UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Análise Delphi e SWOT das Matérias-primas de Produção de Biodiesel: Soja, Mamona e Microalgas

Nathalia Silva Nogueira

Rio de Janeiro
2010

Nathalia Silva Nogueira

Análise Delphi e SWOT das Matérias-primas de Produção de Biodiesel: Soja, Mamona e Microalgas

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

Orientadores:

Prof. Suzana Borschiver, D.Sc

Prof. Maria Antonieta P. Gimenes Couto, D.Sc

EQ/UFRJ
Rio de Janeiro
Agosto/2010

Análise Delphi e SWOT das Matérias-primas de Produção de Biodiesel: Soja, Mamona e Microalgas

Nathalia Silva Nogueira

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 para a obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

_____
Profa Suzana Borschiver, D.Sc – EQ/UFRJ
(orientador – presidente da banca)

_____
Profa. Maria Antonieta P. Gimenes Couto, D.Sc – EQ/UFRJ
(orientadora)

_____
Profa. Maria José de Oliveira Guimarães, D.Sc – EQ/UFRJ

_____
Profa Maria Leticia Murta Valle, D.Sc - EQ/UFRJ

_____
Adailson Santos, D.Sc - INPI

Rio de janeiro, RJ- Brasil
Agosto de 2010

Ficha catalográfica

S586a Nogueira, Nathalia Silva.

Análise Delphi e SWOT das Matérias-primas de Produção de Biodiesel: Soja, Mamona e Microalgas/ Nathália Silva Nogueira. -- 2010.
Número de páginas f.: il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

Orientadores: Suzana Borschiver, Maria Antonieta P. Gimenes Couto

1. área. 2.sub área.– Dissertação. I. Nome da orientadora (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. III. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais que
nunca mediram esforços para
me ajudar a me tornar
o que hoje eu sou.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Renato e Marília pelo apoio, amor e carinho, sempre me incentivando e acreditando em mim em todos os momentos da minha vida.

À minha irmã Daniella pelo seu constante incentivo e amizade.

Às minhas orientadoras Profa Suzana Borschiver e Profa Maria Antonieta Peixoto Gimenes pela dedicação, atenção e ensinamentos durante a realização da minha graduação e pós-graduação.

Aos meus amigos que sempre torceram por mim.

RESUMO

NOGUEIRA, Nathalia Silva. **Análise Delphi e SWOT das Matérias-primas de Produção de Biodiesel: Soja, Mamona e Microalgas.** Rio de Janeiro, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Após a crise do petróleo iniciada no final de 1973, todos os países importadores de petróleo foram afetados, principalmente aqueles em desenvolvimento como o Brasil. Essa crise causou uma necessidade em se obter fontes alternativas de energia. Uma das alternativas colocadas em questão foi a utilização de óleo vegetal ao invés de óleo diesel, pois estes óleos poluem menos e tem poder calorífico bastante elevado.

A utilização dos óleos vegetais no Brasil teria grande futuro, já que nosso país é um dos maiores produtores mundiais de soja e possui grandes perspectivas para a produção de outras sementes oleaginosas como mamona, girassol entre outras.

Diante desta série de alternativas de matérias-primas para produção de biodiesel, um questionamento recorrente é: qual é a melhor tecnologia? Existem diversas informações e trabalhos sobre as diversas matérias-primas existentes para produção de biodiesel. Desse modo, o presente trabalho teve o objetivo sistematizar essas informações e realizar uma análise Delphi e SWOT de duas matérias-primas relativamente maduras, a partir da soja e da mamona, e de outra recente, a partir de microalgas.

Para o preenchimento da matriz SWOT, foram elaborados questionários e aplicada a metodologia Delphi o que possibilitou a construção de um diagnóstico qualitativo do que é proposto no estudo.

Desse modo foi possível validar as metodologias utilizadas e concluir que a mamona se mostrou como matéria-prima mais adequada para produção de biodiesel. Uma das grandes vantagens da matéria-prima mamona para produção de biodiesel que contribuiu para este resultado é a possibilidade de integração de rotas em seu processo de produção, pois conforme mencionado ao longo do estudo o resíduo da torta da mamona pode ser utilizada para produção de etanol de segunda geração que serve como insumo para produção de biodiesel.

Palavras-chave: biodiesel, tecnologia, mamona, soja, microalgas.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Nathalia Silva. **Delphi and SWOT Analysis of the technologies of biodiesel production from soy seeds, castor seeds and microalgae.** Rio de Janeiro, 2010. Disertation (Master in Science) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Following the oil crisis which began at the end of 1973, all oil-importing countries faced the resulting effects. The oil crisis created the need to find alternative of energy sources. One of these alternatives which arose was the use of vegetable oil as replacement for the diesel oil, although these oils are less polluting as well as offering a relatively high calorific power.

The use of vegetal oils in Brazil have a great future, since our country is one of world-wide greater producer of soy seed and have great perspectives for the production of other oleaginosas seeds as castor, sunflower among others.

Against of this series of technological alternatives of production of biodiesel, a recurrent questioning is: which is the best raw material? There are diverse information and works of different existing raw materials of biodiesel production. This manner, the present work has the objective systemize these information and to do a SWOT analysis of two raw materials of almost mature production of biodiesel, from the soy seeds, castor seeds, and of another recent one, from the microalgae.

To fill matrix SWOT, questionnaires had been elaborated and applied the Delphi methodology, what it made possible the construction of a qualitative diagnosis which was considered in the study.

In a general way, it was possible to observe in contrast that for the studied factors, the biodiesel production from castor seeds, did not present bad performance, of the technology of production by the soy, where the factors of bigger importance had gotten bad performance. Already for the biodiesel production from *microalgae* that currently a great prominence has gained, it presented its factors in good or very bad majority distributed in two extrems, or, what sample that this promising technology still has many aspects to ripen before a promise in the biocombustíveis area.

Key words: biodiesel, technology, castor seeds, soy seeds, microalgae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pilares do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel ... **Erro! Indicador não definido.**
Figura 2 – Mapeamento das oleaginosas do Brasil..... **Erro! Indicador não definido.**
Figura 3 – Localização cadastradas na ANP..... **Erro! Indicador não definido.**
Figura 4 - Mapeamento das oleaginosas do Brasil (SEBRAE, 2008) 12
Figura 5 - Localização cadastradas na ANP (Elaboração própria a partir de dados da ANP)13
Figura 6 - Rotas de produção das plantas de biodiesel (COPPEAD, 2007) 14
Figura 7 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil (Elaboração própria a partir de dados da ANP).....14
Figura 8 - Reação de Transesterificação (Elaboração própria).....18
Figura 9 - Diagrama de blocos do processo de produção de biodiesel (PARENTE, 2003)...19
Figura 10 - : Reação de Esterificação (Elaboração própria) 25
Figura 11 - Modelo do complexo soja com a unidade de transterificação incluída.....51
Figura 12 - Efeito da mistura de biodiesel sobre o custo final do combustível e percentual de aumento.....53
Figura 13 – A mamoeira (Ricinus communis L.).....58
Figura 14 - Principais produtos oleoquímicos da mamona e seus usos finais 61
Figura 15 - Esquema simplificado do cultivo de microalga e a reciclagem e uso de subprodutos.....67
Figura 16 - Análise SWOT 73
Figura 17 - Seqüência de evolução da pesquisa Delphi 77
Figura 18 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por ano.....91
Figura 19 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por ano 91
Figura 20 - Patentes sobre biodiesel de microalgas por ano 92
Figura 21 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por país 92
Figura 22 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por país.....93
Figura 23 - Patentes sobre biodiesel de microalga por país.....93
Figura 24 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por tipo de depositante.....94
Figura 25 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por tipo de depositante 94
Figura 26 - Patentes sobre biodiesel de microalgas por tipo de depositante 95
Figura 27 - Matriz SWOT 111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de algumas culturas oleaginosas com potencial de uso energético....11
Tabela 2 - Comparação das rotas metílica e etílica....23
Tabela 3 - Capacidade de produção de biodiesel na União Européia....30
Tabela 4 - Previsão do total de gases a ser reduzido para o período de 2008-2012 (Michaelowa, 2008)....41
Tabela 5 - Redução das emissões de CO2 devido ao uso do biodiesel (Elaboração própria)..43
Tabela 6 - Redução de emissão de CO2 por percentuais de biodiesel no diesel (Elaboração própria)....43
Tabela 7 - Quanto a redução das emissões de CO2 por percentual de biodiesel no diesel representam na meta anual de redução dos países do anexo B (Elaboração própria)....44
Tabela 8 - Matérias primas usadas na produção do biodiesel (jan/2007 a fev/2008)....50
Tabela 9 - Estimativa teórica da área plantada de soja necessária para suprir a demanda de biodiesel....56
Tabela 10 - Estimativa da área plantada de mamona para suprir demanda de biodiesel de mamona....63
Tabela 11 - MAMONA COMPARATIVO DE ÁREA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO SAFRAS 2007/2008 E 2008/2009....82
Tabela 12 - SOJA COMPARATIVO DE ÁREA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO SAFRAS 2007/2008 E 2008/2009....82
Tabela 13 - Aproveitamento de resíduos da soja....84
Tabela 14 - Aproveitamento de resíduos da mamona....84
Tabela 15 - Aproveitamento de resíduos da microalga....85
Tabela 16 - Custo de produção e preço na bomba do biodiesel proveniente da soja....85
Tabela 17 - PREÇOS MÍNIMOS da Soja e Mamona Safras 2007/2008 e 2008/2009....87
Tabela 18 - Investimento Inicial das usinas de biodiesel da PETROBRAS....89
Tabela 19 - Desempenho do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis”96
Tabela 20 - Importância do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis”.97
Tabela 21 - Desempenho do fator “Potencial de geração de empregos”....98
Tabela 22 - Importância do fator “Potencial de geração de empregos”....98
Tabela 23 - Desempenho do fator “Potencial Brasileiro de Produção”....99
Tabela 24 - Importância do fator “Potencial Brasileiro de Produção”....99
Tabela 25 - Desempenho do fator “Potencial de produção por área cultivada”....100
Tabela 26 - Importância do fator “Potencial de produção por área cultivada”....100
Tabela 27 - Desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos”....101
Tabela 28 - Importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos”....101
Tabela 29 - Desempenho do fator “Custo de Produção”....102
Tabela 30 - Importância do fator “Custo de Produção”....102
Tabela 31 - Desempenho do fator “Impostos”....103
Tabela 32 - Importância do fator “Impostos”....103
Tabela 33 - Desempenho do fator “Preço da Matéria-Prima”....104
Tabela 34 - Importância do fator “Preço da Matéria-Prima”....104
Tabela 35 - Desempenho do fator “Investimento Inicial”....105
Tabela 36 - Importância do fator “Investimento Inicial”....105
Tabela 37 - Desempenho do fator “Mão-de-obra”....106
Tabela 38 - Importância do fator “Mão-de-obra”....106
Tabela 39 - Desempenho do fator “Maturidade Tecnológica”....107

Tabela 40 - Importância do fator “Maturidade Tecnológica” 107
Tabela 41 - Desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” 108
Tabela 42 - Importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” 108
Tabela 43 - Desempenho do fator “Impostos” 109
Tabela 44 - Importância do fator “Impostos” 109
Tabela 45 - Legenda para leitura da Matriz SWOT 110
Tabela 46 - Pontuação de acordo com a escala de importância 121
Tabela 47 - Pontuação obtida para cada matéria-prima 121

LISTA DE SIGLAS

SWOT – Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats)

OCDE - A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

MTBE – Methyl tert-butyl ether

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário

CNOOC - China National Offshore Oil Corporation

EGCS - Energy Grants Credits Scheme Act

ANP – Agência Nacional do Petróleo

GEE – Gases do efeito estufa

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

COP-1 - Conferência das Partes

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

RCEs - Reduções certificadas de emissões

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

UnB - Universidade de Brasília

GET - Energy and Telecommunication

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

NREL - National Renewable Energy Laboratory

ADC - Alta Densidade Celular

UADC - Ultra Alta Densidade Celular

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO 1

I.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA 1
I.2 OBJETIVO 1
I.3 JUSTIFICATIVA PARA O TEMA 2
I.3.1 MUDANÇA DE PARADIGMA: COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS X RENOVÁVEIS 2
I.3.2 A MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL 3
I.3.3 PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL (PNPB) 7
I.3.4 POTENCIAL BRASILEIRO PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS 10
I.3.5 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE BIODIESEL 12

CAPÍTULO II: BIODIESEL 16

II.1 HISTÓRIA DO BIODIESEL 16
II.2 OBTENÇÃO DO BIODIESEL 18
II.3 O BIODIESEL NO BRASIL 26
II.4 O BIODIESEL NO MUNDO 28
II.4.1 EUROPA 29
II.4.2 ESTADOS UNIDOS 30
II.4.3 ÁSIA E OCEANIA 31
II.5 PRINCIPAIS FABRICANTES DE PLANTAS DE BIODIESEL NO MUNDO 33

CAPÍTULO III: ASPECTOS AMBIENTAIS DO BIODIESEL 36

III.1 A CONVENÇÃO DO CLIMA E OS CRÉDITOS DE CARBONO 37
III.2 CRÉDITOS DE DIÓXIDO DO CARBONO DEVIDO AO BIODIESEL 42

CAPÍTULO IV: PRODUÇÃO 45

IV.1 BIODIESEL DE SOJA 48
IV.1.2 HISTÓRICO DA SOJA 48
IV.1.3 O CULTIVO DA SOJA NO BRASIL 48
IV.1.4 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE SOJA 50
IV.2 BIODIESEL DE MAMONA 57
IV.2.1 HISTÓRICO DA MAMONA 57
IV.2.2 O CULTIVO DA MAMONA NO BRASIL 58
IV.2.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE MAMONA 60
IV.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE MICROALGAS 65
IV.3.1 HISTÓRICO 65
IV.3.2 CADEIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS BASEADA EM MICROALGAS 66

CAPÍTULO V: METODOLOGIA DE ESTUDO 73

V.1 ANÁLISE SWOT 73
V.1.1 AMBIENTE INTERNO (FORÇAS E FRAQUEZAS) 74

V.1.2 AMBIENTE EXTERNO (AMEAÇAS E OPORTUNIDADES) 75
V.2 METODOLOGIA DELPHI 75

CAPÍTULO VI: INDICADORES/FATORES DE ESTUDO 80

VI.1 PRODUÇÃO DE ALIMENTOS & PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS 80
VI.2 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EMPREGOS 81
VI.3 POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO 81
VI.4 POTENCIAL DE PRODUÇÃO POR ÁREA CULTIVADA 83
VI.5 POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS 83
VI.6 CUSTO DE PRODUÇÃO 85
VI.7 IMPOSTOS 86
VI.8 PREÇO DA MATÉRIA-PRIMA 87
VI.9 INVESTIMENTO INICIAL 89
VI.10 MÃO-DE-OBRA 90
VI.11 MATURIDADE TECNOLÓGICA 90

CAPÍTULO VII: RESULTADOS E DISCUSSÃO 96

VII.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI – 1ª RODADA 96
VII.1.1 FATOR 1: PRODUÇÃO DE ALIMENTOS & PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS 96
VII.1.2 FATOR 2: POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EMPREGOS 97
VII.1.3 FATOR 3: POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO 99
VII.1.4 FATOR 4: POTENCIAL DE PRODUÇÃO POR ÁREA CULTIVADA 100
VI.1.5 FATOR 5: POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS 100
VII.1.6 FATOR 6: CUSTO DE PRODUÇÃO 102
VII.1.7 FATOR 7: IMPOSTOS 103
VII.1.8 FATOR 8: PREÇO DA MATÉRIA-PRIMA 104
VII.1.9 FATOR 9: INVESTIMENTO INICIAL 105
VII.1.10 FATOR 10: MÃO-DE-OBRA 105
VII.1.11 FATOR 11: MATURIDADE TECNOLÓGICA 106
VII.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI – 2ª RODADA 108
VI.2.1 FATOR 5: POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS 108
VII.2.2 FATOR 7: IMPOSTOS 109
VII.3 MATRIZ SWOT 109
VII.3.1 ANÁLISE DA MATRIZ SWOT 112
VII.3.1.1 *CLUSTER I* 112
VII.3.1.2 *CLUSTER II* 113
VII.3.1.3 *CLUSTER III* 114
VII.3.1.4 *CLUSTER IV* 115
VII.3.1.5 *CLUSTER V* 116
VII.3.1.6 *CLUSTER VI* 117
VII.3.1.7 *CLUSTER VII* 118
VII.3.1.8 *CLUSTER VIII* 119
VII.3.1.9 *CLUSTER IX* 119
VII.3.2 ANÁLISE DA MATRIZ SWOT – QUANTIFICANDO OS RESULTADOS 120

CAPÍTULO VIII: CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 123

CAPÍTULO IX: REFERÊNCIAS 127

ANEXO A 136

ANEXO B 139

ANEXO C 1

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

I.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Após a crise do petróleo iniciada no final de 1973, todos os países importadores de petróleo foram afetados, principalmente aqueles em desenvolvimento como o Brasil. Essa crise causou uma necessidade em se obter fontes alternativas de energia. Uma das alternativas colocadas em questão foi a utilização de óleo vegetal ao invés de óleo diesel, por serem menos poluentes e terem poder calorífico bastante elevado (NOGUEIRA, 2007).

Nesse sentido, o biodiesel surgiu como uma excelente alternativa para o Brasil uma vez que, por sua extensa área geográficos, climas tropicais e subtropicais, favorecem uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel. Destacam-se, dentre as principais matérias-primas estudadas para o biodiesel, as oleaginosas, como o algodão, amendoim, dendê, girassol, mamona, pinhão manso e soja. São também consideradas matérias-primas para biocombustíveis os óleos de descarte (óleos já utilizados em frituras de alimentos), gorduras animais, vem sendo estudadas a matérias-prima para produção de biodiesel a partir de microalgas (SEBRAE, 2008).

I.2 OBJETIVO

Diante desta série de matérias-primas disponíveis para produção de biodiesel, um questionamento recorrente é: qual é a matéria-prima mais apropriada? Existem diversas informações e trabalhos sobre várias opções de

matérias-primas existentes para produção de biodiesel. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo responder a esta questão sistematizando as informações disponíveis na literatura e propondo uma análise utilizando a metodologia Delphi e SWOT de duas matérias-primas de produção de biodiesel relativamente maduras, a partir da soja e da mamona, e de outra recente, a partir de microalgas. Outro objetivo, mais específico é validar a metodologia Delphi como complemento da análise SWOT como importante ferramenta de prospecção tecnológica e análise de tendências.

I.3 JUSTIFICATIVA PARA O TEMA

I.3.1 MUDANÇA DE PARADIGMA: COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS X RENOVÁVEIS

Na conjuntura atual é possível observar o grave problema de escassez energética com o qual a humanidade se depara. Os derivados de petróleo estarão se exaurindo nas próximas décadas e o tempo geológico necessário para a revitalização do estoque desta energia fóssil a inviabiliza no longo prazo. Neste contexto, a busca por fontes renováveis de energia, como, por exemplo, o biodiesel, torna-se de suma importância (PRATA, 2007)

O Brasil tem vantagens comparativas significativas para a química verde, tanto em relação as suas possibilidades de produção agrícola, seja na área dos amiláceos, dos açúcares dos óleos vegetais ou mesmo da celulose e afins como também em termos de utilização de fontes renováveis de energia, que respondem

por cerca de 41% de participação na Oferta Interna de Energia (OIE) enquanto que a média mundial é de 14% e, de apenas 6% nos países da OCDE[1].

Entre as diversas alternativas de energias renováveis pode-se destacar o etanol e o biodiesel. Em relação ao etanol, que também pode atuar como substituto do MTBE para aditivo para gasolina, a média de produção mundial deve passar de 40 bilhões de litros ao ano, para 65 bilhões de litros em 2012 (BORSCHIVER,2006). Aproximadamente 95% da produção mundial é de origem renovável onde a cana-de-açúcar e a beterraba respondem juntas por 61% de participação. O custo de produção do etanol varia basicamente com o custo da matéria-prima empregada e com a escala de produção. No Brasil, totalmente extraído da cana-de-açúcar, é o mais baixo do mundo, cerca de US$ 0,18/litro, sendo o custo de produção do etanol de milho, utilizado nos Estados Unidos é cerca de U$0,45/L (ANDREOLI, 2006) e o custo de produção do etanol de beterraba empregado predominantemente na Europa é de aproximadamente US$ 0,56/litro (BORSCHIVER,2006)

I.3.2 A MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

A energia é essencial para o desenvolvimento, que é uma das aspirações fundamentais dos povos de todos os países. O mundo atual depende, para seu funcionamento, do abastecimento de vetores energéticos modernos que são o

[1] A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização internacional e intergovernamental que agrupa os países mais industrializados da economia do mercado. Os países membros são: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coréia, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suécia, Suíça e Turquia. N.de.A.

carvão, o petróleo, o gás natural, a energia nuclear e a hidroeletricidade. Os quatro primeiros são as principais fontes energéticas primárias, porém não são renováveis e dispõem de reservas limitadas. O quinto, que é renovável, se encontra em quantidade limitada e se concentra sobremodo em alguns países. As fontes de energia renováveis já demonstraram poder sustentar a economia mundial de várias maneiras. No entanto, é fato que os combustíveis fósseis e a eletricidade se constituem hoje a base para operar o atual modelo tecnológico e manter o estilo de vida rural e urbano contemporâneo (BARROS, 2007)

A matriz energética mundial tem participação total de 80% de fontes de carbono fóssil, sendo 35% de petróleo; 25,30% de carvão e 20,70% de gás natural. O Brasil se destaca entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética. Isso se explica por alguns privilégios da natureza, como uma bacia hidrográfica contando com vários rios de planalto, fundamental a produção de eletricidade (14,83%), e o fato de ser o maior país tropical do mundo, um diferencial positivo para a produção de energia de biomassa (30,23%). A figura 1 a seguir mostra a oferta interna de energia no Brasil e no mundo.

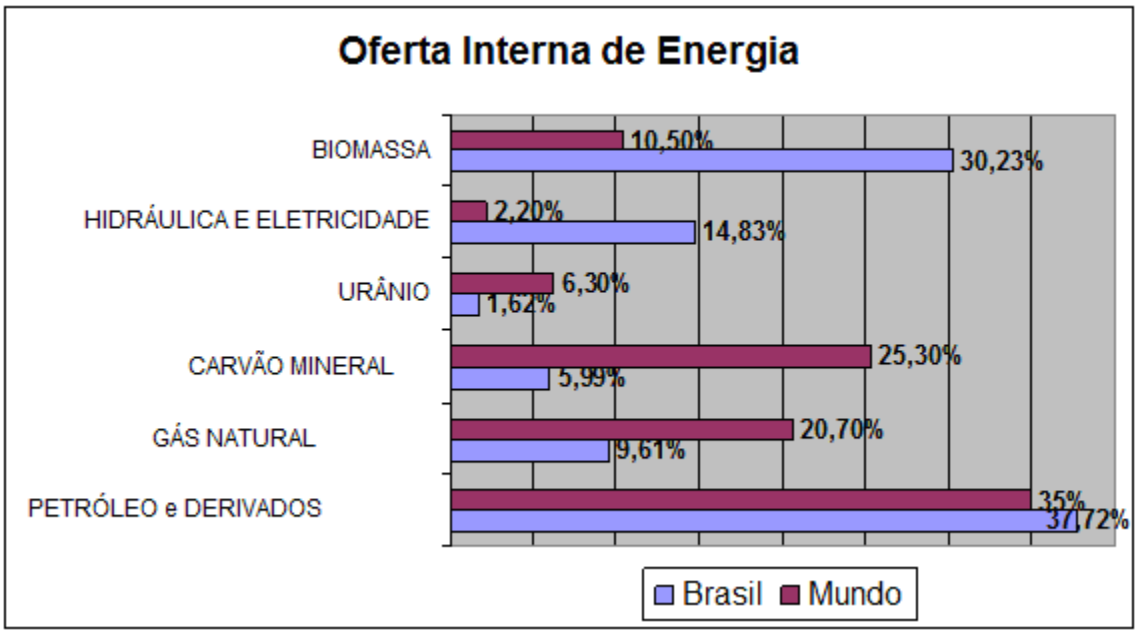

Figura 1 - Oferta Interna de Energia (MME, 2006)

O biodiesel se insere na matriz energética brasileira a partir da criação de seu marco regulatório, através da lei 11.097/2005, publicada no Diário Oficial da União em 13/01/2005. A figura 2 a seguir apresenta uma linha histórica, a qual vai desde a criação desta lei, até a obrigatoriedade do uso do B5 (biodiesel a 5% no óleo diesel) a partir de 2013.

Figura 2 - Evolução do marco regulatório (Site ANP, 2010)

Segundo PLÁ (2005) existe uma série de vantagens na inserção do biodiesel na matriz energética brasileira. Entre elas, podemos destacar:

a) Vantagens ecológicas: A emissão de gases da combustão dos motores que operam com biodiesel não contém óxidos de enxofre, principal causador da chuva ácida e de irritações das vias respiratórias. A produção agrícola que origina as matérias primas para o biodiesel capta CO_2 da atmosfera durante o período de crescimento, sendo que apenas parte desse CO_2 é liberada durante o processo de combustão nos motores, ajudando a controlar o “efeito estufa”, apontado como causador do aquecimento global do planeta;

b) Vantagens macroeconômicas: A expansão da demanda por produtos agrícolas deverá gerar oportunidades de emprego e renda para a população rural; a produção de biodiesel poderá ser realizada em localidades próximas dos locais de uso do combustível, evitando o custo desnecessário de uma movimentação redundante;

c) Diversificação da matriz energética, através da introdução dos biocombustíveis. É necessário definir uma metodologia específica para os estudos de alternativas de investimentos na introdução de novas tecnologias para a produção e distribuição e logística dos biocombustíveis;

d) Vantagens financeiras: A produção de biodiesel permitirá atingir as metas propostas pelo Tratado de Quioto, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, habilitando o País para participar no mercado de “créditos de carbono”;

e) Desenvolvimento regional: a dinâmica da globalização é renovar-se continuamente, sendo uma realidade que todo padrão de consumo capitalista é

ditado pelas escalas mais elevadas, ou seja, por aqueles países detentores do padrão tecnológico mais avançado. Logo é vital uma reestruturação do sistema produtivo, demonstrando a necessidade por inovações produtivas, inserindo-se aí a constituição de uma cadeia competitiva do biodiesel como resposta de desenvolvimento local ante ao desafio global (PLÁ, 2005).

I.3.3 PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL (PNPB)

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), estruturado conforme a figura 3 a seguir, é um programa interministerial do Governo Federal que objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, a produção e uso do Biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda[2].

As principais diretrizes do PNPB são:

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

[2] As informações constantes desta seção foram extraídas da página eletrônica do PNPB (http://www.biodiesel.gov.br/programa)

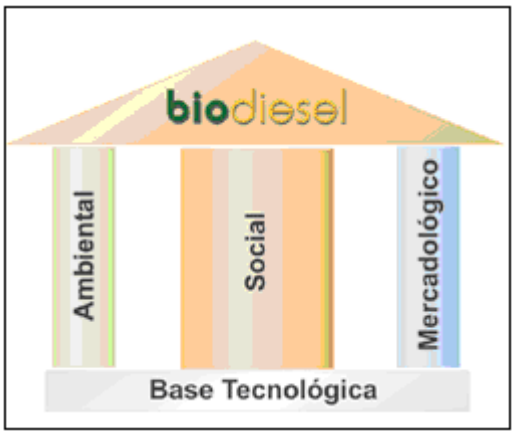

Figura 3 - Pilares do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

A Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, estabelece a obrigatoriedade da adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor, em qualquer parte do território nacional. Esse percentual obrigatório será de 5%, oito anos após a publicação da referida lei, havendo um percentual obrigatório intermediário de 2%, três anos após a publicação da mesma.

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.

Segundo dados do IBGE, 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. As regras permitem a produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar.

O cultivo de matérias-primas e a produção industrial de biodiesel, ou seja, a cadeia produtiva do biodiesel tem grande potencial de geração de empregos, promovendo, dessa forma, a oportunidade de inclusão social, especialmente quando se considera o amplo potencial produtivo da agricultura familiar. No Semi-Árido brasileiro e na região Norte, a inclusão social é ainda mais premente.

No Semi-Árido, por exemplo, a renda anual líquida de uma família a partir do cultivo de cinco hectares com mamona e uma produção média entre 700 e 1,2 mil quilos por hectare, pode variar entre R$ 2,5 mil e R$ 3,5 mil. Além disso, a área pode ser consorciada com outras culturas, como o feijão e o milho.

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, conforme Instrução Normativa no. 01, de 05 de julho de 2005. Em 30 de Setembro de 2005, o Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) publicou a Instrução Normativa no. 02 para projetos de biodiesel com perspectivas de se consolidarem como empreendimentos aptos ao selo combustível social. 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 dar direito de 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.

Os agricultores familiares também terão acesso a linhas de crédito do Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), por meio dos bancos que operam com esse Programa, assim como acesso à assistência técnica, fornecida pelas próprias empresas detentoras do Selo Combustível Social, com apoio do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) por meio de parceiros públicos e privados. Na safra 2005-2006 os agricultores familiares que desejavam participar da cadeia produtiva do biodiesel tinham à disposição uma linha de crédito adicional do PRONAF para o cultivo de oleaginosas. Com isso, o produtor teve uma possibilidade a mais de gerar renda, sem deixar a atividade principal de plantio de alimentos.

I.3.4 POTENCIAL BRASILEIRO PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

Como mencionado anteriormente, o Brasil apresenta uma variada gama de produção de biodiesel. Cada oleaginosa, dependendo da região na qual é cultivada e segundo as condições de clima e de solo, apresenta características específicas na produtividade por hectare e na percentagem de óleo obtida da amêndoa ou grão. A produtividade obtida também está diretamente associada às condições de clima e do sol, às tecnologias de cultivo, à qualidade de semente e às tecnologias de processamento praticadas. A tabela 1 a seguir ilustra a relação das espécies, produtividade e rendimento de acordo com as regiões produtoras (SEBRAE, 2008).

Tabela 1 - Características de algumas culturas oleaginosas com potencial de uso energético (SEBRAE, 2008)

Espécie	Produtividade (t/ha)	% de óleo	Ciclo de vida	Regiões Produtoras	Tipo de cultura	Rendimento (t/ha)
Algodão	0,86 a 1,4	15	Anual	MT,GO,MS,BA e MA	Mecanizada	0,1 a 0,2
Amendoim	1,5 a 2	40 a 43	Anual	SP	Mecanizada	0,6 a 0,8
Dendê	15 a 25	20	Perene	BA e PA	Intensiva MO	3 a 6
Girassol	1,5 a 2	28 a 48	Anual	GO, MS, SP, RS e PR	Mecanizada	0,5 a 0,9
Mamona	0,5 a 1,5	43 a 45	Anual	Nordeste	Intensiva MO	0,5 a 0,9
Pinhão-Manso	2 a 12	50 a 52	Perene	Nordeste e MG	Intensiva MO	1 a 6
Soja	2 a 3	17	Anual	MT, PR, RS, GO,MS, MG e SP	Mecanizada	0,2 a 0,4

* MO= Mão-de-obra

A figura 4 a seguir apresenta um mapeamento das oleaginosas do Brasil. Como se percebe pelo mapa, as oleaginosas estão presentes em todo o território nacional, até mesmo nas áreas da Amazônia Legal[3], onde se verifica a cultura extrativista do dendê. No Mato Grosso, onde há ainda grandes áreas para implantação da agricultura, a soja tem se consolidando como principal grão, já se comprovando a presença também do girassol e algodão.

[3] A **Amazônia Legal** é uma área que engloba nove estados brasileiros pertencentes à Bacia amazônica e, conseqüentemente, possuem em seu território trechos da Floresta Amazônica. Com base em análises estruturais e conjunturais, o governo brasileiro, reunindo regiões de idênticos problemas econômicos, políticos e sociais, com o intuito de melhor planejar o desenvolvimento social e econômico da região amazônica, instituiu o conceito de Amazônia Legal. (WIKIPÉDIA)

Figura 1 - Mapeamento das oleaginosas do Brasil (SEBRAE, 2008)

A soja tem avançado nos últimos anos também para o interior da Bahia, Tocantins, Piauí e Maranhão, mantendo-se como grande produto do agronegócio brasileiro. A mamona por sua vez, ainda se adapta bem no semi-árido nordestino e deve receber mais incentivos para o seu retorno aos bons tempos de grandes produções. Nas regiões Sul e Sudeste, destaque para as culturas do algodão, da soja e amendoim, que cobrem razoáveis extensões de terra na região (SEBRAE, 2008)

I.3.5 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE BIODIESEL

A figura 5 a seguir mostra um mapeamento das usinas de biodiesel cadastradas pela ANP.

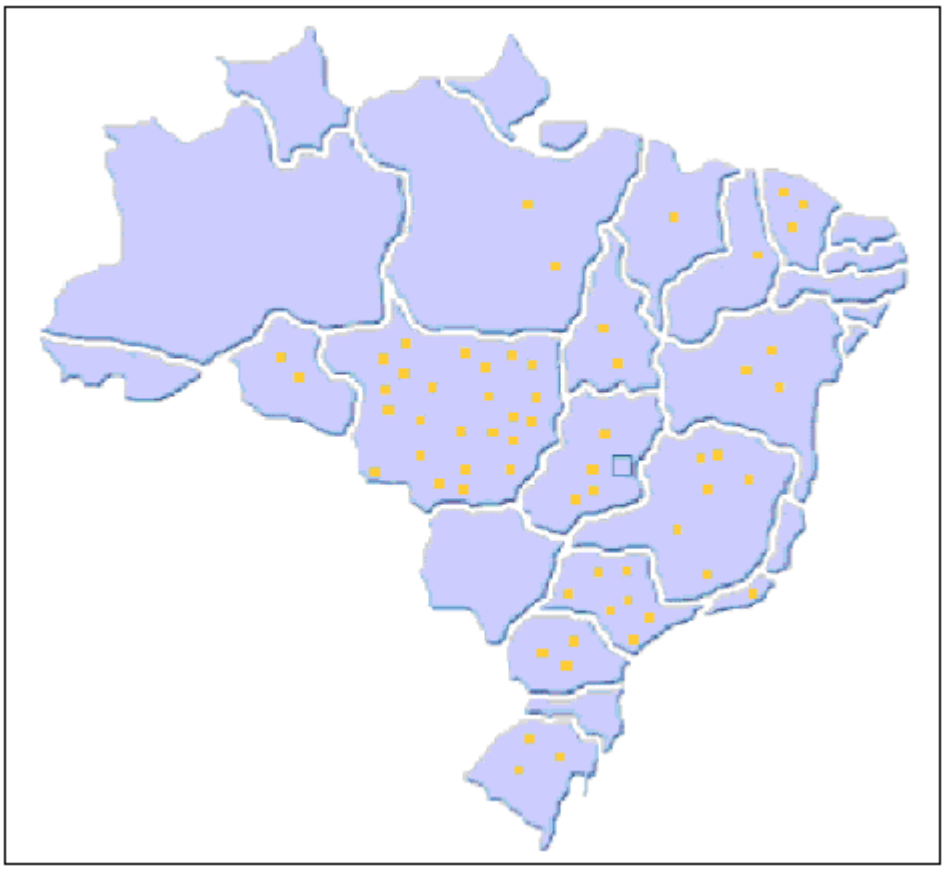

Figura 2 - Localização cadastradas na ANP (Elaboração própria a partir de dados da ANP)

É possível observar que a maioria das plantas se concentra no Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo.

O biodiesel pode ser produzido a partir de duas rotas, a metílica onde o óleo reage com o álcool metílico para produzir o biodiesel e a etílica, onde o óleo reage com o álcool etílico para produzir o biodiesel.

Em relação às rotas de produção, a figura 6 a seguir mostra a quantidade de plantas com rota etílica e metílica.

