



Potencial e Logística do Biodiesel de Palma da Amazônia

Flávia Confort Gomes Dias
Marcus Tullio Bilro Sá Barroso
Thiago Barral Fernandes Reis

Projeto Final de Curso

Orientador: Luiz Fernando Leite, D. Sc.
Co-Orientador: Danielle Zyngier, Ph. D.

Novembro de 2012

POTENCIAL E LOGÍSTICA DO BIODIESEL DE PALMA DA AMAZÔNIA

Flávia Confort Gomes Dias
Marcus Tullio Bilro Sá Barroso
Thiago Barral Fernandes Reis

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro
Químico.

Aprovado por:

Carlos André Vaz Junior - D.Sc.

Carlos Augusto G. Perlingeiro, D.Sc.

Luiz Antonio d'Avila, D.Sc.

Orientado por:

Luiz Fernando Leite, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Novembro de 2012

Dias, Flávia Confort Gomes; Barroso, Marcus Tullio Bilro Sá.; Reis, Thiago Barral Fernandes.

Potencial e Logística do Biodiesel de Palma da Amazônia / Flávia Confort Gomes Dias, Marcus Tullio Bilro Sá Barroso e Thiago Barral Fernandes Reis. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2012.

xv, 116 p.; il.

(Projeto Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2012. Orientador: Luiz Fernando Leite. Co-orientador: Danielle Zyngier.

1. Biodiesel. 2. Palma. 3. Dendê. 4. Amazônia. 5. Logística. 6. Projeto Final de Curso. (Graduação – EQ/UFRJ). 7. Luiz Fernando Leite, D. Sc. 8. Danielle Zyngier, Ph. D.

Dedicado aos nossos pais e à tia Angélica.

“ As pessoas vêem as coisas como elas são e perguntam 'por quê?'. Eu vejo as coisas como elas poderiam ser e pergunto 'por que não?' ”
(Bernard Shaw)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos orientadores, Professor Luiz Fernando Leite e Danielle Zyngier.

Agradecemos ao Mauro Silva da Petrobras Biocombustíveis por ter colaborado para a elaboração do Projeto, nos fornecendo esclarecimentos primordiais sobre o processo produtivo do biodiesel de palma.

Agradecemos ao amigo Leonardo Speiski Santos pelo tempo dedicado ao Projeto, com o esclarecimento das questões relativas à logística de combustíveis.

Agradecemos à Deus, às nossas famílias e especialmente aos nossos pais e irmãos, por todo o apoio e paciência ao longo desses anos de faculdade. Vocês tornaram essa conquista possível.

Por fim, obrigado também a todos os nossos amigos por nos proporcionarem excelentes momentos ao longo do curso de Engenharia Química e tornarem mais fácil essa difícil jornada.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Engenheiro Químico.

POTENCIAL E LOGÍSTICA DO BIODIESEL DE PALMA DA AMAZÔNIA

Flávia Confort Gomes Dias

Marcus Tullio Bilro Sá Barroso

Thiago Barral Fernandes Reis

Novembro, 2012

Orientadores: Prof. Luiz Fernando Leite, D. Sc.

Danielle Zyngier, Ph. D.

Atualmente, a Amazônia apresenta condições muito favoráveis para o plantio da palma e vêm sendo desenvolvidos na região projetos para exploração deste potencial por meio da produção de biodiesel, combustível cuja demanda tende a crescer em grande quantidade no Brasil e em todo o mundo. O presente projeto analisa os aspectos tecnológicos e mercadológicos do biodiesel de óleo de palma proveniente do Norte do país, buscando conclusões para avaliar a viabilidade e a competitividade desse produto nos principais mercados consumidores brasileiros de combustíveis. Adicionalmente, buscou-se definir, por meio de programação linear, a melhor localização das usinas que poderiam processar o biodiesel de palma proveniente do Norte para atender os mercados do Sul do país. Os resultados demonstraram que o transporte do biodiesel é preferencial em relação ao transporte do óleo de palma, indicando que a localização ótima das usinas é na região Norte. Os altos custos logísticos obtidos apontam também a necessidade de investimentos em modais alternativas para otimizar a rota logística estudada.

Abstract of the Final Project presented to Escola de Química/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Chemical Engineering.

POTENTIAL AND LOGISTICS OF THE PALM BIODIESEL FROM AMAZÔNIA

Flávia Confort Gomes Dias

Marcus Tullio Bilro Sá Barroso

Thiago Barral Fernandes Reis

November, 2012

Supervisors: Prof. Luiz Fernando Leite, D. Sc.

Danielle Zyngier, Ph. D.

Currently, Amazônia presents favorable conditions for palm plantation and different projects are being developed in the region in order to explore this potential through the production of biodiesel, a fuel which demand tends to grow in large quantities in Brazil and all over the world. This project analysis the aspects related to technology, market and logistics of the biodiesel derived from palm oil of the north of the country, looking for conclusions to assess the viability and competitiveness of this product in the main Brazilian fuel consuming markets. Additionally, the project sought to establish, through linear programming, the best location of biodiesel plants that would process the palm oil coming from the North to attend the biodiesel demand of the South of the country. The results showed that biodiesel transportation is preferred when compared to palm oil transportation, indicating that the optimum location to the biodiesel plants is the North. The high logistics costs obtained also indicate the necessity of investments in alternative transports to optimize the studied logistics route.

ÍNDICE

I.	Introdução	1
I.1.	Panorama do Biodiesel no Mundo	2
I.2.	Potencial de crescimento do biodiesel	4
I.3.	Logística	5
II.	Legislação de Biodiesel no Brasil	18
II.1	Introdução	18
II.2	Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)	19
II.3	Selo de Combustível Social	24
II.4	Aspectos do Modelo Tributário	28
III.	Caracterização das Oleaginosas	31
III.1.	Mamona	36
III.2.	Canola	37
III.3.	Girassol	38
III.4.	Soja	38
III.5.	Dendê	39
IV.	Produção de Biodiesel à base de dendê	41
IV.1.	Sistema de Produção Agrícola	41
IV.1.1.	Plantação	42
IV.1.2.	Manutenção da Dendeicultura	43
IV.1.3.	Produção dos Cachos de Frutos Frescos	44
IV.1.4.	Colheita	45
IV.2.	Processo de Extração do Óleo	46
IV.2.1.	Esterilização	47
IV.2.2.	Prensagem	47
IV.2.3.	Filtração	48
IV.3.	Processo de Transesterificação	48
IV.3.1	Reação	49
IV.3.2.	Separação das Fases	51
IV.3.3.	Recuperação do Álcool	51
IV.3.4.	Purificação	51
IV.4.	Avaliação Geral da Dendeicultura	51
IV.5.	Utilização de Biodiesel em Motores do Ciclo Diesel	52

IV.5.1.	Combustão	52
IV.5.2.	Poder Calorífico	53
IV.5.3.	Temperatura de Operação.....	53
IV.5.4.	Viscosidade	54
IV.5.5.	Corrosão	54
IV.5.6.	Controle de Qualidade.....	54
V.	Análise de Mercado	56
V.1	Introdução.....	56
V.2	Mercado de Biodiesel no Mundo	57
V.2.1	União Europeia (UE).....	57
V.2.2	América do Norte.....	59
V.2.3	Ásia e Oceania.....	61
V.3	Mercado Nacional de Biodiesel	63
V.3.1	Produção e Capacidades Produtivas	63
V.3.2	Mecanismo de Leilões de Biodiesel	65
V.3.3	Competitividade do Biodiesel	68
V.4	Produção Mundial de Óleo de Palma	69
V.4.1	Panorama brasileiro do óleo de palma	71
VI.	Modelagem.....	76
VI.1.	Objetivo e escopo.....	76
VI.2.	Modelo.....	78
VI.2.1.	Introdução.....	78
VI.2.2.	Equações.....	81
VI.2.3.	Apresentação dos parâmetros do modelo.....	84
VII.	Otimização do Modelo	95
VII.1.	Programação.....	95
VII.2.	Resultados	96
VII.2.1.	Localização ótima para as usinas.....	96
VII.2.2.	Custo total de transporte	103
VII.2.3.	Análise de sensibilidade	106
VII.3.	Discussão dos Resultados	109
VIII.	Conclusão	111
IX.	Referência Bibliográfica.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura I.1 - Composição da matriz de transportes de carga no Brasil
- Figura I.2 - Participação dos modais no mundo
- Figura I.3 - Modelo Conceitual da Matriz de Transportes
- Figura I.4 - Matriz Ferroviária do Brasil
- Figura I.5 - Matriz Dutoviária do Brasil
- Figura I.6. Matriz Hidroviária do Brasil
- Figura I.7 - Representação do fluxo de produtos da cadeia de suprimentos do biodiesel
- Figura I.8 - Produção, demanda e capacidade nominal autorizada pela ANP por região
- Figura I.9 - Número de Usinas por região
- Figura I.10 - Usinas na região Sul
- Figura I.11 - Usinas na região Sudeste
- Figura I.12 - Usinas na região Centro-Oeste
- Figura I.13 - Usinas na região Nordeste
- Figura I.14 - Usinas na região Norte
- Figura II.1- Plano de trabalho dos órgãos integrantes do PNPB
- Figura II.2 - Projeção e operacionalização da estratégia social do PNPB
- Figura II.3. Motivações regionais para a produção de biodiesel
- Figura II.4: Evolução das aquisições de matéria prima da agricultura familiar no Brasil, em milhões de reais, no PNPB de 2006 a 2010.
- Figura II.5 - Participação regional no total de aquisições da agricultura familiar em R\$ (2010).
- Figura II.6 - Tributos aplicados ao biodiesel e ao diesel de petróleo.
- Figura III.1 - Oleaginosas dispostas por região no cenário nacional
- Figura IV.1 - Preparo das mudas para o plantio
- Figura IV.2 - Dificuldade na colheita dos cachos de dendê
- Figura IV.3 - Balanço de massa da reação de transesterificação
- Figura IV.4 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel
- Figura V.1 - Produção de biodiesel na Europa (em 1000 toneladas)

Figura V.2 - Produção mensal de biodiesel nos Estados Unidos 2010-2012.

Figura V.3 - Capacidade Instalada de Produção de Biodiesel no Brasil

Figura V.4 - Produção de Biodiesel Acumulada no Brasil 2007 a 2012

Figura V.5 - Produção e Demanda de Biodiesel por Regiões Demográficas e Brasil, 2011

Figura V.6 - Demanda de Biodiesel por Região Demográfica, primeiro semestre de 2012

Figura V.7 - Evolução da produção mundial dos principais óleos vegetais de 1980 a 2010

Figura V.8 - Evolução da produção mundial de óleo de palma de 1980 a 2010

Figura V.9 - Maiores produtores Mundiais de óleo de palma em 2010

Figura V.10 - Maiores países consumidores de óleo de palma e Brasil em 2010

Figura V.11 - Maiores países importadores de óleo de palma e Brasil em 2010

Figura V.12 - Evolução da produção brasileira de óleo de palma 1964 a 2010

Figura V.13 - Comparativo entre Brasil, Indonésia e Malásia da produção de óleo de palma 1964 a 2010

Figura V.14 - Evolução das importações e exportações brasileiras de 1964 a 2010

Figura VI.1 - Demanda de Diesel por região

Figura VI.2 - Mapa do Brasil com os elos da cadeia de suprimentos avaliada

Figura VI.3 - Esquema logístico da cadeia de suprimento do biodiesel

Figura VI.4 - Esquema da modelagem proposta para a cadeia de suprimento do biodiesel de palma

Figura VII.1 - Usinas de biodiesel definidas pela programação para processar o óleo de palma

Figura VII.2 - Percentual da produção processado em cada região

Figura VII.3 - Rotas definidas para o transporte de óleo das extratoras para as usinas

Figura VII.4 - Rotas definidas para o transporte de biodiesel das usinas para as bases de combustíveis

Figura VII.5 - Percentual dos custos envolvidos no processo

Figura VII.6 - Gráfico de *shadow price* da capacidade de processamento das usinas

Figura VII.7 - Gráfico de *shadow price* da demanda de biodiesel das bases de combustíveis

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela III.1 - Comparação de rendimento de cada oleaginosa
- Tabela III.2 - Características do óleo vegetal derivado do dendê e soja
- Tabela III.3 - Principais características dos óleos vegetais
- Tabela III.4 - Aspectos técnicos do Biodiesel de cada oleaginosa
- Tabela V.1 - Preços dos combustíveis
- Tabela V.2 - Produção de óleo de palma (ton) e percentual por empresas.
- Tabela VI.1 - Capacidade de produção inicial de óleo de palma no Norte
- Tabela VI.2 - Usinas definidas para a análise e suas respectivas capacidades de processamento
- Tabela VI.3 - Consumo de Biodiesel estimado por estado
- Tabela VI.4 - Demanda de Biodiesel
- Tabela VI.5 - Custo de produção do óleo
- Tabela VI.6 - Custo de processamento do óleo/produção de biodiesel
- Tabela VI.7 - Fator multiplicativo aplicado ao frete
- Tabela VI.8 - Frete de óleo de palma (R\$/ton)
- Tabela VI.9 - Frete unitário do biodiesel para as bases (R\$/ton)
- Tabela VII.1 - Premissas envolvidos na programação
- Tabela VII. 2. Quantidades em toneladas transferidas entre Extratoras e Usinas (Q1) e entre Usinas e Bases (Q2)
- Tabela VII.3 - Usinas de biodiesel definidas pela programação para processar o óleo de palma
- Tabela VII.4 - Rotas e variáveis definidas pelo programa para a cadeia de suprimentos
- Tabela VII.5 - Custo de transporte das rotas definidas pela otimização

ÍNDICE DE SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- Aprobio - Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CEI - Comissão Executiva Interministerial
- CEN - Comitê Europeu de Normalização
- CFF - Cachos de Frutos Frescos
- CNPE - Conselho Nacional de Política Energética
- Cofins - Contribuição para Seguridade Social
- Cide - Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
- CNT - Confederação Nacional do Transporte
- EBB - European Biodiesel Board
- EIA - Energy Information Administration
- FOB - *Free on Board*
- GTI - Grupo de Trabalho Interministerial
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
- IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
- IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados
- MME - Ministério de Minas e Energia
- OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo
- PEMEX – Petróleos Mexicanos
- PIS - Programa de Integração Social
- Pró-Álcool - Programa Nacional do Álcool

Pró-Óleo - Plano de Produção de Óleos Vegetais

PNPB - Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel

I. Introdução

A partir da crise mundial do petróleo na década de 70, o preço do petróleo aumentou cerca de 300% devido à formação de um cartel dos produtores desse recurso, conhecido como OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), acarretando em buscas por alternativas energéticas.

Há também uma tendência de aumento de consumo de combustível fóssil que é explicada pelo constante crescimento da utilização dos recursos tecnológicos e industriais. Tendo em vista esse panorama, pode-se afirmar que haverá aumento nas buscas por novas alternativas ao petróleo para que essa demanda possa ser suprida.

Em paralelo, a utilização de alternativas energéticas também é benéfica em outros aspectos, sendo o principal deles o ambiental. A substituição dos combustíveis a base de petróleo por alternativas derivadas de matéria prima renovável diminui consideravelmente a emissão de poluentes para atmosfera, como também torna todo o processo de exploração dos recursos mais sustentável.

Nesse cenário, a utilização de biomassa como alternativa energética pode ser considerada como uma boa oportunidade, devido a sua abundância. Mais especificamente a plantação de oleaginosas para a produção de biodiesel se apresenta como uma das principais alternativas, sendo esse produto visto como o futuro substituto do diesel mineral.

No presente trabalho, será avaliado o potencial do biodiesel derivado do óleo de palma proveniente do Norte para a diversificação da matriz energética brasileira.

O biodiesel pode ser definido como um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto. O biodiesel é constituído por ésteres metílicos de ácidos graxos, que são formados posteriormente a reação de transesterificação que ocorre entre triglicerídeos, que constituem os óleos vegetais, e metanol na presença de um catalisador básico. (Osaki, 2011)

Dentre as oleaginosas a colza e a soja já apresentam grande parcela no mercado mundial de produção de óleo, porém a colza é utilizada em maior

quantidade para a geração de biodiesel, atendendo principalmente o mercado europeu, diferentemente da soja que atende em maior número a indústria alimentícia. Outra oleaginosa que apresenta parcela significativa do mercado é a palma.

A palma se adapta a condições climáticas de regiões próximas a linha do equador, como é o caso das regiões Norte e Nordeste do Brasil, e apresenta níveis altos de rendimento de produção de óleo, o que torna o biodiesel derivado dessa oleaginosa, uma potencial alternativa para substituição do diesel no Brasil. Nesse sentido, alguns impulsos governamentais buscam atualmente estimular o desenvolvimento dessa oleaginosa no cenário brasileiro.

No entanto, para a avaliação da viabilidade dessa alternativa energética no panorama nacional, devem ser considerados aspectos tecnológicos, mercadológicos e logísticos, que serão discutidos a seguir.

I.1. Panorama do Biodiesel no Mundo

Os países europeus foram os precursores na adesão à produção comercial do biodiesel no mundo e atualmente formam o principal mercado deste biocombustível. O interesse da Europa no biodiesel está relacionado à expressiva frota de veículos movidos a diesel, com participação crescente na frota total. A França ocupou a posição de líder no mercado durante muitos anos, mas foi desbancada pela Alemanha (Prates, 2007).

Neste país europeu, o consumo deve passar de 2,4 bilhões de litros para 2,6 bilhões de litros. Diversas empresas no país, tais como Audi, BMW, Citroen e Mercedes, são autorizadas pelo governo a utilizar biodiesel, tanto no segmento de carros de passeio, quanto de máquinas agrícolas e veículos de carga (Rathmann, 2005).

No entanto este ano, a Alemanha, maior produtora e consumidora desse tipo de combustível até então, foi desbancada pelo Brasil que vai terminar o ano como o maior mercado consumidor de biodiesel do mundo. Segundo projeções da Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (Aprobio), o país vai produzir e consumir 2,8 bilhões de litros do combustível, 17% a mais do que no ano passado. O país europeu também perderá a posição de maior

produtor para a Argentina, cuja produção de biodiesel vai saltar de 2,1 bilhões de litros para 3,2 bilhões de litros.

Nos Estados Unidos, a frota de automóveis é basicamente movida à gasolina, de modo que o país tem investido principalmente na produção do álcool, substituto da gasolina. As normas para emissões são mais restritas na Europa, o que faz com que somente os motores turbo-diesel tenham chances de participação nesse mercado (Prates, 2007). Ainda assim, os EUA também se destacam na produção de biodiesel. Segundo Osaki (2011), a expansão da produção no país deveu-se aos estímulos do programa de bioenergia. A implantação de várias extratoras de biodiesel comprova o interesse dos usuários pelos combustíveis alternativos (Rathmann, 2005).

O mercado asiático também é promissor. Segundo Prates (2007), grandes consumidores de combustíveis e grandes produtores de óleos vegetais na Ásia têm se interessado pelo biodiesel e já criaram incentivos para a mistura com o diesel. Nesse continente, há grandes consumidores de combustíveis fósseis, tais como Japão, China e Índia, mas também grandes produtores de óleos vegetais. Cerca de 80% da produção mundial de óleo de palma é proveniente da Malásia e Indonésia. O Japão, além de ser importador de combustível, ratificou o Protocolo de Kyoto e, portanto, tem obrigação de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. A China e a Índia, apesar de não serem obrigadas a reduzir emissões, já adotaram políticas de incentivo aos biocombustíveis em alguns estados.

No Brasil, o governo e a sociedade têm debatido frequentemente a utilização do biodiesel, obtido a partir de biomassa, para substituir parte do óleo diesel de petróleo. O programa brasileiro de incentivo ao biodiesel difere dos modelos adotados nos EUA e na Europa. No Brasil, o governo utilizou como ferramenta a inclusão social de pequenos agricultores. O governo fornece significativos incentivos fiscais para produção de biodiesel por agricultores familiares das regiões Norte, Nordeste e do semiárido. Por outro lado, nos Estados Unidos e na União Europeia, a oferta de matéria-prima não está condicionada ao perfil do produtor rural (Osaki, 2011).

Uma das vantagens do Brasil na produção do biodiesel é a grande diversidade de matérias-primas disponíveis. Enquanto poderíamos produzir biodiesel a partir de uma ampla gama de oleaginosas, com altos teores de

óleo, a Alemanha produz quase todo seu biodiesel a partir da colza, a qual não é uma oleaginosa com grande teor de óleo (Rathmann, 2005).

A extensão do território brasileiro e a disponibilidade de terras férteis são outras vantagens que devem ser consideradas. Contudo, para escolher adequadamente a matéria-prima a ser utilizada e o local de produção é necessário analisar os diversos parâmetros envolvidos, tais como: custos totais de produção, emissões, disponibilidade de área e de mão-de-obra, além das necessidades da fase industrial e de logística do biodiesel (Almeida, 2005).

Dessa forma, os questionamentos dos agentes envolvidos na cadeia de produção do biodiesel são muitos. Com o mundo em constante mutação, é natural que os empresários se sintam receosos em investir em setores considerados recentes e ainda incertos. Esse fato revela que é preciso incentivar os projetos de biodiesel, de modo a inserir o Brasil em um contexto mais atual, atendendo os anseios dos empresários e as demandas da cadeia de biodiesel em formação.

I.2. Potencial de crescimento do biodiesel

O biodiesel pode cumprir um papel importante no fortalecimento da agroindústria brasileira e no incremento da sustentabilidade da matriz energética nacional, gerando vantagens econômicas e importantes benefícios ambientais. A experiência já adquirida com o etanol facilita a introdução de um novo biocombustível.

O Brasil possui uma infraestrutura instalada, ainda que limitada quando comparada a de outros países, para a produção e distribuição de combustíveis líquidos, como é o caso da gasolina, do diesel e do etanol, e o biodiesel pode aproveitar essa infraestrutura. O aumento na utilização de biodiesel pode diminuir a dependência de suprimento externo, favorecendo a balança comercial brasileira, principalmente considerando a expressiva importação de diesel (Almeida, 2005).

Existem também outras vantagens mais específicas que demonstram o potencial de crescimento do biodiesel no país:

- Vantagens ecológicas, com a redução de emissão de enxofre e gases estufa;

- Vantagens financeiras, com a habilitação do país para participar do mercado de créditos de carbono; e
- Desenvolvimento regional, com a busca por inovações produtivas e uma cadeia de biodiesel mais competitiva.

Além disso, não se pode deixar de considerar os impactos sociais e macroeconômicos que uma maior produção de biodiesel pode proporcionar ao país, com a geração de emprego e renda principalmente para a população rural. Estimativas iniciais de 2005 do Ministério do Desenvolvimento Agrário indicaram potencial de inclusão de 250.000 famílias com emprego ao meio rural, por meio da agricultura familiar e do desenvolvimento da indústria nacional de pesquisa e equipamentos. Essa inserção social deve ocorrer nas regiões com maior potencial para produção de oleaginosas, especialmente no Norte e no Nordeste (Rathmann, 2005).

Com o objetivo de entender melhor os desafios existentes no país, vamos primeiramente entender o panorama logístico brasileiro no que diz respeito aos combustíveis e ao biodiesel.

I.3. Logística

A logística é a parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla a eficiência e a eficácia do fluxo e armazenamento de bens, serviços e informação relacionada entre o local de origem e o ponto de consumo a fim de satisfazer as exigências dos clientes. Esse conceito trata da administração da logística e inclui serviço ao cliente, tráfego e meios de transporte, armazenagem e estocagem, escolha do local para fábricas e armazéns, controle de inventários, entre outros fatores (Benedetti, 2009).

O transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na maioria das empresas e tem papel fundamental na prestação do Serviço ao Cliente. Segundo Ribeiro (2002), o transporte representa em média 60% das despesas logísticas, podendo variar de 4% a 25% do faturamento bruto das empresas. Dessa forma, as alternativas para sua correta estruturação devem ser bem avaliadas no planejamento da cadeia logística.

- Logística de combustíveis

No Brasil, o modal de transporte mais utilizado é o rodoviário, conforme é demonstrado pelos dados do Boletim Estatístico da CNT (Confederação Nacional do Transporte), ilustrado na Figura I.1.

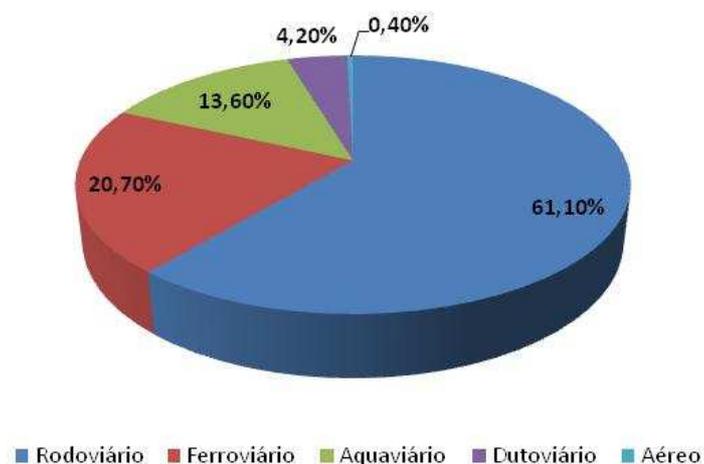


Figura I.1. Composição da matriz de transportes de carga no Brasil
Fonte: CNT (2012)

Isso ocorre devido à grande expansão desse tipo de transporte que teve origem na década de 50 com a implantação da indústria automobilística e a pavimentação das rodovias.

Na Figura I.2, pode-se observar um gráfico comparativo da matriz de transporte brasileira em relação a outros locais do mundo.

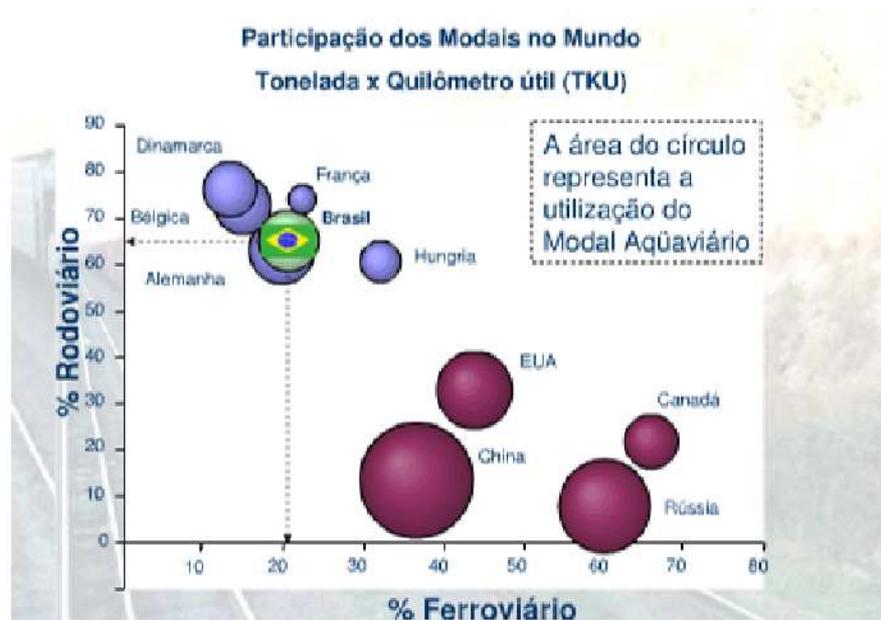


Figura I.2. Participação dos modais no mundo
Fonte: Matriz de Transportes de Cargas no Brasil (2003)

Um estudo diagnóstico realizado pela CNT e o CEL revela que o setor de transportes de carga no Brasil está em um estado crítico, que será insustentável ao longo prazo, caso não sejam tomadas as ações para reverter esta situação.

No transporte de combustíveis, os fluxos primários (das refinarias para as bases de combustíveis), em geral, são realizados por dutos e cabotagem. As transferências (entre as bases de combustíveis) normalmente percorrem grandes distâncias, com o objetivo de aproximar os estoques dos mercados consumidores, e costumam ocorrer nos modais ferroviário e rodoviário. As entregas (das bases para os consumidores finais) percorrem curtas distâncias e são 100% rodoviárias (Figueiredo, 2006).

Figueiredo (2006) analisou a utilização dos diferentes modais no transporte de combustíveis do Brasil, por meio do Modelo Conceitual da Matriz de Transportes (Figura I.3), avaliando os volumes, as distâncias e os modais dos fluxos de combustíveis. Um resultado importante foi obtido: rotas rodoviárias no quadrante considerado de alto volume e de alta distância, o que explica o percentual desequilibrado apontado anteriormente em relação aos demais modais.

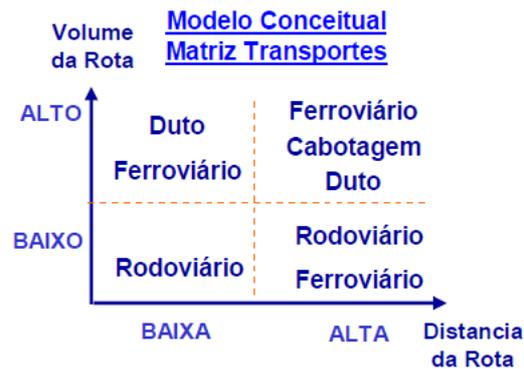


Figura I.3. Modelo Conceitual da Matriz de Transportes

Fonte: Figueiredo (2006)

Esse desequilíbrio pode ser explicado pela falta dos modais mais adequados para a transferência de grandes volumes de combustíveis em grande parte do território nacional, tais como o ferroviário e o dutoviário. Os mapas das Figuras I.4, I.5 e I.6 ilustram as matrizes ferroviária, dutoviária e hidroviária do país.

