

Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

**Inovação tecnológica: O uso direto de óleos vegetais
como vetor energético no Brasil.**

José Antonio Sales de Melo

Dissertação de Mestrado

Brasília / DF

20/03/2009



Universidade de Brasília
Centro de Desenvolvimento Sustentável

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Inovação tecnológica: O uso direto de óleos vegetais
como vetor energético no Brasil.

José Antonio Sales de Melo

Orientador: Arthur Oscar Guimarães

Dissertação de Mestrado

Brasília / DF, 20 de março de 2009

Melo, José Antonio Sales de

Inovação tecnológica: O uso direto de óleos vegetais como vetor energético no Brasil./ José Antonio Sales de Melo.

Brasília, 2009.

127p.:il.

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

Universidade de Brasília, Brasília.

1. energia renovável. 2. óleo vegetal como combustível. 3. rotas tecnológicas. 4. rigidez estrutural. 5. *lock-in*.

I. Universidade de Brasília. CDS.

II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


José Antonio Sales de Melo

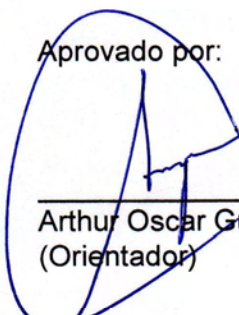
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Inovação tecnológica: O uso direto de óleos vegetais como
vetor energético no Brasil.

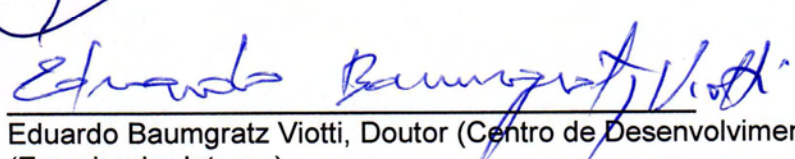
José Antonio Sales de Melo

Dissertação de Mestrado profissionalizante submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão de Ciência e Tecnologia.


Aprovado por:



Arthur Oscar Guimarães, Doutor (Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS/UnB)
(Orientador)



Eduardo Baumgratz Viotti, Doutor (Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS/UnB)
(Examinador Interno)



Armando de Azevedo Caldeira Pires, Doutor (Departamento de Engenharia Mecânica da
Faculdade de Tecnologia - FT/UnB)
(Examinador Externo)

Brasília / DF, 20 de março de 2009

Àqueles que buscam manter o universo em harmonia

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Juliana Yoko, Theo Yo e Nina Yumi, por dividirem comigo a beleza de aprender a viver em equilíbrio e harmonia;

À minha mãe Miriam, por ter me ensinado a apreciar a beleza;

Ao meu pai Plínio, por ter me ensinado a respeitar a natureza;

À minha irmã Adriana, por ter me ensinado que a teoria e a prática são indissolúveis;

Ao meu orientador Arthur O. Guimarães, por sua confiança e por partilhar sua experiência;

Às amigas e amigos do Ministério de Minas e Energia e da Petrobras, que permitiram que eu pudesse fazer este curso e me apoiaram institucionalmente, representados por: Augusto Machado, Alexandre Peixoto, Laura Porto, Nelson Hubner, Carlos Henrique Sampaio, Carlos Alberto Figueiredo, José Carlos Miragaya, Mozart Schmitt, Maria das Graças Foster e à todos os que nestas instituições, conversaram e debateram dialeticamente comigo sobre o tema do desenvolvimento sustentável durante o curso;

Ao professor Flamarion Borges Diniz, por ter me orientado na graduação e ter me recomendado ao CDS/UnB;

À geóloga Suzi Huff Theodoro, pela paciência em revisar o texto desta dissertação;

Às professoras e professores do CDS/UnB, por vossa dedicação ao tema do desenvolvimento sustentável e ao sacerdócio do magistério, em especial à Professora Isabel Teresa Gama Alves, por sua contribuição à manutenção do tema de Política e Gestão em Ciência e Tecnologia no debate sobre o desenvolvimento sustentável;

Às colegas e aos colegas do Mestrado Profissionalizante em Política e Gestão de Ciência e Tecnologia, que sempre acreditaram na importância de nossas contribuições para o debate interno sobre o desenvolvimento sustentável em nossas instituições; e

À toda minha família, e aos meus amigos e amigas que também considero como minha família, por manter nossa amizade sem depender das distâncias nem do tempo.

O futuro deve ser uma fronteira aberta à invenção do homem. É isso que eu entendo por uma sociedade democrática.

Celso Furtado

RESUMO

Estudo das condições de inserção de inovações tecnológicas em projetos selecionados de desenvolvimento energético que utilizam diretamente óleos vegetais para a produção de energia em motores diesel no Brasil, relacionando as políticas públicas associadas a estes projetos, o papel do Estado e das empresas envolvidas, checando as dificuldades de sua inserção na Matriz Energética Nacional, confrontadas com fontes fósseis tradicionais.

Apresenta-se uma introdução histórica do uso do óleo vegetal como vetor energético e dos programas políticos brasileiros que apoiaram e apóiam o uso de óleos vegetais. Considerações técnicas sobre o uso direto dos óleos vegetais em motores diesel, e suas consequências, são analisadas para verificar a possibilidade técnica de implantação desta tecnologia. Exemplos significativos do uso direto de óleo vegetal em motores diesel no Brasil são analisados, onde se verificam quais os problemas normalmente encontrados e as soluções consideradas, buscando identificar as rotas tecnológicas destinadas à implantação dessas inovações tecnológicas.

Descrevem-se também como as fontes de energia alternativa renováveis participam do planejamento energético brasileiro no médio e no longo prazo e se discute o conceito de desenvolvimento e desenvolvimento sustentável à luz do uso direto de óleos vegetais em motores diesel.

Palavras-chave: energia renovável; óleo vegetal como combustível; rotas tecnológicas; rigidez estrutural.

ABSTRACT

Study of the insertion conditions of technological Innovations in a selection of energy development projects which use straight vegetable oil as energy source in diesel engines in Brazil, relating the public policies and the companies' interests involved with these projects, checking the adverse conditions of its insertion into the National Energy Matrix, comparing it with the traditional fossil fuels.

It presents a historical introduction of the straight vegetable oil use as energy vector and the Brazilian agenda which have and still support the vegetable oil as fuel. Technical considerations about the straight vegetable oil use in diesel engines and its consequences are analyzed to verify the technical possibilities of this technology. Significant examples of the straight vegetable oil use in diesel engines in Brazil are analyzed. The most common problems with them and their considered solutions are described. Technology roadmaps to implant this technology innovation are discussed.

There is also a description on how the renewable alternative energy forms take place in long and mid-term Brazilian energy planning and a discussion about the development and sustainable development concepts considering the straight vegetable oil use in diesel engines.

Key words: renewable energy; vegetable oil as fuel; technology roadmaps; lock-in.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Definição de fontes renováveis e não-renováveis.	18
Figura 2 – O potencial físico das energias renováveis (IRENA, 2009).	19
Figura 3 – Países membros do G8 (Wikipedia, 2009).	20
Figura 4 – Países membros do G-20 dos países em desenvolvimento (Wikipedia, 2009).	21
Figura 5 – Países membros da OCDE (Wikipedia, 2009).	22
Figura 6 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa do Balanço Energético Nacional - BEN. (MME, 2002).	23
Figura 7 – Em Paris, bonde a ar comprimido circa 1900, com reservatório de ar (Tramway Information, 2008).	25
Figura 8 – Ciclo Otto do motor de quatro tempos – 1: admissão, 2: compressão, explosão, 3: transferência de calor e 4: exaustão. (Wikipédia, 2008a).	26
Figura 9 – Ciclo Diesel do motor de quatro tempos – A: admissão, B: compressão, C: transferência de calor e D: exaustão. (Giacaglia, 2008).	26
Figura 10 – Estrutura organizacional da Comissão Executiva Interministerial do PNPB. (PNPB, 2008).	30
Figura 11 – Níveis de obrigatoriedade da mistura do biodiesel no diesel mineral. (PNPB, 2008).	30
Figura 12 – Avaliação do mercado de Diesel no Brasil. (Mourad, 2004).	31
Figura 13 – Estrutura da comercialização do diesel no Brasil (PNPB, 2008).	32
Figura 14 – Processo de transesterificação metílica e etílica (Wikipédia, 2008a).	33
Figura 15 – Diagrama de fabricação do biodiesel por transesterificação. (Lima, 2004. p.18).	32
Figura 16 – Diagrama esquemático do refino de diesel pelo processo H-BIO. (Petrobras, 2009).	36
Figura 17 – Cadeia de comercialização do biodiesel no Brasil. (ANP, 2008).	39
Figura 18 – Sensor portátil i-SPEC™ Q-100 da Paradigm - mede índices de glicerina total, metanol, acidez e percentagem da mistura diesel/biodiesel (Paradigmsensors, 2009).	40
Figura 19 – Tampas de válvula de um motor MWM 6 cilindros apresentando resíduos, com 600 horas de utilização de 80% de óleo de soja bruto em Itumbiara/GO (Valtra do Brasil).	41
Figura 20 – Sistema de dois tanques – modelo de conversão mais simples. (Revista Permacultura Latina, 2006).	42
Figura 21 – Cabeça de pistão do motor elsbett: 1: combustão em redemoinho dentro do pistão, 2 e 3: o calor que foge da cabeça do pistão é recuperado pelo ar mais frio que realimenta a combustão, 4: parte do pistão é em ferro fundido, 5: parte é em alumínio e, 6: a refrigeração é feita por jatos de óleo vegetal (Revista Quatro Rodas, 1987).	44
Figura 22 – Momentos do Planejamento Estratégico Situacional (Matus, 1997).	52
Figura 23 – Estrutura de Participação das Fontes Renováveis e Não-renováveis, no Brasil, na OCDE e no Mundo. (MME, 2008a).	58
Figura 24 – Distribuição por fonte da Oferta de energia elétrica do Brasil e do Mundo. (MME, 2008a).	58
Figura 25 – Maiores países produtores de energia elétrica e sua composição por fontes, (MME, 2007).	59
Figura 26 – Evolução da oferta interna de energia: Brasil 2005/2030. (MME, 2007b)	63
Figura 27 – Em sentido horário, Galpão da Usina Castanha-de-Cotia, triturador de sementes, prensa mecânica, e filtro de pano com produção do óleo filtrado. (MME, 2005).	109
Figura 28 – Tanques de armazenamento e embalagem de comercialização do óleo de andiroba (MME, 2005).	110
Figura 29 – Comunidade atendida de Nossa Senhora do Seringueiro (MME, 2006b).	111
Figura 30 – micro usina de óleos vegetais para geração de eletricidade (MME, 2006b).	112
Figura 31 – Grupo gerador na Embrapa e desmontagem do motor (Coelho, 2004).	114
Figura 32 – Fluxograma do Kit de conversão de Motor Diesel para Óleo Vegetal (CENBIO, 2009)..	115
Figura 33 – Mini-usina e processo inicial de extração do óleo de mamona (IDER, 2007).	118
Figura 34 – Modelo de Mini-usina compacta de extração de óleo vegetal a frio da BIOBRAZIL (ICD; REPAS; TECPAR, 2007).	119
Figura 35 – Camionete abastecida com 20% de Óleo vegetal. (ICD; REPAS; TECPAR, 2008).	121
Figura 36 – Trator em teste com óleo de girassol. (Cáceres, 2007).	123
Figura 37 – Equipamentos utilizados na conversão de dois tanques. (IMCA, 2009).	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Problemas, causas e soluções para o uso de óleo vegetal em motores diesel (Elsbett, 2008).	43
Tabela 2 – Comparações entre óleos vegetais e biodiesel. (Schrimppff. 2002).	47
Tabela 3 – Comparação entre os exemplos apresentados.	48
Tabela 4 – Emissões no Golf a diesel - Laboratório de Emissões da VW do Brasil (TECPAR, 2007).	50
Tabela 5 – Previsão de crescimento das fontes na Matriz Elétrica Nacional do PDE 2008-2017 (MME, 2008).	61
Tabela 6 – Premissas para expansão da oferta na rede - Alternativas de geração entre 2015-2030. (MME, 2007b).	62
Tabela 7 – Consumo estimado de óleo vegetal durante um ano (MME, 2006b).	112
Tabela 8 – Resultados de avaliações em tratores e caminhões (CATI-SAA/SP, 2009).	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGRENER - Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AOCS - The American Oil Chemists' Society
APLs - Arranjos Produtivos Locais
BEN - Balanço Energético Nacional
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BUN - Biomass Users Network do Brasil
C&T – Ciência e Tecnologia
CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CELPA - Centrais Elétricas do Pará
CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa
CENP - Consórcio de Empresas de Energia
CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
CGE – Ceará Geradora de Energia S/A
CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNI – Confederação Nacional das Indústrias
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologia
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA - Conselho Nacional de meio Ambiente
COPPE - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CPRA - Centro Paranaense de Referência em Agroecologia
CUMMINS – Cummins Brasil Ltda.
DSMM - Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes
ENGEBRA – Empresa de Energia Elétrica do Brasil Ltda.
EQ&T - Engenharia Química & Tecnologia
ERS – Energia Renovável Sustentável
FINAME - linha de financiamento de máquinas e equipamentos
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GPERS - Grupo de Pesquisa Energia Renovável Sustentável
GTI - Grupo de Trabalho Interministerial
ha - Hectare
ICD - Instituto Cristão de Desenvolvimento
IDER - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis
IDSM - Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá
IEA - International Energy Agency
IEE - Instituto de Eletrotécnica e Energia
IMCA - Instituto Morro da Cutia de Agroecologia
INT - Instituto Nacional de Tecnologia
IRENA – International Renewable Energy Agency
kVA – Quilovoltampere
MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia
MDA – Ministério de Desenvolvimento Agrário
MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MEN - Matriz Energética Nacional
MIT - Massachusetts Institute of Technology
MME- Ministério de Minas e Energia
MW - megawatt
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU - Organização das Nações Unidas
OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
OVEG - Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais
OVx – percentagem de x% de óleo vegetal na mistura com o óleo diesel mineral
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
PADETEC - Parque de Desenvolvimento Tecnológico

PARNAMIRIN – Parnamirim Energia S/A
PCHs - Pequenas Centrais Hidrelétricas
PDE - Plano Decenal de Energia Elétrica
PIB – Produto Interno Bruto
PNA - Plano Nacional da Agroenergia
PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente
PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PPM - partes por milhão
Proálcool - Programa Nacional do Alcool
Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
Proóleo - Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
PROVEGAM - Implantação e teste de uma unidade de demonstração de utilização energética de óleo vegetal
PROVENAT - Programa para Geração de Energia a partir de Óleos Vegetais na Amazônia através da Adaptação de Motores Diesel Existentes
RDSA - Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amaná
REPAS - Rede Evangélica Paranaense de Assistência Social
RESEX - Reserva Extrativista
RH – recursos humanos
SAA/SP - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEE/SP - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo
SIN - Sistema Interligado Nacional
STI/MIC - Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio
TAC - Termo de Ajustamento de Conduta
TDI - Turbocharged Direct Injection
TECBIO - Tecnologias Bioenergéticas Ltda
TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná
TEP – Termoelétrica Potiguar S/A
TRR – Transportador Revendedor Retalista
UFAM - Universidade Federal do Amazonas
UFC - Universidade Federal do Ceará
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIR - Fundação Universidade Federal de Rondônia
UNI-SOL - Fundação de Apoio Institucional Rio Solimões
USDA - United States National Center for Agricultural Utilization Research
USP - Universidade de São Paulo
WEC - World Energy Council
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INTRODUÇÃO	13
1 CONCEITOS E HISTÓRICO	17
1.1 CONCEITOS SOBRE O TEMA.....	17
1.2 TECNOLOGIAS DO USO DA BIOMASSA	22
1.3 HISTÓRICO DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS COMO VETOR ENERGÉTICO.....	25
1.4 A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA DO PROÁLCOOL E DO PNPB.....	28
1.5 MERCADO DO ÓLEO DIESEL NO BRASIL	31
2 O ÓLEO VEGETAL COMO COMBUSTÍVEL	33
2.1 O BIODIESEL E O ÓLEO VEGETAL.....	33
2.2 GANHOS ECONÔMICOS PELO USO DO ÓLEO VEGETAL	37
2.3 A TECNOLOGIA DO MOTOR DIESEL MODIFICADO PARA ÓLEO VEGETAL.....	40
2.4 EXPERIÊNCIAS DO USO DIRETO DO ÓLEO VEGETAL NO BRASIL	44
2.4.1 UFAM (MOTOGERADOR).....	45
2.4.2 GPERS/UNIR (MOTOGERADOR)	45
2.4.3 CENBIO (MOTOGERADOR)	46
2.4.4 CENP ENERGIA (MOTOGERADOR).....	46
2.4.5 ICD/REPAS/TECPAR (UTILITÁRIO)	46
2.4.6 CATI-SAA/SP (TRATORES E CAMINHÃO).....	47
2.4.7 IMCA (UTILITÁRIOS, TRATORES, CAMINHÕES E MOTOGERADOR).....	47
2.5 RESÍDUOS DA COMBUSTÃO DO ÓLEO VEGETAL	48
2.6 OUTROS MOTORES EM DESENVOLVIMENTO	50
3 O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E SEUS CENÁRIOS	51
3.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	51
3.2 INOVAÇÕES EM PROGRAMAS DE GOVERNO.....	54
3.3 FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	57
3.4 CENÁRIOS NO PNE 2030.....	60
3.5 INOVAÇÃO E ROTAS TECNOLÓGICAS.....	65
3.6 DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA O USO DE FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS	68
4 SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	69
4.1 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO	69
4.2 A ESTRUTURA ECONÔMICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	72
4.3 OS ÓLEOS VEGETAIS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	76
4.4 SOBRE A POLÍTICA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL	78
4.5 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O USO DIRETO DE ÓLEOS VEGETAIS	81
CONCLUSÕES	85
RECOMENDAÇÕES.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa parte do pressuposto de que há dificuldades de inserir inovações tecnológicas que utilizam fontes alternativas renováveis na Matriz Energética Nacional quando estas inovações entram em confronto com projetos de desenvolvimento energético que utilizam fontes fósseis.

Neste sentido, a presente dissertação pretende responder a seguinte questão: na substituição de empreendimentos de geração de energia a partir de fontes fósseis por outros que utilizem fontes alternativas renováveis, existem vantagens ou desvantagens na utilização de inovações tecnológicas que possam vir a quebrar paradigmas de geração, distribuição e comercialização de energia? A pesquisa permitirá observar que empreendimentos que utilizam fontes fósseis possuem a vantagem de dispor de uma estrutura industrial pré-existente, no entanto, aqueles que passam a utilizar fontes alternativas renováveis podem se estabelecer de forma mais sustentável e possuem menores barreiras de entrada e saída por não manter vínculos com a estrutura anterior.

Nesses termos, o objetivo geral desta pesquisa é identificar e analisar as condições de inserção de inovações tecnológicas em projetos selecionados de desenvolvimento energético que utilizem de forma direta óleos vegetais em motores diesel para a produção de energia, seja para o transporte ou para a geração de eletricidade, relacionando as políticas públicas associadas a estes projetos, o papel do Estado e das empresas envolvidas, checando as dificuldades da inserção desta fonte renovável na Matriz Energética Nacional confrontadas com fontes fósseis tradicionais.

Como objetivo específico, vai-se analisar a viabilidade (técnica, econômica, social, política e ambiental) da geração de energia em projetos de desenvolvimento energético que utilizam diretamente os óleos vegetais como fonte de energia. Para isso, a pesquisa contextualizará as dificuldades existentes para a implantação destes projetos voltados à geração de energia elétrica e para o transporte, e analisará se estas tecnologias descritas nesta dissertação podem vir a disponibilizar o uso direto do óleo vegetal como uma fonte de energia de forma não desprezível na Matriz Energética Nacional.

Também como objetivo específico, buscará se contextualizar o comportamento do mercado de energia elétrica e do transporte, procurando-se verificar o interesse na viabilização do uso de inovações tecnológicas em projetos de desenvolvimento energético com fontes alternativas renováveis. Assim, vai se descrever as inovações tecnológicas utilizadas em alguns projetos significativos de desenvolvimento energético que usem de forma direta os óleos vegetais como insumo para a geração de energia e, buscar possíveis rotas tecnológicas destinadas à implantação dessas inovações tecnológicas.

A motivação para esta pesquisa vem do fato de que os “países ricos centrais”

dependem dos recursos naturais disponíveis em várias partes do mundo para a manutenção de seus atuais estágios de desenvolvimento e respectivos ritmos de crescimento. Se todos os países da Terra buscarem índices de desenvolvimento econômico baseados nas atuais tecnologias e nos modos de vida e consumo dos chamados “países ricos centrais”, a pressão sobre os recursos não-renováveis e a poluição do meio-ambiente poderá ser de tal ordem, que o meio ambiente e o sistema econômico mundial tendem a entrar em colapso. Para alterar esta tendência, a inovação tecnológica dos meios de produção utilizados pelas empresas pode diminuir parte desta pressão, mas não necessariamente vai eliminá-la.

Há um consenso mundial de que a busca de alternativas deve fazer parte da agenda estratégica de todos os países para fomentar seu desenvolvimento econômico, social e ambiental. Em especial, dos países periféricos, pobres ou emergentes como é o caso do Brasil, que devem buscar mecanismos próprios para utilizar suas vantagens comparativas em relação aos outros países, com a intenção de atingir um patamar de desenvolvimento de caráter mais sustentável e igualitário para todos seus cidadãos. Neste caso, é recomendável que as ações e estratégias planejadas não repitam ou importem exemplos de outros países, mesmo aqueles que sejam geradores de inovações, pois, em muitos casos, são necessárias adaptações ou elaboração de procedimentos que são particulares a cada país, no sentido de viabilizar o aproveitamento dos seus meios de produção e assim, ao exercer pressões sobre o meio-ambiente, estas adaptações devem ocorrer de acordo com as características locais, para que o uso correto das tecnologias leve a um desenvolvimento sustentável e adequado às realidades de cada região.