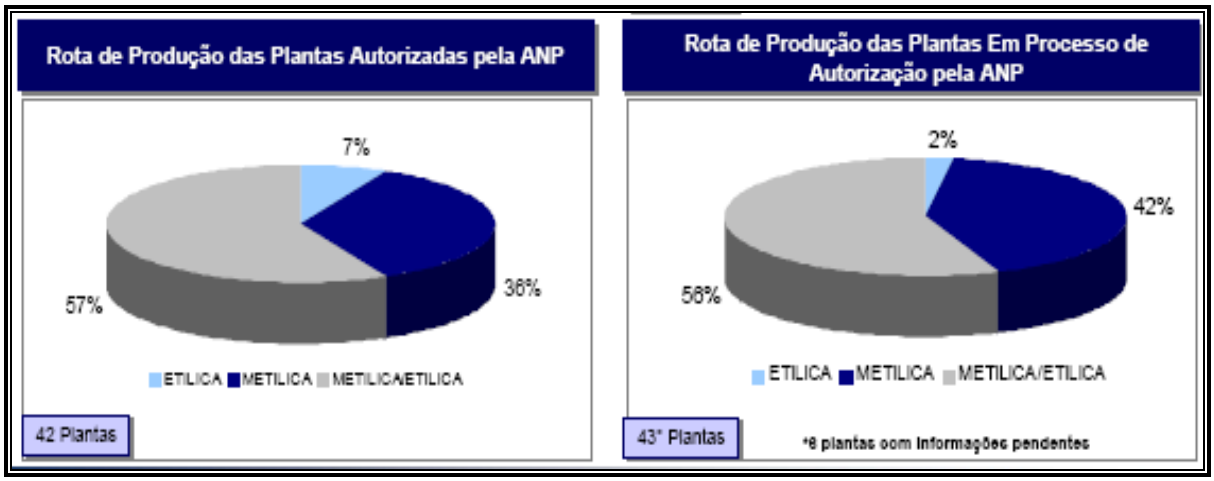

Figura 3 - Rotas de **produção das plantas de biodiesel (COPPEAD, 2007)**

É possível perceber que a maioria das plantas utiliza rota etílica e metílica e que pouquíssimas utilizam somente a rota etílica.

A figura 7 apresenta a evolução da produção de biodiesel no Brasil.

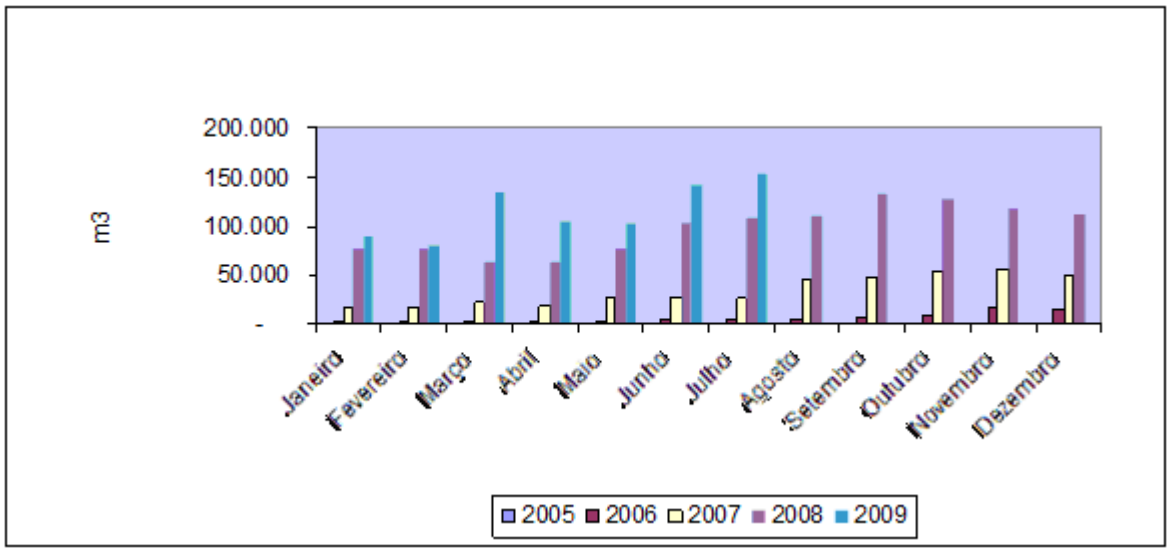

Figura 4 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil (Elaboração própria a partir de dados da ANP)

A figura acima mostra que a produção de biodiesel tem crescido a cada ano. As pequenas oscilações na produção de biodiesel são referentes à queda nas safras das oleaginosas.

Diante do exposto, o presente trabalho estruturado em nove capítulos apresenta uma abordagem sistematizada de três matérias-primas de produção de biodiesel: soja, mamona e microalgas.

Além deste capítulo, que é a introdução, o capítulo II apresenta aspectos gerais sobre o biodiesel, como histórico, tecnologias em linhas gerais e o biodiesel no Brasil e no mundo. O capítulo III apresenta os aspectos ambientais do biodiesel e um estudo sobre seu uso e os créditos de carbono. O capítulo IV apresenta as tecnologias de obtenção do biodiesel com destaque para as que têm foco no presente estudo: soja, mamona e microalgas. O capítulo V apresenta as metodologias utilizadas para o estudo e o sexto capítulo apresenta os indicadores utilizados no estudo da análise SWOT. O sétimo capítulo apresenta os resultados e discussão e por fim, o capítulo VIII apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros e o capítulo IX apresenta as referências.

CAPÍTULO II: BIODIESEL

II.1 HISTÓRIA DO BIODIESEL

As primeiras experiências com motores de combustão por compressão foram realizadas com óleo de amendoim. No ano 1900, o próprio Rudolph Diesel apresentou um protótipo de motor na Exposição Universal de Paris, que foi acionado com óleo de amendoim, cultura que era muito difundida nas colônias francesas na África. No entanto, a abundância da oferta de petróleo e o seu preço accessível, determinaram que, nos anos seguintes, os derivados do petróleo fossem os combustíveis preferidos, reservando os óleos vegetais para outros usos.

Por outra parte, os óleos vegetais apresentavam dificuldades para se obter uma boa combustão, atribuídas a sua elevada viscosidade, a que impedia uma adequada injeção nos motores. O combustível de origem vegetal deixava depósitos de carbono nos cilindros e nos injetores, requerendo uma manutenção intensiva. A pesquisa realizada para resolver esses problemas conduziu à descoberta da transesterificação, que é a quebra da molécula do óleo, com a separação da glicerina e a recombinação dos ácidos graxos com álcool. Este tratamento permitiu superar as dificuldades com a combustão. Um cientista belga, G. Chavanne patenteou o processo de produção em 1937 (KNOTHE, 2001).

Do ponto de vista químico, o produto da reação do óleo com o álcool é um éster monoalquílico do óleo vegetal, cuja molécula apresenta muita semelhança com as moléculas dos derivados do petróleo. O rendimento térmico do novo combustível é de 95% em relação ao do diesel de petróleo, ou seja, que, do ponto

de vista prático, não se percebe qualquer diferença. Os primeiros a utilizar a feliz denominação de biodiesel para esses combustíveis foram pesquisadores chineses, em 1988 (KNOTHE, 2001).

Na década de 30, o governo francês incentivava as experiências com o óleo de amendoim visando a conquistar a independência energética (KNOTHE, 2001). Durante a II Guerra Mundial, o combustível de origem vegetal foi utilizado extensamente em vários países, incluindo a China, a Índia e, obviamente, a Bélgica. Em 1941 e 1942, havia uma linha de ônibus entre Bruxelas e Louvain, que utilizava combustível obtido a partir do óleo de palma (KNOTHE, 2001)

A II Guerra Mundial cortou as linhas de abastecimento e causou aguda escassez de combustíveis, estimulando a busca de substituintes. Porém, o desenvolvimento dos combustíveis de origem vegetal foi praticamente abandonado quando o fornecimento de petróleo foi restabelecido: no final da Guerra: a abundância de petróleo importado, especialmente do Oriente Médio, por preços muito accessíveis, desestimulava a utilização de combustíveis alternativos.

Sabe-se atualmente, que os motores a diesel podem ser adaptados para utilizar, como combustível, os óleos vegetais in natura (sistema Elsbett). No entanto, o método belga, de transformação dos óleos, parece mais adequado para resolver o problema do transporte, já que não requer qualquer modificação nos motores.

II.2 OBTENÇÃO DO BIODIESEL

O processo para a transformação do óleo vegetal em biodiesel chama-se transesterificação.

A transesterificação nada mais é do que a separação da glicerina do óleo vegetal. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por glicerina. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo a viscosidade. A figura 9 a seguir mostra a reação de transesterificação.

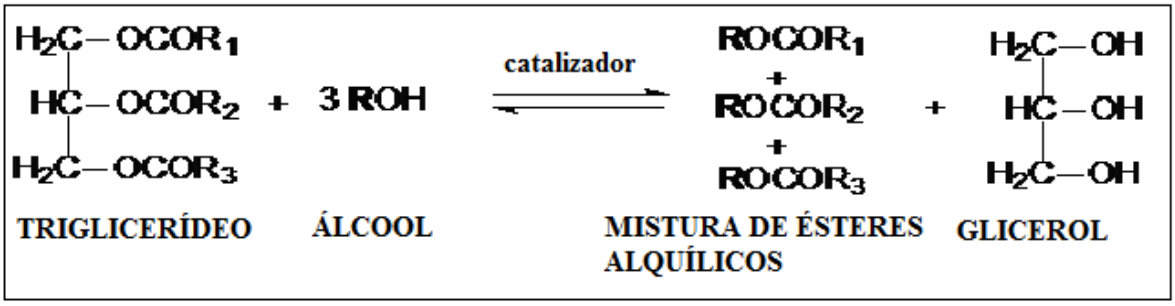

Figura 5 - Reação de Transesterificação **(Elaboração própria)**

O processo de produção do biodiesel, partindo de um triglicerídeo qualquer, envolve as etapas operacionais mostradas no diagrama de blocos a seguir:

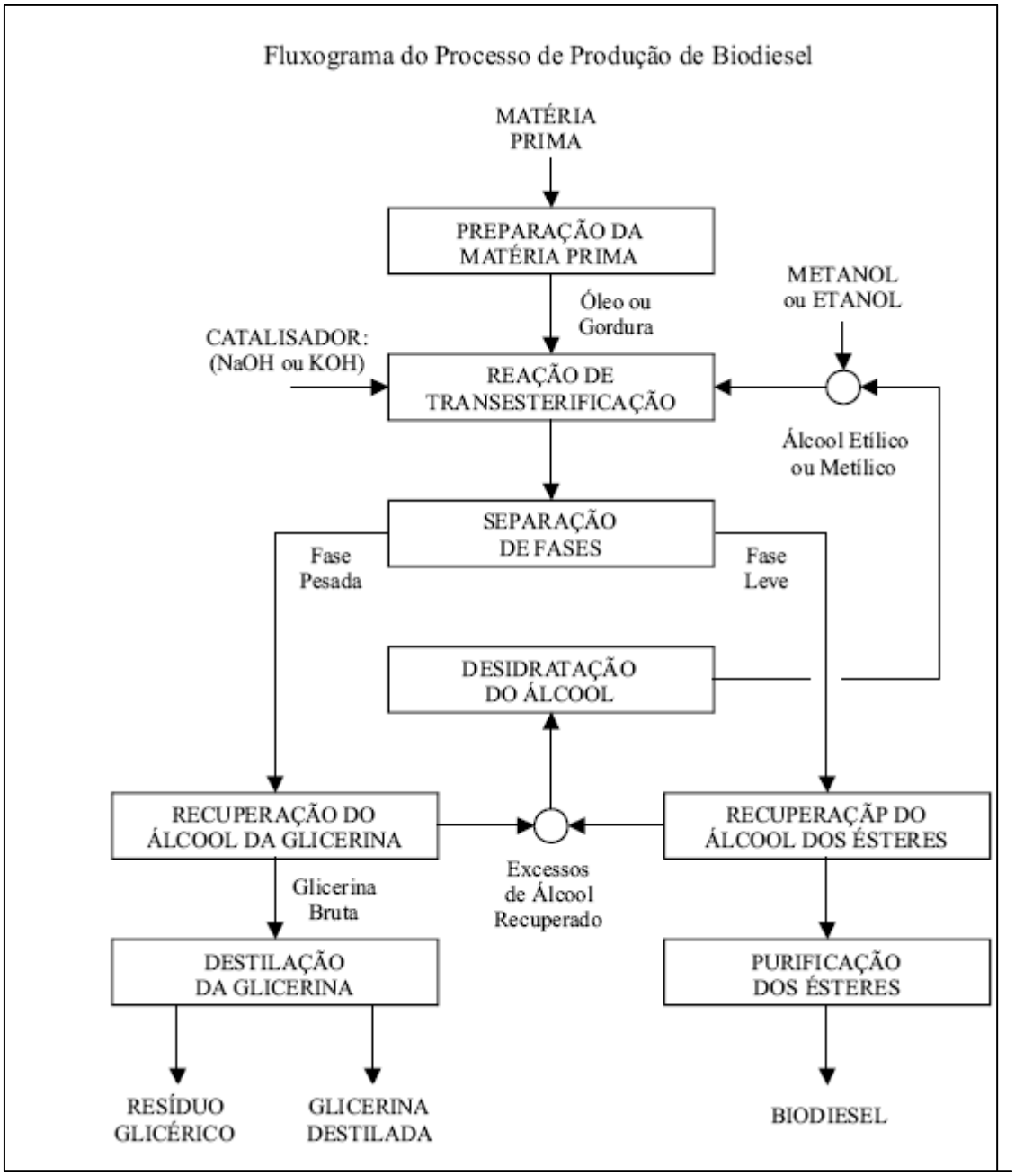

Figura 6 - Diagrama de **blocos do processo de produção de biodiesel (PARENTE, 2003)**

Na preparação da matéria prima para sua transformação em biodiesel se visa obter condições favoráveis para a reação de transesterificação, para assim alcançar a maior taxa de conversão possível.

Primeiramente, a matéria prima deve ter o mínimo de umidade e acidez possíveis, isso pode ser realizado através dos processos de desumidificação e de neutralização, respectivamente. A neutralização da acidez pode ser realizada com

solução alcoólica e a desumidificação através do processo de secagem. Esses processos variam com as características de cada produto.

A segunda etapa do processo é conhecida como etapa de conversão e ocorre através da reação de transesterificação, onde ocorre a transformação dos óleos ou gorduras em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, constituintes do biodiesel. A reação pode ser representada pelas seguintes equações químicas:

A primeira equação química representa a reação de conversão, quando se utiliza o metanol (álcool metílico) como agente de transesterificação, obtendo-se, portanto, como produtos os ésteres metílicos que constituem o biodiesel, e o glicerol (glicerina). A segunda equação envolve o uso do etanol (álcool etílico), como agente de transesterificação, resultando como produto o biodiesel ora representado por ésteres etílicos, e a glicerina.

Ressalta-se que as reações químicas são equivalentes, uma vez que os ésteres metílicos e os ésteres etílicos têm propriedades equivalentes como combustíveis, sendo ambos, considerados biodiesel.

Essas reações podem ocorrer na presença de um catalisador que é utilizado em pequenas proporções, pois sem a presença destes, as diferenças nos resultados são ínfimas.

As bases geralmente empregadas na catálise incluem NaOH, KOH, carbonatos e alcóxidos como metóxido de sódio e butóxido de sódio. A

transesterificação alcalina ocorre, aproximadamente, 4000 vezes mais rápida do que a ácida, e é a mais empregada comercialmente (PARENTE, 2003).

No caso da transesterificação alcalina, os glicerídeos e o álcool devem ser anidros, pois a presença de água favorece a reação de saponificação dos ácidos com o sal, formando sabões. O sabão consome o catalisador reduzindo a eficiência catalítica e aumentando a viscosidade. As conseqüências são a formação de gel e a dificuldade de separação do glicerol. Além disso, a concentração livre de ácidos graxos no óleo refinado deve ser a menor possível, pois as taxas de transesterificação são significantemente reduzidas se os reagentes não seguirem esse requerimentos (COSTA, 2002).

Os ácidos geralmente utilizados para transesterificação incluem sulfúrico, fosfórico, hidroclórico e ácidos sulfônicos orgânicos. Embora ela seja mais lenta que a alcalina, essa transesterificação é melhor quando o óleo usado tem alta concentração de ácidos graxos livres e água, como é o caso de óleos já utilizados para frituras (PARENTE, 2003).

Uma diferença do processo convencional com a catalisada por ácido in situ é que esta utiliza de óleo cru, diretamente com álcool acidificado, em vez de óleo e álcool purificados. Ou seja, a extração e transesterificação ocorrem no mesmo processo com o álcool atuando em dois papéis: o de solvente extrator e na esterificação (COSTA, 2002).

MACEDO (2004) esclarece que a catálise enzimática sintetiza especificamente ésteres alquílicos, permite a recuperação simples do glicerol, a transesterificação de glicerídeos com alto conteúdo de ácidos graxos, a transesterificação total dos ácidos graxos livres, e o uso de condições brandas no processo, com rendimentos de no mínimo 90%, tornando-se uma alternativa comercialmente muito mais rentável.

A maior parte das pesquisas sobre a transesterificação de óleos vegetais, para a obtenção de biodiesel, utiliza a enzima comercial pura, em diversos meios reacionais (solventes, presença de aditivos, soluções polares-íons, fluídos supercríticos ou fazendo uso da imobilização enzimática em suportes (celite e polímeros principalmente).

A catálise enzimática faz com que não ocorram reações colaterais de formação de subprodutos, o que ameniza gastos com a posterior purificação. Algumas enzimas necessitam de cofatores: íons metálicos ou compostos orgânicos (coenzimas). Esses cofatores irão influenciar na atividade do catalisador biológico.

As vantagens deste processo são: a inexistência de rejeito aquoso alcalino menor produção de outros contaminantes, maior seletividade e bons rendimentos, que motivam a realização de pesquisas que visem diminuir a principal desvantagem da metodologia: alto custo das enzimas puras. O custo elevado dos processos de extração e purificação das macromoléculas e sua instabilidade em solução representam um obstáculo à recuperação do biocatalisador após sua utilização (MACEDO, 2004).

Sob o ponto de vista técnico e econômico, a reação via metanol é muito mais vantajosa que a reação via etanol. A tabela 2 a seguir, evidencia as vantagens da rota metílica sobre a rota etílica.

Tabela 1 - Comparação das rotas metílica e etílica

Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Rotas de Processo	
	Metílica	**Etílica**
- Quantidade Consumida por Álcool por 1000 litros de biodiesel	90kg	130kg
-Preço Médio do Álcool, US$/kg	190	360
- Excesso Recomendável de Álcool, recuperável, por destilação, após reação	100%	650%
- Temperatura Recomendada de Reação	60ºC	85ºC
- Tempo de Reação	45 min	90min

Fonte: PARENTE, 2003

Entretanto, no Brasil, por existir uma grande oferta de álcool etílico a viabilidade de optar pela rota etílica é mais vantajosa e ambientalmente suas vantagens também são consideráveis. Esta questão deverá ser avaliada em relação ao país onde será implementada a planta de processamento.

Após a fase de transesterificação, obtém-se uma massa reacional final que é constituída por duas fases, que são separáveis por decantação ou ainda centrifugação. A fase mais pesada é composta de glicerina bruta, impregnada dos excessos utilizados de álcool, de água, e de impurezas inerentes à matéria prima. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos, conforme a natureza do álcool originalmente adotado, também impregnado de excessos reacionais de álcool e de impurezas.

De maneira geral, pode-se obter a glicerina bruta, a partir da fase pesada que é submetida a um processo de evaporação, eliminando seus constituintes voláteis.

A purificação dos ésteres ocorre pelo processo de centrifugação e desumidificação, resultando no produto conhecido como biodiesel. Este deve seguir as normas estabelecidas para o biodiesel como combustível. Um outro subproduto que constitui rentabilidade neste processo é a glicerina bruta. No entanto, a procura pela glicerina purificada é muito maior, devida ao seu valor econômico[4]. A glicerina purificada pode ser obtida por destilação à vácuo (PARENTE, 2003).

Outra forma de obtenção dos ésteres que compõe o biodiesel é através da reação de esterificação. Nessa reação, apresentada na figura a seguir, os ácidos carboxílicos reagem com um monoálcool produzindo um éster mais água.

Geralmente, a reação de esterificação é catalisada por ácidos inorgânicos como o ácido sulfúrico. A reação de esterificação é reversível e o ácido catalisa tanto a reação direta (a esterificação) como a reação inversa (a hidrólise do éster). Assim, para deslocar o equilíbrio em favor dos produtos podem-se utilizar dois métodos: remoção de um dos produtos, preferencialmente a água; ou utilizar um excesso de um dos reagentes, como o álcool.

O processo de esterificação ocorre preferencialmente com álcoois de baixo peso molecular, sendo metanol o mais usado pelo preço. O etanol utilizado na

[4] A Brasil Ecodiesel, que tem capacidade para produzir 800 milhões de litros de biodiesel por ano. Francisco Ourique, diretor comercial, diz que a empresa estuda fazer investimentos em uma bidestilaria para obter diferentes graus de refino da glicerina, com vistas à exportação. "Existem compradores para toda a produção. Se conseguirmos produzir seguindo as especificações dos importadores a um custo razoável, a idéia é exportar toda a produção", afirma Ourique. (VALOR ECONÔMICO, 2007)

esterificação não necessita ser anidro uma vez que, geralmente a água pode ser retirada do sistema reacional. A figura a seguir apresenta a reação de esterificação (MACEDO, 2004)

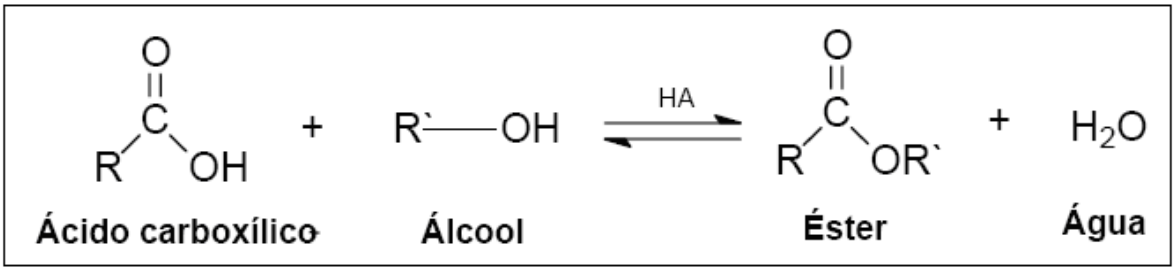

Figura 7 - : Reação de Esterificação (Elaboração própria)

O biodiesel também pode ser obtido através do processo de craqueamento térmico. O craqueamento térmico ou pirólise é a conversão de uma substância em outra por meio do uso de calor, isto é, pelo aquecimento da substância, na ausência de ar ou oxigênio, a temperaturas superiores a 450 graus centígrados. Em algumas situações, esse processo é auxiliado por um catalisador para a quebra das ligações químicas, de modo a gerar moléculas menores.

Diferente da mistura direta, gorduras podem ser objeto de pirólise para a produção de compostos de menores cadeias. A pirólise de gorduras tem sido investigada há mais de 100 anos, especialmente em países com pequenas reservas de petróleo. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício – SiO_2 e o óxido de alumínio – Al_2O_3.

O equipamento para pirólise ou craqueamento térmico é caro. Contudo, os produtos finais são similares quimicamente ao óleo diesel. A remoção do oxigênio do processo reduz os benefícios de ser um combustível oxigenado, diminuindo

suas vantagens ambientais e geralmente produzindo um combustível mais próximo da gasolina que do diesel (site biodieselbr, acesso em 23/09/09)

II.3 O BIODIESEL NO BRASIL

No Brasil, a trajetória do biodiesel começou a ser delineada com as iniciativas de estudos pelo Instituto Nacional de Tecnologia, na década de 20 do século XX, e ganhou destaque em meados de 1970, com a criação do Pró-óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, que nasceu na esteira da primeira crise do petróleo. Em 1980, passou a ser o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, pela Resolução nº 7 do Conselho Nacional de Energia. O objetivo do programa era promover a substituição de até 30% de óleo diesel apoiado na produção de soja, amendoim, colza e girassol. Novamente aqui, a estabilização dos preços do petróleo e a entrada do Proálcool, juntamente com o alto custo da produção e esmagamento das oleaginosas, foram fatores determinantes para a desaceleração do programa (SEBRAE, 2008)

No entanto, apesar da escassez de incentivos e a desaceleração dos programas governamentais, muitas experiências concretas seguiram o seu curso. Vale registrar um importante marco de iniciativa privada que aconteceu em 1980 com o pedido de registro da primeira patente, solicitado pelo Engenheiro Químico Expedito José de Sá Parente. Este registro, no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), saiu em 1983, sendo considerado uma referência para o país (SEBRAE, 2008)

Durante todo o ano de 2004, a Comissão Executiva Interministerial (CEI), subordinada à Casa Civil, e o Grupo Gestor do Biodiesel, coordenado pelo

Ministério das Minas e Energia, foram encarregados do estudo e da implantação do marco regulatório do biodiesel. A definição do marco regulatório era uma das principais preocupações do Grupo Gestor, uma vez que questões importantes, como os percentuais de mistura do biodiesel ao diesel de petróleo, regime tributário, forma de financiamento dos produtores e especificação do produto, ainda precisavam ser definidas para possibilitar o início da produção e da comercialização do produto no Brasil em grande escala.

Ainda em 2004, o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) começou a elaborar a regulamentação do Selo Combustível Social, a Receita Federal definiu a forma de incidência dos incentivos fiscais, o BNDES elaborou o programa de apoio aos produtores do combustível e a ANP trabalhou no conceito do biodiesel, revisando os parâmetros para o controle de qualidade do combustível e preparando a regulamentação sobre a comercialização e sobre a autorização das plantas de produção (COSTA *et al*, 2007)

Entre os critérios, regulados através de contratos, para a obtenção do Selo Combustível Social, destacam-se a exigência de prestação de serviços de assistência técnica e capacitação aos agricultores familiares e os percentuais mínimos de aquisição de matéria prima do agricultor familiar.

Estabeleceu-se ainda um mecanismo de verificação pelo MDA de cumprimento, por parte dos beneficiários do selo, dos critérios para a sua manutenção, uma vez que, com validade de cinco anos, o Selo Combustível Social

necessita ser validado anualmente por técnicos ou consultores do MDA (COSTA *et al*, 2007)

II.4 O BIODIESEL NO MUNDO

O principal mercado de biodiesel encontra-se na Europa. A França, líder do mercado por muito tempo, foi desbancada pela Alemanha. A Europa tem interesse no biodiesel porque a frota de automóveis a diesel é expressiva. Além disso, a participação de veículos a diesel na frota total é crescente. A frota de automóveis nos EUA, por sua vez, é basicamente de automóveis a gasolina. As normas para emissões são mais restritas que na Europa, o que faz com que somente os motores turbo-diesel[5] tenham chances de maior participação nesse mercado no futuro. Os EUA têm investido principalmente na produção de etanol de milho, seja porque o etanol substitui a gasolina, seja porque o custo de produção do etanol é menor do que o do biodiesel. Mesmo assim, em um contexto de preços elevados e restrições ambientais em alguns estados, a produção de biodiesel tem crescido nos EUA. Outro mercado promissor é o asiático. Grandes consumidores de combustível e grandes produtores de óleos vegetais na Ásia têm se interessado pelo biodiesel e já criaram incentivos para a mistura com o diesel (COSTA *et al*, 2007)

A produção mundial de biodiesel apresenta um crescimento mais expressivo a partir de 2005, estimulada por legislações favoráveis à entrada dos

5 Turbodiesel refere-se a qualquer motor a diesel com turbocompressor . Turboalimentação é a norma e não a excepção no carro moderno e motores diesel de caminhão. naturally aspirated Como acontece com qualquer motor turbo, turbodiesels podem proporcionar um maior potências específicas, as emissões de níveis mais baixos, maior eficiência e aperfeiçoamento níveis mais elevados do que os seus naturalmente aspirado homólogos (WIKIPÉDIA)

biocombustíveis como forma de combate ao aquecimento global e para a melhoria do ar nas grandes cidades. Os maiores produtores mundiais são os países da União Européia, os Estados Unidos e o Brasil. As estimativas de crescimento na oferta de biodiesel para 2017, realizadas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos[6], prevêem forte participação da União Européia e dos Estados Unidos, detentores das maiores capacidades de produção no mundo, seguidos por Brasil, Argentina, Ucrânia, Rússia e Canadá.

II.4.1 EUROPA

A União Européia produz biodiesel em escala industrial desde 1992. Atualmente, conta com 185 plantas operacionais, que produziram, em 2007, 10,289 milhões de toneladas métricas o equivalente a 12,301 milhões de m³.

Dos países que compõem a União Européia, Alemanha (43%), Itália (14%), França (8%), Reino Unido (6%) e Espanha (5%) respondem em conjunto por uma produção de biodiesel equivalente a 76% da produção total. A principal matéria-prima utilizada para o processamento de biodiesel europeu é a colza (canola), e, em menores proporções, os óleos de soja, de palma, de girassol, gordura animal e óleo já utilizado. Na tabela 3 a seguir pode ser observada a evolução da produção de biodiesel em vários países integrantes da União Européia.

[6] Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (sigla em inglês), no documento técnico *Global Agricultural Supply na Demand*: Contributing to the Recent Increase in Food Commodity Prices/WRS-0801 Economic Research Service/USDA.

Tabela 2 - Capacidade de produção de biodiesel na União Européia

Capacidade de produção da indústria de biodiesel da União Européia (em mil toneladas métricas[1])						
Série de 2002 a 2007						
Países	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Alemanha	450	715	1.088	1.903	2.681	4.361
Áustria	25	32	100	125	134	326
Bélgica				55	85	335
Dinamarca	10	40	44	81	81	90
Eslováquia				89	89	99
Espanha		6	70	100	224	508
França	366	357	502	532	775	780
Grécia				35	75	440
Itália	210	273	419	827	857	1.366
Polônia				100	150	250
Portugal				6	146	246
Reino Unido	3	9	15	129	445	657
República Tcheca				188	203	203
Suécia	1	1	8	12	52	212
Demais países[2]				54	100	416
Total	**1.065**	**1.433**	**2.246**	**4.228**	**6.069**	**10.289**

Fonte: SEBRAE, 2008

Notas: (1) Mil toneladas métricas por ano calculadas para capacidade produtiva de 330 dias por ano por planta.

(2) Demais países da União Européia – Chipre, Eslovênia, Estônia, Hungria, Irlanda, Lituânia, Malta e Países Baixos.

O aumento significativo de pelo menos mais 10 países ofertando biodiesel em diversas escalas, além daqueles que já operam com bases produtivas mais expressivas, tornaram marcante o ano de 2005.

II.4.2 ESTADOS UNIDOS

Nos EUA, os incentivos fiscais (cerca de US$ 150 milhões em 2006) e o elevado preço do petróleo têm motivado a produção de biodiesel. O incentivo federal é um crédito fiscal oferecido no ato da mistura com o diesel, ou seja, os

créditos vão para o misturador do combustível. O crédito é de US$ 1/gal[7] para biodiesel de óleos vegetais ou gordura animal. A principal matéria-prima utilizada é o óleo de soja. No nível estadual, a cada ano há novas propostas de incentivo. Em 2005, havia 31 novas leis em 22 estados (COSTA *et al*, 2007).

Estão sendo construídas 50 novas plantas, adicionando 700 milhões de galões (2,6 bilhões de litros) de capacidade. O custo de processamento de biodiesel é de US$ 0,50/gal e o custo mais expressivo é o da matéria-prima. No caso da soja, o custo da oleaginosa é de US$ 1,95/gal de biodiesel. O custo operacional total (excluindo-se o custo de capital) é de US$ 2,49/gal. Adicionando-se o retorno do investimento e o custo de transporte, estocagem, mistura e distribuição, o preço ao consumidor excede US$ 3,00/gal [Conway (2006)] (COSTA *et al*, 2007).

II.4.3 ÁSIA E OCEANIA

Nesses continentes, há grandes consumidores de combustíveis fósseis, tais como Japão, Austrália, China e Índia, mas também grandes produtores de óleos vegetais. Cerca de 80% da produção mundial de óleo de palma, utilizado para fins alimentares, é proveniente da Malásia e Indonésia. A Índia tem investido no pinhão (*jatropha mollissima Baill*). O Japão, além de ser importador de combustível, ratificou o Protocolo de Quioto e, portanto, tem obrigação de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa no período 2008-2012. No caso da China e da Índia, apesar de não serem obrigados a realizar redução de emissões, alguns estados já adotaram políticas de incentivo a biocombustíveis (COSTA *et al*, 2007).

[7] 1 gal=3,7854l

Na China, cinco unidades de transesterificação a partir de óleo de canola e de óleo de fritura usado produzem biodiesel, atendendo às especificações similares à americana, definidas pela norma ASTM D6751. A empresa Hainan Zhenghe Bio Energy Company investiu US$ 5 milhões em uma planta industrial para uma produção anual de 45 mil toneladas de biodiesel, utilizando óleo de fritura usado. A terceira maior empresa de petróleo chinesa (CNOOC) firmou acordo com uma exportadora de óleo de palma da Malásia para fornecer biodiesel. A CNOOC construirá uma planta na ilha Hainan (localizada no sul da China) com capacidade para 120 mil toneladas (COSTA *et al*, 2007).

O governo tailandês liberou 1,3 bilhão de baht (1baht = US$ 0,026) para promover a expansão do combustível entre 2005 e 2012. Desse total, 800 milhões de baht estão sendo alocados para desenvolver o cultivo de plantas oleaginosas (essencialmente a semente de palma) e os 500 milhões de baht restantes, para pesquisa, desenvolvimento e gerência do projeto (inclusive a demonstração dos usos do biodiesel nos transportes ferroviários e a promoção do uso do biodiesel nas comunidades e no comércio).

A Malásia iniciou a construção de plantas que irão ofertar um combustível híbrido formado de 95% de diesel e 5% de óleo de palma. A empresa responsável pelas plantações se associou à Cremer Oleo GmbH & Co alemã para construir duas plantas de biodiesel, uma na Malásia e outra em Cingapura (COSTA *et al*, 2007).

Na Austrália, com base no número de unidades produtivas em construção ou em fase de projeto, a capacidade deverá ultrapassar 800 milhões de litros por ano até 2008. Há cinco principais plantas em operação no país, a maior (Australian Biodiesel Group) produzindo 160 milhões de litros por ano. Em 2003, entrou em vigor um ato legislativo, o Energy Grants Credits Scheme Act (EGCS), que prevê a isenção fiscal para combustíveis alternativos, inclusive biodiesel e etanol, e o recebimento de um crédito para manter a relação de preços entre o petróleo e o diesel (COSTA *et al*, 2007).

II.5 PRINCIPAIS FABRICANTES DE PLANTAS DE BIODIESEL NO MUNDO

Os principais fabricantes de equipamentos para plantas de biodiesel no mundo são os seguintes:

1) Lurgi (Alemanha): fabricante tradicional que oferece plantas com capacidades entre 40 mil e 250 mil t/ano. Fornece tecnologia para produção de diferentes combustíveis além de biodiesel.

2) Ballestra (Itália): desenvolveu um processo contínuo de transesterificação de óleos vegetais, como canola, girassol e soja, para produzir biodiesel. A empresa oferece plantas com capacidade de até 200 mil t/ano.

3) Energea (Áustria): utiliza processo produtivo contínuo para processar, via transesterificação, diversos tipos de matéria-prima. A capacidade anual das unidades é de 40 mil, 60 mil, 100 mil e 250 mil t/ano.

4) Crown Iron (EUA): tradicional fornecedora de plantas de processamento de óleo bruto e de refino de óleo comestível. A empresa tem produzido plantas de 30 milhões de galões por ano (100 mil t/ano) para empresas americanas e também para processar óleo de palma na Ásia.

No Brasil, a Dedini S.A. Indústrias de Base, em parceria com a empresa italiana Ballestra S.P.A., utiliza a tecnologia para implantação de usinas com capacidade para a produção entre 10 mil e 200 mil t/ano de biodiesel. A *joint-venture* prevê a substituição do metanol por etanol. A Dedini já instalou plantas de 50 mil e de 100 mil t/ano usando tecnologia da Ballestra e uma planta de 15 mil t/ano com tecnologia nacional, esta última fornecida para Agropalma.

A Intecnial, fabricante tradicional no ramo da soja, fez parceria com a empresa americana Crown Iron para desenvolver plantas de biodiesel. A Intecnial instalou a planta piloto da Petrobras no Rio Grande do Norte e tem fornecido plantas com 100 mil t/ano de capacidade.

A Lurgi e a Energea têm escritórios em São Paulo, mas ainda não forneceram plantas no Brasil. A Westfalia tem uma fábrica no Brasil que já está fornecendo equipamentos para a produção de biodiesel.

A Tecbio desenvolveu tecnologia nacional e tem feito acordos com vistas à exportação de tecnologia para a Ásia. Por estar localizada no Nordeste, a empresa se especializou na produção de biodiesel com base na mamona.

Existem ainda outros produtores nacionais independentes, alguns utilizando tecnologia bem simples de produção, como o processo de extração a frio, com controles precários. Em geral, o processo de extração a frio apresenta baixo rendimento. Controles de processo precários colocam em risco a qualidade do combustível e, conseqüentemente, a sua aprovação pela ANP (COSTA *et al*, 2007).

