais	Biodiesel produzido a partir de mamona ou palma produzidas nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pela agricultura familiar	Biodiesel produzido a partir de qualquer matéria-prima produzida pela agricultura familiar em qualquer região	Biodiesel produzido a partir de mamona ou palma produzidas nas regiões Norte, Nordeste e Semi-Árido pelo agronegócio	Biodiesel produzido a partir de qualquer oleaginosa em qualquer região pelo agronegócio (Alíquota Máxima)	Óleo Diesel
CIDE	isento	isento	isento	isento	R$ 0.070/litro
PIS/COFINS	R$ 0.00/litro (100% redução)	R$ 0.07/litro (68% redução)	R$ 0.151/litro (32% redução)	R$ 0.222/litro	R$ 0.148/litro
Total dos Impostos Federais	R$ 0.00/litro (100% redução)	R$ 0.07/litro (68% redução)	R$ 0.151/litro (32% redução)	R$ 0.222/litro	R$ 0.218/litro

Fonte: MDA (2008).

Estes projetos de inclusão social influenciam diretamente na decisão da localização da refinaria, uma vez que tem grande enfoque de, sustentavelmente, incluir os agricultores familiares nas cadeias produtivas do biodiesel, dando suporte financeiro, assistência técnica e organização produtiva. O objetivo é garantir oferta de matéria-prima de qualidade e em escala econômica, assim como fortalecer a participação dos agricultores familiares e suas associações em empreendimentos industriais.

6.3 Demanda

A matriz energética brasileira é o conjunto de consumo de todas as fontes de energias

possíveis no país. A Figura 6.2 abaixo representa e identifica a participação de cada fonte, destacando o índice de 43,1% para petróleo e seus derivados.

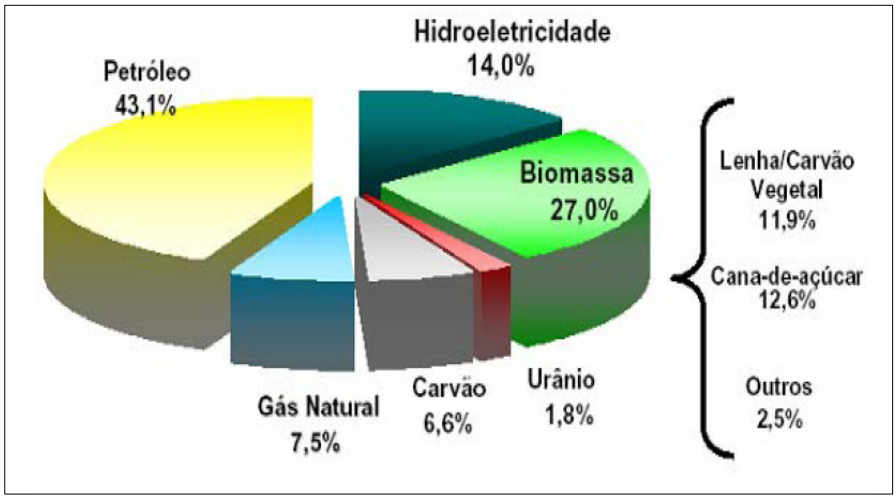

Figura 6.2: Matriz Energética Brasileira

Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME, 2004).

Representando mais de 40% de toda a matriz energética do país, o consumo de petróleo é subdividido entre seus derivados da seguinte maneira: 13,9% de gasolina, 9,1% de óleo combustível, 36,4% de óleo diesel, 7,9% de GLP, 10,8% de nafta e outros correspondem a 21,9% da utilização total.

Percorrendo a análise de potencial de consumo e viabilidade mercadológica para a produção de biodiesel, do macro para o micro ambiente, identifica-se que a demanda para a produção de biodiesel no Brasil torna-se cada vez mais interessante, principalmente por estar atrelada ao alto consumo de diesel nos setores de transporte agropecuário.

Outra grande oportunidade deste negócio é a tendência nacional em utilizar combustíveis renováveis, sendo que o país tem a maior utilização destes combustíveis em sua matriz energética, do mundo, ou seja, 51,70% de toda a energia utilizada no Brasil é renovável. Com isso, a aceitação do biodiesel é comprovadamente uma tendência, como se pode observar no Quadro 6.2.

Quadro 6.2: Previsão de Consumo de Diesel no Brasil e produção de Biodiesel (Bilhões de litros).

Anos **% Biodiesel**	**2005** **B2**	**2008** **B4,25**	**2010** **B5**	**2020** **B20**
Diesel D100	44	50	54,2	82,3
Biodiesel B2	0,9			
Biodiesel B4,25		2,1		
Biodiesel B5			2,7	
Biodiesel B20				16,5

Fonte: DEDINI, 2006

O Quadro 6.2 traz uma previsão do consumo de biodiesel no Brasil até o ano 2020, considerando para isto o aumento da demanda do diesel. A previsão é que até 2020 o consumo de diesel seja de 82,3 bilhões de litros e, consequentemente, a produção de biodiesel (B20) seja de 16,5 bilhões de litros.

Outro mercado ligado diretamente ao biodiesel é o da glicerina que oscilou muito na última década e acredita-se que com a implantação de usinas de biodiesel o preço de mercado do produto tenderá a descer drasticamente. No entanto, existe a possibilidade de adaptar sua utilização para outros fins. Um exemplo seria a substituição do sorbitol utilizado em alguns alimentos pela glicerina. O mercado cresce mais nos segmentos de uso pessoal, higiene e alimentos. Hoje as principais aplicações da glicerina são:

- Síntese de resina/ésteres – 18%;
- Aplicações farmacêuticas – 7%;
- Uso em cosméticos – 40%;
- Uso alimentício – 24%;
- Outros - 11%.

A glicerina possui um rendimento volumétrico em que cada 90 m³ de biodiesel produzem cerca de 10 m³ de glicerina.

Além da glicerina, tem-se também na produção do biodiesel os ésteres metílicos e

etílicos. O Brasil em particular pode utilizar da vantagem da obtenção do etanol derivado da cana de açúcar. Presente em todos os estados, a cana ocupa 8% da área de cultivo, utiliza em torno de 300 usinas e 60 mil produtores de cana. Com a evolução tecnológica e gerencial, o Brasil é hoje, no plantio mundial, imbatível em termos de custos de produção de etanol e de açúcar a partir da cana.

A produção atual de etanol no mundo é de cerca de 33 milhões de metros cúbicos, sendo que 58% para combustível. O Brasil produz 13,5 milhões de metros cúbicos, o que representa 41% do total da produção mundial.

O Quadro 6.3 abaixo representa a evolução do preço médio do álcool na região Nordeste.

Quadro 6.3: Evolução do preço médio do álcool – Região Nordeste

Ano	(R$ / Litro)
2005	0,806
2004	0,679
2003	0,786
2002	0,604
2001	0,626

Fonte: CEPEA/ESALQ (2007).

6.4 Custos para a produção

Este estudo contou com o apoio do Consultor Sr. Robson Gama, que colaborou com as informações necessárias para a elaboração do programa computacional em excel para elaborar cenários de produção de biodiesel.

O custo final referente à produção de biodiesel pode ser considerado como composto dos seguintes itens ou parcelas: Matéria Prima, Álcool (metanol), Catalisador (hidróxido de sódio), Vapor, Eletricidade, Custos Indiretos, Fretes, Impostos.

A parcela maior na formação do custo final do biodiesel se deve ao valor ou preço da matéria prima posta na fábrica. O valor assim considerado corresponde ao preço de mercado

da referida matéria prima acrescida do frete.

A segunda maior parcela se deve ao somatório dos custos indiretos, a qual inclui os custos derivados dos investimentos e os custos administrativos. Todavia, essa parcela torna-se menos representativa à medida que cresce o tamanho da fábrica, isto é, do volume praticado de produção de biodiesel.

A terceira maior parcela se deve ao valor ou preço do álcool empregado na conversão da matéria prima em biodiesel, o qual está sendo considerado o álcool metílico, também denominado de metanol.

As demais parcelas são muito pequenas na formação do custo final do combustível, algumas até mesmo desprezíveis em relação às três principais parcelas anteriormente identificadas.

A grosso modo e dependendo da natureza da matéria prima, numa fábrica, a formação do custo final do biodiesel possui as seguintes contribuições principais:

- Matéria Prima - 75 - 85%
- Metanol/Etanol - 4 - 6 %
- Outros Custos Diretos - 2 - 3 %
- Custos Indiretos - 10 - 15%

É evidente a extraordinária influência do valor da matéria prima na formação do custo final do biodiesel. Este fato torna-se extremamente importante, especialmente quando se dispõe de uma ampla variedade de matérias primas com diversificados preços, e da consideração de que o rendimento de conversão das matérias primas em biodiesel pode ser considerado uma constante.

Por uma questão de simplificação, as despesas com fretes são consideradas como incorporadas aos custos da matéria prima e materiais secundários.