A segurança energética e a segurança alimentar são os preceitos fundamentais para se atingir um patamar de desenvolvimento socioeconômico e ambiental. No caso do Brasil, para garantir o suprimento da demanda energética atual e também para atender à população que ainda não tem acesso aos níveis mínimos de consumo de energia, caberá investir em projetos de desenvolvimento energético e sistemas de inovação que permitam entre outros fatores, gerar energia de forma sustentável; com mecanismos de distribuição adequada; e uso eficaz e eficiente. Essas condições são necessárias para se garantir que as fontes de geração de energia possam apoiar o crescimento econômico necessário para o país, desde que também apresentem modicidade tarifária e uma garantia de continuidade de sua utilização, dentro de parâmetros justos econômica e ambientalmente.

Como as fontes de energia fóssil são finitas e concentradas, estas não garantem, no longo prazo, a obtenção da segurança energética para um processo de desenvolvimento sustentável. Assim, para visualizar uma matriz energética no longo prazo, o País deve utilizar fontes renováveis de energia, geradas de forma distribuída e consumidas com eficácia e eficiência, segundo parâmetros sustentáveis.

Para abordar esta pesquisa, a dissertação está estruturada em capítulos. A presente introdução indica a relevância do tema; aborda a questão problema a ser respondida, aqui entendida como a hipótese principal da pesquisa; o objetivo geral; os objetivos específicos; e a apresentação resumida da própria estrutura da Dissertação. O Capítulo 1 apresenta uma introdução histórica do uso do óleo vegetal como vetor energético; e os programas políticos brasileiros que apoiaram e apóiam o uso de óleos vegetais. O capítulo 2 faz considerações técnicas sobre o uso direto dos óleos vegetais em motores diesel; e mostra os resultados de alguns exemplos significativos do uso direto de óleo vegetal em motores diesel no Brasil, apresentando problemas comumente encontrados e suas soluções consideradas. O Capítulo 3 descreve como as fontes de energia alternativa renováveis participam do planejamento energético brasileiro no médio e no longo prazo. O Capítulo 4 discute o conceito de desenvolvimento e desenvolvimento sustentável à luz do uso direto de óleos vegetais em motores diesel e faz considerações sobre a participação do óleo vegetal em programas do Governo Federal e, por fim, o Capítulo 5 apresenta conclusões e recomendações, em uma síntese dos temas debatidos nesta dissertação.

Apesar desta pesquisa ter sido efetuada no contexto de um mestrado profissionalizante e do autor estar vinculado à Petrobras, as conclusões e recomendações contidas nesta dissertação expressam a opinião do pesquisador, e não necessariamente refletem o posicionamento da Petrobras.

1 CONCEITOS E HISTÓRICO

Neste capítulo apresentam-se conceitos para fundamentar esta pesquisa, as definições teóricas sobre a possibilidade do uso de biomassa e um breve histórico sobre as tecnologias dos motores a combustão, que possibilitaram o uso de óleos e derivados de petróleo como vetores energéticos, assim como descreve alguns programas do Governo brasileiro sobre biocombustíveis.

1.1 CONCEITOS SOBRE O TEMA

Alguns conceitos são fundamentais ao debate aqui proposto e esta dissertação se baseia nas seguintes definições:

Tecnologia é um corpo de conhecimentos acerca de técnicas, o que também pode abranger o resultado da incorporação destes conhecimentos em um sistema operacional para a criação de um produto (Freeman e Soete, 1997). Este produto será estratégico quando é vital para a comunidade que o utiliza, assim, a energia pode ser considerada um produto estratégico.

Inovação é a capacidade de “produzir outras coisas, ou as mesmas coisas com métodos diferentes” (Schumpeter, 1982. p.48) e é o fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. Uma boa parte das empresas reconhece que a inovação é fundamental para alcançar, ou sustentar, uma vantagem competitiva num mercado em acelerada transformação. Mas, é mais restrito o número de empresas que efetivamente desenvolvem seu planejamento estratégico de inserção no mercado por meio da inovação (Clegg, 1999). Assim, Schumpeter (1982) observa diversas formas para empreendedores explorarem a mudança e inserirem uma inovação no mercado:

- a) Introdução de um novo bem, ou nova qualidade de um bem;
- b) Introdução de um novo método de produção de um bem, ou novo manejo comercial;
- c) Abertura de um novo mercado quer ele já exista ou não;
- d) Conquista de uma nova fonte de matérias-primas, quer ela já exista ou não; e
- e) Uma nova organização de qualquer indústria, inclusive monopólios ou fragmentações.

Inovação incremental é um processo de melhoria em um produto, processo ou organização, sem que exista uma alteração na estrutura industrial, comumente associada à diminuição de custos ou a mudanças de desenho de produto. Já a **inovação radical** é o desenvolvimento e a introdução de um novo produto, processo ou nova forma de organização da estrutura industrial que pode representar uma ruptura com padrões tecnológicos pré-existentes, o que pode influenciar fortemente indústrias, setores e

mercados. Os exemplos mais conhecidos de inserção de inovações radicais são as inserções de novas tecnologias que provocaram as revoluções industriais, como a introdução da máquina a vapor no século XVIII e da microeletrônica na década de 1950, que instituíram novos paradigmas e possibilitaram a formação de novos padrões de desenvolvimento (Lemos, 2000).

Fonte Alternativa Renovável é qualquer fonte de energia que é capaz de se regenerar dentro do ciclo de vida de sua utilização e que, se usufruída de forma sustentável, poderá ser utilizada pelas gerações futuras. Assim, o uso de fontes fósseis não é renovável porque um novo processo de formação de reservas demoraria milhões de anos, assim como a energia nuclear também não é porque usa fontes finitas de material radiativo, mesmo que não gere emissões de gases de efeito estufa. Na mesma escala, as fontes solar e geotérmica podem ser consideradas renováveis apesar de dependerem do tempo de vida do Sol e da Terra, porque o tempo de vida destas fontes é medido em bilhões de anos, e é extenso demais para ser comparado com a própria civilização humana (figura 1).

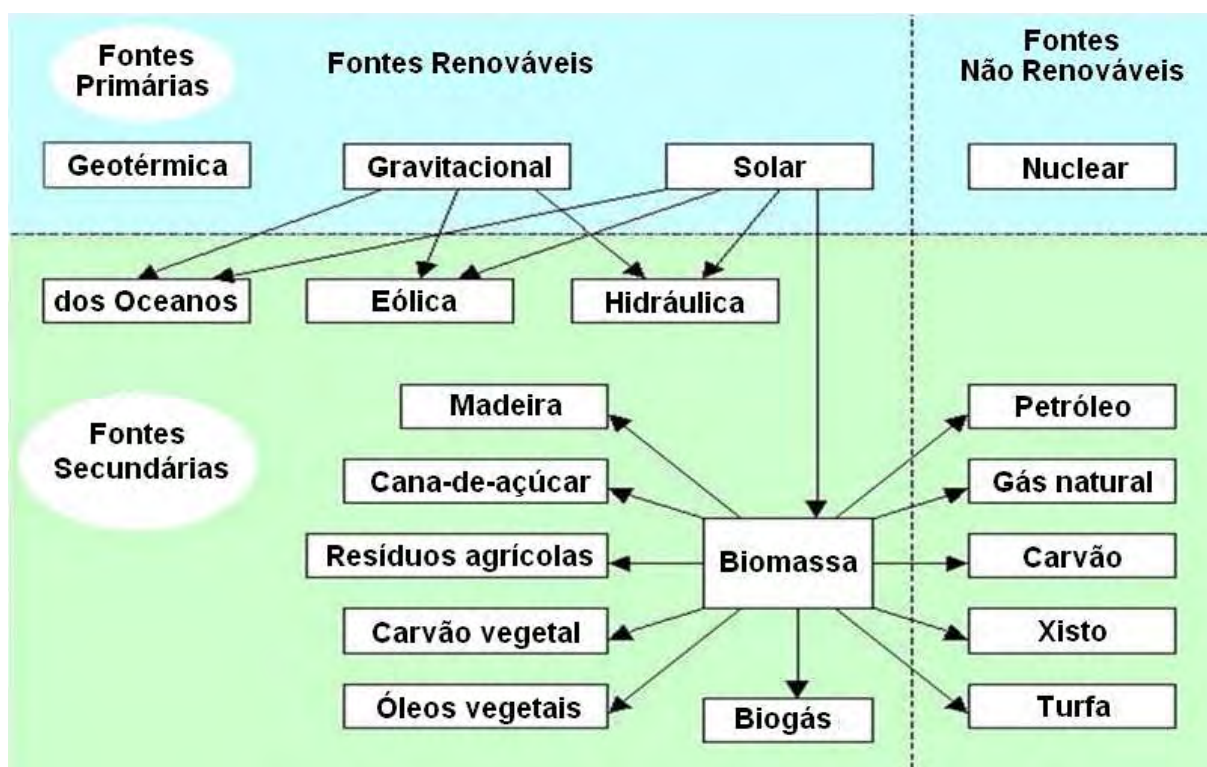


Figura 1 – Definição de fontes renováveis e não-renováveis

As fontes alternativas renováveis mais conhecidas são a eólica, a biomassa, a solar (térmica, fotovoltaica e heliotérmica), a energia dos oceanos (marés, ondas, correntes oceânicas e gradiente térmico) e a hídrica de pequeno porte (≤ 30 MW), pois as hídricas de grande porte (> 30 MW) apesar de serem fontes renováveis de energia, são consideradas como a base da geração elétrica brasileira enquanto as alternativas, ou complementares, não possuiriam volume suficiente, ou ainda não conseguiriam entregar uma energia com a

qualidade necessária, para suprir a linha de base do consumo brasileiro, no entanto o potencial das fontes renováveis de energia são iguais ou maiores que o consumo global de energia (figura 2).



Figura 2 – O potencial físico das energias renováveis (IRENA, 2009)

Vetor energético – Uma fonte de energia que vai ser produzida, transportada e utilizada pode ser interpretada como um vetor energético que tem a função de distribuir energia desde o local e o momento em que é produzido até o ponto quando e onde esta energia será utilizada. Assim, atribui-se maior importância a um vetor energético quando maior for sua densidade energética e sua facilidade de transporte (Rahde, 2009), assim, os combustíveis líquidos para os motores a combustão são um melhor vetor energético do que a água e o carvão para um motor a vapor. A eletricidade é um vetor extremamente flexível do ponto de vista do consumidor, que pode empregá-la de diversas formas, mas pode não ser flexível do ponto de vista do produtor, caso ele seja obrigado a investir em construções complexas, demoradas, que exijam sistemas de controle sofisticados ou grande centralização para que o produtor possa disponibilizar o vetor energético. Observa-se também que, ao utilizar um vetor energético novo no mercado, faz-se necessário que haja uma sincronização entre os produtores de energia e os fabricantes de equipamentos.

Desenvolvimento Sustentável é um conceito amplo e com inúmeras variantes. Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD da Organização das Nações Unidas - ONU, no documento intitulado “Nosso Futuro Comum”, resultado dos trabalhos coordenados pela então primeira ministra da Noruega Gro Brundtland, publicado em 1987, este conceito é concebido como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Conceitos correspondentes foram debatidos por diversos autores, como ecodesenvolvimento, por Strong e Sachs, em 1970, pelo relatório do

Massachusetts Institute of Technology - MIT “Os Limites do Crescimento”, para o Clube de Roma em 1972, passando pelo citado relatório Brundtland em 1987, pela Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, que ocorreu no Rio de Janeiro, em 1992, conhecida como Eco-92, onde houve o comprometimento de 170 países na formulação da Agenda 21 para seguir metas para o equilíbrio da Terra (Theodoro et al, 2006) e que foram reforçados na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+10, realizada em Joanesburgo em 2002. Como observa Bursztyn:

O desenvolvimento sustentável está, basicamente, assentado no seguinte tripé: economicamente viável, socialmente justo e ecologicamente equilibrado. (Bursztyn, 2006)

Estas referências permitem observar, como linha comum nas definições sobre desenvolvimento sustentável, a perda do antropocentrismo para analisar o comportamento macroeconômico. Ao observar a energia como um produto, para que seja considerada sustentável deveria não apresentar impactos ao meio ambiente, ser de fácil acesso e baixo custo para toda a população, apresentar um retorno econômico adequado para os atores do setor e deveria ser usada de forma eficiente.

Países ricos centrais e países periféricos – Os países, como Estados de direito reconhecidos internacionalmente, podem se reunir sob organizações internacionais, geralmente mediante tratados com objetivos comuns aos seus Estados membros constituintes, assim como a ONU – Organização das Nações Unidas, ou a UE – União Européia. O G8 (figura 3) é uma organização com os sete países mais industrializados e desenvolvidos economicamente do mundo, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Reino Unido, França, Itália e o Canadá (antigo G7), mais a Rússia - esta última não participando de todas as reuniões do grupo, representados por seus chefes de Estado.

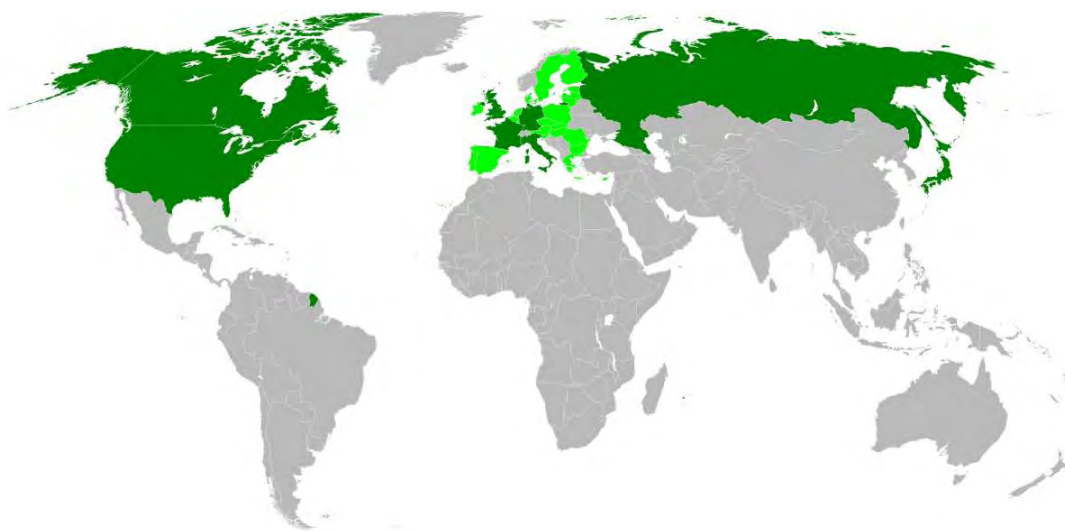


Figura 3 – Países membros do G8 (Wikipedia, 2009).

Seguindo este mesmo modelo podem-se encontrar diferentes padrões de interpretação de similaridade entre países, assim temos o BRIC, com Brasil, Índia e China como uma representação de países emergentes que almejam ser considerados desenvolvidos (a sigla BRIC faz um jogo de palavras com *brick*, tijolo em inglês), G8+5 é o grupo do G8 mais a África do Sul, Brasil, China, Índia e México, assim como existe dois grupos que se intitulam G20: a continuação da lista do G8+5, acrescida de Arábia Saudita, Argentina, Austrália, Coréia do Sul, Indonésia, Turquia e União Européia, que seriam o G20 dos países industrializados (G20, 2009); ou o G-20 dos países em desenvolvimento (G-20, 2009) que reúne 23 países membros representando 60% da população mundial, 70% da população rural do mundo e 26% das exportações agrícolas mundiais, composto pelos seguintes países: África do Sul, Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, China, Cuba, Egito, Equador, Filipinas, Guatemala, Índia, Indonésia, México, Nigéria, Paquistão, Paraguai, Peru, Tailândia, Tanzânia, Uruguai, Venezuela, Zimbabue. Que seriam o G-20 dos países em desenvolvimento (figura 4).

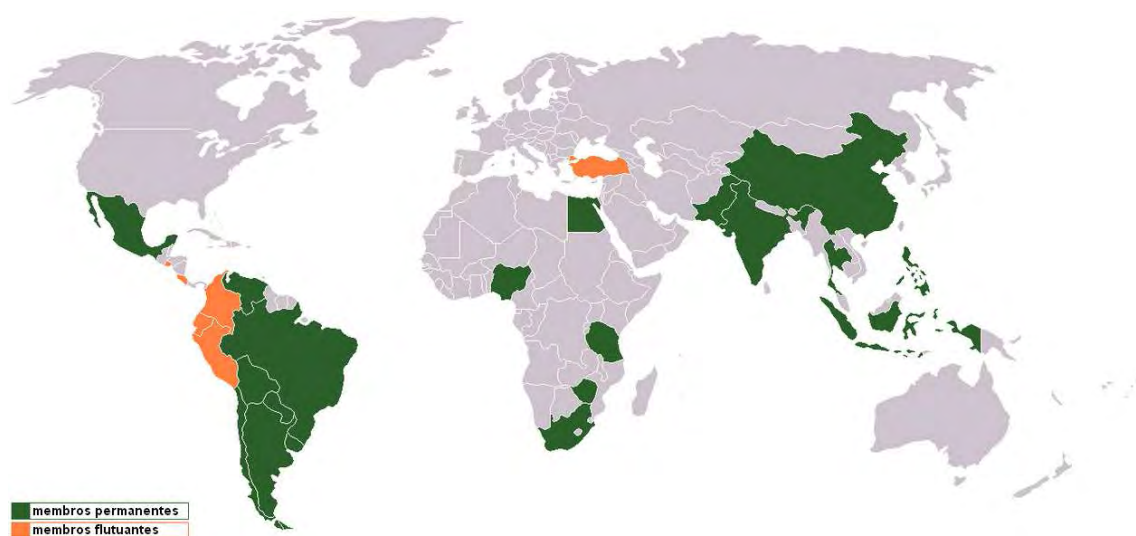


Figura 4 – Países membros do G-20 dos países em desenvolvimento (Wikipedia, 2009).

Para fins desta pesquisa, a organização de países que se pretende ser identificada como a de países ricos centrais é a OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (figura 5) (OCDE, 2009), comunidade de trinta países que juntos produzem mais da metade de todas as riquezas do mundo, composta por Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos da América, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça e Turquia, além de Taiwan como país observador. Os países da OCDE, que incluem o G8 dos países mais ricos, é representativo como grupo de países ricos centrais por seguirem os princípios da economia de livre

mercado liderados pelo G8 e por pretender influenciar a política econômica e social dos seus membros e de todo o mundo, utilizando os mesmos modelos de tecnologia, de organização e de utilização de capital. De forma correlata os países periféricos podem ser representados por aqueles que não fazem parte da OCDE, sejam pobres ou emergentes.

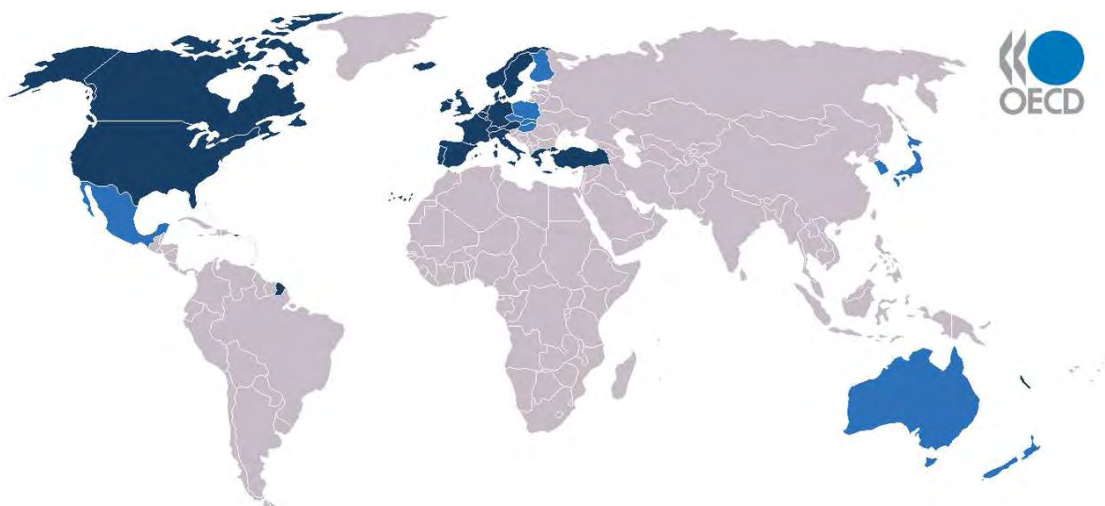


Figura 5 – Países membros da OCDE (Wikipedia, 2009).

Biomassa, para a matriz energética brasileira, é qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica (ANEEL, 2009). O Brasil possui biomassa em quantidade suficiente, e disponíveis por preços competitivos, para fomentar, em projetos de desenvolvimento energético, novas formas de geração de energia por meio de processos de inovação tecnológica. O uso adequado da biomassa deve apresentar viabilidade técnica e econômica, com um balanço energético positivo e com o objetivo de buscar critérios de sustentabilidade em seu uso.

1.2 TECNOLOGIAS DO USO DA BIOMASSA

O Balanço Energético Nacional - BEN considera como fontes de biomassa: os vegetais lenhosos (madeiras); os não-lenhosos (sacarídeos, celulósicos, amiláceos e aquáticos); os resíduos orgânicos (agrícolas, urbanos e industriais); e os biocombustíveis líquidos (óleos vegetais). Os vetores energéticos que derivam da biomassa são: o etanol; o biodiesel; os combustíveis líquidos sintetizados por gaseificação; a lenha; o carvão; o calor da combustão direta; o gás combustível; e o biogás. A fabricação destes produtos utiliza processos de conversão das fontes de biomassa, tais como: a fermentação; a liquefação; a hidrólise; a combustão direta; processos mecânicos; a pirólise; a gaseificação; a biodigestão; o craqueamento; e a esterificação/transesterificação (figura 6) (MME, 2002).