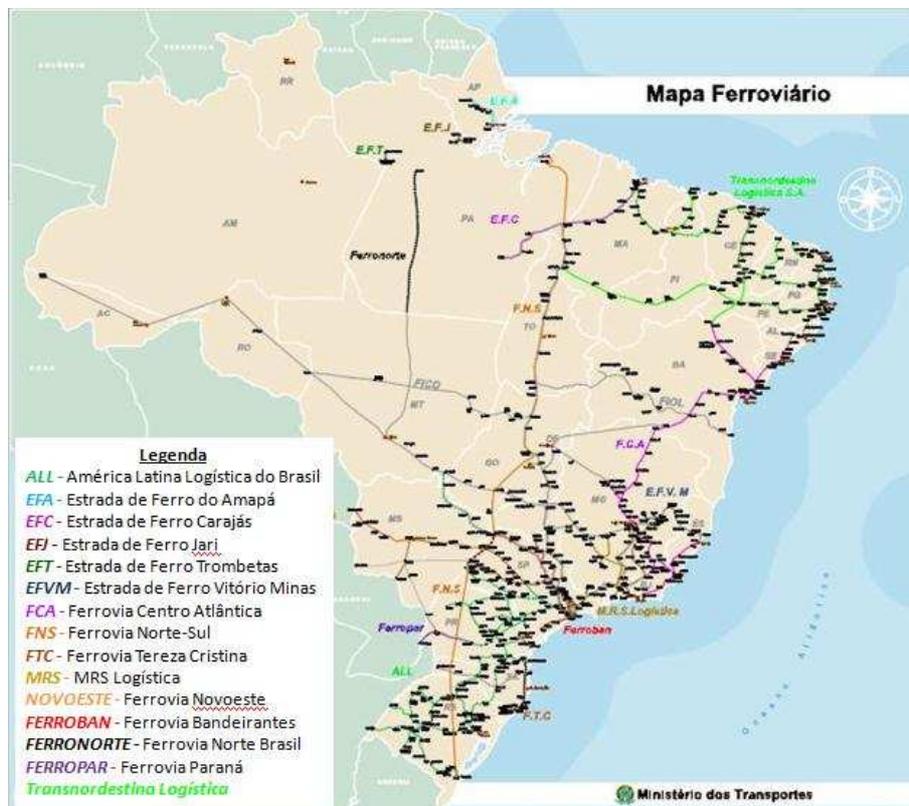


Figura I.4. Matriz Ferroviária do Brasil

Fonte: Ministério dos Transportes (2012)

Como se pode observar, as ferrovias estão concentradas nas regiões sul e sudeste do país. Além disso, as ferrovias existentes apresentam gargalos tais como falta de vagão-tanque, falta de tração, capacidade da linha restrita, entre outros.



Figura I.5. Matriz Dutoviária do Brasil

Fonte: ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2000)

Os dutos, assim como as ferrovias, estão concentrados no sul do país. Adicionalmente, a densidade dutoviária brasileira é muito baixa em comparação a países desenvolvidos. Em relação à densidade dos Estados Unidos, por exemplo, é 24 vezes menor (Figueiredo, 2006).



Figura I.6. Matriz Hidroviária do Brasil
 Fonte: Ministério dos Transportes, 2012

O Brasil é detentor de um dos maiores sistemas aquaviários do mundo, contendo oito bacias hidrográficas, com aproximadamente 40.000 km de rede aquaviária potencialmente navegável. Apenas na região Norte, a Amazônia possui uma rede hidroviária da ordem de 24 mil km, ocupando uma extensão territorial de mais de 3,6 milhões de km². Os principais rios que integram esse subsistema são navegáveis em grande parte de seu percurso e formam a espinha dorsal que estrutura a rede viária da Amazônia (Sant’Anna, 1998). No entanto, de acordo com a CNT, apesar deste potencial de navegação, o transporte fluvial responde por apenas 13% da matriz de transporte do país (Petrocínio, 2011).

Dessa forma, considerando o desenvolvimento restrito atualmente dos modais apresentados, a logística de transportes dos combustíveis do Brasil está fundamentada atualmente no transporte rodoviário, o que gera grandes impactos de custos para a cadeia de suprimentos das empresas. Além disso, a

economia do país também é afetada, visto que os combustíveis são os produtos que mais influenciam a inflação, estando presentes nos custos de transportes de todas as mercadorias movimentadas, além do transporte público e privado.

- Logística de biodiesel

O biodiesel, tema deste trabalho, é combustível renovável que está aos poucos ganhando espaço na matriz energética do país, apresenta uma logística específica relacionada ao complexo agroindustrial de oleaginosas, matéria-prima para sua produção. A cadeia de suprimentos de biodiesel no Brasil está em formação, ajustando-se ao recebimento do óleo proveniente das diferentes matérias-primas e buscando atender a demanda crescente do produto, de modo que ainda existem poucos estudos sobre esse complexo industrial.

A cadeia produtiva do biodiesel tem início na produção agrícola de oleaginosas, tais como soja, mamona, canola, girassol e dendê. As oleaginosas depois de colhidas são transportadas até as extratoras, onde o óleo vegetal é produzido. Em seguida, o óleo é transportado até as usinas, onde ocorre o processo da transesterificação e o biodiesel é produzido. A etapa final consiste na entrega do biodiesel às misturadoras autorizadas, as bases distribuidoras de combustíveis.

A estratégia de localização da produção do óleo vegetal e da usina de biodiesel, em relação à localização da produção agrícola ou do consumidor final, é uma questão importante para otimizar a logística desse biocombustível.

Segundo Castro (2009), existem quatro possibilidades de configurações para a cadeia de suprimentos, desde a produção das oleaginosas até a entrega de biodiesel. Elas estão modeladas na Figura I.7.

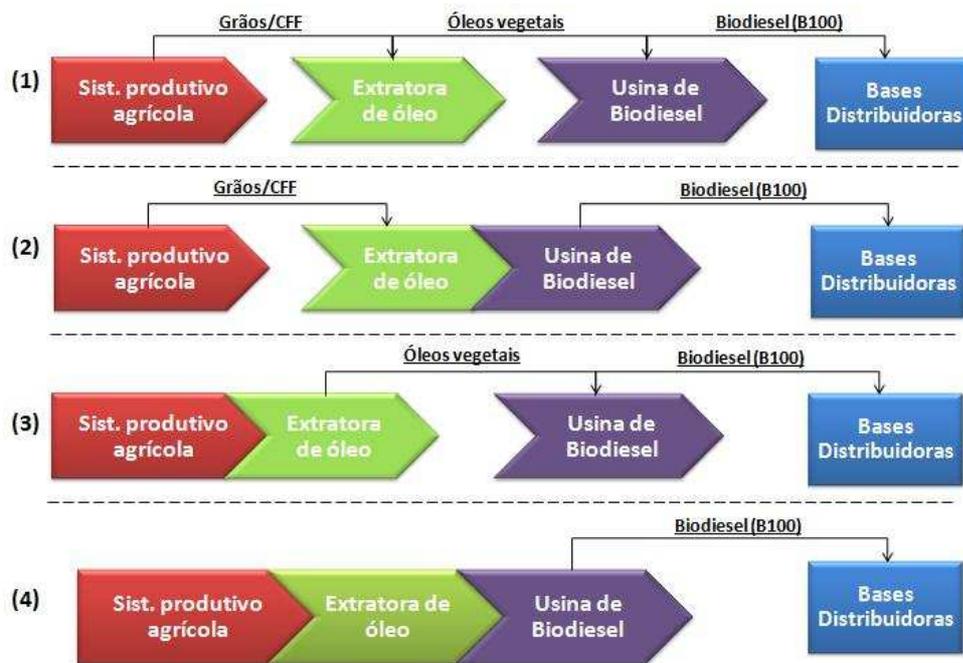


Figura I.7. Representação do fluxo de produtos da cadeia de suprimentos do biodiesel
 Fonte: IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - 2007) e Castro (2009), adaptado

Na primeira configuração, ocorre o transporte do produto final em todas as etapas da cadeia. Na segunda configuração, a extratora de óleo localiza-se muito próxima a usina de biodiesel, de modo que os custos de transporte significativos são de grãos ou cachos de fruto fresco entre a plantação e as extratoras e de biodiesel entre as usinas e as bases de combustíveis.

No terceiro modelo, a extratora fica próxima à produção agrícola e o principal custo logístico é o de transporte de óleo bruto das extratoras para as usinas e biodiesel das usinas para as bases. A quarta hipótese consiste em um modelo de sistema integrado com a produção de oleaginosa próxima às extratoras e às usinas. O único custo de transporte significativo é o de biodiesel até as bases.

O transporte do biodiesel entre as extratoras de óleo e as usinas produtoras, assim como o transporte entre as usinas e as bases de combustíveis, é, em geral, realizado por meio de transporte rodoviário (Castro, 2009).

A configuração (3) é observada na cadeia da grande maioria das oleaginosas destinadas a produção do biodiesel, com exceção da palma, que atualmente está configurada de acordo com o quarto modelo devido à

concentração de sua produção na região Norte. A predominância dos modelos três e quatro, em que a diferença está na localização das usinas, aliada ao desenvolvimento da região Norte, que tende a se tornar um importante produtor de matéria-prima para o biodiesel e ainda não possui a capacidade de processamento de óleo necessária, motiva uma análise mais detalhada sobre a rede de usinas presente no Brasil.

- Usinas de biodiesel

Para atender as metas ambiciosas de percentual crescente de mistura do biodiesel ao diesel consumido no país, são necessárias usinas mais eficientes em capacidade de processamento e em cobertura geográfica.

De acordo com os dados da ANP, ilustrados na Figura I.8, a região Centro-Oeste se destaca com grande vantagem em relação às demais na capacidade de processamento e na produção efetiva de biodiesel, seguida pela região Sul. A maior demanda do biocombustível, em contrapartida, está na região Sudeste.

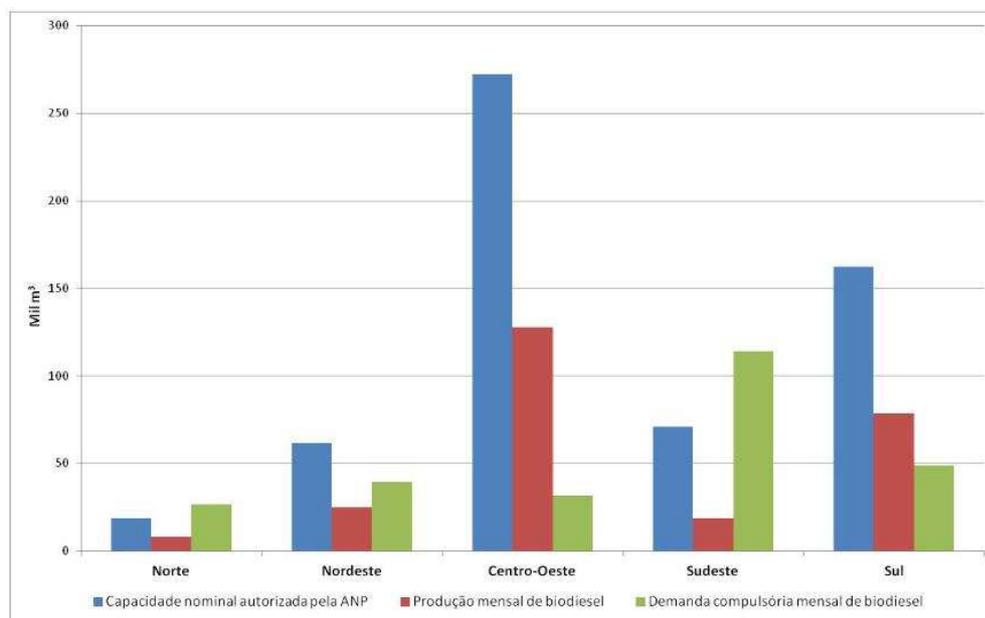


Figura I.8. Produção, demanda e capacidade nominal autorizada pela ANP por região
Fonte: ANP (2012)

A quantidade de usinas por região apresenta distribuição semelhante, com destaque para a região Centro-Oeste, que atualmente possui quase 50%

das usinas no Brasil. A região Sudeste possui mais usinas que a região Sul, apesar de ter capacidade de processamento e produção efetiva muito inferior.

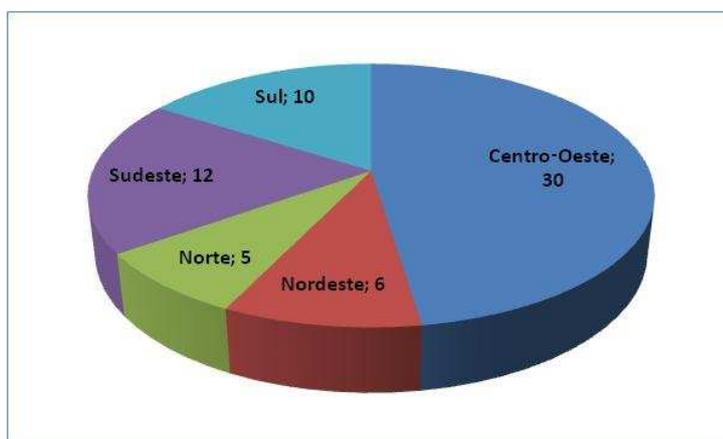


Figura I.9. Número de Usinas por região
Fonte: ANP (2012)

A Figura I.10 ilustra a localização das usinas na região Sul. Os pontos verdes representam as usinas autorizadas pela ANP enquanto os pontos vermelhos representam as não autorizadas, com referência no ano de 2008. A quantidade de usinas autorizadas evoluiu nos últimos quatro anos para as quantidades descritas no gráfico anterior da Figura I.9.

Apesar de possuir menor área que as demais regiões, o Sul é um importante polo agrícola e econômico com boa infraestrutura de transportes. A soja, principal oleaginosa do país, se desenvolveu a partir dessa região. A capacidade produtiva de biodiesel na região aumentou nos últimos anos, atrelada à vantagem de proximidade dos centros produtores de matéria-prima.



Figura I.10. Usinas na região Sul
Fonte: Ministério dos Transportes (2008)

A Figura I.11 ilustra a localização das usinas na região Sudeste. A região é o grande centro-consumidor de matérias-primas agrícolas do Brasil. Sua demanda de biodiesel está em constante crescimento, considerando que no Sudeste estão as cidades onde o biocombustível mais pode contribuir para reduzir problemas de poluição causados pelos combustíveis fósseis. Adicionalmente, a localização de usinas de biodiesel nesta região pode ser vantajosa devido à proximidade das refinarias de petróleo, o que facilitaria a mistura com o diesel. Assim como na região Sul, a produção de biodiesel também tem aumentado na região (Castro, 2009).



Figura I.11. Usinas na região Sudeste
 Fonte: Ministério dos Transportes (2008)

A Figura I.12 ilustra a localização das usinas na região Centro-Oeste, responsável por uma parte significativa da produção do país de soja, algodão, gordura bovina, entre outras matérias-primas para a produção de biodiesel. Por isso, a região concentra um grande número de usinas processadoras de óleo e ostenta o maior volume de biodiesel produzido no país. A capacidade de produção do Centro-Oeste está em aumento contínuo (Castro, 2009).

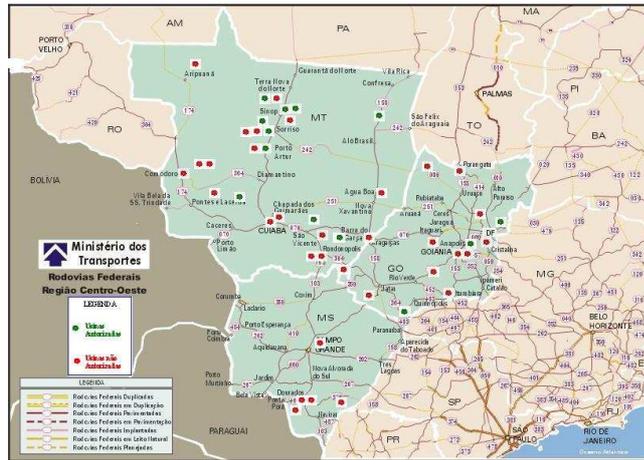


Figura I.12. Usinas na região Centro-Oeste
 Fonte: Ministério dos Transportes (2008)

A Figura I.13 ilustra a localização das usinas na região Nordeste. As usinas não apresentam um padrão definido de localização, embora tenha uma tendência à interiorização, orientada para a proximidade com a produção de matérias-primas como a mamona, o babaçu e o sebo bovino. A produção de biodiesel tem apresentado um comportamento de crescimento, seguido de recuo (Castro, 2009).



Figura I.13. Usinas na região Nordeste
 Fonte: Ministério dos Transportes (2008)

A Figura I.14 ilustra a localização das usinas na região Norte. A distribuição das usinas no Norte está diretamente relacionada à localização dos centros produtores de dendê e soja e dos grandes conglomerados urbanos, como as usinas de Belém e Palmas. Assim como na região Nordeste, a

produção de biodiesel tem apresentado uma tendência ao crescimento seguido de recuo.

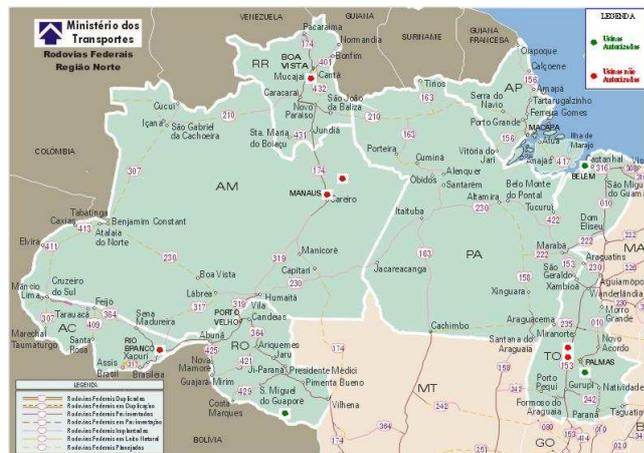


Figura I.14. Usinas na região Norte
Fonte: Ministério dos Transportes (2008)

No entanto, os investimentos no óleo de palma por grandes empresas brasileiras indicam um grande potencial de crescimento da capacidade produtiva do Norte. A pequena e dispersa quantidade de usinas representa um dos muitos desafios para a expansão do biodiesel na região.

II. Legislação de Biodiesel no Brasil

Neste capítulo, serão analisadas as políticas públicas para o biodiesel, como o Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), os aspectos do modelo tributário para este setor e o conceito de Selo de Combustível Social.

II.1 Introdução

O Brasil é hoje uma das principais referências mundiais no que diz respeito à produção e utilização de fontes renováveis de energia. No segmento de biomassa há que se destacar o êxito do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Este combustível renovável hoje representa uma parcela considerável do consumo da frota de veículos no país. Apesar do êxito do setor sucroalcooleiro na produção de etanol, que se destina a frota de veículo leves (Ciclo Otto), a dependência em relação ao óleo diesel, onde, segundo a ANP mais de 49 milhões de metros cúbicos foram consumidos em 2010, o que representa um problema, pois continua dependendo de importações desse combustível, a fim de atender à demanda doméstica.

Para contornar o problema, foram feitos estudos com foco na produção e mistura do biodiesel ao combustível mineral. Além de permitir a redução da dependência externa, o biodiesel também cumpre um importante papel ambiental, ao melhorar o processo de queima do diesel fóssil, tal como ocorre na mistura do álcool à gasolina.

A baixa atratividade econômica, uma vez que o preço de mercado dos óleos vegetais ainda é maior do que o do diesel mineral, sempre foi um entrave. Entretanto, para dar impulso ao programa, o governo adicionou a componente social, de forma a permitir que o processo de produção de matérias-primas se transforme num meio de inclusão social, gerando oportunidades de ocupação e renda para os segmentos mais pobres do meio rural, em especial a agricultura familiar do semiárido nordestino e região norte.

Cabe destacar que o sucesso do programa poderá permitir que o país também se consolide como um grande exportador do produto. As diretivas da União Europeia, com foco no cumprimento do Protocolo de Kyoto, sugerem

que parte da demanda por biocombustíveis no Velho Continente venha a ser suprida por fornecedores externos. Da mesma forma, os Estados Unidos também poderão recorrer às importações para regular a oferta doméstica.

Além de uma gigantesca oportunidade para alavancar a atividade agrícola, o biodiesel também permite uma maior agregação de renda a partir do aproveitamento de subprodutos e resíduos de biomassa, bem como da captação de recursos internacionais por meio dos mecanismos previstos no Protocolo de Kyoto, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o Comércio de Emissões.

Dentro dessa perspectiva, o governo lançou, em dezembro de 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O PNPB prevê a implantação de um conjunto de iniciativas, tais como:

- estabelecimento do marco regulatório do novo combustível;
- estruturação da base tecnológica relacionada à produção de biodiesel; definição de linhas de financiamento e
- organização das cadeias produtivas.

Esses elementos serão tratados mais detalhadamente a seguir.

II.2 Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

O Brasil vem desenvolvendo pesquisas com o biodiesel desde a década de 1970, em que o óleo de dendê era a principal matéria-prima. O uso energético de óleos vegetais foi proposto a partir de 1975, dando origem ao Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo), cujo objetivo era gerar um excedente de óleo vegetal capaz de tornar seus custos de produção competitivos com os do petróleo. Previa-se uma mistura de 30% de óleo vegetal no óleo diesel, com perspectivas para sua substituição integral em longo prazo (Revista de Política Agrícola, 2006).

Estes estudos colocaram o país como um dos pioneiros nas pesquisas com biodiesel, sendo o primeiro a registrar a patente relativa ao seu processo de produção, em 1980. Em 1983, o governo brasileiro, motivado pela crise do petróleo, determinou a implantação do Programa de Óleos Vegetais (Projeto Oveg), com o objetivo de testar o uso do biodiesel puro e em diferentes níveis de mistura ao diesel mineral. Tal iniciativa foi coordenada pelo Ministério da

Indústria e Comércio (atual Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio) e teve forte participação das indústrias automobilística, de autopeças, de óleos vegetais, de combustíveis e lubrificantes, além de diferentes centros de pesquisa (Revista de Política Agrícola, 2006).

A partir de 1990, vários países no mundo começaram a apresentar significativas ações e avanços na produção e uso de biodiesel, motivados pela consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável e pela preocupação com as limitações do uso dos combustíveis não renováveis. Seguindo essa tendência, no Brasil, um Decreto da Presidência da República instituiu um Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade da utilização do biodiesel como fonte alternativa de energia no país. O estudo resultou na identificação de alguns desafios:

- padrões de qualidade para o biodiesel;
- formas de aproveitamento dos subprodutos das oleaginosas;
- possibilidade de tributação diferenciada de acordo com as necessidades de cada região;
- logística de desenvolvimento da matéria prima e da distribuição do biodiesel, entre outros.

Por outro lado, o estudo apresentou várias potencialidades como:

- a enorme capacidade produtiva de biomassa no país;
- as experiências de pesquisa e produção de biodiesel;
- a possibilidade de redução das importações de óleo diesel;
- a disponibilidade de áreas agrícolas não utilizadas e subutilizadas;
- a ótima chance de se criar mecanismos de participação de agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel.

Com base nos resultados do relatório final do GTI, foi criado pelo Governo Federal, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), como ação estratégica e prioritária para o Brasil. O Programa nasceu com o compromisso de viabilizar a produção e o uso do biodiesel no país, com foco na competitividade, na qualidade do biocombustível produzido, na garantia de segurança de seu suprimento, na diversificação das matérias primas, no fortalecimento das potencialidades regionais para produção, e, prioritariamente,

na inclusão social de agricultores familiares segundo informações do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA).

Além de todos os benefícios esperados, do ponto de vista ambiental e econômico, o PNPB apresentou um diferencial em relação aos programas de incentivo ao biodiesel em outros países ao instituir o aspecto social como um de seus principais alicerces. Desta forma, o PNPB surgiu como uma grande oportunidade de inserção das mais de quatro milhões de famílias de agricultoras e de assentados da reforma agrária na cadeia de produção do biodiesel no Brasil.

O PNPB é um programa interministerial que tem como objetivo a implementação da cadeia de produção do biodiesel no Brasil. As principais diretrizes do programa são:

- implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social através da geração de renda e emprego;
- garantir preços competitivos, qualidade e suprimento;
- produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria prima.

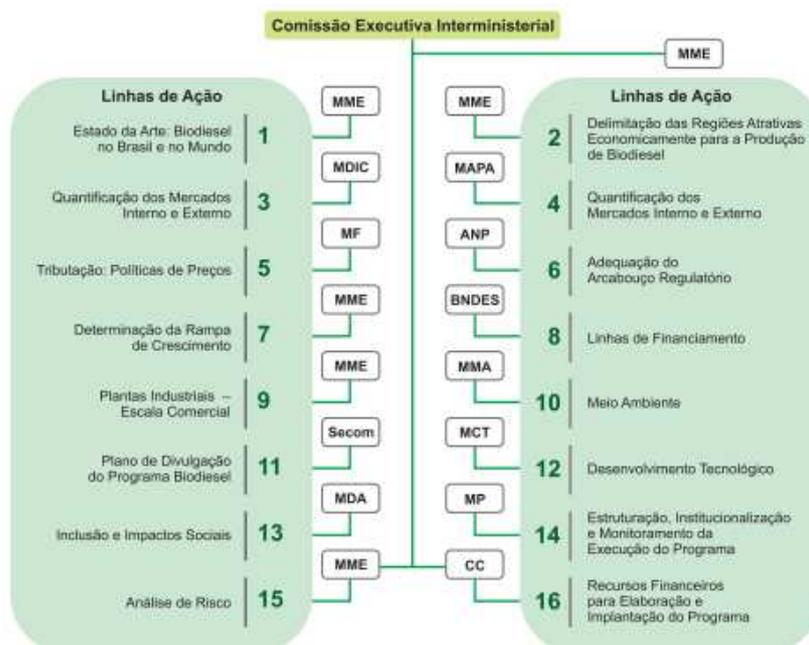


Figura II.1: Plano de trabalho dos órgãos integrantes do PNPB.
Fonte: Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (2006)

O PNPB é conduzido por uma Comissão Executiva Interministerial (CEI), que tem como função elaborar, implementar e monitorar o programa, propor os atos normativos necessários à sua implantação, assim como analisar, avaliar e propor outras recomendações e ações, diretrizes e políticas públicas. O programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e integrado por alguns ministérios membros da CEI e órgãos como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Petrobras e Embrapa. Ao Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) cabe a responsabilidade de projetar e operacionalizar a estratégia social do PNPB, criando formas de promover a inserção qualificada de agricultores familiares na cadeia de produção do biodiesel. Desde o início do programa o MDA atua em duas frentes como pode ser visto na Figura II.2.



Figura II.2: Projeção e operacionalização da estratégia social do PNPB.
 Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

A concessão do Selo Combustível Social é a identificação concedida pelo MDA ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios estabelecidos pelo Programa e que confere status de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

O planejamento e a implementação da metodologia de organização da base produtiva denominada Projeto Pólos de Biodiesel tem como função articular a base produtiva da agricultura familiar que fornece matéria prima para a produção de biodiesel e os diversos atores estaduais e territoriais envolvidos na temática. Isto facilita o acesso destes agricultores às políticas públicas, às

tecnologias e à capacitação adequada às regiões do país com potencial de implantação do projeto.

Essa estrutura busca o equilíbrio entre os aspectos econômico, ambiental e social. A meta é introduzir na matriz energética brasileira um combustível cuja produção seja economicamente viável (custos competitivos), que possa, ao mesmo tempo, proporcionar a redução da emissão de poluentes e criar oportunidades de geração de postos de trabalho no meio rural (inclusão social).

Além disso, programa contempla as especificidades de cada região geográfica do Brasil, em termos de opções de matéria prima e necessidade de desenvolvimento regional, como ilustra a Figura II.3. Ele também desenvolve a produção de biodiesel a partir de diferentes rotas tecnológicas, como a hidrogenação e a transesterificação etílica ou metílica. Com isso, espera-se a complementaridade entre o agronegócio e a agricultura familiar no fornecimento de matérias-primas, num contexto de estímulo ao aproveitamento das vocações regionais. Entretanto, independente da oleaginosa e da rota tecnológica, o biodiesel deve atender às mesmas especificações técnicas estabelecidas pela ANP.



Figura II.3: Motivações regionais para a produção de biodiesel.
Fonte: Revista de Política Agrícola, 2006.

Seguindo essas diretrizes, o governo federal criou um pacote de normativos, compreendendo as regras que tratam dos percentuais de mistura de biodiesel no diesel, o regime tributário aplicado ao combustível e os critérios para a obtenção do Selo Combustível Social. Espera-se, com isso, estimular a maior geração de postos de trabalho e renda no meio rural. Essas medidas serão detalhadas a seguir.

II.3 Selo de Combustível Social

Uma das diretrizes estabelecidas pelo governo federal para o PNPB foi o foco no vetor social. Os incentivos fiscais têm como finalidade o estímulo à maior participação da agricultura familiar como fornecedora de matéria prima.

Como não há uma definição legal para o termo “agricultura familiar”, foram utilizados os critérios de enquadramento para os beneficiários do Programa Nacional de Apoio à Agricultura Familiar (Pronaf). Foi criado, por meio do Decreto nº 5.297, o “Selo Combustível Social”. Esse selo é o requisito indispensável para que o produtor de biodiesel possa gozar dos benefícios fiscais, na proporção da matéria prima adquirida dos agricultores familiares. Com isso, os critérios para a obtenção do selo foram definidos pelo MDA, o qual editou a Instrução Normativa nº 1, de 5 de julho de 2005, para esse fim.

