



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ALTERNATIVAS À MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA:
O CASO DO BIODIESEL

RAQUEL GEHLING

Florianópolis, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**Alternativas à matriz energética brasileira:
o caso do biodiesel**

Monografia submetida ao Departamento de Ciências Econômicas para a obtenção de carga horária da disciplina CNM 5420 – Monografia.

Por: Raquel Gehling

Assinatura:

Orientador: Prof. Dr. Lauro Mattei

De acordo:

Área de Pesquisa: Economia da Energia

Palavras – Chave:

1. Matriz energética brasileira
2. Biocombustíveis
3. Biodiesel

Florianópolis, julho de 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**Alternativas à matriz energética brasileira:
o caso do biodiesel**

A Banca Examinadora resolveu atribuir nota _____ à aluna RAQUEL GEHLING na disciplina CNM 5420 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lauro Mattei
Presidente

Prof. Dr. Hoyêdo Nunes Lins
Membro

Prof. Dr. Laércio Barbosa Pereira
Membro

AGRADECIMENTOS

As pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Ivan e Jacinta; e meus irmãos, Felipe e Isabel. Apesar de muitas vezes separados por quilômetros de distância, sempre estiveram presentes em todos os momentos de minha trajetória. Obrigada pelo apoio incondicional, pelos conselhos, pela compreensão, pelas conversas, pelo amor e por todo o carinho. Vocês são meus grandes exemplos de vida e tenho muito orgulho de tê-los como minha família.

Ao Prof. Lauro Mattei, meu orientador e professor, exemplo não só de profissional, mas também de pessoa. Agradeço as horas dedicadas à leitura e releitura desta monografia e também, as oportunidades de convívio e trabalho. A sua esposa, Patrícia, que apesar do pouco contato, sempre foi muito acolhedora e muito querida.

Aos meus amigos e colegas, da graduação e do mestrado, do interior e do exterior, aqueles que sempre fizeram alguma diferença em minha vida, tornando a minha jornada mais prazerosa e com certeza, inesquecível. Principalmente a Aline Venturi, Manoela Bernardy, Rodrigo Almeida, Ricardo Sugai, Rodrigo Segura, Daniel Freire Rodamilans, Leandro Stocco, Feliciano Azuaga e Ricardo Lopes Fernandes.

" Tudo é loucura ou sonho no começo. Nada do que o homem fez no mundo teve início de outra maneira – mas já tantos sonhos se realizaram que não temos o direito de duvidar de nenhum" (Monteiro Lobato)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivos	3
<i>1.2.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>3</i>
1.3 Aspectos Metodológicos	3
1.4 Estrutura do Trabalho.....	4
2. COMPLEXIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA A PARTIR DE 1970	6
2.1 Petróleo.....	9
2.2 Usinas Nucleares	11
2.3 Usinas Hidrelétricas.....	14
2.4 Biomassa.....	17
2.5 Biocombustíveis.....	20
3. PROGRAMAS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA DÉCADA DE 1970.....	25
3.1 Programa Nacional do Álcool.....	25
3.2 Óleos vegetais como combustíveis: Programas Nacionais de Produção	31
<i>3.2.1 Probiodiesel: do esquecimento a realidade</i>	<i>33</i>
<i>3.2.2 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.3 Diesel Hbio da Petrobrás.....</i>	<i>39</i>
4. PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL: CONCEITOS, PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS	41
4.1 Conceitos	41
4.2 Rotas do Processo de Produção do Biodiesel	43

4.3 Subprodutos do processo de produção.....	44
4.4 Dimensões Econômicas do Programa.....	46
<i>4.4.1 Produção e Custos das Principais Oleaginosas.....</i>	<i>46</i>
4.5 O Desenho Regional e As Perspectivas do Programa.....	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Oferta Interna de Energia – Estrutura de Participação de Fontes Renováveis e Não-renováveis. Brasil, Países da OECD e Mundo (2004 e 2005).	6
Figura 2 – Oferta Interna de Energia – Estrutura de Participação de Fontes (Brasil – 2005).	7
Figura 3 – Dependência Externa de Energia (Brasil – 1970/2005).	8
Figura 4 – Oferta Interna de Energia – Evolução da Participação das Fontes (Brasil – 1970/2005).	8
Figura 5 – Evolução dos preços do óleo cru – US\$ 2005 (dólares por barril).	10
Figura 6 – Estrutura da Oferta Interna de Energia Elétrica (Brasil – 2006).	16
Figura 7 – Produção de Autoveículos Flex Fuel (2005 a 2007).	24
Figura 8 – Evolução da Produção de Álcool Etílico (1970 a 2000).	27
Figura 9 – Evolução da Produção de Álcool Etílico (1990 a 2005).	29
Figura 10 – Matriz de Combustíveis Veiculares 2005.	31
Figura 11 – Resultado do 4º Leilão de Compra de Biodiesel realizado em julho de 2006 pela ANP – por região.	38
Figura 12 – Processo de produção do Hbio	39
Figura 13 – Fluxograma do Processo de Produção do Biodiesel	43
Figura 14 – Biodiesel e Mercados Interferentes.	46
Figura 15 – Série histórica da produção de soja no Brasil, em milhões de toneladas.	49
Figura 16 – Série histórica da produção de óleo de dendê no Brasil, em mil toneladas.	50
Figura 17 – Série histórica da produção de girassol no Brasil, em mil toneladas.	50
Figura 18 – Série histórica da produção de caroço de algodão no Brasil, em milhões de toneladas.	51
Figura 19 – Série histórica da produção de amendoim no Brasil, em mil toneladas.	51
Figura 20 – Série histórica da produção de mamona no Brasil, em mil toneladas.	52
Figura 21 – Biodiesel a partir de matéria-prima agrícola a custo de produção agrícola (com arrendamento) em planta de 40 mil toneladas por ano – Safra 2004/2005.	53

Figura 22 – Biodiesel a partir de matéria-prima agrícola comprada no mercado em planta de 40 mil toneladas por ano – Safra 2004/2005.	53
Figura 23 – Produção, importação e vendas de óleo diesel (período 2000 a 2006).	56
Figura 24 – Número de empreendimentos construídos no Brasil até junho de 2007 – por região.	57
Figura 25 – Número de usinas-piloto construídas no Brasil até junho de 2007 – por região.	57
Figura 26 – Número de empreendimentos em construção no Brasil até junho de 2007 – por região.	58
Figura 27 – Número de empreendimentos planejados no Brasil até junho de 2007 – por região.	58
Figura 28 – Número total de empreendimentos até junho de 2007 – por região.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução do Consumo de Petróleo, Energia Hidráulica e Cana de Açúcar no Brasil – 1974 a 1980 (Em %).	15
Tabela 2 – Oferta Interna de Energia no Brasil – 2002 e 2005.	19
Tabela 3 – Classe de Combustíveis Utilizados no Brasil distribuídos pelas fases: Operação, Construção e Outorga.....	22
Tabela 4 – Incidência de PIS/PASEP e Cofins sobre os produtores de biodiesel, (Decreto 5.297) R\$/litro de biodiesel	37
Tabela 5 – Produção mundial de oleaginosas.	48
Tabela 6 – Características de algumas oleaginosas com potencial de uso energético.	48
Tabela 7 – Vendas, em termos regionais, de derivados de petróleo, óleo diesel e biodiesel em 2006 - m ³	55

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
- ANP – Agência Nacional do Petróleo
- BEN – Balanço Energético Nacional
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CBI – Iniciativa da Bacia do Caribe
- CENAL – Comissão Executiva Nacional do Álcool
- CENPES – Centro de Pesquisas da Petrobrás
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Pesquisa Agrícola
- CNAL – Conselho Nacional do Álcool
- CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
- COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
- CTA – Centro Técnico Aeroespacial
- FAESP – Federação da Agricultura do Estado de São Paulo
- HDT – Hidrotratamento
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
- INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
- IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
- IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
- MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário
- MDIC – Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio
- MME – Ministério de Minas e Energia
- OECD – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- OIE – Oferta Interna de Energia
- ONU – Organização das Nações Unidas

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OVEG – Programa Nacional de Alternativas Energéticas Renováveis de Origem Vegetal
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS – Programa de Integração Social
PND – Programa Nacional de Desestatização
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
PROBIODIESEL – Programa Brasileiro de Desenvolvimento do Biodiesel
PROERG – Produtora de Sistemas Energéticos
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PROÓLEO – Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
PROSENE – Querosene Aeronáutico à base de óleo vegetal
PRS – Plano de Recuperação do Setor de Energia Elétrica
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira

RESUMO

GEHLING Raquel. **Alternativas à matriz energética brasileira: o caso do biodiesel**. 2007. 80f. Monografia – Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

As constantes oscilações nos preços do petróleo e o seu provável esgotamento têm feito com que países dependentes dele busquem alternativas que contornem as limitações econômicas e ambientais desse hidrocarboneto fóssil e de seus derivados. Para incentivar essa substituição, o Brasil tem investido na utilização de fontes naturais renováveis de forma que vem desenvolvendo programas nacionais que utilizem a biomassa como fonte energética para produção de biocombustíveis. Dentro dessa discussão, o trabalho apresenta uma revisão do debate sobre a matriz energética brasileira e discute suas principais alternativas. São apresentados os programas nacionais mais importantes para o desenvolvimento dos biocombustíveis desde a década de 1970 até o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o mais atual.

A introdução do biodiesel tem se mostrado efetiva de modo que esta fonte energética tem ganhado mais espaço na matriz brasileira. O crescimento deste biocombustível está garantido pela demanda interna criada pelo PNPB e pelo mercado externo com grande potencial, que busca combustíveis alternativos ao petróleo. Observou-se que há uma tendência futura do encaminhamento de sua produção para a região Centro-Sul do país, dinamizada pelos grandes produtores de soja, merecendo atenção dos atores governamentais e sociais quanto ao processo de desenvolvimento regional e da inclusão da agricultura familiar.

1. PROBLEMA DE PESQUISA

1.1 Contextualização

A matriz energética brasileira vem passando por sucessivas mudanças desde a década de 1970. Os aumentos consecutivos dos preços do petróleo, iniciados em 1973, estimularam o país a procurar novas fontes de energia, especialmente as substitutas de fontes não renováveis, como é o caso do petróleo.

Assim, a partir dos anos setenta, quando o crítico cenário energético mundial obrigou o país a reduzir sua dependência de petróleo importado, as pesquisas sobre óleos vegetais ganharam um novo impulso, sendo que novas alternativas energéticas à matriz brasileira começaram a ser incentivadas.

Remonta a essa época a decisão de construir hidrelétricas no país em detrimento da construção de termelétricas a óleo combustível, por prevalecer uma visão estratégica e soberana. As termelétricas requeriam um investimento menor e o combustível era muito barato à época. Pesou em favor dos aproveitamentos hidráulicos o fato de não depender de insumos importados, de ser uma fonte renovável e, também, de gerar energia elétrica barata (FEROLLA & METRI, 2006).

A visão estratégica de futuro e a preocupação com a possível escassez de energia elétrica para meados da década de 1990, fizeram com que o Brasil implementasse usinas term nucleares em seu território, dando um passo definitivo para o ingresso dessa fonte energética no país.

Outra alternativa energética que ganhou destaque na matriz nacional foi a biomassa, através da cana de açúcar. Com a crise do petróleo ocorrida na década de 1970, o governo federal incentivou estudos na busca de alternativas para a redução das importações do petróleo. A produção de álcool, através do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), apresentou-se como uma opção nacional interessante para afastar a ameaça do desabastecimento e também por ser um substituto energético simples, econômico e gerador de empregos.

A utilização de biomassa para fins energéticos vem de longa data, mas para fins de uso como combustível começou a tornar-se relevante no país com a utilização do álcool. É importante ressaltar que biomassa é toda matéria orgânica (de origem animal ou vegetal)

que pode ser aproveitada como fonte de energia: cana-de-açúcar, eucalipto, beterraba (dos quais se extrai álcool), biogás (produzido pela biodegradação anaeróbica existente no lixo e dejetos orgânicos), lenha, carvão vegetal e óleos vegetais (para produção dos biocombustíveis), etc. (RATHMANN, 2005).

Após o sucesso da implantação do Proálcool, outras fontes de energia através da biomassa começaram a ser incentivadas e programas nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis foram implementados.

Desta forma, o governo brasileiro criou, em 1980, o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PROÓLEO), que buscava a substituição do óleo diesel por óleos vegetais. Também no início desta mesma década foi lançado o Programa Nacional de Alternativas Energéticas Renováveis de Origem Vegetal (OVEG), com algumas linhas de ação relacionada aos óleos vegetais combustíveis. (CADERNOS NAE, 2004)

De fato, foi neste período que a empresa cearense Produtora de Sistemas Energéticos (PROERG), solicitou junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), a primeira patente do biodiesel, além de um querosene aeronáutico à base de óleo vegetal (PROSENE).

Assim, alternativas de fabricação de óleos vegetais através da soja, do amendoim, da colza, do girassol, do dendê foram estimuladas, mas a viabilidade econômica das mesmas começou a ser questionada a partir de 1985, com a queda do preço internacional do petróleo. Com isso, os programas brasileiros de utilização dos biocombustíveis como alternativa energética foram desconsiderados naquele momento.

De qualquer forma, a intenção de se produzir óleo diesel vegetal no país foi adiada. O mesmo não aconteceu em outros países, principalmente na Europa e América do Norte onde o assunto prosperou. (PARENTE, 2003)

Com o êxito alcançado no exterior, o Brasil retomou, em 1998, suas pesquisas e testes utilizando os óleos vegetais. Em 2002, foi criado o Programa Brasileiro de Desenvolvimento do Biodiesel (PROBIODIESEL), que mais tarde foi renomeado para Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), sendo o mesmo o objeto de estudo desta pesquisa.

Neste contexto, o Brasil, seguindo a tendência mundial, desenvolveu esforços significativos para expansão e modificação de sua matriz energética, apresentando os biocombustíveis como uma das alternativas. Este estudo procura discutir a situação dos

programas nacionais de biocombustíveis analisando com maior profundidade o programa do biodiesel brasileiro, com intuito de responder a seguinte questão: Qual o papel e o potencial do biodiesel enquanto alternativa energética para o país?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Descrever e analisar o programa do biodiesel, enquanto alternativa à matriz energética brasileira e um dos componentes do programa de biocombustíveis do Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever a complexidade da matriz energética brasileira a partir da década de 1970;
- Descrever os Programas Nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis a partir da década de 1970;
- Apresentar e discutir o Programa do Biodiesel;
- Analisar as potencialidades, avanços e limites do Biodiesel enquanto alternativa à matriz energética tradicional do país.

1.3 Aspectos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos que serão descritos nesta parte do estudo serão classificados como forma de apresentar uma explicação detalhada, coerente e exata de toda ação desenvolvida neste trabalho. Servirão para explicar o tipo de pesquisa, o tratamento dos dados, enfim, tudo aquilo que se utilizou durante a realização do estudo.

O objetivo dessa pesquisa sustenta um estudo do tipo exploratório. Segundo Selltiz (1974), um estudo exploratório tem como objetivo a formulação de um problema para

investigação mais exata ou para a criação de hipóteses. O problema que será investigado e discutido durante as próximas páginas é: qual o papel e o potencial do biodiesel enquanto alternativa energética para o país? Assim, este tipo de pesquisa normalmente assume a forma, de acordo com Gil (2002), de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso.

Desta forma, o procedimento técnico que será adotado durante todo o estudo é a pesquisa bibliográfica. Sua principal vantagem reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente, isto porque ela tem por objetivo conhecer as diferentes contribuições científicas disponíveis sobre determinado tema (GIL, 2002). Assim, com a utilização desta ferramenta, será possível construir a sustentação científica da pesquisa com o apoio de um conjunto de bibliografias disponíveis em livros, revistas e sítios eletrônicos especializados.

Durante o desenvolvimento dos capítulos, serão utilizados quadros, tabelas e figuras como meios de caracterização dos dados e das informações coletadas. Assim, a partir da revisão bibliográfica e da análise dos elementos citados anteriormente, haverá a exploração dos objetivos previstos na pesquisa, chegando-se, desta forma, as considerações finais do estudo.

1.4 Estrutura do Trabalho

O texto foi dividido em quatro capítulos, mais as considerações finais e referências bibliográficas.

No capítulo 1 é apresentado o problema de pesquisa, objetivos e metodologia adotada na elaboração do trabalho.

No segundo capítulo faz-se uma breve descrição da evolução da matriz energética brasileira a partir da década de 1970. A complexidade da matriz é apresentada através da análise do balanço energético nacional e depois, através de análises pontuais das fontes que foram perdendo espaço nesta matriz, como o petróleo; e das que ganharam espaço, como as usinas nucleares, as usinas hidrelétricas e a biomassa. Em seguida, os biocombustíveis são discutidos por serem a alternativa energética combustível proveniente de fontes renováveis, a biomassa.

No terceiro capítulo discute-se os principais programas nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis a partir da década de 1970, sendo descritos o Programa Nacional do Alcool; os Programas Nacionais de Produção de Óleos Vegetais como Combustíveis e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

O último capítulo foca sua análise no programa atual do biodiesel no país, o PNPB. Ele corresponde à apresentação e discussão dos aspectos concernentes ao programa brasileiro do biodiesel com suas explicações conceituais, processo de produção e os subprodutos. Após, apresenta-se a situação do biodiesel no Brasil com foco no custo e na produção das principais oleaginosas, as perspectivas do programa e seu desenho regional atual.

Por fim, serão apresentadas as considerações finais do estudo e uma lista das referências bibliográficas utilizadas para a composição dessa pesquisa.

2. COMPLEXIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA A PARTIR DE 1970

A evolução da matriz energética brasileira a partir de 1970 pode ser observada através da análise do Balanço Energético Nacional – BEN, que apresenta a Oferta Interna de Energia (OIE) também denominada de matriz energética ou de demanda total de energia.

No Brasil, como mostra a figura 1, em 2005, aproximadamente 44,5% da OIE teve origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo essa taxa foi de 13,1% e nos países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) foi de apenas 6,1%.

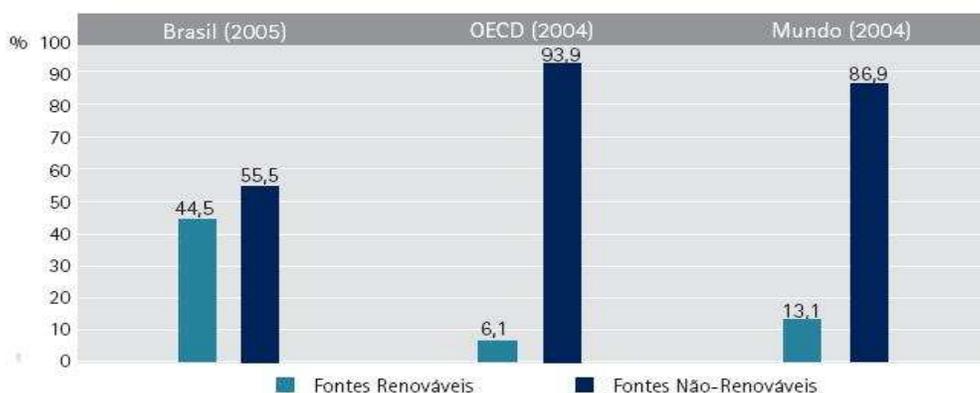


Figura 1 – Oferta Interna de Energia – Estrutura de Participação de Fontes Renováveis e Não-renováveis. Brasil, Países da OECD e Mundo (2004 e 2005).
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006.

Da participação da energia renovável na matriz energética brasileira (ver Figura 2), 14,8% correspondem à geração hidráulica e 29,7% a outras fontes renováveis. Os 55,5% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis.

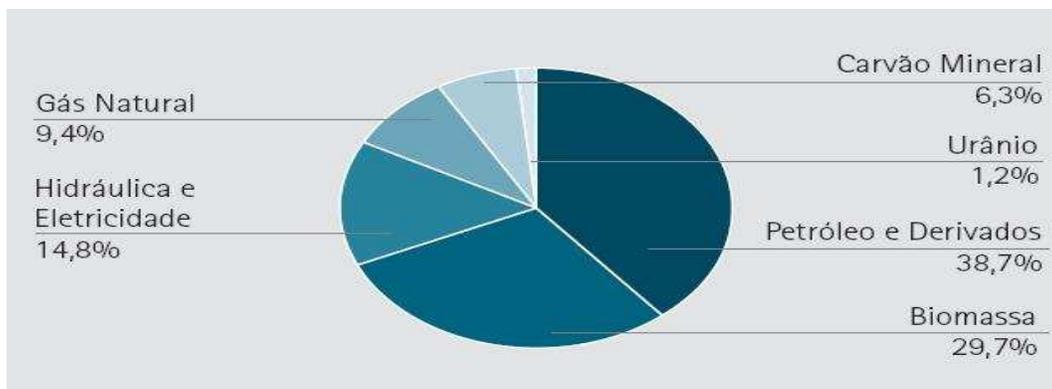


Figura 2 – Oferta Interna de Energia – Estrutura de Participação de Fontes (Brasil – 2005).
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006.