Uma das formas de produzir energia a partir da biomassa é utilizando-se de óleos vegetais¹. No Brasil pode-se utilizar, entre outras oleaginosas: algodão, amendoim, babaçu,

¹ Como todas as gorduras, os óleos vegetais são ésteres de glicerina e uma mistura de ácidos graxos.

caiaué², crambe, dendê (palma), girassol, macaúba³, mamona, miriti⁴, nabo forrageiro, pinhão manso, resíduos de biomassa, soja e tungue.

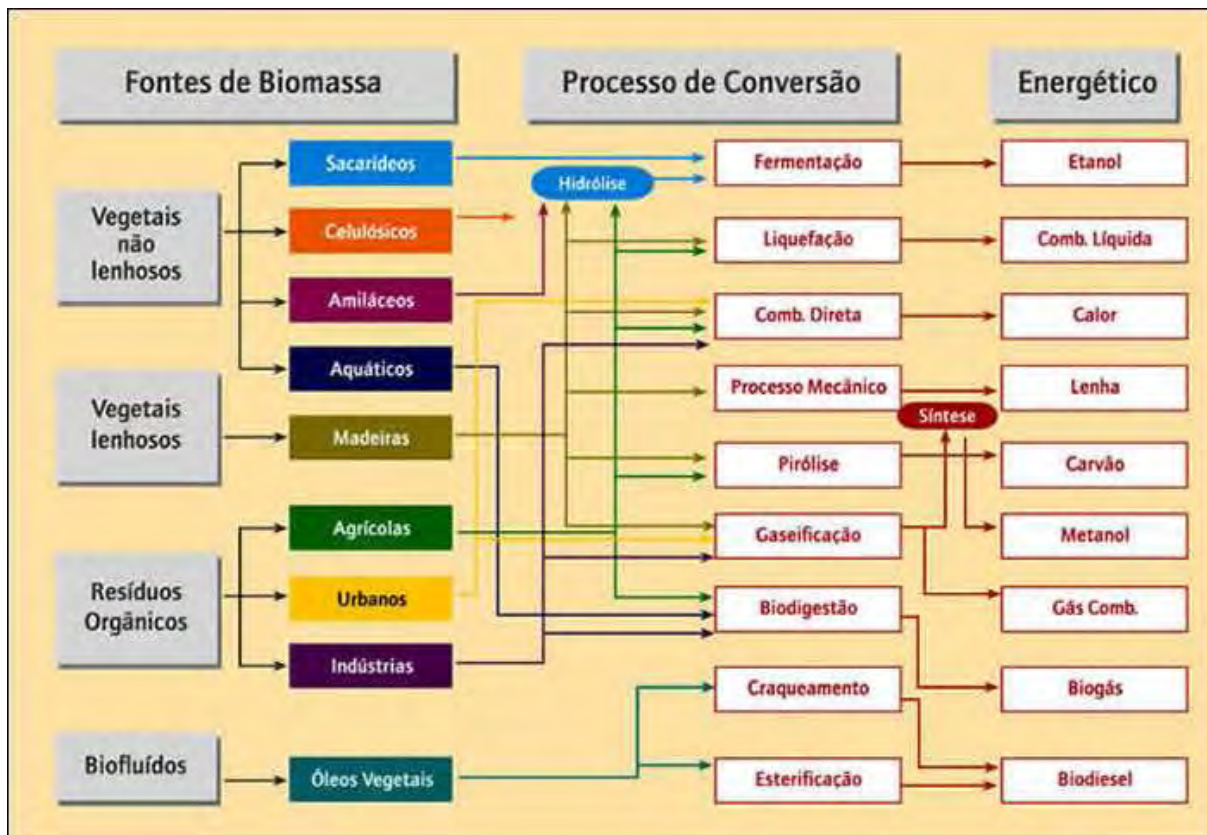


Figura 6 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa do Balanço Energético Nacional - BEN. (MME, 2002).

Outra forma de produzir biocombustíveis é utilizando algas, que é um processo em etapa de pesquisa e desenvolvimento, com o potencial de produzir biomassa em laboratórios ou em estruturas produtivas compactas, utilizando água servida, resíduos de esgoto ou água salobra como substrato para a produção de microalgas, que são geneticamente selecionadas e modificadas para permitir uma produtividade até várias vezes maior que a produção de litros de óleo por hectare das plantas oleaginosas mais conhecidas (Benemann, 2009).

Algumas tecnologias que permitem o uso dos óleos vegetais como fonte de energia são fomentadas nas atuais políticas públicas, por meio do uso obrigatório do biodiesel assim como descrito na Lei 11.097/2005 (Anexo 2), que trata da obrigatoriedade da adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final em todo o País.

Vários estudos já foram efetuados no Brasil, com o uso direto dos óleos vegetais em

² Caiaué (*Elaeis melanococca*) é uma planta da família das Palmáceas, também conhecida como caiauí ou dendezeiro-do-pará.

³ Macaúba é uma espécie de árvore palmácea, de cachos grandes com até 500 frutos, encontrada em abundância em matas desde o México até o Paraguai, passando pelas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

⁴ Miriti é uma fibra leve da palmeira também conhecida como Buriti, chamada de isopor da Amazônia.

motores de ciclo diesel, para a geração de eletricidade e o transporte, nos quais os óleos vegetais não utilizam os processos de conversão da fonte de biomassa. Estes estudos serão citados no Capítulo 2 e detalhados no Anexo 3 [(AGRENER, 2000-2006), (MME, 2005, 2006a, 2006b), (Coelho, 2004, 2005a, 2005b), (CENBIO, 2009) (Albuquerque, 2006), (IDER, 2007), (ICD; REPAS; TECPAR, 2008), (Schrimppff, 2002), (IMCA, 2009) e (CATI-SAA/SP, 2009)].

Estes estudos observam que o uso direto dos óleos vegetais em motores de ciclo diesel leva a um processo mais econômico da criação do vetor energético porque não exige a capacitação tecnológica que seria necessária para sua transformação. Os estudos efetuados consideraram diferentes tecnologias de motores e indicaram quais as características necessárias para o uso direto dos óleos vegetais nesses motores. Mas, apesar destes estudos, ainda não existem, no Brasil, experiências comerciais com o uso de óleos vegetais para a geração de eletricidade ou no transporte. Por isso, o uso comercial desses processos em projetos de desenvolvimento energético representa uma inovação tecnológica, que dependeria ainda, para se obter uma inserção comercial com êxito, de políticas públicas, de decisões empresariais, do mercado e da rentabilidade das diferentes alternativas. No entanto, já para o uso do biodiesel, Luiz Horta Nogueira observa:

É difícil justificar a queima de um produto tão valioso frente ao que se pretende substituir. Se o objetivo central for gerar empregos rurais, criar uma atividade produtora para pequenas propriedades, aí então, com mais razão, cabe produzir e vender o óleo vegetal como tal, para fins alimentícios ou industriais, porque usá-lo em motores seria desvalorizar um produto nobre e de preço remunerador. [...] Antes de lançar programas de uso massivo de biodiesel, é inescapável discutir a quem, com o quê e como pagar esses diferenciais. Não obstante, existem alguns contextos onde o alto custo do suprimento energético convencional e a disponibilidade de matérias-primas de baixo preço apontam para a viabilidade do biodiesel. Certamente é por aí que se deve começar. (Nogueira, 2004).

Portanto, a questão da viabilidade econômica destes projetos vai depender dos diferenciais apresentados pelo óleo vegetal a ser utilizado. O óleo a ser escolhido para cada caso deve possuir valor econômico igual ou abaixo dos seus substitutos, e possuir viabilidade logística de fornecimento. Alguns óleos possuem baixo valor comercial, como o óleo de pinhão-manso que não possui mercado na área alimentícia ou na indústria química, assim como o óleo de amendoim pode ser viável economicamente em localidades em que a logística favoreça o seu uso em substituição aos combustíveis convencionais.

Um diferencial estratégico do uso dos óleos vegetais refere-se ao fato de que os mesmos são renováveis e que sua combustão não provoca um aumento da emissão de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, pois o volume de CO₂ emitido na combustão é menor que o volume absorvido inicialmente pela planta produtora do óleo vegetal (RETERM, 2008). Mas estas condições, que são desejáveis do ponto de vista da sustentabilidade, não são

consideradas como vantagens econômicas por si só. Buscar viabilizar as condições de sustentabilidade pode contribuir na implantação destes projetos de energia renovável.

1.3 HISTÓRICO DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS COMO VETOR ENERGÉTICO

Até o século XVIII a sociedade dependia basicamente do trabalho humano ou animal para a sua subsistência e para a criação de riquezas. Com o desenvolvimento do motor a vapor na Inglaterra, utilizando o carvão mineral como fonte de energia, a era de predominância agrícola cedeu espaço para o início da revolução industrial, que automatizou processos produtivos e alterou de forma profunda as relações econômicas e sociais, dando visibilidade ao sistema econômico liberal da Inglaterra. Esta modificação resultou, nas décadas seguintes, em um processo que enfatizava a acumulação de capital e a utilização de mão-de-obra barata. Tal “revolução” econômica e produtiva na Inglaterra expandiu-se pela Europa e por vários outros países ao longo do século XIX, sendo seguida por outras ondas de desenvolvimento tecnológico, como a inserção do aço nas construções de infraestrutura. Ainda no fim do século XIX, com o desenvolvimento do motor de combustão interna, a velocidade de inserção de novas tecnologias aumentou bastante nos países industrializados.

Automóveis primitivos já existiam na França em 1870, mas os múltiplos combustíveis inicialmente utilizados, assim como o vapor, a eletricidade, o ar comprimido ou veículos puxados por cabos (figura 7), foram substituídos pelos combustíveis líquidos a partir do desenvolvimento do motor de combustão interna de quatro tempos por Nicolaus August Otto (1832-1891) – o motor de ciclo Otto, implementado inicialmente por Gottlieb Daimler (1834-1900) em 1886 (figura 8).



Figura 7 – Em Paris, circa 1900, bonde a ar comprimido, com tanque no detalhe. (Tramway Information, 2008).

Estes motores apresentavam preços mais baixos e maior densidade de potência que as turbinas a vapor, o que oferecia a possibilidade de substituir os grandes motores a vapor por motores menores e com maior praticidade no uso (Moon, 1974).

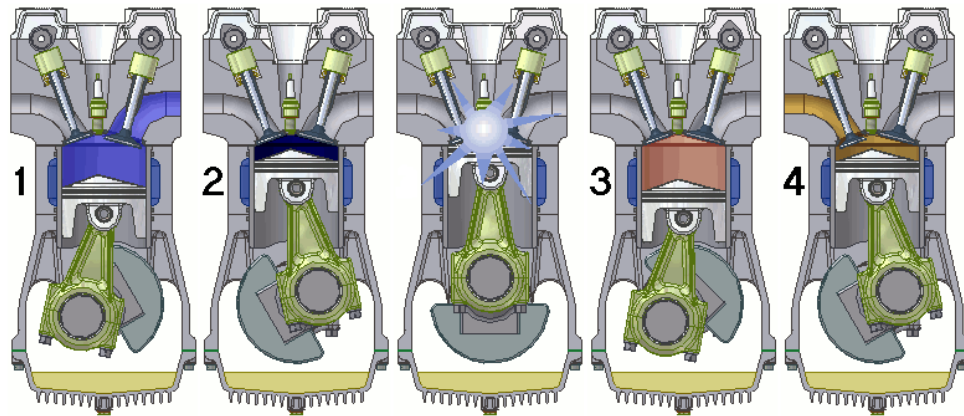


Figura 8 – Ciclo Otto do motor de quatro tempos – 1: admissão, 2: compressão, explosão, 3: transferência de calor e 4: exaustão. (Wikipedia, 2008b).

Em 1897, Rudolf Diesel (1858-1913) patenteou um motor de ignição por compressão quando buscava uma melhor alternativa do uso do motor de quatro tempos para a substituição dos motores a vapor, com o objetivo de se aproximar do “Ciclo de Carnot” para as máquinas térmicas⁵. Neste motor, que ficou conhecido como motor de ciclo “Diesel” (figura 9), a inflamação do combustível líquido acontece com o aumento da temperatura pela compressão da mistura inflamável, forçando a mistura ar/combustível diretamente no pistão, chegando a temperaturas de até 500°C, assim a faísca da ignição elétrica não é necessária para provocar a ignição do combustível, nem há necessidade de carburador, como nos motores a gasolina do ciclo Otto da época. O motor Otto possui uma taxa de compressão entre 8:1 a 12:1 enquanto o motor Diesel trabalha com compressões entre 14:1 a 25:1. É mais simples que o motor a gasolina e apresenta um melhor rendimento – de até 38%. Mas por trabalhar em alta compressão e alta temperatura faz-se necessário que o motor seja mais robusto, assim os motores de ciclo diesel normalmente são utilizados para aplicações de maior porte, como motogeradores, navios, submarinos, caminhões, ônibus e trens (Reders, 2008).

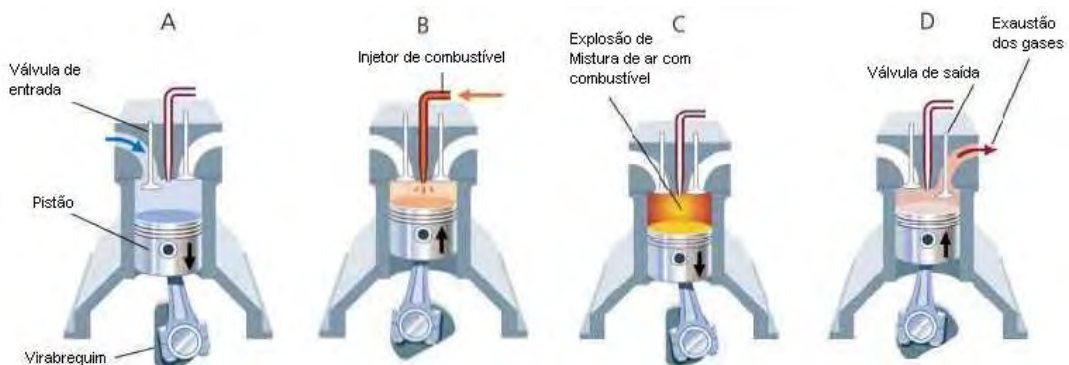


Figura 9 – Ciclo Diesel do motor de quatro tempos – A: admissão, B: compressão, C: transferência de calor e D: exaustão. (Giacaglia, 2008).

⁵ O Ciclo de Carnot indica qual é o máximo de eficiência que uma máquina térmica pode ter.

Apesar de ter-se batizado o derivado mais abundante que se obtêm na primeira fase de refino do Petróleo com o nome de “óleo diesel”, isso não significa que o motor diesel seja obrigado a consumi-lo unicamente, ao se regular corretamente a pressão no sistema de injeção, o motor diesel pode funcionar com qualquer tipo de óleo (ácidos graxos⁶).

O motor diesel que foi apresentado por Rudolf Diesel na Exposição de Paris em 1900 trabalhava com óleo de amendoim e seu inventor observou, em março de 1912, em uma apresentação ao então Instituto de Engenheiros mecânicos da Grã Bretanha, que:

Os óleos (vegetais) são quase tão eficientes (como combustível) quanto os óleos minerais naturais e podem também ser utilizados como óleos lubrificantes, todas as necessidades podem ser satisfeitas por um único tipo de óleo, produzido localmente. Isto faz com que este motor se torne um motor autônomo nos trópicos. [...] O fato de que ácidos graxos de óleos vegetais podem ser usados (como combustíveis) pode parecer insignificante hoje, mas com o passar do tempo talvez estes óleos tenham a mesma importância que os óleos minerais naturais, o carvão e o alcatrão têm hoje. [...] Em todo caso, eles (os óleos vegetais) garantem que combustíveis para motores poderão continuar a ser produzidos pela energia do sol, que está sempre disponível para a agricultura, mesmo quando todas as nossas reservas naturais de combustíveis (fósseis) sólidos e líquidos tenham se exauridos⁷. (Knothe, 2001. apud Diesel).

Pela sua simplicidade de funcionamento o Motor Diesel é de grande aplicação industrial. Entre 1900 e 1920 substituiu rapidamente os grandes sistemas mecânicos a vapor de locomotivas, dos grandes navios, dos submarinos e de grandes sistemas de motogeração de eletricidade. Entre 1920 e 1930 vários tratores e carros na Europa começaram a utilizar motores Diesel.

Após a década de 1930, motores com combustíveis alternativos aos derivados de petróleo praticamente desapareceram do mercado automotivo e ferroviário, pois a disponibilidade do petróleo barato, com derivados que possuem menor viscosidade do que os óleos vegetais e o aperfeiçoamento em potência e confiabilidade dos motores à explosão fortaleceram essa opção, o que também acabou inibindo o pleno desenvolvimento de quaisquer outras tecnologias por décadas, até a crise do petróleo, na década de 1970.

Com os aumentos significativos do preço do petróleo, recomeçou o interesse por fontes alternativas e renováveis de energia, no entanto a realização de pesquisas e protótipos de carros e geradores de eletricidade movidos a combustíveis alternativos foram inicialmente efetuadas por pessoas físicas e/ou Universidades, mas não pelas empresas do

⁶ Ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de cadeia normal que apresentam o grupo carboxila (–COOH) ligado a uma longa cadeia alquílica, saturada ou insaturada.

⁷ No original: *This oil is almost as effective as the natural mineral oils, and as it can also be used for lubricating oil, the whole work can be carried out with a single kind of oil produced directly on the spot. Thus this engine becomes a really independent engine for the tropics. [...] The fact that fat oils from vegetable sources can be used may seem insignificant today, but such oils may perhaps become in course of time of the same importance as some natural mineral oils and the tar products are now. [...] In any case, they make it certain that motor-power can still be produced from the heat of the sun, which is always available for agricultural purposes, even when all our natural stores of solid and liquid fuels are exhausted.*

setor, como montadoras de veículos ou concessionárias de energia. Assim, não houve movimentação imediata dos fabricantes de motores ou dos governos para que se iniciasse algum tipo de substituição dos motores ou dos combustíveis já consolidados no mercado. Essa falta de interesse por inovações tecnológicas dos modelos estabelecidos foi observada por Milton Santos, no artigo “Espaço e Dominação”, originariamente editado em 1975:

No início do período capitalista, os modelos de utilização dos recursos ainda eram múltiplos, sobretudo em escala mundial. À medida que o capitalismo se desenvolveu, o número de modelos se reduziu, a margem de escolha se tornou cada vez mais estreita. Depois da Segunda Guerra Mundial, com a instauração do capitalismo tecnológico, nem sequer se pôde continuar a falar de uma escolha: impõe-se um só modelo de tecnologia, de organização, de utilização de capital etc. É indubitável que este modelo se afirma de modo diferente segundo o nível das forças produtivas de cada país, mas ele é dominante em toda a parte. Somente a China, que fez sua revolução paralelamente, pôde escapar a ele. (Santos, 2007).

Quando uma única tecnologia é utilizada em massa e seus meios de produção são controlados por poucas empresas mundiais, assim como na utilização dos motores a combustão com combustíveis fósseis, isto determina um processo de dominação de mercado, que tenderá a rejeitar soluções tecnológicas fora das linhas de produção estabelecidas ou de cunho regional.

1.4 A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA DO PROÁLCOOL E DO PNPB

Uma exceção, quanto ao baixo interesse para fomentar o desenvolvimento de motores com tecnologias disruptivas⁸, foi o programa brasileiro de substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, iniciado na década de 1970, e que incluiu o Programa Nacional do Álcool - Proálcool e o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos – Proóleo.

Com o Proálcool, que ainda continua vigoroso, principalmente depois da inserção, em 2003, de motores de ciclo Otto *flex fuel*, que fazem a combustão de qualquer combinação de álcool e gasolina, o Brasil foi o primeiro país do mundo a conseguir implementar um programa de substituição de derivados de petróleo em grande escala.

Inicialmente, na década de 1970, o Governo Federal havia planejado duas linhas de substituição de combustíveis, da gasolina pelo álcool e do óleo diesel por óleo vegetal e seus derivados. Como existiam diversos fabricantes de motores a gasolina, a pressão política foi suficiente para iniciar um processo competitivo entre eles, com o objetivo de induzir o desenvolvimento tecnológico do motor a álcool. Mas no caso dos motores a diesel, a Mercedes era o único grande fabricante nacional à época e recusou-se a mudar suas linhas de produção ou efetuar pesquisas para o desenvolvimento tecnológico que possibilitasse o uso de óleo vegetal em seus motores, assim, somente um dos lados do

⁸ Tecnologias disruptivas são aquelas que utilizam inovações radicais.

programa de planejamento de substituição de combustíveis se desenvolveu - o lado do Proálcool (Vasconcellos, 2001).

O Proóleo sobreviveu apenas como um programa de pesquisa e desenvolvimento, sendo transformado em 1980, através da Resolução nº 7 do Conselho Nacional de Energia, em Programa Nacional de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, mas logo abandonado em 1982. O Proóleo tinha o objetivo de promover a substituição de até 30% de óleo diesel mineral pela produção de soja, amendoim, canola e girassol. No período entre 1981 e 1985, a Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio - STI/MIC também lançou e desenvolveu o Programa Nacional de Energias Renováveis de Origem Vegetal que levou à implantação do Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais - OVEG em 1983, voltado especificamente para a comprovação técnica do uso de óleos vegetais em motores ciclo Diesel. Os testes realizados na ocasião não utilizaram óleos vegetais puros, mas a sua transformação em ésteres metílicos e etílicos de óleo de soja, testados em motores com 100% de biodiesel ou em misturas de óleo diesel com 30% de éster metílico de soja. Estes programas de testes com óleos vegetais não fomentaram, na ocasião, nenhuma política pública de apoio ao uso de óleos vegetais como vetores energéticos (MME, 2008).