A glicerina constitui um importante subproduto da produção de biodiesel, pois sua receita obtida com a venda auxilia no custo dos outros processos. Atualmente esse crédito é por demais importante, pois pode neutralizar, e até mesmo superar os custos dos materiais secundários e alguns outros insumos empregados no processo (metanol, catalisador, vapor e eletricidade).

No entanto, numa visão de futuro, a escalada mundial de produção de biodiesel tenderá a provocar um aviltamento no preço da glicerina, tornando esse pretenso crédito cada vez menos importante.

Portanto, numa análise econômica de produção de biodiesel, deve ser levado em consideração o crédito devido à venda da glicerina, todavia dentro de uma visão de futuro, isto é, atribuindo-se vários níveis de preço para a glicerina.

Um crédito adicional de processo que deverá ser considerado na formação do preço final do biodiesel deverá ser a receita obtida com a venda de certificados obtidos como recompensa pela absorção do gás carbono, como incentivo para a diminuição do efeito estufa, conforme será apresentado mais adiante neste estudo.

Neste estudo considerou-se a possibilidade de a usina de biodiesel poder comercializar o álcool hidratado resultante do processo, apesar de ser sabido que esta operação, até outubro de 2005, não estava regulamentada. Por este motivo, foram feitos cálculos também levando em conta a alternativa técnica de instalação adicional na indústria de biodiesel de coluna de desidratação do álcool ("subproduto").

Ao trabalhar com coluna de desidratação de álcool, diminui-se a quantidade do insumo álcool anidro imputado no início do processo de biodiesel, mas é intensificado o uso de energia elétrica e mão-de-obra, além de ser necessário mais capital investido. Paralelamente à análise de custos do biodiesel, interessados neste mercado devem analisar também a disponibilidade de matéria-prima, levando em conta, sobretudo a competição com outros mercados que enfrentará, inclusive com destinação à própria alimentação humana.

Outro custo que não pode ser esquecido, na análise da planta integrada, é o administrativo, que envolve desde a mão-de-obra especializada até a infra-estrutura utilizada, que deve estar de acordo com o negócio.

O critério de custo de produção utilizado é o do Custo Operacional Total. Por esse critério, são computados os custos variáveis (insumos, mão-de-obra, combustíveis e manutenção de equipamentos) e a depreciação de máquinas e equipamentos.

O custo das máquinas e implementos é alocado para cada cultura segundo o tempo que os mesmos são utilizados em cada lavoura, incluindo-se também a mão-de-obra requerida para a atividade. Consideram-se também os custos de manutenção, depreciação e combustível.

6.5 Programa Computacional

Para o estudo dos cenários de produção de biodiesel, foi elaborado um programa operacional em planilha eletrônica. Este programa segue as seguintes etapas:

Etapa 1: Entrada de dados do usuário.

Nesta etapa o usuário poderá entrar com os seguintes dados: matéria-prima utilizada, quantidade produzida por dia, tipo de glicerina utilizada, índices financeiros para a produção e índices financeiros para o empréstimo, conforme mostra o Quadro 6.4 abaixo, como exemplo do caso base:

Quadro 6.4: Dados de Entrada do Usuário.

Dados de Entrada			
Produto:	MAMONA	Tipo de Glicerina: (Glicerol, Bidestilada ou Loira)	Loira
Quantidade (T/Dia):	50		

Índices Financeiros para Empréstimo			
BNDES (%)	90,00%	Carência - (mm)	12,00
TJLP (aa)	7,50%	Financiamento (mm)	120,00
Spreead (aa)	2,00%	Peridicidade Pgto (mm)	3,00
		Total Periodos (mm)	40,00

Índices Financeiros para Produção (Produto Acabado)			
Biodiesel (L):	R$ 1,8900	Álcool Hidratado (L):	R$ 0,9400
Glicerina Loira (kg):	R$ 0,6000	Resíduo (kg):	R$ -
Glicerina Bidest (kg):	R$ 0,9000	Glicerol (kg):	R$ 0,1500
Farelo (Kg):	R$ 0,0500		

Índices Financeiros para Produção (Matéria Prima)			
Produto:	MAMONA	Quantidade (Ton/Dia):	50
Produto (R$/kg):	R$ 0,3000	Óleo Vegetal (kg):	R$ 0,5000
Ácido: (Sulfúrico ou Clorídrico)	Sulfúrico	Catalisador: (NaOH ou KOH)	NaoH
Sulfúrico (L):	R$ 0,0150	NaOH (kg):	R$ 0,5000
Clorídrico (L):	R$ 0,0150	KOH (kg):	R$ 0,5000
Energia kWh:	R$ 0,0015	Água (m³):	R$ 0,0100
Álcool Anidro (L):	R$ 1,2000	Agente Indutor (kg):	R$ 0,0150

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

Lembrando que é possível escolher com qual tipo de glicerina a usina do estudo de caso trabalha e, no caso base utilizamos a glicerina loira, todos os valores financeiros podem ser alterados manualmente de acordo com variações financeiras de mercado de cada produto. Com relação ao empréstimo do BNDES, o caso base conta com 90% do investimento total, e 10% com investimento próprio; para outras simulações estes dados também podem ser alterados de acordo com cada caso.

Etapa 2: Após a entrada de dados do usuário, a planilha automaticamente calculará o fluxo do processo, o consumo para a produção, demonstrativo de vendas e de caixa, VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), PAY BACK (Tempo de retorno), cálculos de financiamento , (BNDES), folha de pagamento, custos fixos, inventário, como mostra as tabelas no Apêndice I.

6.6 Caso Base

No caso base foi considerada uma planta real de produção de biodiesel com capacidade de 50 ton/dia, utilizando como matéria-prima a mamona, processo de transesterificação, com rota metílica e catalisador alcalino conforme apresenta a Figura 6.3, percorrendo todo o fluxo de processo de produção da planta.

Do fluxo de processo tem-se valores de entrada do processo, ou seja, seu consumo, a quantidade necessária de cada insumo para se produzir 50 ton/dia de biodiesel, utilizando o óleo de mamona e, considerando valores dos insumos e seus impostos, que no caso base se enquadra na taxa de 68% (65% de COFINS e 3% de PIS), conforme mostra detalhadamente o Quadro 6.5.

Do fluxo de processo também tem-se os valores de saída do processo, ou seja, o resultado final da produção, a quantidade de biodiesel produzido, glicerina, resíduo e outros, com seus respectivos valores e impostos utilizados para a venda, conforme mostra detalhadamente o Quadro 6.6.