Esta característica da forte presença de fontes renováveis na matriz energética, bastante particular do Brasil, resulta do grande desenvolvimento do parque gerador de energia hidrelétrica desde a década de 1950 e de políticas públicas adotadas após a segunda crise do petróleo, ocorrida em 1979, visando a redução do consumo de combustíveis oriundos desta fonte e dos custos correspondentes à sua importação, à época responsáveis por quase 50% das importações totais do país (BEN, 2006).

Assim, neste contexto das “crises do petróleo”, foi implantado a partir de 1970, o programa de produção de álcool combustível como substituto do petróleo (Proálcool). Durante as primeiras décadas houve um lento crescimento de sua produção, depois ocorreu um declínio da mesma entre 1997 e 2002, porém, a partir daí, as taxas de crescimento mostraram-se ascendentes.

O reflexo das políticas adotadas em anos anteriores, pode ser observado seja pela redução do grau de dependência externa de energia (Figura 3) ou pela evolução da Matriz Energética Brasileira desde o início da década de 1980 (Figura 4).



Figura 3 – Dependência Externa de Energia (Brasil – 1970/2005).
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006.

A dependência total externa em 2005 (Figura 3), sofreu uma redução de 18% quando comparada ao início da década de 1970. Pode-se perceber pelo gráfico, que essa redução quando medida nas taxas do petróleo, sofreu uma queda bastante significativa, passando o país, inclusive, a tornar-se auto-suficiente em 2005.

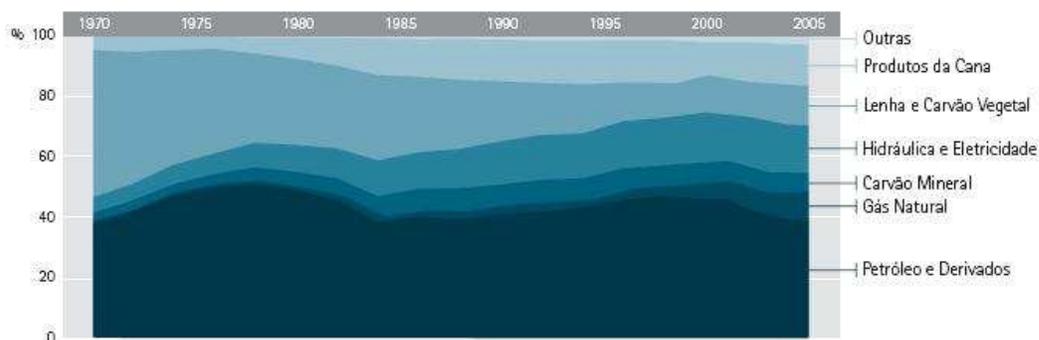


Figura 4 – Oferta Interna de Energia – Evolução da Participação das Fontes (Brasil – 1970/2005).
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006.

Com relação à evolução das principais fontes de energia (Figura 4), pode-se perceber que os produtos derivados da cana sofreram um crescimento de 1975 até 1985 e a partir daí se estabilizaram. A lenha e o carvão sofreram uma redução de seu consumo durante a década de 1970 devido à substituição dos mesmos por derivados do petróleo, mas em 1980 as taxas voltam a crescer com o aumento dos preços do petróleo. A energia hidráulica manteve taxas crescentes durante todo o período. O carvão mineral é impulsionado pela indústria metalúrgica no início da década de 1980, mantendo participação constante a partir de 1985. O gás natural, sofreu um forte aumento nos últimos anos por causa da descoberta de reservas nacionais e a importação do gás da Bolívia.

Desta forma foi se delineando o perfil da oferta de energia no Brasil, cuja expansão revela uma significativa alteração da estrutura básica, em função da redução da dependência externa de energia e da permanência das fontes renováveis (BEN, 2006).

2.1 Petróleo

A partir da descoberta de petróleo (1859), o uso dessa fonte de energia alastrou-se pelo mundo e sua utilização tornou-se indispensável para as sociedades industrializadas. A utilização em larga escala deste hidrocarboneto fóssil, desde os primórdios até os dias atuais, fez com que emergisse uma crença duvidosa: de que a Era do Petróleo poderia chegar ao fim.

Os acelerados e incontidos aumentos dos preços do petróleo, iniciados em 1973, geraram uma nova consciência mundial a respeito da produção e consumo de energia, especialmente quando originária de fontes não renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis (PARENTE, 2003).

As variações dos preços do petróleo podem ser observadas na figura 5. O primeiro choque ocorreu em 1973 quando houve uma diminuição da produção fazendo com que o preço do barril sofresse uma alta considerável atingindo o patamar dos US\$ 11,65 em poucos meses. O impacto da Guerra de Yom Kippur, entre árabes e israelenses, fez com que, em 1974, o preço do barril fosse cotado a US\$ 46,07, isto porque os estados árabes (membros da OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo) decidiram parar a exportação deste produto para os Estados Unidos da América e para os países europeus que apoiavam a sobrevivência de Israel. Continuando a trajetória de ascendência dos preços, ocorreu o segundo choque em 1979 (Ver Figura 5). Uma paralisação da produção iraniana, devido à revolução islâmica, atingiu o preço do barril que alcançou o patamar inédito de US\$85,39 naquela época.

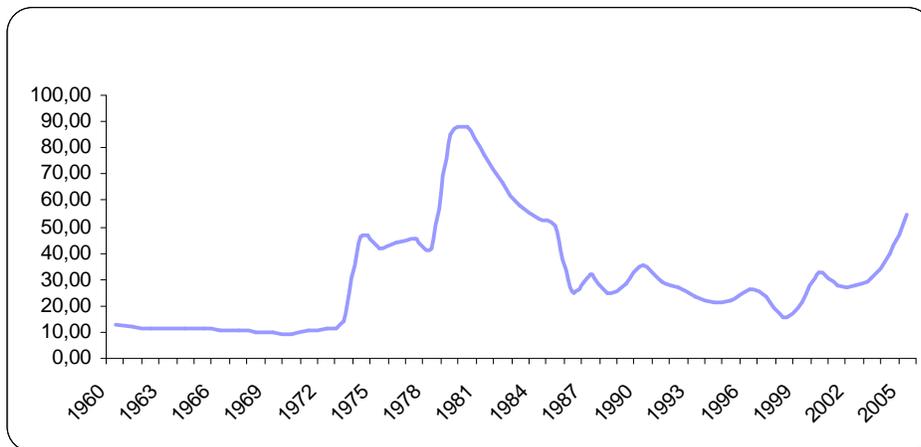


Figura 5 – Evolução dos preços do óleo cru – US\$ 2005 (dólares por barril).
 Fonte: Statistical Review of World Energy 2006. Elaboração Própria.

A figura 5 permite também uma visualização da evolução dos preços do óleo cru a partir da década de 1960. Percebe-se que antes dos choques os preços variavam na casa dos US\$10,00 ou menos. Depois, tem-se o período denominado de “crise do petróleo” (entre 1978 e 1982), em que os preços do petróleo aumentaram no mercado mundial com reflexos sobre a economia de diversos países.

Neste contexto, as razões mais apontadas pelos especialistas para explicar os constantes aumentos dos preços do barril de petróleo estão, geralmente, relacionadas a dois fatores. O primeiro está ligado a uma conjunção de elementos geopolíticos que afetam a oferta. As principais áreas produtoras estão localizadas em regiões de conflitos de ordem religiosa e política, e sem visibilidade de solução no curto prazo (RATHMANN et al, 2006).

A segunda explicação está relacionada à alta demanda mundial por petróleo que provoca situações de escassez relativa, abrindo possibilidades para um possível desabastecimento futuro. Segundo Rathmann et al (2006), a demanda mundial por esse combustível fóssil, cresceu 5% entre os anos de 2003 e 2004, devido ao rápido crescimento do consumo nos Estados Unidos, na Ásia e, em particular, na China. O impacto desses aumentos dos preços do barril está relacionado à diminuição contínua das reservas de petróleo, que de acordo com cientistas da área pode chegar ao esgotamento em 45 anos.

Como a maioria dos cenários previstos para os preços do petróleo era de uma escalada ascendente da cotação desse insumo, o Brasil começou a dar mais atenção às alternativas relacionadas à matriz energética que não utilizassem este combustível fóssil como célula de combustão. As pesquisas brasileiras foram sustentadas em dois pilares

energéticos: o desenvolvimento das usinas term nucleares e hidroelétricas como alternativas às usinas termoelétricas que convertem a energia de um combustível (óleo diesel, querosene, gases liquefeitos de petróleo...) em energia elétrica; e os programas de utilização da biomassa como alternativa à utilização do petróleo como combustível.

Na matriz energética atual, o petróleo possui a maior participação energética quando comparado às outras fontes, detendo 38,7% do total. Entre seus principais consumidores estão o setor de transportes, que representa 50,5% do consumo e a indústria que possui participação de 19% (BEN, 2006).

2.2 Usinas Nucleares

A tecnologia da energia nuclear veio ao Brasil devido aos esforços do Almirante Álvaro Alberto, que importou, em 1953, duas ultra-centrifugadoras da Alemanha para o enriquecimento do urânio brasileiro. A tramitação para a implementação, pela Furnas, da primeira usina term nuclear do país aconteceu em 1969, com grandes interesses do governo militar porque havia a intenção clara de dominar o ciclo do combustível nuclear, tecnologia esta que na época era do domínio somente de alguns países no mundo.

Mais tarde, em 1975, com a justificativa de que o país já apontava uma insuficiência de energia elétrica para meados dos anos 1990, o Brasil assinou o Acordo de Cooperação Nuclear com a Alemanha, pelo qual compraria oito usinas nucleares e obteria toda a tecnologia necessária ao seu desenvolvimento neste setor.

A implantação deste tipo de alternativa não teve como objetivo concorrer, no curto prazo, com as usinas hidrelétricas, mas sim propiciar uma maior diversificação da matriz energética brasileira. Uma das evidências que podem confirmar este fato é a baixa capacidade da região Sudeste, uma das maiores consumidoras de energia, de expansão das usinas hidrelétricas. As usinas nucleares de Angra serviriam para estabilizar o fornecimento para essa região e também, para diminuir os riscos de possíveis blecautes.

A aplicação pacífica que justificava um programa nuclear no Brasil é, no horizonte estudado, a geração de energia elétrica. A participação da energia nuclear nesta geração depende da demanda energética que, por sua vez, é função do crescimento econômico e das alternativas disponíveis para geração (ALVIM et al, 2007).

Atualmente, existem no Brasil duas usinas nucleares em operação: Angra I e Angra II. No ano de 1982 entrou em operação o primeiro reator nuclear do país, construído pela Westinghouse e adquirido através de um acordo assinado entre o Brasil e os EUA em 1971. A Usina de Angra I foi muito criticada por sua construção demorada, pelas questões ambientais e pelos problemas apresentados nos primeiros anos de seu funcionamento.

A segunda usina nuclear brasileira, Angra II, foi construída com tecnologia alemã adquirida através do Acordo de Cooperação Nuclear com a Alemanha. Foi iniciada em 1975 e concluída no governo de Fernando Henrique Cardoso, porém entrando em operação somente em 2002. O custo, inicialmente previsto de US\$ 500/kW¹ em 1975, subiu para mais de US\$ 4.000/kW. Angra II foi o único reator do acordo com a Alemanha até hoje concluído. Sua obra durou mais de vinte anos. A previsão inicial era que oito reatores deveriam estar funcionando em 1990, estimando-se nada menos do que cinquenta em 2000, além do ciclo do combustível nuclear (ROSA, 2007).

A geração em centrais termoelétricas a partir da fonte nuclear, obteve um grande incremento em 2002 em decorrência da plena geração de Angra II, de lá pra cá a geração nuclear tem apresentado taxas de redução bastante expressivas. Um exemplo disto é que em 2004 o país produzia 11,6 TWh² e em 2005 esta geração declinou para 9,9 TWh, representando redução de 15,1% em relação a 2004. De acordo com o Balanço Energético Nacional, em 2005, a presença de centrais de fonte nuclear na matriz energética foi de 2,2%.

A questão da energia nuclear foi retomada pelo governo Lula com a possibilidade de construção de Angra III. Muitos debates têm sido travados com relação ao empreendimento. Na realidade, este seria o segundo reator previsto pelo acordo de cooperação assinado com a Alemanha na década de 1970, sendo que os componentes necessários para a implantação da mesma foram importados e permanecem estocados há décadas no Brasil. De acordo com um dos maiores especialistas brasileiros na área energética, Luiz Pinguelli Rosa, a previsão de gastos para a conclusão dessa obra está estimada em US\$ 1.7 bilhões.

Na verdade, o processo de “renascimento” da energia nuclear está encontrando dois importantes apoios. Um, das indústrias fabricantes de reatores e equipamentos auxiliares, cujo interesse está relacionado à ampliação do mercado, que permaneceu durante muito tempo estagnado. Já o segundo está relacionado com a questão do aquecimento global e da

¹ kW é uma unidade de energia e significa kilowatt-hora.

² TWh é uma unidade de energia e significa terawatt-hora. 1 TWh corresponde a 10⁹ kWh.

substituição dos combustíveis fósseis pelo nuclear, onde este último é apontado como uma alternativa ambientalmente adequada na produção de eletricidade, pois não emite gases de efeito-estufa.

Sob este mesmo ponto vista ambiental, e como contraponto a esta preconizada ação de atenuação do aquecimento global, deve-se ressaltar que no passado recente ocorreram diversos eventos, como vazamentos de material radioativo pelas varetas que acondicionam o combustível fóssil no interior do reator nuclear e falhas no manuseio do material. O futuro das usinas nucleares também apresenta problemas, pois na maioria dos países não existe um plano de ação para o período posterior à paralisação completa das usinas. Ainda, os problemas se estendem à disposição final dos rejeitos de alta radioatividade, além de falhas freqüentes nos planos de emergência em caso de acidente (MATTHES, ROSENKRANZ & BERMAN, 2006).

Apesar do processo de implantação do complexo nuclear no Brasil ter sido longo e custoso, esta fonte de energia apresenta-se como uma alternativa pelo fato de não emissão direta de gases formadores do efeito estufa e de partículas que causem poluição urbana, mesmo que torna-se necessário lidar com o problema dos resíduos radioativos que necessitam de tratamento específico e de investimentos em segurança por causa do perigo de um acidente nuclear.

Cabe assinalar que o principal argumento que vem sendo utilizado para preconizar a continuidade do programa nuclear brasileiro, tem sido o da opção por esta alternativa energética ser favorável, pelo fato do país possuir a sexta maior reserva mundial de urânio (cerca de 300 mil toneladas), a qual é suficiente para assegurar a independência no suprimento de combustível por muito tempo. Outro argumento reside na necessidade do Brasil diversificar a sua matriz de produção de eletricidade.

Foi nesta perspectiva que, segundo Matthes et al (2006), foi anunciado recentemente pelo ministro da Ciência e Tecnologia, a reativação do programa nuclear brasileiro, estabelecendo no Plano Nacional de Energia Nuclear a construção de novas usinas até 2030.

2.3 Usinas Hidrelétricas

A história das usinas hidrelétricas vem de longa data, mas o debate da sua utilização tornou-se mais efetivo com as crises do petróleo, pois essas crises escasseavam os recursos utilizados nas usinas termoeletricas, para a produção da energia elétrica, encarecendo a produção com a alta dos preços.

Remonta a década de 1970, de acordo com Ferolla e Metri (2006), a decisão do país em construir hidrelétricas em detrimento da construção de termoeletricas a óleo combustível, por prevalecer uma visão estratégica e soberana. Apesar das termoeletricas necessitarem de um investimento menor e de seu combustível ser mais barato naquela época, o setor adotou majoritariamente a solução de usinas hidrelétricas com pequena complementação térmica, estas em geral implantadas por empresas estrangeiras; essa solução se justificava devido à tecnologia mais simples disponível no país, da abundância do insumo básico e da independência em relação aos combustíveis fósseis, importados, em razão das periódicas crises cambiais no período, com problemas conseqüentes de reajustes tarifários e câmbio duplo (SOUZA, 2002).

A crise petrolífera iniciada em 1973, despertou no governo militar brasileiro a necessidade de criar alternativas para o petróleo e assim realizar pesados e simultâneos investimentos no campo energético (Itaipu, Tucuruí, Proálcool, Programa Nuclear) visando reverter os impactos negativos causados pela crise do petróleo.

De acordo com a tabela 1, percebe-se claramente as linhas da política energética adotada em decorrência do primeiro choque petrolífero. Pode-se observar através dos dados apresentados que foi feita a opção pela hidreletricidade e pelo álcool, de forma a reduzir a dependência do petróleo.

Tabela 1 – Evolução do Consumo de Petróleo, Energia Hidráulica e Cana de Açúcar no Brasil – 1974 a 1980 (Em %).³

ANO	PETRÓLEO	ENERGIA HIDRÁULICA	CANA DE AÇÚCAR	OUTRAS FONTES	TOTAL
1974	42,2	20,2	7,5	30,1	100,0
1976	42,7	22,0	6,6	28,7	100,0
1978	42,6	23,7	8,1	25,6	100,0
1980	38,9	27,0	8,9	25,2	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional, 1985, MME, apud THEIS, 1990

A evolução da utilização do potencial hidráulico brasileiro, como observado na tabela 1, ocorreu de maneira gradual, aumentando ano após ano. No entanto, a principal discussão daquela época era a escolha entre as grandes usinas ou as pequenas centrais hidrelétricas. A decisão por grandes projetos prevaleceu porque estes foram difundidos como empreendimentos capazes de gerar desenvolvimento, além do que a pujança técnica e os efeitos dinamizadores dessas grandes usinas se sobreporiam aos impactos que viriam a causar (BORTOLETO, 2001).

Assim, as grandes obras demandaram altos investimentos que, juntamente com os compromissos da dívida externa (estrangulamento cambial), agravados pelo aumento das taxas de juros internacionais (1979), em razão da segunda crise do petróleo e do desvinculamento do dólar do padrão-ouro, esgotaram o setor energético e o país (SOUZA, 2002).

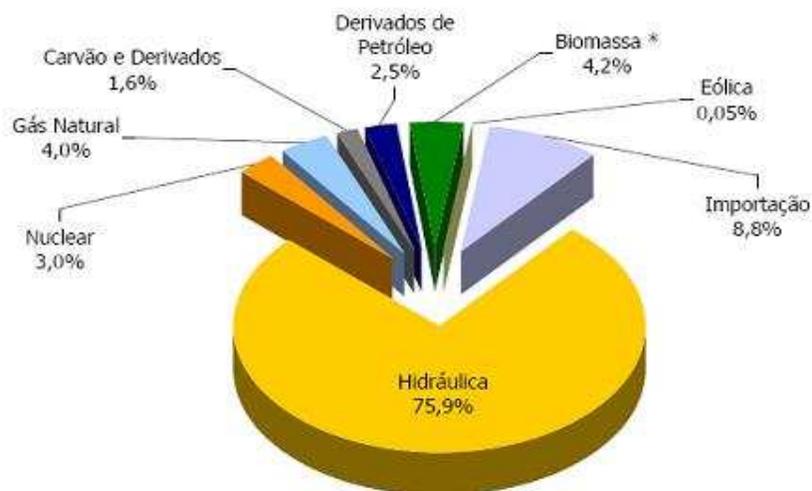
Dessa maneira, as principais concessionárias de energia da época apresentaram dificuldades econômico-financeiras, desencadeando uma crise permanente no setor. A saída encontrada pelo governo foi à elaboração do Plano de Recuperação do Setor de Energia Elétrica (PRS) em 1985, que permitiu a capitalização das empresas, assegurando recursos para obras de geração prioritárias. O plano ajudou durante um tempo, mas acabou fracassando em virtude das demandas da política antiinflacionária. Já naquela época, o PRS apontou os riscos de *déficit* no suprimento de energia, principalmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, em consequência do enquadramento dos programas de obras no restrito quadro de recursos para investimento e da queda dos níveis dos reservatórios (FURNAS, 2007).

³ A tabela utilizada foi elaborada por THEIS (1990) e indica a política energética adotada na década de 1970. A dificuldade para encontrar dados dos anos posteriores impossibilitou a colocação de informações mais atuais.

A insuficiência de recursos e o temor de uma crise de abastecimento de energia, que realmente se concretizou em 2000, levaram o governo Fernando Henrique Cardoso a promover a privatização do setor de energia elétrica, incluindo as empresas de geração. Esta intenção ficou comprovada com a inclusão dos ativos federais da geração elétrica no Programa Nacional de Desestatização (PND) (SAMPAIO, 2005).

De acordo com Catapan (2005), o programa de privatizações das empresas ocorreu em paralelo à regulamentação do setor elétrico brasileiro, sendo que a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pela Lei 9.427/96, é considerada como o marco dessa reforma regulatória.

Mesmo com as modificações ocorridas no setor elétrico, o Brasil continuou com a predominância da utilização do seu potencial hídrico. De acordo com o BEN (2006), a oferta de energia elétrica em 2006 era composta por 75,9% da força hidráulica. Um percentual bem mais elevado do que as outras fontes de energia. (Ver Figura 6)



Nota: * Inclui lenha, bagaço de cana-de-açúcar, lixívia e outras recuperações.