A Política Energética Nacional foi estabelecida em 1997 pela Lei 9.478/97 de 1997 e posteriormente, em 2005, foi modificada pela Lei 11.097 para incluir os biocombustíveis. Esta última Lei atribuiu à Agência Nacional do Petróleo a responsabilidade para estabelecer as normas energéticas aplicáveis, bem como a fiscalização do comércio e registro das atividades relacionadas aos biocombustíveis. A partir da nova lei, o órgão regulador do setor passou a se chamar Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP.

Além do Proálcool, somente na década de 1990, na Alemanha, sob a influência do Partido Verde, implantou-se um outro programa governamental de grande porte, neste caso para incentivar o uso do biodiesel, tendência que levou o Brasil a partir de 2003, no primeiro Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, a implantar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB (PNPB, 2008).

Uma Comissão Executiva Interministerial efetuou estudos para o marco regulatório inicial do uso do biodiesel, que organizou a cadeia produtiva para o biodiesel, com a definição de linhas de financiamento e a estruturação de sua base tecnológica (figura 10).

No capítulo 4, analisam-se as contribuições dos representantes da Comissão Executiva Interministerial que, divididos em grupos de trabalho temáticos, estudaram o uso direto de óleo vegetal para motores diesel. Como resultado do trabalho desta Comissão, um relatório final orientou a Casa Civil para estabelecer a legislação que instituiu o PNPB.

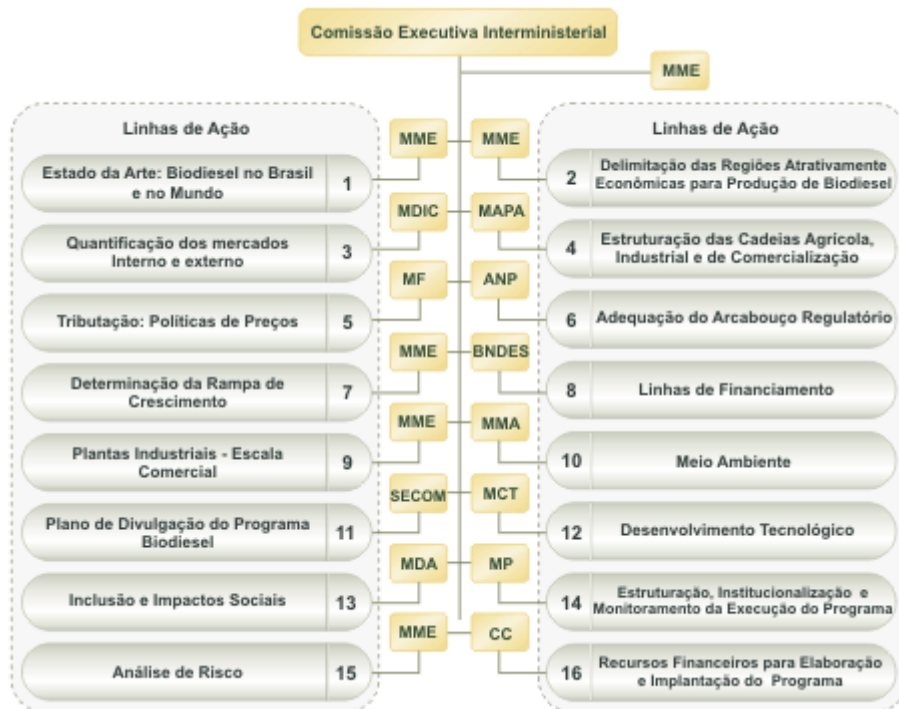


Figura 10 – Estrutura organizacional da Comissão Executiva Interministerial do PNPB. (PNPB, 2008).

A definição de biodiesel no Brasil é dada segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, como 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. O marco regulatório⁹ considera a diversidade de oleaginosas que estão disponíveis no País, a capacidade de se oferecer uma garantia do suprimento e da qualidade, para que se mantenha a competitividade frente aos demais combustíveis e a possibilidade de implantação de políticas de inclusão social. A Lei permite a produção a partir de diferentes espécies de plantas oleaginosas e do uso de algumas rotas tecnológicas, possibilitando tanto a participação do agronegócio, quanto da agricultura familiar, por meio do selo Combustível Social.

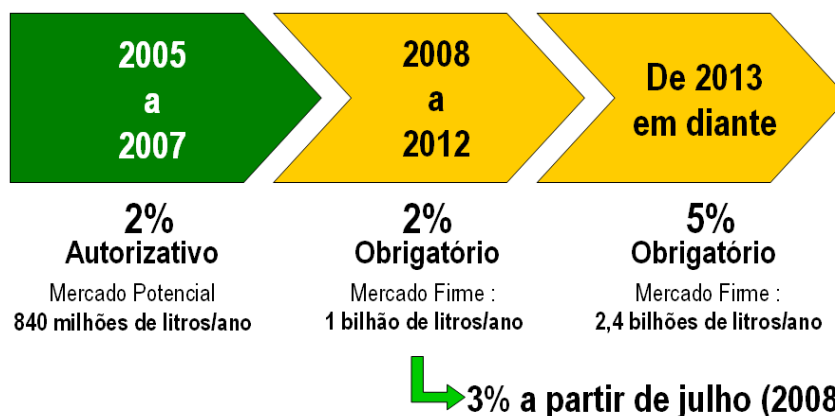


Figura 11 – Níveis de obrigatoriedade da mistura do biodiesel no diesel mineral. (PNPB, 2008).

⁹ Ver Anexo 2 – Legislação de apoio ao biodiesel no Brasil.

A adição de até 30% de biodiesel ao diesel mineral (B30) não exige alterações nos motores movidos a diesel, que mantêm a sua garantia de fábrica. A regulamentação prevê que haverá uma adição gradual na mistura até 5%, atualmente em 3% (figura 11), mas também já permite misturas de biodiesel superiores à estabelecida pelo marco regulatório, desde que para frotas cativas ou na geração de energia elétrica em comunidades isoladas para substituir o óleo diesel em usinas termelétricas.

1.5 MERCADO DO ÓLEO DIESEL NO BRASIL

A participação do óleo diesel no mercado brasileiro de combustíveis líquidos é bastante significativa, representando 57% do consumo nacional. A utilização do óleo diesel pode ser dividida em dois mercados distintos: (i) para o mercado automotivo e, (ii) uso em motogeradores de eletricidade. Cada um destes mercados possui características próprias e podem ser subdivididos em submercados.

Observe-se que o uso mais intensivo do óleo diesel é para o setor de transportes e em máquinas agrícolas, não para a produção de energia elétrica (figura 12), o que, no entanto, não impede o uso de óleo vegetal direto em nichos de mercado de geração termelétrica.

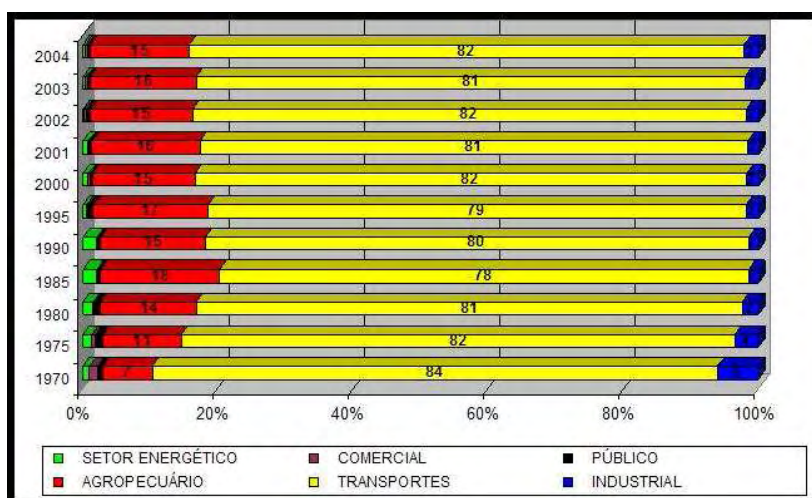


Figura 12 – Avaliação do mercado de Diesel no Brasil. (Mourad, 2004)

O mercado de motogeradores a diesel é voltado para a geração de energia elétrica em localidades não atendidas pelo Sistema Interligado Nacional – SIN de energia elétrica. Este uso, em termos dos volumes envolvidos, não é significativo, mas podem representar reduções significativas com os custos de transporte e, principalmente, contribuir para a inclusão social e o resgate da cidadania dessas comunidades isoladas. Outro nicho de mercado para a termogeração a diesel pode ser encontrados na pequena indústria e no comércio, como forma de redução do consumo de energia no horário de ponta.

Outro aspecto a considerar diz respeito ao mercado automotivo, que pode ser subdividido em dois grupos, sendo um composto por grandes consumidores com circulação geograficamente restrita, tais como empresas de transportes urbanos, de prestação de

serviços municipais, transporte ferroviário e hidroviário entre outras e um segundo grupo caracterizado pelo consumo no varejo, com a venda do combustível nos postos de revenda tradicionais. Neste segundo grupo estão incluídos os transportes interestaduais de cargas e passageiros, veículos leves e consumidores em geral (PNPB, 2008). O abastecimento do mercado interno de diesel (figura 13) se dá a partir de 13 refinarias, 227 distribuidoras de combustíveis líquidos, 460 Transportadores Revendedores Retalhistas - TRR's e 36.519 postos revendedores (ANP, 2008).

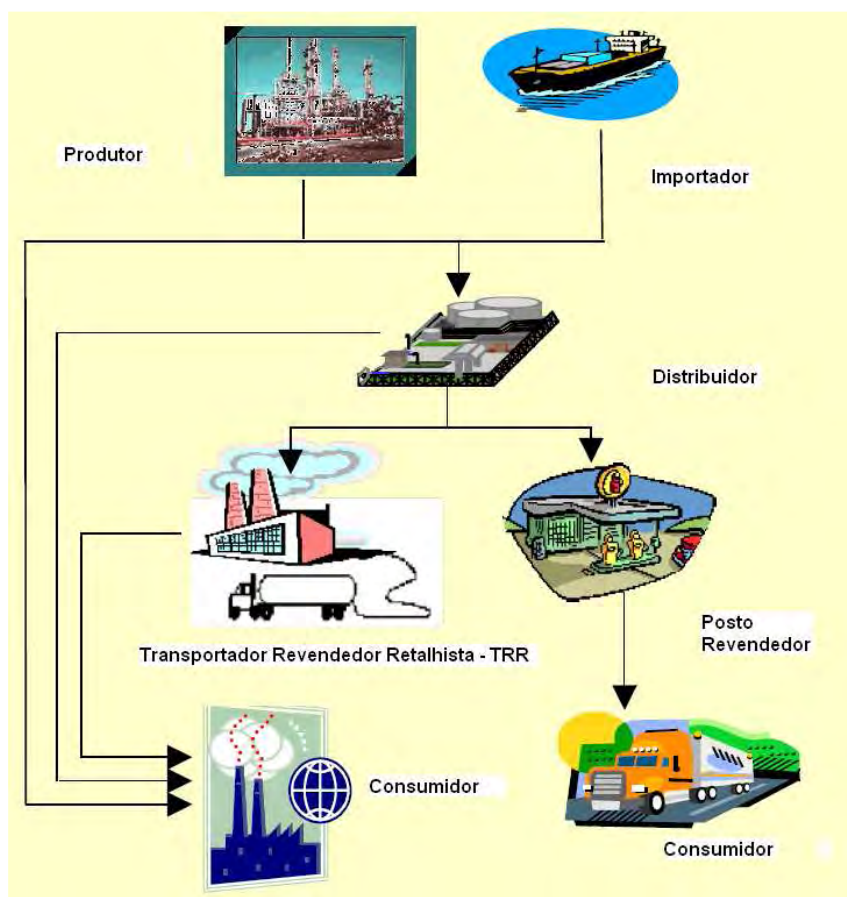


Figura 13 – Estrutura da comercialização do diesel no Brasil (PNPB, 2008).

A partir de janeiro de 2002 houve a desregulamentação da cadeia de refino e distribuição (*downstream*) no Brasil. A partir deste ano, os preços dos derivados de petróleo foram liberados de qualquer tipo de intervenção governamental, inclusive com a interrupção de diversos subsídios até então distribuídos. É permitida a participação de agentes privados na exportação e importação de produtos de petróleo, mas a Petrobras continua exercendo uma forte presença, mesmo com a liberalização do mercado (BiodieselBR, 2009).

O biodiesel é um produto novo na Matriz Energética Nacional – MEN e a estrutura para a sua comercialização aproveitou a estrutura já existente montada para o diesel mineral. Para se propor a inserção dos óleos vegetais como combustíveis na MEN se faz necessário conhecer as particularidades técnicas que diferenciam o óleo vegetal do biodiesel, o que será estudado no próximo capítulo.

2 O ÓLEO VEGETAL COMO COMBUSTÍVEL

Neste capítulo apresenta-se a diferença entre o óleo vegetal e o biodiesel e descrevem-se as tecnologias que permitem a utilização direta do óleo vegetal como combustível.

2.1 O BIODIESEL E O ÓLEO VEGETAL

Óleos vegetais puros (OV100)¹⁰ não devem ser confundidos com biodiesel. A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dela um triglicerídeo, ésteres do álcool glicerol com ácidos graxos, enquanto o biodiesel é formado por ésteres de alcoóis simples, metanol ou etanol, em conjunto com os ácidos graxos do óleo vegetal (ver figura 14).

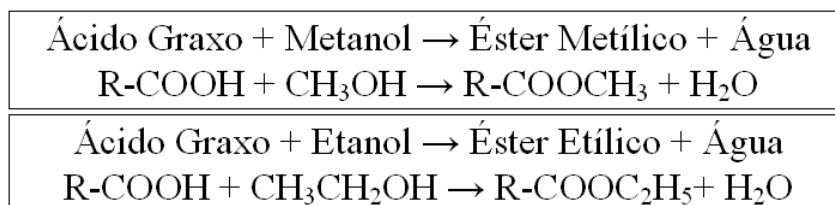


Figura 14 – Processo de transesterificação metílica e etílica (Wikipédia, 2008a).

Segundo Elsbett (2008), o óleo vegetal representa a forma energética mais densa produzida pela fotossíntese, com a capacidade de gerar cerca de 9,2 kWh/l, ele se situa entre a gasolina (8,6 kWh/l) e o óleo diesel (9,8 kWh/l), comparado com o óleo vegetal e o óleo diesel, o biodiesel apresenta um valor energético inferior, o que conduz a um aumento do consumo na ordem dos 5 aos 8% ao ser utilizado em um motor diesel.

Para Elsbett (2008), as maiores vantagens no uso do óleo vegetal como combustível são: (i) Alto valor calorífico; (ii) alta densidade energética; (iii) sua combustão emite menos particulados e possui alta eficiência energética; (iv) não é prejudicial ou tóxico para animais, humanos, para o solo ou para a água; (v) não é inflamável ou explosivo e não emite gases tóxicos; (vi) como combustível líquido, é fácil de ser estocado, transportado e manuseado – sem a necessidade de cuidados especiais de manuseio; (vii) não causa prejuízos se acidentalmente derramado; (viii) é retirado diretamente da natureza, não é um subproduto que precisa de transformação; (ix) é renovável; (x) não provoca uma forma reciclável; (xi) não contém enxofre e portanto não é causador de chuva ácida; e, por fim (xii) sua combustão é neutra em CO₂, sem contribuição para o aumento dos gases de efeito estufa.

Na Europa, o óleo vegetal tem permissão para ser usado como combustível, pois o critério que o qualifica é o seu nível de emissão de poluentes, logo, o combustível é

¹⁰ A expressão OVx indica a percentagem de óleo vegetal numa mistura com o óleo diesel mineral. Assim, OV20 indica 20% de óleo vegetal e 80% de óleo diesel mineral, até OV100 que indica o uso direto do óleo vegetal sem a mistura com o óleo diesel.

considerado de acordo com a tecnologia que está capacitada a usá-lo. De acordo com o Parlamento Europeu:

O óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas, por pressão, extração ou métodos comparáveis, em estado bruto ou refinado, mas quimicamente inalterado, pode também ser utilizado como biocombustível em casos específicos, quando a sua utilização for compatível com o tipo de motores e os respectivos requisitos relativos às emissões. (Parlamento Europeu, 2003).

Assim, é possível verificar que o óleo vegetal pode ser um combustível apropriado. No entanto, por apresentar glicerina em sua composição, ele apresenta naturalmente uma maior viscosidade e um ponto de inflamação superior ao óleo diesel. Tais características, que são naturalmente benéficas para o uso culinário, dificultam uma combustão otimizada e livre de resíduos em um motor diesel dimensionado para o uso específico de óleo diesel. Outro fator que necessita ser aperfeiçoado refere-se ao fato de que o óleo vegetal puro, ao ser extraído, também podem conter impurezas e substâncias que provocam sua turbidez¹¹. Além disso, como será visto nos exemplos estudados, as características físico-químicas do óleo vegetal mudam bastante se processo de extração é efetuado a quente ou a frio.

O uso direto do óleo vegetal puro efetuando-se a mudança da tecnologia do motor, e não a transformação do óleo bruto em biodiesel, exige na verdade poucas ou nenhuma transformação no conceito moderno do motor diesel.

De acordo com Marchal (2006) as possibilidades técnicas para substituição do óleo diesel mineral por derivados de óleos vegetais podem ser assim relacionadas:

- 1) Óleos vegetais puros;
 - 2) Misturas binárias ou ternárias de diesel com óleos vegetais e/ou álcool;
 - 3) Ésteres etílicos ou metílicos em ácidos graxos de óleos vegetais;
 - 4) Produtos de craqueamento térmico de ácidos graxos, óleos ou sabões de cálcio, destilando na faixa de óleo diesel;
 - 5) Óleo diesel produzido pela descarboxilação catalítica¹² de ácidos graxos ou óleos vegetais;
 - 6) Óleo diesel obtido pela síntese Fischer-Tropsch¹³ a partir de biogás;
 - 7) Eletrólise de Kolbe¹⁴, a partir de hidrocarbonetos ácidos de origem vegetal; e
 - 8) Hidrocraqueamento no processo de hidrodessulfurização em refinarias de petróleo.
- Portanto, existem várias opções existentes para a produção de substitutos do óleo

¹¹ Turbidez é o termo aplicado a matéria suspensa de qualquer natureza, presente em um corpo de água, que provoca a dificuldade de um feixe de luz atravessar o mesmo.

¹² Processo de fermentação na presença de enzimas.

¹³ Processo para produção de hidrocarbonetos líquidos (gasolina, querosene, gasóleo e lubrificantes) a partir de gás de síntese (CO e H₂).

¹⁴ Processo de eletrólise em ácidos graxos de cadeia longa, também conhecida como descarboxilação oxidativa.

diesel a partir de matérias-primas renováveis. As pesquisas no Brasil no entanto, estão concentradas na transesterificação de óleos vegetais (Marchal, 2006).

Comercialmente, a reação mais usada na produção de biodiesel é a **transesterificação** (figura 14), onde o metanol ou o etanol e o hidróxido de sódio (soda cáustica) são adicionados à reação, com ácido sulfúrico como catalisador, o que torna o biodiesel mais agressivo do que o diesel mineral ou o óleo vegetal e, por isso, põem em perigo os componentes mais frágeis do motor, como os anéis de vedação do eixo rotativo e as borrachas de vedações. Em misturas acima de 5% do biodiesel com o óleo diesel faz-se necessária a modificação desses componentes para evitar o desgaste prematuro do motor diesel. (Faraj, 2008).

As etapas do processo de transesterificação (figura 15) consistem basicamente de desumidificação do óleo, aquecimento, reação, separação de fases, lavagem, hidrólise, desumidificação da água, filtragem, recuperação e desidratação do etanol/metanol. No entanto pode haver uma diferença de metodologia a depender do projeto de cada empresa.

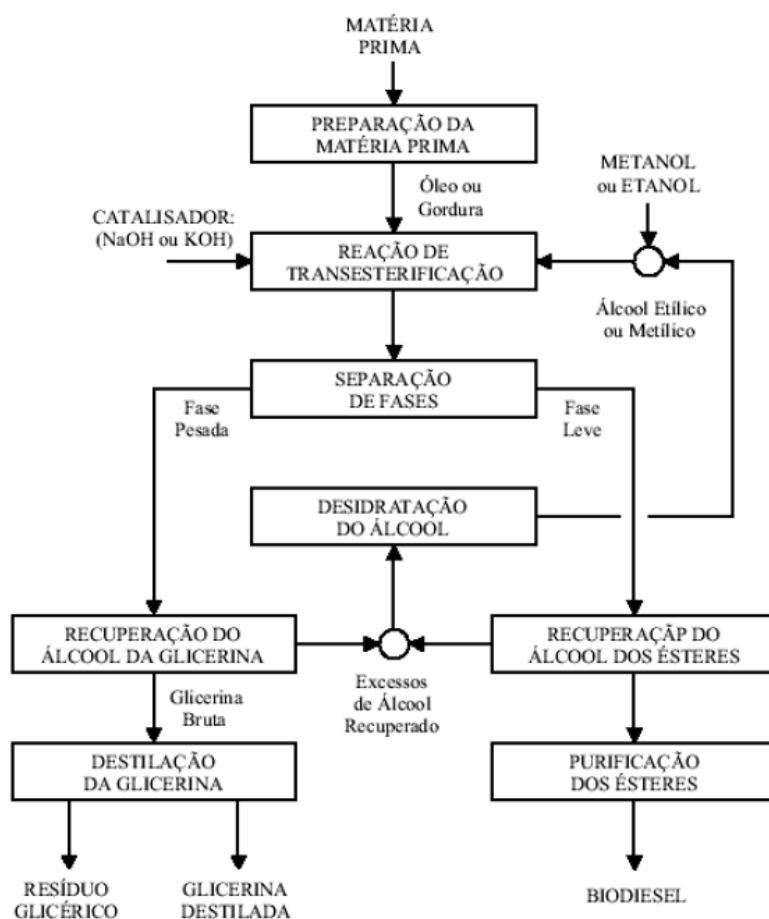


Figura 15 – Diagrama de fabricação do biodiesel por transesterificação. (Lima, 2004. p.18).