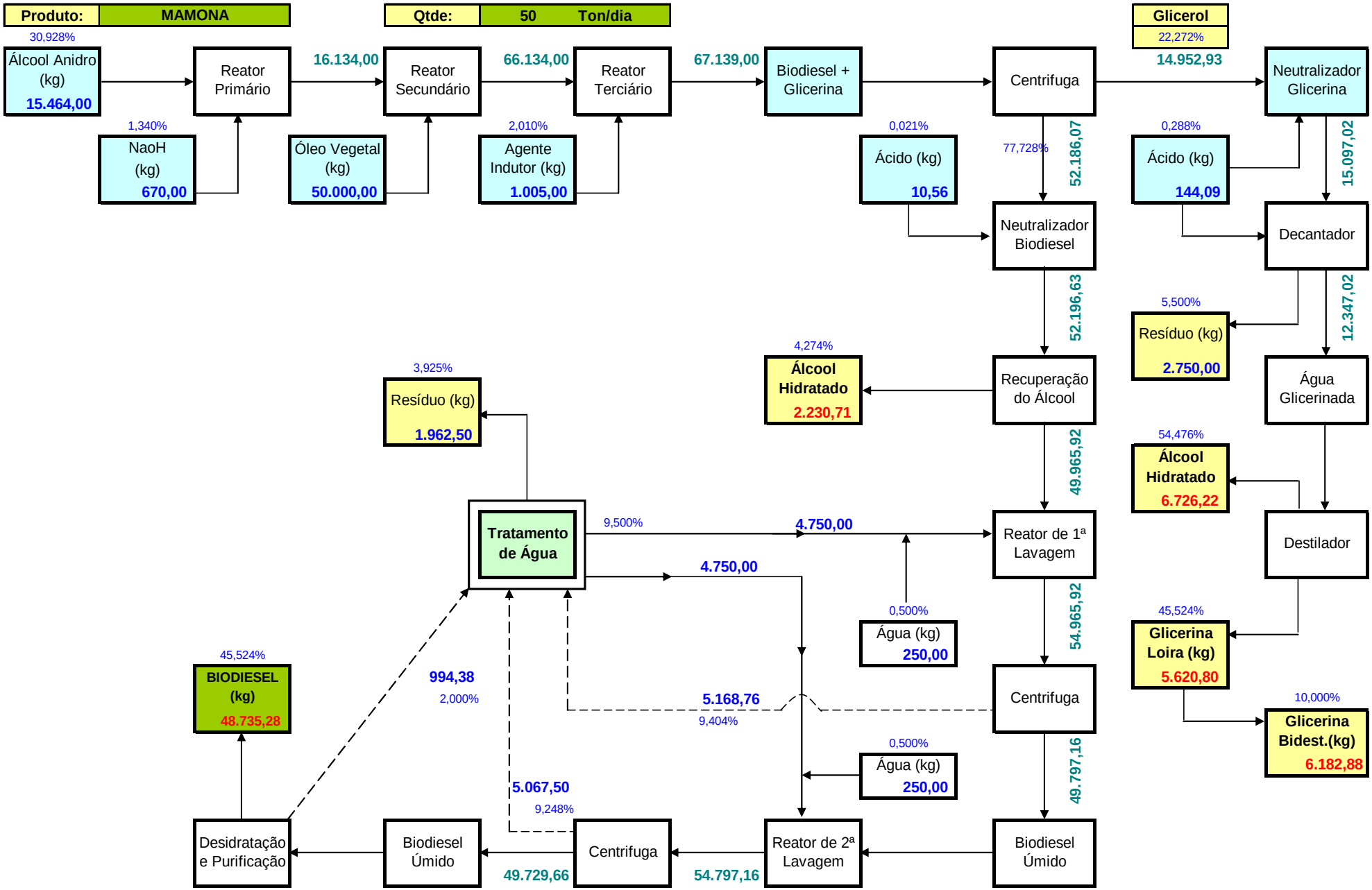

Figura 6.3: Fluxo do Processo de Produção de Biodiesel utilizando 50 ton/dia de Mamona.
Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

Quadro 6.5: Consumo na produção de biodiesel de Mamona – 50 ton/dia.

Descrição	Qtde	Unid	Valor (R$)	Total (R$)	Impostos - %							Total Impostos (R$)	Frete (R$)	Margem Contribuição	
					PIS %	PIS R$	COFINS	COFINS R$	ICMS	ICMS R$	Outros R$			R$	%
Ácido Sulfúrico	154,650	kg	0,015	2,32	0,65%	0,015	3,00%	0,070	12,00%	0,278		0,363		1,957	0,8435
Agente Indutor	1.005,000	kg	0,015	15,08	0,65%	0,098	3,00%	0,452	12,00%	1,809		2,359	100	(87,284)	-5,79
Água	0,032	m³	0,010	0,00	0,65%	0,000	3,00%	0,000	12,00%	0,000		0,000		0,000	0,8435
Álcool Anidro	15.464,000	kg	1,200	18.556,80	0,65%	120,619	3,00%	556,704	12,00%	2.226,816		2.904,139		15.652,661	0,8435
Energia	75,779	kWh	0,002	0,11	0,65%	0,001	3,00%	0,003	12,00%	0,014		0,018		0,096	0,8435
NaoH	670,000	kg	0,500	335,00	0,65%	2,178	3,00%	10,050	12,00%	40,200		52,428		282,573	0,8435
Óleo Vegetal	50.000,000	kg	0,500	25.000,00	0,65%	162,500	3,00%	750,000	12,00%	3.000,000		3.912,500		21.087,500	0,8435
TOTAIS				**53.004,31**		**285,41**		**1.317,28**		**5.269,12**	**-**	**6.871,81**	**100,000**	**36.937,502**	
MAMONA	113.650,000	kg	0,300	34.095,00	0,65%	221,618	3,00%	1.022,850	12,00%	4.091,400		5.335,868		-	0,00%

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

Quadro 6.6: Produção de biodiesel de Mamona – 50 ton/dia.

Descrição	Qtde	Unid	Valor (R$)	Total (R$)	Impostos - %							Total Impostos (R$)	Frete (R$)	Margem Contribuição	
					PIS %	PIS R$	COFINS	COFINS R$	ICMS	ICMS R$	Outros R$			R$	%
Álcool Hidratado	**8.956,93**	kg	0,940	8.419,517	0,65%	54,727	3,00%	252,586	12,00%	1.010,342		1.317,654		7.101,863	84,35%
Biodiesel	**48.735,28**	kg	1,890	92.109,682	0,00%	-	0,00%	-	12,00%	11.053,162		11.053,162	100,00	80.956,520	87,89%
Farelo	**3.182,20**	kg	0,050	159,110	0,65%	1,034	3,00%	4,773	12,00%	19,093		24,901		134,209	84,35%
Glicerina Loira	**5.620,80**	kg	0,600	3.372,478	0,65%	21,921	3,00%	101,174	12,00%	404,697		527,793		2.844,685	84,35%
Resíduo	**4.712,50**	kg	-	-	0,65%	-	3,00%	-	12,00%	-		-		-	0,00%
TOTAIS				**104.060,787**		**77,682**		**358,533**		**12.487,294**	**-**	**12.923,510**	**100,000**	**91.037,277**	
Glicerina Loira	**5.620,80**	kg	0,600	3.372,478	0,65%	21,921	3,00%	101,174	12,00%	404,697		527,793		2.844,685	84,35%
Glicerina Bidestilada	**6.182,88**	kg	0,900	5.564,589	0,65%	36,170	3,00%	166,938	12,00%	667,751		870,858		4.693,731	84,35%
Glicerol	**14.952,93**	kg	0,150	2.242,939	0,65%	14,579	3,00%	67,288	12,00%	269,153		351,020		1.891,919	84,35%

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

6.7 Resultados para o Caso Base

a) DRE

Conforme Demonstrativo de Resultados (DRE) mostrado detalhadamente no **Apêndice I**, o lucro do caso base foi de R$ 529.792,39 reais mensais, sendo que então esse valor multiplicado por 12 (1 ano) será de R$ 6.357,509 reais anual, tem-se assim, para o cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) o lucro ao ano.

b) VPL

Calcula-se o valor líquido atual de um investimento utilizando-se a taxa de desconto, que no caso base é de 16% e uma série de futuros pagamentos (valores negativos) e receita (valores positivos). O cálculo de VPL baseia-se em fluxos e caixa futuros. Calculando o VPL tem-se um valor de R$ 30.727,285 reais conforme Quadro 6.7 abaixo.

Quadro 6.7: Cálculo do VPL (Valor Presente Líquido)

Contas / Exercicios	Ano	Lucro (R$) Após IR aa	Taxa (%) Desconto aa	Cálculos Taxa	V.P.L. (R$)
Resultado Exercicio	1	6.357.509	16	1,16	5.480.611
	2	6.357.509	16	1,35	4.724.665
	3	6.357.509	16	1,56	4.072.987
	4	6.357.509	16	1,81	3.511.195
	5	6.357.509	16	2,10	3.026.893
	6	6.357.509	16	2,44	2.609.390
	7	6.357.509	16	2,83	2.249.474
	8	6.357.509	16	3,28	1.939.202
	9	6.357.509	16	3,80	1.671.726
	10	6.357.509	16	4,41	1.441.143
	Total	**63.575.086**		**VPL**	**30.727.285**

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

Interpretando o resultado de VLP, indica que a empresa do caso base terá um retorno líquido sobre investimento positivo de R$ 30.727,285 reais, gerando lucro sobre o projeto e

recuperando o capital investido.

c) TIR

Para calcular o valor da TIR (Taxa Interna de Retorno) precisa-se de uma seqüência de fluxos de caixa representada pelos números em valores. Estes fluxos de caixa não precisam ser iguais como no caso de uma anuidade. Entretanto, os fluxos de caixa devem ser feitos em intervalos regulares, como mensalmente ou anualmente.

A taxa interna de retorno é a taxa de juros recebida para um investimento que consiste em pagamentos (valores negativos) e receitas (valores positivos) que ocorrem em períodos regulares, ou seja, valores positivos (lucros anuais) e valores negativos (investimento inicial do projeto) que foi de R$ 13.713,339 reais com o financiamento de 90% do BNDES (R$ 12.342.005,10 reais) e 10% de recurso próprio (R$ 1.371.333,90 reais) realizado em nosso caso base. Calculando a TIR tem-se uma taxa de 45,251%, conforme Quadro 6.8 abaixo.

Quadro 6.8: Cálculo da TIR (Taxa Interna de Retorno)

Anos	Fluxo de Caixa
Lucro 00	(13.713.339)
Lucro 01	6.357.509
Lucro 02	6.357.509
Lucro 03	6.357.509
Lucro 04	6.357.509
Lucro 05	6.357.509
Lucro 06	6.357.509
Lucro 07	6.357.509
Lucro 08	6.357.509
Lucro 09	6.357.509
Lucro 10	6.357.509

TAXA INTERNA RETORNO	45,251%

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

d) PAY BACK TIME

Um dos métodos mais simples de avaliação de um projeto é o índice do Pay back time, ou seja, do tempo de recuperação do investimento. Este índice compara o tempo necessário para recuperar o investimento, com o tempo máximo tolerado pela empresa para recuperar o investimento.