Figura 6 – Estrutura da Oferta Interna de Energia Elétrica (Brasil – 2006).
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2007.

Apesar de sua importância na composição da matriz energética brasileira, segundo a ANEEL, a geração que vem de barragens e quedas d'água aproveita apenas 25% do potencial hidráulico nacional, ou seja, há ainda abundantes recursos hídricos que podem ser utilizados para a geração de energia. Alguns pesquisadores não concordam com este argumento e dizem que essa situação é utilizada por aqueles que preconizam uma expansão mais vigorosa dos projetos de usinas hidrelétricas no Brasil independente das limitações socioeconômicas e ambientais que estes empreendimentos podem causar.

Bermann (2007) afirma que praticamente a metade desse potencial (50,2%) encontra-se localizado na região Amazônica, principalmente nos rios Tocantins, Araguaia, Xingu e Tapajós. As conseqüências sociais e ambientais da possibilidade de implantação dos empreendimentos hidrelétricos previstos na região, envolvem questões relacionadas com reservatórios em terras indígenas, deslocamento das populações ou a manutenção da biodiversidade, demandando um maior planejamento antes da tomada de qualquer decisão.

Na região Sul do país, a elevada densidade populacional nas áreas rurais e o processo de “deslocamento compulsório” das populações ribeirinhas para a construção dos reservatórios das hidrelétricas, demandam atenção e cuidado quando os recursos hídricos desta região são colocados em voga, visto que o potencial, nas bacias dos rios Paraná e Uruguai, representa 29% do total aproveitável.

No que se refere às demais bacias hidrográficas, cabe assinalar a restrita disponibilidade hídrica para novos aproveitamentos hidrelétricos nas bacias Atlântico Leste, São Francisco, Atlântico Sudeste e Atlântico Sul (BERMANN, 2007).

A base geradora de energia elétrica no país tem, portanto, a característica de ser majoritariamente hidráulica, com predomínio dos grandes empreendimentos, sendo que a geração térmica exerce a função de complementaridade nos momentos de pico do sistema. A estrutura do consumo de energia elétrica entre os segmentos de consumidores mostra uma forte concentração do seu uso na indústria, com 46,7% do consumo total, seguido do uso residencial, com 22,2% (BEN, 2006).

2.4 Biomassa

Entende-se por biomassa todo o tipo de matéria utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico. Os combustíveis mais comuns utilizados para a extração desta fonte podem ser de origem animal ou vegetal, tais como: lenha, bagaço da cana, eucalipto, beterraba, pó de serra, papéis já utilizados, carvão vegetal, alguns tipos de óleos vegetais (soja, babaçu, amendoim, algodão, colza, girassol, dendê), entre outros.

Uma das primeiras utilizações da biomassa pelo homem para obtenção de energia se iniciou com a utilização do fogo para cozimento e iluminação. A madeira foi utilizada por muito tempo como uma das principais fontes energéticas, mas o grande salto no

consumo da biomassa deu-se com a lenha na siderurgia, no período da revolução industrial. Com o aparecimento da máquina a vapor, a biomassa passou a ter aplicação também para obtenção de energia mecânica com aplicações na indústria e nos transportes. Mesmo com o início da exploração dos combustíveis fósseis - carvão mineral e petróleo - a lenha continuou desempenhando importante papel energético, principalmente nos países tropicais (ROSTAND, s.d.).

Com as crises do petróleo ocorridas em 1973 e 1979, a utilização da biomassa para fins energéticos tem se apresentado como uma alternativa interessante à utilização das fontes provenientes de combustíveis fósseis. Assim, diversos produtos oriundos desta fonte de energia estão sendo empregados para uma maior diversificação da matriz energética brasileira. Um exemplo deles é o biogás, que pode ser produzido a partir de diversos tipos de resíduos que contenham matéria orgânica, os quais são digeridos por microorganismos dentro de certas estruturas (os biodigestores), que impedem a entrada de oxigênio, estimulando assim a produção de metano e produzindo, portanto, eletricidade.

Como fonte de matéria orgânica para este processo, pode-se aproveitar, por exemplo, dejetos de animais criados em confinamento, como suínos, aves e gado leiteiro; ou através do lixo depositado em aterros sanitários. Pela dificuldade de acumular-se a quantidade de resíduos necessária para produção de gás suficiente para alimentar uma termelétrica, o aproveitamento dar-se-ia em nível local, economizando-se energia de outras fontes, além de resultar em vantagens ambientais, dado o enorme potencial poluidor do lixo e dos dejetos animais (CUNHA, 2007).

Atualmente a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. Neste processo há a produção simultânea de uma forma de energia em outras formas de energias úteis através da utilização da biomassa ou de outro combustível convencional. Este mecanismo tem sido utilizado com sucesso pela indústria sulcralcooleira que se utiliza do bagaço da cana para a co-geração de energia.

Existem também outros produtos derivados da biomassa que são utilizados como biofluidos: os biocombustíveis. O álcool e o biodiesel apresentam grande potencial dentro deste setor, visto que suas produções têm crescido e suas participações dentro da matriz energética têm sido debatidas como interessantes na substituição dos combustíveis fósseis.

4

⁴ Estas fontes serão mais exploradas nos próximos capítulos.

No Brasil, a vasta superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Como reflexo da utilização deste potencial, a matriz energética brasileira atual é composta por 29,7% de biomassa, que se comparado com os dados de 2002, apresenta um ligeiro crescimento. (ver Tabela 2)

Tabela 2 – Oferta Interna de Energia no Brasil – 2002 e 2005.

Estrutura de Participação de Fontes (%)	2002	2005
Biomassa	27,2	29,7
Carvão Mineral	6,6	6,3
Gás natural	7,5	9,3
Hidráulica e Eletricidade	13,6	14,8
Petróleo e Derivados	43,2	38,7
Urânio	1,9	1,2

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006.

Embora o campo da biomassa ainda tenha muito a ser explorado, a sua utilização continua sendo objeto de pesquisa em vários setores, como por exemplo dos biocombustíveis e da geração de eletricidade. As principais limitações ao maior uso da biomassa são a baixa eficiência termodinâmica de algumas plantas e os custos relativamente altos de produção e transporte; a necessidade de um maior gerenciamento do uso e ocupação do solo devido à falta de regularidade no suprimento (sazonalidades da produção); a criação de monoculturas; a perda de biodiversidade; o uso intensivo de defensivos agrícolas, etc. Esses entraves tendem a ser contornados, a médio e longo prazos, pelo desenvolvimento, aplicação e aprimoramento de novas e eficientes tecnologias de conversão energética da biomassa (CORTEZ; BAJAY; BRAUNBECK apud ANEEL, 2006) e por meio de maiores incentivos instituídos pelas políticas do setor elétrico.

Como pôde ser observado, não apenas na produção de eletricidade a biomassa é efetiva. Seja esgoto, estrume, serragem ou restos vegetais, nenhuma outra fonte de energia renovável tem sua matéria-prima no lixo e é tão efetiva e flexível como a biomassa. Dela se pode obter tanto combustível quanto calor e eletricidade. Não apenas o lixo, outras matérias-primas cultiváveis, como madeira, beterraba, colza e cana, são excelentes fontes de energia. Ao contrário do petróleo e do gás natural, a biomassa reduz a emissão de gases de efeito estufa, está sempre disponível e independe do vento e das condições do tempo (STUMPF, 2006).

Além de ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia.

2.5 Biocombustíveis

As constantes oscilações dos preços do petróleo e o provável esgotamento deste combustível fóssil fazem com que países dependentes desta matéria-prima busquem alternativas à sua matriz energética. Como o carvão e o gás natural, opções encontradas atualmente, são potenciais poluentes e estão fadadas ao esgotamento devido ao aumento da demanda por energia nos próximos anos, abrem-se oportunidades para os combustíveis renováveis e com menores danos ao meio-ambiente: os biocombustíveis.

Os biocombustíveis são fontes de energias renováveis, derivados de produtos agrícolas como a cana-de-açúcar, plantas oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. Em alguns casos, os biocombustíveis podem ser usados tanto isoladamente, como adicionados aos combustíveis convencionais. (ESALQ, 2007) Como exemplos, pode-se citar o biodiesel, o etanol, Hbio, entre outros.

Há algumas décadas, a indústria automobilística vem atuando no sentido de reduzir as emissões de gases pelos veículos, visando atender as crescentes exigências ambientais. O setor de transporte é, atualmente, um dos principais responsáveis pelo lançamento de gases na atmosfera, respondendo por aproximadamente 26% do total das emissões, o que tem levado a indústria automobilística a promover grandes investimentos na pesquisa por alternativas à utilização dos derivados de petróleo (GOLDENSTEIN & AZEVEDO, 2006).

No entanto, embora a substituição dos derivados de petróleo por biocombustíveis contribua em princípio para a redução das emissões dos gases de efeito estufa, é necessário observar as condições de sua produção. Essas podem ter impactos contrários sobre o meio ambiente causando um saldo negativo da operação. Um exemplo disso foi o que aconteceu com a produção de óleo de dendê na Indonésia e na Malásia, importado como combustível pela Holanda. Estudos recentes detectaram um verdadeiro desastre ambiental, provocado pela destruição por fogo de florestas nativas e drenagem dos solos pantanosos recobertos de turfa, com a conseqüente emissão do carbono. O estabelecimento de novas plantações

da palma dendê responde por 87% do desmatamento ocorrido na Malásia entre 1985 e 2000. Os fogos de floresta na Indonésia lançam no ar 1.4 bilhão de toneladas de carbono por ano, ao passo que a drenagem dos solos de turfa libera 600 milhões de toneladas de carbono (SACHS, 2007).

O impacto ambiental causado pela produção dos biocombustíveis, de acordo com Rosenthal apud Sachs (2007), vai depender dos cultivos escolhidos, da maneira como são cultivados e processados. O resultado pode levar tanto a uma redução de até 90% das emissões de gases estufa quanto a um aumento de 20%, segundo a Agência Ambiental Européia de Copenhagen.

Quando se faz referência ao uso dos biocombustíveis, que utiliza biomassa para fabricação de combustíveis de fontes renováveis, há um grande debate acerca da possível substituição das áreas destinadas à produção de alimentos para população por áreas destinadas à produção de óleos, visando à alimentação de motores. Segundo Peres, Freitas Junior & Gazzoni (2005), a produção de óleos pode não ser viável para muitos países, porém, o Brasil, com mais de 90 milhões de hectares de terras que podem ser incorporados ao processo produtivo de maneira sustentável, desponta como uma grande oportunidade para a agricultura de energia.

Assim, os biocombustíveis aparecem no centro das importantes discussões atuais. Para Coelho (2005), não são apenas as questões como o meio ambiente e os benefícios estratégicos em relação à substituição do combustível fóssil que estão em pauta, mas também suas produções e comércio porque podem trazer benefícios significantes na área social devido às perspectivas de criação de renda e empregos, principalmente nas áreas rurais dos países que investirem nesta fonte energética.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), sobre a safra agrícola de 2007, diversas culturas voltadas à fabricação dos biocombustíveis apresentaram uma variação positiva na estimativa de produção em relação ao ano anterior: algodão herbáceo em caroço (26,4%), amendoim em casca 2ª safra (25,4%), cana-de-açúcar (7,9%), mamona em baga (87,1%), milho em grão 1ª safra (15,7%), milho em grão 2ª safra (24,6%) e soja em grão (8,6%). Dessa forma, o aumento a produção agrícola brasileira pode estar ligado à força que os biocombustíveis estão adquirindo no mercado.

A experiência brasileira com o álcool proveniente da cana-de-açúcar vem sendo apontada como um exemplo da produção de biocombustíveis. Entretanto, apesar de

apresentar vantagens quando comparada a outras produções, países desenvolvidos estão colocando barreiras econômicas, ambientais e logísticas ao comércio dos biocombustíveis.

O comércio de biocombustíveis com os EUA é um dos exemplos que podem ser citados de fortes barreiras comerciais aos produtos brasileiros. De acordo com Runge & Senauer (2007), a maior parte do etanol atualmente importado por este país porta tarifa de 14 centavos de dólar por litro, em parte porque o etanol mais barato e mais eficiente de países como o Brasil representa ameaça aos produtores daquela região. Assim, as barreiras comerciais norte-americanas tornam o etanol local mais barato prejudicando as exportações brasileiras. A Iniciativa da Bacia do Caribe (CBI) pode solapar essa proteção já que o etanol brasileiro pode ser embarcado sem tarifas a países integrados à CBI, tais como Costa Rica, El Salvador ou Jamaica

Apesar dessas barreiras serem consideradas como um entrave ao comércio dos biofluidos, a produção brasileira voltada à fabricação de biocombustíveis, como visto anteriormente, tem crescido. Uma outra forma de se observar isto, é através da análise da quantidade de unidades de produção de combustíveis a partir da biomassa. (Ver Tabela 3).

Tabela 3 – Classe de Combustíveis Utilizados no Brasil distribuídos pelas fases: Operação, Construção e Outorga.

Combustível	Operação	Construção	Outorga
	Quantidade	Quantidade	Quantidade
Biomassa	271	8	36
Fóssil	667	7	85
Outros	20	1	11
Total	958	16	132

Fonte: Aneel, 2007.

Atualmente, segundo a Aneel, existem 271 unidades produtoras de biocombustíveis em operação; mais oito em construção e mais 36 em processo de liberação.

Apesar de o mercado mundial de biocombustíveis ser ainda pequeno, ele deve apresentar crescimento rápido até 2008, quando se inicia o primeiro período de obrigações de reduções de gases de efeito-estufa, conforme o Protocolo de Quioto. Entretanto, segundo Costa & Prates (2007), o Brasil ainda não possui a infra-estrutura de logística adequada para a exportação de biocombustíveis em grandes volumes.

Outro ponto a ser considerado com relação aos biocombustíveis está ligado à sofisticação dos sistemas automobilísticos para utilização desses combustíveis. O início

dos investimentos na produção de biocombustíveis no Brasil foi com o álcool combustível e ocorreu logo após a primeira crise do petróleo, quando o preço deste elevou-se rapidamente. Inicialmente, a utilização do álcool era feita misturando-o a gasolina e, desde o começo da década de 1980, seu uso foi sendo feito diretamente em veículos movidos a álcool hidratado (BASTOS, 2007).

Com as modificações ocorridas no cenário mundial dos preços do petróleo – queda no preço do barril – e com a crise de abastecimento de álcool ocorrida no final da década de 1980, muitos consumidores preferiram voltar à utilização dos derivados do petróleo, fazendo com que a produção e o consumo de biocombustíveis sofressem uma forte queda.

Uma nova onda de dinamismo só teve início com a introdução dos veículos bicombustíveis (*flexible fuels*) no mercado brasileiro no início dos anos 2000. A tecnologia de combustível *flex* baseia-se no reconhecimento, por meio de sensores físicos, do teor de álcool em mistura com a gasolina para, em seguida, ajustar a operação do motor às condições mais favoráveis ao uso da mistura em questão. A tecnologia norte-americana desenvolvida em 1992, permite a utilização de uma mistura com até 85% de álcool. As pesquisas realizadas no Brasil resultaram em uma concepção tecnológica mais avançada o que viabilizou o uso da mistura gasolina-álcool com até 100% de álcool. A experiência brasileira com a produção de veículos a álcool foi de extrema importância neste processo de sofisticação do sistema automobilístico, já que serviu de modelo de comparação para os automóveis bicombustível. (GOLDENSTEIN & AZEVEDO, 2006).

A nova tecnologia contribuiu para o aquecimento do mercado interno de veículos que desde 2005 vem apresentando taxas crescentes. A produção total dos veículos em 2005 foi de 2.530.840 e em 2006 foi de 2.611.034, sendo que a parcela referente aos veículos equipados com a tecnologia de combustível flex tem respondido por mais de 55% dos automóveis vendidos no país. A figura 7 apresenta a produção dos automóveis *flex fuel* no Brasil desde 2005, de acordo com dados disponibilizados pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (2007).

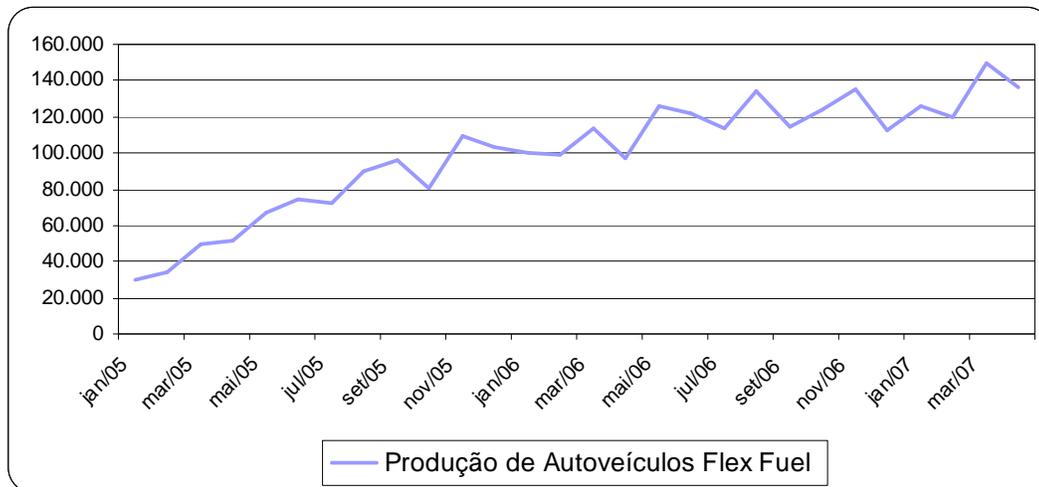


Figura 7 – Produção de Autoveículos Flex Fuel (2005 a 2007).
 Fonte: Anfavea. Elaboração própria.

Da mesma forma que o álcool, a introdução do biodiesel também se mostra uma importante opção de alternativa energética em substituição aos hidrocarbonetos. Para Goldenstein & Azevedo (2006), sua produção em larga escala pode propiciar grandes efeitos multiplicativos na economia, com geração de divisas para o país, e emprego e renda para a população rural. O produto vem sendo utilizado nos EUA e em alguns países da União Européia, comprovando a viabilidade técnica deste combustível. A questão crucial de sua produção é o custo de suas matérias-primas, ainda muito caras em comparação ao preço do diesel.

Assim, o potencial brasileiro para a produção de biocombustíveis é muito grande e o país precisa aproveitar suas vantagens comparativas e competitivas para se inserir como protagonista mundial dos combustíveis alternativos. O Brasil aparece atualmente, como uma das principais referências do etanol; o biodiesel também é uma realidade que vem se modelando e tomando seu lugar dentro da matriz energética brasileira.

Na próxima seção serão apresentados os principais programas nacionais de desenvolvimento dos biocombustíveis a partir da década de 1970, destacando seus principais objetivos e evolução específica.

3. PROGRAMAS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA DÉCADA DE 1970

A história dos biocombustíveis no mundo e no Brasil datam dos séculos XIX e XX, respectivamente. Foi durante a Exposição Mundial de Paris, em 1900, que se apresentou ao público um motor diesel, criado e patenteado por Rudolf Diesel em 1893, de injeção indireta que era alimentado por petróleo filtrado, óleos vegetais e até mesmo por óleos de peixe.

No Brasil, desde os anos de 1920, o Instituto Nacional de Tecnologia já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis. Outros órgãos também estavam envolvidos com pesquisas nessa área: o Instituto de Óleos do Ministério da Agricultura e o Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais. Neste último, em 1950, registraram-se estudos sobre o uso de óleos de ouricuri, mamona e algodão em motores a diesel de seis cilindros (CADERNOS NAE, 2004).

Apesar de todos esses anos de pesquisa, foi apenas na década de 1960 que apareceu o pioneiro na utilização dos biocombustíveis: Conde Francisco de Matarazzo. Em suas indústrias buscava-se produzir óleo a partir dos grãos do café. Para lavar esse produto e retirar suas impurezas, foi usado o álcool proveniente da cana de açúcar. A reação entre o álcool e o óleo de café resultou na liberação de glicerina, redundando em éster etílico, produto que hoje é chamado de biodiesel (BARROS & PESSOA, 2006).

A partir da década de 1970, quando o crítico cenário energético mundial instigou o país a reduzir sua dependência de petróleo importado, programas nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis foram incentivados, já que novas alternativas energéticas eram necessárias para haver a substituição dos combustíveis fósseis.

3.1 Programa Nacional do Álcool

A produção dos biocombustíveis começou a ganhar destaque na matriz energética brasileira a partir do momento em que a crise do petróleo começou a impactar sobre a economia do país. Foi nesta ocasião que os motores passaram a ser adaptados para

utilização de combustíveis de origem vegetal, alternativos aos derivados do petróleo que enfrentavam altas nos preços.