No Brasil, algumas usinas de transesterificação de biodiesel trocam o metanol pelo etanol no seu processo, o que aumenta o tempo de catálise, mas objetiva utilizar um biocombustível em substituição ao metanol, que é fóssil. Para melhor compreensão dessa

opção, deve-se considerar que o uso de etanol na produção de biodiesel vai além do aspecto técnico e econômico, buscando uma maior relevância ambiental.

A produção de derivados de óleo vegetal também pode se dar por craqueamento, em escala de protótipo¹⁵. No **craqueamento térmico**, também chamado de pirólise, o óleo vegetal tem suas cadeias de moléculas quebradas por aquecimento a altas temperaturas sem a presença do oxigênio, em uma coluna de destilação equivalente a uma refinaria de petróleo, formando uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo que podem ser separadas em derivados equivalentes aos derivados do petróleo, como óleo diesel, gasolina e querosene (dos Santos, 2007).

A Petrobras (2009) desenvolveu uma tecnologia inovadora de processamento de óleos vegetais em conjunto com o processo convencional de fabricação do óleo diesel mineral em refinarias. O processo batizado de **H-BIO**¹⁶ foi desenvolvido para inserir o processamento de matéria-prima renovável no esquema de refino de petróleo já existente. O óleo vegetal é misturado com frações de diesel de petróleo para ser refinado, tendo sido realizado testes em planta piloto com até 30% de óleo vegetal na carga do processo de refino, em mistura com a produção de diesel, tendo gerado um produto que tem as mesmas características do diesel de petróleo, ajustado às características do combustível assim como especificado pela ANP, com a vantagem de ter o teor de enxofre reduzido em comparação com o óleo diesel original (figura 16).

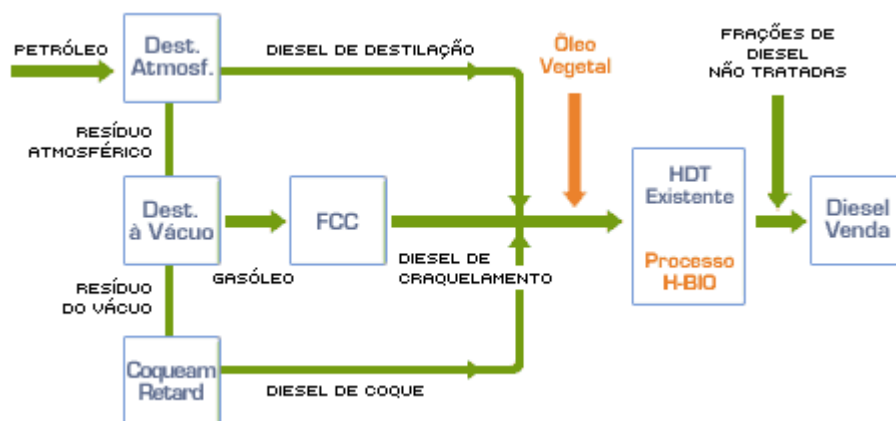


Figura 16 – Diagrama esquemático do refino de diesel pelo processo H-BIO. (Petrobras, 2009).

No desenvolvimento do H-BIO foram testados, em planta piloto, diferentes óleos vegetais de soja e mamona, em diferentes condições de operação, que evidenciaram as vantagens do processo, destacando-se seu alto rendimento, de pelo menos 95% v/v (em volume), sem a geração de resíduos como a glicerina e uma pequena produção de propano. Para cada 100 litros de óleo de soja processados, são produzidos 96 litros de óleo diesel e

¹⁵ Etapa em que a inovação já foi testada em modelos funcionais, mas não possui linha de produção comercial.

¹⁶ H-Bio é um óleo diesel mineral que utiliza óleos vegetais (como o de mamona, girassol, soja, ou dendê) na sua composição, por meio de seu hidrocrackeamento no processo de hidrodessulfurização em refinarias de petróleo, mas que mantém as características físico-químicas finais semelhantes às do óleo diesel mineral.

2,2 Nm³ de propano. Diante disso, a área de refino da Petrobras realizou testes industriais em suas refinarias, usando até 10% em volume de óleo de soja na carga do processo de refino (Petrobras, 2009). Observe-se que a Petrobras detêm 96% do parque de refino nacional, assim, se estivesse implantada e funcional em todas as refinarias do país, esta solução poderia substituir até 28,8% do consumo do óleo diesel refinado no Brasil sem a necessidade de mudar atores na cadeia de produção e distribuição associada aos combustíveis derivados do petróleo, utilizando a infra-estrutura de processamento das refinarias existentes.

Apesar do biodiesel poder ser produzido a partir de qualquer fonte de ácidos graxos, nem todas as fontes possuem viabilidade econômica. Os resíduos de atividades industriais seriam a primeira opção econômica para a utilização de matéria-prima para a produção do biodiesel. Nesse sentido, seriam inicialmente usados os óleos de frituras, as borras de refinação, a matéria graxa dos esgotos, óleos ou gorduras vegetais ou animais fora de especificação etc. No Brasil algumas usinas de biodiesel utilizam sebo de boi como matéria-prima, mas assim como os outros resíduos, não há produção suficiente de resíduos para uma mudança significativa na matriz energética nacional. A grande fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel são os óleos vegetais e, dentre eles, o óleo de soja sozinho representa 80% dos 1,2 bilhão de litros produzidos em 2008 pelo PNPB (CMA, 2008).

No entanto, os biocombustíveis que não são fabricados pela rota de transesterificação não são considerados como biodiesel pela ANP, pois em suas regulamentações¹⁷, a ANP detalha características do biodiesel que, diferentemente da legislação brasileira e da percepção do parlamento europeu, impede que qualquer óleo com origem em biomassa sintetizado por rota que não seja a transesterificação seja reconhecido como biodiesel, mesmo que possua propriedades equivalentes ao diesel.

2.2 GANHOS ECONÔMICOS PELO USO DO ÓLEO VEGETAL

Assim como ocorreu na década de 1970, quando a Mercedes recusou-se a mudar sua linha tecnológica para buscar a viabilização do uso do óleo vegetal, atualmente os grandes fabricantes não mostram grande movimentação para buscar a viabilização de uma modificação tecnológica de seus motores. Apesar dos fabricantes multinacionais de tecnologia dos motores a combustão apoiarem os programas para que os biocombustíveis se adaptem aos motores, a movimentação ainda é incipiente no sentido de se preparar para uma mudança de combustível, pois as linhas de produção dos motores são mundiais e a propriedade intelectual das tecnologias pertencem aos fabricantes em seus países-sede. Assim, as modificações que são voltadas a aspectos regionais não são devidamente consideradas por tais atores.

¹⁷ Ver Anexo 2 - LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE BIODIESEL.

O biodiesel é quimicamente processado de um modo dispendioso, em comparação ao uso do óleo vegetal puro, pois necessita de reações químicas em escala industrial, com dispêndio de insumos químicos e energéticos. Ao ter que modificar o óleo vegetal para biodiesel a cada novo abastecimento, o usuário vai arcar com os gastos econômicos desta transformação inúmeras vezes durante o tempo de vida útil do motor. No entanto, se o usuário assumisse os custos iniciais pela modificação do motor ao óleo vegetal puro, poderia utilizar de forma direta os óleos vegetais, sem a necessidade de transformá-los em biodiesel. Os custos finais durante o tempo de vida do motor poderiam ser menores, com ganhos econômicos para o usuário final e ambientais para a sociedade como um todo.

Em 1985, o Secretário de Tecnologia Industrial do Ministério de Indústria e Comércio, Lourival Carmo Mônaco, em relação à substituição do óleo diesel, afirmou:

[...] do ponto de vista técnico, está comprovado que os óleos vegetais constituem o substituto mais adequado, por não exigirem grandes modificações no motores e apresentarem alto rendimento energético, segundo demonstraram inclusive testes de rodagem em caminhões e ônibus que acumularam mais de um milhão de km percorridos. [...] embora os custos de produção e transformação, calculados com base em culturas oleaginosas tradicionais de ciclo anual, sejam atualmente desfavoráveis em relação aos derivados de petróleo, não há dúvida de que os óleos vegetais extraídos de culturas perenes, pouco ou ainda não exploradas no país, poderão representar uma possibilidade interessante na substituição parcial ou total das frações mais leves do petróleo, principalmente o óleo diesel. Ademais, sua produção maciça irá resultar em grandes benefícios sociais decorrentes do alto índice de geração de emprego por capital investido. (Iturra, 2003 apud Mônaco).

A questão de transformar o combustível ou o motor, no entanto, não se restringe a mudanças tecnológicas, mas também a questões tributárias. O art. 238 da Constituição Federal dispõe que uma lei deve ordenar a venda e revenda de combustíveis de petróleo, álcool carburante e outros combustíveis derivados de matérias-primas renováveis. Mas, essa lei específica ainda não foi promulgada, levando a uma situação em que a estrutura de comercialização de combustíveis tem sido definida por decretos e portarias do Poder Executivo.

Para a comercialização de combustíveis a Portaria nº 116, de 5 de julho de 2000, expedida pela ANP, estabelece os critérios para o exercício da atividade de revendedor varejista de combustíveis automotivos. O combustível só pode ser vendido no varejo por um posto revendedor, que, por sua vez, só pode adquirir o produto de empresas distribuidoras. Hoje, a mistura do biodiesel ao diesel de petróleo é feita pelas distribuidoras de combustíveis, assim como na adição de álcool anidro à gasolina. As refinarias também estão autorizadas a fazer a mistura, desde que a forneça para as distribuidoras. Essa Portaria promove as atividades de comercialização de biodiesel que reproduz a cadeia produtiva centralizada já existente dos combustíveis derivados de petróleo (figura 17). Mas esta não é necessariamente a logística mais adequada para comercializar biocombustíveis

como o etanol e os óleos vegetais, pois estes podem também ser produzidos e distribuídos de forma descentralizada, por centenas de grandes produtores e milhares de pequenos, em diversas escalas de produção. A comercialização que se daria entre produtores e consumidores ou postos de comercialização, sem passar por um sistema de distribuição, é comumente chamada de 'venda direta'. Assim, uma região potencialmente produtora de óleos vegetais poderia usufruir de sua vantagem comparativa de logística se consumisse sua produção localmente. Observe-se que esta hipótese de descentralização necessita de mudanças no arcabouço legal existente para ser usufruída.

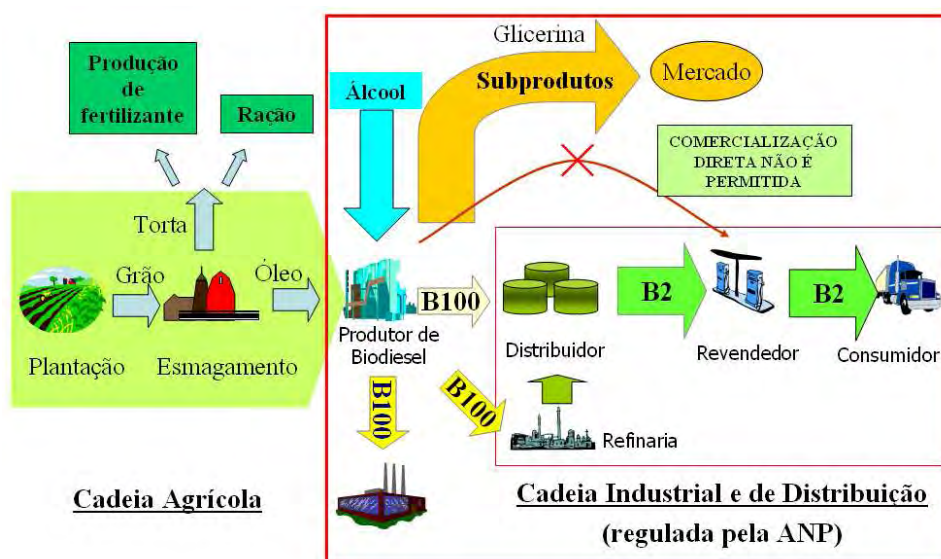


Figura 17 – Cadeia de comercialização do biodiesel no Brasil. (ANP, 2008)

O problema econômico que poderia advir da utilização do óleo vegetal como combustível advindo de uma produção descentralizada é a dificuldade de controle da tributação do óleo vegetal como combustível e do controle de qualidade para o consumidor final. A alta capilarização da geração distribuída inviabilizaria um sistema de fiscalização governamental. Então, pelo lado dos governos federal e estaduais poderia haver uma diminuição da contribuição financeira dos impostos obtidos pela venda de óleo diesel e pelo lado dos distribuidores haveria uma concorrência com uma distribuição capilarizada e extensiva, composta de inúmeros pequenos produtores, que produziriam inicialmente para seu próprio consumo e venderiam seus excessos de produção localmente, onde seria mais fácil a sua distribuição. No entanto, longe de ser um impeditivo à comercialização de um novo combustível, a tributação poderia ser diferenciada para os produtores descentralizados, de forma a ser mais fácil de ser gerida pela fiscalização, podendo ser cobrada por capacidade de produção ou por uma tributação fixa. No mesmo contexto, o controle de qualidade do combustível vendido poderia ser efetuado pelo próprio posto comercializador, por meio de sistemas portáteis de sensores químicos, que não estavam disponíveis no mercado há poucos anos (figura 18).



Figura 18 – Sensor portátil i-SPEC™ Q-100 da Paradigm - mede índices de glicerina total, metanol, acidez e percentagem da mistura diesel/biodiesel (Paradigmsensors, 2009).

A busca de uma forma correta de comercialização dos biocombustíveis indica que não se deve impedir que uma inovação tecnológica, que traz benefícios econômicos e ambientais para a sociedade que a utilizará, não possa ser implementada pela motivação de que não se deve alterar a estrutura anterior por ainda ser uma estrutura economicamente estável. Restringir as inovações que não se adequam aos moldes praticados pelo modelo atual de comercialização e tributação, parece ser um mecanismo artificial para inviabilizar um salto tecnológico. A manutenção deste modelo, neste caso, exige custos econômicos adicionais para a transformação técnica do óleo vegetal em biodiesel e para desenvolver a sua logística de distribuição, que são arcados pelos consumidores de combustíveis.

2.3 A TECNOLOGIA DO MOTOR DIESEL MODIFICADO PARA ÓLEO VEGETAL

O óleo vegetal contém glicerina¹⁸ como uma goma natural com alta viscosidade e, enquanto produto natural, nunca totalmente isento de impurezas. Um motor diesel convencional não queima o óleo vegetal diretamente porque a combustão está programada para acontecer abaixo da temperatura que queima a molécula de glicerina. Para utilizar o óleo vegetal como combustível em um motor diesel convencional, que não possui um sistema de injeção de combustível que suporte o uso direto do óleo vegetal, deve-se reduzir sua viscosidade, o que pode ser feito de cinco formas efetivas:

- 1) Retirar a glicerina do óleo vegetal, transformando-o em biodiesel, pelo processo de transesterificação;
- 2) Retirar a glicerina do óleo vegetal, transformando-o em bioóleo e outros derivados, pelo processo de craqueamento térmico, de descarboxilação catalítica, pela síntese de Fischer-Tropsch ou pela Eletrólise de Kolbe;
- 3) Transformar o óleo vegetal, em diesel e outros derivados, pelo processo H-BIO de

¹⁸ A glicerina é um composto orgânico pertencente à função álcool. É líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, não-tóxico, não-irritante, sem cheiro, viscoso e de sabor levemente adocicado.

hidrocraqueamento;

4) Misturar o óleo vegetal com outro óleo mais fluido; ou

5) Aquecer o óleo vegetal para diminuir sua viscosidade.

As modificações no motor diesel para aceitar o óleo vegetal diretamente podem consistir, por exemplo, no uso de filtros específicos, modificações no sistema de injeção de combustível e no sistema de controle. Para implementar estas características modifica-se o projeto original do motor diesel alterando diâmetros dos condutores, instalando filtros aquecidos, assim como aquecendo o óleo combustível em trocadores de calor antes de sua injeção no motor.

Deve-se observar que a utilização de óleos vegetais no motor diesel que não possua sistema de injeção de combustível com uma pressão mínima adequada ou sem as modificações necessárias citadas acima podem provocar problemas de carbonização e depósitos nos bicos injetores, válvulas de admissão e escapamento, desgaste prematuro dos pistões, anéis de segmento e cilindros, diluição do óleo lubrificante, dificuldade de partida a frio, queima irregular, redução da eficiência térmica e odor desagradável nos gases de escapamento (figura 19).



Figura 19 – Tampas de válvula de um motor MWM 6 cilindros apresentando resíduos, com 600 horas de utilização de 80% de óleo de soja bruto em Itumbiara/GO. (Valtra do Brasil).

Comercialmente, existem dois tipos de modificações que alteram o motor diesel: uma de tecnologia mais simples com **dois tanques** de combustível, um principal para o óleo vegetal e o outro de suporte para o diesel mineral; o outro modelo de modificação do motor a diesel possui um sistema de controle mais elaborado e funciona com um **tanque único** onde só se utiliza óleo vegetal. Neste tipo de modificação, o arranque a frio do motor é feito diretamente com óleo vegetal, sem ser necessário aquecer-se o motor previamente com Diesel, mas neste caso somente podem ser modificados os motores a diesel que possuem bombas injetoras mais fortes e robustas. A modificação mais usual é a inserção de um tanque extra (figura 20). Esta solução busca a redução da viscosidade do óleo vegetal por meio da elevação de sua temperatura utilizando perdas de calor do motor.

Utilizando a água quente do radiador do carro se aquece o óleo rapidamente. Para isso deve ser instalado um tanque exclusivo para o óleo vegetal, provido de um pequeno radiador ou serpentina por onde a água quente vai circular. Este tanque suplementar é necessário, porque o motor continuará sendo acionado com o diesel até que o óleo vegetal atinja a temperatura certa. A troca de combustível pode ser feita de cinco a dez minutos após a partida, mesmo com o carro em movimento, acionando uma válvula solenóide, de forma manual, por meio de um botão instalado no painel, ou automaticamente, com um sensor de temperatura no segundo tanque que aciona a válvula. Do mesmo modo, antes de desligar o carro é necessário retornar ao sistema diesel por pelo menos cinco minutos, para impedir que existam resíduos de óleo vegetal ao desligar o motor, pois, ao esfriar, o óleo vegetal vai se tornar viscoso novamente (Coelho, 2004, 2005a, 2005b).

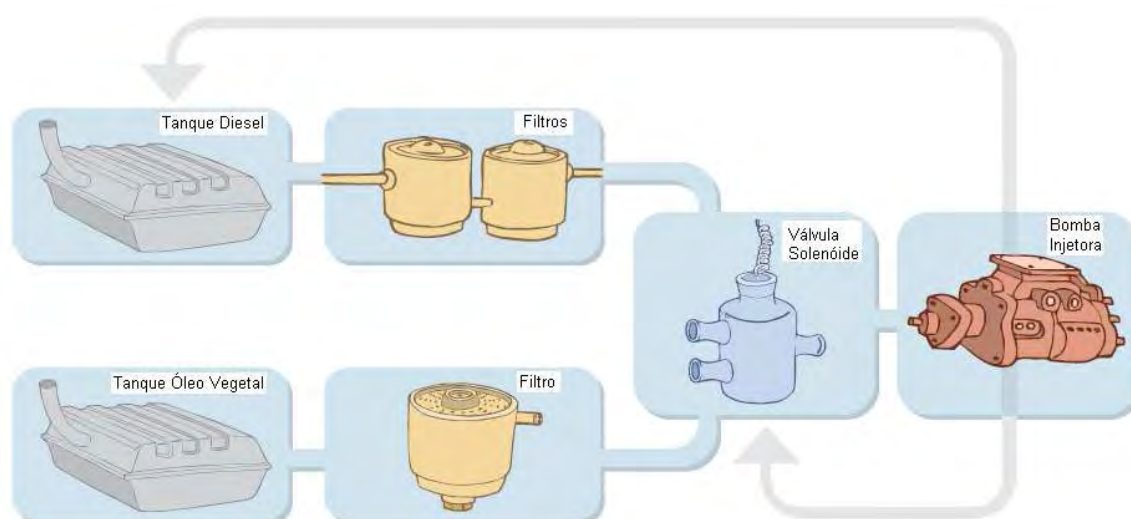


Figura 20 – Sistema de dois tanques – modelo de conversão mais simples. (Revista Permacultura Latina, 2006).

Os problemas básicos encontrados nas transformações de motores diesel e algumas soluções propostas são descritas na Tabela 1.

De uma forma mais eficiente, podem-se alterar os componentes de um motor de ciclo diesel, para que algumas das necessidades anteriormente mencionadas possam estar incorporadas no próprio motor. O motor Elsbett, projetado pela empresa homônima na Alemanha, construiu centenas de unidades de um motor turbinado, semi-adiabático¹⁹, para aumentar a eficiência do motor de ciclo diesel e promover a queima completa do óleo vegetal (Elsbett, 2008).

Enquanto um motor convencional possui uma perda de calor média para o radiador de 32%, no motor Elsbett, a perda é reduzida a 15%. O corpo do motor é feito de ferro fundido e o pistão é dividido em duas peças separadas (figura 21), sendo a cabeça feita de ferro

¹⁹ Na termodinâmica se diz que um processo ou comportamento de um corpo ou sistema de corpos é adiabático quando não existe troca de calor com o exterior.

fundido, e a saia²⁰ feita de alumínio, que é a única parte do motor que não é de ferro fundido, as duas partes são unidas pelo pino do pistão, o que permite uma leve articulação entre as peças, diminuindo o atrito do pistão com o cilindro. A saia de alumínio permite dissipar o calor da cabeça do pistão em conjunto com um sistema de jatos de óleo para refrigeração que atuam diretamente na saia do conjunto. A câmara do pistão é uma reentrância que faz parte da própria cabeça do pistão, seu formato côncavo mantém os gases em movimento turbulento no momento da combustão quando as temperaturas na cabeça do pistão podem atingir 650°C.