CAPÍTULO III: ASPECTOS AMBIENTAIS DO BIODIESEL

Os gases do efeito estufa (GEE) são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infra-vermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam seu escape para o espaço. Isso impede que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida. O efeito estufa é um fenômeno natural. Esse fenômeno acontece desde a formação da Terra e é necessário para a manutenção da vida no planeta, pois sem ele a temperatura média da Terra seria 33ºC mais baixa impossibilitando a vida no planeta,tal como conhecemos hoje (MANTOVANI, 2009).

A queima de hidrocarbonetos –principalmente combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural)– é ainda hoje a mais importante fonte de energia a movimentar os negócios em escala planetária. Esse processo resulta na emissão de subprodutos indesejáveis, notadamente o dióxido de carbono, ou gás carbônico. A emissão de dióxido de carbono de origem antropogênica (resultante das atividades humanas) aumentou muito a partir de meados do século 18, com a Revolução Industrial. Desde então, a proliferação de máquinas e motores à explosão transformou a queima de combustíveis fósseis em uma necessidade para o homem e em um negócio extremamente lucrativo (MACHADO, 2005).

Está comprovado, por medições da concentração de dióxido de carbono nas geleiras das calotas polares, que vem aumentando nos últimos dois séculos, na atmosfera, a presença desse gás de uma forma acentuada, capaz de intensificar o efeito estufa e modificar as condições climáticas do planeta.

III.1 A CONVENÇÃO DO CLIMA E OS CRÉDITOS DE CARBONO

Segundo PNUMA (1992), no dia 9 de maio de 1992, foi criada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, na Organização das Nações Unidas. A United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) reconhece a mudança do clima como "uma preocupação comum da humanidade" e propõe uma estratégia global "para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras" e para estabilizar "as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático."

O acordo estabelecido, nesta oportunidade, voltou-se à elaboração de inventários nacionais de emissões de gases do efeito estufa, com base no ano de 1990 e ao compromisso, pelos países desenvolvidos e as chamadas economias em transição (ex URSS e leste europeu), de redução de 5% destes níveis a partir do ano 2000 (PNUMA, 1992).

A partir dessa convenção, os governos reconheceram que ela poderia ser a propulsora de ações mais enérgicas no futuro. Ao estabelecer um processo permanente de revisão, discussão e troca de informações, a Convenção possibilita a adoção de compromissos adicionais em resposta a mudanças no conhecimento científico e nas disposições políticas.

A primeira revisão da adequação dos compromissos dos países desenvolvidos foi conduzida, como previsto, na primeira sessão da Conferência das Partes (COP-1), que ocorreu em Berlim, em 1995. As Partes decidiram que o

compromisso dos países desenvolvidos de voltar suas emissões para os níveis de 1990, até o ano 2000, era inadequado para se atingir o objetivo de longo prazo da Convenção, que consiste em impedir "Uma interferência antrópica (produzida pelo homem) perigosa no sistema climático".

Cerca de 10.000 delegados, observadores e jornalistas participaram desse evento de alto nível realizado em Quioto, Japão, em dezembro de 1997. A conferência culminou na decisão por consenso de adotar-se um Tratado segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012. Esse compromisso, com vinculação legal, promete produzir uma reversão da tendência histórica de crescimento das emissões iniciadas nesses países há cerca de 150 anos.

O Tratado de Quioto estabelece três mecanismos de flexibilização, com a finalidade de oferecer maior eficiência econômica na atenuação do efeito estufa. BELINI (2006) tem o entendimento dos três mecanismos da seguinte forma: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que permite aos países desenvolvidos financiar projetos que ajudem na redução de emissão em países em desenvolvimento e receber créditos, de forma a cumprir o seu compromisso; Execução Conjunta, que dá maior flexibilidade aos países do Anexo I[8] para investirem entre si no cumprimento de seus compromissos de redução; Mercado Internacional das Emissões, que possibilita aos países do Anexo I comercializar entre si as cotas de emissão e os créditos adquiridos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em países em desenvolvimento.

[8] Maiores países emissores de dióxido de carbono em 1990. São eles EUA, Rússia, Japão, Alemanha, Reino Unido, Canadá, Itália, Polônia, Austrália entre outros. (BELINI, 2006)

Ao observar esses três mecanismos, o MDL representa à transferência de recursos dos países industrializados para os países em desenvolvimento, voltados à redução das emissões de carbono lançados na atmosfera (CHANG, 2002). O objetivo do MDL, além de reduzir o gás do efeito estufa através de sumidouros de carbono, busca investimentos em tecnologia limpa e fontes alternativas de energia, gerando certificados de redução de emissões aos países que financiaram os projetos.

Parte da idéia do MDL surgiu da proposta brasileira que dentre os pontos apresentados, continha o Fundo de Desenvolvimento Limpo, em substituição à implementação conjunta. Esta proposta de caráter punitivo, em linha com o Princípio do Poluidor Pagador, advogava que caso, "...as partes não cumprissem suas metas, deveriam contribuir para o Fundo com um certo valor monetário por tonelada de carbono emitida além dos limites estabelecidos." (MAY; 2003).

Após negociações em torno do Fundo de Desenvolvimento Limpo, ocorreram modificações que alteraram a proposta do fundo para um mecanismo, substituindo as contribuições e multas por ajuda as partes do Anexo I a atingirem as suas metas (MAY; 2003).

Em suma, conforme o artigo 12 do Tratado de Quioto, os países do Anexo I podem implementar nos países não listados no Anexo I, projetos para redução de emissões, obtendo créditos, ou as chamadas reduções certificadas de emissões (RCEs). A fim de garantir o processo, as reduções de emissões serão certificadas por entidades operacionais, que fornecerão garantias de que a mitigação dos GEE estão trazendo benefícios mensuráveis. Outro ponto importante é que estas

entidades devem garantir também que essas reduções serão realizadas de acordo com o princípio da adicionalidade[9] e assegurar que a participação nos projetos seja voluntária e contribua para o desenvolvimento sustentável.

Diante deste cenário, três pesquisadores da Universidade de Zurique calcularam quanto cada país signatário do Anexo B[10] do Tratado de Quioto precisará reduzir, em toneladas de dióxido de carbono, para alcançar as metas para o primeiro período (2008 a 2012), considerando que não promovam mudanças no padrão de negócios atual.

Os dados foram obtidos com base em previsões da Agência Ambiental Européia, para os países europeus, em projeções do Departamento de Energia dos Estados Unidos, para o Canadá e Japão. Para todos os países e gases, as emissões para o padrão de negócios atual foram obtidas baseado em linhas de extrapolação dos dados do inventário da UNFCCC do período de 2000 a 2005. O total de emissões foi calculado usando dados de 2007 da UNFCCC e as metas de redução de emissões de Tratado de Quioto. A tabela 4 a seguir apresenta a previsão de gases a serem reduzidos no período de 2008 a 2012.

[9] artigo 12.5c do Tratado de Quioto "...as reduções devem ser adicionais àquelas que ocorreriam mesmo na ausência da atividade certificada do projeto."
[10] O Anexo B se refere aos compromissos de redução ou limitação quantificadas de emissões por países.

Tabela 3 - Previsão do total de gases a ser reduzido para o período de 2008-2012 (Michaelowa, 2008)

País	**milhões t CO_2 eq**
Áustria	109
Canadá	1260
República Tcheca	-157
Dinamarca	87.5
Filândia	35.5
França	180
Alemanha	73.5
Hungria	-137.5
Itália	520.5
Japão	620
Luxemburgo	3.5
Holanda	102.5
Nova Zelândia	75
Noruega	20
Espanha	523
Suécia	-18
Suíça	23.5
Reino Unido	-243

Os valores negativos dos países república theca, hungria, suécia e reino unido significam que pela projeção feita tais países não precisam reduzir suas emissões tendo portanto este valor negativo de “crédito de carbono”.

III.2 CRÉDITOS DE DIÓXIDO DO CARBONO DEVIDO AO BIODIESEL

Diante de tudo que foi exposto anteriormente, esta seção se destina a estimar o quanto o Brasil deixou de emitir de dióxido de carbono após a adoção do biodiesel nos últimos anos e uma projeção dessa economia com o aumento da proporção de biodiesel no diesel.

Para realizar tal estimativa, foi utilizada a metodologia de identificar o consumo de biodiesel (B100) disponível no site da ANP e multiplicar esse consumo pelo fator médio de emissão de CO_2 proveniente da produção de óleos vegetais igual a 0,5 kg de CO_2/L (OLIVEIRA, 2004) para obter a quantidade de CO_2 emitido devido a produção dos óleos vegetais. Para obter a quantidade de CO_2 que o Brasil deixou de emitir por usar o biodiesel, basta multiplicar o consumo de biodiesel pelo fator de 2,949 referente a quantidade em tonelada de CO_2 emitido por m^3 de diesel e diminuir este valor da quantidade de CO_2 emitido devido a produção dos óleos vegetais calculado anteriormente. Desse modo, se obtém a quantidade de CO_2 que o Brasil deixou de emitir por usar o biodiesel.

Foi possível ainda, identificar a receita potencial de carbono evitado considerando a variação da tonelada de CO_2 no mercado internacional de US$ 1/ t CO_2 (CCX, 2004 apud OLIVEIRA, 2004) e US$5/ t CO_2 (CERUPT, 2002 apud OLIVEIRA, 2004). A tabela 5 a seguir mostra este resultado.

Tabela 4 - Redução das emissões de CO2 devido ao uso do biodiesel (Elaboração própria)

	2005	2006	2007	2008	2009
Consumo Nacional de biodiesel B100 m3	736,16	69.001,98	402.176,90	1.167.128	1.608.053
Emissão de CO2 oriunda da produção de óleos vegetais (Ton)	368,08	34.500,99	201.088,45	583.564,21	804.026,66
Ton de CO2 que o Brasil deixou de emitir por usar o biodiesel	**1.802,85**	**168.985,85**	**984.931,22**	**2.858.297,49**	**3.938.122,58**
Receita Potencial de carbono evitado em R$ considerando US$ 5/ tCO_2	9.014,27	844.929,26	4.924.656,08	14.291.487,44	19.690.612,90
Receita Potencial de carbono evitado em R$ considerando US$ 1/ t CO_2	1.802,85	168.985,85	984.931,22	2.858.297,49	3.938.122,58

Para se ter uma idéia dessa redução de emissão de CO_2 devido ao aumento do percentual obrigatório de biodiesel no diesel, foi realizada a mesma análise para os percentuais B3, B5, B10, B15 e B20 considerando a média de 2005 a 2008 do consumo de diesel. Este resultado é apresentado na tabela 6.

Tabela 5 - Redução de emissão de CO2 por percentuais de biodiesel no diesel (Elaboração própria)

Consumo médio de óleo diesel (m^3)	**39.198.000**
B3	
Consumo médio de biodiesel com B3 (**m^3**)	1.175.940
Redução da emissão de CO_2 com B3 (t)	2.879.877
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 5/ t CO_2	14.399.385
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 1/ t CO_2	2.879.877
B5	
Consumo médio de biodiesel com B5 (**m^3**)	1.959.900
Redução da emissão de CO_2 com B5 (t)	4.799.795
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 5/ t CO_2	23.998.976
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 1/ t CO_2	4.799.795
B10	
Consumo médio de biodiesel com B10 (**m^3**)	3.919.800
Redução da emissão de CO_2 com B10 (t)	9.599.590
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 5/ t CO_2	47.997.951
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 1/ t CO_2	9.599.590
B15	
Consumo médio de biodiesel com B15 (**m^3**)	5.879.700
Redução da emissão de CO_2 com B15 (t)	14.399.385
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 5/ t CO_2	71.996.927
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 1/ t CO_2	14.399.385
B20	
Consumo médio de biodiesel com B20 (**m^3**)	7.839.600
Redução da emissão de CO_2 com B20 (t)	19.199.180
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 5/ t CO_2	95.995.902
Receita Potencial de carbono evitado em US$ considerando US$ 1/ t CO_2	19.199.180

Com o intuito de verificar o quanto esses números representam, foi calculado o quanto essas reduções de emissão representam em relação à previsão (desta vez anual) de gases a serem reduzidos pelos países do Anexo B, mostrado na última tabela da seção anterior. Foram descartados aqueles países que pela projeção feita não precisam reduzir suas emissões tendo portanto este valor negativo de “crédito de carbono”. A tabela 7 foi então construída.

Tabela 6 - Quanto a redução das emissões de CO2 por percentual de biodiesel no diesel representam na meta anual de redução dos países do anexo B (Elaboração própria)

País	t de CO2/ano	B3	B5	B10	B15	B20
Áustria	27.250.000	10,57%	17,61%	35,23%	52,84%	70,46%
Canadá	315.000.000	0,91%	1,52%	3,05%	4,57%	6,09%
Dinamarca	21.875.000	13,17%	21,94%	43,88%	65,83%	87,77%
Filândia	8.875.000	32,45%	54,08%	108,16%	162,25%	216,33%
França	45.000.000	6,40%	10,67%	21,33%	32,00%	42,66%
Alemanha	18.375.000	15,67%	26,12%	52,24%	78,36%	104,49%
Itália	130.125.000	2,21%	3,69%	7,38%	11,07%	14,75%
Japão	155.000.000	1,86%	3,10%	6,19%	9,29%	12,39%
Luxemburgo	875.000	329,13%	548,55%	1097,10%	1645,64%	2194,19%
Holanda	25.625.000	11,24%	18,73%	37,46%	56,19%	74,92%
Nova Zelândia	18.750.000	15,36%	25,60%	51,20%	76,80%	102,40%
Noruega	5.000.000	57,60%	96,00%	191,99%	287,99%	383,98%
Espanha	130.750.000	2,20%	3,67%	7,34%	11,01%	14,68%
Suíça	5.875.000	49,02%	81,70%	163,40%	245,10%	326,79%

É possível observar então que a redução das emissões do Brasil devido o uso do biodiesel é bem significativa. Com o uso do B3, a estimativa da redução Brasileira das emissões de CO_2 representa cerca de 10,57% da meta anual da Áustria por exemplo e 329,13% da meta de Luxemburgo. Aumentando o percentual obrigatório da mistura de biodiesel no diesel estes valores aumentam mais ainda, chegando a representar 216,33% da meta anual de emissão da Finlândia com o uso do B20 ou 383,98% da meta da Noruega por exemplo.

CAPÍTULO IV: PRODUÇÃO

Existem duas tecnologias que podem ser aplicadas para a obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (puros ou de cocção) e sebo animal: a transesterificação e o craqueamento. A tecnologia para a produção de biodiesel predominante no mundo é a rota tecnológica de transesterificação metílica, na qual uma mistura de óleos vegetais ou sebo animal com metanol, associada a um catalizador, produz o combustível. A opção pelo metanol, principalmente em outros países, se deu pelo alto custo do etanol (GOMES, 2008).

No Brasil, os empreendimentos que estão em operação adotam a tecnologia denominada transesterificação com predominância da rota tecnológica metílica, mas já há empreendimentos que adotam a rota etílica. A transesterificação é o processo de separação do glicerol do triglicídio. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por glicerina. A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dele um triglicídio. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade (Site biodieselbr).

A rota tecnológica alternativa à transesterificação é a de craqueamento do óleo vegetal ou animal. No Brasil, o processo foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com a Universidade de Brasília (UnB). O protótipo comercial desse equipamento encontra-se em fase de desenvolvimento pela empresa Global Energy and Telecommunication (GET), com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (SEBRAE, 2008).

De acordo com GOMES (2008) hoje, a rota de transesterificação é a realidade em curso nas usinas em funcionamento em todo o país, mesmo apresentando algumas questões técnicas a superar, em especial para a rota etílica. Essa rota apresenta vantagens para o Brasil por questões de baixo custo de produção do etanol. A tecnologia de craqueamento, não obstante o potencial para as pequenas escalas, ainda aguarda a validação científica para ser utilizada comercialmente (SEBRAE, 2008).

Conforme já mencionado anteriormente, o Brasil possui um grande potencial de produção de óleos vegetais. Algumas fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrajeiro. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional não desenvolveu pesquisas com foco no domínio dos ciclos botânico e agronômico dessas espécies (Site biodieselbr).

Segundo PERES (2006) o potencial brasileiro para produção de biocombustíveis se expande para o nordeste, onde, além da cana de açúcar, é possível cultivar mamona, amendoim, gergelim, babaçu, entre outras oleaginosas. Somente para mamona, existe uma área de mais de 4,5 milhões de hectares aptas

ao seu cultivo. Para os pequenos produtores ligados à agricultura familiar, existem, hoje, tecnologias de consorciação, com duas oleaginosas, tais como a mamona e gergelim, mamona e amendoim, e algodão herbáceo e gergelim, que podem otimizar a produtividade de óleo, e chegar a mais de 1000 litros de óleo por hectare, em regime de sequeiro. Em tais sistemas, alguns cuidados devem ser observados pelos produtores, tais como o uso adequado da configuração de plantio e época relativa de plantio dos consórcios, visando à redução da competição da cultura secundária na principal. Por exemplo, no sistema mamona e amendoim, com a euforbiácea plantada no espaçamento de 3,0 m x 1,0 m, uma planta por cova, e o amendoim, com três fileiras, espaçadas entre si de 0,5 m, com um metro livre de cada lado das fileiras da mamona. O amendoim seria semeado 21 dias depois da mamona, para reduzir a competição e a interferência da leguminosa na cultura principal.

PERES (2006) ainda afirma que no Norte, o dendê se afigura como a grande opção, pois existem mais de 50 milhões de hectares de áreas desmatadas, grande parte dos quais com aptidão para o seu plantio. A soja, o girassol, o algodão e a canola despontam como as principais alternativas para o Centro Oeste, o Sudeste e o Sul do Brasil. Apesar de todo esse potencial, é necessário efetuar uma avaliação da capacidade de produção de oleaginosas no país, de acordo com a vocação regional, prevendo a expansão de áreas das oleaginosas com domínio tecnológico, o incentivo ao extrativismo sustentável de espécies de palmáceas nativas – que ocorrem em imensas reservas naturais, em várias regiões do País, principalmente no Norte e Nordeste –, bem como o incentivo ao

cultivo de oleaginosas perenes, que possuam domínio tecnológico, como é o caso do dendê.

Como neste trabalho estão sendo abordadas as produção de biodiesel a partir de soja mamona e microalgas nas próximas seções serão abordadas estas matérias-primas.

IV.1 BIODIESEL DE SOJA

IV.1.2 HISTÓRICO DA SOJA

A soja foi introduzida no Brasil na década de 1930. Originária da Ásia, a soja se desenvolveu com maior importância na agricultura chinesa, onde era considerada um grão sagrado. No Ocidente, sua cultura só passou a ser mais conhecida quando os EUA começaram a exploração comercial da soja forrageira no início do século 20 (Siqueira, 2004 e Embrapa, 2002).

Até o início da década de 1970, a soja praticamente não tinha importância econômica no Brasil. Mas seguindo o modelo de desenvolvimento baseado nas vantagens comparativas de qualidade do solo, clima, domínio de tecnologia, capacidade empresarial e logística favorável às exportações, a produção da soja ganhou importância e relevância mundial.

IV.1.3 O CULTIVO DA SOJA NO BRASIL

O plantio da soja é feito na primavera. Frequentemente, seu cultivo é feito em regime de rotação de culturas com outros vegetais, como o milho e o trigo. A semeadura é feita em solo úmido, sendo necessário um volume de pelo menos

500 mm de chuvas durante o desenvolvimento da planta (Enciclopédia Delta Universal,1985 apud COUTINHO, 2007).

A colheita da soja costuma ocorrer nos meses de verão e início do outono sendo um processo totalmente mecanizado. O ciclo de desenvolvimento da planta leva entre 105 a 135 dias e no resto do ano, a maioria dos produtores faz a rotação de culturas e depois trata a área com adubos e correção do solo.

Entre 1990/1991 e 2004/2005, a área plantada com soja no Brasil cresceu 13,4 milhões de hectares, passando de 9,74 milhões de hectares para 23,18 milhões de hectares. Nesse período, merece destaque o aumento da área plantada com soja na região Centro-Oeste (+7,9 milhões de hectares) e na região Nordeste (+1,2 milhão de hectares), representando a consolidação dessas regiões como as da fronteira agrícola da soja. No entanto, o crescimento da área plantada com soja na região Sul, tida como a mais tradicional para a soja no Brasil, também foi expressivo no período, totalizando 2,9 milhões de hectares. O aumento do plantio de soja na região Sul evidencia a estratégia adotada pelos fazendeiros, nos últimos anos, de substituir pastagens e área de milho na safra de verão pelo cultivo da soja. No entanto, em médio e longo prazo, a taxa de crescimento do plantio de soja na região Sul deverá reduzir consideravelmente, pela simples limitação de novas áreas para expansão (PINAZZA, 2007).

Assim, fica para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte a responsabilidade por fornecer área para a expansão do cultivo da soja no Brasil. A expansão do plantio da soja nas regiões de fronteira agrícola foi, em grande parte,

impulsionada pelo domínio das produção no Cerrado, pela abundância de crédito para a compra de máquinas e equipamentos, e também pelo crédito privado para o custeio da produção. A crise financeira observada nas duas últimas safras deverá agir como um mecanismo de ajuste na marcha de investimento observada nessa região. Os próximos dois anos deverão ser marcados por processos de reestruturação nas unidades produtivas de soja, principalmente, nas regiões de fronteira (PINAZZA, 2007).

IV.1.4 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE SOJA

A produção de biodiesel de soja é um importante fator que impacta a demanda interna de soja a tabela 8, a seguir indica que a soja é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel.

Tabela 7 - Matérias primas usadas na produção do biodiesel (jan/2007 a fev/2008), (**ANP apud Revista Época, 16/06/2008, Pag.76)**

Matéria prima	Participação
Óleo de soja	70%
Sebo bovino	10%
Óleo de palma/dendê	1%
Óleo de algodão	0,33%
Óleo de amendoim	0,08%
Óleo de mamona	0,03%
Óleo de nabo-forrageiro	0,03%
Gordura de porco	0,01%
Outros	18,5%

Dos diversos setores da agricultura brasileira, o complexo da soja é o que está em melhores condições estruturais para atender, de forma consistente e viável, às exigências e necessidades previstas para o biodiesel.

Para a obtenção de biodiesel a partir de óleo de soja é necessária a complementação na estrutura da cadeia de produção do complexo soja apresentada na figura 11 a seguir:

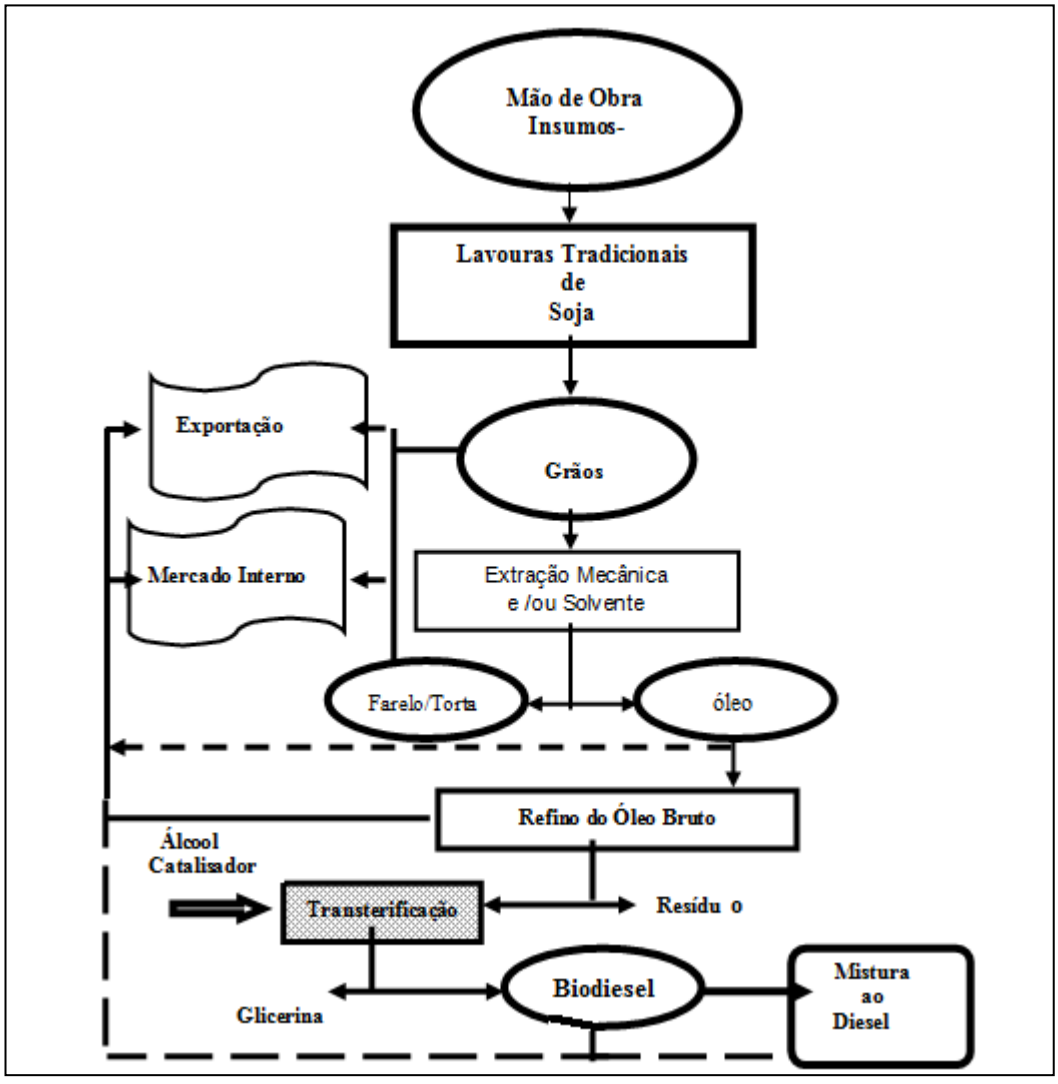

Figura 8 - Modelo do complexo soja com a unidade de transterificação incluída.
Fonte: WEHRMANN, 2000

No complexo da soja as indústrias esmagadoras têm uma importância central, pois representam a agregação de valor a este produto na cadeia. Apesar do processo de inovação tecnológica estar largamente disseminado entre as firmas, essa indústria está fortemente concentrada, sendo as firmas integrantes oriundas do capital multinacional, ditadas sempre pela dinâmica da redução de custos e economias de escala.

O óleo de soja é, somente, um dos componentes do sistema produtivo da soja. Sua produção é condicionada à demanda do mercado externo de farelos e de tortas; no mercado interno essa produção concorre para o abastecimento nacional de óleos comestíveis, participando da cadeia alimentícia da população.

Segundo WEHRMANN (2009) uma questão importante e complexa é a composição do custo do biodiesel. A introdução do biodiesel na matriz energética nacional deve ser vista com uma oportunidade de fixação do homem no campo com a valorização da agricultura familiar. Os valores das componentes sociais e ambientais devem, necessariamente, entrar no cálculo do valor final do produto. No caso da soja, por trata-se de um setor estruturado e, considerando-se que o biodiesel continuará a ser um subproduto, a componente social do custo praticamente não existe.

Assim, o cálculo do custo é simplificado para considerar unicamente o valor econômico. De acordo com Abiove (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais) o custo final do biodiesel de soja pode ser estimado em torno de US$ 0,35 por litro, em média para produção no Sudeste e Sul, considerando-se o valor

de comercialização da glicerina. Em 2003 o óleo de soja refinado teve uma cotação média no mercado de US$ 0,49 por litro. Já o custo de produção do diesel está em torno de US$ 0,20 por litro[11] e o custo de venda ao consumidor em torno de US$ 0,46 por litro. O custo final do combustível só é afetado pela diferença entre os custos de produção. A Figura a seguir descreve estes custos e o percentual de aumento. Por exemplo, uma mistura de 10% de biodiesel no diesel aumenta 2% no custo final do combustível.

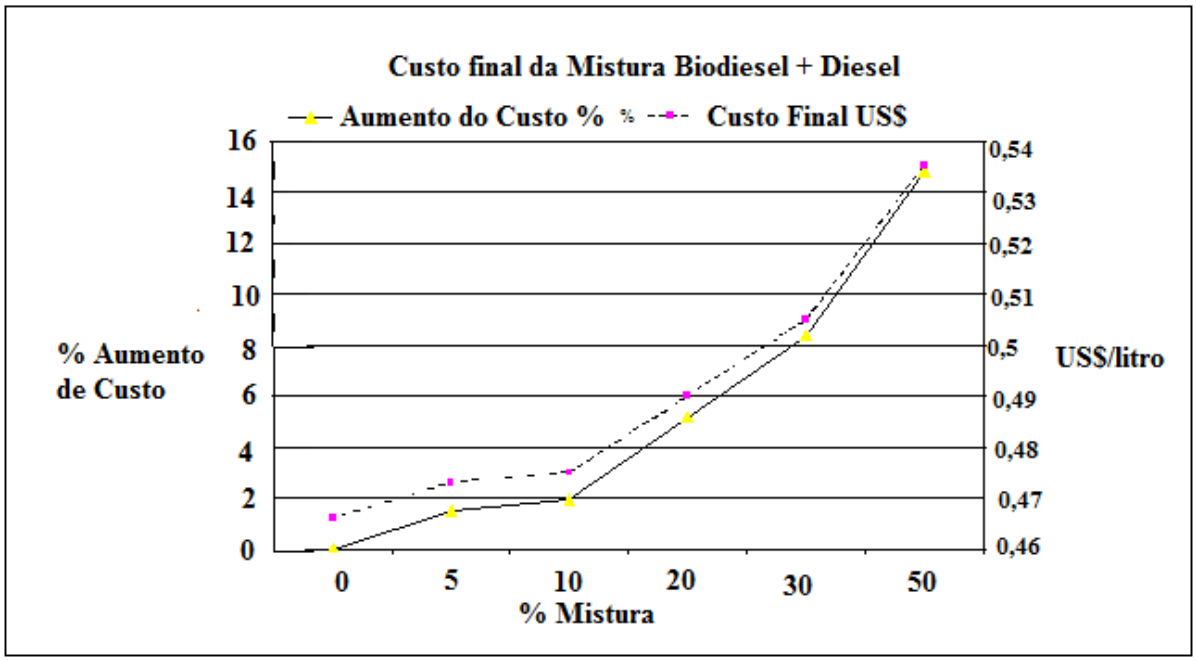

Figura 9 - Efeito da mistura de biodiesel sobre o custo final do combustível e percentual de aumento
Fonte: WEHRMANN, 2009

De acordo com WEHRMANN (2009) a produção de biodiesel a partir da soja pode ser uma estratégia de aproveitamento de parte da capacidade nominal de esmagamento instalada no país que se encontra em mais de 40% ociosidade. Para completar o processo produtivo de biodiesel seria necessário incorporar as

[11] EBB – European Biodiesel Board – www.ebb-eu.org.

unidades de transesterificação às plantas de esmagamento. Isto significa que não alteraria a atual distribuição do controle segmento agro-industrial, onde 50% são controlados por quatro grupos econômicos. Pasquis (2004) observa que as restrições a entrada de novas empresas está levando a concentrar o controle do setor de esmagamento em poder de grandes grupos econômicos internacionais. No caso de produção do biodiesel, esta tendência não deve mudar uma vez que é no segmento de produção de óleo que repousa as melhores oportunidades de melhoria futura da competitividade do complexo soja.

Como pode ser visto, o biodiesel de soja tem grande potencial e poderá ter sustentabilidade econômica, uma vez que ele pode abrir novos mercados para a agricultura tradicional. Entretanto, esse potencial não ameniza os efeitos sobre o meio ambiente que a produção de soja em larga escala representa, especialmente se ela for acompanhada de um aumento da área cultivada. Mesmo se for mantida a área de plantio, a produção de biodiesel de soja não se sustenta ambientalmente, uma vez que pouco reduzirá os níveis de emissões dos motores e não alterará o balanço de carbono.

No que se refere á sustentabilidade social, o biodiesel de soja também não se apresenta sustentável, uma vez que em pouco alterará o perfil da ocupação de mão-de-obra do complexo da soja lembrando que a produção de soja é uma atividade concentradora de renda e socialmente excludente.

Com relação à geração de empregos, WEHRMANN (2009) fez uma análise e concluiu que a opção por biodiesel de soja pode não ser a mais apropriada,

sobretudo quando comparada com outras oleaginosas, como a mamona. Uma usina de beneficiamento de soja, com capacidade de esmagamento de 2,5 t/dia, pode empregar 40 pessoas e o acréscimo de 2.500.000 t/ano, geraria em torno de 11.000 empregos; enquanto a produção de biodiesel de mamona tem como meta prevista pelo Governo Federal para 2010 assentar 153 mil famílias e gerar 1.350.000 empregos em toda a cadeia produtiva do biodiesel. Essa meta é resultado de uma projeção da capacidade de produção de 1.500.000 t/ano de biodiesel de mamona que permitirá uma mistura de até 5% ao diesel. Dessa forma, tomando-se como referência a mamona, o biodiesel de soja não tem sustentabilidade social. Pode-se inferir que o biodiesel de soja tem sustentabilidade estratégica duvidosa, visto que sua produção tende a ficar com grandes grupos econômicos, em sua maioria, internacionais (WEHRMANN, 2009).

A seguir, será realizada uma análise da demanda de soja para suprir a demanda de biodiesel de soja no Brasil. Foram identificadas as regiões do Brasil onde se planta soja e uma média dos anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008 de suas produções médias, área média cultivada e produtividade agrícola média a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Utilizou-se o valor de 0,925g/cm3 para a densidade do óleo de soja (GERIS, 2007) e adotou-se um percentual médio de 20% de óleo extraído dos grãos de soja, considerando prensagem a quente associada a extração com solvente, um rendimento industrial de 96% na fase de produção de biodiesel (ALMEIDA *et al*, 2004).

Com esses dados, foi possível gerar a tabela 9 a seguir que contém uma estimativa teórica da área plantada de soja necessária para suprir a demanda de

biodiesel, caso 40% a produção de biodiesel nacional seja proveniente da soja (mesmo índice utilizado para a mamona na análise da próxima seção)

Tabela 8 - Estimativa teórica da área plantada de soja necessária para suprir a demanda de biodiesel

DADOS REFERENTES A MÉDIAS DO PERÍODO 2004 A 2008							
	Unid.	NE	SE	S	C.O	N	BRASIL
Produção Média de Soja	t	4.074.580	4.171.620	18.683.020	28.308.380	1.328.280	56.565.860
Produtividade Agrícola Média	kg/ha	2.140	2.148	1.945	2.827	2.702	2.137
Área Média Cultivada	ha	1.514.440	1.583.920	8.318.460	10.047.920	491.020	21.955.760
Potencial de Biodiesel de soja	mil m^3	785	866	3.878	5.876	276	11.741
Consumo Médio de Óleo Diesel	mil m^3	6.302	17.708	7.967	4.601	3.160	39.740
Demanda de Biodiesel de Soja	mil m^3	189	531	239	138	95	1.192
Demanda - Potencial	mil m^3	-596	-335	-3.639	-5.738	-181	-10.549
Área p/suprir Déficit	ha	-1.393.091	-778.834	-9.355.944	-10.149.221	-334.752	-24.681.877

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do CONAB

Foi utilizado o termo potencial de biodiesel de soja, pois nem toda a produção de soja se destina à produção de biodiesel. O cálculo do potencial de biodiesel de soja foi feito utilizando a seguinte relação:

$$\text{Potencial (m3)} = \frac{\text{Produção de soja (t) x 0,20 (teor de óleo) x 0,96 (Rend. Transesterificação)}}{\text{Densidade 0, 925 (t/m3)}}$$

A demanda de biodiesel de soja foi calculada através da seguinte relação:

$$\text{Demanda (m3)} = \text{Consumo de Diesel (m3) x 0,03 (Referente ao B3) x 0,40 (\% de biodiesel proveniente de soja)}$$

A linha de demanda – potencial representa o quanto de biodiesel de soja em m^3 deve ser produzido caso 40% do biodiesel necessário para suprir a demanda nacional de B3 seja proveniente da soja. Através das relações a seguir obtemos a área média necessária para suprir a demanda de biodiesel considerada no estudo.

$$\text{Produção de soja (t)} = \frac{\text{biodiesel de soja (m3)} \times 0{,}925\ (\text{t/m3})}{0{,}96 \times 0{,}20}$$

$$\text{Área média cultivada (ha)} = \frac{\text{Produção de soja (t)}}{\text{Produtividade (kg/ha)} \times (1\ \text{t}/1000\text{kg})}$$

É possível perceber pela tabela anterior que demanda de biodiesel de soja nas condições do presente estudo poderia ser suprida em todas as regiões analisadas. O sinal negativo indica que o potencial é maior que a demanda.