Se o fluxo de caixa do Pay Back for constante, podemos calcular o tempo de retorno do investimento através da seguinte fórmula:

$$PB = \frac{\text{VALOR DO INVESTIMENTO}}{\text{VALOR DO FLUXO DE CAIXA}}$$

Calculando o Tempo de Retorno conforme fórmula acima temos o resultado apresentado no Quadro 6.9 a seguir:

Quadro 6.9: Cálculo do Pay Back (Retorno)

Anos	Fluxo de Caixa	Saldo do Projeto
Lucro 00	(13.713.339)	(13.713.339)
Lucro 01	6.357.509	(7.355.830)
Lucro 02	6.357.509	(998.322)
Lucro 03	6.357.509	5.359.187
Lucro 04	6.357.509	11.716.695
Lucro 05	6.357.509	18.074.204
Lucro 06	6.357.509	24.431.713
Lucro 07	6.357.509	30.789.221
Lucro 08	6.357.509	37.146.730
Lucro 09	6.357.509	43.504.239
Lucro 10	6.357.509	49.861.747

PAY BACK	PB (ANOS)	2,16

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

O tempo de retorno do investimento do caso base é de 2,16 anos, sendo menor do que o tempo mínimo aceitável estimado no projeto de 5 anos, tornando-se viável o empreendimento.

6.8 Conclusões da Simulação

Pode-se perceber com os cálculos realizados no item anterior que o projeto em estudo possui etapas para a aceitação do mesmo, cada uma delas contem um critério de decisão, conforme ilustra Quadro 6.10 com resumo:

Quadro 6.10: Critério de Decisão do Projeto

MÉTODO UTILIZADO	CRITÉRIO DE DECISÃO
FLUXO DE CAIXA	Aceitar se FC for positivo
VPL	Aceitar se VPL for positivo
TIR	Aceitar se a TIR for maior que a taxa mínima requerida
PAY BACK	Aceitar se o período for menor que o mínimo aceitável

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

É importante ressaltar que em cada etapa o projeto do caso base foi aceito de acordo com os critérios de decisão citados acima.

No caso base apresentado simulou-se apenas um cenário de produção de biodiesel na planilha eletrônica, mas pode-se simular diversos cenários, de acordo com cada objetivo. A Figura 6.4 destaca em azul os principais itens que foram estudados no caso base. Sendo que os outros itens em preto são possíveis cenários de produção a serem estudados futuramente.

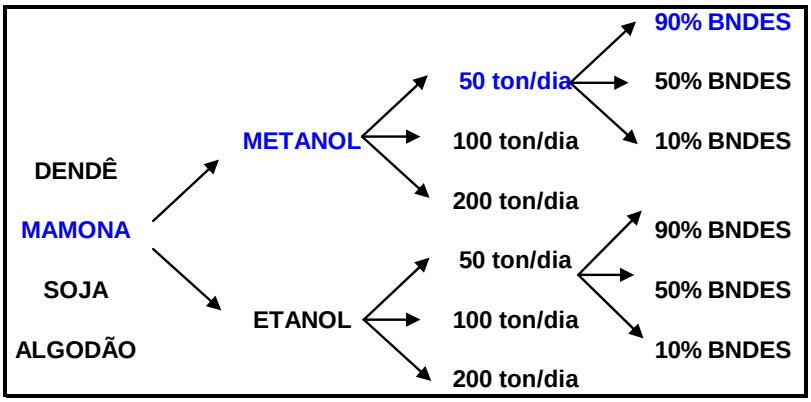

Figura 6.4: Cenário escolhido para a simulação.

Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Conclusões

A presente dissertação objetivou analisar e propor um programa operacional para simulação de cenários de produção de biodiesel.

A simulação do cenário com a cadeia produtiva do biodiesel de mamona foi escolhida, dentre outros motivos, pela importância do biodiesel como fonte alternativa de energia, em substituição às formas de energia fósseis poluentes e não renováveis, e pela possibilidade da cultura da mamona vir a ser um importante instrumento de geração de renda no campo.

A produção de biodiesel no país representa não só uma alternativa para alcançar a auto-suficiência energética, mas também uma grande oportunidade de negócio e de geração de emprego e renda. Isto significa, no entanto, diferentes rotas e escalas de produção, diferentes matérias-primas e insumos. Por esse mesmo motivo, uma avaliação de um projeto, simulando um cenário de produção de biodiesel foi realizada nesta dissertação.

O álcool é um combustível que já tem seu lugar assegurado na matriz energética brasileira. O biodiesel, por sua vez, apesar da grande solução que pode representar, ainda não passa de uma auspiciosa promessa. O Brasil pela sua imensa extensão territorial, associada às excelentes condições climáticas, é considerado o paraíso para a produção de biodiesel. As matérias-primas e os processos para a produção de biodiesel dependem da região considerada. As diversidades sociais, econômicas e ambientais geram distintas motivações regionais para a sua produção e consumo.

Neste trabalho foi escolhido como caso base o processo de transesterificação por meio de catálise alcalina homogênea, por ser uma usina do estudo de caso operando em escala industrial.

A rota utilizada pela planta é a metílica e a reação de transesterificação catalisada por meio alcalino se mostra mais rápida do que as outras reações em meios ácidos.

Na planta base, verifica-se, como a grande maioria das usinas, que este processo é o mais utilizado por dois motivos principais: custo mais baixo e menor corrosão de

equipamentos.

A tecnologia de produção do biodiesel pela rota metílica é totalmente dominada. O etanol tem propriedades combustíveis e energéticas similares ao metanol. No entanto, o metanol tem uma toxicidade muito mais elevada. Ele traz malefícios à saúde, podendo causar, inclusive, cegueira e câncer.

O Brasil não é auto-suficiente na produção de metanol e ainda o importa, mas não para o uso como combustível. O metanol é normalmente encontrado como subproduto da indústria do petróleo. O etanol apresenta a vantagem de não ser tóxico e de ser biodegradável. Destaque-se também que o Brasil produz anualmente cerca de 12 bilhões de litros de etanol a partir da cana-de-açúcar e que tem uma capacidade ociosa de mais de 2 bilhões de litros por ano.

Porém, no caso base deste estudo a planta utiliza a rota metílica por se tratar de um custo mais baixo, lembrando que o volume de equipamentos de processo da planta com rota metílica é cerca de um quarto menor do que para a rota etílica. Para uma mesma produtividade e qualidade, possui um custo menor, tempo de reação mais rápido e, ainda no Brasil apesar de apresentar vantagens com relação ao uso da rota etílica, a grande maioria das usinas pesquisadas trabalha com a rota metílica.

O Brasil é detentor de uma grande extensão territorial e apresenta grande diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel em regiões diferentes.

No entanto, a viabilidade de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, passando inclusive por importantes aspectos agronômicos, tais como: o teor em óleos vegetais; a produtividade por unidade de área; o equilíbrio agronômico e demais aspectos relacionados ao ciclo de vida da planta; a atenção aos diferentes sistemas produtivos; o ciclo da planta (sazonalidade) e a sua adaptação territorial, que deve ser tão ampla quanto possível, atendendo às diferentes condições edafoclimáticas.

No caso base deste estudo, escolheu-se para realizar a simulação de produção de biodiesel o óleo de mamona, levando em conta que a empresa utiliza em sua produção esta oleaginosa e que também a semente de mamona é considerada uma excelente opção, pois apresenta um elevado teor de óleo, que pode chegar próximo de 50%.

No último capítulo deste trabalho, apresentou-se uma simulação na planilha eletrônica com apenas um cenário de produção de biodiesel. Pode-se simular diversos cenários, de acordo com cada objetivo, porém no caso base desta dissertação focamos o biodiesel de óleo de mamona em uma planta com produção diária para 50 ton/dia, com 90% de recurso financeiro financiado.

Finalmente, foi elaborada e testada uma ferramenta computacional para que futuros trabalhos possam utilizá-la, simulando cenários e facilitando na tomada de decisão perante um projeto. Pode-se ainda aperfeiçoar ainda mais a ferramenta e moldá-la de acordo com o perfil a ser estudado de acordo com a quantidade de informações do usuário.

Ressaltando que em cada etapa o projeto do caso base foi aceito de acordo com todos os critérios de decisão, resultando assim uma simulação com um cenário positivo de produção de biodiesel.