Tabela 1 – Problemas, causas e soluções para o uso de óleo vegetal em motores diesel (Elsbett, 2008).

PROBLEMA	CAUSA PROVAVEL	SOLUÇÃO POTENCIAL
Curto Prazo		
1. Dificuldades de dar partida em clima frio	Alta viscosidade; baixo nº de Cetano e/ou alto ponto de fulgor dos óleos vegetais	Pré-aquecimento do óleo combustível para a injeção
2. Entupimento e deposição de gomas em filtros, linhas e injetores	Presença de gomas naturais e/ou cinzas no óleo vegetal.	Refinação parcial do óleo combustível para remover gomas. Utilizar filtros de 4 microns.
3. Batida no motor	Muito baixo nº de Cetano de certos óleos; e/ou tempo de injeção descalibrado.	Ajuste do tempo de injeção. Utilize motores com taxas de compressão maiores. Pré-aquecimento do óleo combustível para a injeção
Longo prazo		
4. Carbonização dos injetores do pistão e dos cabeçotes	Alta viscosidade e/ou combustão incompleta do diesel ou do óleo vegetal	Aquecer o óleo combustível antes da injeção no motor. Partir o motor com diesel
5. Depósitos de Carbono no pistão e nos cabeçotes	Alta viscosidade e/ou combustão incompleta do diesel ou do óleo vegetal	Aquecer o óleo combustível antes da injeção no motor. Partir o motor com diesel
6. Desgaste excessivo do motor	Alta viscosidade e/ou combustão incompleta do diesel ou do óleo vegetal. Possível presença de excesso de ácidos graxos no óleo vegetal. Diluição do óleo de lubrificação pela mistura com o óleo vegetal (blow-by) causada por recirculação de gases entre a câmara de compressão e o cárter	Aquecer o óleo combustível antes da injeção no motor. Partir o motor com diesel. Aditivar o óleo de lubrificação do motor para inibir oxidação. Usar óleo de lubrificação baseado em óleos vegetais
7. Degradação do óleo de lubrificação por polimerização	Acúmulo de óleo vegetal poliinsaturado causado por recirculação de gases entre a câmara de compressão e o cárter	Aquecer o óleo combustível antes da injeção no motor. Partir o motor com diesel. Aditivar o óleo de lubrificação do motor para inibir oxidação. Usar óleo de lubrificação baseado em óleos vegetais

Pela sua característica côncava e localizada como um rebaixo, parte do ar ainda relativamente frio que é admitido no cilindro no início da queima, move-se em direção ao local da combustão, esse ar mais frio e em turbulência absorve o calor que tenderia a se dissipar pelo bloco do motor e o movimenta de volta ao processo de combustão.

No lugar de uma única bomba para comandar a injeção de combustível em todos os cilindros, há uma bomba para cada cilindro, assim as bombas isoladas podem funcionar com pressões maiores para evitar os entupimentos. Por também ser turbinado, obtêm-se

²⁰ A saia é a peça de revestimento externo do pistão, também chamada de camisa do cilindro.

uma melhor vedação dos gases da compressão e permite-se taxas de compressão mais altas. A taxa de compressão do motor Elsbett chega a 33:1 e ao atuar em conjunto com a alta temperatura, superior aos dos motores comuns, o motor consegue efetuar a queima completa dos óleos vegetais não refinados, sem deixar resíduos no motor (Elsbett, 2008).

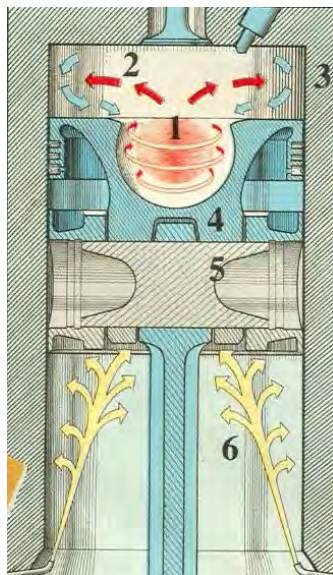


Figura 21 – Cabeça de pistão do motor Elsbett: 1: combustão em redemoinho dentro do pistão, 2 e 3: o calor que foge da combustão é recuperado pelo ar mais frio que a realimenta, 4: parte do pistão é em ferro fundido, 5: parte é em alumínio e, 6: a refrigeração é feita por jatos de óleo vegetal (Revista Quatro Rodas, 1987).

A empresa Elsbett tentou sem sucesso, entre meados dos anos 80 e início dos anos 90, iniciar uma produção em larga escala do seu conceito de motor semi-adiabático multicomcombustível, mas por uma série de situações não previstas, entre elas a associação com empresas que se mostraram fraudulentas, a Elsbett quase foi à falência. Em 1991, o presidente da empresa e filho do fundador, Ludwig Elsbett, observou que:

É preciso um trabalho de conscientização da opinião pública, não queremos estar no grupo de inventores que a indústria impediu de se desenvolverem. (Elsbett, 2008).

Motores a combustão são desenvolvidos, produzidos e montados de forma complexa a partir de milhares de componentes que seguem rígidos padrões de engenharia, criando barreiras de entrada a este mercado que não são simples de serem ultrapassadas. Nos últimos 50 anos nenhuma nova empresa se tornou uma grande montadora de automóveis (Shirouzu, 2009). Assim, em meados dos anos 90, a Elsbett voltou seu foco de atenção às adaptações de motores diesel para o uso de óleos vegetais e a prestação de serviços de consultoria para empresas que implantam estas adaptações. Neste caso, a tecnologia não foi o fator essencial para implantar uma inovação tecnológica, mas sim os condicionantes do mercado, que se mostraram mais influentes.

2.4 EXPERIÊNCIAS DO USO DIRETO DO ÓLEO VEGETAL NO BRASIL

No tópico anterior mostrou-se que existem tecnologias para a utilização do óleo

vegetal direto em motores de ciclo diesel. Neste tópico serão mostrados exemplos selecionados no Brasil do uso direto do óleo vegetal como vetor energético para a geração de eletricidade ou para o transporte, identificando problemas comuns no uso desta tecnologia e as soluções encontradas para evitá-los, considerando as vantagens comparativas em relação ao biodiesel.

Foram analisados oito exemplos de uso direto de óleo vegetal em motores diesel: as experiências em motogeradores da Universidade Federal da Amazônia – UFAM (MME, 2005, 2006a); da Universidade de Rondônia – UNIR (MME, 2006b); do Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO no Pará (Coelho, 2004, 2005a, 2005b); do Consórcio CENP Energia no Ceará (IDER, 2007); de um automóvel utilitário sem modificação de motor junto ao Instituto de Tecnologia do Paraná, em conjunto com o Instituto Cristão de Desenvolvimento e a Rede Evangélica Paranaense de Assistência Social (ICD; REPAS; TECPAR, 2008); de tratores e um caminhão sem modificação nos motores na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP (CATI-SAA/SP, 2009); e no Instituto Morro da Cutia de Agroecologia – IMCA no Rio Grande do Sul (IMCA, 2009).

A escolha destes exemplos deve-se ao fato de serem pesquisas já concluídas, ou em conclusão com resultados parciais, e que estão vinculadas a Universidades ou Institutos de Pesquisa. Não é uma lista conclusiva, mas suficiente para demonstrar o amadurecimento do uso desta tecnologia, que vamos resumir a seguir. Um maior detalhamento em fotos e descrições de cada um dos oito projetos estão descritos no Anexo 3.

2.4.1 UFAM (motogerador)

O Prof. José de Castro Correia, da UFAM, coordenador de duas pesquisas sobre o tema, buscou em dois projetos diferentes a modificação de motores diesel para aproveitar oleaginosas locais em comunidades da Amazônia, com o objetivo de buscar a sustentabilidade destas comunidades isoladas. Observou-se nestas pesquisas que por não existir disponibilidade de assistência técnica, a auto-produção de energia torna-se mais difícil em comunidades isoladas por se utilizar sistemas não-automatizados que aumentam a probabilidade de falha humana, com consequentes aumentos de custos de operação e manutenção. No contexto destas pesquisas a fonte de óleo escolhida foi de alto valor agregado, o que não compensou o seu uso como combustível.

2.4.2 GPERS/UNIR (motogerador)

O Coordenador do Grupo de Pesquisa em Energia Renovável Sustentável – GPERS da UNIR, Prof. Artur Moret, também desenvolveu uma metodologia de auto-produção de energia em comunidades isoladas por meio do extrativismo de oleaginosas locais, mas escolheu o babaçu como fonte de energia, por não existirem indústrias locais associadas ao

consumo de babaçu e planejou ainda a possibilidade de vir a substituir o babaçu pela cultura de amendoim, caso o óleo de babaçu venha a se tornar economicamente mais rentável para a comunidade em razão de outra destinação. Reiterou-se nesta pesquisa que em comunidades isoladas deve-se dar especial atenção à qualificação da mão-de-obra e à disponibilidade de assistência técnica para não encarecer os custos da geração.

2.4.3 CENBIO (motogerador)

Uma plantação de dendê em uma comunidade isolada do Pará viabilizou um projeto de auto-geração com óleo vegetal do CENBIO, que se tornou viável economicamente mesmo aumentando seus custos de operação e manutenção. Um processo de educação e capacitação da comunidade com o comprometimento da oferta de matéria-prima gerou uma segurança do uso de energia elétrica sem interrupções, o que garantiu a comunidade um aumento de renda, pelo usufruto da energia elétrica. Vê-se que para alcançar critérios de sustentabilidade cada caso terá sua solução própria, no entanto este projeto foi considerado como reprodutível pelo CNPq.

2.4.4 CENP ENERGIA (motogerador)

Um consórcio de empresas de energia que são obrigadas a investir em P&D, efetuou um projeto de auto-geração com óleos vegetais em sistemas isolados no Ceará, mas encontrou problemas com a disponibilidade e a produtividade da mamona escolhida como oleaginosa local e também com a qualidade do óleo produzido pela extração a quente, conclui-se então que as técnicas de extração do óleo vegetal devem ser adaptadas à cada oleaginosa, reiterando o planejamento da produção mínima para a geração energética necessária.

2.4.5 ICD/REPAS/TECPAR (utilitário)

Este projeto, com um utilitário abastecido com OV20, é considerado inédito no contexto brasileiro em termos de injeção eletrônica, pois permite concluir preliminarmente que a mistura de 20% desse combustível ecológico é viável em utilitário com motores diesel do tipo TDI e sistemas de injeção do tipo common rail. Presume ainda em seus relatórios de pesquisa que ao utilizar o óleo vegetal prensado a frio, motores diesel comuns poderiam utilizar uma mistura de até OV40 sem alterações no motor, a depender da capacidade da bomba injetora de cada utilitário. No caso do motor testado, que possui sistema injetor com 1.500 bar de pressão, provou-se que é possível utilizar o sistema de tanque único, citado no Capítulo 2, com OV100, sem sistemas de pré-aquecimento, desde que se programe o sistema de controle eletrônico do motor com as características do óleo vegetal a ser utilizado (soja, nabo forrageiro, pinhão manso etc.).

Observa-se que embora as experiências de motogeração na Amazônia também tenham utilizado extração a frio do óleo vegetal, todas utilizaram filtros de pano, que não

possuem a garantia de eliminar as impurezas maiores que os diâmetros dos bicos injetores dos motores, o que é garantido com a filtragem de papel a 0,5 micron desta experiência com mini-usinas de extração de óleo vegetal a frio. Outras comparações entre os óleos vegetais e o biodiesel, que foram observados nesta pesquisa, podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparações entre óleos vegetais e biodiesel. (Schrimppf. 2002).

		Óleos vegetais	Biodiesel
Armazenagem e transporte		Totalmente sem problemas	Risco maior, Facilmente inflamável, menor tolerância ambiental
Tolerância ambiental	decomposição biológica	muito rápida	retardada
	risco para a água	nenhum	baixo
	toxicidade para humanos	via de regra não-tóxico, bom óleo comestível	Tóxico, não-comestível devido à esterificação
	ciclo de matéria orgânica	fácil de fechar	viável a custos elevados
Tolerância social	estratégia	descentralizada, pequena	centralizada, grande
	logística	simples	mais complexa
	rotas de transporte	curtas	mais longas
	vulnerabilidade	baixa	maior
	agregação de valor regional	elevada	menor

2.4.6 CATI-SAA/SP (tratores e caminhão)

O Centro de Testes, Avaliação e Divulgação do Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes - DSMM da CATI-SAA/SP executou, sob a coordenação dos Engenheiros Agrícolas Dílson Cáceres e Sylmar Denucci, durante os anos de 2001 a 2005, em suas unidades localizadas no Municípios de Manduri (Ataliba Leonel) e de Águas de Santa Bárbara, no Estado de São Paulo, avaliações relativas à possibilidade de uso direto como combustível de óleo bruto de girassol e de nabo forrageiro, obtido por meio de prensagem a frio e filtragem por gravidade em pano de algodão

A motivação destes testes foi a de sugerir opções de uso e comercialização do girassol e de outras oleaginosas para o período da segunda safra. A produção de oleaginosas para uso como combustíveis também tem a vantagem de poder ser produzido por meio de diversas culturas oleaginosas em todas as regiões do Brasil, inclusive nas regiões semi-áridas.

2.4.7 IMCA (utilitários, tratores, caminhões e motogerador)

Esta pesquisa do IMCA recebeu o Prêmio da Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social 2007, na categoria “Aproveitamento/tratamento de rejeitos/resíduos/efluentes de processos produtivos”. Com o incentivo o IMCA já ministrou 12 oficinas de conversão de motores diesel para uso direto do óleo vegetal com dois tanques, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Goiás, tendo convertido nestas ocasiões quatro tratores, dois caminhões, quatro caminhonetes, um barco, um microtrator e um motor estacionário. Este exemplo observou que mesmo os motores diesel menos sofisticados

podem utilizar diretamente o óleo vegetal como combustível, inclusive como resíduo de fritura de cozinha, apesar de este não ser um combustível com grandes disponibilidades de fornecimento, se encaixa no conceito de sustentabilidade do uso do óleo vegetal.

Tabela 3 – Comparação entre os exemplos apresentados.

Exemplo	Uso	Óleo combustível	Técnica de conversão	Extração do óleo	Filtragem	Inovação Necessária
UFAM	Motogerador	Andiroba	2 tanques	A frio	Filtro de Pano	Disponibilidade do óleo vegetal – preço
GPERS/UNIR	Motogerador	Babaçu	2 tanques	A frio	Filtro de Pano	Disponibilidade do óleo vegetal – quantidade
CENBIO	Motogerador	Dendê	2 tanques	A frio	Filtro de Pano	Treinamento adequado de Pessoal
CENP ENERGIA	Motogerador	Mamona	2 tanques	A quente	Filtro de Pano	Extração do óleo a frio
ICD/REPAS/TECPAR	Utilitário	Girassol	1 tanque	A frio	Filtro de Papel	Uso de motor tipo TDI
CATI-SAA/SP	Tratores e Caminhão	Girassol	Sem conversão	A frio	Filtro de Pano	Uso de motor robusto para fins agrícolas
IMCA	Utilitário	Óleo reciclado	2 tanques	A frio	Filtro de Papel	Uso de filtro de papel

A partir dos exemplos acima (tabela 3) pode-se observar que dentre as barreiras de entrada à esta tecnologia, deve-se: Planejar o fornecimento do óleo vegetal para garantir a sua disponibilidade como combustível para substituir o óleo diesel; Treinar adequadamente os técnicos que efetuarão as modificações necessárias nos motores para a utilização direta do óleo vegetal como combustível; Utilizar preferencialmente a extração de óleo vegetal a frio e o uso de filtros de papel, que garantem que a granulação dos resíduos no óleo sejam menores do que o diâmetro dos bicos injetores do motor; Dar preferência aos motores diesel turbinados com injeção direta, se não, ao uso de motores mais robustos para fins agrícolas e; Se for efetuada uma conversão com dois tanques, dar preferência ao uso de sistemas de controle que automatizem os procedimentos de troca de combustível, para garantir a temperatura de trabalho adequada do óleo vegetal.

2.5 RESÍDUOS DA COMBUSTÃO DO ÓLEO VEGETAL

A descrição de alguns conceitos sobre resíduos de combustão auxilia na adequada compreensão da dinâmica aqui em debate. As maiores intensidades de emissões de gases provenientes de motores a combustão são de material particulado, gás carbônico (CO₂), Óxidos de Nitrogênio (NO_x) e Monóxido de Carbono (CO). O Material Particulado de Diesel é um aerossol composto de complexas estruturas físicas e químicas, que contribui para o agravamento do efeito estufa e causa graves danos ambientais e à saúde humana. É responsável pela maior parte da fumaça preta que as pessoas normalmente associam com o escape do diesel e é a fonte primária da poluição urbana (Sabertec, 2009). O Conselho Nacional de meio Ambiente – CONAMA, por meio da resolução 315/2002, recentemente tema de um Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, que estabelece a redução para o Brasil dos níveis dos teores de material particulado, em especial o Enxofre.

Os Hidrocarbonetos são compostos químicos constituídos apenas por átomos de Carbono (C) e de Hidrogênio (H), aos quais se podem juntar átomos de Oxigênio (O), Nitrogênio (N) e Enxofre (S) dando origem a diferentes compostos de outros grupos funcionais. A emissão de hidrocarbonetos é frequentemente um resultado de má combustão do combustível e óleos lubrificante de motor. Na atmosfera, hidrocarbonetos sofrem reações fotoquímicas com NO_x levando à formação de poluição e ozônio ao nível do solo, o ozônio troposférico. O NO_x é um precursor altamente ativo de ozônio e responde por um grande componente de poluição visível. Além do material particulado, NO_x também é uma das mais poluentes emissões de diesel. O CO é um gás de efeito estufa altamente tóxico que é prejudicial à saúde humana, além de também ser um dos que mais contribuem para o aquecimento global.

Existem outros sub-produtos, não regulamentados pelo CONAMA, da Combustão do Diesel, nos qual se incluem os Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, Aldeídos, Dióxido de enxofre, Óxido nitroso. Os Hidrocarbonetos totais, que são controlados, apresentam ainda uma diversidade de compostos tóxicos que não são controlados individualmente. Dos 21 compostos hidrocarbônicos tóxicos, que provocam câncer e outros sérios efeitos à saúde, identificados como gases tóxicos de veículos de transporte (*mobile source air toxics*), sete são metais. Como o óleo vegetal é livre de metais, o mesmo apresentará redução de emissões destes compostos em relação ao diesel mineral e a seus aditivos que contenham metais (EPA, 2008b).

Mas, é recorrente ao se debater a combustão do óleo vegetal em motores diesel que se levante a questão da emissão de outros gases tóxicos como a Acroleína nos gases residuais do motor. A Acroleína em concentrações acima de 2 PPM (partes por milhão) é um irritante pulmonar severo e um agente lacrimogêneo, mas não existem estudos que indiquem que a Acroleína possa causar efeitos carcinogênicos para o ser humano. Apesar de um único estudo ter verificado em laboratório, que a ingestão de Acroleína diluída em líquidos mostrou aumento de tumores cancerígenos em ratos, a mesma pesquisa também mostrou que não ocorreram danos carcinogênicos por inalação (EPA, 2008a). Deve-se observar que a Acroleína está presente na fumaça dos cigarros e que também pode ser formada na cozinha de residências, restaurantes etc, e que um motor à combustão utilizando como combustível gasolina, óleo diesel ou Biodiesel, também apresenta Acroleína nas suas emissões. Se utilizam-se filtros e catalizadores para evitar estas emissões para mantê-las em níveis regulamentados na combustão do óleo diesel, também devem ser utilizados para um motor que vá utilizar de forma direta o óleo vegetal como combustível.

Um estudo do Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR em conjunto com o laboratório de emissões da Volkswagen do Brasil que analisou as emissões do modelo Golf

a diesel, que é fabricado no Brasil voltado para a exportação, mostra a Acroleína (tabela 4) como parte dos aldeídos emitidos por motores a combustão, assim como o Formol e a Acetona.

Tabela 4 - Emissões no Golf a diesel - Laboratório de Emissões da VW do Brasil (TECPAR, 2007).

	CICLO – US75					Proced. EPA	Total de Aldeídos				Marcha Lenta 900 rpm
	NM HC [g/mi]	HC [g/mi]	CO [g/mi]	NOx [g/mi]	CO2 [g/mi]	Mat. Part. [g/mi]	Form. [g/mi]	Acet. [g/mi]	Acrol. [g/mi]	Total [g/mi]	% CO após CAT.
Diesel (CFR)	0,081 (0,007)	0,089 (0,007)	0,321 (0,018)	0,695 (0,019)	284 1,722	0,057 (0,008)	0,0070 (0,0018)	0,0038 (0,0003)	0,0016 0,0002	0,0124 (0,002)	0,0
Biod. B-20	0,078 (0,010)	0,087 (0,010)	0,268 (0,010)	0,708 (0,007)	282 (1,00)	0,057 (0,008)	0,0061 (0,0004)	0,0034 (0,0003)	0,0012 (0,0002)	0,0107 (0,0007)	0,0
Limites	0,25	-----	3,40	1,000	-----	0,080	-----	-----	-----	-----	0,5

Neste estudo, o TECPAR observou que os níveis de Acroleína na queima direta de B20 em motores de combustão são equivalentes aos níveis apresentados pela queima do diesel mineral e, portanto, estão dentro dos níveis de segurança de emissões veiculares.

2.6 OUTROS MOTORES EM DESENVOLVIMENTO

Apesar do conceito do motor diesel ser muito simples e ter uma eficiência maior que o motor a gasolina ou a vapor, outros motores em desenvolvimento podem vir a atingir níveis de eficiências maiores. Além do motor semiadiabático da Elsbett, pode-se citar outros conceitos de motores como alguns modelos de gerotores²¹ que também possuem a característica de trabalhar com multicomcombustíveis, como a quasiturbina²², que com algum desenvolvimento tecnológico podem se mostrar uma alternativa ao motor de quatro tempos de ciclo diesel²³.