O objetivo é estimular a parceria entre as empresas e a agricultura familiar, o que envolve, além da garantia de compra da matéria prima a preços previamente acordados, a prestação de serviços de assistência técnica e o apoio à organização desse segmento de agricultores. Para receber o selo, a empresa precisa comprovar essa parceria, bem como adquirir desses agricultores percentuais mínimos de matéria prima a ser processada, quais sejam: 50% para a região Nordeste e Semiárido, 30% para as regiões Sudeste e Sul e 10% para as regiões Norte e Centro-Oeste, segundo dados da Revista de Política Agrícola de 2006.

A vantagem de ter o Selo Combustível Social é que, com ele, o produtor de biodiesel tem algumas condições especiais, como por exemplo:

- Diferenciação/isenção nos tributos PIS/PASEP e COFINS;

- Participação assegurada de 80% do biodiesel negociado nos leilões públicos da (ANP);
- Acesso às melhores condições de financiamento junto aos bancos que operam o Programa;
- Possibilidade de uso do Selo Combustível Social para promover sua imagem no mercado.

O Selo Combustível Social foi feito para garantir aos agricultores e agricultoras familiares uma participação no mercado de combustíveis do país. O Selo só é concedido aos produtores que comprovem que estão promovendo a inclusão social e o desenvolvimento regional. Para tanto, os produtores de biodiesel precisam obedecer algumas regras, cumprir algumas tarefas para com o agricultor familiar, que são:

- Firmar contratos com os agricultores familiares negociados com a participação de uma entidade representativa dos mesmos (sindicatos, federações);
- Repassar cópia dos contratos devidamente assinados pelas partes para o agricultor familiar contratado e para a entidade representativa;
- Assegurar assistência técnica gratuita aos agricultores familiares contratados;
- Capacitar os agricultores e agricultoras familiares para a produção de oleaginosa(s), de forma compatível com a segurança alimentar da família e com os processos de geração de renda em curso, contribuindo para a melhor inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel e para o alcance da sustentabilidade da propriedade.
- Repassar ao agricultor familiar assistido pelo técnico, cópia do laudo de visita devidamente assinado;
- Adquirir um percentual mínimo de matéria prima da agricultura familiar, que varia de região para região, de acordo com a normativa vigente.

Outra regra que os produtores de biodiesel precisam obedecer é a de estimular o plantio de oleaginosas somente em áreas com zoneamento agrícola para a oleaginosa em questão, ou em áreas que tenham recomendação técnica emitida por órgão público competente. Nos casos de

oleaginosa de origem extrativista as áreas terão que possuir um plano de manejo.

Como pode ser observado na Figura II.4, as aquisições da agricultura familiar realizadas por empresas detentoras do Selo Combustível Social apresentam um comportamento ascendente. Em 2006, 2007, 2008 e 2009 as empresas compraram da agricultura familiar, em todo país R\$ 68,5 milhões, R\$ 117,5 milhões, R\$ 276,5 milhões, e R\$ 677,34 milhões respectivamente. Já no ano de 2010, as aquisições da agricultura familiar apresentaram um crescimento de mais de 56% em relação ao ano anterior com uma marca de R\$ 1,058 bilhão em compras de matérias primas (MDA, 2006).

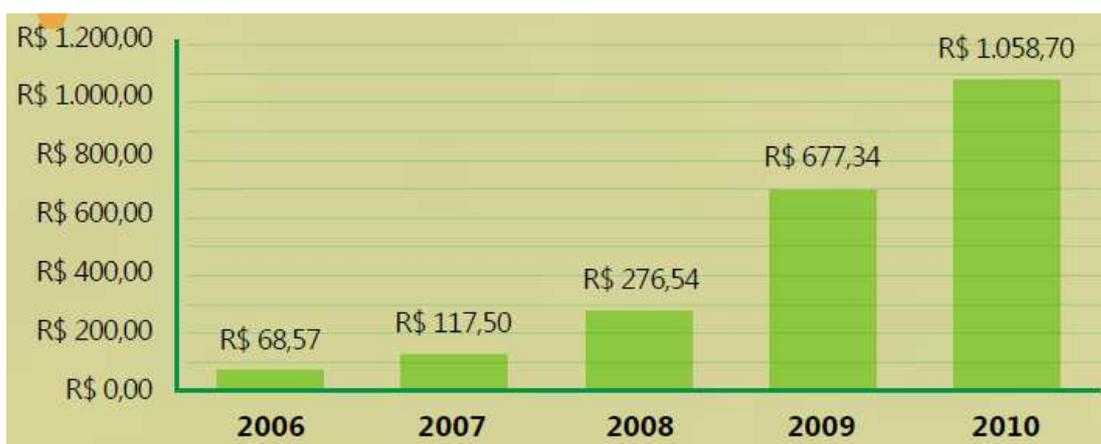


Figura II.4: Evolução das aquisições de matéria prima da agricultura familiar no Brasil, em milhões de reais, no PNPB de 2006 a 2010.

Fonte: SAF/MDA, 2010.

O valor de aquisições totais de 2010 representa aproximadamente 26% de todo montante de matéria prima adquirido por empresas detentoras do Selo Combustível Social em 2010 (R\$ 4,043 bilhões).

Do ponto de vista regional, as regiões Sul e Centro Oeste, possuem as maiores participações regionais nas aquisições da agricultura familiar no PNPB. No caso da Região Sul o destaque se dá pela combinação do grande número de estabelecimentos da agricultura familiar participando do programa, maior capacidade de organização em cooperativas, o que, por sua vez, aumenta a atratividade para a indústria compradora de matérias primas e a predominância regional da oleaginosa soja, matéria prima que possui vantagens técnica e produtiva em relação às demais.

No caso da Região Centro Oeste, da mesma forma que na região Sul, o destaque se dá pela combinação da predominância regional da oleaginosa soja, e também pelas maiores áreas médias permitidas para a agricultura familiar, com efeitos diretos no volume de grãos produzido. Quanto às outras regiões, onde as maiores iniciativas de arranjos produtivos se dão entre oleaginosas diferentes da soja, também houve crescimento nas aquisições.

Na região Nordeste, a evolução das aquisições da agricultura familiar tem sido impulsionada, sobretudo, pela ação efetiva da Petrobras Biocombustível, registrando aumento de mais de 400% de 2008 para 2009, e de quase 80% de 2009 para 2010, chegando a quase R\$ 47 milhões (MDA, 2010).

O gráfico abaixo mostra que o Sul tem uma participação de 68% no total de aquisições da agricultura familiar em 2010, seguido pelo centro Oeste (23%), Nordeste (5%), Sudeste (4%) e Norte (0,3%). Com isso pode-se observar que a dendeicultura é uma tentativa para aumentar a participação da região norte nas aquisições de matéria prima oriunda da agricultura familiar, gerando renda e desenvolvimento para essa região.

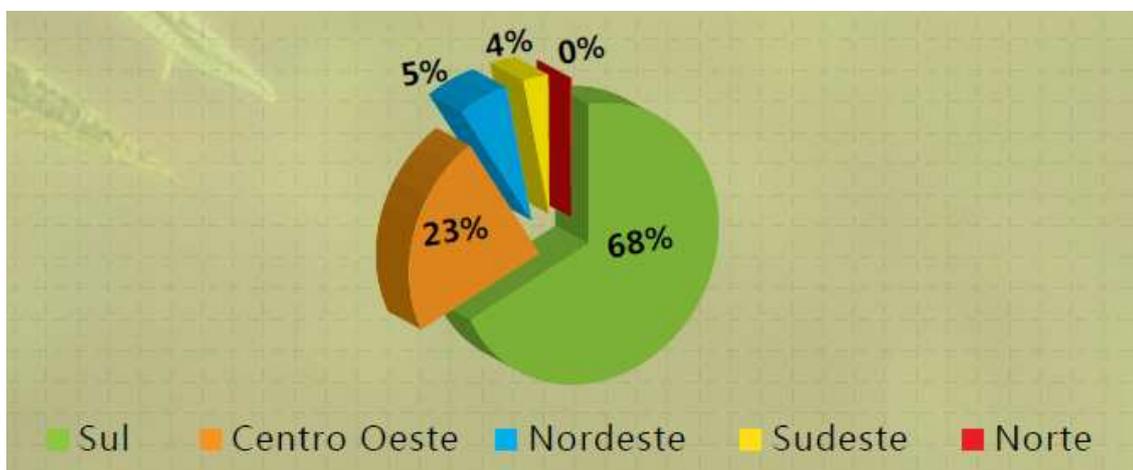


Figura II.5: Participação regional no total de aquisições da agricultura familiar em R\$ (2010).
Fonte: SAF/MDA, 2010.

O dendê ainda tem pouca expressão na produção pela agricultura familiar no PNPB. Em 2010, a produção foi de apenas 16,5 mil toneladas, sendo fomentado por apenas uma unidade produtora de biodiesel na região Norte. Entretanto, sua participação tende a crescer com o lançamento do

Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo, lançado pelo Governo Federal em 2010.

O programa é composto por um conjunto de ações para disciplinar a expansão do cultivo de palma de óleo no território nacional. Para isso, proíbe a derrubada de floresta, determina áreas aptas para plantio, oferece linhas de crédito especiais e amplia a assistência técnica e extensão rural. Ficará proibida a utilização de 86,4% das áreas aptas para plantio da palma e de 96,3% da área total do território brasileiro. O objetivo é disciplinar a expansão da produção do óleo e ofertar instrumentos para garantir uma produção em bases ambientais e sociais sustentáveis.

Para a agricultura familiar, o programa tem a proposta de oferecer condições para que os investidores incorporem estes agricultores como parceiros. A palma pode oferecer uma alternativa de produção sustentável, com alta produtividade e rentabilidade. Segundo o governo, a projeção é de que uma família consiga aumentar a renda mensal de R\$ 415,00, provenientes do trabalho nas lavouras de mandioca ou na extração do açaí, para até R\$ 2 mil, com a participação no cultivo da palma de óleo.

II.4 Aspectos do Modelo Tributário

No Brasil, o regime tributário federal sobre combustíveis foi definido pela Emenda Constitucional nº 33 e pela Lei nº 10.336, que criou a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide). Tais normativos, no entanto, não contemplaram a possibilidade de existência do biodiesel, de modo que a incidência daquela contribuição sobre esse combustível dependeria de nova Emenda Constitucional.

A alternativa adotada para compensar uma eventual perda de arrecadação no âmbito federal, decorrente da impossibilidade de cobrança da Cide, foi a definição de alíquotas mais elevadas do Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para Seguridade Social (Cofins). Tal como no caso daquela contribuição, a Lei nº 11.116 fixou as alíquotas máximas desses tributos, delegando ao Poder Executivo o mandato para alterá-las dentro desse limite. Assim, o Decreto nº 5.297 estabeleceu benefícios fiscais para empresas que utilizem os óleos de mamona ou palma (intensivas em mão-de-obra), ou

mesmo outras matérias-primas, desde que produzidas por agricultores familiares enquadráveis no Pronaf.

Tais benefícios são ainda maiores se a produção dessas matérias primas ocorrer nas regiões Norte e Nordeste e no Semiárido. Também ficou estabelecido que a soma dos impostos federais incidentes sobre o biodiesel (PIS e Cofins) não poderá ser maior do que a dos que incidem sobre o combustível fóssil (PIS, Cofins e Cide). Os coeficientes de redução dessas alíquotas são aplicados segundo a origem das matérias primas utilizadas pela indústria produtora. No caso extremo, palma ou mamona, produzidas por agricultores familiares, nas regiões Norte ou Nordeste e Semiárido, o coeficiente de redução é igual a 1, significando ausência de tributação federal.

Outro Decreto, o de nº 5.298, de 6 de dezembro de 2004, estabeleceu a isenção de cobrança do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Dessa forma, os incentivos fiscais podem ser assim resumidos:

1. Redução de 32% para o biodiesel fabricado a partir da palma e da mamona produzidas nas regiões Norte, Nordeste e no Semiárido.
2. Redução de 68% para biodiesel fabricado com matérias-primas produzidas pela agricultura familiar em qualquer região do País.
3. Redução de 100% para o biodiesel fabricado com palma ou mamona produzidas pela agricultura familiar nas regiões Norte, Nordeste e no Semiárido.

A Figura II.6 fornece os valores dos tributos aplicados ao biodiesel e diesel de petróleo. Cabe destacar que o modelo tributário institui alíquotas diferenciadas de PIS/Pasep e Cofins, segundo a região em que se cultiva a matéria-prima da qual se origina o biodiesel e a utilização de produtos da agricultura familiar.

	Biodiesel				Diesel de petróleo
	Agricultura familiar no Norte, Nordeste e Semi-Árido, com mamona ou palma	Agricultura familiar em geral	Agricultura intensiva no Norte, Nordeste e Semi-Árido, com mamona ou palma	Regra geral	
	R\$/L	R\$/L	R\$/L	R\$/L	
Cide	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	0,07
PIS/Cofins	0,0	0,07	0,148	0,218	0,148
Somatório dos tributos federais	0,0	0,07	0,148	0,218	0,218

Figura II.6: Tributos aplicados ao biodiesel e ao diesel de petróleo.
 Fonte: Revista de Política Agrícola, 2006.

Desta forma pode-se concluir que o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel objetivou criar as condicionantes para a consolidação dessa posição de liderança na utilização de fontes renováveis de energia. Além disso, lançou o desafio de ter na matriz energética uma alternativa para o óleo diesel, que passou ocupar o mesmo papel de destaque ocupado pelo álcool em relação à gasolina.

Entretanto, diferentemente do Programa Nacional do Álcool, onde a conotação econômica se sobrepôs à social, o programa do biodiesel tem como uma das prioridades a criação de condicionantes para a competitiva inserção da agricultura familiar na base da cadeia produtiva. Mais do que isso, objetivou assegurar a participação da matéria-prima produzida nas regiões de menor desenvolvimento relativo, como a Região do Semiárido, de forma a contribuir para a reversão do quadro histórico de empobrecimento em que se encontram.

Enfim, o biodiesel representa um grande potencial de negócios para o meio rural brasileiro, permitindo a conciliação de ações de fomento voltadas para a maior inserção da agricultura familiar no processo de produção de matérias primas, com medidas de natureza mais econômica e energética, visando assegurar a efetiva inserção do novo combustível como vetor de redução da dependência em relação ao diesel mineral. As diretrizes para a etapa inicial já estão estabelecidas, mas, certamente, muitos ajustes deverão ser feitos para promover essa harmonização de interesses no âmbito do tripé econômico, ambiental e social.

III. Caracterização das Oleaginosas

O Brasil é um dos países com maior potencial de crescimento na produção de biomassa, apresentando uma grande área disponível para a plantação de oleaginosas, com mais de 90 milhões de hectares de terras agricultáveis (Fonte: Ferreira, 2008).

A produção de oleaginosa é visto atualmente com bons olhos devido à possibilidade processamento, através da reação de transesterificação, para utilização conjunta com o diesel ou até mesmo para substituição desse combustível de origem mineral.

Apesar do grande potencial de produção de oleaginosas, há algumas oleaginosas que apresentam baixo domínio tecnológico no cenário nacional, é o caso do pinhão-manso e do babaçu. Por outro lado há no Brasil algumas oleaginosas que já são bem exploradas, o melhor exemplo é a soja. O dendê também desponta no país com um bom potencial de exploração devido a seu alto rendimento e aos incentivos do governo.

O domínio tecnológico da oleaginosa engloba o conhecimento de todos os aspectos que influenciam na produção da mesma, desde a alteração genética das mudas até a colheita, passando pela adubação, coveamento e demais processos agrícolas que são necessários para a plantação de uma boa safra.

A avaliação das condições edafoclimáticas favoráveis para a plantação da oleaginosa também faz parte do conhecimento tecnológico, e essa avaliação é indispensável para devida caracterização da oleaginosa com maior potencial para despontar em cada região.

A Embrapa realizou um estudo em 2003, avaliando o potencial de cultivo de oleaginosas por região, e apontou a mamona para a região nordeste, a soja para as regiões sul, sudeste e centro-oeste, e a palma para o norte, devido ao regime de chuvas e ao clima quente e úmido.

A ilustração a seguir mostra no cenário nacional a região onde cada oleaginosa apresenta as melhores condições para seu plantio, conseqüentemente maior potencial para sua exploração.



Figura III.1: Oleaginosas dispostas por região no cenário nacional

A produção de óleo vegetal e a utilização do Biodiesel trazem vários benefícios. Além do aspecto ambiental, como a utilização de matéria prima renovável e diminuição de emissão de poluentes, a plantação de oleaginosas nessas áreas disponíveis apresenta também motivações econômicas, pois é uma grande alternativa para a agricultura familiar, gerando emprego e renda para agricultores nesta situação.

O aspecto técnico da utilização do Biodiesel, também apresenta vantagens em relação à utilização do diesel derivado de petróleo, como:

- Derivado de matéria renovável, diminuindo a dependência do petróleo, porém há bastante dependência do metanol para realização do processo de transesterificação, qual não é renovável;
- É biodegradável;

- Reduz a emissão de poluentes (com exceção dos óxidos de nitrogênio, NO_x);
- Ponto de fulgor mais elevado, logo é mais estável e seguro para transportar e manusear;
- Lubrifica o motor. No diesel derivado de petróleo as espécies químicas contendo enxofre conferem lubricidade ao combustível, mas as normas mundiais estão cada vez mais severas, exigindo a retirada desses tipos de compostos.

Outro aspecto a ser observado é a produção de óleo para cada oleaginosa, como apresentado na tabela III.1.

Nota-se que a mamona é a cultura que apresenta maior teor de óleo, por outro lado apresenta uma baixa produtividade em massa por hectare levando a números poucos expressivos de produção de óleo.

O amendoim e o girassol também apresentam teor de óleo bem elevado e uma produtividade parecida com a da mamona. Ao nível nacional, o girassol e a mamona já tem seu potencial sendo explorado.

O pinhão-manso apresenta uma boa porcentagem média de teor de óleo, e com avanço nos estudos para melhoramento genético das mudas a produtividade média dessa oleaginosa vem crescendo, em contra partida essa cultura ainda não apresenta total domínio tecnológico para ter seu potencial explorado economicamente.

A canola é a cultura mais plantada na Europa, sendo a Alemanha seu principal produtor, com isso tornou-se uma das oleaginosas mais comercializadas no mundo, junto com a soja e a palma.

A palma apresenta teor óleo relativamente baixo, porém por ser uma cultura perene e ter um alto índice de produção de cachos obtêm números muito elevados de produtividade, podendo alcançar até 30 toneladas de frutos por hectare durante o ano.

Tabela III.1: Comparação de rendimento de produção de cada oleaginosa
 Fonte: Beltrão – EMBRAPA, 2008

Matéria-prima	Teor de Óleo (% média)	Produtividade Média (t/ha.ano)	Produção Média de Óleo (t/ha.ano)
Mamona	50	1,5	0,75
Girassol	40	1,7	0,7
Amendoim	45	1,8	0,81
Canola	38	1,8	0,68
Palma (dendê)	22	25	5,5
Soja	18	2,2	0,4
Algodão	25	1,8	0,45
Pinhão Manso	38	4	1,5

A palma é uma opção de produção de óleo vegetal para processamento de biodiesel e possui no norte do Brasil excelentes condições para sua exploração comercial, e obtém um dos melhores retornos financeiros devido ao alto índice de produção de óleo por hectare, a se contabilizar o ponto negativo, é que apesar de ser um plantio perene apresenta um período inicial de maturação da cultura em que não há retorno financeiro por aproximadamente 3 anos. (Fonte: Campos, 2007)

Outra oleaginosa que pode ser citada no cenário nacional é a soja que apesar de ter baixo rendimento de produção de óleo, quando comparada com a produção do dendê, apresenta toda infraestrutura já estabelecida, englobando fornecimento de insumos, fertilizantes e equipamentos até a logística de distribuição.

Na Tabela III.2 a seguir são apresentadas algumas características dos óleos vegetais derivados das oleaginosas de maior destaque no cenário nacional: a soja e a palma.

Tabela III.2: Características do óleo vegetal derivado do dendê e soja
 Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2006

Características	Dendê	Soja
Cor	Avermelhado	Amarelo Claro
Densidade Relativa à 25°C	0,922 - 0,936	0,916 - 0,922
Índice de Saponificação	193 – 203	180 – 200
Poder Calorífico (kcal/kg)	9500	9440
Aspecto	Líquido Viscoso	Óleo Líquido

Ao nível mundial, o processo de extração de óleo de origem vegetal já é largamente utilizado em vários países e existem inúmeras oleaginosas sendo exploradas, dentre elas as principais são, a colza, soja, mamona, dendê e girassol.

A Tabela III.3 a seguir apresenta as características dos principais óleos vegetais.

Tabela III.3: Principais características dos óleos vegetais
 Fonte: Santos, 2008

Óleo Vegetal	Viscosidade Cinemática à 38°C (mm ² /s)	Nº de Cetano	Poder Calorífico (MJ/kg)	Ponto de Névoa °C	Ponto de Fluidez °C	Ponto de Fulgor °C	Densidade (kg/l)
Colza	37	37,6	39,7	-3,9	-31,7	246	0,9115
Girassol	33,9	37,1	39,6	7,2	-15	274	0,9161
Mamona	297	-	39,5	-	-31,7	260	-
Soja	32,6	37,9	39,6	-3,9	-12,2	254	0,9138
Palma	39,6	42	-	31	-	267	0,918
Diesel	3,06	50	43,8	-	-16	76	0,855

Já na Tabela III.4 são apresentados os aspectos técnicos do biodiesel derivado de cada oleaginosa comparando com o Diesel e com o B20, porém os dados referentes à mamona não estão disponíveis.

Tabela III.4: Aspectos técnicos do Biodiesel de cada oleaginosa
Fonte: Santos, 2008

Biodiesel derivado de:	Viscosidade Cinemática à 38°C (mm ² /s)	Nº de Cetano	Poder Calorífico (MJ/kg)	Ponto de Névoa °C	Ponto de Fluidez °C	Ponto de Fulgor °C	Densidade (kg/l)
Colza	4,53	56	37,3	-6	-9	169	-
Girassol	4,6	49	33,5	1	-	183	0,86
Soja	4,5	48	33,5	1	-7	178	0,885
Mamona	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Palma	5,7	62	33,5	13	-	164	0,88
B20	3,2	51	43,2	-	-16	128	0,859
Diesel	3,06	50	43,8	-	-16	76	0,855

III.1. Mamona

O ciclo de produção da mamona é muito variável, sendo que a colheita do primeiro cacho leva em torno de 4 a 6 meses, depois de plantada. A colheita segue por mais 100 dias após esse período inicial. Depois dessa época erradica-se a planta para iniciar um novo ciclo ou pode ser consorciada com outras culturas, podendo essa ser outra oleaginosa.

A produtividade da mamona gira em torno de 1500 kg/ha.ano, com teor médio de óleo de 50%, seu óleo apresenta um alto índice de ácido ricinoléico (90%), essa característica torna esse óleo muito bom para aplicações industriais.

Do processo de extração do óleo de mamona derivam-se alguns subprodutos como a torta, que é rica em nitrogênio, fósforo e potássio que pode ser usado na recuperação de solos degradados, assim como as folhas podem ser usadas para criação do bicho-da-seda.

III.2. Canola

A canola é uma oleaginosa desenvolvida por melhoramento genético da colza.

Essa oleaginosa apresenta um aspecto positivo importante, pois possibilita a sua plantação no inverno, somando-se a produção de soja do verão, melhorando toda a logística de produção, com aproveitamento de maquinário, funcionários e transporte, além desse aspecto a produção de canola também reduz a ocorrência de doença, minimizando custos, assim melhorando a produção de soja seguinte.

O óleo vegetal derivado da canola é o terceiro mais produzido no mundo, ficando atrás somente da soja e do dendê, tendo a Europa como seu principal produtor. Na Europa o óleo vegetal proveniente da canola representa a base de produção de biodiesel, constituindo assim um padrão de referência para esse mercado.

A canola produzida no Brasil tem uma produtividade média de 1800 kg/ha.ano, com teor de óleo de aproximadamente 38% (36 a 42%). Assim como a o processamento da mamona, o processo de extração de óleo da canola também gera subprodutos, dentre eles o farelo que apresenta alta concentração de proteína (36% a 38%), sendo assim muito útil para a produção de ração animal.

No cenário nacional a canola apresenta grande tendência para aumentar sua participação, principalmente pelo fato de poder ser consorciada com a soja que já está bem estabelecida no Brasil, porém alguns aspectos travam o seu crescimento, como:

- Há dificuldade na compra de sementes, pois o fornecimento é feito por uma única empresa, a “Pacific Seeds Pty Ltda.” da Austrália
- O preço de fertilizantes é elevado encarecendo o preço da produção
- A utilização do mesmo maquinário da soja, trás alguns benefícios, mas também trazem algumas perdas de produção que seriam solucionados com equipamentos próprios para este cultivo.

III.3. Girassol

O girassol apresenta uma adaptabilidade muito boa a várias condições edafoclimáticas, sendo possível sua produção em quase todo território nacional. Apresenta também bom aproveitamento da água do solo e da adubação remanescente.

O teor médio de óleo extraído dessa oleaginosa é de 40%, com uma produtividade de 1.700 kg/ha.ano, e assim como a canola o girassol pode ser plantado entre safras de outra cultura.

O emprego do óleo vegetal de girassol para processamento de biodiesel tem que vencer algumas barreiras, como o fato da cultura requerer alto investimento tecnológico, e sua utilização para a indústria alimentícia, como a maioria dos óleos vegetais.

III.4. Soja

No Brasil, a soja já apresenta um mercado bem estruturado, com fornecedores de mudas e fertilizantes, logística de transporte e comercialização de grandes volumes para o mercado interno e externo. A soja é a oleaginosa mais plantada e a mais estruturada no cenário nacional, tendo sua tecnologia já amplamente conhecida, e com seu potencial já sendo explorado.

Nas últimas décadas a Embrapa realizou pesquisas no âmbito de melhoramento genético da muda de soja, o que possibilitou a cultura da soja a se adaptar a diversos climas e latitudes, viabilizando sua plantação em quase todo território nacional e tornando-a a oleaginosa mais cultivada no Brasil.

Em contra partida o óleo de soja é tido como subproduto da produção de torta e farelo, tendo em vista o baixo teor de óleo de soja, que alcança números por volta de 18%, com produtividade de 2.200 kg/ha.ano, e o fato do farelo e da torta apresentarem uma excelente fonte proteica, sendo muito utilizado na indústria alimentícia.

Segundo Moneyem e Van Gerpen (2001) o biodiesel derivado do óleo de soja apresenta aumento da viscosidade deste devido à ocorrência da reação de polimerização, que pode levar a formação de materiais insolúveis, que se

depositam nos filtros, outro problema é a elevação da acidez devido a processos oxidativos, o que pode acarretar em corrosão do motor.

Toda via a soja é a primeira opção, devido a sua estruturação, para a ampliação da produção de biodiesel no Brasil, estimulando assim a produção de outras oleaginosas mais produtivas, ou até mesmo a produção dessas nas entre safras de soja, como o caso da canola.

III.5. Dendê

O cultivo de palma (dendê) é perene, ou seja, há colheita durante os 12 meses do ano, com intervalos de 10 a 15 dias, porém a plantação requer um investimento financeiro inicial alto, pois a produção de frutos inicia-se a partir do terceiro ano depois do plantio, mas é somente a partir do quinto ano que a produção se torna economicamente viável. Essa produção de frutos tem sua viabilidade econômica encerrada em torno do final da segunda década, porém a produção atinge o ápice em torno do décimo sétimo ano, com uma produtividade média de 25 t/ha.ano.

Com essa produtividade mássica e com um teor de óleo do mesocarpo que alcança valores em torno de 22%, a produção de óleo dessa oleaginosa chega a produzir até 6 toneladas de óleo por hectare no ano.

No Pará, onde essa oleaginosa apresenta boas condições para sua produção, existe cerca de 10 milhões de hectares propícios para o cultivo de palma, somado a esses números elevados de produção de óleo, essa extensão já seria suficiente para substituição total do diesel pelo biodiesel derivado de dendê no Brasil. (Fonte: Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel obtido a partir do óleo de palma para as condições do Brasil e da Colômbia, 2007)

Tendo em vista as oleaginosas que apresentam boa adaptação às condições climáticas e conhecimento tecnológico no Brasil, o dendê surge como excelente oportunidade para processamento do seu óleo na produção de biodiesel. Além do óleo de palma pode-se extrair também o óleo oriundo da amêndoa, conhecida como óleo de palmiste, o farelo e a torta, subprodutos da produção de óleo, podem também ser destinados para ração animal.

Segundo estudos realizados por Barreto et al. (2007) o biodiesel 100% derivado do óleo do dendê se enquadra nas especificações da ANP. O

biodiesel a base do dendê apresenta vantagem de apresentar alta estabilidade oxidativa devido a teores elevados de ácidos graxos saturados.

Porém para utilização do dendê na produção do Biodiesel, algumas outras barreiras devem ser transpostas, como a competição com a indústria alimentícia e de cosméticos. Para a indústria alimentícia o óleo é requisitado, pois é livre de gorduras trans, sendo comercializado como um óleo “saudável”. Já para a indústria de cosméticos, o fato de haver carotenoides (betacaroteno) na sua composição e boas quantidades de antioxidante são grandes atrativos do óleo de dendê.

IV. Produção de Biodiesel à base de dendê

Neste capítulo será discutida a análise tecnológica da produção do biodiesel derivado do dendê. A produção do biodiesel a base de dendê foi dividido aqui em três tópicos que seguem a ordem cronológica da produção.

No primeiro tópico é abordado todo o sistema de produção agrícola que vai desde as condições climáticas favoráveis para o plantio da palmeira de dendê, até a colheita passando pelo plantio e cuidados com o solo.

Já o segundo tópico consiste na etapa seguinte a colheita, que é a extração do óleo, esse processo requer alguns cuidados que alteram a logística de transporte dos cachos de frutos frescos e a disposição da planta de extração.