7.2 Recomendações

Reconhece-se a importância de se aprofundar em conhecimentos de modo a permitir o equacionamento dos problemas Por este motivo, pode-se ainda considerar como desafio a obtenção de respostas a algumas questões sobre este tema, pois ainda há muito a ser realizado com respeito à produção e ao uso de biodiesel. Dessa forma segue como recomendações para trabalhos futuros com a ferramenta operacional:

- Simular um cenário de produção de biodiesel utilizando o etanol e realizar um comparativo entre metanol e etanol e seus diversos aspectos e comportamentos diante do cenário de produção;
- Simular um cenário de produção com matérias-primas diferentes utilizando etanol e metanol, e realizar um gráfico demonstrativo de cada matéria-prima, de acordo com cada álcool utilizado;
- Simular diferentes capacidades de produção (50 – 100 – 200 ton/dia) em uma planta de produção, utilizando metanol e verificar viabilidade do projeto;
- Simular diferentes capacidades de produção (50 – 100 – 200 ton/dia) em uma planta de produção, utilizando etanol e verificar viabilidade do projeto;

- Simular um financiamento de projeto com porcentagens diferentes a serem financiadas (100% - 70% - 50% - 10%), e verificar o comportamento do VPL, TIR e PAY BACK;
- Simular o cenário de produção de acordo com encargos tributários de cada região, com matéria-prima recomendada para a região segundo o PNPB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. R.; LIMA, D. G.; HAMÚ, E. H.; WOLF, C.; SUAREZ, P. A. Z. *Utilization of metal complexes as catalysts in the transesterification of brazilian vegetable oils with different alcohols***.** Journal of Molecular Catalysis. A: Chemical, v.209, p.29–33, 2006.

AIKEN, J. E. *Process for production of biodiesel from high acid feed*. US 20070261294. 10 maio 2006, 15 nov. 2007.

AMORIM, P.Q.R. *Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no Semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação***.** 2005. Monografia – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ARANDA, D.A.G.; ANTUNES, O.A.C. *Catalytic process to the esterification of fatty acids present in the acid grounds of the palm using acid solid catalysts.* WO 096962 A1, 2004.

ARANDA, D. A. G.; SANTOS, R. T. P.; TAPAÑES, N. C. O.; RAMOS, A. L. D.; ANTUNES, O. A. C. *Acid-Catalyzed Homogeneous Esterification Reaction for Biodiesel Production from Palm Fatty Acids, Catalysis Letters*, 122, p. 20-25, 2008.

ARRUDA, João Bosco Furtado. et al. *Uma proposta de gestão para a cadeia produtiva do biodiesel da mamona (CP/BDM).* In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 11., 2004. Campina Grande. Fortaleza: UFC, 2004.

BARBOSA, S.L.; HURTADO, G.R.; KLEIN, S.I.; TIBÃES, G.G. PADILHA, R.J.; ORLANDI, P.M.; LACERDA, V. *Pentacloreto de nióbio: catalisador ou reagente estequiométrico em reações de esterificação? In: 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química,* Águas de Lindóia-SP, mar. 2006.

BRAGA, V. S.; MACEDO, J. L. DE; BARROS, I. C. L.; GARCIA, F. A. C.; GHESTI, G. F.; RESCK, I. S.; DIAS, S. C. L.; DIAS, J. A. *Catalisadores contendo pentóxido de nióbio suportado em cinzas de casca de arroz e suas aplicações em reações de esterificação de ácido oléico e transesterificação de óleo de soja com etanol*. In: 14º Congresso Brasileiro de Catálise Anais do Congresso Brasileiro de Catálise, Porto de Galinhas-PE, set. 2007.

BRAGA, V.S.; MACEDO, J.L.; GARCIA, F.A.; CARVALHO, I.B.L., RESCK, I.S.; DIAS, J.A.; DIAS, S.C.L. *Esterificação de ácido oléico utilizando catalisadores contendo pentóxido de nióbio suportado em cinza de casca de arroz*. In: 6º Encontro de Catálise/Escola deCatálise CAJUCAT, Aracaju-SE, jul. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Nacional de Agroenergia.* Brasília, 2005.

CASTRO, H. F.; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C.; AGUIAR, C. L. *Modificação de óleos e gorduras por biotransformação*, Química Nova, 27 (1), p. 146-156, 2004.

CHIERICE, G.O., CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do Óleo. In: AZEVEDO, D.M.P. de., LIMA, E.F. *O Agronegócio da mamona no Brasil***.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J.; SOLEDADE, L. E. B.; FERNANDES, V. J.; SOUZA, A. G.; *Energy & Fuel*, 2185(19), 2005.

DEMIRBAS, A. *Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics.* Energy Conversion and Management, 47, p. 2271–2282, 2006

DI SERIO, M.; LEDDA, M.; COZZOLINO, M; MINUTILLO, G.; TESSER, R.; SANTACESARIA, E. *Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel by Using Heterogeneous Basic Catalysts, Industrial Engineering Chemistry Research*, 45, p. 3009-3014, 2006.

DI SERIO, M; COZZOLINO, M; GIORDANO, M; TESSER, R; PATRONO, P.; SANTACESARIA, E. *From Homogeneous to Heterogeneous Catalysts in Biodiesel Production, Industrial Engineering Chemistry Research*, 46, p. 6379-6384, 2007.

DI SERIO, M; TESSER, R; PENGMEI, L; SANTACESARIA, E.; *Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production, Energy and Fuels*, 22, p. 207-217, 2008.

DUARTE, L.M.G. e WEHRMANN, M.E.S. de F. *Expansão da Fronteira Agrícola nos Cerrados Brasileiros: Percursos da soja das Missões até os Lavrados de Roraima*. In : *Globalización y Desarrollo en America Latina* – Ed. Flacso – Equador – 2004.

EBIURA, T.; ECHIZEN, T.; ISHIKAWA, A.; MURAI, K.; BABA, T. *Selective transesterification of triolein with methanol to methyl oleate and glycerol using alumina loaded with alkali metal salt as a solid-base catalyst, Applied Catalysis A: General*, 283, p. 111-116, 2005.

FACIOLI, N. L.; GONÇALVES, L. A. G. *Modificação por via enzimática da composição triglicerídica do óleo de pequi***.** Química Nova, v.21, p.16-19, 2007.

FANGRUI, M.; HANNA, M. A.; *Bioresource Technology* 70: 1, 1999.

FERRARI, A. R., OLIVEIRA, V. S., SEABIO, A., *Química Nova*, 28 (1): 19, 2004.

GRANDO, F. *A força do combustível verde.* Revista Confea. São Paulo: Maio, 2005. Seção Artigos, 200 p.

GUIMARÃES, F.; PASSARINI, F.; OLIVEIRA, J.; MAZURKIEVIECZ, M.; DAWOOD, S. *Plano de negócio: da terra do biodiesel.* Campinas, 2005, 325p. (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Superior de Administração Marketing e Comunicação, ESAMC – para obtenção da conclusão do curso).

HOLANDA, Ariosto. *Biodiesel e Inclusão Social*. Brasília, 2004.

JAEGER, K.E.; REETZ M.T. *Microbial lipases form versatile for biotechnology*. *Trends Biotechnology*, 1998, 16 (9), p. 396-403, 1998.

JITPUTTI, J.; KITIYANAN, B.; RANGSUNVIGIT, P.; BUNYAKIAT, K.; ATTANATHO, L.; JENVANITPANJAKUL, P. *Transesterification of crude palm kernel oil and crude coconut oil by different solid catalysts. Chemical Engineering Journal,* 116, p. 61-66, 2006.

KARAOSMANOGLU, F.; BEKER, U. G. Used oil as a fuel oil alternative. *Energy Soucers: Journal of Extraction, Conversion and the Environment***,** v. 18, n. 6, 1996.

KHALIL, C. N. *Economicidade e sustentabilidade do processo de produção de Biodiesel a partir da semente de mamona. In: O BIODIESEL E A INCUSÃO SOCIAL*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.

KONCAR, M.; MITTELBACH, M.; GOSSLER, H.; HAMMER, W. *Method for preparing fatty acid alkyl esters*. US 20030004363, 4 junho 2002, 2 jan. 2003.

KUSDIANA, D.; SAKA, S. *Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. Bioresource Technology*, 91, p. 289–295, 2004.

LIMA, Paulo César Ribeiro. *O biodiesel no Brasil e no mundo e o potencial do estado da Paraíba***.** Consultoria Legislativa – Câmara dos Deputados. Brasília, Maio de 2007.

LIMA, A. W. O.; ANGNES, L. *Biocatálise em meios aquo-restritos: fundamentos e aplicações em química analítica, Química Nova*, 22 (2), p.229-245, 1999.

LOTERO, E.; LIU, Y.; LOPEZ, D.E.; SUWANNAKARN, K.; BRUCE, D.A.; GOODWIN JR., J.G. *Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis. Industrial and Engineering Chemistry*

Research, 44, p. 5353-5363, 2005.

LUXEM, F. J.; GALANTE, J. H.; TROY, W. M.; BERNHARDT, R. R. *Method of making alkyl esters using glycerin.* United States Patent 7087771, 12 agosto 2003, 23 nov. 2004.

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

MADRAS, G.; KOLLURU, C.; KUMAR, R. *Synthesis of biodiesel in supercritical fluids*, *Fuel*, 83, p. 2029-2033, 2004.