Com estes exemplos acima pretende-se indicar que a Pesquisa e o Desenvolvimento de novos motores não devem se restringir à busca de **inovações incrementais** das tecnologias já utilizadas pelos atuais fabricantes de motores a combustão, pois com isso acaba-se protelando o desenvolvimento de **inovações radicais**, para o uso nos transportes e na geração de energia, que possuem elevado potencial de trazer mais e melhores ganhos de eficiência, ambientais e econômicos para todos os usuários.

²¹ Um gerotor é uma bomba de deslocamento volumétrico que pode substituir o movimento de compressão e expansão do pistão do motor alternativo em movimento circular <<http://en.wikipedia.org/wiki/Gerotor>>.

²² Site oficial da empresa Quasiturbine <<http://quasiturbine.promci.qc.ca/EIndex.htm>>.

²³ Além do conceito de combustíveis líquidos, é possível afirmar que o conceito de inovação para o transporte sustentável também apresenta tecnologias disruptivas que sequer utilizam combustíveis líquidos, como o carro elétrico, que apresenta dezenas de novos fabricantes no mundo desenvolvendo tecnologias voltadas para lançamentos já nos próximos anos. Também não se podem descartar outros avanços no uso do hidrogênio como combustível e em combustíveis alternativos como o ar comprimido, que substitui com vantagens a posição de combustível totalmente limpo a que o hidrogênio se propõe, pois se o hidrogênio ainda possui enormes problemas tecnológicos e de logística para viabilizar-se economicamente, os primeiros carros comerciais com tecnologia de ar comprimido estão planejados para serem lançados no mercado até 2010 <<http://www.mdi.lu>>.

3 O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E SEUS CENÁRIOS

Este capítulo introduz um conceito de planejamento e de avaliação de políticas públicas, comenta o planejamento energético para o Brasil e analisa a Matriz Energética Nacional, bem como os diferentes contextos de inserção de tecnologias no mercado sob o viés do uso de fontes alternativas renováveis como inovação tecnológica.

3.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Todas as decisões tomadas no presente, no âmbito das grandes políticas públicas, têm efeitos sobre o futuro que não são facilmente dimensionáveis, pois dependem da evolução de processos que ainda não são conhecidos ou não são controláveis. Mas pode-se ter critérios para tomar as decisões de hoje, baseados na criação e na análise de cenários²⁴ que presumam as projeções do futuro possível, efetuando prospecções que antecipem qual a eficácia das decisões de hoje.

Assim, planejamento é um conjunto de princípios teóricos e procedimentos metodológicos que podem ser aplicados a qualquer tipo de organização. Num planejamento estratégico de governo, no qual se abrange o setor energético do país, pode-se, por exemplo, dimensionar etapas correspondentes à identificação, seleção e priorização dos problemas, onde se descreve e se explica o problema para então se definir uma situação objetivo. A partir deste ponto busca-se identificar as operações necessárias ao enfrentamento do problema, realizando-se uma análise de viabilidade do objetivo pretendido a partir do diagnóstico realizado, e, por fim, implanta-se então o planejamento estudado. Neste sentido, a análise de cenários e o planejamento de ações são complementares. (Matus, 1997).

Para identificar e analisar uma situação objetivo deve-se estudar os indivíduos envolvidos (atores), em suas percepções e seus pontos de vista, pressupondo, portanto, que se cada indivíduo tem suas próprias características, sua interpretação de determinada situação vai depender de seus conhecimentos, experiências, crenças, posição no jogo social etc. Como as ações, por sua vez, surgem do significado dado a cada situação, e este varia de um indivíduo para outro, também a maneira de agir varia. Assim, não se poderia planejar como se o planejador fosse o único ator, ignorando os demais envolvidos ou predizendo seus comportamentos. É necessário, portanto, diferenciar as explicações dos diferentes atores, sem ignorar ninguém, para que se possa agir de modo eficaz. (Matus, 1997).

Na elaboração de planos-proposta a partir de problemas, busca-se a análise dos

²⁴ Cenários são descrições de situações futuras alternativas e dos eventos que levam à evolução da situação de origem à situação futura. Ou ainda, são imagens coerentes de futuros possíveis ou prováveis. Portanto, quando se faz algum prognóstico de futuro, deve-se ter em mente que os mesmos não são predições ou teorias. Eles são hipóteses, que podem ou não serem confirmadas. (Costa, H.A., 2007).

dados, relacionando-os entre o passado, o presente e o futuro nas situações observadas, com vistas a encontrar mediações entre o conhecimento e a ação planejada. Assim, é possível encontrar a necessidade de prever possibilidades, mesmo quando a predição é impossível, e isso implica que uma atividade de planejamento deve incluir a capacidade para lidar com surpresas, ou com mudanças de comportamento ou, ainda, com mudanças de fundamentação técnico-científica.

A história tem mostrado que o futuro não é mera consequência do passado, pois a sociedade envolve inúmeros atores criativos que estão continuamente planejando, o que torna o futuro incerto e assim não é possível predizê-lo. Torna-se então necessário um processo de elaboração de estratégias e desenho de operações para cenários alternativos, que muitas vezes, não são nem cenários imagináveis, pois os problemas sociais são problemas “mal-estruturados”, no sentido de que, não são dominados, controlados e, talvez, sequer se conheçam o conjunto de variáveis que podem influenciar o pensamento estratégico de todos os demais agentes sociais envolvidos. Assim, nunca há como determinar com exatidão as possibilidades de eficácia de um determinado plano como um todo, ou os resultados esperados em cada ação (Matus, 1997).

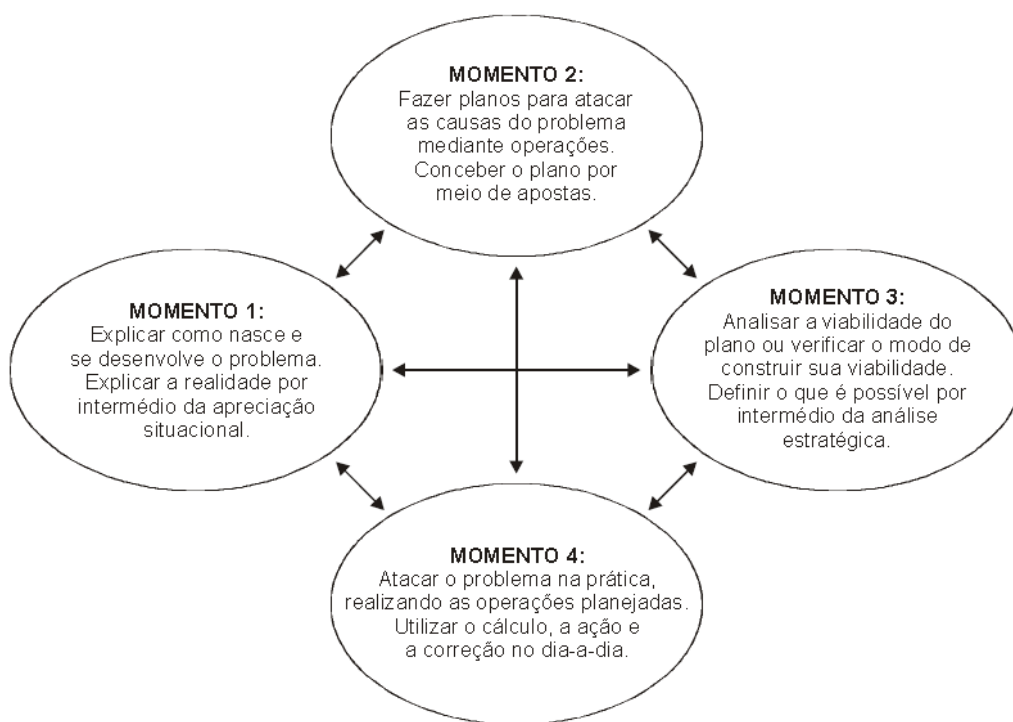


Figura 22 – Momentos do Planejamento Estratégico Situacional (Matus, 1997).

Isto quer dizer que nunca vai existir uma única técnica adequada de planejamento, ou de condicionantes para a construção de cenários, mas que é possível utilizar uma metodologia que possa ser adaptada às demandas do dia-a-dia. Matus (1997) define então o conceito de “momento” como um passo dentro de uma cadeia de acontecimentos, em que

todos os momentos fazem parte de um ciclo contínuo de desdobramentos em qualquer ordem, e que cada momento sempre engloba e compreende os outros momentos (figura 28). Neste conceito, a conjuntura do planejamento é o jogo imediato dos atores sociais e seu contexto é um permanente processo entre conflito, negociação e consenso. Na implantação das ações planejadas vão se acumulando, ou não, recursos de poder que são relacionados ao balanço político global das ações de governo.

No entanto, além dos conceitos teóricos da montagem do planejamento estratégico de governo, mesmo ao se observar o planejamento estratégico de Estado, no qual existe um conceito de bem comum de um país como o objetivo a ser alcançado, deve-se observar que os atores econômicos mais fortes da sociedade detêm uma maior capacidade de influenciar a própria organização do planejamento estratégico do Estado, que acaba deixando de ser unicamente um instrumento de objetivos do país e passa a atender de forma diferenciada as fortes demandas específicas destes atores. Ao analisar os instrumentos de planejamento governamentais que foram adotados em massa pelos países de desenvolvimento periférico na década de 1970, inclusive no Brasil, Milton Santos observou:

A serviço do planejamento a economia perdeu seu status científico e se tornou simples ideologia, cujo fito é persuadir Estados e povos das vantagens daquilo que passou a ser chamado desenvolvimento: a venda da ideologia do crescimento aos Estados, a imposição de uma ideologia de sociedade de consumo às populações. (Santos, 2007. p.15).

Milton Santos observou que, no universo do planejamento existem conceitos ideológicos que podem ser escondidos como premissas econômicas, e que por meio do planejamento estratégico de governo tais premissas passam a representar um objetivo central da sociedade, mesmo que sejam apenas um interesse específico dos agentes sociais dominantes que detêm maior influência no processo do planejamento. Neste sentido, ao invés de beneficiar estes interesses com apoio direto às empresas ou a grupos empresariais, o planejamento passou a apoiar o modelo de consumo de produtos, como explica Milton Santos:

Modelos de consumo, muito mais rapidamente difundíveis, também contribuem efetivamente para a penetração do capital e trazem os mesmos resultados, porque carregam em seu bojo os novos modelos de produção. (Santos, 2007. p.16).

Assim, a escolha de determinadas tecnologias, dentro de um planejamento estratégico energético, podem ser instrumentos de indução de apoio às empresas que desenvolvem e detêm estas tecnologias, incorporando, desde o planejamento estratégico, as barreiras de entrada e saída²⁵ que estas escolhas tecnológicas induzem na economia. Tais escolhas

²⁵ Barreiras são os fatores que tornam mais difícil a uma organização atuar num determinado segmento ou mercado, podem ser financeiras, técnicas ou legais. Se impedem novas empresas a entrar em um mercado já

acabam restringindo a inserção de inovações que estejam em desacordo com as empresas já estabelecidas no mercado, seja por falta de regulamentação das novas tecnologias, por baixo apoio à pesquisa e desenvolvimento do setor ou por não incentivar a confiança dos possíveis investidores/consumidores ao omitir informações sobre novos concorrentes ao mercado já existente. A não utilização comercial dos exemplos descritos no capítulo anterior retratam estas “falhas” dos planejadores do setor de geração de energia.

3.2 INOVAÇÕES EM PROGRAMAS DE GOVERNO

Para se efetuar uma avaliação e acompanhamento de um Programa de Governo, como parte de realimentação da gestão estratégica do planejamento, faz-se necessário utilizar indicadores adequados. É importante ter em mente que a interpretação das informações coletadas pode ter sentidos diferentes, caso sejam analisadas por economistas de linhas de pensamento diferentes, como a estrutura neoclássica ou os schumpeterianos (evolucionários).

Assim, para a obtenção de interpretações mais adequadas que expliquem o relacionamento entre o progresso técnico e o progresso econômico, é importante utilizar indicadores na rota socio-econômica e tecnológica a ser adotada, para que, no acompanhamento de políticas públicas no Brasil, possa ser definido o que restringe os potenciais e capacidades de desenvolvimento do país, com o objetivo de melhorar a eficácia de políticas e estratégias dirigidas para a superação das carências e limitações nos sistemas analisados (Viotti, 2004). Mais especificamente em relação aos indicadores, merece destaque o seu papel em todas as fases do planejamento, como se pode observar na seguinte afirmação de Tirso Sanchez:

Os indicadores permitem elaborar, e avaliar ex ante, políticas, planos, programas, projetos ou atividades, assim como acompanhar e avaliar seu desempenho e seus resultados, efeitos e impactos. Como elementos de estratégias, permitem visualizar as condições específicas de determinados fatores e condições essenciais, possibilitando uma atuação melhor orientada, conforme necessidades particulares. (Sanchez, 2007).

Eduardo Viotti também menciona que quando da introdução de uma inovação no mercado, faz-se necessária a utilização de ‘indicadores dedicados’ para medir e/ou orientar a capacidade de absorção tecnológica envolvida no Projeto. Afirma o autor:

[...] seria apropriado que economias de industrialização retardatária, como a brasileira, buscassem desenvolver, de maneira mais sistemática, estudos sobre processos de difusão/absorção de determinadas tecnologias consideradas chave para sua competitividade. (Viotti, 2004. p. 28).

Viotti observa que estes estudos, sugeridos como indicações coerentes da situação do Brasil, deveriam ao menos ter como objetivos a capacidade de:

existente, são barreiras de entrada, se impedem empresas já existentes a trocar de mercado ou mesmo de encerrar suas atividades sem ir à falência, são barreiras de saída.

[...] avaliar, por exemplo, a necessidade, adequação ou eficácia de iniciativas de treinamento de recursos humanos; assistência técnica; programas de extensão e transferência, adaptação ou aperfeiçoamento de tecnologias; programas de demonstração e ou difusão de informações; constituição de empresas ou instituições de intermediação ou prestação de serviços tecnológicos; estímulos a investimentos em tecnologia e equipamentos; constituição de redes ou associações de empresas e destas com instituições de pesquisa. (Viotti, 2004. p. 31).

De acordo com Staub (2001) o sistema brasileiro de ciência e tecnologia possui falhas estruturais como a instabilidade dos recursos financeiros aplicados pelo Governo Federal na área de C&T; a baixa participação do setor privado nos investimentos nacionais em P&D (aproximadamente 1/3 dos investimentos); poucos incentivos fiscais e estrutura de financiamento inadequada; e a infra-estrutura científica e tecnológica pouco desenvolvida.

Historicamente o Brasil investe em Formação de Recursos Humanos - RH e Pesquisas Básicas, mas ao se fazer a comparação entre os indicadores de investimento em P&D e o PIB de um país, o que se compara na verdade, quais são as estratégias de implantação de Políticas Públicas e suas relações com o mercado. Deste modo, dificilmente vai se encontrar situações históricas entre diferentes países que sejam semelhantes, para que se possam fazer paralelos entre o desenvolvimento de suas economias, sob o risco de mascarar fatores que historicamente apoiaram os países ricos centrais na época em que eles estavam se desenvolvendo. O fato de que as empresas brasileiras investem menos que o Governo, fala mais alto numa comparação entre investimentos em P&D, mas outros fatos que podem explicar a relação atual do Brasil com o desenvolvimento de novas tecnologias também devem ser analisados, como por exemplo, as condições macroeconômicas no Brasil para o investimento em infra-estrutura, bens de capital e em tecnologia nos últimos 20 anos (Vermulm, 2006) e que nos anos 1990 as políticas de incentivo à Política Tecnológica foram deixando de ser políticas verticais (como as da década de 1970), que apoiavam setores industriais específicos e grandes projetos tecnológicos setoriais, e passaram a ser políticas horizontais, que deram prioridade à interação entre pesquisa acadêmica e empresarial sem definir nenhum setor específico para ênfase (idem), observando inclusive, que isso aconteceu por fortes pressões internacionais, para que o Brasil não aplicasse políticas industriais dedicadas a determinados setores. Ao analisar, por exemplo, o contexto dos EUA para políticas de inovação, este autor cita:

No caso dos EUA, a forte base acadêmica, a existência de agências governamentais que operam orçamentos relevantes e que têm ampla atuação no fomento ao desenvolvimento tecnológico das empresas, um sistema empresarial que é predominante no financiamento e execução das atividades de P&D e que é apoiado por ativa e sofisticada indústria de capital de risco, são atributos que conferem ao sistema de inovação americano uma posição singular no cenário internacional. (Vermulm, 2006. p. 22).

Além disto, nesta análise que é coerente com os defeitos apontados por Staub (2001),

podemos ainda observar a influência da capacidade de compra do Governo dos EUA e da manutenção naquele país de uma política de incentivo à guerra que estimula as empresas privadas a desenvolverem seus produtos em pesquisas militares, o que diminui os custos de desenvolvimento para estas empresas, repassando-os os custos de P&D para o orçamento militar do Governo Estadunidense e, que tal fato aumenta o crescente déficit público nos EUA, mas permite investir intensamente em obras de infra-estrutura para criação de mercado interno, com o objetivo de criar empregos e consolidar empresas nacionais.

Além do posicionamento estratégico do Governo, ao estudar os mecanismos que induzem o processo de inovação, é possível observar que temos duas formas básicas de políticas de transferência de tecnologia, por impulsão científica (*science-push*) ou pela demanda do mercado (*market-pull*). Na impulsão científica, a origem do processo de inovação está na disponibilidade de novos conhecimentos técnico-científicos resultantes das atividades de pesquisa, delineando um modelo linear que leva a explicar as inovações por meio da seguinte sequência: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e inovação tecnológica, enquanto no processo de demanda de mercado a necessidade de novos produtos e processos seriam os motivadores das inovações tecnológicas (Guimarães, 1997). O próprio autor é crítico de tal modelo, por considerá-lo simples demais para explicar, adequadamente, os diversos aspectos inerentes ao processo de investimento e geração de inovações tecnológicas. Neste sentido parece mais adequado considerar a existência de um modelo sistêmico, com a indicação de inúmeros atores e suas interrelações em um Sistema Nacional de Inovação Tecnológica.

O modelo linear de investimento em P&D tecnológico, só funciona quando já existem empresas consolidadas, com disponibilidade de infra-estrutura e que são líderes em suas áreas, assim, quando os países periféricos incentivam a pesquisa básica e políticas horizontais de investimento, não contribuem para a formação de uma nova estrutura industrial, só contribuem para que estas pesquisas sejam absorvidas pelas empresas que já possuem acesso a infra-estrutura, mão-de-obra especializada e disponibilidade de tecnologias capazes de utilizar estes novos insumos, ou seja, as empresas líderes dos países ricos centrais. Este parece ser um paradoxo ainda não resolvido nos países periféricos não desenvolvidos e mesmo em boa parte dos países periféricos emergentes.

Deste modo, para os países periféricos, uma melhor estratégia do que apoiar tecnologias tradicionais é investir em soluções não tradicionais, pois estas abrem possibilidades de pular etapas de desenvolvimento. Novas tecnologias abrem janelas de oportunidade para criar novos mercados, diminuindo ou até tornando insignificantes as barreiras de entrada, possibilitando que empresas nascentes tenham menores riscos e evitem o confronto direto com as tradicionais empresas líderes do mercado mundial.

3.3 FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

O setor de planejamento das empresas energéticas e dos órgãos governamentais, no Brasil e no mundo, vem promovendo, nas últimas décadas, estudos de cenários da evolução da demanda e da oferta de energia. Tomalsquim explica a importância dessa atividade:

Esta atividade ganhou relevância com as transformações por que vem passando o setor energético brasileiro. Em um ambiente cada vez mais competitivo onde cada agente procura realizar de forma isolada e setorial suas próprias projeções, torna-se fundamental para o funcionamento destes próprios agentes, do Governo e dos órgãos reguladores a existência de estudos que procurem trabalhar as diferentes formas de energia de forma integrada. (Tomalsquim, 2000).

Observa-se que o modelo de desenvolvimento, que se pretende ser adotado, vai interferir na previsão de demanda de energia, caso sejam consideradas expectativas de consumo diferentes, assim como formas diferentes de geração e distribuição da energia. Cabe então a este modelo de previsão, considerar as variáveis de cenários que tornariam o Governo capaz de simular diferentes evoluções para cenários macroeconômicos estabelecidos a fim de propor as melhores condições de implantação de políticas para o desenvolvimento dentro de preceitos que considerem a sustentabilidade em todas as suas dimensões. Assim, também se devem questionar hipóteses sobre a evolução das tecnologias escolhidas no tempo, a capacidade técnica de inovar do país, e sobre as escolhas normativas que permitirão seguir o modo de desenvolvimento pretendido. Tomalsquim ajuda explicar o modelo:

Está claro que os resultados de demanda final de energia e de oferta estão discriminados por fontes, o que permite ao modelo caracterizar os modos de consumo dos setores de produção e também o capacita a projetar a energia ofertada, segundo as fontes energéticas e as alternativas tecnológicas. (Tomalsquim, 2000).

A Matriz Energética Nacional, consolidada no Balanço Energético Nacional – BEN 2008 (MME, 2008a), tradicionalmente apresenta uma participação considerável de fontes renováveis, que representam 45,9% do total da oferta interna de energia, enquanto no resto do mundo esse percentual é em média de 12,9% e nos países ricos centrais, representados pela OCDE, é de apenas 6,7% (valores de 2006). Nessa participação, destacam-se as fontes hidráulicas, com 14,89%, a biomassa da cana-de-açúcar, com 15,88%, lenha e carvão vegetal com 11,99% e outras renováveis com 3,14% (figura 29).

Apesar de reconhecer a hidroeletricidade como fonte prioritária para a expansão da oferta de energia elétrica (em conjunto com a gestão integrada do estoque de água), dentro destes cenários ainda existe um domínio das fontes de energia fóssil e suas tecnologias associadas com o petróleo, refino de petróleo, gás natural e nas alternativas térmicas fósseis para a geração, inserindo-se também neste perfil a geração nuclear.