O terceiro tópico engloba a produção do biodiesel propriamente dita. Uma vez o óleo de palma extraído, este segue para uma unidade produtiva em que sofre a reação de transesterificação e etapas posteriores processamento e purificação, resultando no produto desejado, o Biodiesel.

IV.1. Sistema de Produção Agrícola

O dendê foi cultivado inicialmente no Brasil por escravos africanos, e utilizado durante muito tempo para subsistência, como fonte de alimento. Porém essa oleaginosa apresentou boas condições para sua dispersão no território nacional, seu cultivo é ideal em uma faixa de 10 graus da linha do Equador.

As condições edafoclimáticas que possibilitam uma produção de dendê ideal, são: (Fonte: Hartley, 1988)

- O índice pluviométrico é o fator ambiental mais importante para a implantação da dendeicultura. Para o sucesso dessa cultura tem que haver uma distribuição de chuvas regular durante todo o ano alcançando um valor total ao redor de 2000 mm/ano.
- A incidência de radiação solar na cultura também necessita que seja bem distribuída ao longo do ano, pois a baixa eficiência de brilho solar

acarreta em um teor de óleo nos frutos menor e afeta também na uniformidade de maturação, o que diminui a qualidade do produto.

- O dendê é uma cultura que se adapta a temperaturas mais elevadas. A temperatura média para ótima produção dessa cultura é em torno de 25°C. Baixas temperaturas ocasionam diminuição no ritmo de crescimento das plantas.
- A umidade relativa deve manter-se entre 75% e 90%
- O solo deve ser profundo, plano e com boa drenagem, porém evitando solos muito arenosos e argilosos

A produção de óleo de palma engloba, de forma ampla, duas fases, são elas, a fase de implantação, que vai desde o preparo do terreno até a plantação das mudas, e a fase de manutenção, que pode ser subdividida em outras duas etapas:

- Na etapa mais jovem, a captação dos nutrientes do solo tem como finalidade o crescimento vegetativo da palmeira, acarretando em baixa produção de cachos e inviabilidade econômica. Durante essa etapa de crescimento vegetativo da palmeira, que dura de 2 a 3 anos, algumas atividades de manejo e manutenção da plantação são fundamentais.
- A etapa seguinte é a produção propriamente dita, onde a produção de cachos é rentável financeiramente. Essa fase abrange a maior parte da vida da palmeira, indo do final da etapa mais jovem até em torno de 30 anos, quando a produtividade da planta não apresenta mais lucratividade.

IV.1.1. Plantação

A primeira etapa para a produção de biodiesel derivado do óleo do dendê é a plantação das mudas, originadas de sementes previamente modificadas geneticamente. As sementes de dendê a serem plantas são alteradas geneticamente para que a palmeira seja mais resistente a pragas, e o dendê produza a maior quantidade de óleo possível.

O plantio das mudas se dá em quatro estágios: coveamento, transporte e distribuição das mudas, plantio e manutenção da plantação.

Com o terreno já preparado para a recepção das mudas, realiza-se o coveamento, que consiste na abertura das covas para recepção destas, em seguida há o plantio e distribuição das mudas. A plantação das palmeiras deve apresentar densidade de plantio em torno de 136 a 160 palmas por hectare, porém a densidade mais comum é de 143. (Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2006).



Figura IV.1: Preparo das mudas para o plantio

IV.1.2. Manutenção da Dendeicultura

Nos três primeiros anos decorrentes após a plantação, ocorre o processo de crescimento da palmeira, fase em que a produção de cachos é muito baixa e inviável economicamente. A demanda de nutrientes nessa fase de crescimento vegetativo é muito elevada então atividades como adubação, roçagem das entrelinhas, controle fitossanitário e a poda das plantas, são indispensáveis para que a palmeira atinja a etapa mais madura o mais rápido possível.

IV.1.3. Produção dos Cachos de Frutos Frescos

A partir dessa etapa mais jovem, a produção de cachos começa a aumentar gradativamente até ao sétimo ou oitavo ano, quando estabiliza e se mantém assim até ao décimo sétimo ou décimo oitavo ano, iniciando um estágio decrescente de produtividade, encerrando o ciclo de exploração do dendê entre 25 e 30 anos.

O Biodiesel, derivado do dendê, apresenta a seu favor a alta produtividade de cachos e óleo, quando comparada com as demais culturas de oleaginosas. Segundo Silva (2006), a produtividade chega a atingir valores entre 25 a 30 toneladas de cachos de frutos frescos (CFF - Cachos de Frutos Frescos) por hectare por ano, com uma taxa de extração de óleo de 22%, acarretando em uma produção de óleo de 4 a 6 toneladas de óleo/hectare a cada ano.

Demais oleaginosas apresentam rendimento, de produção de óleo inferior, como a soja com 389 kg/ha.ano (em torno de 0,4 t de óleo/ha.ano), e o amendoim com 857 kg/ha.ano (0,86 t de óleo/ha.ano), muito aquém do rendimento apresentado pela exploração de óleo a base de dendê.

Devido a essa alta produção de cachos de frutos frescos de dendê, a demanda de nutrientes da palmeira é alta, assim como na etapa de crescimento vegetativo. Esses nutrientes são absorvidos pela planta devem ser repostos ao solo, por meio de adubação, no caso do solo não ter recursos suficientes para atender essa alta demanda. Os macros nutrientes de maior demanda da palmeira são: potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S). Há também demanda pelos micronutrientes, são eles: ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu). Com o aumento da produção de cachos de frutos frescos e com a maturidade da planta, essa demanda tende a aumentar.

Em contra partida ao alto rendimento de óleo derivado do dendê, o tempo que transcorre desde a plantação até o início do retorno financeiro é um dos fatores limitantes para a ampliação de utilização dessa cultura, então segundo Lima, 2004, alternativas devem ser consideradas para que o plantio dessa oleaginosa torne-se mais atraente financeiramente, tendo como alvo principal empresas com base familiar.

IV.1.4. Colheita

Após o segundo ou terceiro ano, etapa jovem de crescimento vegetativo, a produção começa a trazer retornos financeiros, e a partir desse ponto até o final da produção a colheita dos cachos de frutos frescos torna-se a principal atividade a ser realizada.

A dendeicultura é uma cultura perene onde há colheita de cachos frescos e produção de óleo durante os doze meses do ano, porém três meses durante o ano a produção apresenta um ápice, normalmente nos meses de maior incidência de chuva.

A etapa de colheita deve ser realizada quando os frutos atingem o estado ótimo de maturação, pois os cachos colhidos verdes apresentam teor de óleo reduzido, e se colhidos muito maduros aumentam a acidez do óleo.

Tendo isso em vista é importante determinar exatamente quando os frutos estão no seu estado ótimo de maturação e prontos para a colheita, segundo estudos a formação de óleo vegetal ocorre somente no último mês de maturação do fruto, após esse período inicia-se o processo de degradação, ou seja frutos muito maduros. (Fonte: Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel obtido a partir do óleo de palma para as condições do Brasil e da Colômbia, 2007).

A colheita é um processo manual, sendo assim a altura da palmeira é uma das dificuldades para a realização dessa etapa, pois a palmeira pode alcançar até 20 metros de altura, outra dificuldade é o peso do cacho que pode chegar a pesar 30 quilogramas.

Atualmente há pesquisas no âmbito de alterações genéticas para a criação de palmeiras de estaturas mais baixas o que facilitaria a colheita.



Figura IV.2: Dificuldade na colheita dos cachos de dendê

IV.2. Processo de Extração do Óleo

No processo de produção do óleo de dendê a extratora tem que ficar disposta próxima à plantação, isso se deve a rápida acidificação dos frutos, então os cachos de frutos frescos devem seguir para a planta de extração em no máximo 72 horas. Em virtude disso há algumas consequências na logística de produção do óleo, como a necessidade de se realizar rondas, para colheita, de três a quatro vezes por mês na fase de pico, e de dois turnos por mês nos períodos mais estáveis.

Do ponto de vista químico, o processo de extração do óleo vegetal se dá através da retirada dos triglicerídeos do interior das células das oleaginosas. No caso do óleo de palma a extração acontece de forma mecânica, por meio de prensas, acarretando em um menor custo de produção de óleo, se comparada com algumas oleaginosas, como a soja, amendoim e algodão, que precisam passar por processo químico de extração do óleo através de solventes.

IV.2.1. Esterilização

Os cachos de frutos frescos que foram colhidos e encaminhados para a planta de extração, passam por uma etapa de esterilização antes de alcançar a etapa de prensagem. Essa etapa de esterilização tem como finalidade a eliminação de enzimas responsáveis pelo aumento da fermentação dos frutos, amolecer a polpa, soltar os frutos dos cachos e facilitar a separação da casca.

A esterilização acontece em um vaso no qual apresenta temperatura e pressões controladas, 2,5 a 3 atmosferas e 135°C, os cachos de frutos frescos permanecem no interior desse vaso durante aproximadamente 1 hora.

IV.2.2. Prensagem

Após a esterilização os frutos seguem para a prensagem, processo mecânico realizado sobre os frutos, em que uma prensa contínua extrai o óleo de palma do mesocarpo do fruto.

A prensa opera com uma capacidade de processamento de no máximo 1.000 kg de frutos por hora, no final desse processo retira-se o produto principal, o óleo de palma, mas também há produção de subprodutos, como a torta e o óleo de palmiste, proveniente da amêndoa do dendê.

A torta decorrente do processo da prensagem segue em um transportador para secagem das fibras e o polimento das nozes. Então as nozes são separadas e encaminhadas para um moinho quebrador, retirando as cascas, em seguida as amêndoas são quebradas, laminadas e processadas para produção do óleo de palmiste.

A torta pode ser usada para ração animal ou como insumo para queima em fornos, já o óleo de palmiste é um produto muito utilizado na indústria farmacêutica, sendo a expressão “subproduto” pouco utilizado, já que esse óleo trás retornos financeiros consideráveis apesar de sua baixa produção quando comparada com o óleo de palma. O óleo de palmiste pode ser considerado um coproduto da produção de óleo de palma.

IV.2.3. Filtração

Após a prensagem dos frutos, o óleo de palma segue para filtração, para a remoção de resíduos da torta ou da amêndoa que possam ter sido carregados junto com óleo. Os resíduos que forem filtrados retornam para o processo de prensagem e o óleo de palma livre de impurezas segue para o armazenamento. O óleo de dendê é armazenado em tanque com temperaturas fixadas a 50°C, com o propósito de evitar a solidificação dos componentes mais densos.

O óleo de palma após passar por esse processamento apresenta ponto de fulgor de 267°C o que o torna muito mais estável e seguro para se manusear, sendo considerado um produto não inflamável. Já o diesel apresenta ponto de fulgor de 76°C sendo assim considerado um produto inflamável.

Em contra partida aos frutos frescos, o óleo de palma não apresenta potencial de acidificação nem para oxidação, o que possibilita sua estocagem por períodos mais longos e que seja transportado por longas distancias.

IV.3. Processo de Transesterificação

O óleo vegetal já foi utilizado como combustível em motores de combustão interna com ignição por compressão (ciclo diesel), porém foi logo substituído por combustíveis a base de petróleo devido a melhores aspectos técnicos e econômicos.

Atualmente órgãos ambientais exercem pressão para a diminuição da utilização de combustíveis fósseis, devido a grande emissão de compostos que causam danos ao meio ambiente por parte de motores que fazem uso de diesel como combustível, logo o óleo vegetal tornou-se novamente uma oportunidade para substituição do diesel.

No início do século passado houve um grande crescimento da indústria automobilística em todo mundo, o que acarretou um aumento exponencial de produção de motores que operam com diesel mineral, e esses motores são fabricados seguindo especificações para perfeita adaptação ao ciclo do diesel.

Os óleos vegetais quando em combustão formam gomas que são depositadas no motor, diminuindo sua eficiência, outro ponto negativo da utilização de óleo vegetal em motores fabricados inicialmente para operar com diesel, é a alta viscosidade apresentada pelos óleos vegetais, o que acarretaria na necessidade de aquecimento do óleo para sua passagem nos injetores, caso contrário ocorreria depósito de resíduos nos injetores e cilindros.

Então para perfeita utilização de óleo vegetal como combustível em motores convencionais, deveria haver uma adaptação dos respectivos motores, mas como solução mais viável o óleo vegetal teve suas propriedades físico-químicas alteradas, por meio de processos químicos, para que pudesse ser utilizado nesses motores, sem a necessidade de adaptação.

Após o processamento químico o óleo vegetal ganha características mais parecidas com a do diesel, como a viscosidade, e até apresenta aspectos superiores como uma melhor lubricidade. O produto desse processamento químico do óleo vegetal é largamente conhecido como Biodiesel, pois tem origem de matérias prima renováveis e apresenta características similares a do diesel.

A Resolução ANP Nº 42, de 24.11.2004 (DOU 9.12.2004), considera a Medida Provisória nº 214, de 13 de setembro de 2004, para definir o biodiesel como um combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil.

IV.3.1 Reação

O biodiesel é obtido através da produção de ésteres derivados do óleo vegetal, e o processo químico mais empregado industrialmente para produção do biodiesel é a transesterificação.

A transesterificação consiste na conversão dos triglicerídeos, que compõem o óleo vegetal, em ésteres de ácidos graxos (biodiesel) e como subproduto a glicerina, que pode ser utilizada na indústria farmacêutica.

A transesterificação se dá através de estímulo de um catalisador, normalmente básico (catálise básica), com a adição de álcool em excesso,

sendo o metanol o mais utilizado (via metílica), e apresenta uma conversão de aproximadamente de 1 para 1, ou seja, a quantidade em massa de biodiesel produzido é igual a quantidade de óleo vegetal que reagiu.

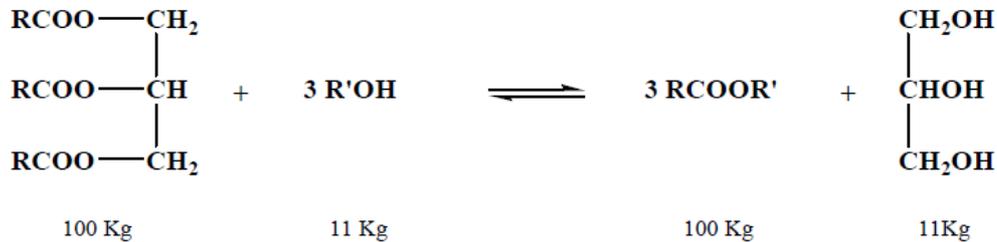


Figura IV.3: Balanço de massa da reação de transesterificação

O processo de transformação dos óleos vegetais em biodiesel apresenta uma desvantagem que é a formação de sabão na presença de água, então o óleo e álcool deverão estar anidros.

As condições para a realização da transesterificação devem ser obedecidas rigorosamente para que haja menor formação possível de sabão, já que esse consome o catalisador, reduzindo a eficiência, aumenta a viscosidade do produto e dificulta a separação do glicerol.

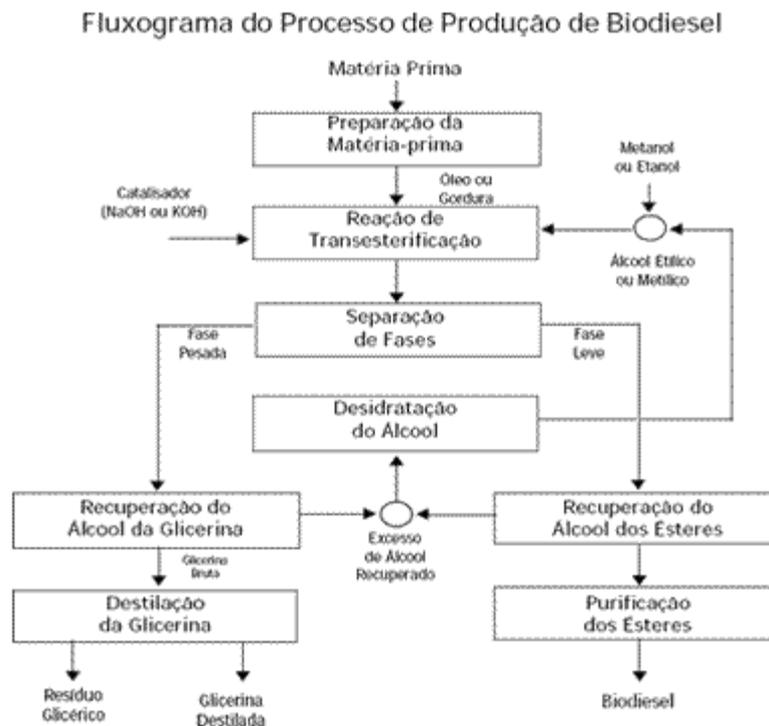


Figura IV.4: Fluxograma do processo de produção de biodiesel

IV.3.2. Separação das Fases

Depois da etapa da reação de transesterificação a massa reacional segue para a separação das fases, já que essa massa é constituída por duas fases a mais pesada que contem a glicerina, excesso de álcool, água e impurezas da matéria prima, e a outra fase, mais leve, é constituída pelo biodiesel. As fases podem ser separadas por decantação ou centrifugação.

IV.3.3. Recuperação do Álcool

Após a separação ambas as fases passam pela etapa de recuperação do excesso do álcool que foi utilizado, que acaba retornando ao processo.

IV.3.4. Purificação

O biodiesel já livre do álcool é purificado aí então segue para estocagem e transporte para sua comercialização.

A glicerina bruta é destilada, o que a divide em dois produtos, são eles a glicerina destilada, que é comercializável, e os resíduos glicéricos.

IV.4. Avaliação Geral da Dendeicultura

A Embrapa realizou entrevistas com especialistas na área de Biodiesel, a fim de determinar quais são os principais fatores que influenciam a produtividade do dendê. Todos os entrevistados apontaram o material genético plantado, 67% dos especialistas também apontaram a adubação e o controle fitossanitário, e outros 33% também apontaram o preparo das mudas, a colheita e o transporte dos cachos até a planta de extração do óleo.

Alguns estudos sobre balanço energético da produção de biodiesel baseado no óleo de palma também foram realizados e todos apresentam valores positivos mesmo no pior caso. (Fonte: Castro, 2010)

No cenário nacional o dendê apresenta um grande potencial para seu aumento de exploração. Como foi abordado nesse capítulo o dendê apresenta uma produção perene, ou seja, a partir dos três primeiros anos de maturação da palmeira, a colheita é realizada durante todo o ano, apesar de em alguns meses a produção ser maior.

A produção perene não é o único aspecto positivo da produção do dendê quando comparada com as demais oleaginosas, esta também apresenta alta capacidade de fixação de carbono, protegendo o solo de erosão e lixiviação, e o mais importante o rendimento de produção de Biodiesel é excelente, de 4 a 6 toneladas de óleo produzido por hectare a cada ano.

IV.5. Utilização de Biodiesel em Motores do Ciclo Diesel

Atualmente a utilização do biodiesel vem crescendo em todo o mundo, em muitos países o biodiesel é misturado com o diesel de origem mineral e há também casos em que o biodiesel é utilizado puro (B100).

Além da diminuição de emissão de compostos que causam danos ao meio ambiente a utilização do biodiesel em motores de combustão interna com ignição por compressão também trás outras vantagens.

IV.5.1. Combustão

A combustão em motores do ciclo diesel se dá no cilindro do motor através da mistura heterogênea de ar e combustível em compressão, porém nesse processo há formação de fuligem que é depositada no motor.

Em contra partida a utilização de biodiesel como combustível reduz a quantidade de fuligem formada nesse processo.

Devido ao processo de combustão, com a utilização de diesel, há também a emissão muitos poluentes para o meio ambiente, porém com a utilização do biodiesel há redução da emissão de quase todos os poluentes, somente no caso dos óxidos de nitrogênio (NOx) que a quantidade de componentes emitidos aumenta.

As características mais importantes do diesel são a rapidez e a facilidade com que esse entra em combustão nas condições de temperatura e pressão no cilindro, através do processo de autoignição. Essas características são alcançadas devido ao número de cetano presentes no diesel, que é em torno de 50.

O número de cetano no biodiesel é variável de acordo com a matéria prima utilizada para sua produção. Na Tabela III.4 foram apresentados dados comparativos que ilustram o número de cetano de cada biodiesel e do próprio diesel, e em alguns casos os valores do biodiesel são superiores que o do diesel, como no caso da palma e da colza.

IV.5.2. Poder Calorífico

O diesel apresenta alto valor energético, em parte devido ao percentual de aromáticos presente por litro, porém quanto maior o esse percentual menor o número de cetano, logo o diesel deve ter seu percentual de aromáticos limitado. Já o Biodiesel não apresenta compostos aromáticos, mas apresenta metil ésteres com diferentes níveis de saturação que são responsáveis por seu poder calorífico.

Entretanto testes já foram realizados para determinar o melhor combustível em termos de eficiência energética, porém em sua grande maioria os valores foram muito próximos, podendo assim concluir que a eficiência energética é a mesma para ambos os combustíveis.

IV.5.3. Temperatura de Operação

O diesel de origem mineral apresenta dificuldade de ignição quando em baixa temperatura, devido à cristalização de impurezas presentes no combustível. O Biodiesel também apresenta dificuldades de operação quando em baixas temperaturas, devido à cristalização do metil éster que começa a solidificar a 0°C para biodiesel derivado de óleo de soja e a 13°C para gordura animal.

IV.5.4. Viscosidade

A viscosidade do diesel para utilização comercial em motores é especificado por norma, o mesmo acontece com o biodiesel, então nesse aspecto ambos os combustíveis se assemelham.

Por outro lado o transporte de combustível 100% biodiesel apresenta uma dificuldade, pois devido à densidade desse produto quando transportado por via rodoviária o caminhão ultrapassa o peso máximo determinado pela legislação brasileira.

IV.5.5. Corrosão

O diesel apresenta alguns compostos que podem causar corrosão ao motor, os principais são os compostos sulfurados, já o biodiesel não apresenta tais compostos, porém apresenta como principal inconveniente à baixa resistência à oxidação, ocasionando a formação de ácidos que atacam o motor.

IV.5.6. Controle de Qualidade

Em estudo realizado pela Universidade Federal da Bahia, onde duas caminhonetes foram usadas, uma rodando com B5 e outra com B100, os resultados, com relação à resposta dos motores, foram similares. Por outro lado durante o teste quando estavam passando pelos Andes, a temperatura baixa e a elevada altitude, acarretaram no congelamento de parte do biodiesel que estava na caminhonete que operava com B100.

O Biodiesel além de apresentar o inconveniente da formação de ácidos, sua utilização também apresenta formação de depósitos nos injetores devido à polimerização dos ésteres insaturados e pela afinidade do biodiesel com a água, o que propicia o crescimento de bactérias.

Em um esforço conjunto entre a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a ASTM Internacional (American Society for Testing and Materials) e o CEN (Comitê Europeu de Normalização), desenvolveram-se especificações para a padronização e conseqüente comercialização do produto. A partir dessa normalização faz-se necessário uma fiscalização eficaz

para produção de um produto dentro das especificações evitando problemas de entupimentos e corrosão dos motores que inicialmente rodavam a base diesel mineral, acarretando assim em uma aceitação melhor desse produto no mercado, ao nível nacional a fiscalização é de responsabilidade da ANP.

Com tudo os fabricantes dos motores de combustão interna com ignição por compressão deveriam se pronunciar quanto ao comprometimento da eficiência e vida útil do motor, quando se utiliza biodiesel como combustível.

V. Análise de Mercado

Neste capítulo, será analisado o mercado de biodiesel, apresentando a evolução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) nos últimos anos, mostrando o relativo sucesso na implementação dos programas de governo e os impactos percebidos no que se refere a preços e qualidade do produto. Também destacará características específicas deste mercado, como a negociação via mecanismo de leilão e a importância de agricultores familiares no fornecimento de matéria prima.

Será apresentado um panorama da produção de biodiesel na Europa, na América do Norte, Ásia e Oceania, com enfoque em países que tem testado tecnologias em escala industrial, em comparação com o cenário brasileiro. Além disso discutiremos o panorama da produção do óleo de palma no mundo e mais detalhadamente no Brasil.

V.1 Introdução

Entre 2005 e 2007, a mistura de 2% (B2) no diesel comercializado foi autorizada de forma não compulsória e foi estipulado um prazo de três anos para a mistura se tornar obrigatória, devendo de passar a 5% até 2013. No segundo semestre de 2008 o governo elevou a mistura para 3% (B3), e no segundo semestre de 2009 para 4% (B4). Mesmo que a previsão inicial de 5% (B5) fosse somente para 2013, durante o ano de 2009 esse prazo foi revisto e a meta de B5 foi antecipada a partir de 2010.

Mesmo após a autorização da mistura e a criação uma série de mecanismos para promover e introduzir o biodiesel na matriz energética nacional pelo governo, as plantas já em condições de produzir o combustível não conseguiam vender o produto no mercado. Naquela ocasião, os potenciais compradores de biodiesel estavam receosos de misturar biodiesel ao diesel mineral, sem ter a certeza de que a qualidade do combustível não seria comprometida. Ademais, eles se preocupavam com a regularidade da entrega do produto, uma vez que existiam poucos investidores interessados em erguer plantas de biodiesel.

Diante desses fatos, corria-se o risco de chegar ao fim de 2007 sem ter sido instalada a capacidade mínima para atender à demanda para mistura obrigatória em 2008, estimada em cerca de 840 milhões de litros de biodiesel (BNDES, 2007). Diante desse problema, o governo decidiu instituir os leilões de compra de biodiesel, para viabilizar a antecipação da comercialização, garantindo a instalação de uma capacidade mínima de produção para atender a demanda obrigatória de biodiesel a partir de 2008.

Para organizar esse novo mercado obrigatório e fiscalizar a qualidade do biodiesel produzido, o governo atribuiu essa responsabilidade à Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Uma das principais incumbências da ANP é realizar esses leilões de compra e venda de biodiesel, mas, para preservar a participação da agricultura familiar no fornecimento de matérias-primas, o governo optou por manter o sistema de leilões até hoje em detrimento da negociação direta entre produtores e distribuidores ou refinarias.

Por ser um mercado ainda em desenvolvimento, espera-se, a exemplo do que ocorreu com o álcool, que os custos possam ser reduzidos, com o passar do tempo, através de pesquisas, principalmente no que se refere à utilização de diferentes oleaginosas que estão à margem do agronegócio, como é o caso de dendê.

V.2 Mercado de Biodiesel no Mundo

V.2.1 União Europeia (UE)

A UE continua como maior produtor mundial de biodiesel e utiliza como matéria prima principal a colza. Cerca de dois terços da capacidade instalada de produção da região estão atualmente inativa. De acordo com a European Biodiesel Board, a UE produziu cerca de 9,5 milhões de toneladas de biodiesel em 2010, enquanto a capacidade instalada medida foi aproximadamente de 22 milhões de toneladas. Mesmo com essa alta porcentagem de capacidade não utilizada, a UE produziu cerca de 65 % do biodiesel mundial no ano de 2009.

No geral, a UE produziu 5,5% a mais de biodiesel em 2010 do que 2009, embora nem todas as áreas da região tenham contribuído para este

aumento. Enquanto países como Alemanha, Espanha, Bélgica, Polônia e Holanda aumentaram sua produção em 2010, a produção diminuiu na França, Itália, Áustria e Portugal. Atualmente, os três principais países produtores da Europa são a Alemanha, França e Espanha. Em julho de 2010, foram registradas 254 usinas de biodiesel existentes na UE, uma ligeira queda em comparação com estatísticas de 2009.

Práticas comerciais desleais são consideradas o fator mais importante para a desaceleração da indústria de biodiesel na UE. Em 2007, a rentabilidade dos produtores de biodiesel foi negativamente impactada pela entrada no mercado do biodiesel dos EUA. Embora as medidas anti-dumping e de compensação fossem tomadas pela Comissão Europeia em 2009 para resolver este problema, um recente aumento das importações da Argentina causou, mais uma vez, dificuldades econômicas aos produtores de biodiesel da UE.

A APPA Biocombustíveis, uma divisão da Associação espanhola de produtores de energias renováveis, emitiu recentemente um relatório afirmando que 60% do biodiesel utilizado na Espanha durante o primeiro trimestre de 2010 era fruto de importações, com a grande maioria dessas importações provenientes da Argentina. Estatísticas publicadas pela European Biodiesel Board (EBB) mostraram que 850 mil toneladas de biodiesel argentino entraram no mercado europeu em 2009, com um adicional de 260 mil toneladas no ano de 2010.

Além de tomar medidas para proteger seus produtores de biodiesel a partir de práticas desleais de comércio, a UE também tem sido ativa na criação de uma política para aumentar o uso de biocombustíveis. Em 2008, a UE aprovou a Diretiva de Energia Renovável 2009/28, que introduziu uma meta vinculativa de 10% para o uso de energias renováveis no setor dos transportes até 2020. Segundo o EBB, já há capacidade de produção suficiente instalada de biocombustíveis na UE para cumprir essa meta. A Diretiva de Qualidade dos Combustíveis 2009/30 também foi adotada. Ela fornece monitoramento das emissões de gases do efeito estufa e a destina-se a incentivar a utilização de combustíveis mais limpos e sustentáveis.

Também é importante para o futuro da indústria europeia de biodiesel que medidas rápidas sejam tomadas para permitir um maior teor de biodiesel no combustível de transporte. Atualmente, as misturas de combustível estão

limitadas a 7%. Segundo a EBB e a APPA Biocombustíveis, a aprovação de uma mistura de 10% (B10) iria aumentar a demanda e permitir a colocação de uma maior quantidade de biodiesel no mercado, mesmo que de forma lenta.