MAMURO, I.A.; CHENB, B.; EGUCHI, M.; KUDO, T.; SUREKHA, S. *Production of biodiesel fuel from triglycerides and alcohol using immobilized lipase. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 16, p. 53-58, 2001.

MARCINIUK, L. L.; GARCIA, C. M.; MUTERLE, R. B.; SCHUCHARDT, U. *Produção de ésteres metílicos e etílicos de óleo de soja via catálise com fosfatos ácidos de metais trivalentes*. In: *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Catálise,* Porto de Galinhas-PE, Set. 2007.

MEIRELLES, F.S. *Biodiesel***.** Federação da Agricultura do Estado de São Paulo, impresso em Brasília, set. 2003.

MORETTO, E.; FETT, R. *Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais*. Rio de Janeiro: Varela, 1998. 150p.

NYE, M. J.; WILLIAMSON T.W.; DESHPANES, E.; SCHRADER J. H.; SNIVELY, W. H.; YURKEWICH T. P.; FRENCH C. L; *Journal of the American Oil Chemists Society* 60 (8): 1598, 1983.

OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J.V.; FACCIO, C.; MENONCIN, S.; AMROGINSKI, C.

Influência das variáveis de processo na alcoólise enzimática de óleo de mamona. *Ciência e Tecnologia de Alimentos,* 24 (2), p.178-182, 2004.

OLIVEIRA, D.; NASCIMENTO FILHO, I.; DI LUCCIO, M.; FACCIO, C.; ROSA, C. D.; BENDER, J. P.; LIPKE, N.; AMROGINSKI, C.; DARIVA, C.; OLIVEIRA, J. V. Kinetics of enzyme-catalyzed alcoholysis of soybean oil in nhexane. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 121-124, p. 231-242, 2005.

OOI, Y.S.; ZAKARIA, R.; MOHAMED A.R.; BHATIA, S. *Catalytic conversion of palm oilbased fatty acid mixture to liquid fuel, Biomass & Bioenergy,* 27, p. 477-484, 2004.

PAULA NETO, F.L., CARVALHO, J.M.M. *Perspectivas para a cultura da mamona no nordeste em 2006*. In: XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 7., 2006. Fortaleza.

PIRES, Mônica de Moura. et al. *Biodiesel de manona: uma avaliação econômica*. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2004. Campina Grande. **Anais...** Ilhéus: UESC, 2004.

PONCHIO, J.A.R., FAO. Relatório *Final: Cadeia Produtiva da Mamona para Biodiesel***.** Brasília, 2004.

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 Sistema Heterogêneo*. In: *II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel*, Brasília-DF, Nov. 2007.

RABELO, I. D.; *Estudo de desempenho de combustíveis convencionais associados a Biodiesel obtido pela transesterificação de óleo usado em fritura,* Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, CEFET-PR, 2001, Dissertação de Mestrado.

RAMOS, L. P. *Conversão de óleos vegetais em biocombustível alternativo ao diesel convencional.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa-Soja. 1999. p.233-236.

RAMOS, L.P.; KNOTHE G.; GERPEN J.V.; KRAHL J. *Manual de Biodiesel*. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

ROCHA, L. L. L.; GONÇALVES, J. DE A.; JORDÃO, R. G.; DOMINGOS, A. K.; ANTONIOSSI FILHO, N. R.; ARANDA, D. A. G. *Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos de mamona (ricinus communis l.) e soja (glycine max).* In: *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Catálise,* Porto de Galinhas-PE, Set. 2007.

RODRIGUES, B. W.; CONSTANTINO, A. M.; CARVALHO, L. G.; BRITTO, P. P.; ZOTIN, F. M. Z.; ARANDA, D. G. *Esterificação de Ácido Graxo de Palma Utilizando Catalisadores Heterogêneos*. In: *Anais do 13o Congresso Brasileiro de Catálise/ 3º Mercocat,* Foz do Iguaçu-PR, 2005.

ROSA, M. S.; SILVA, R. M.; CAMPINHA, C. M.; BORGES, L. E. P., GONZALEZ, W. DE A. *Produção de biodiesel a partir gordura suína*. In: *14º Congresso Brasileiro de Catálise Anais do Congresso Brasileiro de Catálise,* Porto de Galinhas-PE, set. 2007.

SCHUCHARDT, U., SERCHELI, R., VARGAS R. M. *Transesterification of vegetable oils: a review***.** Journal of Brazilian Chemical Society, v.9, p.199-210, 1998.

SEAGRI. *Anteprojeto para a mamona no Ceará***.** Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará. Fortaleza, 2003.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO. *Diagnóstico e oportunidades de investimentos: mamona.* Salvador: SEBRAE, 1995

SILVA, C., WESCHENFELDER, T.A.; ROVANI, S.; CORAZZA, F.C.; CORAZZA, K.L.;

DARIVA, C.; OLIVEIRA, J.V. *Continuous Production of Fatty Acid Ethyl Esters from Soybean Oil in Compressed Ethanol, Industrial Engineering Chemical Research*, 46, 5304-5309, 2007.

SOLDI, R. A.; OLIVEIRA, A. R. S.; RAMOS, L. P.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F. *Alcoólise de Óleos Vegetais e Gordura Animal Utilizando Catalisadores Heterogêneos Ácidos.* In: *I* Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília, set. 2006.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M.; MENEGHETTI, P. M. R.; WOLF, C. R. *Transformação de Triglicerídeos em Combustíveis, Materiais Poliméricos e Insumos Químicos: Algumas Aplicações da Catálise na Oleoquímica*, *Química Nova*, 30 (3), p. 667-676, 2007.

SHARMA, R. C., Y.; BANERJEE, U. C. *Production, purification, characterization, and applications of lipases, Biotechnology Advances*,19(8), p. 627-662, 2001.

STEFANO, F. *Na era do Biodiesel.* Revista Dinheiro Rural._Ed. 003. Ano 2. São Paulo: an.2005. Seção Agroeconomia, 525 p.

TANABE, K.; OKASAKI, S. *Various reactions catalyzed by niobium compounds and materials. Applied Catalysis A: General*, 133 (2), p. 191-218, 1995.

TOLMASQUIM, M.T. (2003), *Fontes renováveis de energia no Brasil.* Rio de Janeiro: Interciência. 515 p.

VAN GERPEN, J.; KNOTHE, G. *Basics of the transesterification reaction*. In: KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, J. (eds). *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press. Pp. 26-41, 2005.

VICENTE, G.; MARTÍNEZ, M.; ARACIL, J. *Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems***.** Bioresource Technology, v.92, p.297–305, 2004.

XIE, W.; PENG, H.; CHEN, L. *Calcined Mg–Al hydrotalcites as solid base catalysts for methanolysis of soybean oil, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 246, p. 24–32, 2005.

XIE, W.; PENG, H.; CHEN, L. *Transesterification of soybean oil catalyzed by potassium loaded on alumina as a solid-base catalyst, Applied Catalysis A*: General, 300, p. 67-74, 2006.

WANG, Y.; OU, S.; LIU, P.; ZHANG, Z. *Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process, Energy Conversion and Management,* 48 (1), p. 184–188, 2007.

WEHRMANN, M. *A soja no cerrado de Roraima: um estudo da penetração da agricultura moderna em regiões de fronteira*. Brasília: UnB, 2000. (Tese de Doutorado).

WEISSMAN, J.G. Niobia-*alumina supported hydroprocessing catalysts: relationship between activity and support surface acidity, Catalysis Today,* 28 (1-2), p. 159-166, 1996.

ZAGONEL, G. F. *Obtenção e caracterização de biocombustíveis a partir da transesterificação etílica em meio alcalino*. Curitiba, 2000. 70p. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

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

ZANIER, A.; JACKIE, H. W.; *Thermochimica Acta*, 287: 203, 1993.

FONTES ELETRÔNICAS

ABIOVE, Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2005. Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em: 21 Agosto de 2007.

ABOISSA - Óleos Vegetais, Portal de Informações - 2005. Disponível em: <http://www.aboissa.com.br>. Acesso em: 21 Agosto de 2007.

AGUIAR, F.; BULHÕES, A. C.; PEREIRA, A. L. (2005) – *Biodiesel: aspectos gerais.* Disponível em: <http://www.mbdobrasil.com.br> . Acesso em: 03 Fevereiro de 2008.

BIODIESEL. *O Biodiesel no Brasil***.** Disponível em: <http://www.biodieselbr.com>. Acesso em: 10 Junho de 2007.

CAMPOS, I. *Biodiesel e Biomassa: duas fontes para o Brasil. Revista de Ecologia do Século 21*, v.80, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.eco21.com.br/textos>. Acesso em: 26 de Agosto de 2007.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada / ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/CustosBiodiesel>. Acesso em: Novembro de 2007.

CNPAE, EMBRAPA (2008) - *Mesa redonda biocombustíveis: novidades e inovações*. Disponível em: <http://www.cnpae.embrapa.br>. Acesso em: 28 Setembro de 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Conjunturas Agropecuárias***.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 01 e 02 Abril 2008.