IV.2 BIODIESEL DE MAMONA

IV.2.1 HISTÓRICO DA MAMONA

A mamoneira é xerófila (adaptado ao meio seco) e heliófila (cresce em terrenos descampados), provavelmente originária da Ásia, explorada comercialmente entre as latitudes 40ºN e 40ºS. No Brasil, sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos. A origem desta planta é muito discutida, já que existem relatos, em épocas bastante longínquas, de se cultivo na Ásia e na África. A diversificação de um grande número de variedades desta planta, encontradas tanto no continente africano, como no asiático, impossibilita qualquer tentativa de estabelecer uma procedência efetiva da mamona. Alguns pesquisadores acreditam que a mamona tenha sido originária da África, mais precisamente da Etiópia; essa região situa-se entre os paralelos 5º e 15ºS (SEVERINO et al, 2003).

Figura 10 – A mamoeira (Ricinus communis L.)

A facilidade de propagação e de adaptação em diferentes condições climáticas propiciou a mamona ser encontrada ou cultivada nas mais variadas regiões do mundo, como no norte dos Estados Unidos da América e Escócia. No Brasil a mamona foi trazida pelos portugueses com a finalidade de utilizar seu óleo para iluminação e lubrificação dos eixos das carroças. O clima tropical e, predominante no Brasil, facilitou o seu alastramento. Assim, hoje podemos encontrar a mamoneira em quase toda extensão territorial, como se fosse uma planta nativa e em cultivos destinados à produção de óleo (AZEVEDO *et al*, 2003).

De qualquer forma, menção dela é feita desde a mais remota antigüidade, pois segundo autores clássicos já era conhecida à época dos antigos egípcios que a apreciavam como planta milagrosa, sendo igualmente utilizada na Índia desde os tempos imemoriais para os mais diversos fins. No Brasil a mamona é conhecida desde a era colonial quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana (SEVERINO *et al*, 2003).

IV.2.2 O CULTIVO DA MAMONA NO BRASIL

A mamoneira desenvolveu-se nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste do Brasil. Nas regiões Sudeste e Sul, para se garantir a competitividade com outros produtos concorrentes tornou-se necessário o desenvolvimento de técnicas que facilitassem a mecanização e o desenvolvimento de variedades mais rentáveis.

Deste modo tornou-se possível cultivar variedades anãs e indeiscentes[12], cuja maturação ocorre aproximadamente ao mesmo tempo em todas as bagas. Isto permite colheita mecânica única anual (AZEVEDO *et al*, 2003).

No Nordeste a miscigenação de variedades provocou um hibridismo espontâneo, os frutos são deiscentes, requerendo múltiplas colheitas por ano, em operação manual A não existência de muitas culturas concorrentes e a instabilidade climática têm provocado pouca evolução na adoção de novas tecnologias.

De acordo com PRATA (2007), o óleo da mamona é mais denso do que os demais congêneres de origem vegetal. Sua densidade a 15℃ varia de 0,945 a 0,965 e entra em ebulição a 265℃. Graças a estas p ropriedades, aliadas ao ótimo grau de viscosidade, é o lubrificante por excelência para os motores de avião. Lubrifica mais do que os óleos minerais de viscosidade idêntica, pois, graças ao seu forte poder adesivo, tem maior capacidade de penetração do que aqueles óleos, mantendo seu grau de viscosidade mesmo nas altas temperaturas.

A torta de mamona constitui um bom adubo orgânico e, quando desnitrificada, pode ser aproveitada como ração para animais. Pesquisadores em nutrição animal têm constatado que a torta de mamona atoxicada pode substituir as tortas de algodão, amendoim e soja na alimentação do gado leiteiro, por permitir alto teor lipídico-protéico (AZEVEDO & LIMA, 2001).

[12] Os frutos indeiscentes são os frutos que não se abrem espontaneamente. Podem ser secos, lenhosos, ou carnosos (WIKIPÉDIA).

O caule da mamona pode ser utilizado na indústria do papel e suas folhas, quando adicionadas à ração do gado, aumentam a secreção láctea das vacas, podendo também servir de alimento para o bicho-da-seda. Percebe-se que o desperdício oriundo da exploração da mamona é mínimo, pois dela tudo é aproveitado (PRATA 2007).

No cenário mundial, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais. A cultura da mamona é bastante disseminada na Ásia, ressaltando-se a Índia (maior produtor mundial) e a China. No Brasil, o processo de produção de biodiesel já está consolidado sob o ponto de vista técnico e tecnológico, havendo tanto recursos humanos quanto maquinários disponíveis para o devido fim. No entanto, o sistema produtivo como um todo, desde a produção das matérias-primas até a comercialização do combustível propriamente dito, ainda é muito disperso (FREITAS e NOBRE JÚNIOR, 2004).

IV.2.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE MAMONA

O principal produto da mamona é o óleo, uma importante matéria prima para a indústria química, sendo utilizado na composição de inúmeros produtos como tintas, verniz, cosméticos, lubrificantes, plásticos etc. A lista de produtos feitos a partir de óleo de mamona é muito extensa, tendo mais de 400 itens (EMBRAPA, 2009).

O óleo de mamona é mais usado, em termos quantitativos na fabricação de tintas, vernizes, cosméticos e sabões sendo também importante na produção de plásticos e fibras sintéticas, especialmente em fibras atóxicas e antialérgicas. O óleo de mamona pode ser encontrado como lubrificantes e matéria prima para

aditivos automobilísticos de alto valor agregado já que tem a característica de queimar sem deixar resíduo e de suportar altas temperaturas sem perder a viscosidade o que supera os óleos derivados do petróleo. Na literatura é encontrada também uma vasta literatura sobre a utilização como óleo ideal para motores de alta rotação como foguetes espaciais e os sistemas de freios dos automóveis (COELHO, 1979 apud AZEVEDO & LIMA, 2001). A figura 14 mostra os principais produtos oleoquímicos da mamona e seus usos finais.

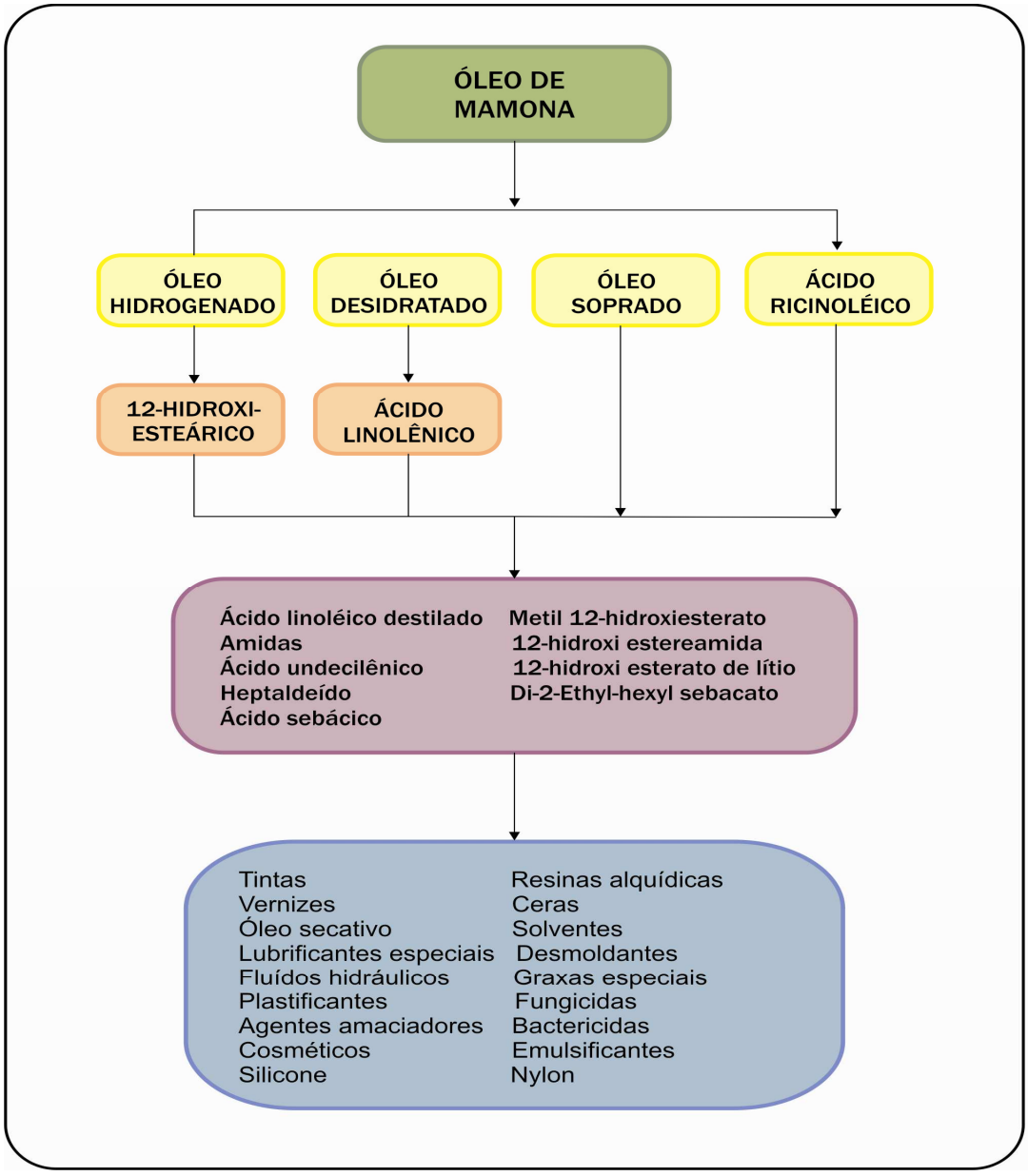

Figura 11 - Principais produtos oleoquímicos da mamona e seus usos finais
Fonte: COELHO, 1979 apud AZEVEDO & LIMA, 2001

O óleo possui características químicas que lhe tornam único na natureza: é composto quase exclusivamente (90%) por um único ácido graxo (ácido ricinoléico) que contém uma hidroxila que lhe torna solúvel em álcool a baixa temperatura, muito viscoso e com propriedades físicas especiais.

Os principais consumidores de óleo de mamona são os países desenvolvidos que utilizam este produto como insumo para a indústria química, principalmente Estados Unidos, França, Alemanha e China. Dá-se o nome de “ricinoquímica” ao ramo da química que usa óleo de mamona como matéria prima (EMPRAPA, 2009) A possibilidade de produção de biodiesel a partir do óleo de mamona criou um novo mercado para este produto capaz de absorver grande parte da produção dos países que utilizarão esta matéria prima, como o Brasil.

Em todos os países produtores de mamona, esta cultura tem grande importância social por empregar muita mão-de-obra de trabalhadores rurais, principalmente para o plantio, controle de plantas daninhas e colheita. Em média, emprega-se aproximadamente 1 trabalhador rural para cada 4 ha de plantio de mamona (EMPRAPA, 2009).

A cultura da mamona tem chamado grande atenção devido ao incentivo à produção de biodiesel, o que exigirá grandes áreas de plantio para atender a demanda do mercado de combustíveis. Desse modo, a seguir será apresentada uma simulação da quantidade de mamona que deve ser produzida para suprir a demanda de biodiesel, caso 40% da produção nacional de biodiesel seja

proveniente da mamona, de acordo com o pesquisador Napoleão Beltrão da Embrapa.

Foram identificadas as regiões do Brasil onde se planta mamona (nas regiões centro-oeste e norte não houve produção) e uma média dos anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008 de suas produções médias, área média cultivada e produtividade agrícola média a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Utilizou-se o valor de 0,96g/cm3 para a densidade do óleo de mamona PRATA (2007) e adotou-se um percentual médio de 45% de óleo extraído das bagas de mamona, considerando prensagem a quente associada a extração com solvente, um rendimento industrial de 96% na fase de produção de biodiesel (ALMEIDA *et al*, 2004).

Com esses dados, foi possível gerar a seguinte tabela que contém uma estimativa teórica da área plantada de mamona necessária para suprir a demanda de biodiesel, caso 40% a produção de biodiesel nacional seja proveniente da mamona.

Tabela 9 - Estimativa da área plantada de mamona para suprir demanda de biodiesel de mamona (Elaboração própria a partir de dados do CONAB e ANP)

DADOS REFERENTES A MÉDIAS DO PERÍODO 2004 A 2008					
	Unid.	Nordeste	Sudeste	Sul	BRASIL
Produção Média de Mamona	t	130.800	7.900	500	139.200
Produtividade Agrícola Média	kg/ha	767	1.496	1.005	791
Área Média Cultivada	ha	166.300	5.300	400	172.000
Potencial de Biodiesel de mamona	mil m^3	59	4	0	63
Consumo Médio de Óleo Diesel	mil m^3	6.302	17.708	7.967	39.740
Demanda de Biodiesel de Mamona	mil m^3	76	212	96	477
Demanda - Potencial	mil m^3	17	209	95	414
Área p/suprir Déficit	ha	48.577	310.308	210.899	1.164.053

Foi utilizado o termo potencial de biodiesel de mamona, pois nem toda a produção de mamona se destina à produção de biodiesel e não há informações do quanto realmente da produção de mamona se destina à produção de biodiesel. O cálculo do potencial de biodiesel de mamona foi feito utilizando a seguinte relação:

$$\text{Potencial (m3)} = \frac{\text{Produção de mamona (t) x 0,45 (teor de óleo) x 0,96 (Rend. Transesterificação)}}{\text{Densidade 0,96 (t/m3)}}$$

A demanda de biodiesel de mamona foi calculada através da seguinte relação:

$$\text{Demanda (m3)} = \text{Consumo de Diesel (m3) x 0,03 (Referente ao B3) x 0,40 (\% de biodiesel proveniente de mamona)}$$

A linha de demanda – potencial representa o quanto de biodiesel de mamona em m3 deve ser produzido caso 40% do biodiesel necessário para suprir a demanda nacional de B3 seja proveniente da mamona. Através das relações a seguir obtemos a área média necessária para suprir a demanda de biodiesel considerada no estudo.

$$\text{Produção de mamona (t)} = \frac{\text{biodiesel de mamona (m3) x 0,96 (t/m3)}}{\text{0,96 x 0,45}}$$

$$\text{Área média cultivada (ha)} = \frac{\text{Produção de mamona (t)}}{\text{Produtividade (kg/ha) x (1t/1000kg)}}$$

É possível perceber pela tabela anterior que seria necessária uma área em torno de um milhão de hectares para suprir a demanda de biodiesel de mamona nas condições do presente estudo.

IV.3 Produção de biodiesel de microalgas

As informações desta seção foram retiradas das referências TEIXEIRA, 2006 e AZEVEDO et al, 2008.

IV.3.1 HISTÓRICO

A primeira menção ao uso de algas para a produção de biocombustíveis ocorreu em 1950 no MIT. Entre 1980 a1995 o United States Department of Energy e o National Renewable Energy Laboratory (NREL) desenvolveram o Algae Species Program (ASP), até hoje considerado um marco referente ao assunto. O cultivo de algas vem apresentando uma série de modalidades e o ultradenso de microalgas com alto teor de óleo, em larga escala, parece ser o que mais exigiria inovações tecnológicas para obtenção da produtividade satisfatória.

Pesquisadores e instituições envolvidas nas áreas afins, ao considerarem as conquistas recentes da biotecnologia (engenharia metabólica, genômica, proteômica, metabolômica, nutrigenômica, bioinformática, desenho de bioreatores, etc.), assinalam que o cultivo ultradenso será viável, em pouco tempo (CHISTI, 2007). Vários experimentos descrevem o potencial de produtividade em biomassa e teor de óleo, independentemente do uso energético. Até fevereiro de 2008 foram identificadas e caracterizadas algumas espécies selvagens que apresentam grande potencial.

Alguns destes genomas foram seqüenciados e obtidas estirpes geneticamente modificadas (MAYFIELD, 2008). Atualmente, só existem técnicas para cultivo em pequena escala. Para desenvolver o cultivo em larga escala é necessário isolar e caracterizar outras espécies, além de aprimorar ferramentas genéticas em busca de características específicas. Paralelamente é necessário

desenvolver novos métodos de aqüicultura, processos para colheita, extração e conversão do óleo.

IV.3.2 CADEIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS BASEADA EM MICROALGAS

Os óleos encontrados nas microalgas possuem características físico-químicas e químicas similares aos de óleos vegetais e por isto elas podem ser consideradas como potencial matéria-prima para a produção de biodiesel. A colheita da biomassa das microalgas pode ser realizada diariamente não seguindo o regime de safras, pois tem um tempo de geração de poucas horas. Não são necessárias áreas aráveis ou água potável, não competindo com a agricultura. Após a colheita e extração do óleo, os meios de cultura são diretamente reaproveitados ou reciclados, os resíduos usados na produção de biogás por digestão anaeróbica e posterior co-geração de energia elétrica, para uso no próprio processo de cultivo, utilizando-se o CO_2 gerado pela combustão do biogás na aquicultura das próprias microalgas de forma a incrementar seu crescimento. Este potencial de reaproveitamento pode ser incorporado às outras receitas, como da comercialização dos biocombustíveis, dos subprodutos da biomassa e da biodigestão.

O modelo da cadeia produtiva proposto baseia-se no encadeamento dos setores responsáveis por cada etapa do processo. Esta configuração pressupõe eficácia do balanço energético, reciclagem contínua dos meios de cultura, escoamento da produção e aproveitamento do metano como fonte para produção de energia elétrica juntamente com os resíduos de biomassa. A figura 15 apresenta um esquema simplificado do cultivo de microalga e a reciclagem e uso de subprodutos.

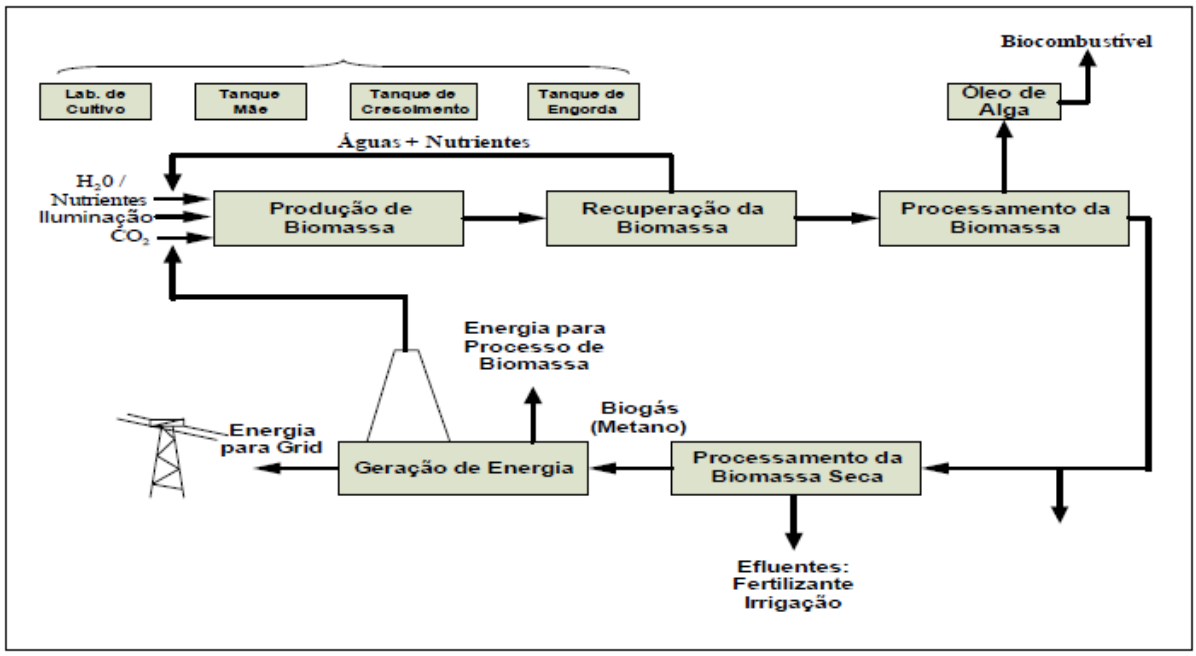

Figura 12 - Esquema simplificado do cultivo de microalga e a reciclagem e uso de subprodutos
Fonte: AZEVEDO et al, 2008

O óleo das microalgas deve passar por um processo específico de conversão para cada tipo de biocombustível pretendido. Para a produção comercial é preciso viabilizar o cultivo em larga escala de espécies de microalgas que acumulem o máximo de lipídios. Através do manejo das condições de cultivo (nutrientes, por exemplo), diversas espécies podem ser induzidas a sintetizar e acumular altas concentrações das biomoléculas de interesse para a produção de cada combustível pretendido. Para a produção de biocombustíveis, os lipídios de interesse corresponde ao Triacilglicerol ou Triacilglicerídeo, um tri-éster oriundo da combinação do glicerol ácidos graxos (ácidos carboxílicos de longa cadeia alquílica) como palmitico, olêico e alfa-inolênico.

AZEVEDO *et al* (2008) propôs um modelo para a criação de uma cadeia energética baseada em microalgas. Tal modelo é composto pelas seguintes etapas:

A - Bioprospecção: Refere-se ao isolamento, seleção e caracterização morfofisiológica das espécies nativas promissoras para acumularem lipídios. A bioprospecção deverá agregar estudos das coleções dos herbários existentes, para levantamento dos grupos taxonômicos ou espécies de algas mais promissoras, análises de caracterização do perfil fisiológicos das estirpes selecionadas, um sistema de banco de dados e uma fitoteca para o armazenamento das matrizes de interesse. As análises morfofisiológicas deverão ser realizadas a partir da revisão da literatura corrente, o que permitirá avaliar o estado da arte sobre os protocolos de procedimentos e técnicas a serem empregadas.

B - Otimização das estirpes para cultivo ultrodenso: Após à caracterização morfofisiológica é possível empregar técnicas de melhoramento genético para aumentar a produtividade das culturas e a resistência às pragas e variações climáticas. De forma geral, as microalgas selvagens produzem baixo teor de lipídios neutros. Para otimizar a síntese destes lipídios torna-se necessário o uso de manipulação genética. Recentemente, o progresso no desenvolvimento de estratégias moleculares e análises de processos celulares revela a possibilidade de manipular as estirpes para obtenção de fenótipos adequados à produção das energias renováveis.

Segundo AZEVEDO *et al* (2008), a implantação e manutenção de banco de dados das culturas de microalgas auxiliará o estudo de espécies isoladas e a seleção das estirpes a serem utilizadas como organismos teste.

C - Banco de Culturas Mono especificas de Microalgas: AZEVEDO *et al* (2008) também recomenda a organização de um banco de culturas mono especificas de microalgas que funcione como um centro depositário das estirpes isoladas e das estirpes-patentes ou envolvidas em processos de patenteamento. Este banco de culturas deve atender as qualificações que o habilitarão a se tornar um centro de referência para as estirpes que nele forem depositadas, assumindo a responsabilidade de desenvolver protocolos, restrições e controlar a transferência do material coletado para terceiros.

D - Parâmetros relevantes para o cultivo ultradenso de microalgas: AZEVEDO *et al* (2008) alerta que é crucial conhecer todos os fatores que influenciam a eficiência da fotossíntese e como estes influenciam a taxa de conversão energética das espécies de interesse. Dentre estes, vale mencionar: o ponto máximo de saturação de luz para a produção fotossintética máxima, a relação teor de clorofila, condições de cultivo e a taxa de conversão, o comportamento metabólico sob diferentes condições de luminosidade e densidade populacional. Algumas avaliações exigem acompanhamento constante como é o caso de possível saturação de níveis do oxigênio dissolvido que pode causar danos ao mecanismo fotossintetizante. Para este parâmetro, é relevante a variação de temperatura entre o dia e a noite. Ela não pode apresentar grandes amplitudes, sob pena de causar as denominadas. chilling injuries., que podem levar à morte as microalgas. Este problema pode ser contornado pela implantação das fazendas de cultivo no semi árido, que por suas características geográficas apresenta pequena variação entre as temperaturas diurnas e noturnas.

E - Biofixação de CO_2: Microalgas são fixadoras eficientes de carbono atmosférico através da fotossíntese. Estima-se que cada tonelada de biomassa de alga produzida consuma 1,83 t de CO_2. Isso representa dez a vinte vezes mais do que o absorvido pelas culturas de oleaginosas. Algas como *Nannochloropsis oculata e Thalassiosira weisflogii*, testadas em laboratório na - Fundação Universidade Federal Rio Grande do Sul (FURG), apresentaram altas taxas de fixação de carbono, com valores no mínimo duas vezes mais altos quando comparados aos resultados de outras espécies testadas, uma absorção aproximada de 17 a 32 ton C ha-1 ano-1. É fundamental que sejam conhecidos e controlados os fatores que influenciam o ciclo de vida e as vias metabólicas das estirpes de interesse. Para que determinada quantidade de energia luminosa seja convertida em energia química e em óleos, uma cepa que sintetize altos teores de óleo irá produzir menores percentuais de proteínas e carboidratos, reduzindo a taxa de crescimento.

Nestes processos irão também influir a disponibilidade de nutrientes, ph, salinidade, concentrações de CO_2 e O. No modelo de produção que está sendo proposto, prevê-se a separação do cultivo em duas etapas, crescimento e engorda, o que facilita a administração de CO_2, pois maximiza-se na fase de crecimento a biofixação do CO_2 (com síntese de carboidratos para crescimento das microalgas), e na engorda, a síntese de lipídios e consequente produção de óleo.

F - Desenvolvimento dos sistemas de cultivo: Segundo AZEVEDO *et al* (2008), uma das técnicas a serem utilizadas no semi-árido, dentro dos lagos de cultivo, é o

sistema de fornecimento de mistura de ar-CO_2 denominado de Sistema de Bombeamento por Borbulhamento de Ar (Sistema BBA), que também poderá provocar ciclos helicoidais nos sistemas. O correto fornecimento e administração dessa mistura é vital, inclusive para controle dos níveis de pH do meio de cultura. No semi-árido, a captura de CO_2 poderá ser efetuada no próprio local, através da co-geração de energia elétrica com o metano produzido por digestão anaeróbica e queima da biomassa das microalgas após a extração. A alta produtividade em volume é proporcional à densidade celular e à velocidade de crescimento. Neste trabalho, entende-se como Alta Densidade Celular (ADC) e Ultra Alta Densidade Celular (UADC) concentrações celulares, respectivamente, de (>8-15g/l) de biomassa seca para a primeira e (>15-80g/l) para a segunda.

Ainda não se definiu um sistema ideal para cultivo em larga escala, que pode ser feito em fotobioreatores fechados ou lagos de cultivo abertos. Há limitações para ambos os sistemas e, embora possam ser individualmente resolvidas, não tem havido possibilidade de combinar soluções gerais, pois não são aditivas, mas excludentes. Grande parte dos pesquisadores concorda que a produção de biocombustíveis não suportaria os custos fotobioreatrores fechados. Devem ser desenvolvidas tecnologias específicas para o semi-árido, unindo as vantagens dos sistemas abertos e dos fechados, maximizando a absorção de luz e consequente produtividade. Estas tecnologias envolveriam otimização de desenho e geometria, automação, monitoramento, membranas, dissorção de O_2, controles do CO_2 e de pH, controle da evapotranspiração e da evaporação, manutenção da temperatura nos meios de cultura para o dia e para a noite através de trocadores de calor. A saída do caldo com a biomassa e óleo, a biofloculação, a centrifugação e a extração do óleo também devem ser aprimorados. A biomassa, após extração

do óleo, será transportada para biodigestores através de dutos, assim como os lipídios neutros para as usinas de conversão. O restante do caldo volta diretamente aos lagos de cultivo ou segue para reciclagem.

CAPÍTULO V: METODOLOGIA DE ESTUDO

V.1 ANÁLISE SWOT

Com intuito de sistematizar as informações sobre as três produções de biodiesel abordadas neste trabalho (soja, mamona e microalgas), este capítulo tem como objetivo realizar uma análise SWOT das mesmas. A análise SWOT é um sistema simples utilizado para posicionar ou verificar a posição estratégica de uma empresa ou, neste caso, das produções de biodiesel, no ambiente em questão. É uma sigla oriunda do inglês e é um acrônimo de Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats). Essa metodologia é convenientemente representada pela figura 16:

Figura 13 - Análise SWOT
Fonte: Wikpédia, 2009-12-19

Ela se apresenta basicamente como uma análise de cenário e se divide em ambiente interno (Forças e Fraquezas) e ambiente externo (Oportunidades e Ameaças). As forças e fraquezas são determinadas pela posição atual da tecnologia e se relacionam, quase sempre, a fatores internos. Já as oportunidades

e ameaças são antecipações do futuro e estão relacionadas a fatores externos (DANTAS, 2008).

Após estabelecer os componentes da Matriz SWOT, é necessário cruzar as Oportunidades com as Forças e as Fragilidades com as Ameaças, buscando estabelecer estratégias que minimizem e monitorem os aspectos negativos e maximizem as potencialidades.

O estudo tem início com uma revisão bibliográfica e de literatura referente ao tema e escolha dos fatores internos e externos para a construção da Matriz SWOT. Posteriormente, o tratamento dos dados e informações constituiu-se pela organização e utilização de uma variação da técnica *Delphi*, o que possibilitou a construção de um diagnóstico qualitativo do que é proposto no estudo.

V.1.1 AMBIENTE INTERNO (FORÇAS E FRAQUEZAS)

As Forças podem ser descritas como como atributos da tecnologia que se revelam como fatores impulsionadores de seu desenvolvimento. As Fraquezas podem ser entendidas como os atributos da tecnologia que de algum modo condicionam ou limitam o seu desenvolvimento. A seguir são apresentados os fatores que serão analisados no ambiente interno das três produção de biodiesel.

- Fator 1: Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis
- Fator 2: Potencial de geração de empregos
- Fator 3: Potecial Brasileiro de Produção
- Fator 4: Potencial de produção por área cultivada
- Fator 5: Potencial em Aproveitamento de resíduos

V.1.2 AMBIENTE EXTERNO (AMEAÇAS E OPORTUNIDADES)

As Oportunidades podem ser descritas como como fatores externos à tecnologia que se revelam como fatores impulsionadores de seu desenvolvimento. As Ameaças podem ser entendidas como os fatores externos que de algum modo condicionam ou limitam o desenvolvimento da tecnologia. A seguir são apresenta dos os fatores que serão analisados no amibiente externo das três produção de biodiesel.

- Fator 6: Custo de Produção
- Fator 7: Impostos
- Fator 8: Preço da Matéria-Prima
- Fator 9: Investimento Inicial
- Fator 10: Mão-de-obra
- Fator 11: Maturidade da Tecnologica

O capítulo a seguir, irá apresentar uma breve discussão sobre cada um dos fatores internos e externos, que serviram de base para elaboração do questionário Delphi que será abordado na próxima seção.

V.2 METODOLOGIA DELPHI

O Delphi é uma técnica para busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. O processo inicia-se pela elaboração de um questionário Delphi que será respondido por um grupo de especialistas selecionados (*stakeholders*). O que se busca é o consenso destes especialistas em relação a eventos futuros.

A evolução em direção a um consenso obtida no processo representa uma consolidação do julgamento intuitivo destes *stakeholders* sobre eventos futuros e tendências. A técnica baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência, e da criatividade de um painel destes especialistas, pressupondo que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor do que a opinião de um só indivíduo.

Em função das características expostas, o método Delphi é especialmente recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos ou estes não podem ser projetados para o futuro com segurança, em face da expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes das tendências futuras.

As características essenciais do método Delphi são a troca de informações e opiniões entre os respondentes, o anonimato das respostas, e a possibilidade de revisão de visões individuais sobre o futuro diante das previsões e argumentos dos demais respondentes, com base em uma representação estatística da visão do grupo.

O não atendimento a estes conceitos descaracteriza o trabalho como aplicação do método Delphi. Assim, a realização de uma única rodada do questionário elimina a possibilidade de interação e busca de consenso; a quebra do anonimato prejudica as condições necessárias para que um especialista de renome abandone seu rigor científico e passe a especular sobre o futuro.

A figura a seguir apresenta a seqüência de evolução da pesquisa Delphi:

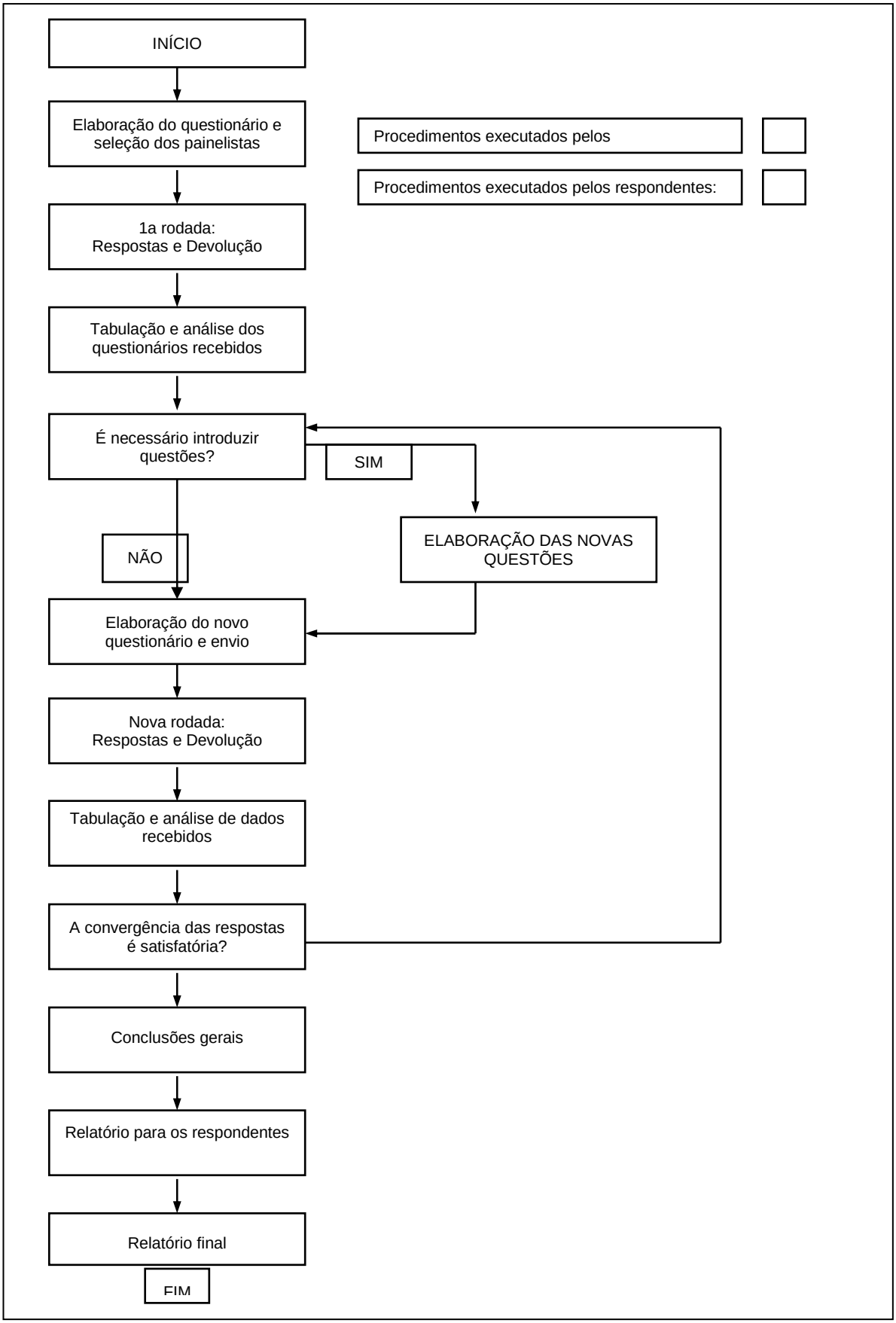

Figura 14 - Seqüência de evolução da pesquisa Delphi

Para o presente estudo, foram realizadas as seguintes etapas:

1) O levantamento das informações sobre as três produção de biodiesel apresentadas nas seções V.1.1 e V.1.2 (fatores internos e externos da análise SWOT) foram estruturados na forma de um questionário (Anexo B deste trabalho)

2) Concomitantemente a fase de elaboração e testes do questionário da primeira rodada, foram selecionados especialistas para responderem os questionários, buscando uma distribuição equilibrada entre elementos ligados ao setor, recorrendo a universidades, institutos de pesquisa, indústrias e outros setores da sociedade. A qualidade do resultado depende essencialmente dos participantes do estudo.

3) Foram contactados 50 especialistas (25 trabalham ou estudam em universidades e 25 trabalham em empresa da área energética), individualmente por e-mail, quando lhes foi explicado o que é a técnica Delphi, qual o objetivo do estudo em questão e a importância de sua participação no estudo. Foram disponibilizados os Anexos A (referente à instrução de preenchimento do questionário), Anexo B (referente ao questionário) e Anexo C (referente a folha de respostas do questionário). Houve retorno de resposta de 30 especialistas sendo 20 pertencentes a universidade (professores ou estudantes da área de engenharia química) e 10 pertencentes a empresas da área energética (PETROBRAS e Brasil ECODIESEL)

4) Uma vez recebidos os questionários com as respostas da primeira rodada, foi realizada a tabulação e análise das respostas, procurando associar os principais argumentos às diferentes tendências. Quando um questionamento não convergiu com 70% ou mais de respostas, foi realizada uma nova rodada de questionamentos. O capítulo a seguir irá apresentar os resultados obtidos.