Dessa forma, em meados da década de 1970, pelo decreto n.º 76.593/75, foi criado o Programa Nacional do Álcool (Próalcool) que inicialmente contemplava o estabelecimento da mistura obrigatória do etanol à gasolina (cerca de 20%), os empréstimos com juros baixos e garantias para a construção de novas unidades de produção de álcool, a fixação do preço da gasolina em um nível que conferia vantagem competitiva ao etanol, investimentos da Petrobrás para distribuição de etanol pelo país e, também, incentivos para estimular o uso do álcool através de propagandas oficiais (BASTOS, 2007).

A decisão de produção de etanol a partir de cana-de-açúcar, além do preço do açúcar, é política e econômica, envolvendo investimentos adicionais. Tal decisão foi tomada em 1975, quando o governo federal decidiu encorajar a produção do álcool em substituição à gasolina pura, com o objetivo de reduzir as importações de petróleo, então com um grande peso na balança comercial do país. Os aumentos dos preços do petróleo ocorreram coincidentemente com as dificuldades no mercado de açúcar, que apresentou forte queda em seu preço internacional a partir de 1974. Esse cenário, segundo Parente (2003), foi a motivação original para o direcionamento do álcool para fins carburantes.

O Próalcool em sua primeira fase, de 1975 a 1979, foi estabelecido através do empenho do governo para evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo. Neste início, com os preços do barril do petróleo acima da média dos anos anteriores, os esforços foram dirigidos para a produção de álcool anidro a ser misturada com a gasolina. Como pode ser observado na figura 8, a produção alcooleira cresceu de 600 milhões de litros/ano (1975-76) para 3,4 bilhões de litros/ano (1979). Este crescimento impulsionou o surgimento dos primeiros veículos movidos exclusivamente a álcool em 1978.

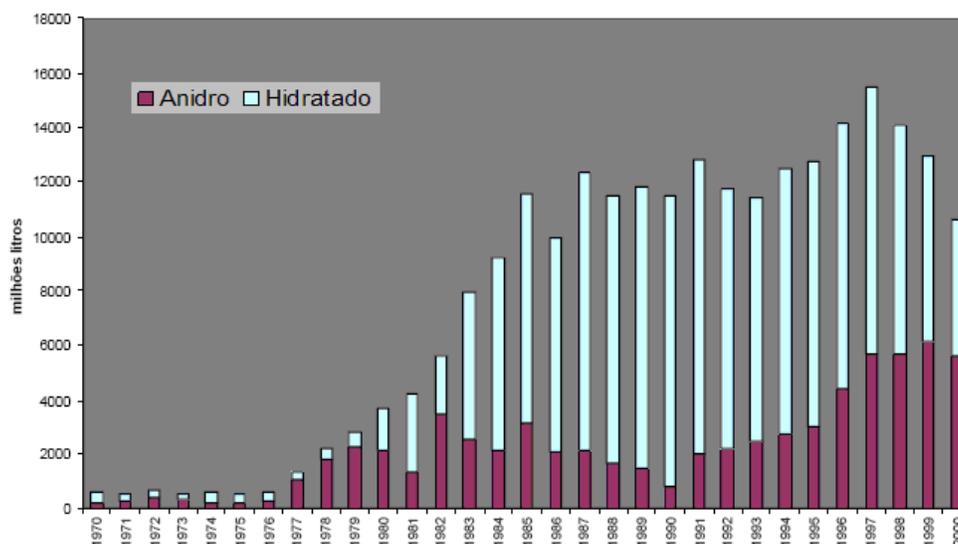


Figura 8 – Evolução da Produção de Álcool Etílico (1970 a 2000).

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2001/1990/1986. Elaboração: Ministério da Ciência e da Tecnologia

Em um segundo momento, o programa apresentou-se em sua fase de afirmação onde a produção de álcool etílico passou de 4 bilhões de litros/ano em 1980 para 10 bilhões de litros/ano em 1986 (Figura 8). De acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a produção alcooleira atingiu um pico de 12,3 bilhões de litros em 1987 (Figura 8), superando em 15% a meta inicial do governo de 10,7 bilhões de litros/ano para o fim do período.

Este crescimento na produção ocorreu porque o governo, nesta época, decidiu pela implementação definitiva do programa já que os preços internacionais do barril do petróleo haviam triplicado por causa do segundo choque petrolífero ocorrido em 1979. De acordo com Bastos (2007), a fabricação dos automóveis movidos a álcool hidratado foi estimulada através de diversos incentivos oferecidos, como a fixação dos preços do álcool em nível inferior ao da gasolina (65% em 1980 e 59% em 1982), redução de impostos incidentes sobre a venda dos carros a álcool e aumento dos impostos dos carros movidos a gasolina, além de IPVA reduzido.

Dessa forma, o governo cria organismos específicos para o incentivo da produção de álcool etílico. Alguns dos principais órgãos criados foram o Conselho Nacional do Álcool – CNAL e a Comissão Executiva Nacional do Álcool – CENAL responsáveis pelo andamento do programa.

A terceira fase do programa apresenta-se de maneira diferente das outras duas anteriores. De 1986 até 1995 o programa de substituição de hidrocarbonetos fósseis é afetado pelo abrandamento da crise do petróleo e a queda de seus preços, aliados ao aumento da cotação internacional do açúcar e maior rentabilidade do mercado de exportação. A seqüência de constantes altas do petróleo é interrompida e os preços do barril de óleo bruto caíram de um patamar de US\$30 a US\$40 para um nível de US\$ 12 a US\$ 20. A queda na produção de etanol gerou problemas de abastecimento, uma vez que continuava a produção dos carros a álcool. Em 1990, o país foi obrigado a importar etanol e utilizar metanol na mistura com a gasolina.

De 1995 a 2000, o Proálcool passa por uma redefinição do seu programa. Os problemas ocorridos na fase anterior impactaram na produção e no consumo do álcool etílico e fizeram com que a credibilidade do programa fosse colocada em xeque. Desta forma, segundo dados da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), de 1998 a 2000, a produção de veículos a álcool manteve-se em níveis de cerca de 1%. Esta conjunção de fatores desfavoráveis e as políticas de ajuste fiscal acabaram determinando quase o fim prematuro do programa.

Uma nova onda de dinamismo só teve início com a introdução dos veículos *flex fuel* (bicombustíveis) no mercado brasileiro no início dos anos 2000, incentivados pela concessão do mesmo tratamento tributário preferencial dos carros a álcool (14% de imposto sobre vendas, frente aos 16% dos carros não-movidos a álcool) (BASTOS, 2007).

Pode-se dizer que a tecnologia dos motores bicombustíveis foi o principal fator responsável pela retomada da utilização do álcool combustível em veículos automotores. Ao dar a opção ao proprietário do carro de escolher qual combustível coloca no seu tanque, ele pode sempre escolher a opção mais barata. Os riscos de oscilações abruptas nos preços do açúcar e do álcool, que podem tornar o preço do álcool pouco atrativo com relação à gasolina ou mesmo gerar desabastecimento, não assustam mais os consumidores. Neste caso, basta abastecer o carro com gasolina. Com a nova tecnologia, pôde-se “reeditar o Proálcool” sem a necessidade de adoção de novas medidas governamentais ou concessão de subsídios (GOLDENSTEIN & AZEVEDO, 2006).

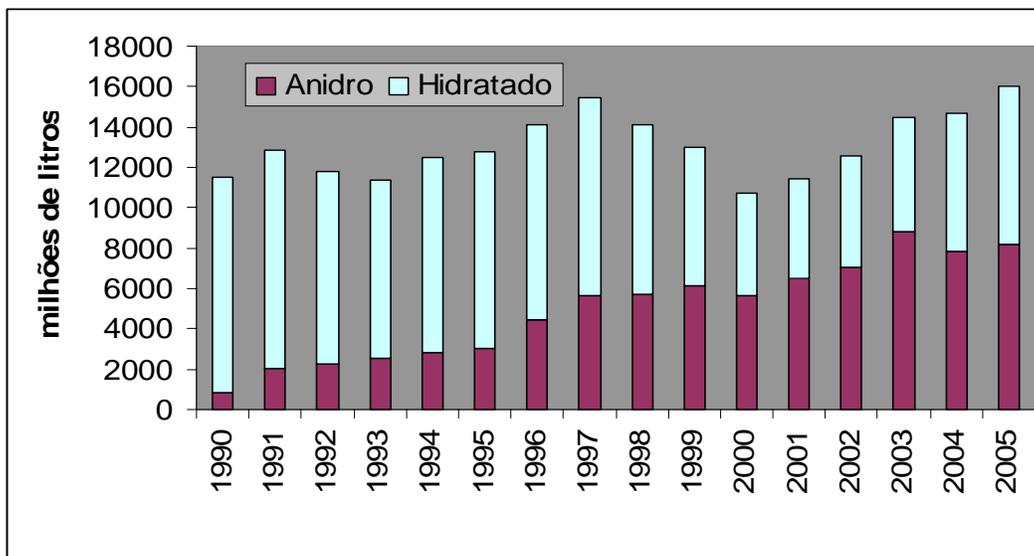


Figura 9 – Evolução da Produção de Álcool Etílico (1990 a 2005).

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2006. Elaboração própria.

Assim, como pode ser observado na figura 9, a produção de álcool etílico passou de 10 bilhões de l/ano em 2000 para 16 bilhões de l/ano em 2005. Mesmo com a produção de carros a álcool tendo sofrido, segundo a União da Agroindústria Canaveira – Única (2007), uma forte queda (no início de 1984 a frota brasileira era composta por 94,4% de carros a álcool e em 2000, essa mesma frota era de 1,02%), o etanol voltou à cena com a criação dos veículos de tecnologia bicompostíveis (*flex fuel*), cujo motor tem sensores que reconhecem os teores da mistura e se ajustam automaticamente. Atualmente mais de 80% dos automóveis novos vendidos no país seguem a linha. O país produz 17,5 bilhões de litros de álcool combustível e exporta 17% desse total, o que revitalizou a demanda pelo álcool. Com o mercado interno abastecido, os esforços se voltaram para a exportação, principalmente em decorrência da Convenção da ONU sobre questões climáticas e do Protocolo de Quioto. Por conta disso, o “renascimento” do Proálcool é pauta de muitas discussões (BRAGION, 2007).

Uma das preocupações que têm sido destacadas com esta nova dinâmica do álcool como combustível são os impactos sócio-ambientais da produção da cana. Alguns pesquisadores têm apontado este fato como um novo ciclo de monocultura onde o meio ambiente é degradado via produção da cana, pois esta promove a queima dos solos, o alto nível de utilização de produtos químicos, além da poluição e do lixo químico das usinas processadoras do álcool e do açúcar. Os impactos sociais na região produtora também são negativos porque este tipo de indústria traz um grande número de migrantes que vão

trabalhar no subemprego e inchar as cidades que não têm infra-estrutura para abrigá-los. Este tipo de produção, segundo eles, comprometeria a diversidade das outras produções ameaçando a segurança alimentar do país.

O problema da segurança alimentar está ligado às culturas utilizadas para a produção do etanol. No caso dos EUA, por exemplo, o enorme volume de milho requerido pelo setor de etanol está causando ondas de choque em todo o sistema de alimentação. Os preços futuros do milho têm atingido patamares elevadíssimos, assim como os preços do trigo e do arroz, porque estes cereais além de estarem servindo como substitutos do milho, estão tendo suas áreas de plantio reduzidas por causa do avanço das plantações de milho.

Assim, ao pressionar a oferta mundial de safras comestíveis, a alta na produção de etanol se traduzirá em preços mais elevados, tanto para os alimentos industrializados quanto para os básicos, em todo o mundo. Os biocombustíveis terminaram por amarrar os preços da comida e os do petróleo de uma maneira que pode perturbar profundamente o relacionamento entre produtores e consumidores de alimentos, e entre nações, nos próximos anos, o que acarretaria implicações potencialmente negativas tanto para a pobreza no mundo quanto para a segurança alimentar (RUNGE & SENAUER, 2007).

Em contrapartida, uma outra gama de pesquisadores é totalmente contra os argumentos citados anteriormente, afirmando que falar em monocultura é um exagero porque no Brasil, hoje, são 7 milhões de hectares ocupados com cana-de-açúcar, 50% para o etanol e 50% para o açúcar. A cana para o etanol ocupa aproximadamente 0,5% da área total e menos de 1% da área agricultável do país, sete vezes menos do que a soja e 65 vezes menos do que as pastagens. Reforçam, ainda, que o etanol é uma fonte de energia limpa e renovável e, além disso, gera muitos empregos direta e indiretamente. Com o advento do Protocolo de Kyoto, a redução das emissões de gases prejudiciais à camada de ozônio, pode ser revertida em créditos ambientais gerando mais divisas para o país (JANK, 2007).

Apesar de todas as discussões a cerca do assunto, dados fornecidos pelo BEN (2006) mostram que os produtos energéticos resultantes da cana representaram 13,8% da Matriz Energética Brasileira de 2005, posição ligeiramente superior à de 2003, quando este valor foi igual a 12,8%. Já no caso da Matriz de Combustíveis Veiculares, há um aumento da participação total do álcool de 15,4% em 2004 para 16,9% em 2005 (ver Figura 10). A gasolina perdeu participação na matriz, de 26,5% em 2004 para 25,6% em 2005. Portanto, a presença do álcool como fonte energética e como combustível tem aumentado gradativamente ao longo dos últimos anos.

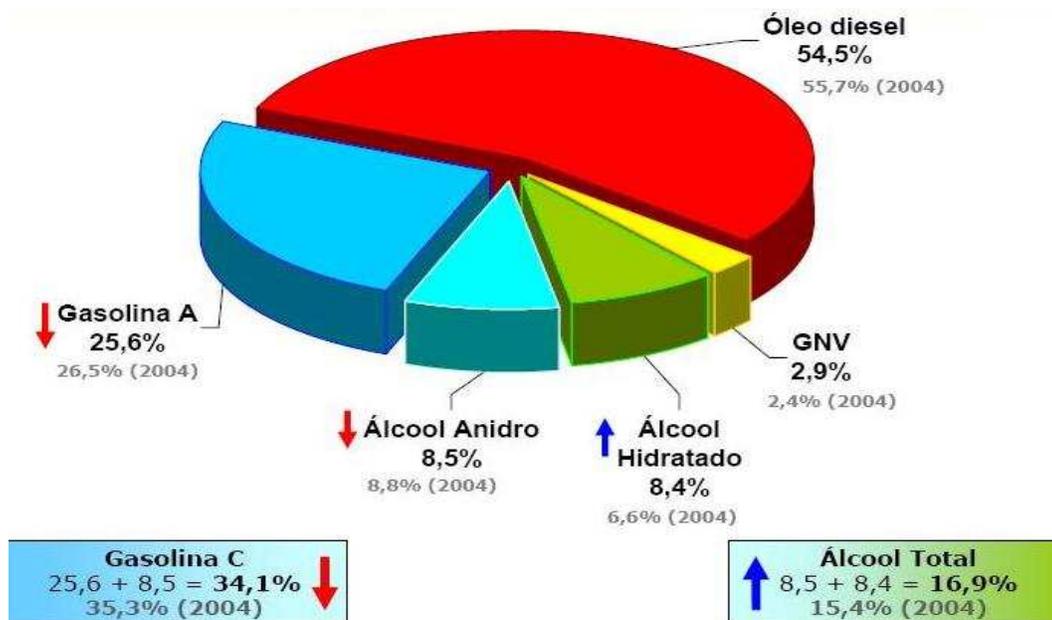


Figura 10 – Matriz de Combustíveis Veiculares 2005.
Fonte: Ministério de Minas e Energias, 2005.

Assim, de acordo com Cadernos Nae (2004), desde sua efetiva incorporação à matriz energética brasileira até a atualidade, o álcool conseguiu atingir importantes resultados: a produção e a demanda pelo combustível ultrapassaram meta do Proálcool, o produto tornou-se competitivo através dos avanços tecnológicos e este também se tornou uma das opções para a redução de gases de efeito estufa no setor de transportes.

O Proálcool, além de ter sido um programa apoiado pelo Estado com forte participação do empresariado nacional, segundo Ferolla e Metri (2006), implantou no Brasil uma alternativa energética simples e econômica, geradora de empregos no campo e na indústria e uma opção nacional para afastar as crises de desabastecimento do setor petrolífero que ameaçam as economias mundiais, bem como tornou-se uma alternativa para a redução dos gases do efeito estufa.

3.2 Óleos vegetais como combustíveis: Programas Nacionais de Produção

As primeiras experiências da utilização dos óleos vegetais no Brasil são da década de 1920. Posteriormente, porém, com o crítico cenário energético mundial, estas pesquisas

começam a ser discutidas pelo governo federal em 1975, sob a coordenação do ministério da Agricultura e , em 1980, a Resolução nº. 7, do Conselho Nacional de Energia, institui o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo).

A política do Proóleo aspirava a substituição do óleo diesel por óleos vegetais em mistura de até 30% em volume; incentivava a pesquisa tecnológica para promover a produção de óleos vegetais nas diferentes regiões do país; e buscava a total substituição do óleo diesel por óleos vegetais. (CADERNOS NAE, 2004)

Naquela época, os preços do barril de petróleo estavam muito acima dos registrados em anos anteriores, fato que ajudou a impulsionar a produção das matérias-primas necessárias à fabricação dos óleos vegetais. Primeiro deu-se maior atenção à soja, depois amendoim, colza, girassol e dendê. Após a queda do preço do petróleo, em 1985, o plantio destas culturas para fins energéticos tornou-se questionável e assim, o programa foi sendo progressivamente deixado de lado.

No início dos anos oitenta, foi lançado o Programa Nacional de Alternativas Energéticas Renováveis de Origem Vegetal (OVEG), com algumas linhas de ação relacionadas aos óleos vegetais combustíveis, voltado especificamente para a comprovação técnica do uso dos óleos vegetais em motores ciclo Diesel, com participação de institutos de pesquisa, órgãos técnicos do governo federal, fabricantes de motores, fabricantes de óleos vegetais e empresas de transporte. (CADERNOS NAE, 2004)

A instituição do OVEG I, do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), de acordo com Costa Neto et al (2000), permitiu a realização de testes com óleos vegetais de composição química e grau de insaturação variados. Os principais óleos testados nesta investigação foram os derivados de macaúba, pinhão-manso, indaiá, buriti, piqui, mamona, soja, babaçu, cotieira, tinguí e pupunha.

Os resultados do OVEG I foram publicados em 1985 e a viabilidade técnica da utilização dos óleos vegetais como combustíveis, apesar de algumas pesquisas relatarem uma série de pequenos problemas no funcionamento, comprovaram que os custos de produção inviabilizavam programas em larga escala. Portanto, os óleos vegetais só não tiveram aplicação como substituto de petróleo por razões econômicas. A partir da publicação desses resultados, não houve mais registros de continuação das experiências. (FURLAN JÚNIOR et al, 2004)

Em 30 de outubro de 1980, houve o lançamento nacional do PRODIESEL, um óleo vegetal substituto ao óleo diesel, apresentado como novo combustível, nesta época, em

Fortaleza. Quimicamente é constituído por uma mistura de ésteres lineares de ácidos graxos, obtidos a partir de óleos vegetais, através de uma reação denominada de transesterificação, onde o metanol (ou etanol) é o coadjuvante do processo. (PARENTE, 2003)

Uma diversidade de matérias-primas foram ensaiadas na produção do diesel alternativo. Duas experiências interessantes que podem ser apontadas, segundo Parente (2003): a produção do diesel vegetal a partir de óleo de semente de maracujá e a fabricação do substituto a partir do óleo de peixes, produzindo assim, pela primeira vez, óleo combustível de origem animal.

Como resultado do desenvolvimento do Prodieisel, a empresa cearense Produtora de Sistema Energéticos (PROERG), estabelecida em Fortaleza, de acordo com CADERNOS NAE (2004) obteve a primeira patente de biodiesel, produzindo cerca de 300 mil litros deste óleo diesel vegetal, que foram utilizados para testes.

A empresa Proerg em parceria com a Aeronáutica, desenvolveu o substituto de origem vegetal para o querosene de avião, denominado Prosene. O Prosene foi testado durante 2 anos pela CELMA - empresa de manutenção das turbinas dos aviões da VARIG, tendo sido oficialmente divulgada a sua existência em 23 de outubro de 1983, nas comemorações do Dia do Aviador Brasileiro, quando foi realizado o primeiro vôo de uma aeronave com combustível não proveniente de petróleo.

O querosene aeronáutico à base de óleo vegetal foi aprovado e homologado pelo Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e assim, os equipamentos da Proerg foram transferidos para o CTA, mas, por várias razões, incluindo-se a diminuição dos preços do petróleo e o desinteresse da Petrobrás, as atividades de produção experimental de óleo diesel vegetal, o então Prodieisel, foram paralisadas. (PARENTE, 2003). O governo se retraiu e a Proerg foi desativada.

3.2.1 Probiodiesel: do esquecimento a realidade

Durante anos, o programa de utilização de óleos vegetais como alternativa energética foi deixado de lado pelo governo. A partir do momento que os preços do petróleo voltaram a um patamar considerado viável economicamente, os programas nacionais brasileiros, antes incentivados, foram fadados ao esquecimento.

De qualquer forma, a intenção de se produzir óleo diesel vegetal no Brasil foi adiada. O mesmo não aconteceu em outros países, principalmente na Europa e América do Norte onde o assunto prosperou (PARENTE, 2003).