DEDINI (2006) *Biodiesel Dedini.* Dedini S/A Indústrias de Base. Disponível em:

<http://www.dedini.com.br/>. Acesso em: 03 Outubro 2008.

EMBRAPA, 2005. Disponível em: <http://www.tecbio.com.br>.Acesso em: 21 Agosto de 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**.** Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br>. Acesso em 06 e 07 Fevereiro 2007.

EMBRAPA, Portal de Informações sobre mamona, 2005. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/plataformamamona>. Acesso em: 21 Agosto de 2007.

EMPRESA BAIANA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA (EBDA). *Potencialidade das oleaginosas cultivadas no Estado da Bahia para a produção de biodiesel,* 2006**.** Disponível em: <http://www.ebda.ba.gov.br/>. Acesso em: 03 e 04 Março 2007.

FAO, Food and Agriculture Organization - 2005. Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em: 26 Agosto de 2007.

MINISTÉRIO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). *Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel é Lançado no RS.* Disponível em < http://www.mda.gov.br>. Acesso em: 03 Novembro 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, *Balanço energético nacional*, Brasília, 2004, 168p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 21 de Novembro de 2008.

PARENTE, E.J. de S., 2003. *Biodiesel - Uma aventura tecnológica num país engraçado.* Fortaleza, CE. Disponível em: http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf. Acesso em: Maio de 2007.

PERES, J. R. R.; JUNIOR, E. F. *Insumos oleaginosos para o biodiesel: um diferencial entre a soja e o girassol.* In: SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIODIESEL, 1., 2003, Londrina.

Disponível em: <http://www.tecpar.br/cerbio/Seminario-palestras.htm> Acesso em: 23 de Julho de 2007.

PORTAL DO BIODIESEL. Disponível em: <:http://www.portaldobiodiesel.com.br> . Acesso em 11 Novembro de 2007.

REVISTA BIODIESEL**.** *A hora e a vez do algodão - Cultura se insere no mercado de biocombustíveis como mais uma opção de matéria-prima – Edição 18.* Disponível em: <:http://www.revistabiodiesel.com.br>. Acesso em: 5 de Outubro de 2008.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. *Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil*. Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento, v.31, p.28-37, 2003. Disponível em: http://www.biotecnologia.com.br. Acesso em: 26 Agosto de 2007.

TECBIO TECNOLOGIAS BIOENERGÉTICAS LTDA - (2005) – *Nosso negócio é o biodiesel, D*isponível em: <http://www.tecbio.com.br>. Acesso em: 28 Setembro de 2007.

WIKIPEDIA - RELATÓRIO BRUNDLAND – Disponível em <:http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland>. Acesso em 7 Março de 2007.

APÊNDICE I

Financiamento

MAMONA

Valor Total do Emprestimo	13.713.339,00
% Financiamento BNDES	90%
Recurso Próprio	1.371.333,90
Valor Financiado - Líquido	12.342.005,10

Taxa de Juros	TJLP - aa	7,500%
	Spreead - aa	2,000%
	Taxa Emprestimo - aa	9,650%
	Taxa Emprestimo - am	0,771%

Prazos	Carencia - Meses	12,00
	Financiamento - Meses	120,00
	Peridicidade Pagto - Meses	3,00
	Total Periodos	40,00

Contas		Valor Inicial	Vr/Corrigido Carência		Periodo: 1	Periodo: 2	Periodo: 3	Periodo: 4	Periodo: 5	Periodo: 6	Periodo: 7	Periodo: 8	Periodo: 9	Periodo: 10
Financiamento	Projeto Total	12.342.005,10	13.533.008,59	Principal	338.325,21	338.325	338.325	338.325	338.325,21	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325
				Juros	315.293,11	307.411	299.528	291.646	283.763,80	275.881	267.999	260.117	252.234	244.352
				Saldo	13.194.683,38	12.856.358	12.518.033	12.179.708	11.841.382,52	11.503.057	11.164.732	10.826.407	10.488.082	10.149.756
				Principal Mensal	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775
				Juros Mensal	105.098	102.470	99.843	97.215	94.588	91.960	89.333	86.706	84.078	81.451

	Periodo: 11	Periodo: 12	Periodo: 13	Periodo: 14	Periodo: 15	Periodo: 16	Periodo: 17	Periodo: 18	Periodo: 19	Periodo: 20
Principal	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325
Juros	236.470	228.588	220.705	212.823	204.941	197.058	189.176	181.294	173.411	165.529
Saldo	9.811.431	9.473.106	9.134.781	8.796.456	8.458.130	8.119.805	7.781.480	7.443.155	7.104.830	6.766.504
Principal Mensal	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775
Juros Mensal	78.823	76.196	73.568	70.941	68.314	65.686	63.059	60.431	57.804	55.176

	Periodo: 21	Periodo: 22	Periodo: 23	Periodo: 24	Periodo: 25	Periodo: 26	Periodo: 27	Periodo: 28	Periodo: 29	Periodo: 30
Principal	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325
Juros	157.647	149.764	141.882	134.000	126.117	118.235	110.353	102.470	94.588	86.706
Saldo	6.428.179	6.089.854	5.751.529	5.413.203	5.074.878	4.736.553	4.398.228	4.059.903	3.721.577	3.383.252
Principal Mensal	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775
Juros Mensal	52.549	49.921	47.294	44.667	42.039	39.412	36.784	34.157	31.529	28.902

	Periodo: 31	Periodo: 32	Periodo: 33	Periodo: 34	Periodo: 35	Periodo: 36	Periodo: 37	Periodo: 38	Periodo: 39	Periodo: 40
Principal	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325	338.325
Juros	78.823	70.941	63.059	55.176	47.294	39.412	31.529	23.647	15.765	7.882
Saldo	3.044.927	2.706.602	2.368.277	2.029.951	1.691.626	1.353.301	1.014.976	676.650	338.325	0
Principal Mensal	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775	112.775
Juros Mensal	26.274	23.647	21.020	18.392	15.765	13.137	10.510	7.882	5.255	2.627

DEMONSTRATIVO RESULTADO DE VENDAS (DRE)

MAMONA

	DESCRIÇÃO			Mensal	
1	**Qtde**				
	1.1	Álcool Hidratado		268.707,99	
	1.2	Biodiesel		1.462.058,44	
	1.3	Glicerina Bidestilada		185.486,29	
	1.4	Glicerina Loira		168.623,90	
	1.5	Resíduo		141.375,00	
2	**RECEITA BRUTA**			**3.187.586,94**	**99,85%**
	2.1	Álcool Hidratado		252.585,51	7,92%
	2.2	Biodiesel		2.763.290,46	86,69%
	2.3	Glicerina Bidestilada		166.937,66	5,24%
	2.4	Glicerina Loira			0,00%
	2.5	Farelo		4.773,30	0,00%
	2.6	Resíduo		0,00	0,00%
3	**IMPOSTOS S/ VENDAS**			**387.705,29**	**3,33%**
	3.1	pis	0,65	77,68	0,02%
	3.2	Cofins	3,00	358,53	0,09%
	3.3	ICMS		12.487,29	3,22%
	3.4	Outros	18,00	0,00	0,00%
4	**Despesas Diversas**			**3.063,20**	**0,10%**
5	**RECEITA LÍQUIDA**			**2.796.818,44**	**87,74%**
6	**CUSTOS PRODUTOS VENDIDOS**			**1.590.129,26**	**49,89%**
7	**MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO**			**1.206.689,18**	**37,86%**
8	**DESPESAS INDUSTRIAIS**			**249.599,49**	**100,00%**
	8.1	Mão-de-Obra		90.465,00	36,24%
	8.2	Outras		159.134,49	63,76%
9	**LUCRO BRUTO**			**957.089,69**	**30,03%**
10	**DESPESAS OPERACIONAIS**			**49.276,25**	**100,00%**
	10.1	Administrativas		36.446,25	73,96%
	10.2	Comerciais		12.830,00	26,04%
11	**LUCRO OPERACIONAL**			**907.813,44**	**28,48%**
12	**RESULTADO FINANCEIRO**			**105.097,70**	**3,30%**
	Despesas Financeiras			**105.097,70**	**3,30%**
	12.1	Juros s/ Empréstimos		105.097,70	3,30%
	12.2	Despesas Capital Giro / Medio			0,00%
13	**LUCRO ANTES IR/CSLL**			**802.715,74**	**25,18%**
14	>>>	CSLL	9,00	72.244,42	2,27%
15	>>>	IRPJ	25,00	200.678,93	6,30%
16	**LUCRO APÓS IR/CSLL**			**529.792,39**	**16,62%**