CAPÍTULO VI: INDICADORES/FATORES DE ESTUDO

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma breve discussão sobre cada um destes fatores, que serviram de base para elaboração do questionário Delphi mecionado no capítulo anterior

VI.1 PRODUÇÃO DE ALIMENTOS & PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Após um período de avaliação, em geral, muito positiva, os biocombustíveis passaram a ser questionados de forma bastante intensa, com a ênfase colocada no possível conflito entre a produção de energia e de alimentos. Até que ponto a expansão de culturas destinadas à fabricação de biocombustíveis, uma energia limpa, coloca em risco a produção de alimentos? A busca por fontes energéticas de origem vegetal pode interferir negativamente em questões de segurança alimentar?

Dentre várias oleaginosas com maiores produtividades (soja, pinhão manso, dendê e babaçu), a mamona é uma das matérias-primas de maior interesse do governo brasileiro, pois associa inclusão social e econômica para as famílias agricultoras do semi-árido nordestino. Além disso, a mamona tem vantagens adicionais, pois não participa do mercado de alimentos, como é o caso da soja.

No caso do biodiesel de microalga as vantagens são maiores ainda, pois além de não participar do mercado de alimentos, seu cultivo utiliza terras desérticas que não teriam condições de produzir alimentos.

VI.2 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EMPREGOS

O biodiesel de soja não pode ser considerado socialmente sustentável, pois o aumento de sua produção não irá alterar o perfil da ocupação de mão-de-obra do *complexo da soja.* A produção de soja pode ser considerada uma atividade concentradora de renda e socialmente excludente.

Com relação à geração de empregos, a opção por biodiesel de soja pode não ser a mais apropriada, sobretudo quando comparada com outras oleaginosas, como a mamona. Uma usina de beneficiamento de soja, com capacidade de esmagamento de 2,5 t/dia, pode empregar 40 pessoas e o acréscimo de 2.500.000 t/ano, geraria em torno de 11.000 empregos; enquanto a produção de biodiesel de mamona tem como meta prevista pelo Governo Federal para 2010 assentar 153 mil famílias e gerar 1.350.000 empregos em toda a cadeia produtiva do biodiesel. Essa meta é resultado de uma projeção da capacidade de produção de 1.500.000 t/ano de biodiesel de mamona que permitirá uma mistura de até 5% ao diesel. Dessa forma, tomando-se como referência a mamona, o biodiesel de soja não tem sustentabilidade social. Pode-se inferir que o biodiesel de soja tem sustentabilidade estratégica duvidosa, visto que sua produção tende a ficar com grandes grupos econômicos, em sua maioria, internacionais (DUARTE, 2006)

VI.3 POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO

As tabelas 11 e 12 a seguir apresentam os dados de produção das safras de 2007/2008 e 2008/2009 de mamona e soja.

Tabela 10 - MAMONA COMPARATIVO DE ÁREA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO SAFRAS 2007/2008 E 2008/2009

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 07/08 (a)	Safra 08/09 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 07/08 (c)	Safra 08/09 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 07/08 (e)	Safra 08/09 (f)	VAR. % (f/e)
NORDESTE	**155,9**	**182,3**	**16,9**	**727,0**	**765,0**	**5,2**	**113,5**	**139,4**	**22,8**
PI	2,7	2,3	(14,8)	415,0	840,0	102,4	1,1	1,9	72,7
CE	26,4	33,9	28,4	430,0	553,0	28,6	11,4	18,7	64,0
RN	0,1	0,1	(27,0)	635,0	716,0	12,8	0,1	0,1	-
PE	3,7	3,9	5,4	430,0	513,0	19,3	1,6	2,0	25,0
BA	123,0	142,1	15,5	807,0	821,0	1,7	99,3	116,7	17,5
SUDESTE	6,8	7,5	10,3	1.456,0	1.393,0	(4,3)	9,9	10,4	5,1
MG	5,6	6,3	12,5	1.505,0	1.365,0	(9,3)	8,4	8,6	2,4
SP	1,2	1,2	-	1.226,0	1.540,0	25,6	1,5	1,8	20,0
NORTE/NORDESTE	155,9	182,3	16,9	727,0	765,0	5,2	113,5	139,4	22,8
CENTRO-SUL	6,8	7,5	10,3	1.456,0	1.393,0	(4,3)	9,9	10,4	5,1
BRASIL	162,7	189,8	16,7	758,0	790,0	4,2	123,4	149,8	21,4

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2009

Tabela 11 - SOJA COMPARATIVO DE ÁREA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO SAFRAS 2007/2008 E 2008/2009

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 07/08 (a)	Safra 08/09 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 07/08 (c)	Safra 08/09 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 07/08 (e)	Safra 08/09 (f)	VAR. % (f/e)
NORTE	**517,5**	**516,6**	**(0,2)**	**2.845,0**	**2.854,0**	**0,3**	**1.472,4**	**1.474,3**	**0,1**
RR	15,0	15,0	-	3.250,0	3.250,0	-	48,8	48,8	-
RO	99,8	107,2	7,4	3.122,0	3.033,0	(2,9)	311,6	325,1	4,3
PA	71,1	71,1	-	2.828,0	2.894,0	2,3	201,1	205,8	2,3
TO	331,6	323,3	(2,5)	2.747,0	2.767,0	0,7	910,9	894,6	(1,8)
NORDESTE	**1.580,1**	**1.605,7**	**1,6**	**3.057,0**	**2.788,0**	**(8,8)**	**4.829,8**	**4.477,2**	**(7,3)**
MA	421,5	401,3	(4,8)	2.996,0	2.890,0	(3,5)	1.262,8	1.159,8	(8,2)
PI	253,6	274,1	8,1	3.231,0	2.939,0	(9,0)	819,4	805,6	(1,7)
BA	905,0	930,3	2,8	3.036,0	2.700,0	(11,1)	2.747,6	2.511,8	(8,6)
CENTRO-OESTE	**9.634,8**	**9.685,3**	**0,5**	**3.022,0**	**2.931,0**	**(3,0)**	**29.114,0**	**28.384,4**	**(2,5)**
MT	5.675,0	5.709,1	0,6	3.145,0	3.100,0	(1,4)	17.847,9	17.698,2	(0,8)
MS	1.731,4	1.700,2	(1,8)	2.639,0	2.350,0	(11,0)	4.569,2	3.995,5	(12,6)
GO	2.179,7	2.227,7	2,2	3.002,0	2.934,0	(2,3)	6.543,5	6.536,1	(0,1)
DF	48,7	48,3	(0,8)	3.150,0	3.200,0	1,6	153,4	154,6	0,8
SUDESTE	**1.396,0**	**1.441,0**	**3,2**	**2.853,0**	**2.846,0**	**(0,2)**	**3.983,4**	**4.100,9**	**2,9**
MG	870,0	883,4	1,5	2.916,0	2.938,0	0,8	2.536,9	2.595,4	2,3
SP	526,0	557,6	6,0	2.750,0	2.700,0	(1,8)	1.446,5	1.505,5	4,1
SUL	**8.184,7**	**8.226,1**	**0,5**	**2.519,0**	**2.283,0**	**(9,4)**	**20.618,1**	**18.778,2**	**(8,9)**
PR	**3.977,3**	**4.017,1**	**1,0**	**2.991,0**	**2.465,0**	**(17,6)**	**11.896,1**	**9.902,2**	**(16,8)**
SC	373,4	385,0	3,1	2.535,0	2.693,0	6,2	946,6	1.036,8	9,5
RS	3.834,0	3.824,0	(0,3)	2.028,0	2.050,0	1,1	7.775,4	7.839,2	0,8
NORTE/NORDESTE	**2.097,6**	**2.122,3**	**1,2**	**3.004,0**	**2.804,0**	**(6,7)**	**6.302,2**	**5.951,5**	**(5,6)**
CENTRO-SUL	**19.215,5**	**19.352,4**	**0,7**	**2.795,0**	**2.649,0**	**(5,2)**	**53.715,5**	**51.263,5**	**(4,6)**
BRASIL	**21.313,1**	**21.474,7**	**0,8**	**2.816,0**	**2.664,0**	**(5,4)**	**60.017,7**	**57.215,0**	**(4,7)**

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2009

Pela análise das tabelas acima, é possível perceber um aumento significativo (cerca de 20%) na produção de mamona, principalmente nas regiões Norte e Nordeste na safra de 2008/2009 e uma diminuição da produção da soja.

Com relação à microalgas, estudos recentes mostraram que no caso de algas com 50% de sua massa seca em óleo, somente 0,3% da área cultivada dos EUA poderiam ser utilizadas para produzir biodiesel suficiente para repor todo o

combustível usado em transporte (MORALES, 2006); além disto, a terra utilizada para o cultivo de microalgas é desértica, com baixo valor econômico para outros usos.

VI.4 POTENCIAL DE PRODUÇÃO POR ÁREA CULTIVADA

A produtividade tanto dos grãos de soja, quanto da mamona aumentou na safra de 2008/2009 em relação a safra de 2007/2008. Para mamona, houve uma variação de 4,2%, enquanto que para soja a variação foi de -5,4%. Contudo, em relação à produtividade agrícola do óleo bruto, a mamona estará sempre em maior vantagem. Isso porque o teor de óleo no grão de mamona é cerca de 50% ao passo que que na soja o teor de óleo no grão é cerca de 18% (MAPA, 2009). Com relação a produtividade das microalgas, a vantagem é maior ainda. Além de crescerem mais rápido, as algas têm capacidade de produzir 100 vezes mais óleo que a soja em um espaço equivalente a um hectare (site biodieselbr, acesso 09/09/2009)

VI.5 POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

A seguir serão apresentadas as tabelas 13, 14 e 15 com as alternativas de aproveitamento dos resíduos da soja, mamona e microalga.

Tabela 12 - Aproveitamento de resíduos da soja

MATERIAL	TIPO DE APROVEITAMENTO	REFERÊNCIAS
Grãos de soja fora do padrão de mercado	Complemento para ração animal Produção de poliuretano	URANO, 2006 ARRUDA, 2008
Resíduo da pré-limpeza da soja	Complemento para ração animal	CÔRTES & CÔRTES, 1993 apud BABILÔNIA, 1997
Casca da soja	Complemento para ração animal Produção de goma xantana	BUNGE ALIMENTOS, 2006
Farinha de soja	Produção de cola de compensado	EMBRAPA, 2007
Grãos de soja	Produção de okara[13]	BOWLES & DEMIATE, 2006
Farelo de soja	Complemento para ração animal Cultivo de cogumelos Produção de cola de madeira Produção de lipases	GERBER *et al*., 2006 BRASMICEL, 2006 VARGAS, 2003
Melaço do farelo de soja concentrado	Produção de etanol	AYUB, 2003; STAVISKI, 2007
Degomagem do óleo bruto da soja	Produção de leticina	LECITINA, 2007
Aproveitamento da neutralização do óleo de soja	Produção de sabão	SOUZA & NEVES, 2004

Tabela 13 - Aproveitamento de resíduos da mamona

MATERIAL	TIPO DE APROVEITAMENTO	REFERÊNCIAS
Casca da mamona	Produção de Fertilizantes	LIMA *et al*., 2005
Caules e folhas da mamona	Aproveitamento como inseticida do solo Produção de celulose Produção de tecidos	Biodiesel: co-produto-folha, 2008
Torta da mamona	Adubo orgânico Aproveitamento como fertilizante Complemento da ração animal Produção de bioetanol	MOTA *et al*., 2005 MELO, 2008 SEVERINO, 2005

[13] **Okara** é o resíduo que fica do processo de confecção de leite de soja, ou de outros leites vegetais. Durante o fabrico do leite os feijões de soja, arroz ou outros são moídos e passados por água. A proteína e outros nutrientes são arrastados para a água, dando origem ao leite vegetal. A fibra e alguns nutrientes residuais ficam no filtro da Máquina de leite de soja, dando origem à okara (WIKIPÉDIA, 2010)

Tabela 14 - Aproveitamento de resíduos da microalga

MATERIAL	TIPO DE APROVEITAMENTO	REFERÊNCIAS
Biomassa	Produção de metano	MORALES, 2006

VI.6 CUSTO DE PRODUÇÃO

Os custos de produção do biodiesel dependem essencialmente do custo da matéria-prima, do óleo vegetal ou outra substância graxa, e dos custos de processamento industrial, podendo subtrair-se os créditos decorrentes da comercialização do glicerol.

Vilar (2006) chegou ao resultado de que a soja seria mais competitiva, capaz de produzir um óleo mais barato na bomba, como pode ser visto na tabela 16.

Tabela 15 - Custo de produção e preço na bomba do biodiesel proveniente da soja e da mamona

TIPO DE ÓLEO	OBTENÇÃO DO ÓLEO	CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL (R$/LITRO)	PREÇO DO BIODIESEL NA BOMBA(R$/L)
Soja	Extração por solvente	0,97	1,51
	Extração de prensagem	1,01	1,57
Mamona	**Agricultura familiar**		
	Extração por solvente	1,12	1,67
	Extração por prensagem	1,12	1,68

O preço da soja em grãos é R$19,00/saca(60kg) **Fonte: VILAR, 2006**
O preço da mamona em grãos é R$36,00/saca(60kg)

Com relação a produção de biodiesel de microalgas, a Valcent Products Inc. desenvolveu biorreatores verticais de alta densidade para produção de microalgas através de um sistema planejado para trabalhar em circuito fechado e usar pouca energia e água. Nos testes de operação contínua feitos, o rendimento foi de 150.000 galões/acre/ano (cerca de 1,5 milhão de litros/hectare). O custo de produção foi de 13 centavos de dólar/ litro (Site biodieselbr)

VI.7 IMPOSTOS

A agricultura familiar no Brasil, é mais representativa nas regiões Norte e Nordeste, onde coexiste com um setor moderno do agronegócio. Por esse motivo, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), de 2004, associa a produção de biodiesel com a promoção da agricultura familiar à economia de mercado. O reflexo dessa postura do governo são os incentivos fiscais e a certificação por meio do selo de combustível social, responsável por agregar valor a essa produção quando proveniente da agricultura familiar.

A mamona, resistente à escassez de água, vem sendo a principal aposta do governo para o Nordeste. Sua produção intensiva em mão-de-obra e terra, quase não necessita de investimento em capital físico, facilitando a participação de agricultores familiares. O principal entrave decorre dos baixos níveis de produtividade alcançados historicamente na região, o que pode reduzir o número de interessados em ingressar nessa atividade em razão da baixa rentabilidade esperada e, por conseguinte, comprometer a oferta de óleos vegetais, principal fator de produção do biodiesel (VAZ *et al*, 2006)

VI.8 PREÇO DA MATÉRIA-PRIMA

A tabela 17 apresenta os preços das sacas de mamona e soja nas safras de 2007/2008 e 2008/2009.

Tabela 16 - PREÇOS MÍNIMOS da Soja e Mamona Safras 2007/2008 e 2008/2009 (**CONAB - Levantamento: Fev/2009)**

PREÇOS MÍNIMOS Safras 2007/2008 e 2008/2009						
PRODUTO/SAFRA	INÍCIO OPERAÇÃO		UNID	REGIÕES	R$/ Unid.	
	2007/2008	2008/2009			2007/2008	2008/2009
Mamona em Baga	jul/07	jul/08	60 kg	Norte , Nordeste, GO, MT, MG e SP	33,56	38,59
Soja	jan/08	jan/09	60 kg	Todo Território Nacional (exceto MT, RO, AM, PA e AC)	14	22,8

É possível perceber o aumento dos preços das duas culturas, principalmente da soja que aumentou cerca de 63% na safra de 2008/2009 em relação a 2007/2008. Segundo o AGROMENSAL – ESALQ/BM&FBovespa (edição janeiro/2009), os preços domésticos foram influenciados pela melhora na demanda, sustentada por alguns segmentos internos que estavam com estoques baixos e por interesse de compradores externos para contratos antecipados, devido à redução da safra Argentina.

O preço da mamona no mercado nacional vem se recuperando, acompanhando a recuperação dos preços dos óleos em nível internacional. Apesar de suas características específicas, o preço do óleo de mamona sofre interferência do preço de outras oleaginosas de seu grupo e também porque pode competir em termos de área cultivada. De acordo com Marta Helena Gama de Macedo, da Conab, alguns fatores influenciam no preço do óleo de mamona:

• as chuvas de monção de Junho à Setembro na Índia, que interferem na produção;

• os preços das oleaginosas na Índia que interferem na área de plantio de mamona;

• o consumo e a importação de óleo de mamona pela China;

• as condições climáticas nos EUA para o plantio das oleaginosas;

• a variação da taxa de câmbio.

As microalgas já demonstram potencialidade para a produção do biodiesel, com várias vantagens em relação às oleaginosas. Dentre as vantagens, as microalgas reduzem o nível de CO_2 da atmosfera, dão utilidade a terras hoje inviáveis e produzem alto teor de óleo em pequena área. As microalgas podem ser cultivadas em massa, usando-se meios de cultivo de baixo custo (MORALES, 2006)

VI.9 INVESTIMENTO INICIAL

A tabela 18 apresenta o investimento inicial de algumas usinas de biodiesel da PETROBRAS.

Tabela 17 - Investimento Inicial das usinas de biodiesel da PETROBRAS (**Site PETROBRAS, 2009)**

Usinas de Biodiesel	Usinas Experimentais Em operação desde 2005/2006		Usinas Industriais		
	UEB01 Guamaré (RN)	UEB02 Guamaré (RN)	CANDEIAS (BA)	MONTES CLAROS (MG)	QUIXADÁ (CE)
Investimento	R$ 10 milhões	R$ 10 milhões	R$ 78 milhões	R$ 73,4 milhões	R$ 76 milhões
Capacidade de Produção	Está sendo ampliada para 6,8 milhões de litros/ano	13,6 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano
Insumos	*Agricultura familiar:* Mamona *Agronegóci:* Soja	*Agricultura familiar:* Mamona *Agronegócio:* Soja	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim/Dendê/Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal/ Algodão *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim/Algodão/ Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim/Algodão /Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)

Com relação ao investimento inicial de uma planta de produção de biodiesel a partir de microalgas, pode-se utilizar como referência uma planta construída em terras da Valcent, localizadas na área de El Paso, Texas pela Empresa Global Green Inc., que concordou em financiar uma planta piloto de demonstração que tem um custo estimado de US$2.500.000 (Site biodieselbr, acesso em agosto/2009)

VI.10 MÃO-DE-OBRA

A mamona e a soja são as principais culturas produtoras de óleo vegetal despontam no Brasil. Estas culturas apresentam organização produtiva bem distinta: enquanto a mamona é oriunda em maior parte da agricultura familiar e a soja é um dos carros-chefe do agronegócio.

Assim, de uma maneira geral, o grande conflito está entre a capacidade de inserção social da mamona e sua competitividade frente à soja, que dentre as culturas apontadas apresenta o mercado mais consolidado e maduro (VAZ *et al*, 2006) A microalga, por sua vez, é produzida em fotobiorreator, apresentando uma organização produtiva completamente diferente da soja e da mamona.

VI.11 MATURIDADE TECNOLÓGICA

Para analisar a maturidade tecnológica das produções de biodiesel de soja, mamona e microalga, foi realizada uma prospecção tecnológica em patentes na base de dados da USPTO (United States Patent and Trademark Office) que compreendeu o período de 1976 a outubro/2009.

Foram identificadas patentes que contivessem em todos os campos, as expressões: BIODIESEL & SOY OIL, CASTOR OIL E MICROALGAE, formando três grupos. Foram encontradas 322 patentes concedidas sendo 39 do grupo biodiesel de mamona, 275 do grupo biodiesel de soja e 8 do grupo biodiesel de microalga. Este resultado demonstra que a matérias-prima para produção de biodiesel de microalga ainda está em desenvolvimento e que as produção de

biodiesel a partir de soja e mamona estão mais maduras. Além da análise quantitativa, foi realizada uma análise qualitativa das patentes.

As figuras 18, 19 e 20 a seguir mostram o depósito de patentes por ano dos três grupos:

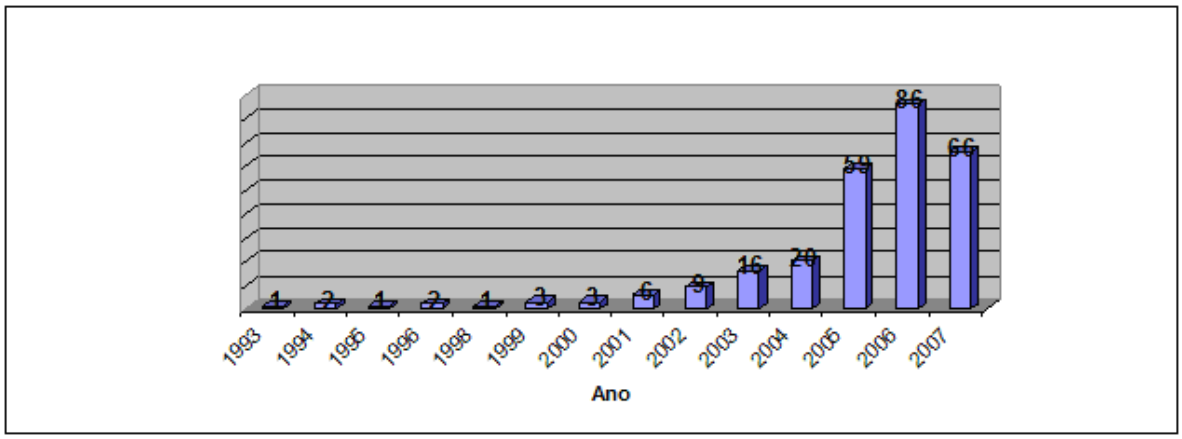

Figura 15 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

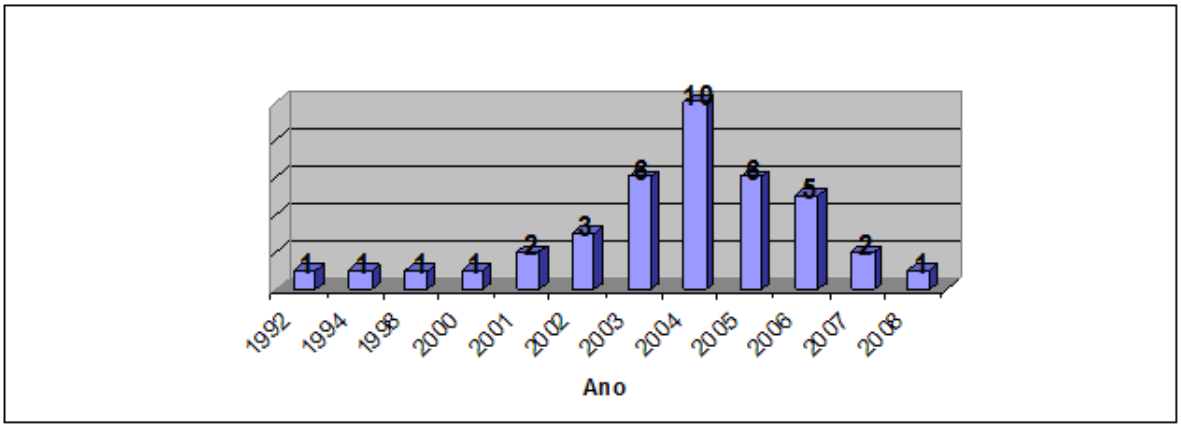

Figura 16 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

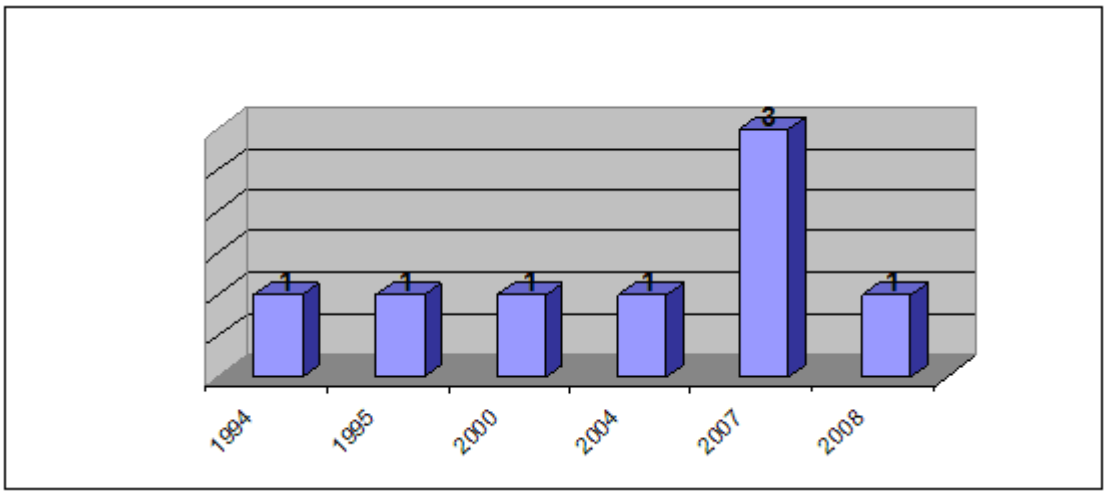

Figura 17 - Patentes sobre biodiesel de microalgas por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

Os resultados acima mostram que houve um intenso desenvolvimento das produções de biodiesel a partir de soja e mamona nos anos de 2004, 2005 e 2006. Já para o biodiesel a partir de microalgas, houve maior pesquisa no ano de 2007 onde três das oito patentes foram depositadas.

Com relação aos países depositantes, os Estados Unidos foi o país que mais depositou patentes das três matérias-primas. As figuras 21, 22 e 23 a seguir mostram esse resultado.

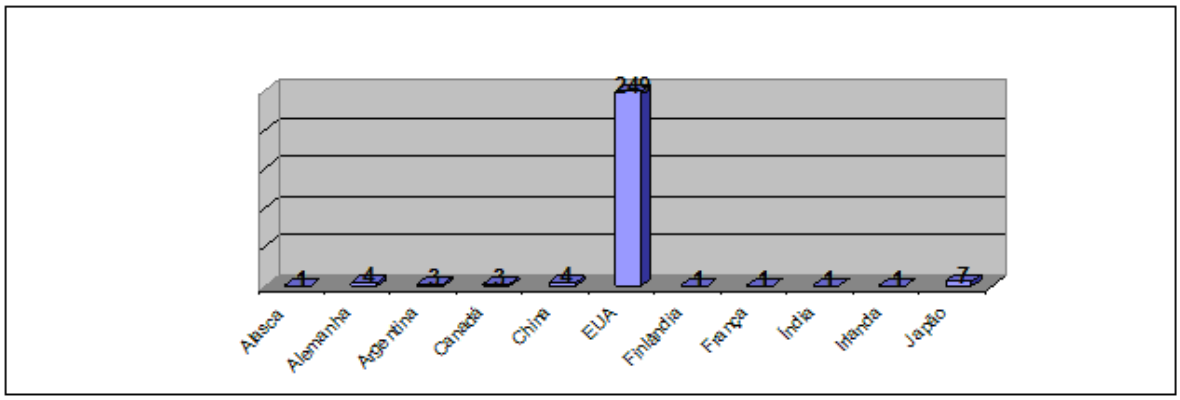

Figura 18 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

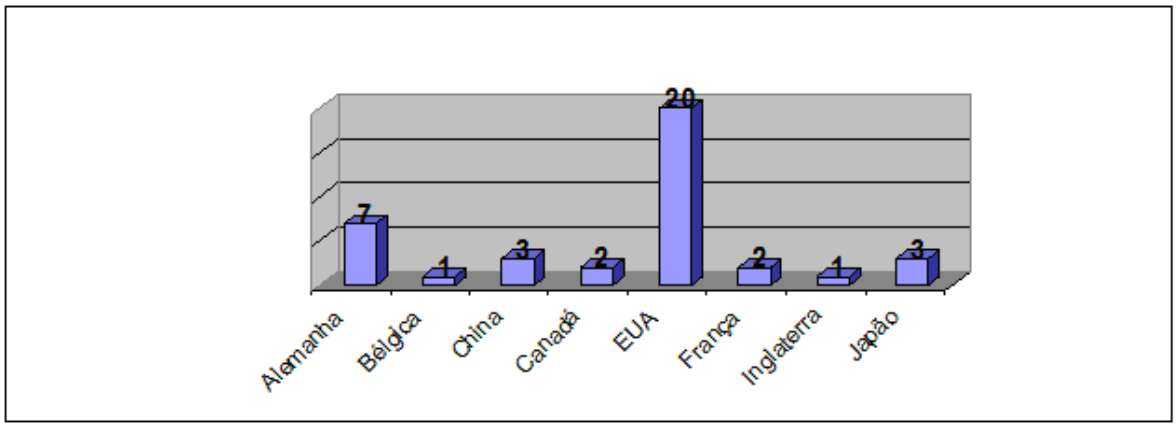

Figura 19 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

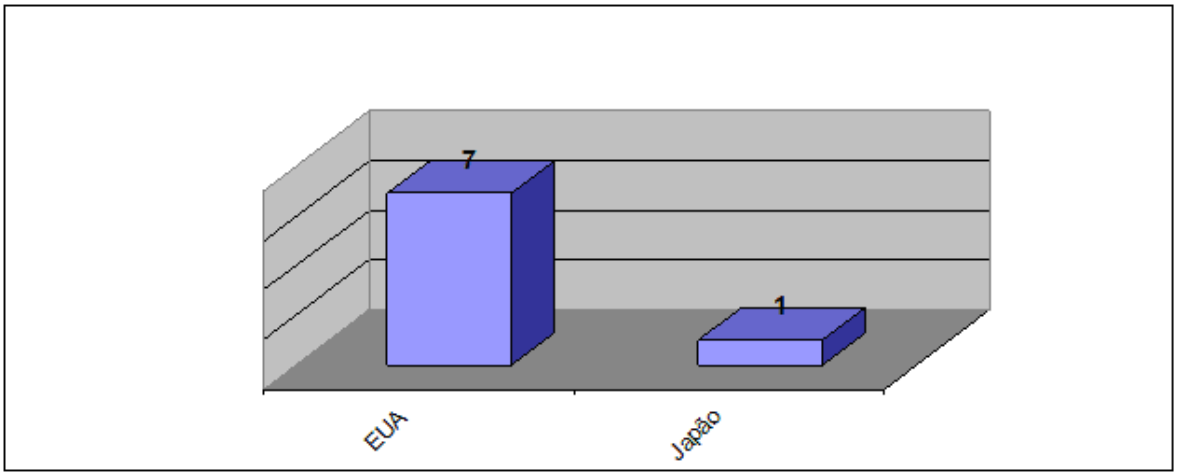

Figura 20 - Patentes sobre biodiesel de microalga por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

O segundo país que mais depositou patentes sobre as três tecnologias estudadas foi o Japão e em seguida a Alemanha que depositou quatro patentes envolvendo biodiesel de soja e sete patentes envolvendo biodiesel de mamona.

Com relação ao tipo de depositante, para as três matérias-primas estudas a maioria das patentes foram depositadas por empresas conforme os resultados apresentados nas figuras 24, 25 e 26 a seguir.

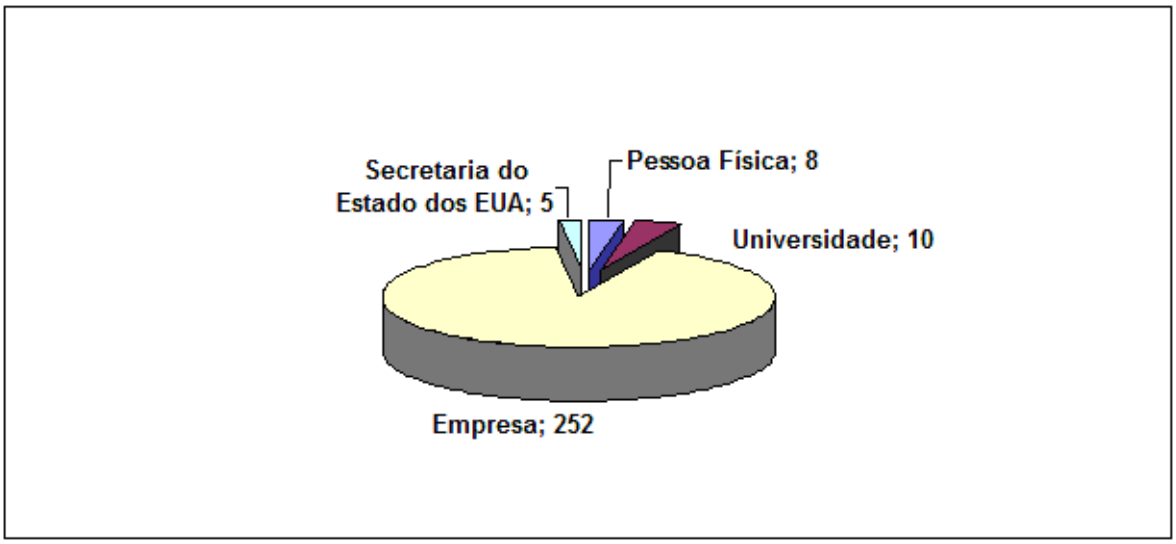

Figura 21 - Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

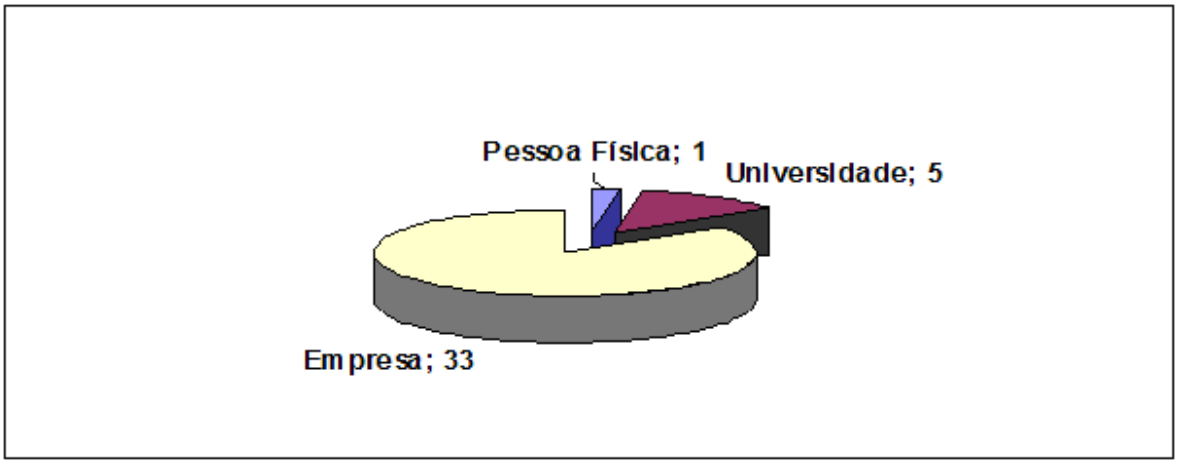

Figura 22 - Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

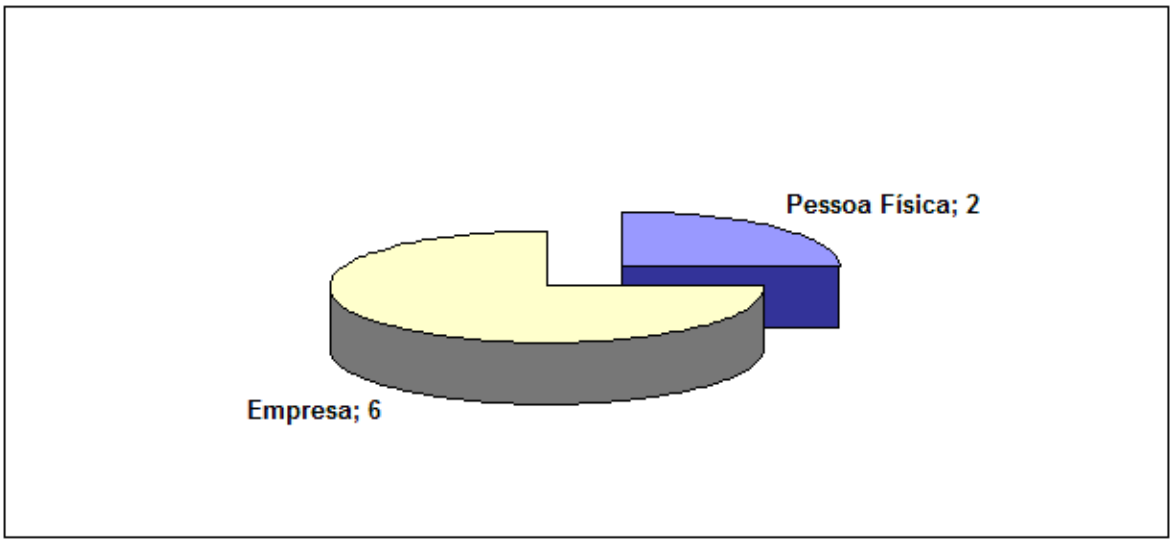

Figura 23 - Patentes sobre biodiesel de microalgas por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

Para as produções de biodiesel a partir de soja e mamona o segundo maior depósito de patentes foi por Universidades e para a matéria-prima de produção de biodiesel a partir de microalgas o segundo maior tipo de depositante foi pessoa física, não havendo depósito de patentes por universidades.