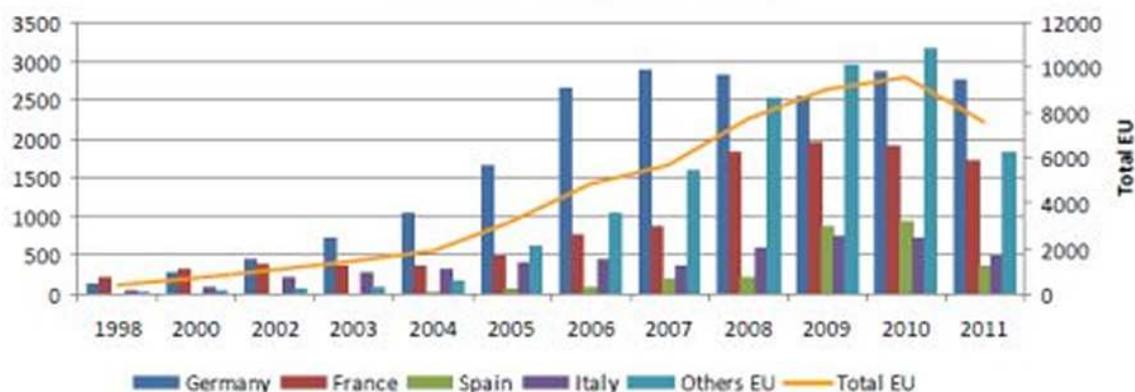


Figura V.1: Produção de biodiesel na Europa em 1000 toneladas (em mil toneladas).
Fonte: European Biodiesel Board (EBB, 2012)

V.2.2 América do Norte

O programa americano de biodiesel é bem menor que o europeu e apresenta diferenças importantes. A principal matéria prima utilizada é a soja, complementada com óleos de fritura usados.

A grande motivação americana para o uso do biodiesel é a qualidade do meio ambiente. Os americanos estão se preparando, com muita seriedade, para o uso desse combustível especialmente nas grandes cidades.

A percentagem que tem sido mais cogitada para a mistura no diesel de petróleo é a de 20% de biodiesel (B20). Os padrões para o biodiesel nos Estados Unidos são determinados e fixados pela norma ASTM D-6751. O Programa Americano de Biodiesel é baseado em pequenos produtores.

Como o diesel americano possui uma menor carga tributária, apenas a renúncia fiscal não permite viabilizar o biodiesel. Além das medidas de caráter tributário, têm sido adotados incentivos diretos à produção como o Commodity Credit Corporation Bioenergy Program, que subsidia a aquisição de matéria prima para fabricação de etanol e biodiesel, e atos normativos que determinam um nível mínimo de consumo de biocombustíveis, por órgãos públicos e frotas comerciais.

Segundo a Energy Information Administration (EIA) a produção americana de biodiesel foi de 90 milhões de galões, equivalente a 338,22 milhões de litros, em agosto de 2012. A produção de biodiesel a partir da região Centro-Oeste foi de 73% do total dos EUA. A produção veio de 105 usinas, com capacidade operacional de 2,1 bilhões de litros por ano. A produção de biodiesel, durante janeiro a agosto de 2012 foi 699 milhões de litros, o que foi acima de produção de 552 milhões de litros durante os primeiros oito meses de 2011, como pode ser observado no gráfico abaixo.

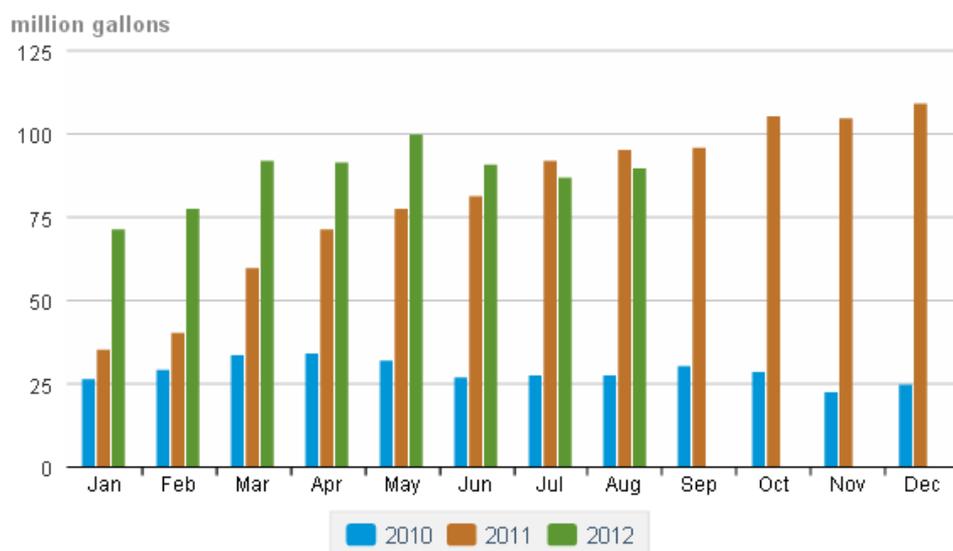


Figura V.2: Produção mensal de biodiesel nos Estados Unidos 2010-2012.

Fonte: Energy Information Administration (EIA, 2012)

As vendas dos produtores de biodiesel durante o mês de agosto 2012 incluiu 72 milhões de galões vendidos como B100 (100% de biodiesel) e um adicional de 17 milhões de galões de B100 vendidos em misturas de biodiesel com óleo diesel derivado do petróleo. O óleo de soja foi a matéria-prima mais utilizada para a produção de biodiesel neste período com aproximadamente 174,8 mil toneladas.

O México aprovou a Lei para a Promoção e Desenvolvimento de Biocombustíveis em 2008, mas não foram incluídos incentivos para impulsionar o crescimento. A idéia da lei foi possibilitar o desenvolvimento de uma indústria de biocombustíveis para o mercado interno mexicano, mas as condições de

mercado tornaram essa iniciativa inviável. A Petróleos Mexicanos (PEMEX), a companhia de petróleo estatal, controla toda a saída de combustível no país.

O Ministério da Agricultura Mexicana passou a incentivar uso de misturas de biocombustíveis ao diesel mineral a partir de 2010, mas a falta de uma legislação que incentivasse esta prática acabou dificultando o desenvolvimento deste projeto. Outro revés foi o desenvolvimento da regulamentação de normas de qualidade. O México não adotou oficialmente as normas americanas (ASTM) e da União Europeia (EN).

No Canadá, um padrão de mistura de 2% (B2) era esperado no ano de 2010 para dar mercado para 500 milhões de litros de biodiesel, de acordo com a Associação de Combustíveis Renováveis do Canadá. O grupo afirmou que no comércio nacional existiam em operação ou em construção 12 usinas de biodiesel, neste mesmo ano. Essa capacidade produtiva já seria capaz de todo o biodiesel necessário para cumprir sua demanda biodiesel (B2).

V.2.3 Ásia e Oceania

Seguindo a tendência atual dos EUA de crescimento na produção de biocombustíveis, a produção de biodiesel da região asiática continua em fluxo constante de crescimento, por razões semelhantes aos dos EUA. Analisando a indústria de biodiesel desta região, Frost & Sullivan, um grupo de análise de mercado global, disse que a maioria dos governos da região reconhecem que o biodiesel pode reduzir as importações de petróleo, melhorar a segurança do combustível e estimular a agricultura nacional. Mas, ele também observou que embora existam vários pontos fortes de crescimento na indústria de biodiesel da região, no ano de 2009 ocorreu uma desaceleração significativa de crescimento do setor.

Segundo a Biodiesel Magazine de setembro de 2010 quase 74% da demanda na região estava localizado na Indonésia, Malásia, China e Filipinas. A Indonésia, como o maior produtor mundial de óleo de palma em 2010, 23,6 mil toneladas está trabalhando para criar uma indústria competitiva, uma vez que o óleo de palma ainda está sujeito a oscilações de preços devido a alta utilização desse óleo no mercado de alimentos.

Na Malásia foi implementado um programa para a produção de biodiesel a partir do óleo de palma de dendê. O país não tem qualquer problema relacionado à disponibilidade de matéria prima, tendo produzido em 2010 cerca de 17,6 mil toneladas de óleo de palma. Em 2010 existiam 21 produtores de biodiesel no país, com pelo menos seis usinas em construção, mas apenas poucos produtores encontravam-se em operação. Neste país, a Mission NewEnergy conclui a construção de uma usina de biodiesel no ano de 2010. A adição da planta ajudou a empresa a tornar-se uma das líderes no mercado, com um alto volume de produção e alcançando altos índices de lucratividade.

A China tem o maior potencial de crescimento com base na enorme atividade econômica e as necessidades de sua população. Já possui o maior mercado automotivo do mundo e investiu em 2009 um total de US \$ 1,5 bilhão em subsídios para as montadoras que realizavam investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias relacionadas a combustíveis alternativos.

O Japão, além de ser importador de combustível, ratificou o Protocolo de Quioto e, portanto, teve 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 obrigadas a realizar redução de emissões, alguns estados já adotaram políticas de incentivo a biocombustíveis (BNDES, 2007).

Dessa forma é possível perceber que países da Europa, como Alemanha e França, já se encontram bem desenvolvidos no processo de produção de biodiesel enquanto que os EUA possui um programa de produção bem menor, motivado, principalmente, pela questão ambiental, mas que vem se desenvolvendo bastante. Países asiáticos ainda estão investindo e desenvolvendo programas para aumentar sua capacidade produtiva, uma vez que possuem um grande potencial na produção de matéria prima. Com isso vamos detalhar a seguir o panorama brasileiro para este mercado como forma de comparação.

V.3 Mercado Nacional de Biodiesel

V.3.1 Produção e Capacidades Produtivas

Apesar de recente, o mercado de biodiesel tem muitos participantes. Atualmente existem 64 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para a operação no país, correspondendo a uma capacidade instalada, em julho de 2012, de 6.341 mil m³ por ano, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME). Dessa capacidade, 85% é referente às empresas detentoras do Selo Combustível Social.



Figura V.3: Capacidade Instalada de Produção de Biodiesel no Brasil

Elaboração: Ministério de Minas e Energia (MME, 2012).

Fonte: MME, a partir de atos publicados na DOU

Dados preliminares com base nas entregas dos leilões promovidos pela ANP e leilões da Petrobras mostram que a produção estimada em junho de 2012 foi de 213 mil m³. No acumulado do ano, acrescido da estimativa para junho, a produção atingiu 1.214 mil m³, um decréscimo de 3% em relação ao mesmo período de 2011 (1.249 mil m³).

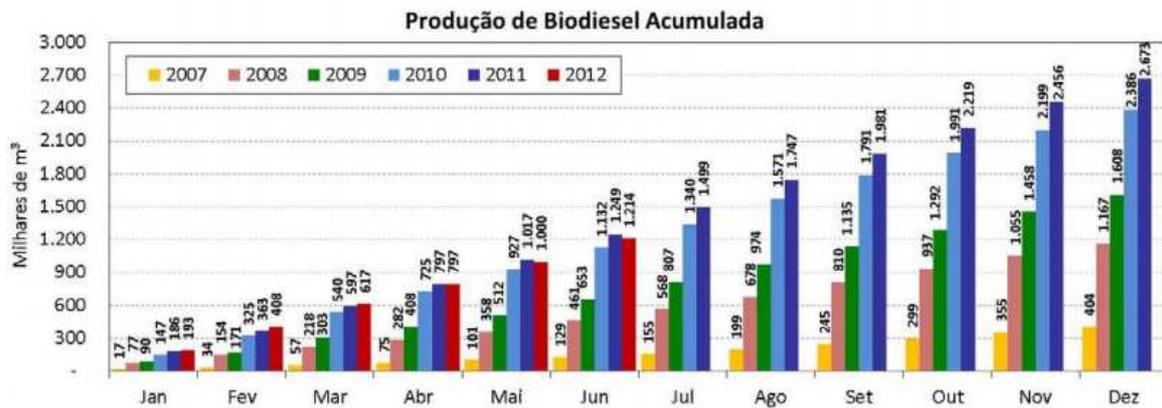


Figura V.4: Produção de Biodiesel Acumulada no Brasil 2007 a 2012
 Elaboração: Ministério de Minas e Energia (MME, 2012).
 Fonte: MME

Nota-se, de forma geral, que a capacidade instalada sempre foi maior que a produção. Esse excesso de capacidade instalada levou o governo a antecipar as misturas de biodiesel no diesel uma vez que as restrições quanto às especificações físico-químicas dos produtos, além de pressões internas na União Europeia e nos EUA para a agricultura local, praticamente impossibilitam as exportações.

Em nível regional, as capacidades instaladas para a produção de biodiesel superam o necessário para suprir consumo por B5. No entanto, verifica-se que, enquanto no Sudeste (principal polo consumidor) e no Norte há uma margem muito estreita entre a demanda efetiva das distribuidoras e a capacidade instalada pelos usineiros, o oposto ocorre nas regiões Sul e Centro-Oeste. Mas, quando se trata do volume de biodiesel efetivamente produzido, este está aquém da demanda estimada no Nordeste e Sudeste, o que faz com que as distribuidoras destas regiões tenham que comprar biodiesel produzido em outras localidades, onde o volume produzido está acima da demanda regional (Centro-Oeste e Sul).

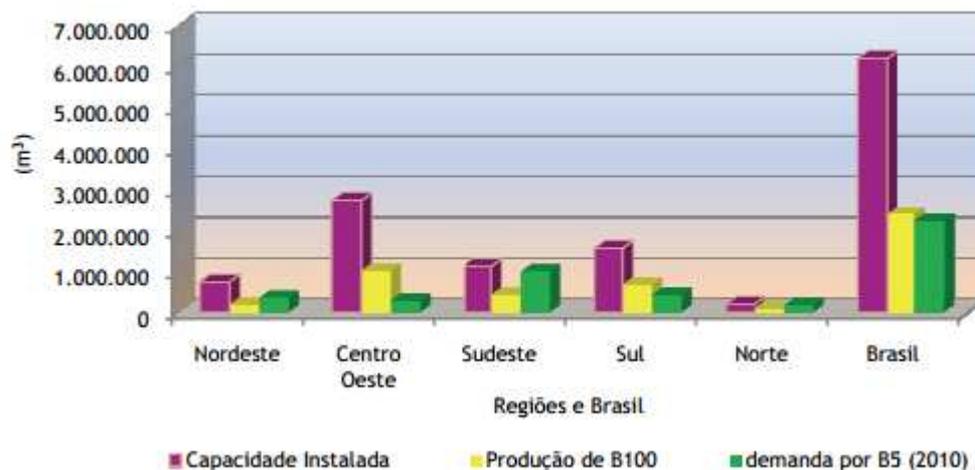


Figura V.5: Produção e Demanda de Biodiesel por Regiões Demográficas e Brasil, 2011.
 Fonte: BiodieselBR e Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA).

Em 2005, o governo brasileiro percebeu a necessidade de estudar algum mecanismo visando à antecipação da comercialização durante o período voluntário da mistura do biodiesel ao diesel mineral. Para isso, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE - Conselho Nacional de Política Energética) autorizou a realização dos leilões públicos pela ANP, sob a assessoria técnica do Ministério de Minas e Energia (MME). Este mecanismo se tornou parte importante do cenário do mercado de biodiesel e será detalhado a seguir.

V.3.2 Mecanismo de Leilões de Biodiesel

Os leilões reúnem os produtores e os compradores de biodiesel, sendo a Petrobras a principal compradora. A ANP estipula a quantidade a ser comprada pelos produtores de diesel mineral, o preço máximo do biodiesel a ser vendido e o prazo de entrega que hoje está fixado em três meses. O preço do leilão está referenciado na porta do produtor e não para o consumidor final. Os ganhadores dos leilões são aqueles que ofertarem os menores preços associados a um determinado volume. A dinâmica dos leilões evita a formação de assimetria de informação e com isso, o comprador sempre estará adquirindo o biodiesel pelo menor preço em cada lote leilado.

Quando o volume de biodiesel entregue a Petrobras for menor do que o leilado, a Petrobras pode realizar leilões de reposição de estoque. Esses leilões seguem dinâmicas semelhantes aos da ANP, sendo o preço

referenciado na porta da refinaria e não na porta do produtor de biodiesel. A grande diferença entre os dois leilões é que, no leilão da ANP, o produtor não tem o custo de frete de transporte do biodiesel. Esse custo fica a cargo da Petrobras.

Durante o ano de 2008, muitos produtores não entregaram os volumes ofertados, apesar de haver capacidade instalada suficiente para produzir o biocombustível. Assim, a Petrobras teve que realizar leilões de reposição durante este ano para que a legislação fosse cumprida em relação à mistura de biodiesel no diesel mineral. Para mostrar a falta de comprometimento de alguns produtores, em junho de 2008, os volumes entregues totalizaram apenas 30% do volume contratado, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME).

Uma vez detectada a falta de compromisso de alguns produtores, foram estipuladas regras mais rígidas em relação ao cumprimento da entrega dos volumes leiloados. Nesse novo cenário, se algum produtor não entregasse o biodiesel conforme a quantidade e o volume ofertado, por qualquer motivo, poderiam sofrer penalidades administrativas e ser impedido de participar do leilão seguinte. Como a comercialização do biodiesel só pode ser realizada por meio de leilões, a não participação significa estar fora do mercado temporariamente. As novas regras funcionaram conforme planejado e o comprometimento dos produtores aumentou significativamente.

Desde 2008, os leilões são coordenados em dois lotes: o primeiro, no qual 80% da demanda por biodiesel é suprida pelas usinas que realizam contrato de fornecimento com agricultores familiares, sendo, portanto, detentoras do Selo Combustível Social; e o segundo lote corresponde aos demais 20% da demanda, no qual participam dos certames tanto as usinas portadoras do Selo quanto as que não possuem o certificado.

A partir de agosto de 2011, nos 23º e 24º leilões pertinentes ao suprimento do mercado no último trimestre de 2011 e primeiro de 2012, os lotes (1 e 2) foram subdivididos em cinco lotes regionais e passaram a ser ponderados pela estimativa do consumo de diesel de cada região geográfica, e não mais pela demanda em nível nacional (ou agregada) como ocorrera até o 22º leilão, como pode ser visto na Tabela V.6. A portaria de 2012 manteve a subdivisão dos lotes nos leilões regulares, advinda em agosto de 2011, mas a estimativa de demanda regional (os volumes a serem ofertados nos lotes 1 e 2)

passou a ser diretamente proporcional à participação média de cada região nas vendas de óleo diesel pelas distribuidoras em relação ao período de entrega do ano anterior (MME, 2011).

(em m³)

Regiões geográficas	23.o leilão (total)	24.o leilão			25.o leilão			Crescimento (%)
		Lote 1 (Com selo)	Lote 2 (Sem selo)	Total	Lote 1 (Com selo)	Lote 2 (Sem selo)	Total	
Sul	130.000	104.000	26.000	130.000	108.000	27.000	135.000	3,8
Sudeste	301.000	217.600	54.400	272.000	250.400	62.600	313.000	15,1
Centro-Oeste	77.000	60.800	15.200	76.000	64.000	16.000	80.000	5,3
Norte	77.000	53.600	13.400	67.000	51.200	12.800	64.000	-4,5
Nordeste	115.000	84.000	21.000	105.000	86.400	21.600	108.000	2,9
Total	700.000	520.000	130.000	650.000	560.000	140.000	700.000	7,7

Figura V.6: Demanda de Biodiesel por Região Demográfica, primeiro semestre de 2012.
Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA 2012).

Comparando o biodiesel negociado no 24^o leilão (para suprir a demanda do primeiro trimestre) e o no 25^o (que fecha o semestre), verifica-se que, com exceção da demanda da região norte, que retraiu 4,5%, as demais aumentaram. O maior acréscimo coube à região Sudeste (15%), cuja participação na demanda do país passou de 42% para 44%, conforme dados da ANP, 2012.

Atualmente existe uma discussão entre os agentes do setor sobre a necessidade dos leilões da ANP. Alguns defendem o fim dos leilões alegando que o melhor seria uma solução de mercado livre em que os produtores e compradores fechariam contratos bilaterais privados, determinando os preços, volume, prazos de entrega e outras condições sem a interferência da ANP. Dessa forma a ANP teria o papel de apenas fiscalizar a qualidade do biodiesel e se o diesel comercializado contempla o percentual de biodiesel determinado por lei. Porém, como nesse contexto, a Petrobras é praticamente a única compradora e produtora de biodiesel, poderia sempre garantir mercado para as suas plantas e de seus parceiros, independentemente de seus custos.

Já a corrente que defende a continuidade dos leilões da ANP afirmam que dentre outras coisas o mecanismos de leilões:

- Garantem a igualdade na disputa entre os pequenos e grandes produtores de biodiesel;

- Minimizam a assimetria de informações entre os agentes, uma vez que os lances são abertos;
- Fornecem um ambiente competitivo a fim de permitir os menores preços para os consumidores;
- Facilitam a fiscalização do cumprimento do percentual de mistura;
- Garantem a participação da agricultura familiar no fornecimento de matéria-prima com a exigência do Selo Social.

V.3.3 Competitividade do Biodiesel

O biodiesel nacional só vem se desenvolvendo por causa da sua obrigatoriedade legal, uma vez que o seu preço sempre foi superior ao do diesel mineral, tornando-o, portanto, pouco competitivo conforme a Tabela V.1 abaixo.

Tabela V.1: Preços dos combustíveis (referenciado na porte do produtor sem ICMS)
Fonte: ANP

Ano	Biodiesel (R\$/litro)	Diesel (R\$/litro)	Diferença % Biodiesel e Diesel
2005	1,90	1,25	52,0
2006	1,79	1,36	31,6
2007	1,86	1,36	36,8
2008	2,60	1,47	76,9
2009	2,26	1,37	64,9
2010	2,03	1,28	58,6
2011	2,26	1,44	56,9

Um dos fatores que determina o preço do biodiesel é o grau de competitividade que está relacionado diretamente com o número de produtores e da capacidade de utilização ou ociosidade das plantas. É importante ressaltar que os preços do biodiesel dependem fortemente do preço do óleo vegetal, pois este representa 80% a 85% do seu custo de produção. No Brasil, um dos principais determinantes do preço do biodiesel é o preço do óleo de soja, uma vez que esta é a matéria-prima mais utilizada.

O uso do óleo de palma como matéria-prima para a produção do biodiesel no Brasil e no mundo, tema deste trabalho, ainda é bastante modesto atualmente. No cenário nacional, projetos da Vale e da Petrobras,

direcionados a utilização do óleo de palma para a produção de biodiesel, além de incentivos governamentais que estimulam programas de agricultura familiar, motivam uma análise mercadológica mais detalhada sobre os principais dados macroeconômicos da produção de óleo de palma. A seguir seguem essas informações.

V.4 Produção Mundial de Óleo de Palma

Os mercados de óleos comestíveis e gorduras se expandiram com o crescimento da população mundial e o apelo saudável na direção da substituição de gorduras animais na dieta das pessoas. A produção de óleo vegetal aumentou 335% desde 1980. Entre os principais óleos vegetais, o crescimento na produção do óleo de palma tem sido expressivo, com o aumento de 10 vezes o volume produzido entre 1980 e 2009. O óleo de palma superou o óleo de soja em termos de produção em 2005 (Teoh, 2010). O gráfico abaixo mostra a evolução no consumo dos principais óleos vegetais no mundo a partir de 1980.

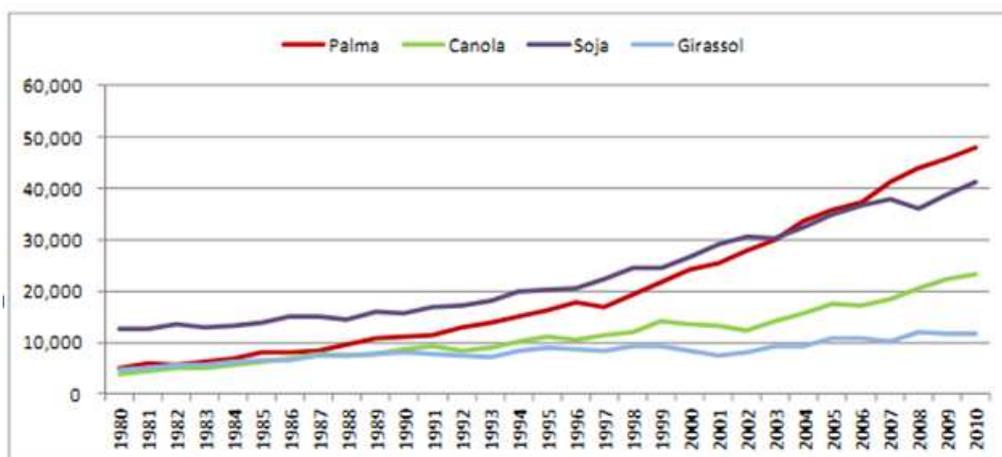


Figura V.7: Evolução da produção mundial dos principais óleos vegetais de 1980 a 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Criação de Valor Sustentável e o Óleo de Palma no Brasil, dissertação de mestrado, Julio Ribeiro de Almeida, 2012.

Em 2010, a produção mundial de óleo de palma atingiu 47,2 milhões de toneladas. Percebe-se um crescimento expressivo da produção entre 1980 e 2010 em que a produção praticamente dobra a cada 10 anos.

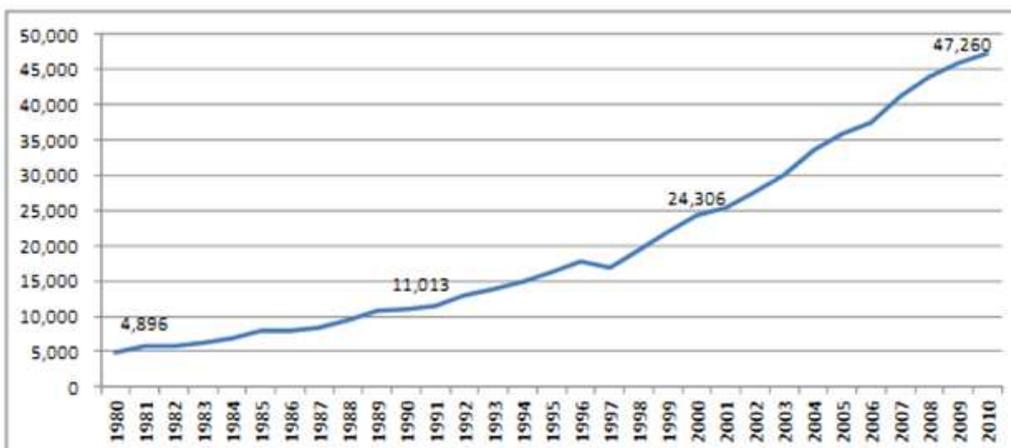


Figura V.8: Evolução da produção mundial de óleo de palma de 1980 a 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

Os dois principais produtores, Indonésia e Malásia, produziram 23,6 e 17,5 milhões de toneladas e totalizaram 87% do produto mundial. Com menor destaque estão Tailândia, Nigéria e Colômbia. O quadro abaixo descreve graficamente a produção dos principais países produtores no ano de 2010.

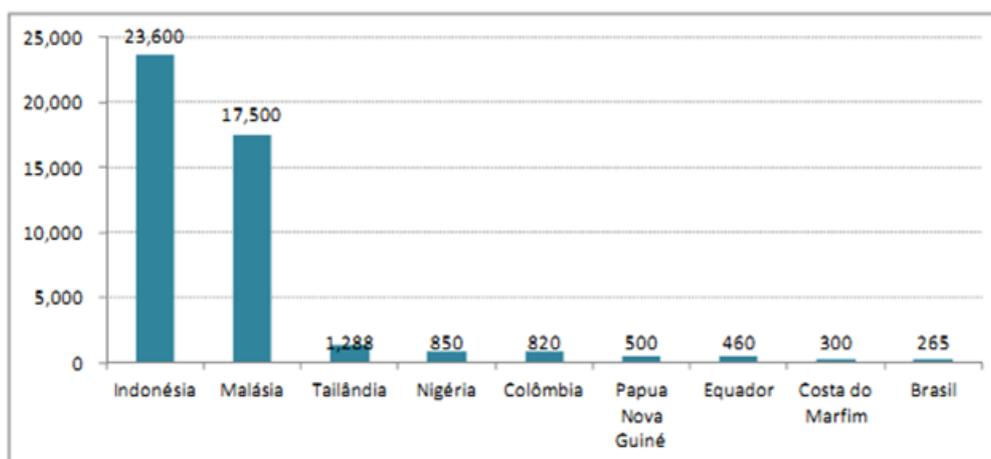


Figura V.9: Maiores produtores Mundiais de óleo de palma em 2010 (em mil toneladas)

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

A Índia, Indonésia, China e a União Europeia são os quatro maiores consumidores de óleo de palma do mundo, enquanto que o Brasil ocupa a 21ª posição. No quadro abaixo estão os nove maiores consumidores e o Brasil.