Na União Européia, no início da década de 1990, de acordo com Campos (2003), o Biodiesel já havia começado a receber incentivos à produção e ao consumo, através de uma forte desgravação tributária e alterações importantes na legislação do meio ambiente. A Alemanha, por exemplo, foi um dos países que iniciou a produção de biodiesel e se encontra em plena utilização deste combustível. Atualmente ela pode ser considerada a maior produtora e consumidora desse tipo de combustível, sendo responsável por aproximadamente 42% do mercado mundial.

Foi a partir da segunda metade da década de 1990, que a utilização dos biocombustíveis nos Estados Unidos começa a se generalizar a partir da motivação americana em melhorar a qualidade do meio ambiente, com várias iniciativas, entre elas o programa intitulado de “Programa Ecodiesel”. Atualmente, o país tem utilizado o biodiesel em frotas de ônibus urbanos, serviços postais e órgãos do governo (RATHMANN et al, 2006)

No Brasil, diversas experiências para a utilização e produção do biodiesel, haviam sido realizadas. Entretanto, foi apenas em 1998 que o órgão regulador do setor, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), publicou a resolução nº. 180, sobre a necessidade de realização de pré-testes para homologação de combustíveis não especificados, como era o caso do biodiesel. Após tal resolução, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, encaminhou a primeira solicitação para a realização dos testes utilizando biodiesel nacional em motores de combustão interna (OLIVEIRA & COSTA, 2002).

Desta forma, foram retomados os estudos dos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais da transesterificação. Nos últimos anos, com a valorização dos aspectos ambientais e da sustentabilidade dos sistemas energéticos, bem como a motivação garantida pela consolidação do programa europeu do biodiesel, o interesse neste biocombustível reapareceu no Brasil. Diversas instituições passaram a desenvolver atividades neste campo e algumas ações governamentais foram tomadas.

Em 2002, através da portaria nº. 702/02, o Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) constituiu o Programa Brasileiro de Biocombustíveis – Probiobiodiesel. Foi montado um projeto de trabalho envolvendo vários ministérios, a Embrapa, centros de pesquisas de universidades e empresários. (RATHMANN et al, 2005). A partir daí, uma Rede de

Pesquisas Probiodiesel iniciou os estudos da viabilidade de implementação definitiva do biodiesel na matriz energética do país.

Esse programa visava ao desenvolvimento, integrado em rede, das tecnologias de produção, industrialização e uso do biodiesel e de misturas com diesel. A partir de óleos vegetais puros e residuais produzidos regionalmente, pretendia adicionar 5% de biodiesel em todo diesel do país até 2005, o que representaria uma economia em torno de US\$ 1.2 bilhões a US\$ 1.8 bilhões com a substituição de importações. O Probiodiesel abriu caminho, também, para a obtenção de créditos internacionais pela redução da emissão de carbono (CARNEIRO apud PACHECO, 2004).

Para o MCT, o Probiodiesel tinha como objetivo desenvolver o mercado de consumo e as tecnologias de produção dos biocombustíveis; atestar a viabilidade e competitividade técnica, econômica, social e ambiental a partir da investigação em testes de laboratório, bancada e campo de éster etílico de soja e etanol, e éster metílico de soja; desenvolver e homologar as especificações do combustível para o país; e estabelecer a rede nacional de biodiesel.

Parente (2003) quando trata do assunto, refere-se a esta política adotada pelo MCT como demasiadamente restritiva, quando é dada a soja a preferência de utilização como matéria-prima, e ao etanol anidro, como coadjuvante no processo de produção. Ele diz que outras lavouras, como por exemplo a mamona e o babaçu, têm capacidade de oferecer ocupação para muitas famílias rurais que vivem no semi-árido nordestino, em condições de ofertar mais de 2 bilhões de litros anuais de biodiesel. Além do mais, existem outras possibilidades de obtenção de biodiesel partindo de insumos residuais como os óleos de frituras, do sebo dos abatedores, frigoríficos e curtumes e, ainda, de uma grande quantidade de matérias graxas existentes nos esgotos municipais e de certas indústrias. Com relação à exclusividade do etanol, é conhecida a importância do álcool etílico no mercado energético brasileira, entretanto, existem vantagens comparativas apresentadas na utilização do metanol no processo de produção deste biocombustível.

Apesar dos diversos aspectos apresentados pelo programa, foi a partir desta experiência que o Brasil passou da condição de mero espectador do proeminente sucesso de outros países, a um forte investidor e idealizador na área dos biocombustíveis. Sua percepção com relação a esta realidade foi motivada pelo sucesso do programa de implantação e investimento nos combustíveis renováveis, de origem vegetal e animal, na Europa e nos Estados Unidos.

3.2.2 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

Inicialmente conhecido como Programa Brasileiro de Biodiesel (Probiobiodiesel) e mais tarde, em dezembro de 2004, renomeado para Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), tem sido articulado pelo Governo Federal por meio de um arranjo interministerial específico para o incentivo do funcionamento do mesmo.

O PNPB tem tido como prioridade principal fomentar a ampliação da produção e o consumo em escala comercial do biodiesel como aditivo ao diesel petrolífero no Brasil, de forma sustentável, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional por meio da diversificação de fontes de matérias-primas vegetais e de regiões produtoras, gerando emprego e renda.

A Lei 11.097, de treze de janeiro de 2005, instituiu juridicamente o início da implementação do PNPB (marco regulatório), introduzindo o biodiesel na Matriz Energética Brasileira de combustíveis líquidos ao estabelecer a obrigatoriedade, em todo território nacional, da adição de 2% desse biocombustível ao óleo diesel de origem fóssil no país a partir de 2008 (SUERDIECK, 2006).

A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2, e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100. Com a instituição do marco regulatório do biodiesel, todo o óleo diesel comercializado no país deverá ser do tipo B2. Tal regulamentação prevê ainda a ampliação da mistura obrigatória para 5% a partir de 2013 (B5). Vale aqui ressaltar que, a depender da evolução da capacidade produtiva e da disponibilidade de matéria-prima, entre outros fatores, esses prazos podem ser antecipados, mediante Resolução do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, conforme estabelecido pela Lei. Em sua Resolução nº 03 de 23 de setembro de 2005, o CNPE antecipou para janeiro de 2006 o B2, cuja obrigatoriedade é condicional e se restringirá ao volume do biodiesel produzido por detentores do selo “Combustível Social” (MDA, 2007).

Uma vez estabelecida a base legal do biodiesel, houve a necessidade de se desenvolver um mecanismo de produção de biodiesel até 2008, quando o biodiesel passará a ser obrigatório. Para isto o CNPE criou leilões públicos realizados pela ANP (Agência Nacional do Petróleo) como forma de antecipar esta obrigatoriedade. Assim, de acordo com o MDA, os leilões são realizados para incrementar a participação do biodiesel na matriz energética nacional, segundo as políticas econômica, social e ambiental do Governo

Federal; estimular investimentos na cadeia de produção e comercialização do biodiesel; e possibilitar a participação combinada da agricultura familiar e do agronegócio no fornecimento de matérias-primas.

Para o MCT, esse marco regulatório do PNPB estabelece os percentuais de mistura do biodiesel ao diesel petrolífero; um regime tributário diferenciado para estimular a produção da agricultura familiar em regiões menos desenvolvidas do país (Norte e Nordeste); a criação do selo Combustível Social, para viabilizar a inserção dos produtores familiares na cadeia produtiva; e a isenção da cobrança de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre o biodiesel.

O selo Combustível Social, fornecido pelo MDA, é uma forma de identificação dos produtores de biodiesel que estão promovendo a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio de geração de emprego e renda para os agricultores familiares enquadrados nos critérios do Pronaf. O selo só é concedido ao produtor que comprar matéria-prima da agricultura familiar em percentuais de: 50% da região Nordeste e semi-árido, 10% da região Norte e Centro-Oeste, e 30% da região Sudeste e Sul; realizar contratos com esses agricultores de forma que haja especificação das condições comerciais que garantam renda e prazos compatíveis com a atividade; e ainda, devem assegurar assistência e capacitação técnica a essas famílias de agricultores.

Em poder desse selo, os produtores possuem melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras credenciadas, podendo participar dos leilões de biodiesel e ter acesso a alíquotas de PIS/PASEP e COFINS com coeficientes de redução diferenciados. (Ver Tabela 4)

Tabela 4 – Incidência de PIS/PASEP e Cofins sobre os produtores de biodiesel, (Decreto 5.297) R\$/litro de biodiesel

Modalidade de produtor de biodiesel	Matéria-prima / Região	
	Qualquer matéria-prima / Qualquer região	Palma e Mamona (Norte e Nordeste)
Sem Selo Combustível Social	R\$ 0,22 (67% red)	R\$ 0,15 (77,5% red)
Com Selo Combustível Social	R\$ 0,07 (89,6% red)	R\$ 0,00 (100% red)

Fonte: MDA, 2007.

Para a inserção da agricultura familiar nesta cadeia produtiva foram disponibilizadas linhas de crédito específicas para o custeio da produção de oleaginosas, sem prejudicar as outras produções realizadas paralelamente. Assim, criou-se o Pronaf

Biodiesel, para que o agricultor continue a plantar as culturas que está mais habituado (milho, feijão, etc.), mas que plante também oleaginosas para produção de biodiesel.

As empresas vencedoras dos leilões, detentoras do selo Combustível Social, encontram-se em diversas regiões do país, de forma que, no último leilão promovido pela ANP realizado em 11 e 12 de julho de 2006, a maior compra de biodiesel deu-se por empresas localizadas na região Nordeste (39,7%), seguida pelas situadas nas regiões Sul (29,1%), Norte (16,4%), Centro-Oeste (14,4%) e Sudeste (0,5%). (Ver Figura 11)

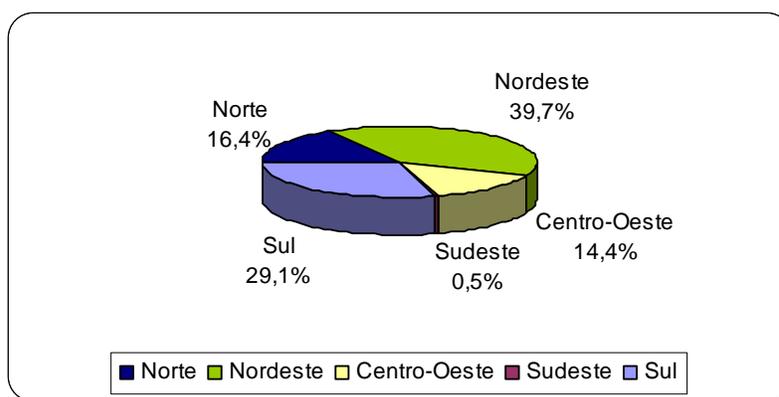


Figura 11 – Resultado do 4º Leilão de Compra de Biodiesel realizado em julho de 2006 pela ANP – por região.

Fonte: MDA, 2007.

Há ainda, a regulamentação estabelecida pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) que estabeleceu especificações técnicas para esse biocombustível, criando a figura do produtor de biodiesel, bem como a estruturação de sua cadeia de comercialização. Outras 18 resoluções que tratam sobre combustíveis líquidos também foram revisadas, incluindo agora o biodiesel.

Dessa maneira, Campos (2003) afirma que o PNPB contribuirá para consolidar o Brasil como país líder mundial em biocombustível através da atualização e do desenvolvimento de tecnologias em todos os elos da cadeia produtiva multissetorial (setor automotivo, sucroalcooleiro, óleos vegetais, centros de pesquisa, entre outros) sempre em benefício do consumidor final, da qualidade de vida e da promoção do desenvolvimento do País.

3.2.3 Diesel Hbio da Petrobrás

Dentro do contexto da evolução de programas nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis, pode-se citar também uma nova tecnologia na produção de óleo diesel que foi descoberta pelo Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes). O novo combustível é denominado Hbio e é obtido através de um processo que utiliza matérias-primas de origem vegetal ou animal e, por hidrorrefino – o refino com a utilização do hidrogênio –, que produz o óleo diesel.

O Hbio visa reduzir o enxofre, elemento altamente poluente que está presente no diesel tradicional. Além disso, usa matérias-primas renováveis e permite a utilização das refinarias já existentes.

O processo de produção ocorre dentro de um catalisador, que fica em movimento ininterrupto. O óleo de origem vegetal (o mais comum é o de soja, usado na cozinha) ou animal é adicionado ao diesel tradicional, refinado a partir do petróleo, para ser hidroconvertido, em unidades de Hidrotratamento (HDT), que são empregadas nas refinarias. Dentro dessas unidades, a mistura é bombardeada por moléculas de hidrogênio, iniciando assim, o processo da hidrogenação, sistema bem diferente da transesterificação, que produz o biodiesel. (Ver Figura 12)

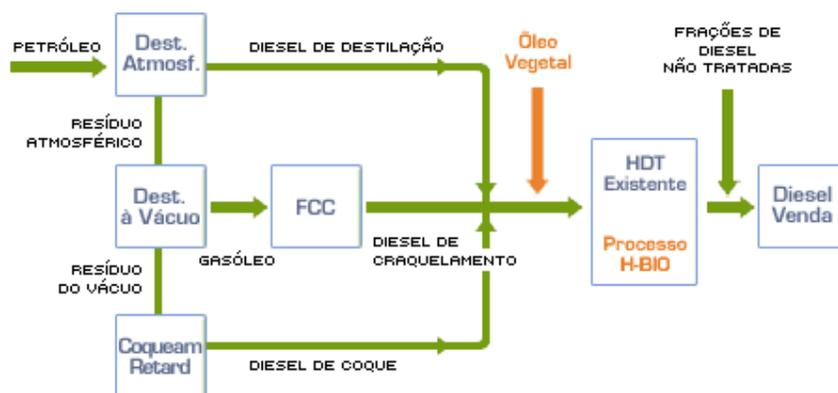


Figura 12 – Processo de produção do Hbio
Fonte: Petrobrás, 2007.

A hidrogenação diminui a concentração de partículas poluentes, como o enxofre, e aumenta as que contribuem para a eficiência do produto, como a parafina, que melhora a

qualidade da ignição dos veículos. O resultado é um óleo diesel processado, parecido com o tradicional, mas menos poluente.

A Petrobrás (2007) explica que o Hbio é diferente do biodiesel que também utiliza óleos vegetais em sua produção. O que acontece é que no biodiesel, a mistura ocorre apenas quando o combustível já está nas distribuidoras. Já no caso do Hbio, os pesquisadores descobriram que injetando o óleo de soja no meio do processo de refino, conseguiriam produzir este diesel que é praticamente isento de enxofre.

Até agora, o diesel petrolífero tradicional recebia hidrogênio para diminuir o teor de enxofre expelido em sua utilização. No caso, a utilização do Hbio, quase isento desse componente químico, promoveria um ganho ainda maior em termos ambientais, não só para o país, mas também para o planeta.

Outra vantagem do Hbio é que, ao contrário do biodiesel, que necessita da construção de unidades específicas para sua produção, são necessárias apenas pequenas adaptações nas refinarias já existentes, o que torna essa tecnologia, além de inovadora, mais econômica. A expectativa da Petrobrás é que em 2007, três refinarias sejam adequadas com a tecnologia Hbio, alcançando um consumo de óleo vegetal da ordem de 256 mil m³ por ano, o que equivale à cerca de 10% do óleo vegetal exportado pelo Brasil em 2005. Para 2008 está prevista a implantação do processo Hbio em mais duas refinarias, o que deverá elevar o processamento de óleo vegetal para cerca de 425 mil m³ por ano.

A tecnologia Hbio da Petrobrás ainda desponta no horizonte das novas alternativas energéticas. Muitas pesquisas e estudos ainda precisam ser feitos para que as vantagens e desvantagens na produção desse novo processo sejam realmente avaliadas. Apesar disto, o Hbio introduz uma nova perspectiva para a produção de biocombustíveis complementar ao Programa Brasileiro de Biodiesel, podendo estimular no futuro a ampliação da utilização da biomassa na matriz energética do país.

4. PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL: CONCEITOS, PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS

A produção de combustíveis a partir de fontes naturais renováveis é uma solução para contornar limitações econômicas e ambientais do uso de petróleo e derivados, cujas reservas são esgotáveis, apesar da auto-suficiência brasileira recentemente anunciada. Além disso, estimula a diversificação de culturas, proporciona a redução da poluição do ar e habilita as entidades a pleitearem os recursos oriundos de créditos de carbono. Neste contexto, surge o biodiesel que, além de ser um combustível de importância estratégica para a matriz energética é dotado de todos os outros atributos anteriormente citados.

4.1 Conceitos

A denominação biodiesel tem sido aplicada ao combustível biodegradável, ambientalmente correto, substituto natural do óleo diesel e que pode ser produzido a partir de fontes renováveis como óleos vegetais, gorduras animais e óleos utilizados para cocção de alimentos (frituras).

A primeira patente mundial do biodiesel foi concedida ao Brasil através do trabalho realizado pelo professor Expedito Parente. A Patente PI –8007957 foi requerida e homologada pelo INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) em 1980, mas entrou em domínio público, pelo tempo e desuso. A partir daí, outros países utilizaram-se da invenção e desenvolveram a produção de biodiesel. O Brasil, apesar dos esforços em desenvolver programas para a utilização dos óleos vegetais, só retomou um Programa Nacional de Produção de Biodiesel em 2002, Probi biodiesel, que depois, em 2004, foi renomeado como Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, quando houve a instituição de seu marco regulatório, introduzindo o biodiesel à matriz energética brasileira.

Segundo definição da lei brasileira n.º 1.097, de 13 de janeiro de 2005, o biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

Já para os norte-americanos, de acordo com *National Biodiesel Board* (2007), o biodiesel são ésteres monoalquílicos de ácidos graxos obtidos de espécies lipídicas renováveis, tais como óleos vegetais ou gorduras animais, para uso em motores de ignição por compressão (diesel).

Apesar de outras definições terem sido apresentadas por pesquisadores, umas mais aceitas do que outras, alguns autores preferem generalizar o termo e associá-lo a qualquer tipo de ação que promova a substituição do diesel na matriz energética mundial, como nos casos do uso de: óleos vegetais “in natura” quer puros ou em misturas; bioóleos produzidos pela conversão catalítica de óleos vegetais (pirólise); e microemulsões, que envolvem a injeção simultânea de dois ou mais combustíveis, geralmente imiscíveis, na câmara de combustão de motores do ciclo diesel (MA & HANNA apud RAMOS et al, 2003). Por fins didáticos, este estudo levará em consideração apenas os óleos vegetais *in natura* puros ou em misturas.

O biodiesel é, portanto, constituído quimicamente por uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, na presença de um catalisador ácido ou básico. A proporção destes componentes é, aproximadamente: 87% de óleo vegetal, 12% de álcool e 1% de uma base catalisadora. Os produtos do processo são o biodiesel (86%), glicerina (9%) e uma mistura de álcool (5%) reprocessável. (WEHRMANN, VIANNA, & DUARTE, 2006). Se o álcool escolhido para a fabricação do biodiesel for o metanol, a síntese é conhecida por “Rota Metílica”. Por outro lado, se a opção for o etanol, o nome usual do processo é “Rota Etílica”.

Pode-se estabelecer um fluxograma do processo de produção do biodiesel a partir de óleos e gorduras ricas em triglicerídeos, como pode ser visto na Figura 13.