Desse modo é possível inferir que a rota de produção de biodiesel a partir de óleo de soja e mamona são mais maduras que a rota para produção a partir de microalgas, sendo a rota a partir de óleo de soja a que mais depositou patentes.

CAPÍTULO VII: RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção VII.1 deste capítulo irá apresentar os resultados obtidos da aplicação da Metodologia Delphi nos fatores escolhidos para realização da análise SWOT e na seção VII.2 será apresentada a Matriz SWOT construída a partir das informações obtidas

VII.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI – 1ª RODADA

VII.1.1 FATOR 1: PRODUÇÃO DE ALIMENTOS & PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A tabela 19 mostra o resultado do desempenho do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis” para a produção de biodiesel a partir de soja, mamona e microalgas.

Tabela 18 - Desempenho do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis” (**Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	**DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA**	**DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA**
RUIM	100%	0%	0%
BOM	0%	0%	0%
MUITO BOM	0%	100%	100%

Foi constado por unanimidade que o desempenho do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis” para soja é ruim e para mamona e microalgas é muito bom. Ou seja, este fator é uma fraqueza ou ameaça para a produção de biodiesel a partir de soja e uma força ou oportunidade para as

produção de biodiesel a partir de mamona ou microalga. Este já era um resultado esperado, pois a soja pode se destinar tanto para produção de biodiesel quanto para alimentação humana. Já a mamona e microalga são matérias-primas que não competem com alimentos, pois não podem servir para alimentação humana.

Com relação a importância do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis”, em uma escala de um a cinco, 90% dos especialistas consideraram de máxima importância, ou seja, atribuíram grau cinco a esse fator conforme tabela 20.

Tabela 19 - **Importância do fator “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	0%
4	10%
5	90%

VII.1.2 FATOR 2: POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EMPREGOS

O resultado do desempenho do fator “Potencial de geração de empregos” para as produção de biodiesel a partir de soja, mamona e microalgas é mostrado na tabela 21.

Tabela 20 - Desempenho do fator “Potencial de geração de empregos” (**Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	93%	0%	0%
BOM	7%	10%	10%
MUITO BOM	0%	90%	90%

Em relação à matérias-prima soja para produção de biodiesel, 93% dos especialistas consideraram o desempenho do fator “Potencial de geração de empregos” ruim, ou seja, uma ameaça ou fraqueza para esta tecnologia. Para a produção de biodiesel a partir de mamona ou microalga este fator foi considerado pela maioria muito bom, ou seja, uma força ou oportunidade.

A importância ou pertinência do fator “Potencial de geração de empregos” pode ser observada na tabela 22.

Tabela 21 - **Importância do fator “Potencial de geração de empregos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	10%
4	73%
5	17%

Em uma escala de um a cinco, a maioria considerou que este fator tem grau de importância quatro (73%) e cinco (17%).

VII.1.3 FATOR 3: POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO

O desempenho do fator “Potencial Brasileiro de Produção” é apresentado na tabela 23 a seguir.

Tabela 22 - Desempenho do fator “Potencial Brasileiro de Produção” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	93%	0%	0%
BOM	7%	90%	3%
MUITO BOM	0%	10%	97%

A maioria dos especialistas considerou o desempenho do “Potencial Brasileiro de Produção” ruim para a produção de biodiesel de soja (93%), bom para a mamona (90%) e muito bom para produção de biodiesel a partir de microalgas.

A maioria dos especialistas considerou que o fator “Potencial Brasileiro de Produção” tem grau de importância três em uma escala de um a cinco, conforme apresentado na tabela 24.

Tabela 23 - **Importância do fator “Potencial Brasileiro de Produção” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	80%
4	7%
5	13%

VII.1.4 FATOR 4: POTENCIAL DE PRODUÇÃO POR ÁREA CULTIVADA

O desempenho do fator “Potencial de produção por área cultivada” foi considerado ruim para a produção de biodiesel de soja (93%), bom para a mamona (90%) e muito bom para o biodiesel a partir de microalgas (97%). O resultado é mostrado na tabela 25 a seguir.

Tabela 24 - Desempenho do fator “Potencial de produção por área cultivada” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	93%	0%	0%
BOM	7%	90%	3%
MUITO BOM	0%	10%	97%

O fator “Potencial de produção por área cultivada” obteve um grau de importância três pela maioria dos especialistas de acordo com a tabela 26 a seguir.

Tabela 25 - Importância do fator “Potencial de produção por área cultivada” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	80%
4	7%
5	13%

VI.1.5 FATOR 5: POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

A tabela 27 a seguir mostra o resultado do desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” para a produção de biodiesel a partir de soja, mamona e microalgas.

Tabela 26 - Desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	0%	0%	0%
BOM	50%	43%	60%
MUITO BOM	50%	57%	40%

O resultado para este fator se mostrou bem equilibrado entre bom e muito bom para as três matérias-primas. Desse modo, para este fator foi realizada outra rodada de questionamentos

A tabela 28 a seguir mostra o resultado da importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos”

Tabela 27 - Importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	7%
4	53%
5	40%

Mais de 50% dos especialistas consideraram que o fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” tem grau de importância quatro, em uma escala de um a cinco. Entretanto, como Não houve convergência de no mínimo 70% dos especialistas, foi realizada nova rodada de questionamentos.

VII.1.6 FATOR 6: CUSTO DE PRODUÇÃO

O desempenho do fator “Custo de Produção”, apresentado na tabela 29 a seguir, foi considerado pela maioria dos especialistas “bom” para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona com 77% e 80% das respostas respectivamente e ruim com 93% das respostas para a produção de biodiesel a partir de microalgas.

Tabela 28 - Desempenho do fator “Custo de Produção” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	3%	3%	93%
BOM	77%	80%	7%
MUITO BOM	20%	17%	0%

A maioria dos especialistas (93%) atribuiu grau máximo de importância para o fator “Custo de Produção”, conforme tabela 30 a seguir.

Tabela 29 - Importância do fator “Custo de Produção” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	0%
4	7%
5	93%

VII.1.7 FATOR 7: IMPOSTOS

O resultado do desempenho do fator “Impostos” para as três matérias-primas de produção de biodiesel é mostrado na tabela. Este fator foi considerado ruim para a produção de biodiesel de microalgas com 83% das respostas e bom para a produção de biodiesel a partir de mamona. Já para a soja, não houve convergência de ao menos 70% das respostas. Desse modo foi realizada uma segunda rodada de questionamentos para o fator “Impostos”.

Tabela 30 - Desempenho do fator “Impostos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	7%	0%	83%
BOM	63%	80%	17%
MUITO BOM	30%	20%	0%

Para o fator “Impostos”, foi atribuído pela maioria dos especialistas, grau de importância quatro em uma escala de um a cinco, conforme tabela 32.

Tabela 31 - Importância do fator “Impostos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	3%
4	83%
5	13%

VII.1.8 FATOR 8: PREÇO DA MATÉRIA-PRIMA

A maioria dos especialistas considerou o desempenho do “Preço da Matéria-Prima” bom para produção de biodiesel a partir de mamona e microalgas (80%), e ruim para a produção de biodiesel de soja, conforme tabela 33.

Tabela 32 - Desempenho do fator “Preço da Matéria-Prima” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	77%	10%	10%
BOM	20%	80%	80%
MUITO BOM	3%	10%	10%

A importância do fator “Preço da Matéria-Prima” é apresentada na tabela 34 a seguir. A maioria dos especialistas (87%) atribuiu grau quatro de importância, em uma escala de um a cinco.

Tabela 33 - Importância do fator “Preço da Matéria-Prima” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	3%
4	87%
5	10%

VII.1.9 FATOR 9: INVESTIMENTO INICIAL

A maioria dos especialistas considerou o desempenho do fator "Investimento Inicial" bom para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona (90%) e ruim para a produção de biodiesel de microalgas com 100% dos resultados. A tabela 35 mostra os resultados.

Tabela 34 - Desempenho do fator "Investimento Inicial" (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	3%	3%	100%
BOM	83%	83%	0%
MUITO BOM	13%	13%	0%

A tabela 36 a seguir mostra que para o fator "Investimento Inicial" foi atribuído grau de importância quatro em uma escala de um a cinco.

Tabela 35 - Importância do fator "Investimento Inicial" (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	7%
4	73%
5	20%

VII.1.10 FATOR 10: MÃO-DE-OBRA

O desempenho do fator "Mão-de-obra" foi considerado pela maioria dos especialistas bom para a produção de biodiesel de soja (73%) e muito bom para a produção de biodiesel a partir de mamona e microalgas (73%). O resultado é mostrado na tabela 37.

Tabela 36 - Desempenho do fator “Mão-de-obra” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	3%	3%	3%
BOM	73%	23%	23%
MUITO BOM	23%	73%	73%

Para a importância do fator “Mão-de-obra” foi atribuído grau três de importância para 80% dos especialistas em uma escala de um a cinco, conforme tabela 38 a seguir.

Tabela 37 - Importância do fator “Mão-de-obra” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	80%
4	17%
5	3%

VII.1.11 FATOR 11: MATURIDADE TECNOLÓGICA

A tabela 39 apresenta os resultados para o desempenho do fator “Maturidade Tecnológica”. A maioria dos especialistas considerou o desempenho do fator “Maturidade Tecnológica” muito boa para a produção de biodiesel de soja e mamona com 80% dos resultados cada e ruim para a produção a partir de microalgas, com 93% dos resultados.

Tabela 38 - Desempenho do fator “Maturidade Tecnológica” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	0%	0%	83%
BOM	20%	20%	13%
MUITO BOM	80%	80%	3%

Foi atribuído grau de importância quatro para o fator “Maturidade Tecnológica” em uma escala de um a cinco, conforme resultados da tabela 40.

Tabela 39 - Importância do fator “Maturidade Tecnológica” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	3%
3	17%
4	80%
5	0%

Como o fator 5 (Potencial em Aproveitamento de resíduos) e o fator 7: Impostos não obtiveram convergência de respostas igual ou superior a 70%, foi realizada uma segunda rodada de perguntas com estes dois questionamentos. Os resultados desta segunda rodada são mostrados a seguir.

VII.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI – 2ª RODADA

VI.2.1 FATOR 5: POTENCIAL EM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

Na segunda rodada realizada com o questionamento sobre este fator, obteve-se a convergência para o desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” para a produção de biodiesel a partir de microalgas. A tabela 41 a seguir mostra que 70% dos especialistas consideraram que este fator bom para as microalgas.

Tabela 40 - Desempenho do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	0%	0%	0%
BOM	23%	23%	70%
MUITO BOM	77%	77%	30%

Os resultados para a importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” apresentados na tabela 42 a seguir mostram que em uma escala de um a cinco as maiorias dos especialistas atribuíram grau cinco de importância para este fator.

Tabela 41 - Importância do fator “Potencial em Aproveitamento de resíduos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	7%
4	23%
5	70%

VII.2.2 FATOR 7: IMPOSTOS

Na segunda rodada realizada com o questionamento sobre este fator, obteve-se a convergência para o desempenho do fator “Impostos” para a produção de biodiesel a partir de soja. A tabela 43 a seguir mostra que 77% dos especialistas consideraram este fator bom para soja.

Tabela 42 - Desempenho do fator “Impostos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)

	DESEMPENHO DO FATOR PARA SOJA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MAMONA	DESEMPENHO DO FATOR PARA MICROALGA
RUIM	7%	0%	83%
BOM	77%	83%	17%
MUITO BOM	17%	17%	0%

Como na primeira rodada, a maioria dos especialistas considerou grau de importância quatro em uma escala de um a cinco para este fator conforme tabela 44.

Tabela 43 - **Importância do fator “Impostos” (Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas)**

ESCALA DE IMPORTÂNCIA DO FATOR	
1	0%
2	0%
3	3%
4	83%
5	13%

VII.3 MATRIZ SWOT

A partir dos resultados apresentados acima, foi elaborada uma Matriz SWOT, representando o cenário das três matérias-primas para produção de biodiesel, mostrando as forças e fraquezas e as ameaças e oportunidades. A tabela a seguir apresenta uma legenda para a leitura da Matriz. Os indicadores, numerados de um a dez de acordo com o fator que representam, são

representados por círculos amarelos referente à produção de biodiesel a partir da soja, círculos marrons representando os fatores da produção de biodiesel a partir da mamona e círculos azuis para os fatores referentes a produção de biodiesel a partir de microalgas.

Tabela 44 - Legenda para leitura da Matriz SWOT (Elaboração própria)

Fatores	Produção de Biodiesel a partir da soja	Produção de Biodiesel a partir da mamona	Produção de Biodiesel a partir da microalga
1. Produção de alimentos x Produção de biocombustíveis	1	1	1
2. Potencial de geração de empregos	2	2	2
3. Potecial Brasileiro de Produção	3	3	3
4. Potencial de produção por área cultivada	4	4	4
5. Potencial em Aproveitamento de resíduos	5	5	5
6. Custo de Produção	6	6	6
7. Impostos	7	7	7
8. Preço da Matéria-Prima	8	8	8
9. Investimento Inicial	9	9	9
10. Mão-de-obra	10	10	10
11. Maturidade Tecnológica	11	11	11

A Matriz SWOT é apresentada na figura 27 a seguir. O eixo das coordenadas representa em uma escala de um a cinco a importância dos fatores. O eixo das abscissas mede o desempenho do fator, que pode ser ruim, bom e muito bom

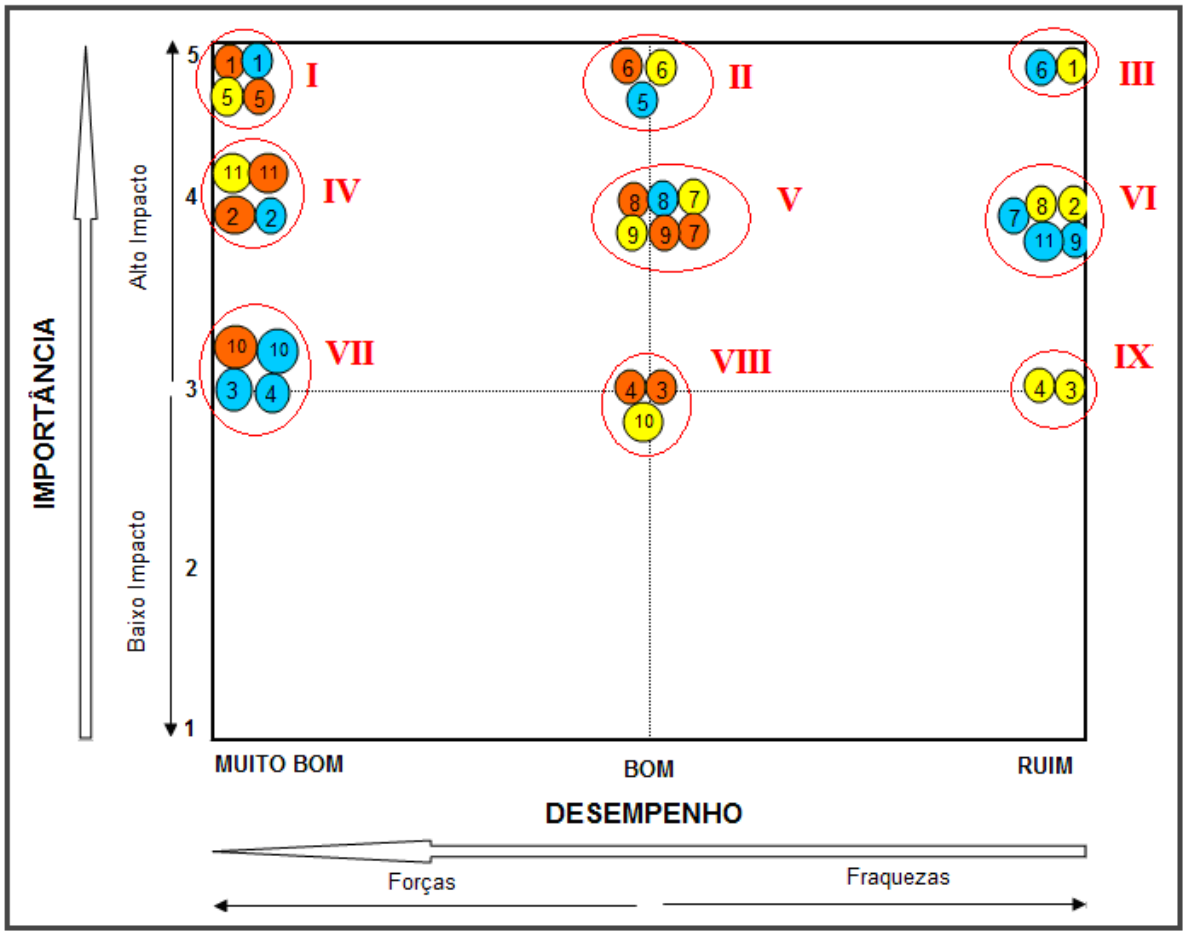

Figura 24 - Matriz SWOT
Fonte: Elaboração própria a partir dos questionários enviados a especialistas

Na matriz apresentada acima é possível alocar os fatores em quinze vértices:

- Vértice I: Importância 5 e desempenho muito bom
- Vértice II: Importância 5 e desempenho bom
- Vértice III: Importância 5 e desempenho ruim
- Vértice IV: Importância 4 e desempenho muito bom
- Vértice V: Importância 4 e desempenho bom
- Vértice VI: Importância 4 e desempenho ruim
- Vértice VII: Importância 3 e desempenho muito bom
- Vértice VIII: Importância 3 e desempenho bom

- Vértice IXI: Importância 3 e desempenho ruim
- Vértice X: Importância 2 e desempenho muito bom
- Vértice XI: Importância 2 e desempenho bom
- Vértice XII: Importância 2 e desempenho ruim
- Vértice XIII: Importância 1 e desempenho muito bom
- Vértice XIV: Importância 1 e desempenho bom
- Vértice XV: Importância 1 e desempenho ruim

Entretanto, somente houve alocação de indicadores nos nove primeiros vértices citados, ou seja, os fatores foram classificados com grau de importância de três para cima em uma escala de um a cinco. Nesses nove vértices foi possível observar uma aglutinação dos indicadores estudados, havendo mais de um indicador por vértice. Para estes grupos de indicadores, utilizaremos a denominação de *clusters*[14], numerados de um a nove e representados pelos círculos vermelhos na matriz SWOT acima.

VII.3.1 ANÁLISE DA MATRIZ SWOT

Nas seções a seguir, será realizada a análise completa da matriz, segregada em *clusters.*

VII.3.1.1 *CLUSTER I*

O *cluster I* representa os fatores de maior importância (grau 5) e desempenho muito bom, ou seja, as forças mais importantes. Nele estão alocados o indicadores referente a “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis”

[14] Do ponto de vista conceitual, numa definição genérica, um arranjo produtivo, ou "cluster", é um grupo de coisas ou de atividades semelhantes que se desenvolvem conjuntamente. Assim sendo, o conceito sugere a idéia de junção, união, agregação, integração. (PATRIOTA, 2007)

para as produção de biodiesel a partir de mamona e microalga. Este resultado já era esperado, pois estas tecnologias não afetam a competitividade do mercado de alimentos, como é o caso da soja. No caso do biodiesel de microalga as vantagens são maiores ainda, pois além de não participar do mercado de alimentos, seu cultivo utiliza terras desérticas que não teriam condições de produzir alimentos.

Outro indicador localizado no *cluster I* é o “Aproveitamento de resíduos” para a produção de biodiesel a partir de mamona e soja. Este também era um resultado esperado, pois os resíduos gerados na produção de biodiesel a partir da soja e da mamona são de origem lignocelulósica, tendo um alto potencial de aproveitamento biotecnológico como a produção de álcool a partir das frações celulósica e hemicelulósica. Estas propriedades dos resíduos da mamona e da soja permitem que haja uma produção integrada de biodiesel a partir do óleo dessas oleaginosas e aproveitamento do bagaço para produção de álcool que também é utilizado como produção do biodiesel. Além disso, o bagaço da mamona e soja pode ser aproveitado para produção de celulases e hemicelulases, produção de xilitol e produção de ração para gado enriquecida com proteínas e enzimas

VII.3.1.2 *CLUSTER II*

O *cluster II* apresenta os fatores de maior importância (grau 5) e desempenho bom. Nele pode-se identificar o indicador “Aproveitamento de resíduos” para a produção de biodiesel a partir de microlgas. Esta classifcação se deve ao fato do resíduo proveniente do processo de produção de biodiesel a partir de microalgas ser a biomassa, que pode ser fermentada para produção de

metano. Outro indicador localizado neste *cluster* se referente ao “custo de produção” para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona. Este resultado se deve ao fato destas matérias-primas apresentarem custos de produção parecidos devido à similaridade do processo produtivo empregado para a produção do óleo.

VII.3.1.3 *CLUSTER III*

O *cluster III* representa os fatores de maior importância (grau 5) e desempenho ruim, ou seja, as fraquezas mais significativas. Neste cluster, referente às fraquezas de alta importância, pode-se identificar o indicador “Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis” para a produção de biodiesel a partir de soja. Este resultado era esperado, pois a soja pode se destinar tanto para produção de biodiesel quanto para alimentação humana, sendo de conhecimento de todos que a produção de biodiesel de soja compete com a produção de alimentos. No *cluster III* também está localizado o indicador “custo de produção” para a matéria-prima para produção de biodiesel a partir de microalgas. Este também era um resultado esperado, pois o preço de fotobioreatores, utilizados no processo de produção de biodiesel a partir de microalgas, é extremamente elevado em comparação aos equipamentos utilizados na produção de biodiesel a partir de soja ou mamona.

VII.3.1.4 *CLUSTER IV*

No *cluster IV* estão localizados os indicadores com grau de importância quatro em uma escala de um a cinco e desempenho muito bom. Nele pode-se identificar o indicador “Potencial de geração de empregos” para as produção de biodiesel a partir da mamona e microalgas. Este resultado se deve ao fato do biodiesel de mamona ser uma referência em sustentabilidade social. Especialmente no semi-árido do Nordeste brasileiro, a mamona é vista como fonte de renda, pois requer apenas cerca de 500 mililitros de chuva no ano, importante característica para suportar os longos períodos de seca. Além disso, é um produto que atende bem à agricultura familiar e por não ser alimento, não exige rígidos procedimentos para estoque. Tem mercado assegurado e em alguns locais é tida como dinheiro, pois é usado como moeda de troca. Por ser cultivada por pequenos produtores, a produção de mamona é intensiva em mão-de-obra (gera empregos) e pode ser feita em consórcios e/ou rotação com outras culturas, aumentando não só a renda do produtor por hectare, como também o volume de alimentos por área.

Outro indicador localizado no *cluster IV* é a “Maturidade tecnológica” para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona. Este resultado pode ser facilmente explicado pela análise de patentes apresentada na seção V.1.2.6 do quinto capítulo, pois a quantidade de patentes depositadas referente à produção de biodiesel a partir de soja e mamona foi bem maior que a quantidade de patentes depositadas referente à matéria-prima para produção de biodiesel a partir de microalgas.

VII.3.1.5 *CLUSTER V*

O *cluster V* apresenta os indicadores com grau de importância quatro em uma escala de um a cinco e desempenho bom. Neste cluster pode-se identificar o indicador “Impostos” para as matérias-primas de biodiesel a partir de soja e mamona. A justificativa deste resultado se deve aos incentivos fiscais disponibilizados para a abertura de novas áreas de produção de soja, assim como para a aquisição de máquinas e construção de silos e armazéns. Com relação à mamona, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) de 2004 associa a produção de biodiesel com a promoção da agricultura familiar à economia de mercado. O reflexo dessa postura do governo são os incentivos fiscais e a certificação por meio do selo de combustível social, responsável por agregar valor a essa produção quando proveniente da agricultura familiar. Como a mamona é resistente à escassez de água, vem sendo a principal aposta do governo para o Nordeste. Sua produção intensiva em mão-de-obra e terra, quase não necessita de investimento em capital físico, facilitando a participação de agricultores familiares.

Outro indicador alocado no *cluster V* é o “preço da matéria-prima” para a produção de biodiesel a partir de mamona e microalgas. Este resultado não era esperado devido à recuperação do preço mundial da mamona, acompanhando a recuperação dos preços dos óleos em nível internacional. Para as microalgas este resultado pode ser explicado devido a possibilidade de cultivo das microalgas em massa, usando-se meios de cultivo de baixo custo.

O indicador “Investimento inicial” para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona também foi alocado no *cluster V.* Este resultado se deve ao fato do investimento inicial para construção de uma planta de biodiesel de soja ou de mamona é praticamente o mesmo devido à similaridade do processo produtivo ao contrário da produção de biodiesel a partir de microalgas que possui um elevado investimento inicial devido a complexidade dos equipamentos envolvidos na produção.

VII.3.1.6 *CLUSTER VI*

O *cluster VI* apresenta os indicadores com grau de importância quatro em uma escala de um a cinco e desempenho ruim, ou seja, fraqueza pode-se destacar “Preço da matéria-prima” e “Potencial de geração de empregos” para soja. Embora o preço da saca de soja seja menor que o preço da saca de mamona, o teor de óleo na semente da soja é menor que a metade do teor de óleo na semente da mamona se tornando uma “fraqueza” para o fator “Preço da matéria-prima”. Para o fator “Potencial de geração de empregos”, já era esperado que os resultados refletissem uma fraqueza para a produção de biodiesel a partir da soja, uma vez que a produção de soja pode ser considerada uma atividade concentradora de renda e socialmente excludente.

No *cluster VI* também se pode visualizar os seguintes fatores referentes a matérias-prima para produção de biodiesel a partir de microalgas: “Impostos”, “Investimento inicial” e maturidade tecnológica. A contrário das oleoginosas, as microalgas ainda não se beneficiam dos incentivos fiscais dos governo e o investimento inicial para contrução de uma planta de biodiesel a partir de

microalgas ainda é muito alto, uma vez que tem pouca maturidade tecnológica, outro fator evidenciado como uma fraqueza para esta tecnologia.

VII.3.1.7 *CLUSTER VII*

O *cluster VII* apresenta os indicadores com grau de importância três em uma escala de um a cinco e desempenho muito bom. Um dos indicadores que pode-se destacar para este cluster é “Mão-de-obra” para as produção de biodiesel a partir de mamona e microalgas. Para mamona, este resultado pode ser explicado pela capacidade de inserção social da mamona e sua competitividade frente à soja, um dos carros-chefe do agronegócio. Com relação a microalgas segundo NASCIMENTO, 2009 o governo associou a produção de biodiesel a um selo social prevendo que ao menos um terço da produção de biomassa possa envolver trabalhadores de baixa renda e grupos familiares o que justifica o resultado apresentado.

Neste cluster, também se pode identificar os indicadores “Potencial Brasileiro de Produção” e “Potencial de produção por área cultivada” para a produção de biodiesel a partir de microalgas. Este resultado pode ser explicado pela existência de estudos que mostram certas espécies de algas que podem ser induzidas a sintetizar e acumular altas concentrações de triglicerídeos ultrapassando 50% de sua massa seca e pelo fato da terra utilizada para o cultivo de microalgas ser do tipo desértica.

VII.3.1.8 *CLUSTER VIII*

O *cluster VIII* apresenta os indicadores com grau de importância três em uma escala de um a cinco e desempenho bom. Neste cluster estão localizados os indicadores “Potencial Brasileiro de Produção” e “Potencial de produção por área cultivada” para a produção de biodiesel a partir de mamona. Este resultado pode ser justificado pelo aumento da produção de mamona na safra 2008/2009 e pelo fato da mamona ter um alto teor de óleo (maior que o dobro do teor de óleo no grão da soja).

Também é possível destacar no *cluster VIII* o indicador “Mão-de-obra” para a matéria-prima de produção de biodiesel a partir de soja. Conforme já mencionado anteriormente a soja pode ser considerada uma atividade concentradora de renda e socialmente excludente, o que explica o resultado encontrado.

VII.3.1.9 *CLUSTER IX*

No *cluster IX* são apresentados os indicadores com grau de importância três em uma escala de um a cinco e desempenho ruim, ou seja, fraquezas. Pode-se evidenciar neste cluster, os indicadores “Potencial Brasileiro de Produção” e “Potencial de produção por área cultivada” ambos para a produção de biodiesel a partir da soja. Este resultado se deve ao fato da produção da soja na safra 2008/2009 ter aumentado pouco em relação a safra 2007/2008 associado ao fato da soja ter baixo teor de óleo no grão.

Desse modo, de uma maneira geral é possível observar que todos os fatores referentes à produção de biodiesel, sejam de soja, mamona ou microalga tem um grau de importância considerável, de três a cinco em uma escala de um a cinco. De maneira geral, é possível perceber também que nenhum fator para produção de biodiesel a partir de mamona nenhum teve desempenho ruim, ou seja, esta tecnologia não apresentou nenhuma fraqueza, apresentando mais fatores com desempenho “muito bom”, ou seja, “forças” de alta importância.

VII.3.2 ANÁLISE DA MATRIZ SWOT – QUANTIFICANDO OS RESULTADOS

Diante da análise das três alternativas tecnológicas de produção de biodiesel apresentadas, é possível responder o questionamento que motivou o objetivo do presente trabalho: Qual é a melhor matéria-prima para produção de biodiesel?

Para responder esse questionamento, atribuiu-se uma pontuação para os tipos de desempenhos dos fatores analisados alocados na Matriz SWOT:

- 0 para desempenho ruim
- 1 para desempenho bom
- 2 para desempenho muito bom

Essa pontuação foi ponderada de acordo com o escala de importância (obtido no questionário Delphi) atribuído para cada fator conforme a tabela 46 a seguir:

Tabela 45 - Pontuação de acordo com a escala de importância (Elaboração própria)

Fatores	Escala de Importância	Pontuação Produção a partir da soja	Pontuação Produção a partir da mamona	Pontuação Produção a partir da microalga
1. Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis	5	0	2	2
2. Potencial de geração de empregos	4	0	2	2
3. Potecial Brasileiro de Produção	3	0	1	2
4. Potencial de produção por área cultivada	3	0	1	2
5. Potencial em Aproveitamento de resíduos	4	2	2	1
6. Custo de Produção	5	1	1	0
7. Impostos	4	1	1	0
8. Preço da Matéria-Prima	4	0	1	1
9. Investimento Inicial	4	1	1	0
10. Mão-de-obra	3	1	2	2
11. Maturidade Tecnológica	4	2	2	0

Multiplicando a escala de importância pela pontuação obtida em cada matéria-prima, foi possível chegar em um “número” que qualifica a matéria-prima para produção de biodiesel mais adequada.

A tabela 47 a seguir mostra o resultado obtido:

Tabela 46 - Pontuação obtida para cada matéria-prima (Elaboração própria)

Produção de biodiesel a partir da soja	Produção de biodiesel a partir da mamona	Produção de biodiesel a partir da microalga
0*5	2*5	2*5
0*4	2*4	2*4
0*3	1*3	2*3
0*3	1*3	2*3
2*4	2*4	1*4
1*5	1*5	0*5
1*4	1*4	0*4
0*4	1*4	1*4
1*4	1*4	0*4
1*3	2*3	2*3
2*4	2*4	0*4
32	**63**	**44**

De acordo com a metodologia aplicada neste trabalho, foi possível evidenciar que a matéria-prima que apresenta mais vantagens (forças de maior

importância), é a mamona. As principais forças que contribuíram para este resultado são: Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis, Potencial de geração de empregos e Aproveitamento de resíduos.

A mamona é uma das matérias-primas de maior interesse do governo brasileiro, pois associa inclusão social e econômica para as famílias agricultoras do semi-árido nordestino. Além disso, a mamona tem vantagens adicionais, pois não participa do mercado de alimentos, como é o caso da soja. A grande vantagem competitiva da mamona está no semi-árido da Região Nordeste, onde seu custo de produção é baixo, apresenta resistência à seca e facilidade de manejo, e por isso, sua produção constitui uma das poucas opções agrícolas para a geração de renda no âmbito da agricultura familiar. Outra grande vantagem é o período da colheita que se dar no período seco, época em que não há outra cultura a ser colhida garantindo uma renda extra aos pequenos produtores. A empresa Brasil Ecodiesel incentivou a produção de mamona junto aos agricultores de base familiar em vários estados do semi-árido do Nordeste brasileiro. Na Paraíba, centenas de famílias foram favorecidas com o incentivo.

Como os resíduos gerados na produção de biodiesel a partir da mamona são de origem lignocelulósica, a mesma possui um alto potencial de aproveitamento biotecnológico como a produção de álcool a partir das frações celulósica e hemicelulósica. Esta propriedade contribui positivamente para a gama de vantagens para produção de biodiesel a partir da mamona. Além disso, a mamona viabiliza a integração de rotas, uma vez que o resíduo da torta da mamona pode ser utilizado para produção de etanol de segunda geração que serve como insumo para produção de biodiesel.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a introdução dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, faz-se necessário definir uma metodologia específica para os estudos de alternativas de investimentos na introdução de novas tecnologias para a produção e distribuição e logística dos biocombustíveis.

O presente trabalho teve como objetivo realizar e validar uma análise utilizando a metodologia Delphi, SWOT e análise de *clusters* das matérias-primas para produção de biodiesel a partir da soja, mamona e microalgas para avaliar as tendências dessas matérias-primas.

Com a aplicação da metodologia Delphi, foi possível concluir que:

- Os fatores estudados que apresentam maior grau de importância são: Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis e custo de produção;
- Os fatores estudados que apresentam menor grau de importância são: Potencial brasileiro de produção, potencial de produção por área cultivada e mão-de-obra;
- As matérias-primas que apresentaram a maior quantidade de fatores com desempenho muito bom foram a mamona e a microalga.

Em relação à aplicação da metodologia SWOT e análise de *clusters* foi possível observar que:

- A tecnologia que apresenta mais vantagens (forças de maior importância) é a matéria-prima para produção de biodiesel a partir da mamona;

- As principais forças que contribuíram para este resultado são: Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis, Potencial de geração de empregos e Aproveitamento de resíduos;
- A tecnologia que apresentou mais fraquezas foi a matéria-prima para produção de biodiesel a partir da soja;

As principais fraquezas que contribuíram para este resultado foram: Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis e potencial de geração de empregos. Por ser somente um dos componentes do sistema produtivo da soja, a produção do óleo é condicionada à demanda do mercado externo de farelos e de tortas; no mercado interno essa produção concorre para o abastecimento nacional de óleos comestíveis, participando da cadeia alimentícia da população.

- Apesar da microalga se apresentar em muitos artigos como a solução dos problemas dos biocombustíveis, ainda não se definiu um sistema ideal para cultivo em larga escala, que pode ser feito em fotobioreatores fechados ou lagos de cultivo abertos. Há limitações para ambos os sistemas e, embora possam ser individualmente resolvidas, não tem havido possibilidade de combinar soluções gerais, pois não são aditivas, mas excludentes. Grande parte dos pesquisadores concorda que a produção de biocombustíveis não suportaria os custos fotobioreatrores fechados. Devem ser desenvolvidas tecnologias específicas para o semi-árido, unindo as vantagens dos sistemas abertos e dos fechados, maximizando a absorção de luz e consequente produtividade. Estas tecnologias envolveriam otimização de desenho e geometria, automação, monitoramento, membranas, dissorção de O_2, controles do CO_2 e de pH, controle da evapotranspiração e da evaporação, manutenção da temperatura nos meios de cultura para o dia e para a noite através de trocadores de calor. A saída do caldo

com a biomassa e óleo, a biofloculação, a centrifugação e a extração do óleo também devem ser aprimorados. A biomassa, após extração do óleo, será transportada para biodigestores através de dutos, assim como os lipídios neutros para as usinas de conversão. O restante do caldo volta diretamente aos lagos de cultivo ou segue para reciclagem.

Desse modo foi possível validar as metodologias utilizadas e concluir que a mamona se mostrou como matéria-prima mais adequada para produção de biodiesel. Uma das grandes vantagens da matéria-prima mamona para produção de biodiesel que contribuiu para este resultado é a possibilidade de integração de rotas em seu processo de produção, pois conforme mencionado ao longo do estudo o resíduo da torta da mamona pode ser utilizada para produção de etanol de segunda geração que serve como insumo para produção de biodiesel.