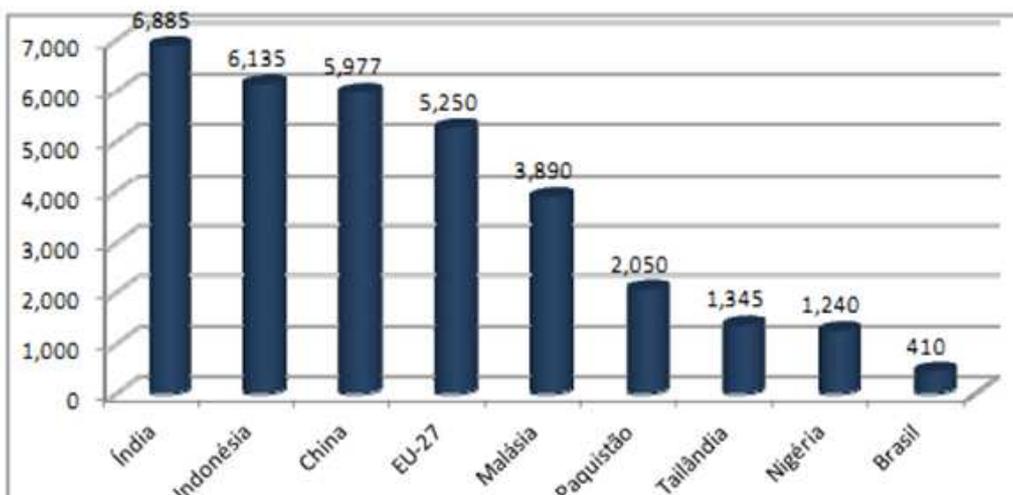


Figura V.10: Maiores países consumidores de óleo de palma e Brasil em 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

Em 2010, os maiores importadores de óleo de palma foram Índia, China, União Europeia e Paquistão. A Índia importou 6.5 milhões de toneladas desse óleo. A China, União Europeia e Paquistão importaram 5.95, 5.1 e 2.1 milhões de toneladas de óleo de palma, respectivamente. O Brasil importou 165 mil toneladas no mesmo ano.

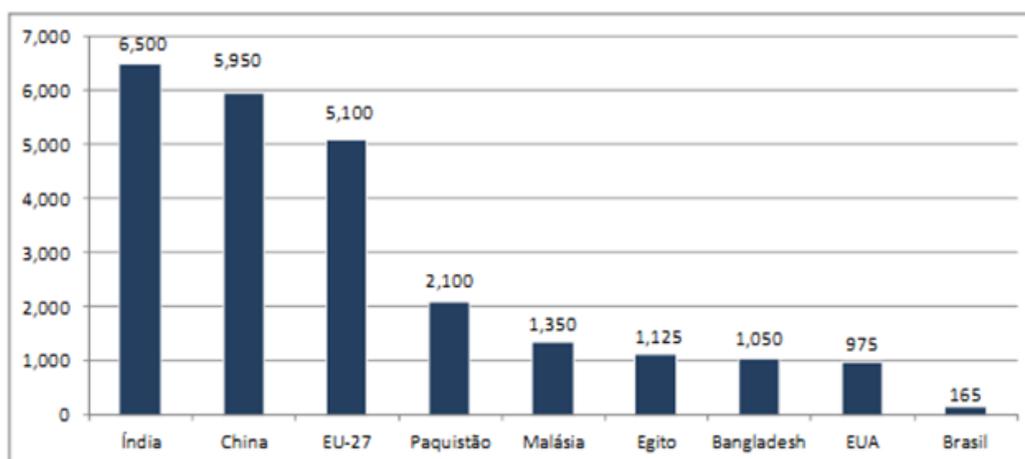


Figura V.11: Maiores países importadores de óleo de palma e Brasil em 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

V.4.1 Panorama brasileiro do óleo de palma

Com uma área plantada de 88,7 mil hectares, o Brasil apresenta uma produtividade média de pouco mais e 10 mil kg de cachos/ hectare ou

aproximadamente 2,1 toneladas de óleo por hectare. (PAM/IBGE, 2005). O gráfico abaixo descreve a evolução da produção nacional entre 1964 e 2010. Em 2010, o Brasil produziu o equivalente a 265 mil toneladas, o que representa um crescimento significativo em relação às últimas décadas.

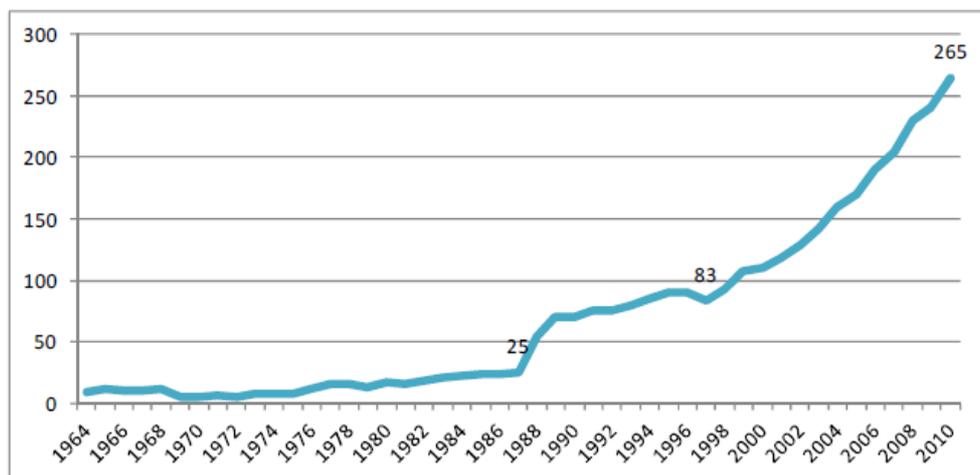


Figura V.12: Evolução da produção brasileira de óleo de palma 1964 a 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS)

Apesar da expansão da produção comentada acima, comparativamente com a Malásia e Indonésia, o Brasil possui um volume insignificante do produto atualmente. Enquanto Indonésia e Malásia produzem respectivamente 23,600 e 17,500 mil toneladas em 2010, o Brasil produziu 265 mil toneladas no mesmo período.

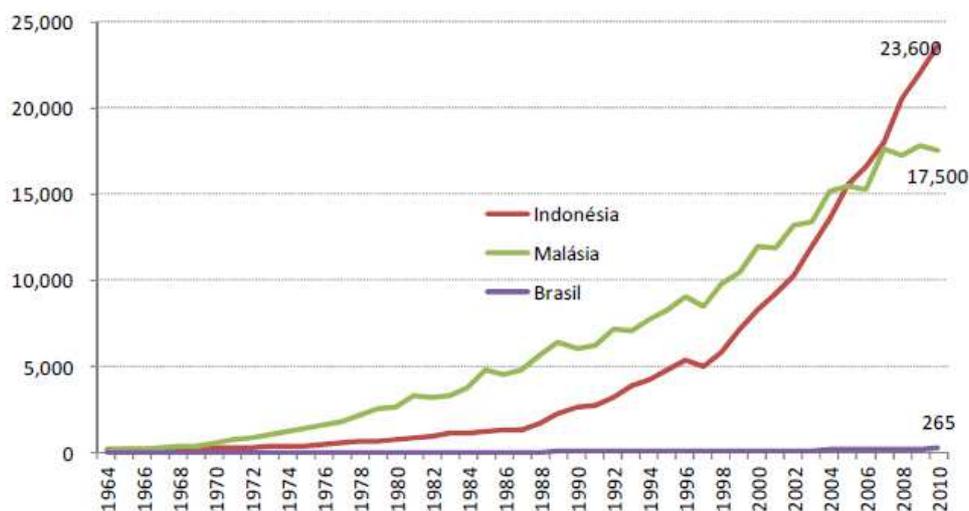


Figura V.13: Comparativo entre Brasil, Indonésia e Malásia da produção de óleo de palma 1964 a 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

A região amazônica é a responsável pela maior produção nacional de dendê, sendo o Pará o principal estado produtor. Nesse estado os principais municípios em área plantada de dendê são: Tailândia, Moju, Acará, Santa Bárbara do Pará, Igarapé-Açu, Santo Antônio do Tauá, Castanhal e Santa Izabel do Pará. Na segunda posição em produção nacional encontra-se o estado da Bahia, seguido de Amazonas e Amapá (Deser, 2007).

Embora a produção nacional de dendê esteja aumentando, o Brasil não é um grande consumidor do produto. O óleo de soja, em virtude do menor preço e da alta disponibilidade no mercado interno, é o óleo mais consumido no país e ocupa o lugar do óleo de palma.

Entretanto, apesar das condições adequadas de clima e solo, o Brasil é um importador líquido de óleo de palma e palmiste (Deser, 2007). Em 2010, o Brasil consumiu 5.2 milhões de toneladas de óleo de soja e apenas 410 mil toneladas de óleo de dendê (FAS, 2011).

O ritmo das importações brasileiras de óleo de palma aumentou consideravelmente em termos relativos a partir de 2004, atingindo 165 mil toneladas em 2010. Em comparação com os principais consumidores, a participação do Brasil é muito pequena.

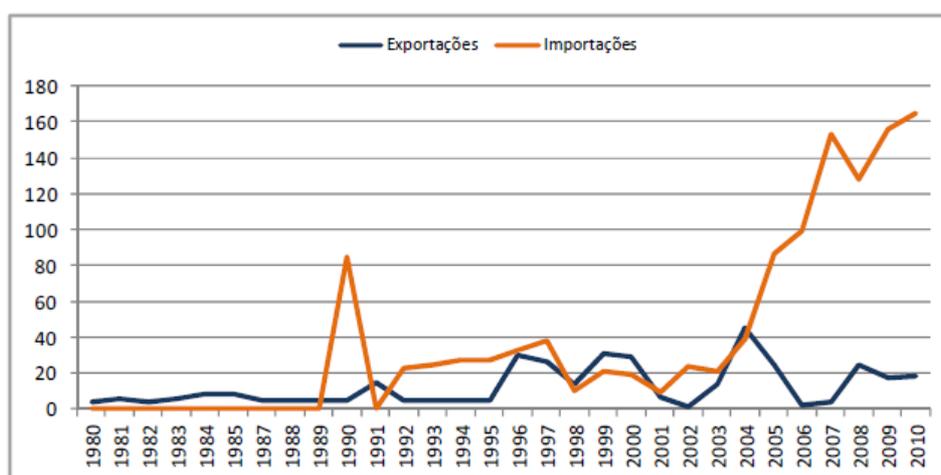


Figura V.14: Evolução das importações e exportações brasileiras de 1964 a 2010 (em mil toneladas).

Fonte: Foreign Agricultural Service (FAS).

Quase toda a produção nacional de dendê é controlada por grandes empresas e indústrias que possuem o controle da cadeia produtiva. A inserção

da agricultura familiar vem ocorrendo mais recentemente em virtude de programas de incentivo, como o “Selo Social” concedido pelo programa nacional de biodiesel (Deser, 2007).

Na Tabela V.2 são apresentadas as produções de óleo de palma por Estados e participação percentual das empresas produtoras. Em 2008 o estado do Pará produziu cerca de 96% do total do produto nacional. A empresa Agropalma, por sua vez, produziu o equivalente a 77% da produção nacional e a 80% da produção do Pará.

Tabela V.2: Produção de óleo de palma (ton) e percentual por empresas.
Fonte: Agrinual, 2010.

ESTADO	Produção (ton)	%
PARÁ	177,548	96
Agropalma	142,400	77
Marborges	13,000	7
Dentauá	7,500	4
Mejer/Yossan	5,500	3
Palmasa	5,000	3
Denpasa	2,074	1
Codenpa	2,074	1
BAHIA	8,000	4
Oldesa	4,000	2
Roldões	4,000	2
Opalma	n.d	n.d
Matupiranga	n.d	n.d
Jaguaripe	n.d	n.d
AMAZONAS	n.d	n.d
Caiaué	n.d	n.d
Emprapa	n.d	n.d

É importante ressaltar que existem projetos de expansão das áreas plantadas e outras empresas estão avaliando novos investimentos para implantação de novas áreas de plantio. Destaca-se que algumas dessas iniciativas já estão sendo colocadas em prática, como por exemplo, o projeto da Vale, que está associada a Biopalma e já deu início a produção de mudas e plantio. Outro projeto em andamento é da Petrobras Biocombustível em parceria com a empresa portuguesa Galp Energia, que em setembro de 2010, assinou os primeiros contratos, referentes à implantação do 1º Pólo de Produção do Projeto Belém, que em sua primeira fase prevê o plantio de 6 mil hectares, em Tailândia – PA, com início da colheita a partir de 2015.

(Brasilagro, 2010). A título de atualização, atualmente a Biopalma possui 35,000 hectares plantados com uma área de 25,000 a expandir no próximo triênio.

VI. Modelagem

Neste capítulo, é detalhado o esquema logístico a ser otimizado por meio de programação linear. Adicionalmente, são estabelecidas as premissas da modelagem matemática, assim como os critérios aplicados na coleta de dados.

VI.1. Objetivo e escopo

O mercado de óleos vegetais utilizados como combustível está em ascensão em todo o mundo e para o Brasil esse fato representa uma grande oportunidade, devido as muitas características favoráveis que o país apresenta para a produção destes óleos, tais como boas condições climáticas, potencial para a expansão de fronteira agrícola e mão de obra disponível (Rocha, 2011). No entanto, são necessárias diversas adaptações no sistema agrícola, na infraestrutura logística, entre outros fatores, para atender as demandas existentes no país.

Como detalhado anteriormente, o Brasil apresenta grande potencial para produção de biodiesel de palma produzido a partir do óleo de dendê proveniente da região Norte. Quem está à frente deste movimento recentemente é a Petrobras Biocombustíveis junto à Vale. As empresas estudam a possibilidade de formar uma parceria para a produção de óleo de palma no Pará. A Vale tem uma extratora de óleo de palma no município paraense de Moju e a Petrobras Biocombustíveis está implantando uma usina de biodiesel no estado para processar sua produção local.

Ambas as companhias planejam utilizar sua demanda diretamente na Região Norte. A Vale prevê a produção de biodiesel B20 (20% de óleo de palma) para atender a suas operações na região a partir de 2015. A Petrobras que exporta atualmente sua produção para a Europa também planeja concentrar a produção futura para atender prioritariamente o norte do país (Jornal O Globo, 14/08/2012).

No entanto, deve-se atentar ao fato de que as vendas de diesel são concentradas nas regiões Sudeste e Sul, que juntas são responsáveis por quase 60% das vendas de diesel no país, como ilustrado na Figura VI.1. Isso

ocorre devido ao maior desenvolvimento econômico e a concentração do parque industrial estar nessas áreas.

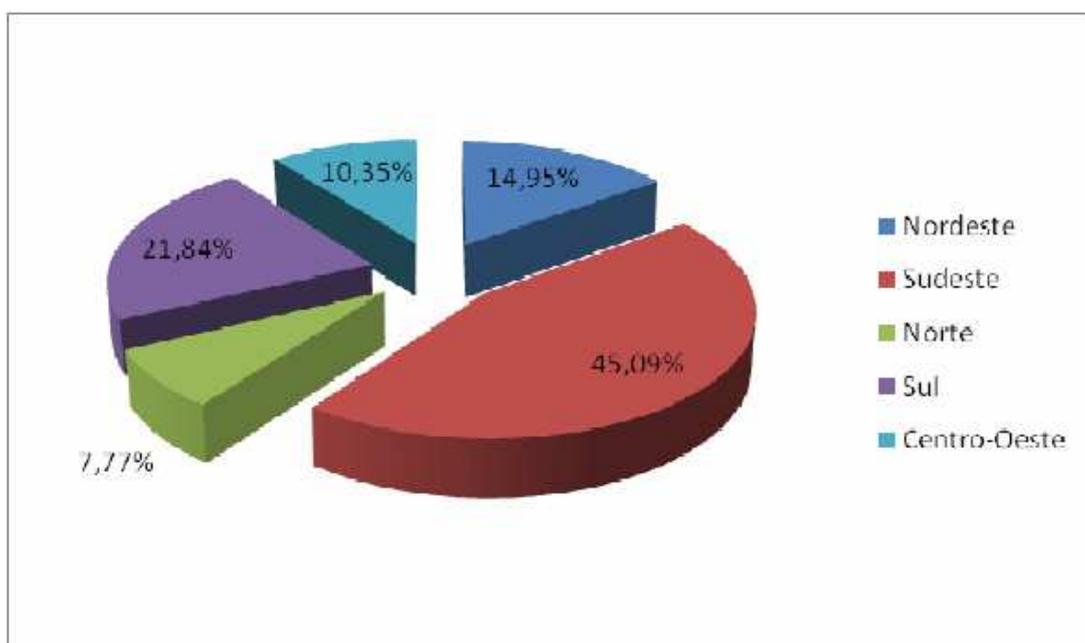


Figura VI.1. Demanda de Diesel por região
Fonte: Biodiesel BR (2009)

Adicionalmente, dados de crescimento populacional do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010) mostram que as regiões Sul e Sudeste somam 56% da população brasileira.

Segundo o estudo de Matriz Energética 2030 do Ministério das Minas e Energia, os derivados do petróleo devem permanecer na liderança da matriz do consumo final de energia. No entanto, os preços do petróleo em um patamar mais elevado somados a diretriz básica de priorizar o uso de energia renovável implicam um aumento da demanda por combustíveis não convencionais para o transporte, como o biodiesel.

De acordo com o estudo, em 2030, o biodiesel surge com participação de 1,5% a 4,0% do total da matriz energética e seu consumo tende a aumentar 10% ao ano, o que reforça a importância de estudar as possibilidades de suprimento a partir dessa fonte de energia.

Devido à maior produtividade do óleo de palma em relação aos demais óleos, a produção de biodiesel poderia dobrar se tivesse como base o óleo de palma em vez do óleo de soja, que corresponde a 80,79% dos 2,67 bilhões de litros de biodiesel produzidos em 2011, segundo a ANP. Nesse sentido, é

interessante avaliar se a produção em crescimento da Petrobras Biocombustíveis, num projeto que terá capacidade de produzir 230 milhões de litros de biodiesel por ano, e da Vale no Pará, com potencial de produzir 250 milhões de litros por ano, poderia ser utilizada para suprir parte da maior demanda de combustíveis do país, nas regiões Sul e Sudeste.

Com esse cenário em vista, a modelagem e a programação deste trabalho foram elaboradas com o objetivo de avaliar a viabilidade de enviar a produção inicial da Petrobras e da Vale no Pará para as regiões Sul e Sudeste, verificando qual seria a região ideal para a instalação das usinas produtoras de biodiesel proveniente do óleo de dendê entre o Sul e o Norte do país.

VI.2. Modelo

VI.2.1. Introdução

A modelagem proposta considera as principais bases consumidoras de combustíveis nas regiões Sul e Sudeste, a produção de óleo de palma no Pará e usinas de processamento de óleo em diversas localidades do país, de modo a definir quais localizações de usinas fornecem menor custo e maior lucro para a cadeia. Os parâmetros empregados para essa análise foram os custos de produção e processamento do óleo, os custos de transporte do óleo e do biodiesel e o preço do biodiesel.

Para analisar a cadeia de suprimento do biodiesel de palma considerando a produção de matéria-prima no Norte e a demanda no Sul do país, foi montado um cenário com 2 extratoras (nas cidades de Moju e Tailândia, no Pará), 19 usinas processadoras de óleo (espalhadas por todo o território nacional) e 9 bases de distribuição de combustíveis (nas regiões Sul e Sudeste do país), conforme ilustrado na Figura VI.2.



Figura VI.2. Mapa do Brasil com os elos da cadeia de suprimentos avaliada

O cenário proposto não considerou o plantio do dendê, visto que este também ocorre no Norte do país e não impactaria na análise comparativa entre as possibilidades de cadeia de suprimentos. Assim, o processo avaliado foi definido a partir das extratoras do óleo de palma, como mostra a Figura VI.3.

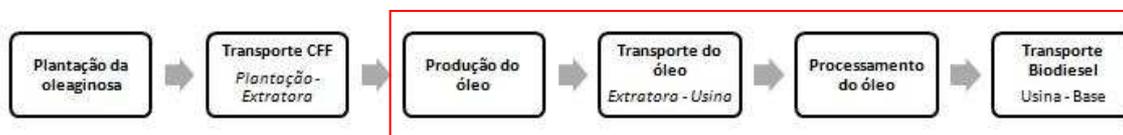


Figura VI.3. Esquema logístico da cadeia de suprimento do biodiesel

Além disso, o elo final da cadeia de suprimento foi estabelecido nas bases de distribuição de combustíveis, que concentram as demandas em pontos estratégicos, não considerando as entregas aos clientes finais devido a sua alta dispersão. Não foram considerados estoques ao longo da cadeia e a produção de óleo e a demanda de biodiesel foram consideradas constantes.

A produção inicial das extratoras no Pará foi definida em entrevistas com especialistas da área. Já a capacidade de processamento das usinas e a demanda das principais bases de combustíveis do Sul foram verificadas no site da ANP. Com a produção inicial utilizada é possível atender aproximadamente 50% da demanda estimada de biodiesel no Sul do país.

Segundo Silva (2012), no processamento do óleo, a conversão de óleo em biodiesel ocorre na proporção de aproximadamente 1:1 em massa, ou seja, 1 tonelada de óleo se converte em 1 tonelada de biodiesel.

Foram analisadas usinas existentes no país e com autorização da ANP para operação. As usinas escolhidas para a análise não necessariamente processam atualmente óleo de palma, parte delas processa apenas óleo de soja e algumas, diversos tipos de óleo. Segundo Silva (2012), todas as usinas estão aptas a processar qualquer tipo de óleo, desde que esse óleo esteja pré-tratado e refinado. Assumiu-se, então, a premissa de que todas as usinas operantes poderiam processar óleo de palma, considerando que ele sairia da extratora nas condições requeridas.

Para conversão das quantidades obtidas na coleta de dados de volume para massa foi utilizado como referência a densidade do biodiesel de palma equivalente a $0,87 \text{ ton/m}^3$ (a $25 \text{ }^\circ\text{C}$), de acordo com o Estudo sobre previsão de densidade de biodiesel proveniente de diferentes matérias-primas de Cavalcante (2010).

O modal de transporte de óleo (entre extratoras e usinas) e de biodiesel (entre usinas e bases) utilizada na análise foi o modal rodoviário. Apesar de uma parte da distribuição de combustíveis no Brasil estar fundamentada na utilização de ferrovias e dutos, modais mais adequados para a transferência de grandes volumes, no Norte e no Centro-Oeste do país há uma grande escassez desses modais (Figueiredo, 2006). Além disso, como foi visto no panorama logístico do Capítulo I, no Brasil o transporte de biodiesel é feito de uma forma geral via modal rodoviário.

Os custos de produção e de processamento do óleo de palma foram definidos de acordo com dados disponíveis na literatura e o preço de venda do biodiesel das bases pelas usinas foi estimado pelos preços divulgados nos leilões de biodiesel realizados pela Petrobras trimestralmente.

VI.2.2. Equações

O objetivo da análise realizada pela modelagem será maximizar o lucro da cadeia de suprimento do biodiesel de palma. Ao final da análise, serão definidos:

- Região ideal de uma usina de processamento, entre o Norte e o Sul;
- Custo médio geral do transporte do biodiesel de palma do Norte ao Sul do país.

A notação utilizada no modelo foi a seguinte:

(a) Índices

$i \Rightarrow$ extratoras de óleo de palma (produção);

$j \Rightarrow$ usinas de biodiesel (processamento); e

$k \Rightarrow$ bases de distribuição de combustíveis (demanda).

(b) Parâmetros

$C_{Prod} \Rightarrow$ custo de produção do óleo de palma;

$C_{Proc} \Rightarrow$ custo de processamento do óleo de palma/produção do biodiesel;

$CT1_{ij} \Rightarrow$ custo de transporte de óleo da extratora “i” para a usina “j”;

$CT2_{jk} \Rightarrow$ custo de transporte de biodiesel da usina “j” para a base “k”;

$P \Rightarrow$ preço do biodiesel vendido da usina “j” para a base “k”;

$PROD_i \Rightarrow$ capacidade máxima de produção de óleo da extratora “i”;

$PROC_j \Rightarrow$ capacidade máxima de processamento na usina “j”; e

$DEM_k \Rightarrow$ demanda de biodiesel na base “k”.

(c) Variáveis de decisão:

$Q1_{ij} \Rightarrow$ quantidade de óleo em toneladas enviada da extratora “i” até a usina “j”; e

$Q2_{jk} \Rightarrow$ quantidade de biodiesel em toneladas enviada da usina “j” para a base “k”.

O processo da cadeia de suprimentos avaliado pode ser ilustrado pelo esquema abaixo, na Figura VI.4:

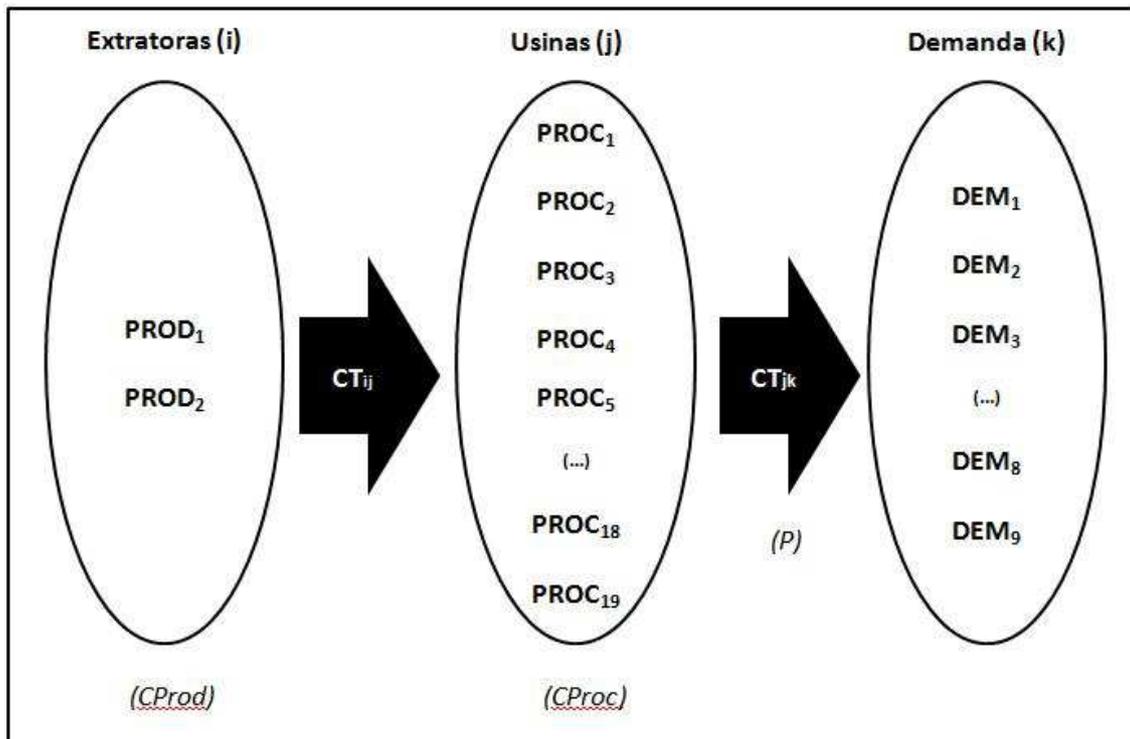


Figura VI.4. Esquema da modelagem proposta para a cadeia de suprimento do biodiesel de palma

Dada a notação definida, o modelo proposto fica então definido da seguinte forma:

$$\text{Maximizar } Z = \text{lucro total da venda de biodiesel} = R - \text{CMP} - \text{CTT1} - \text{CP} - \text{CTT2}$$

Em que cada variável representa:

R = Receita total com a venda de biodiesel das usinas para as bases

$$R = P * \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Q2_{jk} \quad (1)$$

CMP = Custo total de produção de óleo nas extratoras

$$\text{CMP} = \text{CProd} * \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Q1_{ij} \quad (2)$$

CTT1 = Custo total de transporte entre as extratoras e as usinas

$$CTT1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CT1_{ij} * Q1_{ij} \quad (3)$$

CP = Custo total de processamento do óleo/produção do biodiesel nas usinas

$$CP = CProc * \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Q2_{jk} \quad (4)$$

CTT2 = Custo total de transporte entre as usinas e as bases

$$CTT2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CT2_{ij} * Q2_{ij} \quad (5)$$

Dessa forma, a função objetivo definida é a seguinte:

Maximizar Z = lucro total da venda de biodiesel

$$\begin{aligned} &= P * \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Q2_{jk} - CProd * \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Q1_{ij} - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CT1_{ij} * Q1_{ij} \\ &- CProc * \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Q2_{jk} - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CT2_{ij} * Q2_{ij} \quad (6) \end{aligned}$$

A função fica sujeita às seguintes restrições:

- $\sum_{j=1}^J Q1_{ij} \leq PROD_i \quad (\text{para } i = 1,2) \quad (7)$

Explicação: A quantidade total de óleo enviada para todas as usinas “j” de cada extratora “i” deve ser menor ou igual à capacidade máxima de produção de cada extratora “i”.

- $\sum_{i=1}^I Q1_{ij} \leq PROC_j \quad (\text{para } j = 1, 2, 3, \dots, 19) \quad (8)$

Explicação: A quantidade total de óleo enviada de todas as extratoras “i” para cada usina “j” deve ser menor ou igual à capacidade máxima de processamento da usina “j”.

- $\sum_{j=1}^J Q2_{jk} = DEM_k$ (para $k = 1,2,3,\dots,9$) (9)

Explicação: A quantidade total de biodiesel enviada de todas as usinas (j) para cada base “k” deve ser igual à demanda de biodiesel de cada base “k”.

- $\sum_{i=1}^I Q1_{ij} = \sum_{k=1}^K Q2_{jk}$ (para $j = 1, 2, 3,\dots, 19$) (10)

Explicação: A quantidade total de biodiesel enviada de cada usina “j” para todas as bases “k” deve ser igual à quantidade total de óleo recebida de todas as extratoras “i” em cada usina “j”.

- $Q1_{ij} \geq 0$ (11)

Explicação: A quantidade transportada de cada extratora “i” para cada usina “j” não pode ser negativa.

- $V2_{jk} \geq 0$ (12)

Explicação: A quantidade transportada de cada usina “j” para cada base “k” não pode ser negativa.

VI.2.3. Apresentação dos parâmetros do modelo

Os parâmetros utilizados no processamento do modelo foram:

- (1) Capacidade de Produção do óleo palma
- (2) Capacidade de Processamento do óleo de palma
- (3) Demanda de biodiesel
- (4) Custo de produção do óleo de palma
- (5) Custo de processamento do óleo de palma
- (6) Custo de transporte do óleo de palma
- (7) Custo de transporte do biodiesel
- (8) Preço do biodiesel

A seguir serão descritas as fontes e os métodos de cálculo utilizados para especificar cada um dos parâmetros empregados na análise.