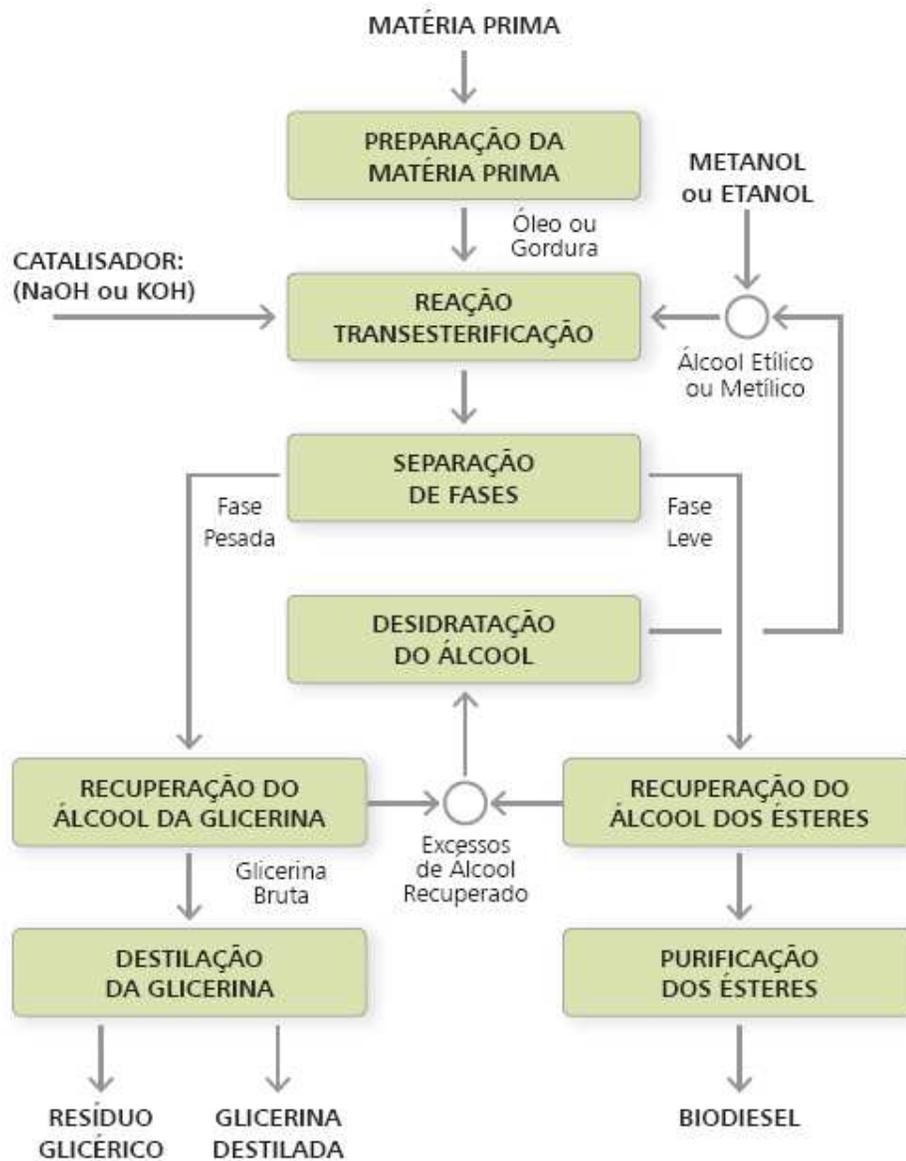


Figura 13 – Fluxograma do Processo de Produção do Biodiesel
 Fonte: PARENTE (2003)

4.2 Rotas do Processo de Produção do Biodiesel

Como dito anteriormente, a produção de biodiesel pode se dar por meio da reação de transesterificação com metanol ou etanol, sendo que os ésteres (etílicos ou metílicos) têm características físico-químicas muito similares ao óleo diesel derivado do petróleo. Na

prática, as duas reações são consideradas equivalentes devido ao fato de produzirem o biodiesel e de serem substitutas deste combustível fóssil.

Em todo o mundo o biodiesel tem sido obtido a partir da rota metílica e no Brasil esta tendência não se mostra diferente. Há, no entanto, empreendimentos em operação que se utilizam da rota tecnológica etílica. A escolha do etanol é particularmente interessante para o caso brasileiro, visto que o álcool etílico é uma fonte de bioenergia largamente disponível no Brasil. Além disso, o país possui uma infra-estrutura de fornecimento e produção já estruturadas e também porque sua obtenção é proveniente exclusivamente de biomassa pelo processamento da cana-de-açúcar, matéria-prima que vem sendo amplamente explorada e tem ganhado ainda mais espaço por causa da produção do álcool brasileiro. De acordo com Feliciano Filho e Pereira Júnior (2007), a desvantagem na utilização desta rota é que o etanol é menos reativo, o que exige maior tempo de reação e consumo de mais energia.

Já na rota metílica, o consumo de metanol é aproximadamente 45% menor que o do etanol anidro. Normalmente, o preço do metanol é inferior ao do preço do etanol e ele é mais reativo. As desvantagens da utilização desse álcool é que apesar dele poder ser produzido a partir da biomassa, é tradicionalmente sintetizado a partir do gás natural, produto fóssil. Ele possui maior risco de incêndios, por ser mais volátil e apresentar a chama invisível, além de ser bastante tóxico. Apesar de ser ociosa, a capacidade atual de produção de metanol brasileira só garantiria o estágio inicial de um programa de âmbito nacional (FELICIANO FILHO & PEREIRA JÚNIOR, 2007).

4.3 Subprodutos do processo de produção

A cadeia produtiva do biodiesel gera alguns subprodutos que podem ser determinantes para a viabilidade econômica da produção desse combustível. Entre os principais pode-se citar a glicerina, a lecitina, o farelo e a torta de oleaginosa (RATHMANN, 2005).

O aumento na oferta desses subprodutos, causado pelo aumento da produção de biodiesel, pode ser acomodado por outras indústrias como a química de cosméticos, perfumaria, limpeza, ou ainda, podem ser utilizados na alimentação animal ou como

adubo, mas essa destinação ainda é uma dúvida, tendo em vista que na Política Nacional de Biodiesel não foi definida uma alternativa para absorver este volume.

Um dos principais problemas que têm sido apontados é o da destinação da glicerina. Alguns estudiosos afirmam que o mercado brasileiro não está preparado para absorver esse aumento na oferta e que isto poderá causar problemas ambientais para o país, já que não há nenhuma legislação específica sobre a forma de descarte deste produto, que geralmente ocorre nos rios ou através da queima. Por outro lado, para os pesquisadores do MCT (2007), com baixo preço da glicerina, resultante do excesso de oferta, haverá uma acomodação natural no mercado e, conseqüentemente, novas aplicações para o produto surgirão naturalmente.

Assim, como o aumento na oferta de biodiesel é simultâneo ao da oferta de outras substâncias resultantes, estão sendo identificadas novas alternativas industriais para o emprego extensivo de tais matérias-primas, a fim de coibir o possível aviltamento dos preços e manter o interesse do mercado sem expor a sociedade a riscos sanitários pelo aumento de resíduos, ou de mistura de subprodutos não especificados aos alimentos (OLIVEIRA & COSTA, 2002).

Outro subproduto que tem gerado discussão é a torta de algumas oleaginosas, principalmente da mamona. Na maioria dos casos, ela tem sido utilizada como adubo orgânico de boa qualidade, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras esgotadas. Apesar de apresentar um alto teor de proteínas, não se recomenda seu uso para ração animal devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e devido também à inexistência de tecnologia viável, em nível industrial, para o processo da desintoxicação (SEVERINO, 2005).

Uma pesquisa realizada pelo Centro de Estudos Avançados em Pesquisa Agrícola – CEPEA (2006), sobre os custos da produção de biodiesel no Brasil, constatou que o valor do biodiesel pode aumentar para compensar os prejuízos dos subprodutos ou reduzir por assimilar lucro com esses derivados do processo. Dessa forma, portanto, percebe-se que o custo da produção do biodiesel está ligado ao destino econômico tomado por seus subprodutos.⁵

Assim, a destinação dos subprodutos é de importância econômica, social e ambiental para o país, devendo ser foco de análises mais detalhadas e de estudos mais apurados acerca de possíveis usos alternativos (PADULA et al; RATHMANN, 2005).

⁵ A pesquisa será mais explorada no próximo item.

4.4 Dimensões Econômicas do Programa

4.4.1 Produção e Custos das Principais Oleaginosas

Conjuntamente com o álcool, os óleos vegetais compõem as principais fontes para obtenção de biocombustíveis. A tecnologia de produção de óleo diesel vegetal, por meio do processo de transesterificação, é conhecida e aplicada industrialmente, em diversas regiões do mundo (PERES et al, 2005).

No Brasil, existem diversas fontes potenciais de oleaginosas para a produção de biodiesel, dada a ampla diversidade do ecossistema. Essa é uma vantagem comparativa que o país possui em relação a todos os outros produtores de oleaginosas.

De modo geral, a diversidade de matérias primas, processos e usos para o biodiesel é uma grande vantagem, mas traz consigo um dos grandes problemas envolvendo o negócio de biodiesel em todo o mundo: a concorrência deste com as diversas cadeias e indústrias que utilizam as mesmas matérias-primas (óleos vegetais), que hoje são pleiteadas para produção do biocombustível (CARVALHO, VILELA & OLIVEIRA, 2007).

Indústrias químicas, de alimentos, farmacêuticas, de cosméticos e outras têm como base os mesmos óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel, o que poderá gerar competição e elevação dos preços até um novo ajuste de oferta.

Os mercados interferentes geram uma maior complexidade para compreensão e ação no negócio de biodiesel, exigindo atenção em todos os movimentos nas diversas cadeias, além do próprio mercado de petróleo e diesel e de outros combustíveis, como o álcool. (Ver Figura 14)

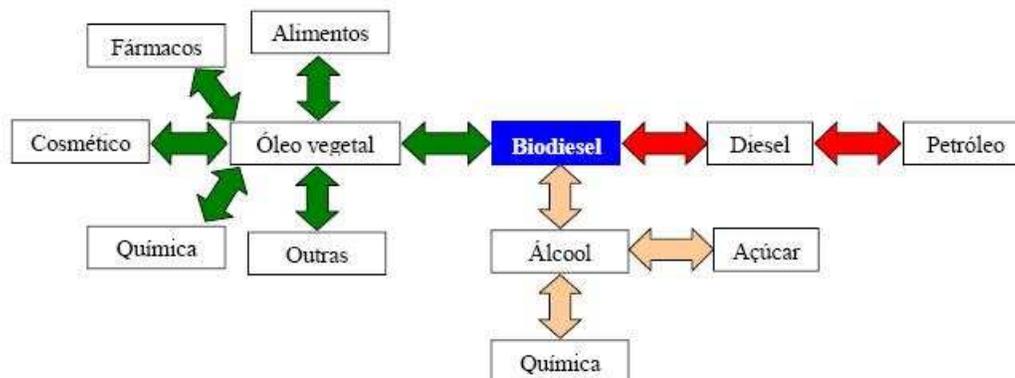


Figura 14 – Biodiesel e Mercados Interferentes
Fonte: CARVALHO, VILELA & OLIVEIRA, 2007.

De forma geral, pode-se afirmar que monoalquil-ésteres de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de óleo vegetal, mas nem todo óleo vegetal pode (ou deve) ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel. Isso porque alguns óleos vegetais apresentam propriedades não ideais, como alta viscosidade ou alto número de iodo, que são transferidas para o biocombustível e o torna inadequado para o uso direto em motores do ciclo diesel. Portanto, a viabilidade de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica, sócio-ambiental e passam, inclusive, por importantes aspectos agronômicos, tais como: (a) o teor em óleos vegetais; (b) a produtividade por unidade de área; (c) o equilíbrio agronômico e demais aspectos relacionados ao ciclo de vida da planta; (d) a atenção a diferentes sistemas produtivos; (e) o ciclo da planta (sazonalidade); e (f) sua adaptação territorial, que deve ser tão ampla quanto possível, atendendo a diferentes condições edafoclimáticas (RAMOS apud RAMOS et al, 2003).

São diversas as fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, entre elas: a semente de girassol, a mamona, a semente de canola, a amêndoa do côco de dendê, a amêndoa do côco de babaçu, a polpa do dendê, o caroço de algodão, a semente de linhaça, o grão de amendoim, a amêndoa do côco da praia, a semente de maracujá, a polpa de abacate, nabo forrageiro, a semente de tomate e de o caroço de oiticica. Algumas plantas nativas como o pequi, o buriti e a macaúba, apresentam um potencial relevante para a produção do diesel vegetal, entretanto, as suas produções são extrativistas e não há plantios comerciais para produção de biodiesel.

A produção mundial de oleaginosas é crescente. Cerca de 50% do total de óleos vegetais consumidos no mundo provém da soja e da palma. Estima-se que a produção das dez principais plantas oleaginosas do mundo deverá alcançar 386 milhões de toneladas em 2006/07, sendo 221 milhões de toneladas somente de soja (57% do total). (Tabela 5)

Tabela 5 – Produção mundial de oleaginosas.

Produto	Previsão 2006/07	2005/06	2004/05	2003/04	Crescimento anual 1995/96 - 2005/06
Soja	220,81	220,19	216,55	185,39	+ 6,1%
Caroço de algodão	42,53	42,54	45,10	36,10	+ 2,2%
Amendoim	22,86	24,02	23,62	23,58	+ 1,7%
Girassol	29,67	30,17	26,24	26,91	+ 2,0%
Canola	47,02	49,07	46,09	39,00	+ 4,2%
Palma	10,30	9,67	8,90	8,13	+ 7,5%
Mamona	1,21	1,44	1,35	1,15	+ 2,2%
TOTAL	385,79	388,61	378,36	330,66	+ 4,3%

Fonte: World Oil apud CARVALHO, VILELA & OLIVEIRA (2007).

Existem algumas características que podem ser analisadas para saber se o cultivo da matéria-prima agrícola é viável para a produção. Cada oleaginosa, por exemplo, dependendo da região na qual é cultivada e segundo as condições de clima e de solo, apresenta características específicas na produtividade por hectare e na percentagem de óleo obtida da amêndoa ou grão. A produtividade obtida também está diretamente associada às condições de clima e do sol, às tecnologias de cultivo, à qualidade de semente e às tecnologias de processamento praticadas. A seguir, a tabela 6 ilustra a relação das espécies, produtividade e rendimento de algumas oleaginosas com potencial uso para fins energéticos. Em termos de rendimento de óleo, merecem destaque o dendê, o côco e o girassol. Também merece ser comentada a cultura da mamona, pela resistência à seca (MEIRELLES, 2003).

Tabela 6 – Características de algumas oleaginosas com potencial de uso energético.

Espécie	Origem do Oleo	Conteúdo de Óleo (%)	Ciclo de Máxima Eficiência (anos)	Meses de Colheita	Rendimento (tonelada óleo/ha)
Dendê (Palma)	Amêndoa	20,0	8	12	3,0 - 6,0
Abacate	Fruto	7,0 - 35,0	7	12	1,3 - 1,5
Côco	Fruto	55,0 - 60,0	7	12	1,3 - 1,9
Babaçu	Amêndoa	66,0	7	12	0,1 - 0,3
Girassol	Grão	38,0 - 48,0	Anual	3	0,5 - 1,9
Colza/Canola	Grão	40,0 - 48,0	Anual	3	0,5 - 0,9
Mamona	Grão	43,0 - 45,0	Anual	3	0,5 - 0,9
Amendoim	Grão	40,0 - 43,0	Anual	3	0,6 - 0,8
Soja	Grão	17,0	Anual	3	0,2 - 0,4
Algodão	Grão	15,0	Anual	3	0,1 - 0,2

Fonte: NOGUEIRA, L.A.H et al apud MEIRELLES, Fábio (2003). Agência Nacional de Energia Elétrica. Adaptado pelo Departamento Econômico da Federação da Agricultura do Estado de São Paulo (FAESP).

De acordo com Meirelles (2003) e Peres et al (2005), a soja atualmente se afigura como uma das grandes opções para estimular o programa de obtenção de biocombustíveis, despontando, no curto prazo, como principal cultura oleaginosa para suprir a demanda por biodiesel. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja e o maior exportador. A extensão de área plantada é, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de aproximadamente 20 milhões de hectares em 2007, com produção em crescimento e estimada para 56 milhões de toneladas na última safra agrícola. (Figura 15)

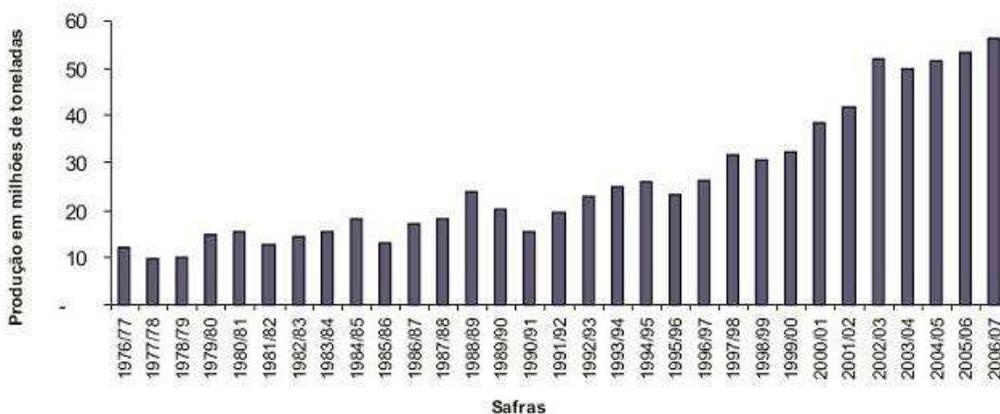


Figura 15 – Série histórica da produção de soja no Brasil, em milhões de toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

Além da soja, outras oleaginosas como o dendê, o amendoim, a mamona, caroço de algodão e girassol também têm apresentado um crescimento significativo em suas produções e merecem destaque dentro da matriz energética de produção do biodiesel.

A produção de óleo de dendê no Brasil, em 2001, era de 100 mil toneladas, sendo que a área plantada desta oleaginosa era de 49 mil hectares. Em 2005, a expectativa de produção era de 170 mil toneladas e da área ocupada era de 64 mil hectares. Pode-se perceber através do gráfico, um crescimento ao longo dos anos. (Figura 16)⁶

⁶ A série histórica da produção de óleo de dendê inicia-se somente em 1995 porque não há dados disponíveis nos anos anteriores.

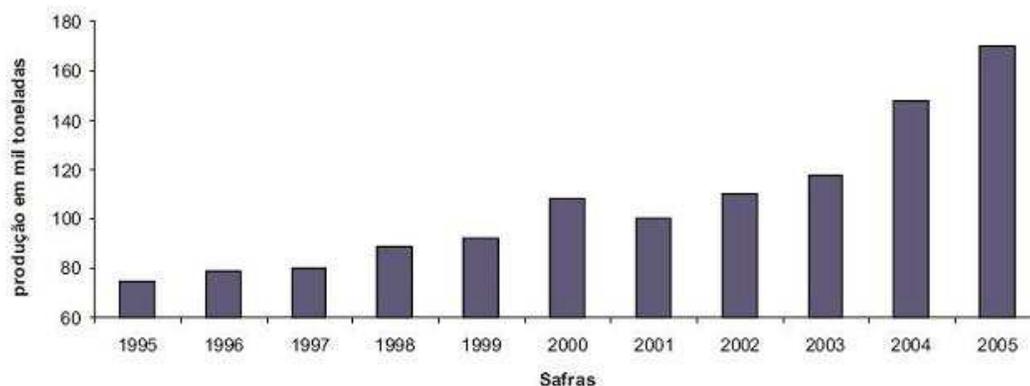


Figura 16 – Série histórica da produção de óleo de dendê no Brasil, em mil toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

No caso do girassol, em 1997/98 a produção dessa oleaginosa era de 15,8 mil toneladas em uma área plantada de 12,4 mil hectares. As expectativas para 2006/07 são de um grande crescimento: a produção vai para 120 mil toneladas de girassol em uma área de aproximadamente 80 mil hectares. (Figura 17)

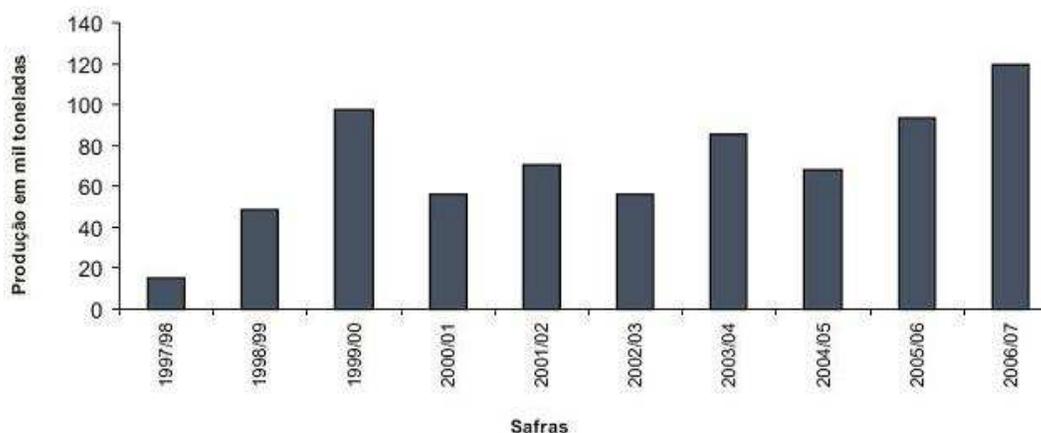


Figura 17 – Série histórica da produção de girassol no Brasil, em mil toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

Atualmente, o Brasil é o quinto maior produtor mundial e o terceiro maior exportador de algodão do mundo. Para a produção de biodiesel, a parte do algodão que é utilizada é o caroço, que contém alto teor de óleo. A produção dessa matéria-prima no início da década de 1970 era de 1.2 milhões de toneladas e as estimativas para a safra 2006/07 eram de crescimento, com uma safra de 2.2 milhões de toneladas.