Custo Fixo

MAMONA

Depto.	Conta	Valor
TOTAL		**179.134,49**
Produção	Depreciação	109.706,71
	Material Consumo/Limpeza	1.000,00
	Telefone / Correios	500,00
	Energia	10.000,00
	Analises	20.000,00
	Viagens e Estadas	500,00
	Combustível	1.000,00
	Manutenção Preventiva	11.427,78
	Outras	5.000,00
Administração	Material Consumo/Limpeza	1.000,00
	Telefone / Correios	1.000,00
	Energia	1.000,00
	Viagens e Estadas	2.000,00
	Combustível	1.000,00
	Outras	2.000,00
	Contabilidade / Terceiros	2.500,00
Vendas	Telefone / Correios	1.000,00
	Energia	500,00
	Viagens e Estadas	5.000,00
	Combustível	1.000,00
	Outras	2.000,00

DETALHAMENTO DA FOLHA DE PAGAMENTO MAMONA

Folha de Pagamento

Setor	Nr Turno	Funcionários Cargo	Qtde Turno	Qtde Total	Salário Unitário	Salário Total	Enc. Sociais 85,00	Salário + Encargos
TOTAL				**75**	**863,00**	**64.725,00**	**55.016,25**	**119.741,25**
Produção Direta				32	703,13	22.500,00	19.125,00	41.625,00
Produção Indireta				26	1.015,38	26.400,00	22.440,00	48.840,00
Administrativo				15	935,00	14.025,00	11.921,25	25.946,25
Vendas				2	900,00	1.800,00	1.530,00	3.330,00
				0	-	-	-	-

Produção Direta

Setor	Nr Turno	Funcionários Cargo	Qtde Turno	Qtde Total	Salário Unitário	Salário Total	Enc. Sociais 85,00	Salário + Encargos
TOTAL				**32**	**703,13**	**22.500,00**	**19.125,00**	**41.625,00**
Recepção de Grãos	1	Encarregado	1	1	1.300,00	1.300,00	1.105,00	2.405,00
	1	Recepção	5	5	525,00	2.625,00	2.231,25	4.856,25
Pre-Prensagem	1	Encarregado	1	1	1.300,00	1.300,00	1.105,00	2.405,00
	1	Prensagem	4	4	525,00	2.100,00	1.785,00	3.885,00
Extração por Prensagem	1	Encarregado	1	1	1.300,00	1.300,00	1.105,00	2.405,00
	1	Extração	3	3	525,00	1.575,00	1.338,75	2.913,75
Produção Biodiesel	4	Encarregado	1	4	1.300,00	5.200,00	4.420,00	9.620,00
	4	Produção	3	12	525,00	6.300,00	5.355,00	11.655,00
Armazenagem	1	Almoxarife	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
	0			0		-	-	-

Produção Indireta

Setor	Nr Turno	Funcionários Cargo	Qtde Turno	Qtde Total	Salário Unitário	Salário Total	Enc. Sociais 85,00	Salário + Encargos
TOTAL				**26**	**1.015,38**	**26.400,00**	**22.440,00**	**48.840,00**
Gerente Industrial	1	Gerente	1	1	5.000,00	5.000,00	4.250,00	9.250,00
Laboratório	1	Engenheiro Químico	1	1	3.500,00	3.500,00	2.975,00	6.475,00
	4	Assistentes Laboratório	1	4	800,00	3.200,00	2.720,00	5.920,00
Manutenção	1	Mecânico	1	1	1.300,00	1.300,00	1.105,00	2.405,00
	1	Elétrico	1	1	1.300,00	1.300,00	1.105,00	2.405,00
	4	Assistente Manutenção	1	4	800,00	3.200,00	2.720,00	5.920,00
Limpeza	4	Limpeza	1	4	525,00	2.100,00	1.785,00	3.885,00
Segurança	4	Segurança	2	8	525,00	4.200,00	3.570,00	7.770,00
Técnico Segurança Trabalho	2	Técnico Seg. Trabalho	1	2	1.300,00	2.600,00	2.210,00	4.810,00
Outros	1	Outros		0	525,00	-	-	-
				0		-	-	-

ADMINISTRAÇÃO

Setor	Nr Turno	Funcionários Cargo	Qtde Turno	Qtde Total	Salário Unitário	Salário Total	Enc. Sociais 85,00	Salário + Encargos
TOTAL				**15**	**935,00**	**14.025,00**	**11.921,25**	**25.946,25**
Gerente Administrativo	1	Gerente	1	1	2.500,00	2.500,00	2.125,00	4.625,00
Faturista	1	Faturista	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
Financeiro	1	Tesouraria	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
	1	Conta a Pagar	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
	1	Contas a Receber	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
Informática	2	Informática	1	2	1.300,00	2.600,00	2.210,00	4.810,00
Recursos Humanos	1	RH	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
Limpeza	1	Limpeza	1	1	525,00	525,00	446,25	971,25
Recepção / Telefonia	1	Recepção	2	2	600,00	1.200,00	1.020,00	2.220,00
Secretaria	1	Secretaria	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
Arquivo / Almoxarife ADM	1	Auxiliar	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
Outros	1	Outros	2	2	800,00	1.600,00	1.360,00	2.960,00
				0		-	-	-
				0		-	-	-

VENDAS

Setor	Nr Turno	Funcionários Cargo	Qtde Turno	Qtde Total	Salário Unitário	Salário Total	Enc. Sociais 85,00	Salário + Encargos
TOTAL				**2**	**900,00**	**1.800,00**	**1.530,00**	**3.330,00**
Gerente Vendas + Comissão	1	Gerente Venda	1	1	1.000,00	1.000,00	850,00	1.850,00
Auxiliar Vendas	1	Auxiliar Vendas	1	1	800,00	800,00	680,00	1.480,00
				0		-	-	-
				0		-	-	-

Máquinas e Equipamentos (INVENTÁRIO)

MAMONA

Quant.	Equipamentos	Vr. Unit (R$)	Vr. Total (R$)	Motores Pot.	Vr. Total	Total Equip. + Motores
1	Balança	63.000,00	63.000,00			63.000,00
1	Moega de descarga da matéria prima	18.500,00	18.500,00			18.500,00
1	Transportador de rosca da moega para o elevador	9.500,00	9.500,00	4 CV	390,00	9.890,00
2	Elevador de canecas para o abastecimento dos silos	32.500,00	65.000,00	40 CV	3.280,00	68.280,00
1	Secador de grãos 80 T	400.000,00	400.000,00	40 CV Incluso		400.000,00
1	Peneira de pré-limpeza	48.397,00	48.397,00	4 CV	390,00	48.787,00
2	Elevador de canecas para o abastecimento dos silos	32.500,00	65.000,00	40 CV	3.280,00	68.280,00
1	Silo de armazenagem	192.000,00	192.000,00			192.000,00
1	Transportador de rosca para abastecimento do elevador	9.500,00	9.500,00	4 CV	390,00	9.890,00
1	Elevador de canecas para o abastecimento dos silos	32.500,00	32.500,00	20 CV	1.640,00	34.140,00
9	Silos metálicos corrugado para abastecimento extrusora	8.778,00	79.002,00			79.002,00
9	Extrusora marca Green modelo EXGS 165	126.445,00	1.138.005,00	2.250 CV	194.300,00	1.332.305,00
9	Prensa para extração GP 2.500	124.608,00	1.121.472,00	675 CV	69.021,00	1.190.493,00
9	Rosca resfriadora Green modelo RRGE 9000	30.668,00	276.012,00	90 CV	9.360,00	285.372,00
9	Painel comando elétrico para a extrusora e prensa - 380 V	19.460,00	175.140,00			175.140,00
2	Rosca coletora	8.200,00	16.400,00	8 CV	780,00	17.180,00
2	Moinho de Martelos	28.780,00	57.560,00	200 CV	18.400,00	75.960,00
2	Rosca coletora	8.200,00	16.400,00	8 CV	780,00	17.180,00
1	Elevador de canecas	32.500,00	32.500,00	20 CV	1.640,00	34.140,00
10	Silo metálico chapa lisa com comporta manual	26.300,00	263.000,00			263.000,00
1	Estrutura de sustentação dos silos para expedição	45.800,00	45.800,00			45.800,00
1	Usina transesterificação processo contínuo	2.500.000,00	2.500.000,00			2.500.000,00
1	Bidestilação da glicerina	1.235.000,00	1.235.000,00			1.235.000,00
1	Unidade de neutralização do óleo	500.000,00	500.000,00			500.000,00
1	Unidade de degomagem do óleo	600.000,00	600.000,00			600.000,00
1	Tratamento de efluentes	250.000,00	250.000,00			250.000,00
1	Parque de tancagem	500.000,00	500.000,00			500.000,00
1	Laboratório	300.000,00	300.000,00			300.000,00
1	Escritório	200.000,00	200.000,00			200.000,00
1	Construção Civil	2.500.000,00	2.500.000,00			2.500.000,00
1	Caldeira Fogotubular	700.000,00	700.000,00			700.000,00
TOTAL						**13.713.339,00**