- Capacidade de produção do óleo de palma (PROD_i)

A capacidade inicial de produção de óleo de palma das extratoras no Pará foi estimada de acordo Silva (2012) e está detalhada na Tabela VI.1 para cada um dos municípios produtores.

Tabela VI.1. Capacidade de produção inicial de óleo de palma no Norte

Extratora	Município	Estado	Produção (ton/ano)
EXTRATORA 1	Tailândia	Pará	200.000
EXTRATORA 2	Moju	Pará	500.000

Ambas as extratoras têm previsão de obter uma capacidade muito maior à longo prazo, até 2019. No entanto, segundo as informações obtidas, a capacidade inicial total prevista é de aproximadamente 700.000 toneladas/ano.

- Capacidade de processamento do óleo de palma ($PROC_j$)

As usinas e suas respectivas capacidades de processamento foram definidas a partir dos dados disponíveis no site da ANP e estão detalhadas na Tabela VI.2 a seguir. A densidade de $0,87 \text{ ton/m}^3$ (Cavalcante, 2010) foi utilizada para a conversão dos dados.

Tabela VI.2. Usinas definidas para a análise e suas respectivas capacidades de processamento.

Usina	Município	Estado	Capacidade (m³/ano)	Capacidade (ton/ano)
USINA 1	Una	BA	35.280	30.694
USINA 2	Belém	PA	28.800	25.056
USINA 3	Paraíso dos Tocantis	TO	29.160	25.369
USINA 4	Simões Filho	BA	120.600	104.922
USINA 5	Quixadá	CE	108.616	94.496
USINA 6	Porto Alegre do Norte	MT	36.000	31.320
USINA 7	Taubaté	SP	181.177	157.624
USINA 8	Volta Redonda	RJ	21.600	18.792
USINA 9	Rio Brilhante	MS	108.000	93.960
USINA 10	Montes Claros	MG	108.616	94.496
USINA 11	Barbacena	MG	10.800	9.396
USINA 12	Tailândia	PA	12.600	10.962
USINA 13	Porto Nacional	TO	129.600	112.752
USINA 14	Catanduva	SP	119.988	104.390
USINA 15	Sumaré	SP	29.981	26.083
USINA 16	Lins	SP	201.683	175.464
USINA 17	Araxá	MG	10.800	9.396
USINA 18	Nova Marilândia	MT	36.000	31.320
USINA 19	Rondonópolis	MT	343.800	299.106

Com o objetivo de definir a região ótima para processamento do óleo proveniente do Norte e produção do biodiesel para atender a demanda do Sul, foram escolhidas 19 usinas ao longo do território brasileiro, de modo que fosse possível para o programa definir as melhores opções de processamento em diversos estados em todas as regiões do país.

- Demanda de biodiesel (DEM_k)

Para estimar a demanda de biodiesel das regiões Sul e Sudeste, levantou-se o consumo de diesel de cada estado destas regiões no site da ANP e calculou-se em 5% a demanda de biodiesel. Os valores obtidos estão descritos na Tabela VI.3.

Tabela VI.3. Consumo de Biodiesel estimado por estado

Estado	Consumo Anual Diesel (mil m³)	% Biodiesel na mistura	Consumo Biodiesel (mil m³)
São Paulo	11.438	5%	572
Minas Gerais	6.446	5%	322
Paraná	4.226	5%	211
Rio Grande do Sul	3.058	5%	153
Rio de Janeiro	2.681	5%	134
Santa Catarina	2.183	5%	109
Espírito Santo	1.002	5%	50

Fonte: ANP (2010)

No entanto, necessita-se definir o consumo específico das bases de distribuição, com o objetivo de mapear as localidades exatas que demandam biodiesel no sul do Brasil para a análise da modelagem proposta. De acordo com informação de Santos (2012), foram definidas as principais bases de distribuição dos estados e o percentual aproximado da demanda total do estado que cada uma dessas bases recebe, conforme detalhado a seguir:

1. Rio de Janeiro

Base de Caxias (aprox. 100% da demanda do RJ)

2. São Paulo

Base de Paulínia (aprox. 40% da demanda de SP)

Base de São José do Rio Preto (aprox. 40% da demanda de SP)

Base de São Caetano do Sul (aprox. 20% da demanda de SP)

3. Minas Gerais

Base de Betim (aprox. 100% da demanda de MG)

4. Espírito Santo

Base de Vitória (aprox. 100% da demanda do ES)

5. Paraná

Base de Araucária (aprox. 60% da demanda do PR)

Base de Maringá (aprox. 40% da demanda do PR)

6. Rio Grande do Sul

Base de Canoas (aprox. 100% da demanda do RS)

7. Santa Catarina

*Não possui bases com importância significativa frente às demais.

O consumo total de biodiesel previsto para as regiões Sul e Sudeste é de aproximadamente 1.250 mil toneladas/ano. A produção inicial de biodiesel de palma estimada no Norte é de 700 mil toneladas/ano, podendo atender aproximadamente 55% dessa demanda. Assim, a demanda final utilizada para o cálculo em questão foi determinada de acordo com esse percentual. A Tabela VI.4 discrimina os valores aplicados.

Tabela VI.4. Demanda de Biodiesel.

BASE	Município	UF	% Estimado da Base	Consumo (m³/ano)	Consumo (ton/ano)	Consumo atendido (ton/ano)
BASE 1	Caxias	RJ	100%	134.068	116.639	64.151
BASE 2	Paulínea	SP	40%	228.759	199.020	109.461
BASE 3	São José do Rio Preto	SP	40%	228.759	199.020	109.461
BASE 4	São Caetano do Sul	SP	20%	114.380	99.510	54.731
BASE 5	Betim	M G	100%	322.311	280.411	154.226
BASE 6	Vitória	ES	100%	50.101	43.587	23.973
BASE 7	Araucária	PR	60%	126.788	110.305	60.668
BASE 8	Maringá	PR	40%	84.525	73.537	40.445
BASE 9	Canoas	RS	100%	152.894	133.018	73.160
TOTAL					1.255.048	690.277

- Custo de produção do óleo de palma (CProd)

Segundo Carvalho (2008) o custo de extração de 1 tonelada de óleo de dendê é R\$ 102,92, com a data base em dezembro/2005. O valor foi atualizado pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) para julho/2012. A Tabela VI.5 apresenta o custo considerado na análise.

Tabela VI.5. Custo de produção do óleo

Data Base	Valor (R\$/ton)
dez/05	102,92
jul/12	142
IPCA acumulado até jul/12	37,95%

Fonte: Carvalho (2008)

- Custo de processamento do óleo de palma (CProc)

Conforme detalhado anteriormente, a proporção em massa reagente:produto na produção do biodiesel de palma é de 1:1. Assim, o custo de processamento de 1 tonelada de óleo de palma equivale a produção de 1 tonelada de biodiesel.

Segundo Carvalho, 2008, o custo de produção de 1 tonelada de biodiesel de dendê é R\$ 72,53, com a data base em dezembro/2005. O valor foi atualizado pelo IPCA para julho/2012. A Tabela VI.6 apresenta o custo considerado na análise.

Tabela VI.6. Custo de processamento do óleo/produção de biodiesel

Data Base	Valor (R\$/ton)
dez/05	72,53
jul/12	100
IPCA acumulado até jul/12	37,95%

Fonte: Carvalho (2008)

- Custo de transporte do óleo de palma (CT1)

O custo de transporte do óleo de palma refere-se ao custo da distribuição entre a extratora e a usina de biodiesel. Para definir o valor estimado em R\$/ton ser utilizado na equação foi utilizado um valor médio como referência, variando de acordo com a distância de cada rota.

Segundo Silva (2012), o custo médio do transporte rodoviário do óleo de palma seria R\$ 0,50/(ton*km) para o óleo líquido. Para obter o valor unitário em R\$/ton a ser empregado no modelo proposto, esse valor foi multiplicado pela distância de cada combinação possível de rota Extratora-Usina incluída na análise.

O valor descrito acima, no entanto, é apenas um valor médio que deve ser ajustado de acordo com a distância da rota rodoviária a ser percorrida. Quanto maior a distância, menor é o custo unitário do frete R\$/ton. Para estabelecer essa relação foi estimado um fator multiplicativo para cada faixa de distância das rotas estabelecidas, considerando que a cada 600 km

acrescentados a distância, o frete deve ser multiplicado por 0,95 (Santos, 2012). Os valores estão detalhados na Tabela VI.7.

Tabela VI.7.Fator multiplicativo aplicado ao frete

Referência distância (km)	Fator Multiplicativo
600 a 1200 km	0,9500
1201 a 1800 km	0,9025
1801 a 2400 km	0,8574
2401 a 3000 km	0,8145
Maior que 3000 km	**

(** Distâncias maiores que 3.000 km foram consideradas inviáveis)

Por fim, foram obtidos os seguintes fretes unitários de óleo em R\$/ton foram definidos para as rotas Extratora-Usina, como mostra a Tabela VI.8.

Tabela VI.8. Frete de óleo de palma (R\$/ton).

Produção/Usina	EXTRATORA 1	EXTRATORA 2
USINA 1	1.023	1.090
USINA 2	163	126
USINA 3	431	493
USINA 4	903	929
USINA 5	709	684
USINA 6	514	576
USINA 7	1.127	1.180
USINA 8	1.124	1.176
USINA 9	1.096	1.151
USINA 10	932	996
USINA 11	1.085	1.140
USINA 12	5	61
USINA 13	447	505
USINA 14	979	983
USINA 15	1.030	1.082
USINA 16	1.007	1.063
USINA 17	954	1.009
USINA 18	934	989
USINA 19	863	918

Fonte: Silva, 2012 (Frete de R\$0,50/ton*km multiplicado pela distância de cada rota)

- Custo de transporte do biodiesel de palma (CT2)

O custo de transporte do biodiesel refere-se ao custo da distribuição entre a usina de biodiesel e a base de combustíveis. Para determinar este parâmetro, foram obtidos valores médios de mercado do frete de biodiesel em R\$/km a partir de cada usina (com a data base de setembro/2009).

O mesmo racional aplicado ao transporte do óleo foi, então, aplicado ao custo de transporte do biodiesel para ajustar o valor médio de acordo com a distância da rota, multiplicando por um fator de reajuste a cada 600 km de distância de acordo com a Tabela IV.7. Distâncias maiores que 3.000 km foram consideradas inviáveis.

Como o frete a ser empregado na equação deve estar em R\$/ton, multiplicou-se o valor em R\$/km de cada rota pela distância da rota, dividindo-se em seguida o valor pela carga do caminhão. Como se trata de transporte de longas distâncias, estabeleceu-se como premissa que seriam utilizados caminhões de 45 m³, carga equivalente a 39,15 toneladas de biodiesel (Cavalcante, 2010).

Por fim, como o valor do frete tem data base em setembro/2009, os valores foram atualizados pelo IPCA para junho/2012, sendo multiplicados pelo valor de 1,17. Os valores finais do custo de transporte de biodiesel utilizados na análise estão detalhados na Tabela VI.9.

Tabela VI.9. Frete unitário do biodiesel para as bases (R\$/ton).

Usina /Base	BASE1	BASE2	BASE3	BASE4	BASE5	BASE6	BASE7	BASE8	BASE9
USINA1	92	120	125	120	83	55	144	149	180
USINA2	-	251	224	261	237	-	-	263	-
USINA3	126	116	94	124	104	133	137	125	170
USINA4	156	180	176	179	133	118	219	217	266
USINA5	194	221	213	221	185	170	-	-	-
USINA6	119	107	89	108	101	125	121	105	149
USINA7	30	23	62	16	52	82	62	78	120
USINA8	9	25	63	29	38	49	63	78	111
USINA9	112	81	57	83	112	148	80	41	105
USINA10	61	73	67	72	33	68	99	95	137
USINA11	23	49	61	48	18	47	83	99	133
USINA12	247	225	209	235	222	257	261	238	-
USINA13	129	118	96	126	106	136	140	128	174
USINA14	65	24	5	34	50	95	64	40	112
USINA15	46	2	29	11	49	86	45	50	96
USINA16	69	31	11	38	58	106	51	32	93
USINA17	67	45	35	52	30	76	86	71	136
USINA18	129	104	86	111	110	136	115	96	138
USINA19	109	77	62	84	83	111	94	72	113

- Preço do biodiesel (P)

O preço do biodiesel utilizado na análise refere-se ao preço de venda das usinas para as bases de combustíveis, de modo a avaliar o maior lucro possível a ser obtido, otimizando a cadeia logística de modo que o custo gerado seja o menor possível.

Atualmente no Brasil, a venda do biodiesel das usinas para as distribuidoras de combustíveis é realizada por meio de leilões. O resultado desses leilões é disponibilizado no site da ANP.

Para determinar o preço do biodiesel empregado na análise, buscou-se o resultado do leilão ocorrido em abril/2012. Como nem todas as usinas participam de cada leilão, não está disponível o preço de cada usina empregada nessa análise. Assim, foi calculado o preço médio do biodiesel

vendido para todas as usinas do Brasil. O preço estimado foi de R\$ 2.457,57/tonelada.

VII. Solução do Modelo

Neste capítulo, são explicados os detalhes do programa utilizado para rodar o modelo e são descritos e analisados os resultados obtidos na programação.

VII.1. Programação

O modelo foi processado por meio de programação linear com linguagem baseada em AMPL (*A Modeling Language for Mathematical Programming*). O solver utilizado para rodar as soluções foi o GLPK.

Todos os parâmetros descritos no Capítulo 6 foram utilizados na programação. Os dados e variáveis envolvidos na programação estão descritos na Tabela VII.1.

Tabela VII.1. Premissas envolvidas na programação

Descrição	Dados/Valores
Parâmetros:	CProd, CProd, CT1, CT2, DEM, PB, PROC e PROD
Sets:	EXTRATORAS, USINAS E BASES
Variáveis:	Q1 e Q2
Restrições:	DEM, PROC e PROD
Objetivo:	Lucro Total

Na programação, as variáveis de decisão são a massa de óleo transferida entre as extratoras e as usinas (Q1) e de biodiesel transferida entre as usinas e as bases (Q2), definindo quais as usinas devem processar a produção. Além das quantidades, o programa fornece o resultado da função objetivo, o lucro total máximo obtido na cadeia de suprimentos definida pelo programa e a partir dos dados obtidos é possível calcular o custo logístico envolvido.

VII.2. Resultados

VII.2.1. Localização ótima para as usinas

As quantidades de óleo (Q1) e de biodiesel (Q2) obtidas como resultado do processamento do modelo estão detalhados na Tabela VII.2 a seguir.

Tabela VII. 2. Quantidades em toneladas transferidas entre Extratoras e Usinas (Q1) e entre Usinas e Bases (Q2)

	Q1 (Ext – Usi, ton)		Q2 (Usi – Base, ton)								
	E1	E2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
U1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U2	-	9.396	-	-	5.071	-	4.325	-	-	-	-
U3	25.369	-	-	-	-	-	25.369	-	-	-	-
U4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U5	-	94.496	64.151	-	-	-	6.372	23.973	-	-	-
U6	31.320	-	-	-	-	31.320	-	-	-	-	-
U7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U10	2.485	-	-	-	-	-	2.485	-	-	-	-
U11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U12	10.962	-	-	8.039	-	-	2.923	-	-	-	-
U13	112.752	-	-	-	-	-	112.752	-	-	-	-
U14	-	104.390	-	-	104.390	-	-	-	-	-	-
U15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U19	17.112	281.994	-	101.422	-	23.411	-	-	60.668	40.445	73.160

Considerando as quantidades transferidas, foram definidas as usinas para processar a produção de óleo de palma, destacadas em uma cor diferente na Tabela VII.3, que descreve o percentual utilizado de sua capacidade nominal. As demais foram descartadas pelo programa e não tiveram sua

capacidade de processamento utilizada nas rotas definidas pela solução ótima. A Figura VII.1 ilustra as usinas escolhidas pelo programa na cor verde.

Tabela VII.3. Usinas de biodiesel definidas pela programação para processar o óleo de palma

Usinas		Município	UF	Quant. de óleo (ton/ano)	Cap. Nominal (ton/ano)	% Capacidade Utilizada
USINA1	UNA	Una	BA	-	30.694	0%
USINA2	BEL	Belém	PA	9.396	25.056	38%
USINA3	PAR	Paraíso do Tocantins	TO	25.369	25.369	100%
USINA4	SIF	Simões Filho	BA	-	104.922	0%
USINA5	QUI	Quixadá	CE	94.496	94.496	100%
USINA6	POA	Porto Alegre do Norte	MT	31.320	31.320	100%
USINA7	TAU	Taubaté	SP	-	157.624	0%
USINA8	VOR	Volta Redonda	RJ	-	18.792	0%
USINA9	RIB	Rio Brilhante	MS	-	93.960	0%
USINA10	MOC	Montes Claros	MG	2.485	94.496	3%
USINA11	BAR	Barbacena	MG	-	9.396	0%
USINA12	TAI	Tailândia	PA	10.962	10.962	100%
USINA13	PON	Porto Nacional	TO	112.752	112.752	100%
USINA14	CAT	Catanduva	SP	104.390	104.390	100%
USINA15	SUM	Sumaré	SP	-	26.083	0%
USINA16	LIN	Lins	SP	-	175.464	0%
USINA17	ARX	Araxá	MG	-	9.396	0%
USINA18	NOM	Nova Marilândia	MT	-	31.320	0%
USINA19	RON	Rondonópolis	MT	299.106	299.106	100%



Figura VII.1. Usinas de biodiesel definidas pela programação para processar o óleo de palma

Como podemos observar, grande parte das usinas escolhidas pelo programa estão localizadas na região Norte do país, mais próximas à produção do óleo de palma. A Figura VII.2 ilustra o percentual exato da quantidade processada em cada região. Das 690 mil toneladas de biodiesel a serem entregues no Sul do país, 85% será proveniente, então, do Norte, considerando também as usinas do Mato Grosso por estarem mais ao Norte do país.

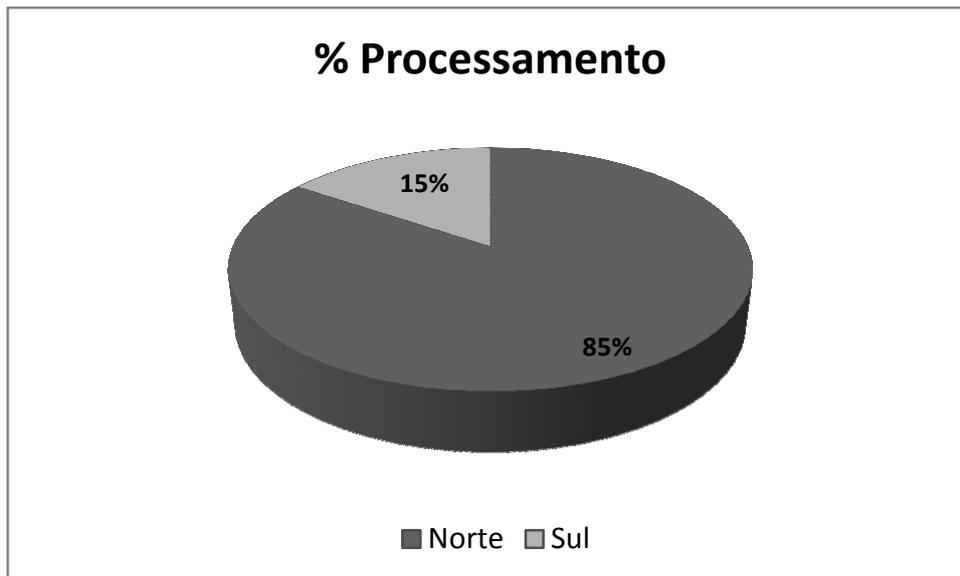


Figura VII.2. Percentual da produção processado em cada região

A Figura VII.3 ilustra a cadeia logística definida para o escoamento de óleo das extratoras para as usinas. Todas as usinas dos estados do Pará e do Tocantins foram escolhidas como preferenciais. No Centro Oeste, o Mato-Grosso do Sul foi definido para processar boa parte da demanda e o Sudeste apresentou vantagem competitiva nos estados de Minas Gerais e São Paulo em relação à região Nordeste, com usinas na Bahia, por exemplo, que desviariam mais a cadeia da rota Produção-Demanda.



Figura VII.3. Rotas definidas para o transporte de óleo das extratoras para as usinas

A Figura VII.4 ilustra as rotas logísticas definidas para o transporte de biodiesel das usinas para as bases de combustíveis. Segundo as rotas definidas pelo programa, os estados da região Sul devem ser supridos de biodiesel pelo Mato Grosso e o Rio de Janeiro pelo Ceará. Já as bases de combustíveis de Minas Gerais e de São Paulo, como apresentam as maiores demandas, recebem de diversas fontes, do Norte, Centro-Oeste e do próprio Sudeste.

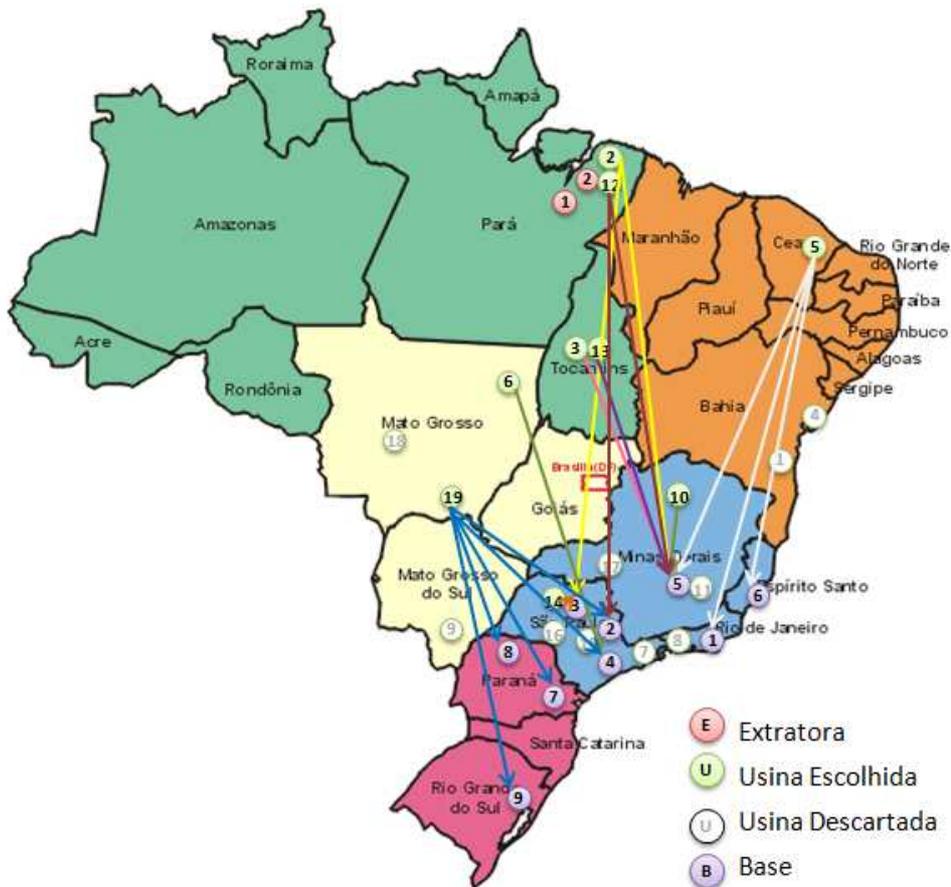


Figura VII.4. Rotas definidas para o transporte de biodiesel das usinas para as bases de combustíveis

Apesar de a maior parte das usinas definidas para a cadeia logística estar no Norte do país, ainda é necessário percorrer grandes distâncias para processar toda a massa produzida, devido à baixa capacidade de processamento disponível próxima às extratoras.

As quantidades transferidas nas rotas e as distâncias de cada uma delas estão definidos na Tabela VII.4. Na Tabela, as colunas Extratora e Base apresentam os locais de produção de óleo e de demanda de biodiesel, enquanto a coluna Usina discrimina quais usinas dentre as dezenove (19) avaliadas foram definidas pelo programa para processar a produção. A coluna Quantidade (E=>U) e a primeira coluna de Distância apresentam a massa transportada e a distância percorrida entre uma rota Extratora-Usina. Por exemplo, 25.369 toneladas são transportadas da extratora PROD1 para a usina PROC3, percorrendo uma distância de 907 km nessa rota. Já a coluna Quantidade (U=>B) e a outra coluna de distância apresentam a massa

transportada e a distância percorrida entre uma rota Usina-Base. Por exemplo, as 25.369 toneladas de óleo processadas na usina PROC3 resultaram nessa mesma quantidade de biodiesel que foi transportada para a base DEM5, em uma rota de distância 1.467 km.

Tabela VII.4 Rotas e variáveis definidas pelo programa para a cadeia de suprimentos

Extratora/ Local		Quant E=>U (ton)	Dist (km)	Usina/Local		Quant U=>B (ton)	Dist (km)	Base/ Local			
EXT1	PA	25.369	907	USINA3	TO	25.369	1.467	BASE5	SP		
		31.320	1.083	USINA6	MT	31.320	1.867	BASE4	SP		
		2.485	2.174	USINA10	MG	2.485	430	BASE5	SP		
		10.962	10	USINA12	PA	2.923	2.374	BASE5	SP		
						8.039	2.534	BASE2	SP		
		112.752	990	USINA13	TO	112.752	1.445	BASE5	SP		
17.112	2.012	USINA19	MT	23.411	1.360	BASE4	SP				
281.994	2.141			40.445	1.109	BASE8	PR				
				60.668	1.527	BASE7	PR				
				73.160	1.921	BASE9	RS				
				101.422	1.249	BASE2	SP				
9.396	265			USINA2	PA	4.325	2.660	BASE5	SP		
		5.071	2.517			BASE3	SP				
		94.496	1.596			USINA5	CE	6.372	2.183	BASE5	SP
								64.151	2.413	BASE1	RJ
104.390	2.414	USINA14	SP	23.973	2.006	BASE6	ES				
				104.390	59	BASE3	SP				

A média das distâncias percorridas (ponderada pela massa) do trajeto extratora-usina foi de 1.764 km, valor maior que a média das distâncias do trajeto usina-base, de 1.406 km. Isso ocorre porque mais de 50% da massa transferida entre extratora-usina é transportado em rotas com distância maior que 2.000 km. A maioria das usinas localizadas próximas às extratoras, no Pará e em Tocantins, (em distâncias até 1.000 km) apresenta baixa capacidade de processamento (entre 10 e 25 mil toneladas/ano), o que força o

processamento do óleo em usinas um pouco mais distantes, como no Mato Grosso, onde são processados 40% da quantidade produzida.

Além disso, no trajeto usina-base, quase 50% da massa de biodiesel é transportada em rotas de 1.200 a 1.900 km, distâncias mais moderadas, visto que a maioria das usinas escolhidas está localizada em pontos intermediários da cadeia logística e que a maior capacidade de processamento se concentra nos estados de São Paulo e Mato Grosso.

Em geral, se compararmos as colunas de distância extratora-usina e de distância usina-base, as usinas definidas para a cadeia logística ficam mais próximas à produção. Essa resposta do programa envolve também os custos de transporte do óleo e do biodiesel, que serão avaliados no próximo item.

VII.2.2. Custo total de transporte

Os custos envolvidos na análise foram: custo de produção, custo de processamento e custos de transporte (extratora-usina e usina-base). Como referência, os custos de produção e processamento adotados na programação foram os mesmos para todas as extratoras e usinas, respectivamente. Dessa forma, a logística é o fator determinante para a resposta do programa e os custos de transporte extratora-usina e usina-base serão avaliados neste capítulo.

O custo total do processo pode ser calculado com base nas rotas definidas pela programação e os custos unitários atrelados a elas:

- Produção: Custo unitário de produção de óleo x Produção nas extratoras PROD1 e PROD2;
- Processamento: Custo unitário de processamento x Massa processada nas usinas;
- Transporte Extratora-Usina: Custo unitário de transporte E-U (específico para cada rota) x Massa transportada
- Transporte Usina-Base: Custo unitário de transporte U-B (específico para cada rota) x Massa transportada

A distribuição percentual das parcelas que compõem o custo total do resultado da otimização está detalhada na Figura VII.5.

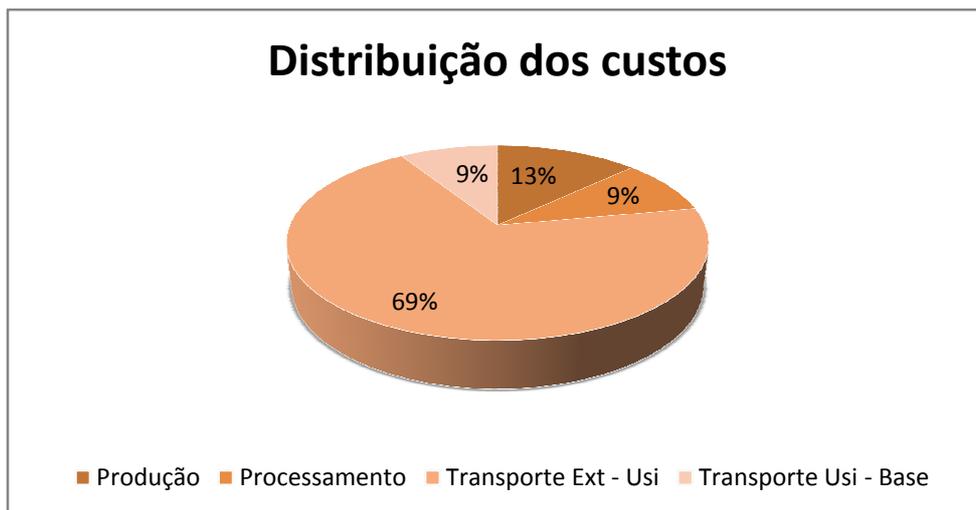


Figura VII.5. Percentual dos custos envolvidos no processo

Devido à importância do custo logístico, os produtores de biodiesel estão, em geral, localizados próximos à produção da matéria-prima ou próximos dos grandes centros consumidores. Na cadeia de suprimentos avaliada, é possível observar que esse custo representa quase 80% do total, com grande impacto do transporte entre extratoras e usinas. Por isso, a localização preferencial dos produtos foi próxima a matéria-prima.