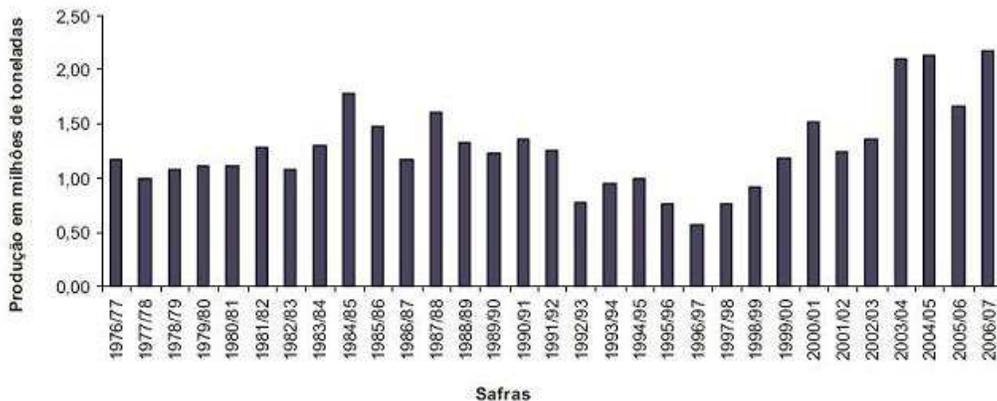


Figura 18 – Série histórica da produção de caroço de algodão no Brasil, em milhões de toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

O amendoim também tem se apresentado como uma alternativa interessante para a produção de biodiesel. No passado, o país produziu muito mais amendoim, mas em virtude de uma série de fatores (baixa tecnologia, presença do *Aspergillus*), a produção encolheu e, a partir daí, com a melhora dos fatores, atingiu a casa das 300 mil toneladas em 2004/05, voltando a apresentar taxas um pouco menores nos anos seguintes. (Figura 19)

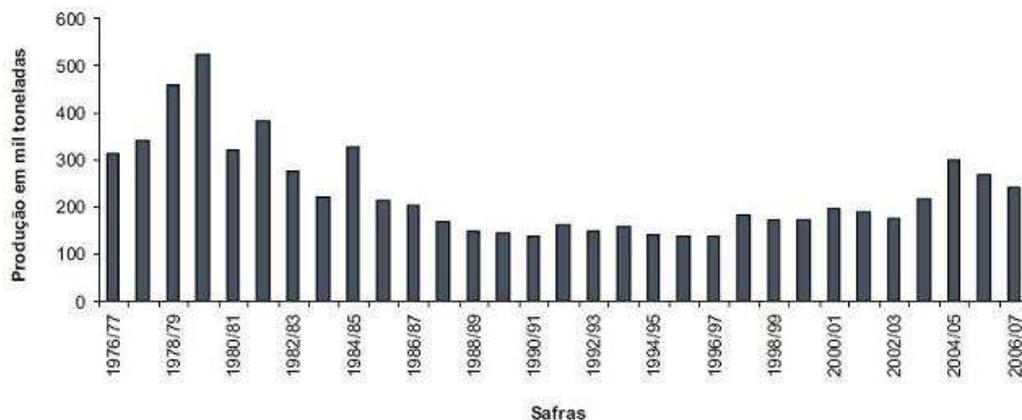


Figura 19 – Série histórica da produção de amendoim no Brasil, em mil toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de mamona, respondendo por 11% da produção mundial com 149 mil toneladas produzidas. A produção brasileira apresentou altas taxas na década de 1980 e depois, sofreu forte queda chegando a 18,8 mil toneladas na safra de 1997/98. Atualmente, a expectativa de produção é de 152,5 mil toneladas (2006/07) em uma área de 209 mil hectares.

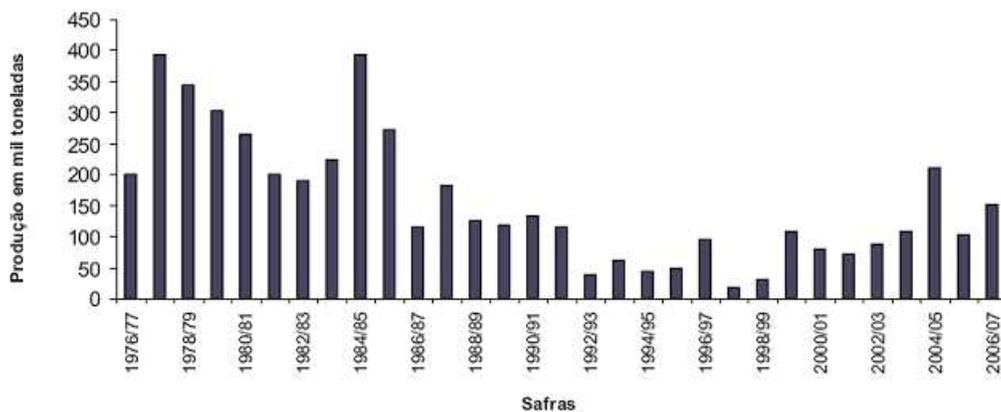


Figura 20 – Série histórica da produção de mamona no Brasil, em mil toneladas.
Fonte: MAPA, 2007

Quanto aos custos de produção do biodiesel no Brasil, uma pesquisa realizada pelo CEPEA (2006) considerou o uso de matérias-primas compatíveis com as respectivas vocações agrícolas de cada região do país. Este estudo resultou, portanto, na análise das seguintes oleaginosas: Região Sul: soja e girassol; Região Sudeste: soja, girassol e amendoim; Região Centro-Oeste: soja, caroço de algodão e girassol; Região Nordeste: soja, caroço de algodão e mamona; Região Norte: soja, mamona e dendê.

O estudo apresentou cálculos e análises dos custos de produção do biodiesel partindo da agricultura até a usina. Foi considerada a produção do óleo diesel vegetal a partir das matérias-primas citadas anteriormente, nas cinco macrorregiões do país, em três escalas industriais (10.000 t/ano, 40.000 t/ano e 100.000 t/ano). Em uma parte da análise, o custo foi calculado levando em consideração a inserção da matéria-prima agrícola a custo de produção e, na outra parte, foi feita uma avaliação do preço regional do mercado. O trabalho considerou unidades industriais que integram o esmagamento da matéria-prima agrícola para a obtenção de óleo e o processamento do biodiesel propriamente. (CEPEA, 2006)

Um resumo dos resultados apresentados pela pesquisa pode ser observado nas figuras 21 e 22. Como é possível perceber, as figuras são uma síntese dos custos de produção em unidades industriais de 40 mil toneladas por ano. Na primeira, quando o custo é analisado a partir da matéria-prima agrícola a custo de produção (com arrendamento), o valor do caroço de algodão no Nordeste apresentou-se mais baixo (R\$ 0,712/L), seguido da soja no Centro-Oeste (R\$ 0,883/L) e do caroço de algodão no Centro-Oeste (R\$ 0,975/L). (Figura 21)

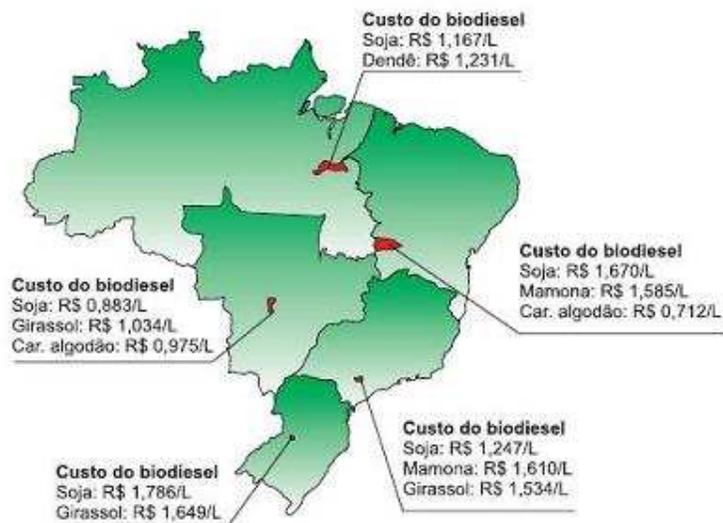


Figura 21 – Biodiesel a partir de matéria-prima agrícola a custo de produção agrícola (com arrendamento) em planta de 40 mil toneladas por ano – Safra 2004/2005.
Fonte: CEPEA, 2006.

Já na Figura 22, o custo do biodiesel é analisado a partir da matéria-prima comprada no mercado. O valor do caroço do algodão no Nordeste continua sendo o mais baixo (R\$ 0,712/L), seguido do girassol no Sudeste (R\$ 0,859/L) e do girassol no Sul (R\$ 0,889/L).

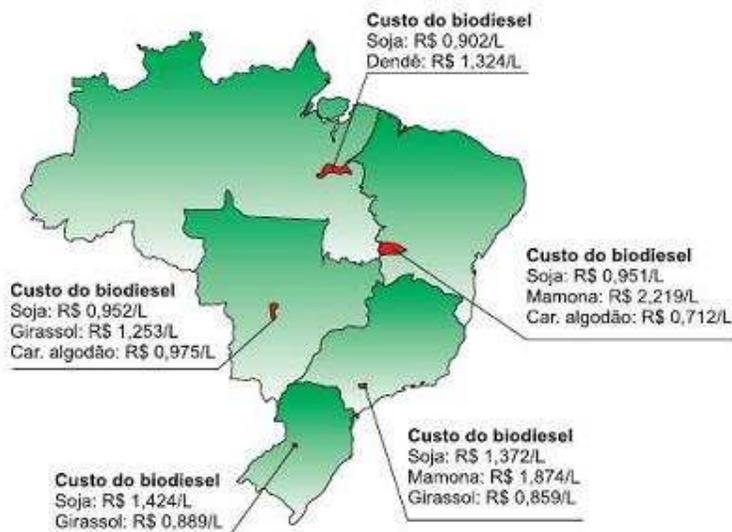


Figura 22 – Biodiesel a partir de matéria-prima agrícola comprada no mercado em planta de 40 mil toneladas por ano – Safra 2004/2005.
Fonte: CEPEA, 2006.

Embora o estudo realizado pelo CEPEA tenha ficado restrito a algumas culturas, ele é bastante ilustrativo e inovador porque conseguiu calcular o custo do biodiesel em diferentes regiões do Brasil. Os resultados gerais da pesquisa, portanto, indicaram que o biodiesel a partir do caroço de algodão no Nordeste é o mais viável do Brasil.

A variedade de culturas para a produção de biodiesel, como pôde ser observado, é muito grande e o maior desafio atualmente é o de escolher a oleaginosa mais adequada para explorar ao máximo as potencialidades regionais. Há algumas que ainda dependem de maior estudo e do desenvolvimento de melhores tecnologias de produção e de industrialização. Porém, outras já estão em um estágio mais avançado de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e estão recebendo investimentos para a expansão de suas produções. Independente da cultura, o plantio de oleaginosas para extração do biodiesel poderá significar para o Brasil, em futuro próximo, o que hoje representa a cana-de-açúcar na produção de álcool. (IICA, 2007)

Além de atender às características regionais, o plantio de oleaginosas permite o consórcio com outras culturas. Este cultivo integrado e a rotação de culturas têm proporcionado a manutenção da qualidade do solo e uma redução nos custos de adubação e de suprimentos de alimentos, além de potencializar o aproveitamento dos recursos da propriedade gerando uma renda a mais para o pequeno produtor e assim, garantir um desenvolvimento sustentável no interior do Brasil, especialmente das regiões mais remotas.

Os cultivos consorciados das oleaginosas indicadas para o biodiesel permitem diversas composições como: mamona e amendoim, girassol e milho, mamona e feijão caupí, soja e eucalipto, mamona e dendê, dendê e pimenta, soja e braquiária e sorgo. Por causa dessa multiplicidade de combinações, a escolha das culturas deve ser compatível com a vocação regional, para que haja uma melhor produtividade com o menor custo. Órgãos técnicos, como a Embrapa, podem ser consultados para que o produtor tenha o maior número de informações sobre quais são as culturas de oleaginosas que podem ser consorciadas na região, bem como receber indicações dos locais para a obtenção das cultivares. (SEBRAE, 2007)

4.5 O Desenho Regional e As Perspectivas do Programa

O biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira, a partir de 2005, pela Lei nº. 11097. Acompanhando as tendências mundiais de iniciativas favoráveis a essa alternativa energética, o Brasil criou as condições de mercado e a regulamentação necessárias para apoiar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Assim, sendo este combustível um sucedâneo do óleo diesel, seu mercado potencial é determinado pelo mercado dos derivados de petróleo, do qual o óleo diesel representa quase 45% , segundo as estatísticas de vendas de derivados de petróleo disponibilizadas pela ANP para o ano de 2006.

Pode-se perceber através da tabela 7, que em termos regionais, o consumo de diesel, apresenta-se de forma mais acentuada no Sudeste com 45%, depois em menores percentuais no Sul, 20%, no Nordeste com 14%, no Centro-Oeste, 11% e no Norte 9%.

Tabela 7 – Vendas, em termos regionais, de derivados de petróleo, óleo diesel e biodiesel em 2006 - m³

Regiões	Derivados de Petróleo		Óleo Diesel		Biodiesel (B2)	
	Total	%	Total	%	Total	%
Norte	7.227.680	8	3.417.889	9	183.387	8
Nordeste	13.762.936	15	5.277.700	14	540.794	24
Centro-Oeste	8.667.919	10	4.079.367	11	214.920	9
Sudeste	44.458.660	49	16.575.329	45	966.836	42
Sul	16.555.599	18	7.380.311	20	371.867	16
Total	90.672.794	100	36.730.596	100	2.277.804	100

Fonte: ANP (2007), com base nas informações repassadas pelas companhias distribuidoras

De acordo com os dados do anuário estatístico da ANP (2006), a produção de óleo diesel no país em 2006 foi de 38 milhões de m³, acrescidos de 3.5 milhões de m³ importados para suprir a demanda interna. Embora as importações brasileiras de óleo diesel apresentem um decréscimo nos últimos quatro anos (Ver Figura 23), devido ao aumento da produção interna, o Brasil gastou, em 2006, US\$ 1.7 bilhões de dólares para adquirir 3.5 milhões de m³, pagando muito mais pelo m³ se comparado ao ano de 2003, quando o país importou 3.8 milhões de m³ , gastando US\$ 791 milhões de dólares.

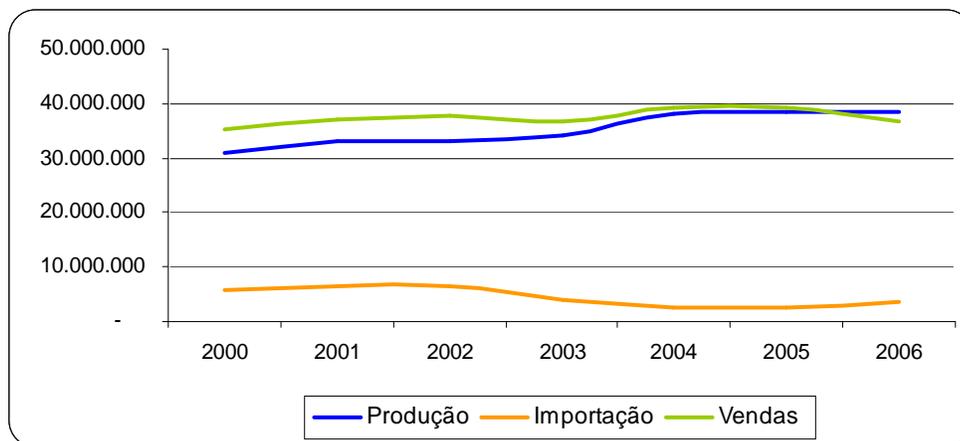


Figura 23 – Produção, importação e vendas de óleo diesel (período 2000 a 2006).
Fonte: ANP, 2007.

Considerando que o consumo de óleo diesel seja mantido nos mesmos patamares de 2006, e continue apresentando a mesma trajetória descendente dos últimos quatro anos, é bastante provável que a produção de biodiesel assegure uma importante economia de divisas para o país.

De acordo com a ANP (2007), as estimativas de volumes de biodiesel previstas são de 800 milhões de litros anuais (800 mil m³) de 2005 a 2007, com o B2, na forma autorizada; de 1 bilhão de litros anuais de B2 (1 milhão de m³), na forma obrigatória nos intervalos seguintes de 2008 a 2012; e de 2.4 bilhões anuais (2.4 milhões de m³) de B5 a partir de 2013.

Assim, uma vez que a produção de biodiesel planejada para alguns anos equivale a aproximadamente o mesmo volume em m³ das importações de óleo diesel feitas pelo Brasil, o país terá de equacionar alguns fatores para que as previsões de economia de divisas aconteçam. Entre esses fatores estão: a garantia de investimentos para as plantas industriais; recursos para pesquisas de novas oleaginosas e para tecnologias de processo; avanços na oferta de motores automotivos que possam operar com biocombustíveis acima do B5; e oferta de crédito e assistência técnica para os agricultores, principalmente os de pequeno porte. (SEBRAE, 2007)

De forma a fazer essas previsões acontecerem, o país tem investido neste setor e isto pode ser observado através do número atual e futuro dos empreendimentos para a produção de biodiesel. Atualmente, segundo a ANP (2007), já existem 27 empreendimentos construídos. Em termos regionais, nota-se que 45% deles estão no

Sudeste, 33% no Centro-Oeste, 11% no Nordeste, 7% no Sul e apenas 4% no Norte. (Figura 24)

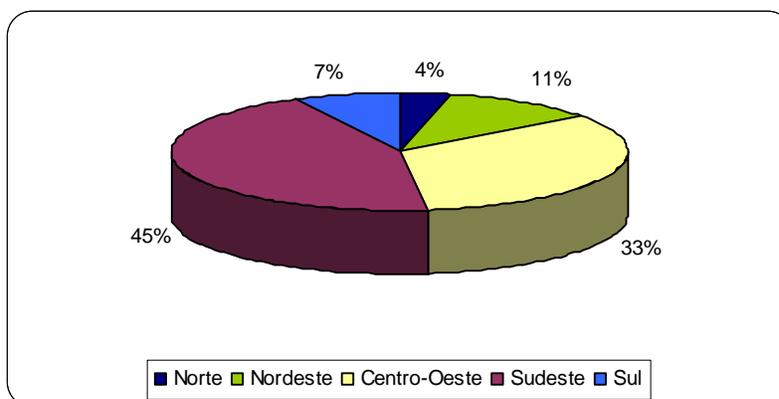


Figura 24 – Número de empreendimentos construídos no Brasil até junho de 2007 – por região. Fonte: ANP, 2007.

Existem também, 13 usinas-piloto construídas no território nacional. Destas, 61% estão no Nordeste e 15% no Sul, sendo que as demais estão distribuídas de forma homogênea pelas regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste, como pode ser observado na Figura 25.

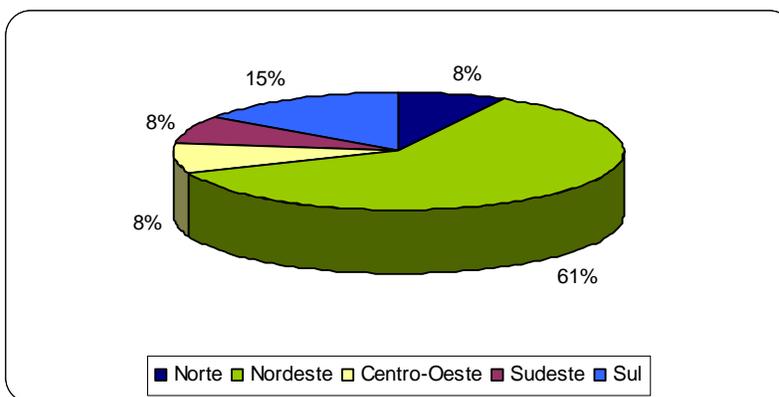


Figura 25 – Número de usinas-piloto construídas no Brasil até junho de 2007 – por região. Fonte: ANP, 2007.

Esses empreendimentos construídos e mais as usinas-piloto (13) têm capacidade para processar anualmente 751 milhões de litros (751 mil m³) de biodiesel, ou seja, quase a totalidade do volume previsto com a autorização da utilização, de 2005 a 2007, dos 2% de biodiesel na matriz energética brasileira.

A figura 26 mostra que a maioria dos empreendimentos em construção no Brasil está na região Sul (33%), seguido pela região Centro-Oeste (28%) e Nordeste (22%). As unidades do Sudeste e do Norte somam 11% e 6%, respectivamente, do total dos empreendimentos em construção.

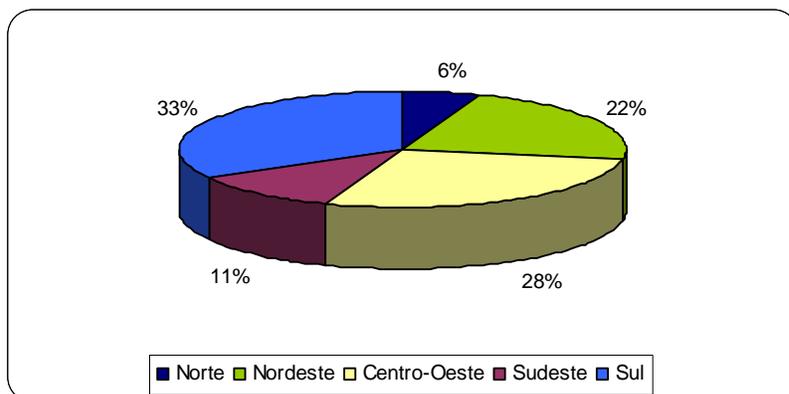


Figura 26 – Número de empreendimentos em construção no Brasil até junho de 2007 – por região.
Fonte: ANP, 2007.