Embora diversos estudos apontem que o produto biodiesel de mamona é ruim por apresentar alta viscosidade, essa distorção pode ser contornada através da mistura do biodiesel de mamona ao diesel em diversas proporções. A outra solução para este problema é a utilização de aditivos no biodiesel de mamona para diminuir sua viscosidade, e enquadrando o mesmo dentro das especificações exigidas.

Tendo em vista a importância do biodiesel na economia atual, fica como sugestões para trabalhos futuros:

- Aplicação da metodologia adotada para outras matérias-primas de biodiesel, como o dendê, algodão, girassol e o pinhão manso;

- Aplicação da metodologia com análise de outros fatores tais como qualidade do biodiesel, balanço energético entre outros.

CAPÍTULO IX: REFERÊNCIAS

ABIODIESEL. Site da Internet. Disponível em: http://www.abiodiesel.org.br/news/index.php?noticia=7495. Acesso em: 18 set. 2007.

ALMEIDA, C. M. *et al*. A produção de mamona no Brasil e o Probiodiesel. In: **I Congresso Brasileiro de Mamona**, 2004, Campina Grande, PB. Manual do congressista: energia e sustentabilidade. Campina Grande: Embrapa Algodão, p.23-24, 2004.

ALMEIDA NETO, José Adolfo de; CRUZ, Rosenira Serpa da; ALVES, Jaênes Miranda; PIRES, Mónica de Moura; ROBRA, Sabine; PARENTE JR, Expedito. Balanço Energético de Esteres Metílicos e Etílicos de Óleo de Mamona. In: **I Congresso Brasileiro de Mamona**, 2004, Campina Grande, 2004.

ANDREOLI, C; SOUZA S. P. Cana-de-açúcar: a Melhor alternativa para Conversão da energia solar e Fóssil em Etanol. Trabalho apresentado na **Conferência Internacional de AgroEnergia**, de 11 a 13 de dezembro de 2006, Londrina, PR.

ANDRIKOPOULOS, N.K.; BRUESCHWEILER, H.; FELBER, H.; TAESCHLER C. HPLC analysis of phenolic antioxidants, tocopherols and triglycerides. **JAOCS**, v.68, n.6, pp. 359-364, 1991.

ANP – Agência nacional do Petróleo. Disponível em www.anp.gov.br. Acesso em julho de 2008

ARRUDA, G.. Empresa gaúcha produz sapato feito com soja e milho. **Gazeta Mercantil**. Disponível em: http://br.invertia.com/noticias, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). Seminário Biodiesel no Rio Grande do Sul. In: **Seminário Biodiesel no Rio Grande do Sul**, 2005, Canoas: Refap, 30, mai.. Anais... v.1, p. 1-12, 2002

AYUB , M. A. Z.; HERTZ, P. F.; FLORES, S. H.; MACHADO, R. P.; HECH, J. X.; MATTOS, G. *et al*., Conversão de resíduos agro-industriais da soja em etanol e outros solventes orgânicos. Disponível em: http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/Projetos%20Plano%20Sul/ufrgsrelatorio2002.htm, 2003.

AZEVEDO, D.M.P. & LIMA, E.F. O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, M. B. de M. Cultura da Mamona: Plantio. Embrapa Algodão: sistema de produção 4, 2003. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona/plantio.htm. Acesso em julho de 2008.

AZEVEDO, M. A.; DAVIGNON, A.L.. A.; *et al* . Microalga: Fonte de Energia para o Brasil. In: **XII CBE**, Rio de Janeiro. Anais do XII CBE. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. v. 4. p. 1619-1634, 2008.

BABILÔNIA, J.J.; OLIVEIRA, E.R.; RESENDE, C.A.P.; PAIVA, P.C.A.; ANDRADE, I.F.; MUNIZ, J.A.& PEREZ, J.R.O. Avaliação do Resíduo Amonizado de Pré-Limpeza de Soja Associado à Cana-de-Açúcar no Desempenho de Bovinos Inteiros Confinados. Disponível na Internet: http://www.editora.ufla.br/revista/24_4/art24.pdf. Acesso em junho, 2008.

BARROS, E. V. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. **ENGEVISTA**, v. 9, n. 1, p. 47-56, junho 2007

BELINI, Leandro. A Caminho das Energias Renováveis. 23 a 26 de maio de 2006. Disponível em: http://www.anppas.org.br/ encontro_anual/encontro3/arquivos/TA485-08032006-220635.DOC. Acesso em julho de 2008

BELTRÃO, N. E. de M. Cultivo sustentável da mamona no semi-árido. Embrapa algodão. Cartilha 1, 2006. Versão eletrônica. Disponível em http://mamona.agriculture.com.br/. Acesso em acesso em julho de 2008.

BELTRÃO, N. E. de M. Cultivo da Mamona. Adubação. Embrapa algodão. Sistema de Produção 4. 2ª edição, 2003. Versão eletrônica. Disponível em http://mamona.agriculture.com.br/. Acesso em acesso em julho de 2008

BENEMANN, J. R., Overview: Algae Oil to Biofuels, **National Renewable Energy Laboratory-Air Force Office of Scientific Research Workshop on Algal Oil for Jet Fuel Production** .Fevereiro, 2008;

BENESI, F.J. Influência do farelo de mamona (Ricinus comunis L.) destoxicado sobre o proteinograma sangüíneo e desempenho de suínos. **Dissertação de Mestrado, UFMG**, Belo Horizonte. 63p.,1979.

BIODIESELBR. Disponível em http:// www.biodieselbr.com. Acesso em julho 2008

BRAGA, F. L. P. Balanço econômico da produção de mamona e energética da obtenção de biodiesel no Estado do Ceará. **Dissertação de Mestrado em Economia Rural. Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2006.

BRASMICEL. Champignon. Disponível em: http://www.brasmicel.com.br.

BRITO, M.F.; TOKARNIA, C.H. Intoxicação experimental pelas sementes trituradas de Ricinuns communis (Euphorbiaceae) em coelhos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.16, nº.4, p.1-7.out/dez. 1996.

BOWLES, S., DEMIATE, I. M.. Caracterização físico-química de *okara* e aplicação em pães do tipo francês. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, 26(3): 652-659, 2006.

BORCHIVER, S. A Multidisciplinaridade da química atuando na produção de fonte alternativa de energia e como produtora de produtos de maior valor agregado,2006.

BUNGE ALIMENTOS. Artigos Técnicos. Usos da casca de soja na nutrição de animal. Disponível em: http://www.bungealimentos.com.br/nutricao/artigos.asp?id=5664, 2006

CÂMARA, G. M. S., HEIFFIG, L. S. - Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas para Biodiesel. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Dep. De Produção Vegetal, Piracicaba, São Paulo, 2006.

CARVALHO, M.E.A. Estudos para a obtenção de concentrados de proteínas da mamona desintoxicados e desalergenizados. **Dissertação de Mestrado, UFRJ**, Rio de Janeiro. 78p.,1978.

CHANG, Manyu. Seqüestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. Janeiro a junho de 2002. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/revista_PR/102/manyu.pdf>. Acesso em julho de 2008.

Chisti, Y., Biodiesel from Microalgae, **Biotechnology Advances**, 25, pg. 294-306, 2007;

COPPEAD, Planejamento Estratégico Tecnológico e Logístico para o Programa Nacional de Biodiesel, 2007

GARDNER JR., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P.; McCOURTNEY, E.J.; VIX, H.L.E.; GASTROCK, E.A. Detoxification and deallergenization of Castors.

COSTA NETO, P.R.- "Obtenção de Ésteres Alquílicos (biodiesel) por via enzimática a partir do Óleo de Soja"- **Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Eng. Química da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2002

COSTA, R.C.; PIEROBON, E.C.; PRATES, C.P.T. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, nº. 25, p. 39-64, mar. 2007

COUTINHO, L. O. Intermodalidade: Avaliação Econômica das Alternativas do Transporte de Soja no Mato Grosso. **Dissertação do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Transporte, UFRJ**. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, Novembro, 2007

DANTAS, N. G. de S; MELO, R. de S. O método de análise SWOT como ferramenta para promover o diagnóstico turístico de um local: o caso do município de Itabaiana / PB. **Caderno Virtual de Turismo** v.8, nº 1, 2008.

DUARTE, L. M. G., VIANNA, J. N. de S., WEHRMANN, M. E S. de F. Biodiesel de soja: política energética, contribuição das oleaginosas e sustentabilidade. **III Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em ambiente e sociedade**, Brasília 23 de junho de 2006.

EMBRAPA SOJA. Disponível em: www.cnpso.embrapa.br/soja2007

EMPRAPA. Disponível em www.cnpa.embrapa.br, 2009.

FREITAS, L. A. F.; NOBRE JÚNIOR, E. F. Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management): Considerações para aplicação na Cadeia de Produção Agroindustrial do Biodiesel da Mamona. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, 2004.

GAZZONI, D. L; FELICI, P. H. N; CORONATO, R.M. e S. Balanço Energético das Culturas de Soja e Girassol para a produção de biodiesel. **Biomassa & Energia**, v.2, nº. 4, p. 259-265, 2005

GERBER, L. F. P., PENZ JÚNIOR, A. M., RIBEIRO, A. M. L. Refeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. **Bras. Zootec**., 35 (4): 1359-1365, 2006.

GERIS, REGINA *et al*. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Quím. Nova**, v.XXX, nº.5, pp. 1369-1373, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500053&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-4042. doi: 10.1590/S0100-40422007000500053.

GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. Manual do Biodiesel, Editora Edgard Blucher, 2006

GOMES, A. P.N. Biodegradação de biodiesel de soja, mamona e hidrocarbonetos monoaromáticos em ambientes aquáticos. **Dissertação de Mestrado UFSC**, Florianópolis, 2008

GOMES, S.V *et al*. BIODIESEL: Uma nova fonte em potêncial produtivo e econômico. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, 13 a 16 de outubro de 2008

HEWETSON, J.F.; RIVERA, V.R.; CREASIA, D.A.; LEMLEY, P.V.; RIPPY, M.K.; POLI, M.A. Protection of mice from inhaled ricin by vaccination with ricin or by passive treatment with heterologous antibody. **Vaccine**, v. 11, nº. 7, mai. p.743-746, 1993.

HOLFELDER, M.G.A.; STECK, M.; KOMOR, E.; SEIFERT, K. Ricinine in phloem sap of Ricinus communis. **Phytochemistry**. v.47, nº.8, p.1461-1463. 1998.

ICOA. The processing of castor meal for detoxification and deallergenation. Ridgewood, (Technical Bulletin, 1). 75p,1989.

IEA – International energy agency. Disponível em http:// www.iea.org. Acesso em julho de 2008.

KNOTHE, G.; Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales. **Revista A&G**, 47, Tomo XII, nº. 2, 2001.

LECITINA. Disponível em: http://www.portaldascuriosidades.com/forum/index.php?topic= 45052.0, 2007.

LIMA, J.R. de S.; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W. de A.; BORGES, E.; SILVA, I. de F. da; LIRA, C.A.B. de O. Balanço de energia em um solo cultivado com feijão caupi no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p. 527-534, 2005.

MACEDO, G.A *et al*. Produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento** no 32 janeiro/junho de 2004.

MACHADO, P.L.O.de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quim. Nova**, Vol. 28, Nº. 2, 329-334, 2005

MANTOVANI, M. Inventário mostra principais emissores de gases no ES. **Redação Gazeta Rádios e Internet**, disponível em www.gazetaonline.globo.com, fevereiro de 2009.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento www.agricultura.org.br

MAY, Peter H. *et al*. Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

MAYFIELD, S., Algal Model, **National Renewable Energy Laboratory-Air Force Office of Scientific Research Workshop on Algal Oil for Jet Fuel Production** - fevereiro, 2008;

MELO, W. C. Produção de bioetanol da torta de mamona (Ricinus communis L.) obtida do processo biodiesel. **Tese de Doutorado, UFRJ**, Rio de Janeiro. 190p.,2008.

MICHAELOWA, A.; MICHAELOWA, K. UN approval of greenhouse gás emission reduction projects in developing countries: The political economy of the CDM Executive Board, CIS Working Paper Nº.35, **ETH Zurich and University of Zurich**, 2008.

MME – Ministério de minas e energia. Disponível em http:// www.mme.gov.br/. Acesso em julho de 2008

MOSHKIN, V.A. CASTOR. New Delhi: Amerind, 315p.,1986.

MORALES, M. E. Microalga como matéria-prima para a produção de biodiesel. Disponível em http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006.

MOTA, C. Gliceroquímica: A petroquímica renovável. **Periódico Tchê Química**, v. 3,p. 26-31, 2006.

NASCIMENTO, I. A. *et al*. Microalgas como matéria-prima para biocombustíveis: Importância no cenário atual, principais entraves e resultados promissores na Bahia. **Diálogos e Ciência – Revista da Rede de Ensino FTC**, Ano III, Nº. 11, dezembro de 2009.

NOGUEIRA, N.S. Monitoramento Tecnológico da Glicerina, co-produto da fabricação do biodiesel. **Projeto Final do Curso de Engenharia Química UFRJ**, Rio de Janeiro, 106f., 2007.

NOTOX - Industria e Comércio de Lubrificantes Industriais à Base de Fontes Renováveis Ltda. Disponível em http://www.notox.com.br/. Acesso em julho de 2008.

OLIVEIRA, L. B. Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil. **Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ**, Rio de Janeiro , 2004

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. Toxicon: v.39, n.11, p.1723-1728, 2001.

PARENTE, Expedito José de Sá. 2003. Disponível em www.rbb.ba.gov.br/index.php?id=94&prefixo=det&menu=biblioteca acesso em 24/01/2007

PERES, J.R.R. Oleaginosas para biodiesel: situação atual e potencial. **Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior.** Disponível em www.biodiesel.gov.br, 2006.

PERONE, J.C.; IACHAN, A.; DOMONT, G.B.; DISITZER, L.V.; CASTRO, V.R.O.; ROITMAN, R.; GOMES, S.M. Contribuição ao estudo da torta de mamona. **Departamento de Imprensa Nacional**. Rio de Janeiro, 51p., 1966.

PINAZZA, L. A. Cadeia produtiva da soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – Agronegócios, v. 2. Brasília : IICA : MAPA/SPA, 2007.

PINKERTON, S.D.; ROLFE, R.; AULD, D.L. Selection of Castor with divergent concentration of ricin and Ricinus communis agglutinin. **Crop Science** v. 39, n. 2, p. 353-357, 1999.

PINTO, F. S. T. 2007. Aproveitamento de casca de soja na produção. Disponível em:

http://www.sustainablealternatives.net/br/cases.cfm?bcorder=geo&caseid=2944&sectorid=0&bizfi ldi d=0&geoid=0&ecobenefitid=0&sortby=pu&startrow=1

PLA, J. V. J. A. ; PADULA, A. D.; RATHMANN, R.; SANTOS, O. I. B.. Biodiesel: Uma Alternativa Estratégica na Matriz Energética Brasileira?. In: **II Seminário de Gestão de Negócios.** Curitiba. UNIFAE, v. 1, 2005.

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Disponível em http://www.biodiesel.gov.br/programa.html. Acesso em julho 2008

PNUMA. Convenção do Clima,1992. Disponível em www.pnuma.org. Acesso em julho 2008.

PRATA, B. de A. Controle supervisório da cadeia produtiva do biodiesel da mamona baseado em redes de petri. **Dissertação de Mestrado em Pesquisa e Logística Operacional. Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2007.

RITTNER, H. Óleo de mamona e derivados. São Paulo, 559 p., 1996.

SEBRAE – Cartilha do biodiesel. Disponível em http:// www.biblioteca.sebrae.com.br. Acesso em 2008

PATRIOTA KRMP, TENÓRIO BL, DE MELO ST. Consumer Generated Media e o Marketing Viral: Planejamento de mídia além do GRP. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação **XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**, Santos,29 de agosto a 2 de setembro de 2007

PERES, S. Workshop de co-produtos do biodiesel –MTC, 2005.

SECOM. Site de Internet. Disponível em: <http://www.secom.unb.br/bcopauta/agricultura5.htm>. Acesso em: ago 2008.

SEIBEL, F. Combustível x Alimento. **Revista Exame**, Edição 892, Ano 41, nº 8,. p.104-109, 09 de maio de 2007.

SEVERINO, L. S. *et al*. Cultivo da Mamona. Embrapa algodão. Versão eletrônica. Disponível em < http://mamona.agriculture.com.br/>. Acesso em julho de 2008

SEVERINO, L.S. O que sabemos sobre a Torta de Mamona. Documentos, 134. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005.

SILVA, G.S.; RODRIGUES, S. P.; REZENDES, R.P.; MACIEL, B.M.M.; DIAS, J.C.T. Avaliação da ecotoxicidade em sistemas de microcosmos do biodiesel produzido na UESC. **Seminário de Iniciação Científica da UESC**, Santa Cruz, 2005.

SOARES, L.H.B.; ARAÚJO, E. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.. Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão

para a produção de biodiesel no Brasil. Embrapa Agrobiologia, (Circular Técnica), 2008.

SOUZA, A. F. D. S. & NEVES, V. A.. Saponificação: Experimentos de Bioquímica, 2004. Disponível em: http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_lipidios/saponificacao.htm.

SOUZA, R.M. Efeito do farelo de mamona destoxicado sobre os valores hematológicos de suínos. **Dissertação de Mestrado. UFMG**, Belo Horizonte. 43p., 1979.

SOUZA, G. A. *et al*. Apoio à Realização de Estudos e Pesquisas em CT&I e a Implantação da Rede Tecnológica e Laboratorial do PB-Biodiesel (MCT/FINEP). **PROGRAMA PARAIBANO DE BIODIESEL**. UFPB, Paraíba,2007.

TEIXEIRA, M.C. Microalga como matéria-prima para a produção de biodiesel. **Congresso biodiesel**, 2006.

TOKARINA, C.H.; DÖBEREINER, J. Imunidade cruzada pelas sementes de Abrus precatoribus e Ricinus communis em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.17, nº.1, p.25-35, jan/mar 1997.

TRUGO, N.M.F. Isolamento e caracterização química e físico-química de alérgenos de mamona. **Dissertação de Mestrado. UFRJ**, Rio de Janeiro, 110p., 1979.

URANO, F. S. Grão de soja na alimentação de cordeiros: desempenho, características da carcaça e digestibilidade dos nutrientes. **Tese de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)**, 2006. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde 08032006- 150032/.

VARGAS, G. D. L. P.. Estudo da produção de lípase por *Penicillium simplicissimum* utilizando torta de soja como substrato. **Tese de Mestrado,** 2004.

VAZ, P. H. P. de M.; SAMPAIO, Y. Quais as pespectivas da produção de biodiesel de mamona no nordeste brasileiro. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural**, Rio Branco, 2008.

VERLEYEIN T., VERHE, R., GARCIA, L., DEWETTINCK, K., HUYGHEBAERT, A., DE GREYT, W., Gas chromatographic characterization of vegetable oil deodorization distillate. **Journal of Chromatography A**, v.921, pp.277-285, 2001.

VILAR, A. I. O Uso do biodiesel de mamona como fonte alternativa de energia: possíveis repercussões sobre o semi-árido, **Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2006.

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

WEHRMANN, M. E. S. de F.; VIANNA, J. N. De S.; DUARTE, L. N. G. Biodiesel de soja: política energética, contribuição das oleaginosas sustentabilidade. Disponível no site da **Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade** www.anppas.org.br. Acesso em 29 de novembro de 2009.

Wu, Q.; Miao, X. - Biofuels production from microalgae after heterotrophic growth. **Tsinghua University**. Disponível em <http://europa.eu.int%00/comm/research/ energy/ pdf/36_qingyu_wu_en.pdf> Acesso em: 25 de mai de 2006.

ANEXO A

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO MAPA DE OPINIÃO POR PERITO

PRODUÇÃO DE BIODIESEL: SOJA, MAMONA E MICROALGAS

OBSERVAÇÃO: PARA RESPONDER AO E-MAIL, CLIQUE EM “RESPONDER AO REMETENTE” E, NA NOVA MENSAGEM GERADA, DIGITE DIRETAMENTE DENTRO DO MAPA (ANEXO C) OS VALORES DE DESEMPENHO DOS FATORES, TENDÊNCIA DO DESEMPENHO, IMPORTÂNCIA, TENDÊNCIA DA IMPORTÂNCIA E AUTO-AVALIAÇÃO, CONFORME AS INSTRUÇÕES A SEGUIR.

- **Primeira coluna: DESEMPENHO DOS FATORES**

Lançar, de acordo com a tabela abaixo, o desempenho do fator listado na “LISTA DE FATORES” para cada matérias-prima para produção de biodiesel. Se o desempenho for *muito bom*, significa que o fator é uma força ou oportunidade. Se o desempenho for *ruim*, significa que o fator é uma fraqueza ou ameaça. Caso o desempenho seja *bom* significa que o fator está em um patamar intermediário.

DESEMPENHO DO FATOR
RUIM
BOM
MUITO BOM

- **Segunda coluna: TENDÊNCIA DO DESEMPENHO**

Lançar o valor entre 1 (um) (tende a piorar) e 3 (três) (tende a melhorar). Tendência do desempenho significa qual é a expectativa de desempenho de um determinado fator nos próximos cinco anos. A TENDÊNCIA DO DESEMPENHO depende da matérias-prima para produção de biodiesel.

- **Terceira coluna: IMPORTÂNCIA**

Lançar um valor entre 1 (um) (menos pertinente) e 5 (cinco) (mais pertinente). Importância significa a relevância do fator. Ou seja, o perito deve opinar sobre a importância (pertinência) do presente estudo. A IMPORTÂNCIA independe da matérias-prima para produção de biodiesel.

- **Quarta coluna: TENDÊNCIA DA IMPORTÂNCIA**

Lançar o valor entre 1 (um) (tende a piorar) e 3 (três) (tende a melhorar). Tendência do desempenho significa qual é a expectativa da importância de um determinado fator nos próximos cinco anos. A TENDÊNCIA DA IMPORTÂNCIA independe da matérias-prima para produção de biodiesel.

- **Quinta coluna: AUTO – AVALIAÇÃO**

Atribuir a si próprio um grau, de acordo com a tabela abaixo, correspondente ao conhecimento que detém sobre o assunto a que o evento, considerado isoladamente, diz respeito.

AUTO-AVALIAÇÃO	PESO
Considera-se conhecedor do assunto	**9**
Interessa-se pelo assunto e seu conhecimento decorre de atividades que exerce atualmente	**8**
Interessa-se pelo assunto e seu conhecimento decorre de atividades que exerceu e se mantém atualizado	**6/7**
Interessa-se pelo assunto e seu conhecimento decorre de leituras por livre iniciativa	**5**
Interessa-se pelo assunto e seu conhecimento decorre de atividade que exerceu e não está autalizado	**3/4**
Interessa-se pelo assunto e seu conhecimento decorre de leituras, por livre iniciativa, e não está atualizado	**2**
Tem conhecimento apenas superficial	**1**

ANEXO B

LISTA DE FATORES

(1) Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis

Após um período de avaliação, em geral, muito positiva, os biocombustíveis passaram a ser questionados de forma bastante intensa, com a ênfase colocada no possível conflito entre a produção de energia e de alimentos. Até que ponto a expansão de culturas destinadas à fabricação de biocombustíveis, uma energia limpa, coloca em risco a produção de alimentos? A busca por fontes energéticas de origem vegetal pode interferir negativamente em questões de segurança alimentar?

Dentre várias oleaginosas com maiores produtividades (soja, pinhão manso, dendê e babaçu), a mamona é uma das matérias-primas de maior interesse do governo brasileiro, pois associa inclusão social e econômica para as famílias agricultoras do semi-árido nordestino. Além disso, a mamona tem vantagens adicionais, pois não participa do mercado de alimentos, como é o caso da soja.

No caso do biodiesel de microalga as vantagens são maiores ainda, pois além de não participar do mercado de alimentos, seu cultivo utiliza terras desérticas que não teriam condições de produzir alimentos.

A questão se refere ao desempenho do fator "Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(2) Potencial de geração de empregos

O biodiesel de soja não pode ser considerado socialmente sustentável, pois o aumento de sua produção não irá alterar o perfil da ocupação de mão-de-obra do *complexo da soja.* A produção de soja pode ser considerada uma atividade concentradora de renda e socialmente excludente.

Com relação à geração de empregos, a opção por biodiesel de soja pode não ser a mais apropriada, sobretudo quando comparada com outras oleaginosas, como a mamona. Uma usina de beneficiamento de soja, com capacidade de esmagamento de 2,5 t/dia, pode empregar 40 pessoas e o acréscimo de 2.500.000 t/ano, geraria em torno de 11.000 empregos; enquanto a produção de biodiesel de mamona tem como meta prevista pelo Governo Federal para 2010 assentar 153 mil famílias e gerar 1.350.000 empregos em toda a cadeia produtiva do biodiesel. Essa meta é resultado de uma projeção da capacidade de produção de 1.500.000 t/ano de biodiesel de mamona que permitirá uma mistura de até 5% ao diesel. Dessa forma, tomando-se como referência a mamona, o biodiesel de soja não tem sustentabilidade social. Pode-se inferir que o biodiesel de soja tem sustentabilidade estratégica duvidosa, visto que sua produção tende a ficar com grandes grupos econômicos, em sua maioria, internacionais (DUARTE, 2006)

A questão se refere ao desempenho do fator "Potencial de geração de empregos", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(3) Potencial Brasileiro de Produção

As tabelas a seguir apresentam os dados de produção das safras de 2007/2008 e 2008/2009 de mamona e soja.

Tabela 1: Mamona: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2007/2008 e 2008/2009

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 07/08 (a)	Safra 08/09 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 07/08 (c)	Safra 08/09 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 07/08 (e)	Safra 08/09 (f)	VAR. % (f/e)
NORDESTE	**155,9**	**182,3**	**16,9**	**727,0**	**765,0**	**5,2**	**113,5**	**139,4**	**22,8**
PI	2,7	2,3	(14,8)	415,0	840,0	102,4	1,1	1,9	72,7
CE	26,4	33,9	28,4	430,0	553,0	28,6	11,4	18,7	64,0
RN	0,1	0,1	(27,0)	635,0	716,0	12,8	0,1	0,1	-
PE	3,7	3,9	5,4	430,0	513,0	19,3	1,6	2,0	25,0
BA	123,0	142,1	15,5	807,0	821,0	1,7	99,3	116,7	17,5
SUDESTE	6,8	7,5	10,3	1.456,0	1.393,0	(4,3)	9,9	10,4	5,1
MG	5,6	6,3	12,5	1.505,0	1.365,0	(9,3)	8,4	8,6	2,4
SP	1,2	1,2	-	1.226,0	1.540,0	25,6	1,5	1,8	20,0
NORTE/NORDESTE	155,9	182,3	16,9	727,0	765,0	5,2	113,5	139,4	22,8
CENTRO-SUL	6,8	7,5	10,3	1.456,0	1.393,0	(4,3)	9,9	10,4	5,1
BRASIL	162,7	189,8	16,7	758,0	790,0	4,2	123,4	149,8	21,4

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2009

Tabela 2: Soja: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2007/2008 e 2008/2009

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 07/08 (a)	Safra 08/09 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 07/08 (c)	Safra 08/09 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 07/08 (e)	Safra 08/09 (f)	VAR. % (f/e)
NORTE	**517,5**	**516,6**	**(0,2)**	**2.845,0**	**2.854,0**	**0,3**	**1.472,4**	**1.474,3**	**0,1**
RR	15,0	15,0	-	3.250,0	3.250,0	-	48,8	48,8	-
RO	99,8	107,2	7,4	3.122,0	3.033,0	(2,9)	311,6	325,1	4,3
PA	71,1	71,1	-	2.828,0	2.894,0	2,3	201,1	205,8	2,3
TO	331,6	323,3	(2,5)	2.747,0	2.767,0	0,7	910,9	894,6	(1,8)
NORDESTE	**1.580,1**	**1.605,7**	**1,6**	**3.057,0**	**2.788,0**	**(8,8)**	**4.829,8**	**4.477,2**	**(7,3)**
MA	421,5	401,3	(4,8)	2.996,0	2.890,0	(3,5)	1.262,8	1.159,8	(8,2)
PI	253,6	274,1	8,1	3.231,0	2.939,0	(9,0)	819,4	805,6	(1,7)
BA	905,0	930,3	2,8	3.036,0	2.700,0	(11,1)	2.747,6	2.511,8	(8,6)
CENTRO-OESTE	**9.634,8**	**9.685,3**	**0,5**	**3.022,0**	**2.931,0**	**(3,0)**	**29.114,0**	**28.384,4**	**(2,5)**
MT	5.675,0	5.709,1	0,6	3.145,0	3.100,0	(1,4)	17.847,9	17.698,2	(0,8)
MS	1.731,4	1.700,2	(1,8)	2.639,0	2.350,0	(11,0)	4.569,2	3.995,5	(12,6)
GO	2.179,7	2.227,7	2,2	3.002,0	2.934,0	(2,3)	6.543,5	6.536,1	(0,1)
DF	48,7	48,3	(0,8)	3.150,0	3.200,0	1,6	153,4	154,6	0,8
SUDESTE	**1.396,0**	**1.441,0**	**3,2**	**2.853,0**	**2.846,0**	**(0,2)**	**3.983,4**	**4.100,9**	**2,9**
MG	870,0	883,4	1,5	2.916,0	2.938,0	0,8	2.536,9	2.595,4	2,3
SP	526,0	557,6	6,0	2.750,0	2.700,0	(1,8)	1.446,5	1.505,5	4,1
SUL	**8.184,7**	**8.226,1**	**0,5**	**2.519,0**	**2.283,0**	**(9,4)**	**20.618,1**	**18.778,2**	**(8,9)**
PR	**3.977,3**	**4.017,1**	**1,0**	**2.991,0**	**2.465,0**	**(17,6)**	**11.896,1**	**9.902,2**	**(16,8)**
SC	373,4	385,0	3,1	2.535,0	2.693,0	6,2	946,6	1.036,8	9,5
RS	3.834,0	3.824,0	(0,3)	2.028,0	2.050,0	1,1	7.775,4	7.839,2	0,8
NORTE/NORDESTE	**2.097,6**	**2.122,3**	**1,2**	**3.004,0**	**2.804,0**	**(6,7)**	**6.302,2**	**5.951,5**	**(5,6)**
CENTRO-SUL	**19.215,5**	**19.352,4**	**0,7**	**2.795,0**	**2.649,0**	**(5,2)**	**53.715,5**	**51.263,5**	**(4,6)**
BRASIL	**21.313,1**	**21.474,7**	**0,8**	**2.816,0**	**2.664,0**	**(5,4)**	**60.017,7**	**57.215,0**	**(4,7)**

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2009

Pela análise das tabelas acima, é possível perceber um aumento significativo na produção de mamona, principalmente nas regiões Norte e

Nordeste na safra de 2008/2009. Com relação a soja, houve um aumento também, entretanto em proporções bem menores em relação a mamona.

Com relação à microalgas, estudos recentes mostraram que no caso de algas com 50% de sua massa seca em óleo, somente 0,3% da área cultivada dos EUA poderiam ser utilizadas para produzir biodiesel suficiente para repor todo o combustível usado em transporte (MORALES, 2006); além disto, a terra utilizada para o cultivo de microalgas é desértica, com baixo valor econômico para outros usos.

A questão se refere ao desempenho do fator "Potencial Brasileiro de Produção", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(4) Potencial de produção por área cultivada

A produtividade tanto dos grãos de soja, quanto da mamona aumentou na safra de 2008/2009 em relação a safra de 2007/2008. Para mamona, houve uma variação de 4,2%, enquanto que para soja a variação foi de 5,4%. Contudo, em relação a produtividade agrícola do óleo bruto, a mamona estará sempre em maior vantagem. Isso porque o teor de óleo no grão de mamona é cerca de 45-50% ao passo que que na soja o teor de óleo no grão é cerca de 18% (MAPA, 2009). Com relação a produtividade das microalgas, a vantagem é maior ainda. Além de crescerem mais rápido, as algas têm capacidade de produzir 100 vezes mais óleo que a soja em um espaço equivalente a um hectare (site biodieselbr, acesso 09/09/2009)

A questão se refere ao desempenho do fator "Potencial de produção por área cultivada", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(5) Potencial em Aproveitamento de resíduos

A seguir é apresentada uma tabela com as alternativas de aproveitamento dos resíduos da soja, mamona e microalga.

Tabela 1: Alternativas para aproveitamento dos resíduos da soja, mamona e microalga.

SOJA	
Aproveitamento dos grãos de soja fora do padrão de mercado como complemento de ração animal	Atualmente, a significativa porcentagem de grãos fora do padrão de comercialização é utilizada como complemento de ração animal proporcionando desempenho satisfatório do gado (URANO, 2006).
Aproveitamento dos grãos de soja para a produção de poliuretano termoplástico para calçados	Uma alternativa para o aproveitamento dos grãos fora do padrão de comercialização é a produção de poliuretano termoplástico. A Formax Quimiplan é uma empresa do ramo de componentes de calçados, de São Leopoldo (RS), que já está colocando no mercado o poliuretano termoplástico desenvolvido a partir de fontes vegetais. O chamado Thermogreen pode ser fabricado a partir de algumas fontes vegetais, dentre elas os grãos de soja, sendo aplicado na produção de contrafortes e couraças (peças internas que estruturam os sapatos) (ARRUDA, 2008).
Aproveitamento do resíduo da pré-limpeza da soja como complemento de ração animal	A pré-limpeza é a operação que tem por objetivo reduzir o teor de impurezas e de matérias estranhas nas massas de grãos para as operações de secagem, sendo realizada por máquinas que usam a ação do ar forçado e da gravidade. Estima-se que a disponibilidade do resíduo da pré-limpeza

	da soja seja em torno de 1,5% de todo o material proveniente da colheita da soja (CÔRTES & CÔRTES, 1993 apud BABILÔNIA, 1997).
Aproveitamento da casca de soja para ração animal	A casca de soja é uma fonte econômica de energia e/ou fibra nas dietas de diversos animais (gado de corte e leite, suínos e aves). É muito palatável, e seu baixo teor de lignina torna-a muito digestível para o gado. A casca de soja oferece valor ao gado de corte e leite, porque é imediatamente fermentada no rume, fornecendo tanto energia quanto proteína para o animal.(BUNGE ALIMENTOS, 2006)
Aproveitamento da casca de soja para produção de goma xantana	A goma xantana (C35H49O29) é um exopolissacarídeo produzido industrialmente pela bactéria Xanthomonas campestris, por fermentação da glicose, com diversas aplicações na indústria química, têxtil, de tintas, cerâmicas, além de vasta aplicação na indústria de alimentos para a fabricação de geléias, pudins, temperos, enlatados, congelados e bebidas (WIKIPÉDIA, 2008). A casca de soja é um resíduo agroindustrial que pode ser aplicado como fonte de carbono, de nitrogênio e de vitaminas para o cultivo bacteriano e a síntese do polissacarídeo goma xantana. A utilização da casca de soja contribui para a diminuição da poluição ambiental, reaproveitando um resíduo e apresenta uma alternativa de minimização de custos de produção da goma xantana (PINTO, 2007).
Aproveitamento da farinha de soja para a produção de cola de compensado	Pesquisadores do National Center for Agricultural Utilization Research (NCAUR), em Peoria, Illinois, estão usando soja em substituição de proteínas de sangue animal, tradicionalmente empregadas para a formulação de colas para compensado. Essa nova cola à base de soja pode fornecer à indústria do compensado, aquilo que toda indústria almeja: produção mais rápida e a baixo custo (EMBRAPA, 2007).