O óleo de palma exige algumas condições específicas para seu transporte, o que impacta diretamente nesse custo. Apesar de não ser perecível, podendo ser estocado de 1 a 2 anos, o óleo em questão necessita ser mantido em temperaturas entre 50 e 55 °C ao ser transportado, segundo estudo do *Grupo de Trabalho de Comércio e Logística da Palma de Óleo*, formado pelo Ministério da Fazenda, Ministério de Minas e Energia e diversas empresas.

Na análise da cadeia logística em questão, o transporte do óleo é mais caro que o do biodiesel em todas as rotas definidas pela otimização, conforme pode ser observado na Tabela VII.5, com exceção das rotas para usinas localizadas no estado do Pará, devido a sua grande proximidade das extratoras (produtoras de óleo de palma). O custo unitário médio de transporte entre extratora e usina foi de R\$ 756,00/ton, enquanto o custo médio entre usina e base foi de R\$ 98,00/ton.

Tabela VII.5. Custo de transporte das rotas definidas pela otimização

Ext/Local		Custo Unitário (R\$/ton)	Custo Total (k R\$)	Usina/Local		Custo Unitário (R\$/ton)	Custo Total (k R\$)	Base/Local			
EXT1	PA	431	10.930	USINA3	TO	104	2.646	BASE5	SP		
		514	16.112	USINA6	MT	108	3.388	BASE4	SP		
		982	2.316	USINA10	MG	33	83	BASE5	SP		
		5	52	USINA12	PA	222	650	BASE5	SP		
						225	1.813	BASE2	SP		
		447	50.371	USINA13	TO	106	11.960	BASE5	SP		
863	14.459	USINA19	MT	84	1.969	BASE4	SP				
EXT2	PA			281.994	2.141	72	2.920	BASE8	PR		
						94	5.730	BASE7	PR		
						113	8.258	BASE9	RS		
						77	7.835	BASE2	SP		
						9.396	265	USINA2	PA	237	1.024
		224	1.136							BASE3	SP
94.496	1.596	USINA5	CE	185	1.179	BASE5	SP				
				194	12.452	BASE1	RJ				
				170	4.075	BASE6	ES				
104.309	2.414	USINA14	SP	5	529	BASE3	SP				

De acordo com o estudo do *Grupo de Trabalho de Comércio e Logística da Palma de Óleo*, o custo de frete médio do óleo de palma no mercado nacional é em torno de R\$ 136,00/ton, valor muito inferior ao frete médio obtido na análise logística do presente trabalho, multiplicando o valor de R\$0,50/(ton*km) pela distância de cada rota.

Essa diferença pode ser explicada levando em consideração que o frete de óleo do presente trabalho foi estimado com base em um unitário em R\$/(ton*km), que foi aplicado para grandes distâncias, o que aumentou em muito o frete R\$/ton final.

Considerando o custo de transporte médio de óleo de palma de R\$ 136,00/ton e o frete médio aplicado na análise de R\$ 0,50/(ton*km), estima-se que as distâncias para transporte de óleo de palma no Brasil são em torno de 270 km, enquanto a distância média extratora-usina obtida na análise foi de 1.764 km.

O custo do transporte do próprio biodiesel não apresenta tanto impacto no produto final quanto o óleo de palma, porque além de ser inferior, os leilões da ANP eximem os produtores desse custo, considerando que o biodiesel é

comercializado das usinas na modalidade FOB (*Free on Board*), em que as distribuidoras detentoras das bases devem buscar o produto nas usinas.

Dessa forma, pode-se concluir que para reduzir o impacto do custo de transporte na análise e maximizar o lucro da cadeia logística do biodiesel de palma, é necessário considerar mais usinas próximas a região produtora de óleo, no Norte do Brasil.

VII.2.3. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade tem como objetivo determinar o quanto a solução ótima definida pela programação é sensível a mudanças nos parâmetros e nos coeficientes originais do problema estabelecido pela modelagem.

Para realizar essa análise, é possível variar cada parâmetro e o coeficiente do problema e verificar o impacto dessa variação na solução ótima. No entanto, os softwares de programação atuais fornecem valores que possibilitam a realização na análise de sensibilidade de forma direta. Esses valores são:

- *Shadow Price*: é a alteração gerada no resultado da otimização a cada unidade aumentada do valor de determinada restrição (chamado de “Lado Direito da Equação”), levando em consideração que todos os outros dados foram mantidos. Cada *shadow price* tem uma faixa na qual ele se aplica. Quando a restrição é “inativa”, o *shadow price* é 0, ou seja, o valor ótimo não é sensível a ela. Se mudarmos pouco o valor da restrição do lado direito da equação, não afetará a solução ótima.

- Coeficientes da função objetivo: Também é possível avaliar o impacto da alteração dos coeficientes da função objetivo no resultado da solução ótima. Nesse caso, também há uma faixa em que podem ser alterados até variar a solução ótima. No presente trabalho, a análise de sensibilidade desses coeficientes foi feita manualmente, alterando cada coeficiente e avaliando o impacto gerado na solução ótima do problema.

Na análise de cadeia do biodiesel em questão, o solver utilizado fornece o valor do *Shadow Price*, também conhecido como *Marginal Value*. O valor *Marginal* representa o impacto que será gerado no lucro total da cadeia caso o

valor de determinada restrição seja aumentado em uma (1) unidade, considerando que todas as outras condições foram mantidas e que a variação ainda esteja dentro dos limites da faixa de variação do lado direito da equação. Nesse caso, as restrições avaliadas são: capacidade de produção das extratoras, capacidade de processamento das usinas e demanda de biodiesel nas bases de combustíveis.

Em relação à capacidade de produção das extratoras, a solução ótima do problema é influenciada somente pela produção no município de Tailândia, no Pará (PROD1), que está sendo utilizada em seu limite máximo. O valor marginal é aplicável somente quando uma restrição está ativa e é sempre igual a zero para restrições inativas, ou seja, que não estão no seu limite máximo ou mínimo, como é o caso da produção no município de Moju, no Pará (PROD2). Segundo a análise de sensibilidade, a cada unidade aumentada da capacidade de produção na extratora PROD1, o lucro total da cadeia de suprimentos aumenta em R\$ 55,00.

A capacidade de produção da extratora PROD1 é utilizada em seu máximo, pois esta envia óleo para usinas mais próximas, no Norte do país, de modo que suas condições logísticas na cadeia de suprimentos definida pela análise do programa são mais competitivas.

O gráfico da Figura VII.6 ilustra a sensibilidade da solução em relação à capacidade de processamento das usinas.

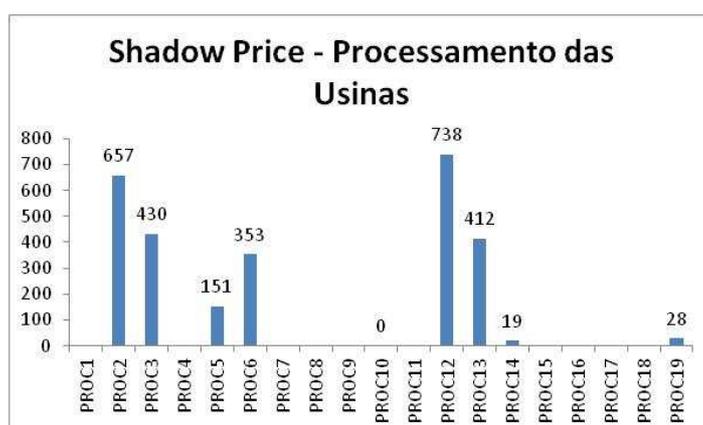


Figura VII.6. Gráfico de *shadow price* da capacidade de processamento das usinas

Conforme esperado, não há nenhum incentivo para se aumentar a capacidade de produção de usinas anteriormente descartadas pela otimização,

de modo que a solução ótima não é sensível à capacidade de processamento dessas usinas. Dentre as usinas que processam óleo na cadeia de biodiesel definida, a solução é mais sensível ao processamento das usinas de Belém, no Pará (PROC2) e em Tailândia, também no Pará (PROC12). Como estão muito próximas ao local de produção do óleo, o aumento na sua capacidade de produção contribuiria com um ganho significativo em lucro para a cadeia.

A produção de biodiesel das usinas PROC3 (Paraíso do Tocantins, Tocantins), PROC6 (Porto Alegre do Norte, MT) e PROC13 (Porto Nacional, Tocantins) apresentam impacto intermediário ao problema, enquanto a das usinas PROC5 (Quixadá, Ceará), PROC14 (Catanduva, SP) e PROC19 (Rondonópolis, MT) apresentam baixo impacto, reforçando a grande importância das usinas do Norte para a maximização de lucro e redução de custos da cadeia logística analisada.

O gráfico da Figura VII.7 ilustra o impacto da variação da demanda de cada base na solução ótima do problema. Como se pode observar, a sensibilidade da solução à demanda das bases é equivalente para todas, dado que apresentam localização próxima e que foi utilizado na análise o preço médio de venda do biodiesel. Assim o aumento da demanda das bases em uma tonelada aumenta em torno de R\$ 1.150 o lucro total da cadeia.



Figura VII.7. Gráfico de *shadow price* da demanda de biodiesel das bases de combustíveis

Conforme descrito anteriormente, a análise dos coeficientes da função objetivo foi feita manualmente, variando os custos para cada unidade e verificando o impacto dessa variação na solução ótima (lucro total).

Como se trata de uma equação linear, o shadow price dos custos de produção, processamento, transporte e do preço de biodiesel é exatamente a quantidade associada a cada um deles. Por exemplo, considerando a extratora PROD1, que processa 200.000 toneladas de óleo de palma, se aumentarmos em uma unidade o custo de produção dessa extratora, o impacto na solução ótima será uma redução de 200.000 reais no lucro total (R\$ 1 por tonelada processada). Isso se aplica a todos os demais custos envolvidos. De modo que as análises anteriores das quantidades transportadas, das capacidades de produção, de processamento e da demanda de biodiesel fornecem visibilidade também da sensibilidade aos custos associados a esses parâmetros.

VII.3. Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos na otimização do modelo proposto apresentaram a utilização prioritária de todas as usinas no Norte, e de algumas usinas no Centro-Oeste e no Nordeste. Após ter esgotado a capacidade de processamento disponível próxima à produção de óleo, o programa optou por usinas em São Paulo, próximas da região consumidora de biodiesel.

Essa solução foi obtida devido à necessidade de reduzir o custo logístico, otimizando o custo elevado do transporte do óleo em relação ao custo de transporte de biodiesel. Mesmo com a utilização das usinas próximas, a análise dos custos da Figura VII.5 demonstra o alto impacto do custo logístico do transporte do óleo, evidenciando a vantagem de transportar biodiesel do que óleo em grandes distâncias.

Dessa forma, a cadeia de suprimentos de biodiesel sugerida para o biodiesel de palma proveniente no Norte seria conforme o modelo (4) da Figura I.6 no Capítulo 1, com as usinas de processamento próximas a produção de óleo.

Tendo em vista que a análise de sensibilidade demonstrou que para otimizar os resultados da cadeia, a variável mais importante é a capacidade de processamento do Norte e considerando a baixa disponibilidade de usinas na região, para viabilizar o escoamento do óleo de palma é fundamental o aumento da capacidade de processamento. Isso reforça a importância dos

investimentos que estão sendo realizados por grandes empresas brasileiras no Norte, na produção e no processamento do óleo.

VIII. Conclusão

O setor de combustíveis alternativos no Brasil é relativamente recente e apresenta vários desafios a serem superados. Tendo em vista as análises do presente trabalho, conclui-se que o biodiesel pode impulsionar esse setor, desde que realizados investimentos no país, incentivando a produção de oleaginosas em determinadas regiões e estruturando a logística de distribuição de combustíveis.

Atualmente, a principal matéria-prima para produção de biodiesel no país é a soja. No entanto, devido ao alto rendimento de biodiesel apresentado pela palma, esta oleaginosa tem se mostrado a matéria prima mais adequada para o incremento do biodiesel na matriz energética brasileira.

O Norte do país, em particular, apresenta as condições edafoclimáticas (clima e solo) favoráveis para o plantio da palma. A região, entretanto, possui atualmente algumas limitações, como capacidade reduzida de processamento de óleo com poucas usinas instaladas, e restrições logísticas com a baixa disponibilidade dos modais ferroviário e dutoviário.

Segundo a programação desenvolvida no presente estudo, o processamento de óleo, i.e. a usina de biodiesel, deve estar próxima à extração do óleo e produção da oleaginosa, considerando o alto custo de transporte do óleo e o custo inferior de transporte do biodiesel. Assim, para processar a produção crescente, são necessários investimentos em novas usinas no Norte do país, como já está ocorrendo por meio das iniciativas da Petrobras e da Vale. Adicionalmente, é possível utilizar parte da capacidade instalada do Centro-Oeste em localidades próximas ao Norte, considerando o alto índice de capacidade ociosa presente na região.

Para viabilizar o escoamento do biodiesel de palma produzido no Norte a custos competitivos para os regiões com maior demanda de combustíveis, Sul e Sudeste, e também para aproveitar a capacidade de processamento ociosa da região Centro-Oeste, são necessários investimentos na infra-estrutura logística da região Norte, como dutos, ferrovias e principalmente hidrovias.

No caso de novos dutos e ferrovias, a viabilidade depende da movimentação de grandes quantidades, visto que esses modais requerem altos investimentos para sua construção e manutenção. Figueiredo (2006) avaliou os

fretes, os custos de construção e as taxas de crescimento de volume e verificou que a construção de novos dutos e ferrovias para o transporte de combustíveis não se viabiliza atualmente no país. Por outro lado, investimentos nesses modais devem ser vistos como impulsionadores do crescimento da economia, podendo fazer parte do planejamento político do desenvolvimento de determinadas regiões.

Avaliando a disponibilidade de rios no Norte, o modal hidroviário apresenta grande potencial de utilização. Como foi detalhado anteriormente, a Amazônia brasileira possui uma extensa rede hidroviária, com rios navegáveis em sua maioria, conectando internamente toda a região e podendo prover acessibilidade dos fluxos de carga do eixo Norte-Sudeste. No entanto, trata-se de um modal com utilização geralmente associada à combinação com outros, de modo que sua eficiência depende de investimentos em instalações para transbordo e em outros modais.

É importante ressaltar que o desenvolvimento sustentável do biodiesel no Brasil está diretamente relacionado a questões sociais e ambientais, que devem ser levadas em conta em detrimento dos aspectos econômicos para o estímulo a uma matriz energética mais limpa. Considerando a baixa competitividade atual do biodiesel frente ao diesel e a necessidade de investimentos em sua cadeia produtiva na região Norte, o crescimento dessa alternativa no país depende diretamente de incentivos governamentais e do apoio da iniciativa privada.

Nesse sentido, o mercado atual de biodiesel no Brasil necessita de fato de regulamentações e controles governamentais eficazes. O governo deve continuar estimulando a produção do biodiesel por meio do PNPB, como forma de garantir condições competitivas para os produtores e incentivar também o desenvolvimento sócio-econômico do Norte. O mecanismo de leilões, por sua vez, garante o equilíbrio entre os grandes e pequenos produtores, minimiza a assimetria de informação entre os agentes, uma vez que os lances são abertos, reduzem a disparidade de preços, fornecendo um ambiente competitivo, e garante a participação da agricultura familiar no fornecimento de matéria-prima, com a exigência do selo social.

Tendo em vista a melhoria de infraestrutura logística requerida, o governo conseguirá evoluir somente com o apoio de empresas privadas.

Devido à necessidade de grandes volumes para viabilizar os investimentos em ferrovias, dutos e hidrovias, o volume de biodiesel ou de combustíveis não poderá justificá-los. Devem ser analisadas cargas mais representativas como minério e as do agronegócio, de modo que diversos setores da economia se mobilizem para que os investimentos logísticos ocorram. Como importantes empresas, tais como Vale, Petrobras e Agropalma, já estão diretamente envolvidas na exploração do biodiesel de palma da Amazônia, a análise dessas cargas em conjunto é facilitada.

Por mais que atualmente a utilização de biodiesel não seja comercialmente vantajosa, ela pode se tornar, se os investimentos adequados forem realizados no país e também considerando outros benefícios, como a obtenção de créditos de carbono por meio da utilização de uma energia limpa. Dessa forma, a viabilização do escoamento de biodiesel de palma do Norte para o Sul e o Sudeste do Brasil depende principalmente de uma visão de longo prazo das iniciativas pública e privada, com o objetivo de estimular o uso de combustíveis mais limpos na matriz energética do país.

Além disso, a configuração do mercado de combustíveis tende a se alterar, com o encarecimento do diesel em relação ao biodiesel, por ser um combustível fóssil e não-renovável. Se os investimentos descritos acima forem realizados no Brasil, quando essa mudança de mercado ocorrer ao longo prazo, o país estará preparado para substituir de forma adequada sua matriz energética.

IX. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A.; RIBEIRO, S. **Importância dos biocombustíveis para o transporte no Brasil**, 2005. Disponível em: http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/bndes_iiriotransp/AutoPlay/Docs/artigo14.pdf. Acesso em: 21/10/2012.
- ALMEIDA, Julio Ribeiro, **Criação de Valor Sustentável e o Óleo de Palma no Brasil**, São Paulo, 2012.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2012, disponível em: <http://www.anp.gov.br>, acessado em 26/10/2012.
- BARRETO, A. J. B.; MENDES, D.; JÚNIOR, J. A. F.; SOUZA, J.; COIMBRA, M. D. J. **Estudo da avaliação do biodiesel no óleo diesel**. In: CONGRESSO DAREDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF.
- BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; de OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira; **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**, Campina Grande, PB, 2008.
- BENEDETTI, M. H.; LIMA, P.; MELATTO, L.; SILVA, M. **Possíveis interações entre o desenvolvimento sustentável e a logística de combustíveis**. Produção, v. 19, n. 1, p. 129-142, 2009.
- CAMPOS, Arnaldo Anacleto Campos; CARMÉLIA, Edna de Cássia, **Viabilidade de Extração de Óleo de Dendê no Estado do Pará**, Viçosa, MG, 2007.
- CARVALHO, E. **Biodiesel: Análise e dimensionamento da rede logística no Brasil usando programação linear**. São Paulo, 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistema Logísticos, da Universidade de São Paulo, 2008.
- CASTRO, A.; LIMA, S.; PINHEIRO, N.. A Indústria de produção de biodiesel no Brasil. *In: Complexo Agroindustrial do Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas*. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010. p. 169-223.
- CASTRO, C.; AGUIAR, J.; ROCHA, M.; SOUSA, T. Ambientes Institucional e Organizacional do CAI do Biodiesel. *In: Complexo Agroindustrial do Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas*. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010. p. 543-589.
- CAVALCANTE, R. **Predição da densidade de biodiesel proveniente de diferentes matérias-primas**. Rio de Janeiro, 2010. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Processo Químicos e Bioquímicos, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

CUNHA, Gilberto, **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**, Embrapa, 2008.

Matriz do Transporte de Cargas no Brasil, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/14568/14568_3.PDF. Acesso em: 10/09/2012.

Grupo de trabalho de comércio e logística do óleo de palma. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Palma_de_oleo/3RO/App_Gruopo_Trabalho.pdf. Acesso em: 25/10/2012.

DURÃES, Frederico; LAVIOLA, Bruno Galvêas; SUNDFELD, Esdras; MENDONÇA, Simone; BHERING, Leonardo Lopes, **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão manso para Produção de Biocombustíveis**, Brasília, DF, Embrapa, 2009.

EMBRAPA, Revista de Política Agrícola – Ano XV nº 3, Jul./Ago./Set. 2006, disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/revistaAgricola/>, acessado em 22/10/2012.

FERREIRA, José Rincon; CRISTO, Carlos Manuel Pedroso Neves; Coletânea de artigos, **O Futuro da Indústria: Biodiesel**, Brasília, DF, 2006.

FIGUEIREDO, R. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira**, 2006. Disponível em: http://www.forumlogistica.net/site/new/art_Gargalos_Logisticos_na_dist_de_combust.pdf. Acesso em: 09/09/2012.

GERHARD KNOTHE, JON VAN GERPEN, JURGEN KRAHL, **The Biodiesel Handbook**, Champaign, Illinois, AOCS PRESS, 2005. da COSTA, Roséls Ester, Inventário do Ciclo de Vida do biodiesel obtido a partir do óleo de palma para as condições do Brasil e da Colômbia, Itajubá, 2007.

HARTLEY, C. W. S.; **The oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)**; 2o edition; Tropical Agriculture Series; Longman Group UK Limited; New York; 1988; 692-780 p.

*INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, **Novas Regras nos Leilões de Biodiesel: a rentabilidade das usinas e a contratação de agricultores familiares**, Abril de 2012, disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12336>, acessado em 25/10/2012.*

LIMA, Paulo César Ribeiro, **O Biodiesel e a Inclusão Social**, Brasília, DF, Biblioteca Digital da Câmara Dos Deputados, 2004.

KALTNER, Josef Franz; JÚNIOR, José Furlan; da SILVA, Edson Barcelos; VEIGA, Alexandre Sanz; VAZ, João Batista da Costa, **Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização**

como **Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia**, Belém, PA, EMBRAPA, 2004.

MELO, James; BRANDER JR., Walter; CAMPOS, Ronaldo J.A.; PACHECO, José; SCHULER, Alexandre, STRAGEVITCH, Luiz, **Avaliação Preliminar do Potencial do Pinhão Manso para a Produção de Biodiesel**, 2009.

MENDES, André Pompeu; COSTA, Ricardo, Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras, 2010, disponível em: <http://www.bndes.gov.br> , acessado em 25/10/2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis, Setembro de 2012**, disponível em: <http://www.mme.gov.br/spg/menu/publicacoes.html> , acessado em 29/10/2012

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Caracterização das Oleaginosas para Produção de Biodiesel, 2006**, disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/item_5.pdf, acessado em 29/09/2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Diagnóstico da Produção do Biodiesel no Brasil, 2006**, disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/item_4.pdf, acessado em 13/10/2012.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, inclusão social e desenvolvimento territorial, 2011**, disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2286313>, acessado em 05/11/2012.

MONYEM, A.; Van GERPEN, J. H. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, n. 4, p. 317-325, 2001.

OSAKI, M.; BATALHA, M. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 227-242. 2011.

PRATES, Cláudia; PIEROBON, Ernesto; COSTA, Ernesto. Formação do Mercado de Biodiesel no Brasil, 2007, disponível em: <http://www.bndes.gov.br>, acessado em 25/10/2012.

PETROCÍNIO, R. Projeto de redes logísticas em transporte em águas interiores. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

RATHMANN, R.; BENEDETTI, O.; PLÁ,J.; PADULA,A. **Biodiesel: Uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira**, 2005. Disponível em:

http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/IIseminario/sistemas/sistemas_03.pdf.
Acesso em: 27/10/2012.

RIBEIRO, P.; FERREIRA, K. Logística e Transportes: Uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Curitiba - PR. Anais: ENEGEP, 2002.

ROCHA, Marivânia Garcia, **Fatores limitantes à expansão dos sistemas produtivos de palma na Amazônia**. Brasília, 2011. Dissertação de Mestrado em Agronegócios, da Universidade de Brasília, 2011.

SANT'ANNA, J. **Rede Básica de Transportes da Amazônia**, 1998. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_562.pdf. Acesso em: 04/11/2012.

SANTOS, Anamélia Medeiros, **Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para a Geração Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia**, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

SANTOS, L., 2012. Comunicação Pessoal. Entrevista com especialista na área de logística de combustíveis.

SILVA, M., 2012. Comunicação pessoal. Entrevista com profissional na área de biocombustíveis.

APÊNDICE 1

- Arquivo .mod da programação

```
set FABRICAS; # produção de óleo
set USINAS; # processamento de óleo
set BASES; # demanda

param PROD {FABRICAS}; # capacidade máxima de produção (ton)
param PROC {USINAS}; # capacidade máxima de processamento (ton)
param DEM {BASES}; # demanda (ton)

param CProd {FABRICAS,USINAS}; # custo de produção do óleo (R$/ton)
param CT1 {FABRICAS,USINAS}; # custo de transporte extratora-usina
(R$/ton)
param CProc {USINAS,BASES}; # custo de processamento do óleo (R$/ton)
param CT2 {USINAS,BASES}; # custo de transporte usina-base (R$/ton)
param PB {USINAS,BASES}; # preço do biodiesel (R$/ton)

var Q1 {FABRICAS,USINAS} >= 0; # massa transportada extratora-usina (ton)
var Q2 {USINAS,BASES} >= 0; # massa transportado usina-base (ton)

maximize Total_Profit:
  sum {j in USINAS, k in BASES} PB[j,k] * Q2[j,k] - sum {i in FABRICAS, j in
USINAS} CProd[i,j] * Q1[i,j] - sum {i in FABRICAS, j in USINAS} CT1[i,j] * Q1[i,j]
- sum {j in USINAS, k in BASES} CProc[j,k] * Q2[j,k] - sum {j in USINAS, k in
BASES} CT2[j,k] * Q2[j,k];

subject to Prod {i in FABRICAS}:
  sum {j in USINAS} Q1[i,j] <= PROD[i];

subject to Proc1 {j in USINAS}:
  sum {i in FABRICAS} Q1[i,j] <= PROC[j];

subject to Proc2 {j in USINAS}:
  sum {i in FABRICAS} Q1[i,j] = sum {k in BASES} Q2[j,k];

subject to Dem {k in BASES}:
  sum {j in USINAS} Q2[j,k] <= DEM[k];
```

- Arquivo .dat da programação

data;

param: EXTRATORAS: PROD := # produção de óleo

TAI 200000

MOJ 500000 ;

param: USINAS: PROC := # processamento de óleo em biodiesel

UNA 30394

BEL 9396

PAR 25369

SIF 104922

QUI 94496

POA 31320

TAU 157624

VOR 52210

RIB 93960

MOC 94496

BAR 9396

TAI 10962

PON 112752

CAT 104390

SUM 26083

LIN 175464

ARX 9396

NOM 31320

RON 299106 ;

param: BASES: DEM := # demanda de biodiesel

CAX 64151

PAL 109461

SJR 109461

SCS 54731

BET 154226

VIT 23973

ARA 60668

MAR 40445

CAN 73160 ;

param PB:

CAX PAL SJR SCS BET VIT ARA MAR CAN :=

UNA 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422

BEL 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 PAR 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 SIF 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 QUI 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 POA 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 TAU 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 VOR 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 RIB 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 MOC 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 BAR 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 TAI 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 PON 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 CAT 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 SUM 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 LIN 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 ARX 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 NOM 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422
 RON 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 2422 ;

param CProd:

UNA BEL PAR SIF QUI POA TAU VOR RIB MOC BAR TAI PON
 CAT SUM LIN ARX NOM RON :=
 TAI 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142
 142 142 142 142 142
 MOJ 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142 142
 142 142 142 142 142 ;

param CProc:

CAX PAL SJR SCS BET VIT ARA MAR CAN :=
 UNA 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 BEL 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 PAR 101 101 101 101 101 101 101 101 101
 SIF 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 QUI 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 POA 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 TAU 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 VOR 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 RIB 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 MOC 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 BAR 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 TAI 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 PON 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 CAT 100 100 100 100 100 100 100 100 100

SUM 100 100 100 100 100 100 100 100 100
LIN 100 100 100 100 100 100 100 100 100
ARX 100 100 100 100 100 100 100 100 100
NOM 100 100 100 100 100 100 100 100 100
RON 100 100 100 100 100 100 100 100 100 ;

param CT1:

UNA BEL PAR SIF QUI POA TAU VOR RIB MOC BAR TAI PON
CAT SUM LIN ARX NOM RON :=

TAI 1023 163 431 903 709 514 1127 1124 1096 932 1085 5 447 979
1030 1007 954 934 863

MOJ 1090 126 493 929 684 576 1180 1176 1151 996 1140 61 505
983 1082 1063 1009 989 918 ;

param CT2:

CAX PAL SJR SCS BET VIT ARA MAR CAN :=

UNA 92 120 125 120 83 55 144 149 180
BEL 9999 251 224 261 237 9999 9999 263 9999
PAR 126 116 94 124 104 133 137 125 170
SIF 156 180 176 179 133 118 219 217 266
QUI 194 221 213 221 185 170 9999 9999 9999
POA 119 107 89 108 101 125 121 105 149
TAU 30 23 62 16 52 82 62 78 120
VOR 9 25 63 29 38 49 63 78 111
RIB 112 81 57 83 112 148 80 41 105
MOC 61 73 67 72 33 68 99 95 137
BAR 23 49 61 48 18 47 83 99 133
TAI 247 225 209 235 222 257 261 238 9999
PON 129 118 96 126 106 136 140 128 174
CAT 65 24 5 34 50 95 64 40 112
SUM 46 2 29 11 49 86 45 50 96
LIN 69 31 11 38 58 106 51 32 93
ARX 67 45 35 52 30 76 86 71 136
NOM 129 104 86 111 110 136 115 96 138
RON 109 77 62 84 83 111 94 72 113 ;