Já dos 32 empreendimentos que estão sendo planejados no Brasil, a figura 27 revela que a maioria está projetada para ser construída na região Centro-Oeste (31%). Existe ainda, um número considerável de unidades planejadas para o Sudeste (9), para o Nordeste (7) e o Sul (5). A região Norte concentra apenas 3% do total dos empreendimentos.

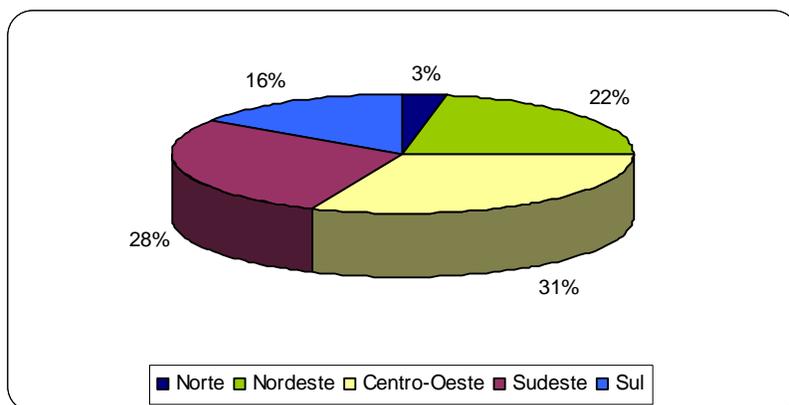


Figura 27 – Número de empreendimentos planejados no Brasil até junho de 2007 – por região.
Fonte: ANP, 2007.

A Figura 28 apresenta a agregação do conjunto de todos os tipos de empreendimentos relacionados à produção de biodiesel (construídos, usinas-piloto, em construção e planejados), separados pelas grandes regiões do país. Inicialmente nota-se que ocorre um predomínio das unidades na região Centro-Oeste, que responde por 28% do total, enquanto a região Sudeste responde por 27% e a região Sul por 17% de todos os

empreendimentos, significando que conjuntamente essas três regiões respondem por 72% de todas as unidades de produção de biodiesel.

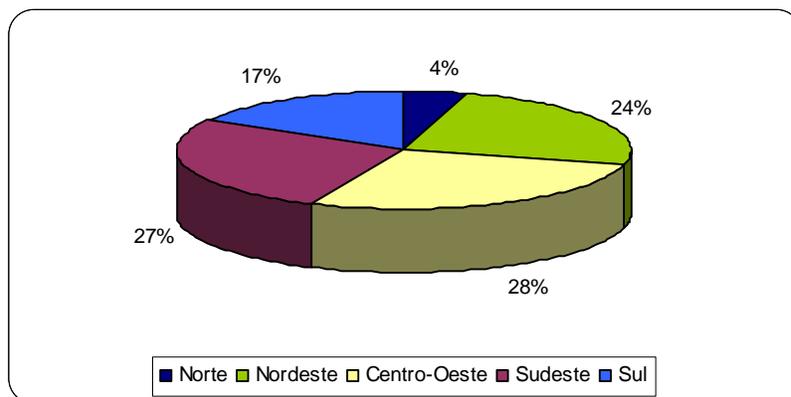


Figura 28 – Número total de empreendimentos até junho de 2007 – por região.
Fonte: ANP, 2007.

Qualificando um pouco mais essas informações, é possível dizer que desses 72%, a região Centro-Oeste é responsável por 35% da capacidade produtiva de biodiesel no país em milhões l/ano. Isso significa dizer que a região está apta a produzir aproximadamente 1.4 bilhões de l/ano. Já o Sudeste, detém 19% do total, podendo produzir 721 milhões de l/ano. O Sul (18%) tem capacidade produtiva de quase 690 milhões de l/ano. As regiões Norte e Nordeste, são responsáveis por 29% do total da capacidade produtiva, produzindo juntas 1.1 bilhões de l/ano.

Dessa forma, o total da capacidade produtiva brasileira para 2007, agregando todas as grandes regiões do país, é de aproximadamente 3.9 bilhões de litros (3.9 milhões de m³) de biodiesel por ano. Pelos dados apresentados, observa-se uma tendência futura de adensamento do segmento de biodiesel para, principalmente, a região Centro-Oeste, e também para as regiões Sudeste e Sul.

O direcionamento do programa, portanto, está relacionado ao fato de que muitos desses empreendimentos estão próximos a um grande mercado consumidor de óleo diesel – 76% da demanda total em 2006 (Ver Tabela 7), e também porque muitos deles estão vinculados ao agronegócio da soja. Segundo o MDA (2006), estima-se que até 2007, 59% do biodiesel a ser produzido deverá ser proveniente da soja, 26% da mamona e o restante (15%) de outras matérias-primas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As constantes oscilações nos preços do petróleo e o provável esgotamento deste combustível fóssil têm feito com que países dependentes desta matéria-prima busquem alternativas que contornem as limitações econômicas e ambientais do uso do petróleo e de seus derivados. A forte presença de fontes naturais renováveis na matriz energética brasileira atual, característica bastante particular do país, resulta da utilização destas fontes como substituto energético dos combustíveis fósseis. De acordo com Balanço Energético Nacional (2006), o país apresenta 44,5% de sua oferta interna de energia com origem em fontes renováveis, sendo que deste total 29,7% é biomassa e 14,8% geração hidráulica.

A utilização da biomassa para fins energéticos vem de longa data, mas para fins de uso como combustível começou a tornar-se relevante com os programas nacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis. Inicialmente, ganhou força com a criação do Proálcool e continuou sendo incrementada pelos programas de produção de óleos vegetais implantados na última década.

O álcool e o biodiesel apresentam grande potencial dentro deste setor, já que são considerados como opções interessantes, pois podem proporcionar a redução da poluição do ar, habilitam as entidades a pleitearem os recursos oriundos de créditos de carbono e são de importância estratégica, sendo considerados substitutos dos hidrocarbonetos fósseis. Esses biocombustíveis, portanto, aparecem no centro das importantes discussões atuais, não apenas por causa das vantagens econômicas e estratégicas, mas porque suas produções e seu comércio podem trazer benefícios significantes também na esfera social.

A experiência brasileira com o álcool tem sido apontada como um exemplo na produção de biocombustíveis. Apesar do programa ter passado por uma fase de forte recessão entre os anos 1986 e 1995, quando os preços do petróleo caíram, um novo dinamismo foi criado com a introdução dos veículos bicombustíveis (*flex fuel*) no mercado brasileiro no início dos anos 2000. Desta forma, com o sucesso da implantação do Proálcool, outras fontes de energia através da biomassa começaram a ser incentivadas, despontando, neste contexto, o biodiesel.

Diversos programas nacionais de produção de óleos vegetais surgiram desde a década de 1980, mas foram fadados ao esquecimento devido à diminuição dos preços do

petróleo. Assim, apesar da produção de óleo diesel vegetal ter sido adiada alguns anos, a consolidação do programa europeu de biodiesel e a valorização dos aspectos ambientais e da sustentabilidade dos sistemas energéticos fez com que o Brasil retomasse recentemente os estudos dos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais da transesterificação. Deste modo, a implementação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel indica um avanço em termos de desenvolvimento de políticas públicas no Brasil, tendo em vista o processo de articulação de diversos atores governamentais e sociais para estimular a produção e consumo brasileiro de biodiesel.

A antecipação condicional da obrigatoriedade da mistura de 2% de biodiesel ao diesel para janeiro de 2006, com a compra do mesmo em leilões públicos por produtores detentores do selo Combustível Social, foi uma medida adotada para o desenvolvimento do mercado. Com esse adiantamento buscou-se incrementar a presença do biodiesel na matriz energética nacional, estimular investimentos na cadeia de produção e comercialização do biodiesel e possibilitar a participação combinada da agricultura familiar e do agronegócio no fornecimento de matérias-primas.

Com isso, nota-se que o biodiesel tem ganhado mais espaço na matriz energética brasileira. Vários empreendimentos já foram construídos e outros estão em processo de conclusão ou de planejamento. De acordo com o mapeamento do número total dos empreendimentos, feito com dados fornecidos pela ANP (2007), 72% de todas as unidades de produção de biodiesel encontram-se na região Centro-Sul, sendo que deste total 35% na região Centro-Oeste. Através destes dados, pode-se inferir que há uma tendência futura do encaminhamento da produção de biodiesel para esta região.

O crescimento da produção das oleaginosas vem ocorrendo e algumas produções têm ganhado destaque por serem mais compatíveis com suas vocações regionais, apresentando maior produtividade e menor custo. Como foi possível observar na pesquisa realizada pelo CEPEA (2006), o custo de produção do biodiesel proveniente do caroço de algodão no Nordeste é o mais viável economicamente para o país, mas a soja tem se afigurado como principal cultura oleaginosa para a produção do biodiesel.

Desta forma, o programa ao invés de caminhar em direção ao Nordeste e Semi-árido e priorizar o desenvolvimento regional e a agricultura familiar com inclusão social, o programa tende a se desenvolver mais nas regiões Centro-Oeste e Centro-Sul do país, ao mesmo tempo em que é dinamizado pelos grandes produtores de soja, o que dificulta a competição de outras oleaginosas e, portanto, a diversificação das mesmas.

Um caminho para fugir disso é o selo Combustível Social, indicador das metas de inclusão social e de desenvolvimento regional, que possui atualmente, segundo MDA (2007), 13 empreendimentos habilitados para utilizar este logotipo. Deste total, 8 estão localizados na região Centro-Sul e 5 nas regiões Norte e Nordeste. Além dos benefícios econômicos concedidos a essas unidades através do regime tributário diferenciado e de facilidades do acesso ao crédito, elas precisam comprar um percentual mínimo de matéria-prima da agricultura familiar: 10% da região Centro-Oeste, 30% da região Sudeste e Sul, sendo que o percentual mínimo para a região Nordeste e Semi-Árido é de 50%.

Mesmo que o PNPB esteja conseguindo alcançar algumas de suas metas, a agricultura familiar não parece estar se beneficiando muito deste processo. Políticas públicas de favorecimento de crédito agrícola para esses produtores estão sendo incentivadas através do Pronaf, mas a questão é: será que isto está sendo suficiente? Será que os setores cooperativos estão se organizando para tratar desta questão?

A introdução do biodiesel na matriz energética nacional deve ser vista com uma oportunidade de fixação do homem no campo com a valorização da agricultura familiar. O espaço para o crescimento deste biocombustível está garantido pela demanda interna criada pelo PNPB e pelo mercado externo com grande potencial, que busca combustíveis alternativos ao petróleo. Resta agora esperar para ver que outras medidas serão tomadas para que os pequenos agricultores sejam realmente beneficiados por esta alternativa energética proveniente, majoritariamente, da terra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Portal da Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações sobre o setor elétrico**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2007.

_____. **Biomassa**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)> . Acesso em: 22 jan. 2007

ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Petróleo e Derivados**. Disponível em:<<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2007.

ALVIM, Carlos Feu; EIDELMAN, Frida; MAFRA, Olga; FERREIRA, Omar Campos. Energia nuclear em um cenário de trinta anos. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 maio 2007.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 25 maio 2007.

BARROS, Rodrigo de Oliveira; PESSOA, Valdemberg Magno do N.. Biodiesel: alternativa ou solução? **Udop**: online. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?cod=48343&tipo=clipping>>. Acesso em 25 maio 2007.

BASTOS, Valéria Delgado. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar. 2007.

BENEDETTI, O., et a.. Uma proposta de modelo para avaliar a viabilidade do biodiesel no Brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v.14, ed.especial, p.81-107, 2006.

BERMANN, Célio. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 maio 2007.

BORTOLETO, Elaine Mundim. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impacto. **Geografares**, Vitória, n. 2, jun. 2001.

BRAGION, Luiza. O Proálcool renasce. **Revista Com Ciência** – SBPC/ Labjor, v. 86, abril 2007. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=23&id=254/>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

CAMPOS, Ivonice. Biodiesel e Biomassa: duas fontes para o Brasil. **Revista Eco 21**, Rio de Janeiro, v. 80, jul. 2003. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=526/>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

CARVALHO, Marcio; VILELA, Pierre Santo; OLIVEIRA, Rodolfo Osório de. **Biodiesel em Minas Gerais: riscos e oportunidades**. Belo Horizonte: Federação da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais (FAEMG), jan. 2007.

CATAPAN, Edílson Antonio. **A privatização do setor elétrico brasileiro: os reflexos na rentabilidade e na solvência das empresas distribuidoras de energia**. 2005. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) –Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Pesquisa Agrícola. **Custos de produção de biodiesel no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/biodiesel/>>. Acesso em: 22 jan. 2007.

COELHO, Suani Teixeira ; LUCON, O. ; GUARDABASSI, P. . Biofuels- Advantages and Trade Barriers. In: United Nations Conference on Trade and Development, 2005. **Proceedings...**, 2005. p. 2-28.

COSTA, Ricardo Cunha da.; PRATES, Cláudia Pimentel T.. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro: BNDES, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

COSTA NETO, Pedro R. et al . The utilization of used frying oil for the production of biodiesel. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422000000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 Maio 2007.

CUNHA, Rogério Grassetto Teixeira da. **O biogás**. Correio da Cidadania: online. Disponível em: <http://www.correiocidadania.com.br/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=155>. Acesso em: 20 maio 2007.

ESALQ. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Pólo Nacional de Biocombustíveis. **Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.polobio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html/>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

FELICIANO FILHO, Wanderley; PEREIRA JÚNIOR, José. **Introdução ao biodiesel**, São Paulo e Mato Grosso do Sul, v.16, n. 84, 2007. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/informativo/abril_2007/info_84.pdf>. Acesso em: 8 maio 2007.

FEROLLA, Sérgio Xavier; METRI, Paulo. **Nem todo o petróleo é nosso**. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

FURLAN JÚNIOR, José; KALTNER, Franz Josef; ALVES, Sérgio de Mello; BARCELOS, Edson. A Utilização de Óleo de Palma como Componente do Biodiesel na Amazônia. **Comunicado Técnico**, Belém, ISSN 1517-2244, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.cpatu.embrapa.br/online/comunicado/com.tec.103.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2007.

FURNAS. 1978-1987 Expansão do Setor Elétrico. **Revista Furnas**, ano XXXIII, n. 337, fev. 2007. Edição Especial. Disponível em: http://www.furnas.com.br/arqtrab/ddppg/revistaonline/linhadireta/rf337_78-87.pdf>. Acesso em: 12 Maio 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. p.41-45.

_____. **Técnicas de pesquisa em economia**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1991. 195p.

GOLDENSTEIN, Marcelo; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias de.. Combustíveis alternativos e inovações no setor automotivo: será o fim da "era do petróleo"?. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro: BNDES, n. 23, p. 235-265, mar. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Safra Agrícola de 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 maio 2007.

IICA. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Informe sobre a Situação e Perspectivas da Agroenergia e dos Biocombustíveis no Brasil**. Disponível em: <http://www.territoriosrurales.org.co/05_docinformes/biocombustibles.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2007.

JANK, Marcos Sawaya. Etanol – mitos, exageros e preconceitos. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 21 mar. 2007.

MATTHES, Felix; ROSENKRANZ, Gerd; BERMANN, Célio (Org.). **Energia nuclear em debate: mitos, realidades e mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: A 4 Mãos Comunicação e Design Ltda, 2006, v. 1, 152 p..

MEIRELLES, Fabio de Salles. **Biodiesel**. São Paulo: Federação da Agricultura do Estado de São Paulo (FAESP), set. 2003.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balço Nacional de Cana-de-Açúcar e Agroenergia** – 2007. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2007.

MCT. Ministério da Ciência e da Tecnologia. **Portal do biodiesel** . Disponível em:<<http://www.biodiesel.gov.br/>>. Acesso em: 08 fev. 2007.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional (BEN)**. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2007.

_____. **Seminário Biodiesel no Rio Grande do Sul**, REFAP, Canoas, 2005.

MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Desenvolvimento Agrário. **Biodiesel no Brasil**: resultados sócio-econômicos e expectativa futura. Disponível em: < <http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/425.pdf/>>. Acesso em: 08 fev. 2007.

_____. **Biodiesel**. Disponível em: < <http://www.mda.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2007.

NATIONAL BIODIESEL BOARD. Portal norte-americano sobre o biodiesel. **Biodiesel**. Disponível em: < <http://www.biodiesel.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2007.

NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **CADERNOS NAE**, Brasília, n.2, jul. 2004.

OLIVEIRA, Luciano Basto ; COSTA, Ângela Oliveira da. Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável. In: Congresso Brasileiro de Energia, 9., Rio de Janeiro, 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE, 2002. v.4, p. 1772-1779. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/doc/biodiesel.pdf/>>. Acesso em: 15 maio 2007.

PACHECO, Fabiana. Biodiesel: será o combustível do futuro? **Conjuntura e Planejamento**, Salvador: SEI, n.122, p.26-31, jul. 2004. Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/conj_planejamento/pdf/c&p122/artigo%202.pdf/>. Acesso em: 15 abr. 2007.

PADULA, Antonio Domingos; PLÁ, Juan Algorta; BENEDETTI, Omar; RATHMANN, Régis; SILVA, Lúcia Pires da. Estudo analítico interdisciplinar de viabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2, 2005, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2005. v. 1.

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

PERES, José Robero Rodrigues; FREITAS JUNIOR, Elias de; GAZZONI, Décio Luis. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília: CONAB, v. 14, n. 5, p. 31-41, jan./mar. 2005.

PETROBRÁS. Companhia Brasileira de Petróleo. Energias Renováveis. **Hbio**. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/petrobras/portugues/perfil/per_energrenov.htm/>. Acesso em: 20 abr. 2007.

RAMOS, Luiz Pereira; KUCEK, Karla Thomas; DOMINGOS, Anderson Kurunczi; WILHELM, Helena Maria. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Biociência & Desenvolvimento**, Brasília - DF, v. 31, p. 28 – 37, jul./dez. 2003.

RATHMANN, R., et al.. Biodiesel: Uma Alternativa Estratégica na Matriz Energética Brasileira?. In: Seminário de Gestão de Negócios, 2., Curitiba, 2005. **Anais...** Curitiba : UNIFAE, 2005. v. 1.

_____. Análise da introdução do biodiesel na matriz energética brasileira sob as perspectivas do desenvolvimento sustentável e da inovação. In: Seminários em Administração Fea-Usp, 9., São Paulo, 2006. **Anais ...** São Paulo, 2006.

ROSA, Luiz Pinguelli. A batalha atômica. **Revista Nossa História**, jul. 2006. Disponível em: < <http://www.planeta.coppe.ufrj.br/artigo.php?artigo=779/>>. Acesso em: 16 maio 2007.

_____. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 maio 2007.

ROSTAND, Rômulo. **Biomassa**: a energia do ciclo da vida. [S.d]. Disponível em: <<http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto09.htm>>. Acesso em: 20 maio 2007.

RUNGE, C. Ford; SENAUER, Benjamin. A bolha do Etanol. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 05 abr. 2007.

SACHS, Ignacy. A revolução energética do século XXI. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 24 maio 2007.

SAMPAIO, Luciano Menezes Bezerra; RAMOS, Francisco S.; SAMPAIO, Yony. Privatização e eficiência das usinas hidrelétricas brasileiras. **Revista Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 3, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>

scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502005000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Maio 2007.

SEBRAE. **Biodiesel**. Disponível em: <http://www2.ba.sebrae.com.br/banco/documentos/biblioteca/cartilha_biodiesel.pdf/>. Acesso em: 21 abr. 2007.

SELLTIZ, Claire; WRIGHTSMAN, Lawrence S.; COOK, Stuart Welldford. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2. ed. brasileira / coordenadores José Roberto M.. São Paulo: E.P.U., 1987. 3v.

SEVERINO, L.S. **O Que Sabemos sobre a Torta de Mamona**. Campina Grande – PB, ISSN 0103-0205, mar. 2005.

SOUZA, Paulo Roberto Cavalcanti de. **Evolução da indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios: um enfoque institucionalista**. 2002. 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

STUMPF, Rainer. As energias renováveis são um grande negócio. **Revista Eco 21**, Rio de Janeiro, v. 124, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1521/>>. Acesso em: 13 abr. 2007.

SUERDIECK, Sidnei Silva. Políticas públicas de fomento ao biodiesel na Bahia e no Brasil: impactos socioeconômicos e ambientais com a regulamentação recente. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 65-77, jun. 2006.

THEIS, Ivo Marcos. **Crescimento econômico e demanda de energia no Brasil**. Florianópolis: Ed. da UFSC; Blumenau: Ed. da FURB, 1990. 203p.

ÚNICA. União da Agroindústria Canavieira. Produção de Álcool. **Álcool: combustível limpo e renovável**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/pages/alcool_combustivel.asp/>. Acesso em: 21 maio 2007.

WEHRMANN, Magda Eva S. de F. ; VIANNA, João Nildo de Souza; DUARTE, Laura M.G.. Biodiesel de Soja: Política Energética, Contribuição das Oleaginosas e Sustentabilidade. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, 3., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2006.