Aproveitamento de okara para a alimentação humana	O extrato hidrossolúvel de soja, ou “leite de soja”, é um produto obtido a partir da lavagem, maceração e aquecimento de grãos de soja. Os grãos lavados e macerados são moídos e aquecidos para, então, passarem por um processo de filtração que separa o extrato aquoso de seu subproduto, o okara. O okara é um resíduo sólido rico em proteínas, vitaminas, fibras, aminoácidos essenciais e de isoflavonas. Cerca de 1,1 kg de okara fresco (base úmida) é produzido pelo processamento de 1 kg de grãos de soja mais a quantidade padrão de água, para obtenção do extrato aquoso. Da desidratação de 1 kg deste subproduto, são obtidos aproximadamente 250 g de okara seco (BOWLES & DEMIATE, 2006). No que diz respeito à composição do subproduto okara, pesquisas demonstram sua elevada qualidade nutricional e possíveis aplicações, visando melhorias em produtos alimentícios.
Aproveitamento do farelo de soja para ração animal	O farelo de soja é uma das mais utilizadas fontes de proteína vegetal. Amplamente disponível, é comercializado de forma ativa e seu perfil de aminoácidos é adequado às necessidades de ingestão de aminoácidos de muitos animais. Os aminoácidos presentes no farelo de soja são altamente digestíveis e complementam outros ingredientes para a obtenção de uma dieta balanceada, em todas as fases de vida (GERBER et al., 2006).
Aproveitamento do farelo de soja para o cultivo de cogumelos	Os cogumelos comestíveis, normalmente são organismos heterótrofos (não produzem seu próprio alimento). Referente ao consumo de carboidrato, durante o crescimento do micélio (corpo vegetativo do cogumelo), eles devem estar presentes principalmente na forma de lignina, celuloses. Já na formação e crescimento de corpos frutíferos (cogumelo propriamente dito) eles consomem carboidratos na forma de alfa-celuloses e pentoses. Fazendo um leve polvilhamento de carboidratos facilmente assimilável (farelo de soja

	produzido especialmente para essa finalidade), antes da cobertura. As necessidades de proteínas se suprem a expensas dos micróbios mortos e dos complexos ligno-humico (BRASMICEL, 2006).
Aproveitamento do farelo de soja para a produção de cola de madeira	O farelo de soja pode ser utilizado na composição de colas a serem aplicadas como selante em madeira. Neste caso, o farelo de soja substitui a farinha de trigo usada tradicionalmente na composição da cola e gera um produto de alta qualidade, a partir de um volume menor de matéria-prima.
Aproveitamento do melaço do farelo de soja concentrado para a produção de etanol	O processo de extração de proteínas da soja é feito com uma mistura etanol e água. Esta mistura insolubiliza as proteínas e fibras do farelo de soja, que são retiradas, após secagem obtendo-se um produto conhecido como proteína concentrada de soja. A fração líquida da mistura etanol e água contém na sua maior parte, os açúcares da soja que, após a recuperação do etanol por evaporação, acabam por gerar o melaço de soja (AYUB, 2003; STAVISKI, 2007). O melaço de soja pode ser reaproveitamento como meio de cultura para a produção de etanol, a fim de suprir as perdas inerentes ao processo de obtenção de concentrados protéicos de soja. Além da economia gerada pela auto-suficiência de produção de solvente, o etanol obtido através do melaço de soja é muito mais barato que o etanol proveniente da cana, já que não há etapas como transporte da cana, moagem, filtração do caldo e manuseio do bagaço (AYUB, 2003).

Aproveitamento do farelo de soja para a produção de lipases	Atualmente as lipases vêm conquistando uma faixa crescente no mercado de enzimas, devido ao grande número de aplicações industriais. As lipases têm sido utilizadas na modificação de óleos e gorduras, formulação de detergentes, manufatura de alimentos, nos processos de síntese usados pela indústria de combustíveis, como auxiliares no tratamento de efluentes gordurosos. No entanto, as enzimas disponíveis comercialmente apresentam ainda custo elevado. Assim, a busca por processos de produção de lipases que possam diminuir os custos finais da enzima são de grande interesse (VARGAS, 2003). O estudo de VARGAS (2004) demonstrou que o farelo de soja tem um grande potencial nutricional, possibilitando o bom desenvolvimento do Penicillium simplicissimum, tanto em termos de crescimento quanto em produção de lipase, uma vez que os resultados mostraram não haver a necessidade de utilização de fontes suplementares de carbono e nitrogênio, o que pode levar a uma considerável economia com matérias-primas no processo industrial.
Aproveitamento do destilado desodorizado do óleo de soja para a produção de vitamina E e fitoesterol	O destilado desodorizado do óleo de soja (DDOS) é um subproduto gerado pela indústria de refino de óleo de soja comestível durante uma etapa do processo denominada desodorização. A desodorização tem a função de retirar os componentes voláteis e que conferem sabor e odor desagradáveis ao óleo. Este processo, entretanto, apesar das melhorias que têm sido realizadas, inevitavelmente, também retira do óleo os tocoferóis e os fitoesteróis, produzindo uma corrente efluente considerada um valioso subproduto, e cujo valor comercial varia em função do seu teor de tocoferóis e fitoesteróis (VERLEYEN et al., 2001 apud MARTINS et al., 2006). Os tocoferóis possuem propriedades vitamínica e antioxidante relacionadas à prevenção de

	enfermidades como o câncer, doenças cardiovasculares e cataratas (ANDRIKOPOULOS et al., 1991 apud MARTINS et al., 2006). Os fitoesteróis atuam na redução dos níveis de colesterol plasmático (LDL), são utilizados como matéria prima para produção de corticóides, contraceptivos, hormônios sexuais, diuréticos, vitamina D e como emulsificantes em cosméticos (ABIDI, 2001 apud MARTINS et al., 2006).
Aproveitamento da lecitina obtida da degomagem do óleo bruto	A lecitina é um fosfolípido que constitui o principal componente da fração fosfatada que se obtém dos grãos de soja, de onde é extraída por meios mecânicos ou químicos, utilizando hexano. As lecitinas utilizadas para aplicações industriais ou para fins nutricionais são obtidas a partir do grão de soja. É um produto natural, biodegradável, estável a temperatura ambiente, higroscópio, e apresenta características emulsionantes próprias, devido à complexa composição química. As lecitinas são, sem dúvida alguma, os emulsionantes naturais com maior número de aplicações nas indústrias alimentícias. Encontramos também inúmeras aplicações em indústrias químicas, onde sua ação como emulsionante de excelente relação custo/benefício é sempre uma solução viável e segura.(LECITINA, 2007)
Aproveitamento do sabão oriundo da neutralização do óleo de soja	O óleo de soja apresenta em sua composição diversos ácidos graxos. Durante a neutralização, o óleo degomado é tratado com hidróxido de sódio para a neutralização dos ácidos graxos livres no óleo através de uma reação de saponificação, obtendo-se assim o óleo neutralizado, que é o produto de interesse, e o sabão, que é um subproduto. Este sabão pode ser empregado como base para a produção de sabões de essências variadas (SOUZA & NEVES, 2004).
MAMONA	

Aproveitamento da casca da mamona	O beneficiamento das sementes gera como resíduos as cascas e os racemos secos. Para cada tonelada de semente de mamona processada, são gerados 620 kg de casca, sendo que em 2005, foram geradas 130 mil toneladas de casca de fruto de mamona. Essa produção vem sendo deixada em monturos, queimada ou deitada sobre o solo, em covas, a título de adubo orgâncico. O uso das cascas como fertilizante apresenta restrições, pois a relação C/N do material é alta, induzindo a carência de nitrogênio (Lima et al., 2005)
Aproveitamento de caules e folhas	A produção atualmente é de 20.000 kg/ ha /ano. As folhas são, às vezes, ministradas, segundo doses controláveis, às rações do gado leiteiro para ativar a secreção lática. Tanto o caule como as folhas apresentam propriedades inseticidas, e deixados no terreno, após a colheita dos frutos, evitam a proliferação de insetos do solo. As flores são melíferas e muito procuradas pelas abelhas. Alguns autores mencionam o emprego natural das folhas como alimento do bicho da seda, Attacus ricini ou Philosamia ricini, cuja larva é explorada somente na Síria e na Índia mas que pode ser adaptada a outras regiões. A haste, além de celulose própria para fabricação do papel, fornece matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros. Caule e folhas podem ser usados para a queima em caldeira (Biodiesel: co-produto-folha, 2008)
Aproveitamento da Torta da mamona	Em todo o mundo esse composto, ricamente nitrogenado, tem sido usado como adubo orgânico na recuperação de terras esgotadas (Mota et al., 2005). A confecção de farelo para ração animal agregaria valor ao produto, já tendo sido demonstrada a possibilidade de destoxificação da torta da mamona (Melo, 2008). Melo (2008) propôs a produção de bioetanol a partir da torta da mamona obtida da produção de biodiesel, com

	aproveitamento do resíduo deste processo, destoxificado, para produção de ração animal. Para cada tonelada de semente, além dos 620 Kg de casca, são geradas cerca de 530 Kg de torta de mamona, sendo que na safra 2004/2005 foram produzidas aproximadamente 11 mil toneladas da torta. Desse montante, parte foi comercializada para a indústria de fertilizantes e parte foi usada na própria fazenda, na lavoura da mamona ou outros cultivos, pelo alto teor de nitrogênio (SEVERINO, 2005).
MICROALGA	
Aproveitamento da biomassa	O resíduo proveniente do processo de produção de biodiesel a partir de microalgas é a biomassa, que pode ser fermentada para produção de metano (MORALES, 2006)

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes citadas ao longo do texto

A questão se refere ao desempenho do fator "Potencial em aproveitamento de resíduos", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(6) Custo de Produção

Os custos de produção do biodiesel dependem essencialmente do custo da matéria-prima, do óleo vegetal ou outra substância graxa, e dos custos de processamento industrial, podendo subtrair-se os créditos de correntes da comercialização do glicerol.

Vilar (2006) chegou ao resultado de que a soja seria mais competitiva, capaz de produzir um óleo mais barato na bomba, como pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 2: Custo de produção e preço na bomba do biodiesel proveniente da soja e da mamona

TIPO DE ÓLEO	OBTENÇÃO DO ÓLEO	CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL (RS/LITRO)	PREÇO DO BIODIESEL NA BOMBA(RS/L)
Soja	Extração por solvente	0,97	1,51
	Extração de prensagem	1,01	1,57
Mamona	**Agricultura familiar**		
	Extração por solvente	1,12	1,67
	Extração por prensagem	1,12	1,68

O preço da soja em grãos é R$19,00/saca(60kg) Fonte: VILAR, 2006
O preço da mamona em grãos é R$36,00/saca(60kg)

Com relação a produção de biodiesel de microalgas, a Valcent Products Inc. desenvolveu biorreatores verticais de alta densidade para produção de microalgas através de um sistema planejado para trabalhar em circuito fechado e usar pouca energia e água. Nos testes de operação contínua feitos, o rendimento foi de 150.000 galões/acre/ano (cerca de 1,5 milhão de litros/hectare). O custo de produção foi de 13 centavos de dólar/ litro (Site biodieselbr)

A questão se refere ao desempenho do fator "Custo de Produção", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(7) Impostos

A agricultura familiar no Brasil, é mais representativa nas regiões Norte e Nordeste, onde coexiste com um setor moderno do agronegócio. Por esse motivo, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), de 2004, associa a produção de biodiesel com a promoção da agricultura familiar à economia de mercado. O reflexo dessa postura do governo são os incentivos fiscais e a

certificação por meio do selo de combustível social, responsável por agregar valor a essa produção quando proveniente da agricultura familiar.

A mamona, resistente à escassez de água, vem sendo a principal aposta do governo para o Nordeste. Sua produção intensiva em mão-de-obra e terra, quase não necessita de investimento em capital físico, facilitando a participação de agricultores familiares. O principal entrave decorre dos baixos níveis de produtividade alcançados historicamente na região, o que pode reduzir o número de interessados em ingressar nessa atividade em razão da baixa rentabilidade esperada e, por conseguinte, comprometer a oferta de óleos vegetais, principal fator de produção de biodiesel (VAZ et al, 2006)

A questão se refere ao desempenho do fator "Impostos", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(8) Preço da Matéria-Prima

A tabela a seguir apresenta os preços das sacas de mamona e soja nas safras de 2007/2008 e 2008/2009.

Tabela 3: Preços mínimos.Safras 2007/2008 e 2008/2009

PREÇOS MÍNIMOS Safras 2007/2008 e 2008/2009						
	INÍCIO OPERAÇÃO				R$/ Unid.	
PRODUTO/SAFRA	2007/2008	2008/2009	UNID	REGIÕES	2007/2008	2008/2009
Mamona em Baga	jul/07	jul/08	60 kg	Norte , Nordeste, GO, MT, MG e SP	33,56	38,59
Soja	jan/08	jan/09	60	Todo Território Nacional (exceto MT, RO,	14	22,8

			kg	AM, PA e AC)		

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2009

É possível perceber o aumento dos preços das duas culturas, principalmente da soja que aumentou cerca de 63% na safra de 2008/2009 em relação a 2007/2008. Segundo o AGROMENSAL – ESALQ/BM&FBovespa, os preços domésticos foram influenciados pela melhora na demanda, sustentada por alguns segmentos internos que estavam com estoques baixos e por interesse de compradores externos para contratos antecipados, devido à redução da safra Argentina.

O preço da mamona no mercado nacional vem se recuperando, acompanhando a recuperação dos preços dos óleos em nível internacional. Apesar de suas características específicas, o preço do óleo de mamona sofre interferência do preço de outras oleaginosas de seu grupo e também porque pode competir em termos de área cultivada. De acordo com Marta Helena Gama de Macedo, da Conab, alguns fatores influenciam no preço do óleo de mamona:

• as chuvas de monção de Junho à Setembro na Índia, que interferem na produção;

• os preços das oleaginosas na Índia que interferem na área de plantio de mamona;

• o consumo e a importação de óleo de mamona pela China;

• as condições climáticas nos EUA para o plantio das oleaginosas;

• a variação da taxa de câmbio.

As microalgas já demonstram potencialidade para a produção do biodiesel, com várias vantagens em relação às oleaginosas. Dentre as vantagens, as

microalgas reduzem o nível de CO2 da atmosfera, dão utilidade a terras hoje inviáveis e produzem alto teor de óleo em pequena área. As microalgas podem ser cultivadas em massa, usando-se meios de cultivo de baixo custo (MORALES, 2006)

A questão se refere ao desempenho do fator "Preço da Matéria-Prima", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(9) Investimento Inicial

A tabela a seguir apresenta o investimento inicial de algumas usinas de biodiesel da PETROBRAS.

Tabela 4: Investimento Inicial das usinas de biodiesel da PETROBRAS

Usinas de Biodiesel	Usinas Experimentais Em operação desde 2005/2006		Usinas Industriais		
	UEB01 Guamaré (RN)	UEB02 Guamaré (RN)	CANDEIAS (BA)	MONTES CLAROS (MG)	QUIXADÁ (CE)
Investimento	R$ 10 milhões	R$ 10 milhões	R$ 78 milhões	R$ 73,4 milhões	R$ 76 milhões
Capacidade de Produção	Está sendo ampliada para 6,8 milhões de litros/ano	13,6 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano	57 milhões de litros/ano
Insumos	*Agricultura familiar:* Mamona *Agronegócio:* Soja	*Agricultura familiar:* Mamona *Agronegócio:* Soja	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim /Dendê/Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal/ Algodão *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim/Algodão/Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)	*Agricultura familiar:* Mamona/Amendoim /Algodão/Girassol *Agronegócio:* Soja/ Gordura Animal *Outros fornecedores:* Óleos Residuais (óleo de cozinha)

Fonte: Site PETROBRAS, 2009.

Com relação ao investimento inicial de uma planta de produção de biodiesel a partir de microalgas, pode-se utilizar como referência uma planta construída em terras da Valcent, localizadas na área de El Paso, Texas pela Empresa Global Green Inc., que concordou em financiar uma planta piloto de demonstração que tem um custo estimado de US$2.500.000 (Site biodieselbr)

A questão se refere ao desempenho do fator "Investimento Inicial", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(10) Mão-de-obra

A mamona e a soja são as principais culturas produtoras de óleo vegetal despontam no Brasil. Estas culturas apresentam organização produtiva bem distinta: enquanto a mamona é oriunda em maior parte da agricultura familiar e a soja é um dos carros-chefe do agronegócio.

Desse modo, de uma maneira geral, o grande conflito está entre a capacidade de inserção social da mamona e sua competitividade frente à soja, que dentre as culturas apontadas apresenta o mercado mais consolidado e maduro (VAZ et al, 2006) A microalga, por sua vez, é produzida em fotobiorreator, apresentando uma organização produtiva completamente diferente da soja e da mamona.

A questão se refere ao desempenho do fator "Mão-de-obra", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima para produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

(11) Maturidade Tecnológica

As patentes são uma das formas mais antigas de proteção da propriedade intelectual. Através delas é possível a proteção dos progressos realizados nas mais variadas áreas tecnológicas. Para analisar a maturidade tecnológica da produção de biodiesel a partir de soja, mamona e microalga, foi realizada uma prospecção tecnológica em patentes na base de dados da USPTO (United States Patent and Trademark Office). que compreendeu o período de 1976 a outubro/2009.

Foram identificadas patentes que contivessem em todos os campos, as expressões: BIODIESEL & SOY OIL, CASTOR OIL E MICROALGAE, formando três grupos. Foram encontradas 322 patentes sendo 39 do grupo biodiesel de mamona, 275 do grupo biodiesel de soja e 8 do grupo biodiesel de microalga. Além da análise quantitativa, foi realizada uma análise qualitativa das patentes.

O gráfico a seguir mostra o depósito de patentes por ano dos três grupos:

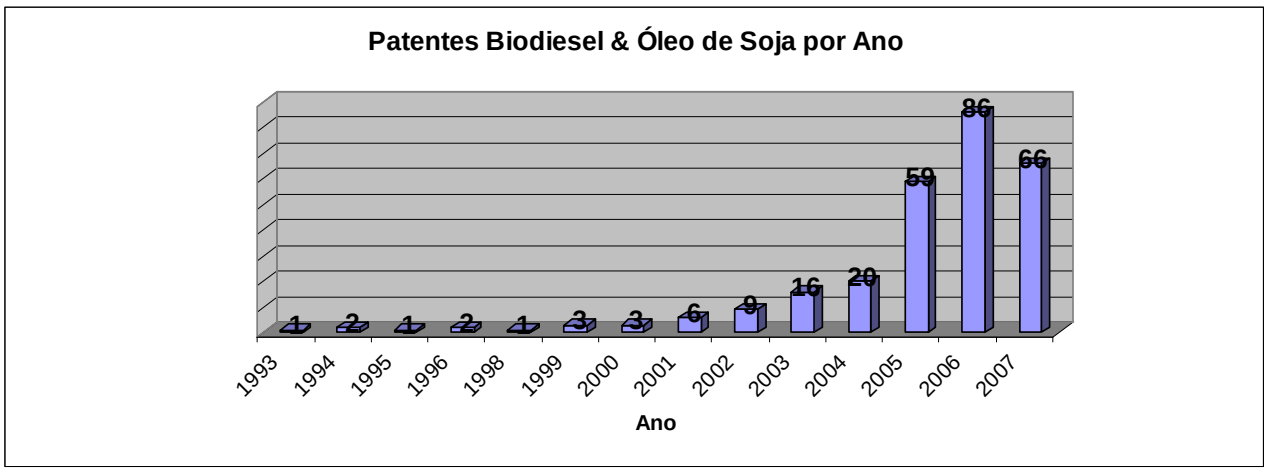

Gráfico 1: Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

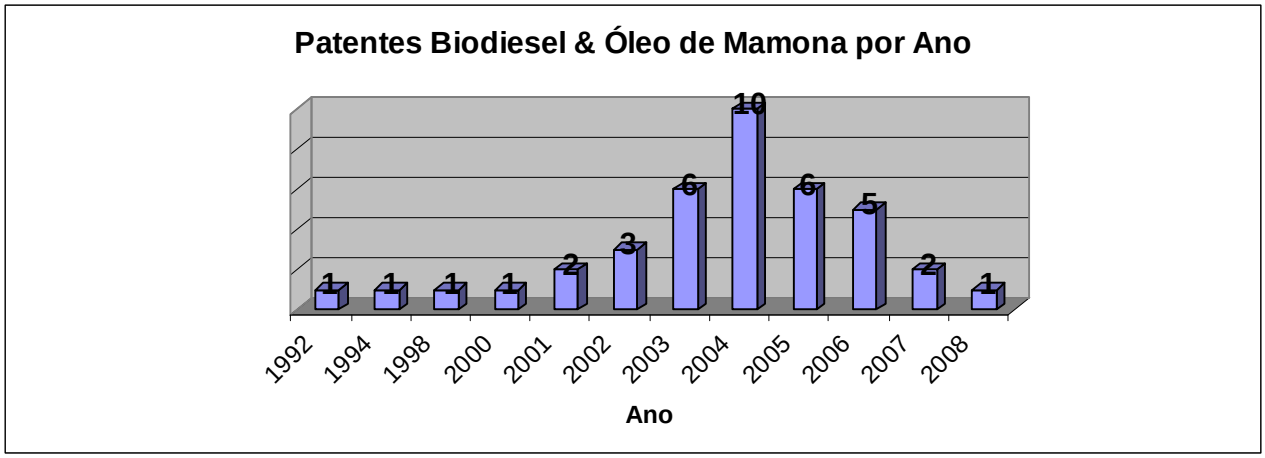

Gráfico 2: Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

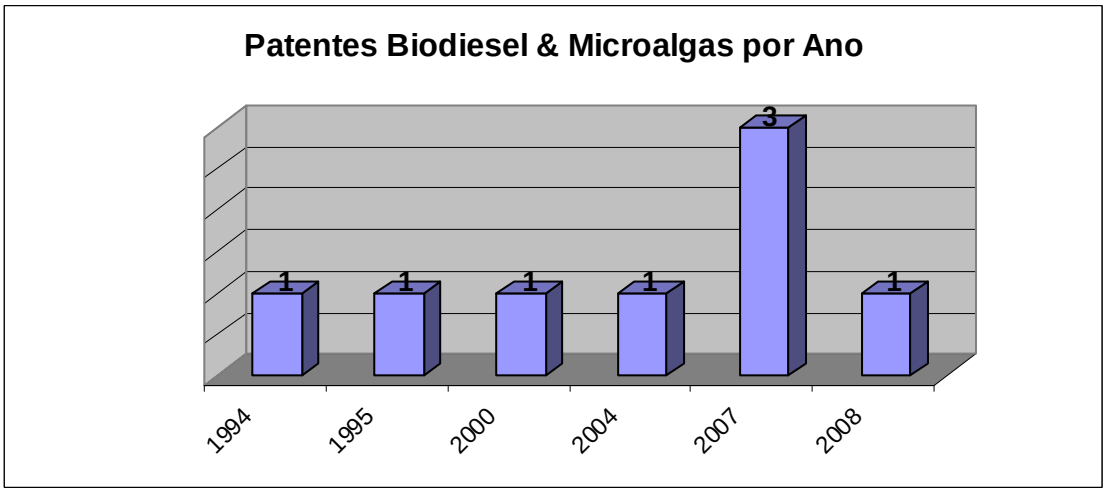

Gráfico 3: Patentes sobre biodiesel de microalgas por ano
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

Os resultados acima mostram que houve um intenso desenvolvimento da produção de biodiesel a partir de soja e mamona nos anos de 2004, 2005 e 2006. Já para o biodiesel a partir de microalgas, houve maior pesquisa no ano de 2007 onde três das oito patentes foram depositadas.

Com relação aos países depositantes, os Estados Unidos foi o país que mais depositou patentes das três tecnologias. Os gráficos a seguir mostram esse resultado.

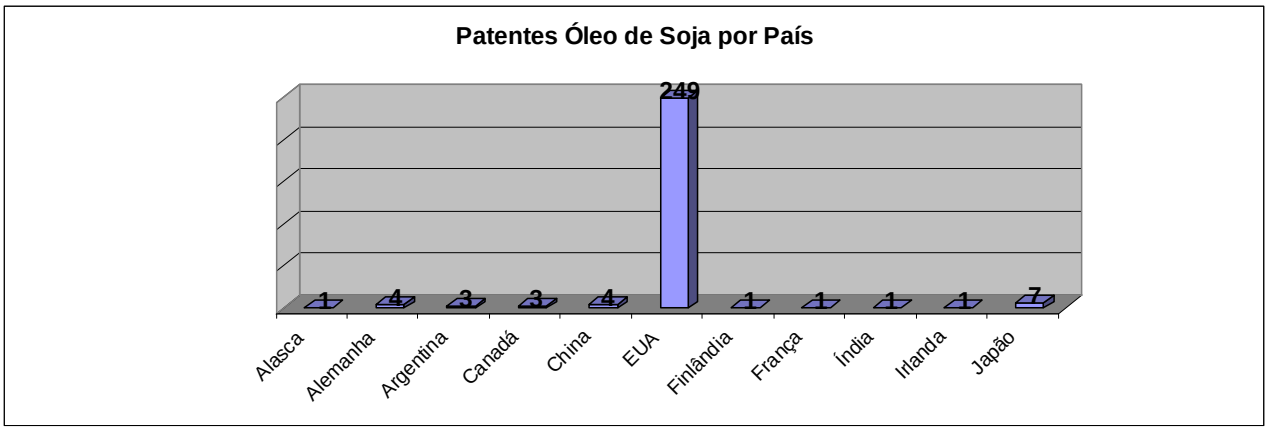

Gráfico 4: Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

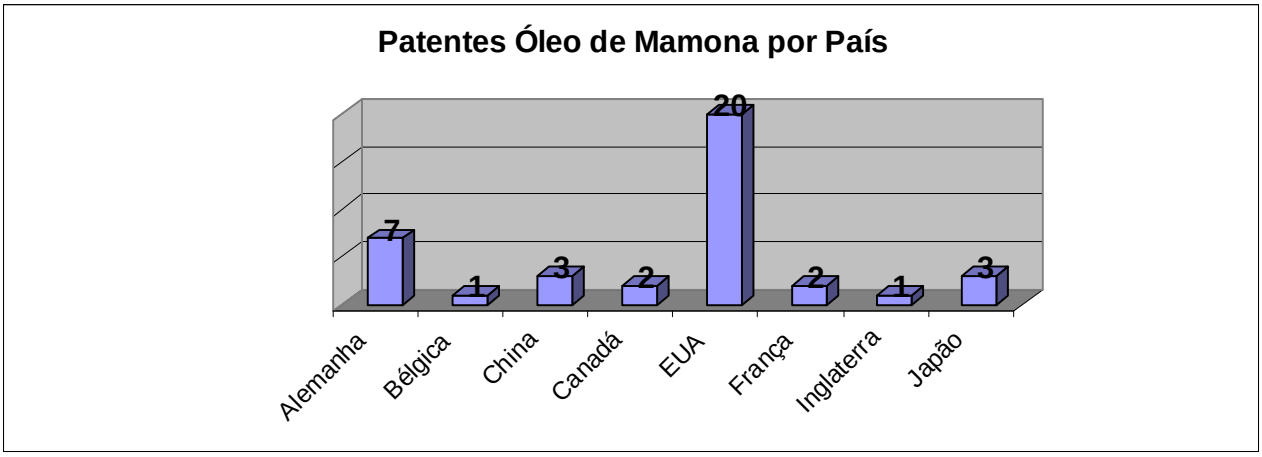

Gráfico 5: Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

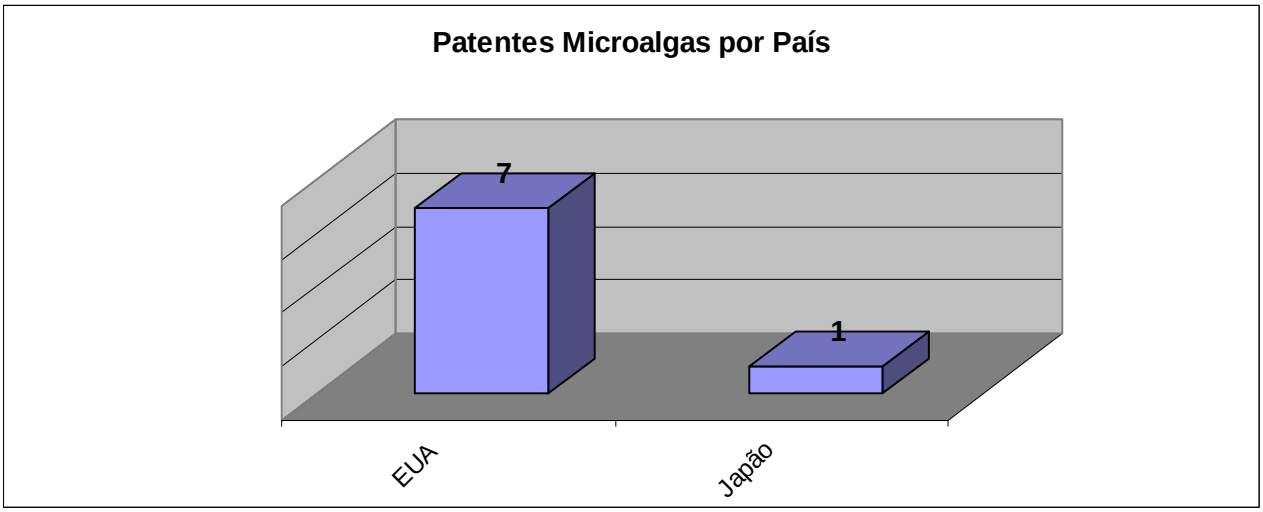

Gráfico 6: Patentes sobre biodiesel de microalga por país
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

O segundo país que mais depositou patentes sobre as três tecnologias estudadas foi o Japão e em seguida a Alemanha que depositou quatro patentes envolvendo biodiesel de soja e sete patentes envolvendo biodiesel de mamona.

Com relação ao tipo de depositante, para as três tecnologias estudas a maioria das patentes foram depositadas por empresas conforme os resultados a seguir.

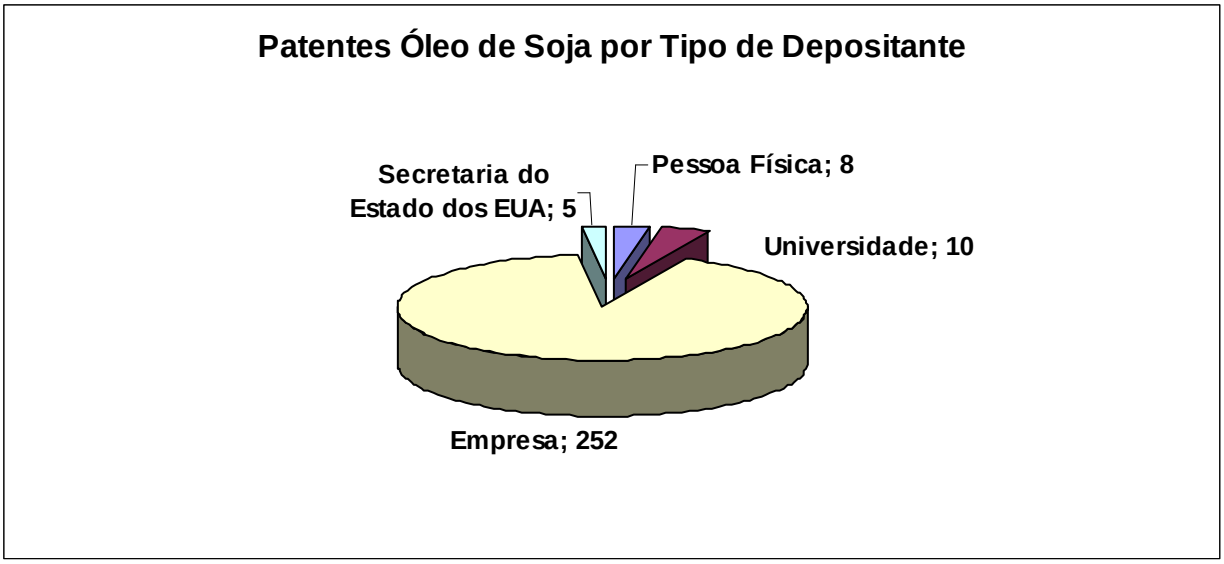

Gráfico 7: Patentes sobre biodiesel de óleo de soja por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

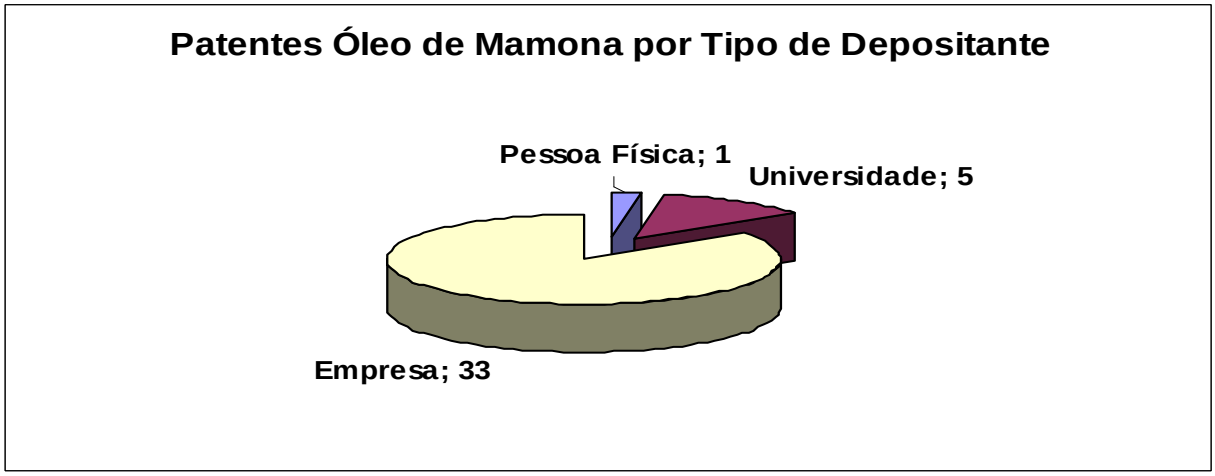

Gráfico 8: Patentes sobre biodiesel de óleo de mamona por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

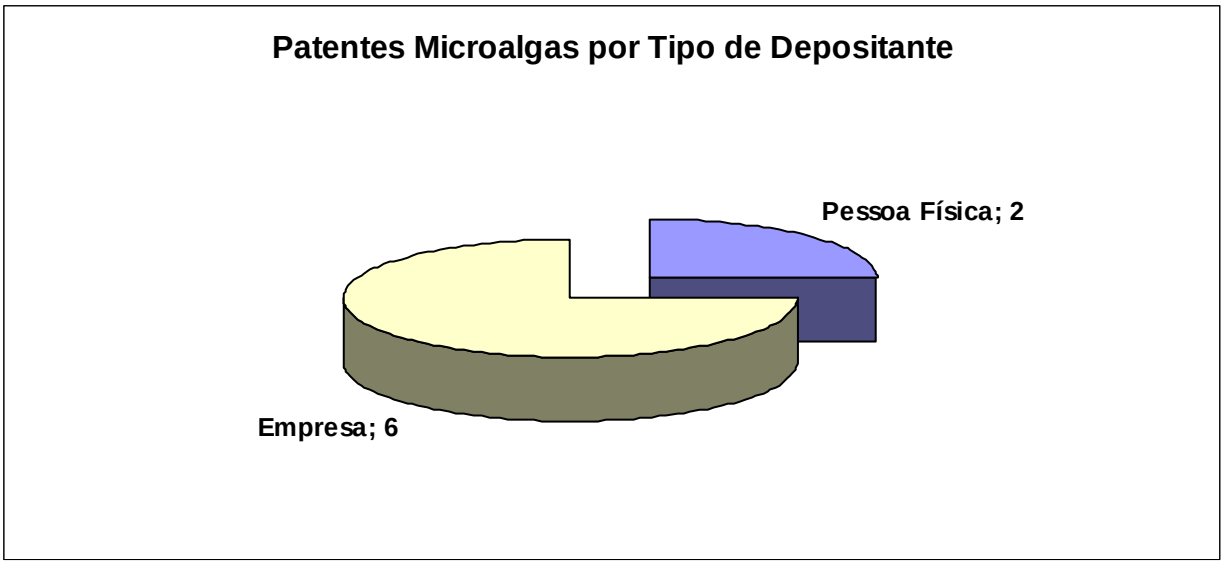

Gráfico 9: Patentes sobre biodiesel de microalgas por tipo de depositante
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USPTO

Para a produção de biodiesel a partir de soja e mamona o segundo maior depósito de patentes foi por Universidades e para a matérias-prima para produção de biodiesel a partir de microalgas o segundo maior tipo de depositante foi pessoa física, não houve depósito de patentes por universidades.

A questão se refere ao desempenho do fator "Maturidade Tecnológica", à tendência desse desempenho em cada matéria-prima de produção de biodiesel, à importância deste fator e à tendência da importância nos próximos cinco anos.

ANEXO C

Estudo: PRODUÇÃO DE BIODIESEL: SOJA, MAMONA E MICROALGAS

Mapa de opinião por perito

Código do perito:

Fatores	Desempenho			Tendência do desempenho			Importância	Tendência da Importância	Auto-Avaliação
	Soja	Mamona	Microalgas	Soja	Mamona	Microalgas			
1. Produção de alimentos & Produção de biocombustíveis									
2. Potencial de geração de empregos									
3. Potecial Brasileiro de Produção									
4. Potencial de produção por área cultivada									
5. Potencial em Aproveitamento de resíduos									
6. Custo de Produção									
7. Impostos									
8. Preço da Matéria-Prima									
9. Investimento Inicial									
10. Mão-de-obra									
11. Maturidade Tecnológica									