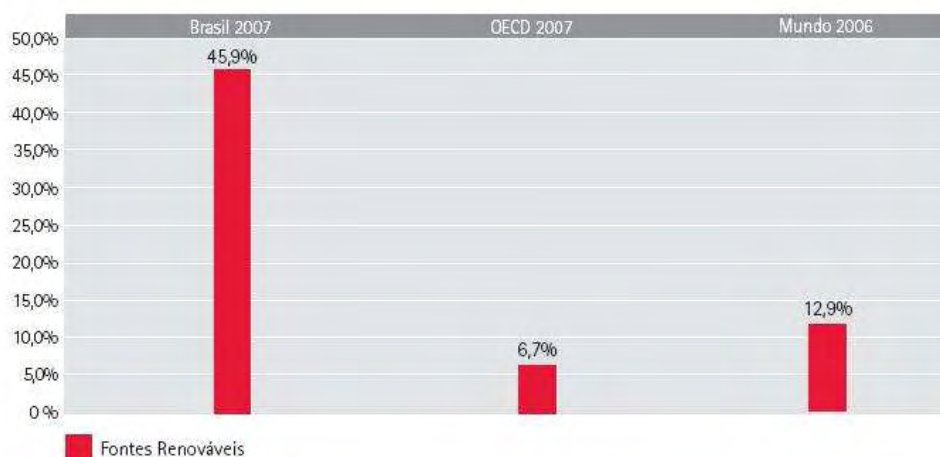
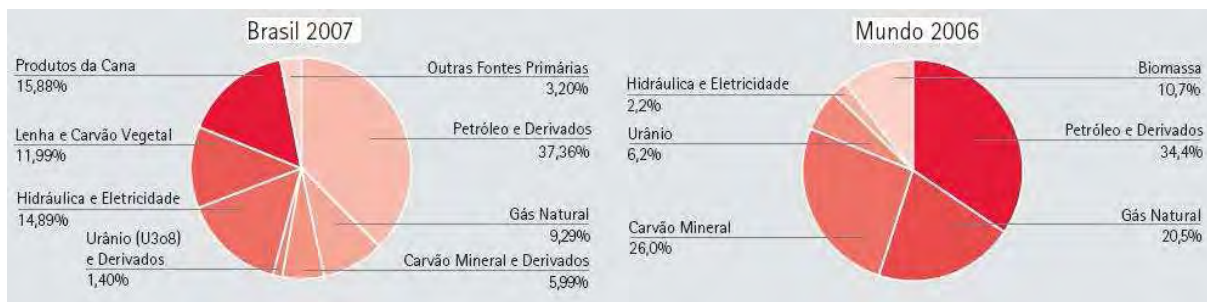


Figura 23 – Estrutura de Participação das Fontes Renováveis e Não-renováveis, no Brasil, na OCDE e no Mundo. (MME, 2008a).

Quando se analisa somente a matriz de energia elétrica, esse quadro é mais representativo e mostra o predomínio de fontes renováveis na obtenção de energia elétrica. Nesse particular, as grandes hidroelétricas abrangem 72,6% da geração como decorrência da exploração da extensa malha fluvial brasileira. Somadas às Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, a importação de eletricidade da parte paraguaia de Itaipu e as térmicas a biomassa, o percentual de fontes renováveis de eletricidade situa-se em torno de 80% no total de fontes de geração (figura 30).

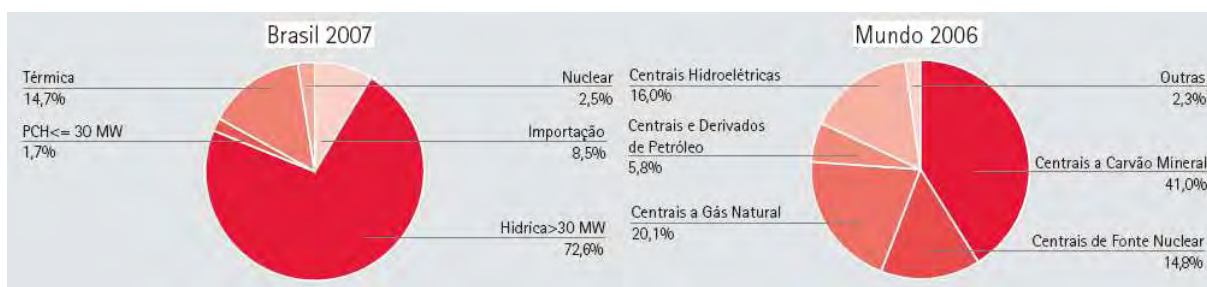


Figura 24 – Distribuição por fonte da Oferta de energia elétrica do Brasil e do Mundo. (MME, 2008a).

No planejamento da expansão da geração, que consta no Plano Nacional de Energia – PNE 2030 (MME, 2007b), o consumo de energia elétrica no país vai dobrar em 20 anos e o potencial hidráulico para a instalação de grandes hidrelétricas está chegando ao seu limite. Assim, para que a segurança energética possa atender às necessidades futuras de uma sociedade baseada no desenvolvimento sustentável, dever-se-ia dar uma importância cada

vez maior às fontes alternativas de energia renovável no planejamento de médio e longo prazo do país, como fontes complementares ao “período molhado”²⁶ das hidrelétricas.

O Brasil é o 10º produtor mundial de eletricidade, mas o planejamento energético tende a considerar que as fontes alternativas renováveis seriam apenas complementos às fontes básicas de geração baseada em grandes hidroelétricas e às termelétricas de combustíveis fósseis, mas não seriam fontes geradoras que pudessem garantir o fornecimento de energia elétrica em grande escala (figura 25).

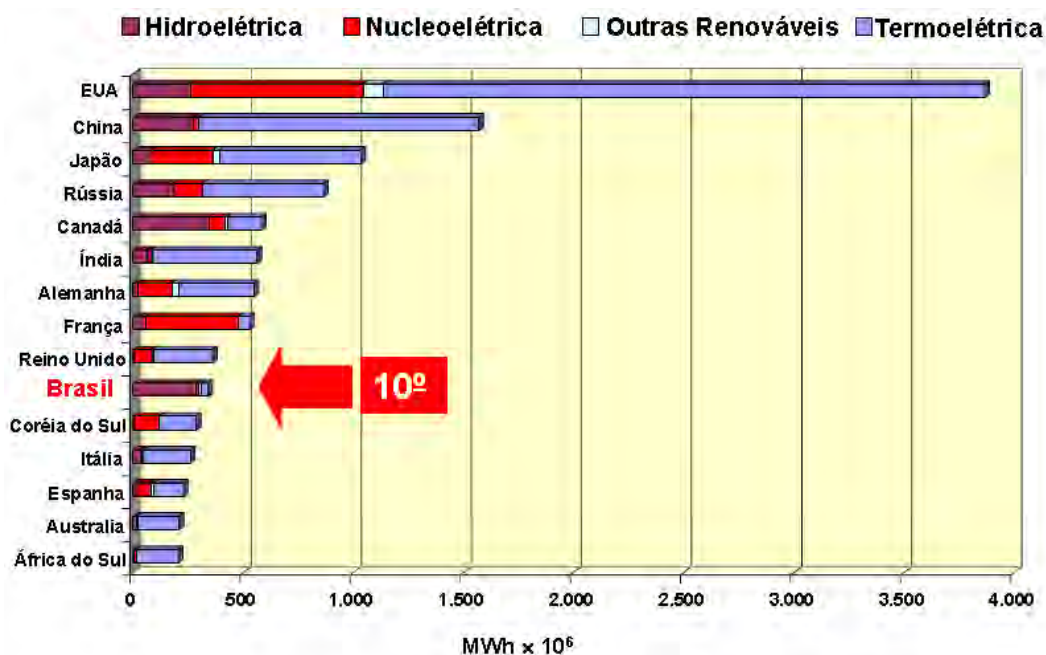


Figura 25 – Maiores países produtores de energia elétrica e sua composição por fontes, (MME, 2007).

Isto evita que fontes alternativas renováveis sejam consideradas tecnologias maduras o suficiente para se impor economicamente ao mercado de energia. Assim, a relação atual de poderes existentes acaba sendo sempre mantida no planejamento da matriz energética. Como o petróleo é a base de sustentação da matriz hoje, a tendência, não necessariamente justificável, é de mantê-lo no futuro com o mesmo papel.

Como exemplo, pode-se citar os fundos setoriais do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT, geridos pelo MCT. Providos pelas empresas dos setores correlatas a cada fundo setorial, tais fundos trabalham com valores desiguais de fomento, pois as áreas de tecnologias fósseis tradicionais faturam muito mais que as outras áreas de energia e por isso tem melhores parcelas de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento de novas tecnologias (MCT, 2009), este comportamento provoca um ciclo vicioso que induz a manutenção do mesmo padrão energético atual.

²⁶ O Brasil possui um regime hidrológico com um “período molhado”, que vai de dezembro a março, onde os reservatórios enchem e um “período seco”, que vai de abril a novembro onde os reservatórios se esvaziam.

Enquanto isso, a indústria de energias alternativas renováveis, que ainda não tem grandes contribuições financeiras, não consegue melhores condições para investir mais em P&D, o que lhe é imprescindível para aumentar sua fatia de mercado. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologia para as fontes de energia alternativa renovável continuará a depender de políticas de fomento não reembolsáveis apoiadas pelo Governo.

3.4 CENÁRIOS NO PNE 2030

Os países industrializados utilizam o carvão mineral, o petróleo e a energia nuclear, como base energética de suas sociedades (figura 31). O Brasil possui a vantagem competitiva de utilizar uma fonte de energia renovável como a energia hidrelétrica em aproximadamente 80% de sua geração elétrica. O planejamento energético do Brasil tende a considerar que as fontes alternativas renováveis, por não terem o porte das grandes hidrelétricas, não possuem escalas de implantação que lhes permitam uma maior participação na Matriz Energética Nacional com economicidade e assim seriam sempre complementos às fontes básicas de geração. Neste cenário essas fontes alternativas renováveis não seriam ainda fontes geradoras que pudessem garantir um fornecimento fixo de energia elétrica por apresentarem variações sazonais e muita imprevisibilidade. No entanto, de acordo com as teorias econômicas estudadas pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe - CEPAL, do Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, o surgimento de nações centrais e periféricas deu-se em consequência de diferentes processos de apropriação dos ganhos de produtividade, resultantes do progresso técnico²⁷. Considera-se que nos países centrais o progresso técnico é distribuído de forma relativamente homogênea, enquanto nos países periféricos a especialização como países fornecedores de alimentos e matérias-primas fez com que só os setores exportadores sejam sistemas produtivos eficientes (Viotti, 1997).

O grande faturamento de dividendos gerado pelo petróleo, pelo gás natural e pela hidroeletricidade de grandes usinas centralizadas, atua como elemento restritivo ao uso da geração distribuída, que é o modelo mais factível de implantação das fontes alternativas renováveis (AGRENER. 2000-2006). O modelo de geração distribuída não é comparado com o modelo de geração centralizada por meio de seu potencial de geração de empregos, pelo uso eficiente dos recursos naturais ou por suas condições de sustentabilidade, mas sim pela comparação entre o faturamento dos dividendos gerados pelas grandes e pelas pequenas usinas.

O Plano Decenal de Energia Elétrica – PDE 2008-2017 (MME. 2009) indica quais os caminhos a serem adotados no país para o fornecimento de eletricidade nos próximos dez

²⁷ O progresso técnico é entendido como um dos instrumentos privilegiados na concorrência do mercado, razão pela qual a sua geração e incorporação no sistema produtivo é inerente à lógica maior de reprodução (Nunes, 1994).

anos e observa-se, no plano atual, que as fontes alternativas renováveis de energia não são consideradas como grandes promessas, apesar de seus elevados potenciais (Tabela 5).

Tabela 5 - Previsão de crescimento das fontes na Matriz Elétrica Nacional do PDE 2008-2017 (MME, 2008).

Fonte	2008	2017
Hidráulica	85,9	75,9
Gás	6,8	7,9
Nuclear	2,0	2,2
Carvão	1,4	2,1
Óleo diesel	1,1	1,0
Biomassa	1,0	2,7
Óleo Combustível	0,9	5,7
Eólica	0,3	0,9
Outros	0,6	1,6

A energia eólica, por exemplo, possui um potencial no Brasil estimado em 143.000 MW (MME, 2008b), além de estar participando do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, com a instalação de 1.400 MW até junho de 2009 (MME, 2008), e ter aproximadamente mais 4.000 MW outorgados pela ANEEL para instalação imediata, caso fosse economicamente viável para os empreendedores que solicitaram o cadastramento de seus projetos na ANEEL. No entanto, o PDE 2008-2017 ignora este potencial por considerar tais fontes como sendo “não-competitivas”:

Neste item (**fontes de geração**), são apresentadas informações sobre a geração de energia elétrica a partir de hidrelétricas de médio e grande portes, do carvão mineral, da biomassa, do gás natural e de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Outras fontes não detalhadas neste item também poderão vir a participar da expansão do sistema, na medida em que se mostrem competitivas. (MME, 2006. p. 68, grifo nosso).

O PDE 2008-2017 mal projeta o uso da energia eólica além do já projetado pelo Proinfa, de 1.440 MW até 2009, ou seja, a utilização de 0,1% do potencial brasileiro.

Mesmo no caso das fontes consideradas “já competitivas”, como no caso das PCHs, observam-se considerações pessimistas em relação ao seu potencial de aproveitamento, por se mostrar um planejamento excessivamente conservador:

Para todo o Brasil, tem-se identificado um potencial da ordem de 14.865 MW em 2.989 aproveitamentos. No entanto, estima-se que o potencial nacional seja bem superior a este, pelo simples fato de não se ter investido em estudos de identificação de PCHs.

Adicionalmente, a Lei nº 10.438/2002 que cria o PRO INFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas), instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional, estabeleceu metas de crescimento da participação destas fontes na matriz energética nacional.

Com base nestas informações, para fins deste Plano Decenal, considerou-se, conservadoramente, que a energia agregada ao sistema interligado seria estimada respeitando o valor máximo de acréscimo de potência instalada de 700 MW em todo o Brasil até o final do horizonte, além da expansão prevista no PROINFA. (MME, 2006, p. 74).

Como a previsão de instalação de PCHs por meio do Proinfa é de 1.191 MW, e o potencial projetado até 2015 é de 1.891 MW, só se acrescenta uma projeção de 700 MW além do já previsto, enquanto na ANEEL o atual inventário desta fonte, é de 14.865 MW.

Se o país pretende manter suas altas taxas de participação de energias renováveis neste processo de expansão do seu parque gerador de energia elétrica, faz-se necessário apoiar e incentivar de forma consistente todas as fontes alternativas renováveis de energia (Anexo 1), que possuem um grande potencial inexplorado de geração, pois:

Um importante vetor de apoio ao desenvolvimento sustentável é o estabelecimento de políticas públicas indutoras de comportamentos coerentes com o imperativo da qualidade ambiental. (Bursztyn, 2001. p. 74).

O planejamento de longo prazo do Plano Nacional de Energia – PNE 2030 (MME, 2007b), é um marco positivo no retorno do planejamento energético de longo prazo do país, pois retoma a função do governo de influenciar no planejamento do setor elétrico. No entanto, assim como no PDE 2008-2017, o PNE 2030 também menospreza o potencial da geração de fontes alternativas renováveis na matriz elétrica brasileira (tabela 6).

Tabela 6 – Premissas para expansão da oferta na rede - Alternativas de geração entre 2015-2030. (MME, 2007b).

Fontes	Norte	Nordeste	Sudeste(*)	Sul	TOTAL	%
Hidráulica (**)	44.000	1.100	10.000	6.200	61.300	58,0
PCH	1.000	500	4.000	1.500	7.000	6,6
Gás natural	1.000	6.000	7.000	2.000	16.000	15,2
Carvão nac				4.000	4.000	3,8
Carvão imp		2.000	2.000		4.000	3,8
Nuclear		2.000	2.000		4.000	3,8
Cana		950	3.300	500	4.750	4,5
Renováveis (T)		300	700	300	1.300	1,2
Eólica		2.200		1.100	3.300	3,1
TOTAL	46.000	15.050	29.000	15.600	105.650	100,0

(*) inclui Centro-Oeste

(**) inclui hidrelétricas binacionais

15,4%

O PNE 2030 ainda considera o aproveitamento de 50% do atual potencial estimado das PCHs, mas continua a menosprezar a energia eólica e sequer projeta outras fontes, como heliotérmica, geotérmica, o uso das energias dos oceanos ou pequenas centrais térmicas a biomassa, que incluiriam os usos energéticos dos óleos vegetais, que são tecnologias que possuem arcos de viabilidade dentro do prazo considerado até 2030.

Novamente se observa que quando se evita investir na multiplicação do uso de fontes alternativas renováveis, ao considerar que o parque industrial da área seria inexistente, ou que essas tecnologias ainda não seriam maduras o suficiente para se impor ao mercado de

energia, estabelece-se uma tendência de manter a mesma proporcionalidade das fontes existentes atualmente no planejamento da matriz energética de longo prazo. Sendo hoje o petróleo a base de sustentação da matriz energética e as grandes hidrelétricas a base da matriz elétrica, a tendência do planejamento vigente é de manter a mesma importância dessas fontes no futuro (ver figura 32). Se não existir uma política de apoio explicitada pelo planejamento energético no longo prazo, presume-se que não haverá interesse de apoiar o desenvolvimento de um parque industrial para fontes alternativas renováveis de energia.

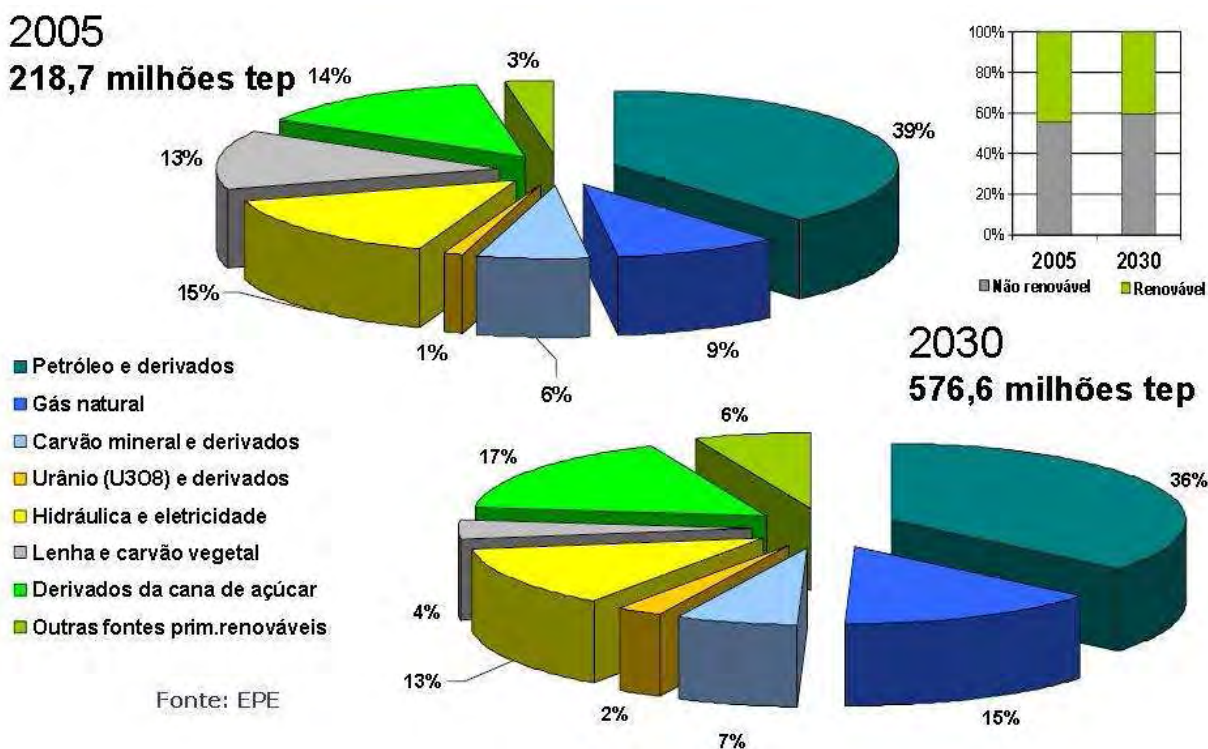


Figura 32 - Evolução da oferta interna de energia: Brasil 2005/2030. (MME, 2007b)

Falta, no planejamento energético brasileiro, uma visão comprometida com a sustentabilidade que direcione os cenários prospectivos de futuro da matriz energética brasileira, e não o contrário, uma indução da continuidade do sistema atual, baseada no fato de que ele atualmente é economicamente comprovado e não com base em critérios de sustentabilidade:

A não existência de um horizonte utópico socioambiental a embasar o planejamento energético faz com que prevaleçam os projetos pragmáticos de curto prazo. (Simioni, 2006. p. 270).

Schumpeter (1982) observa que o desenvolvimento não é uma adaptação da economia aos dados do mercado, quando o comportamento da economia é “arrastado” pelos acontecimentos, mesmo que haja crescimento da economia, ou das riquezas da população, pois isso não suscitaria nenhum fenômeno qualitativamente novo:

O desenvolvimento, no sentido em que tomamos, é um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que pode ser observado no fluxo circular ou na

tendência para o equilíbrio. É uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo, perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente. (Schumpeter, 1982. p. 47).

O maior obstáculo à difusão das tecnologias de fontes alternativas renováveis é o seu custo de instalação. Em compensação, na maioria dos casos elas também possuem custos de Operação e Manutenção bem mais baixos que seus equivalentes fósseis. Comparativamente, não seriam atrativas, mas estas comparações são feitas basicamente a partir de critérios econômicos e não levam em conta outras externalidades que contabilizariam custos e benefícios invisíveis aos contabilizados no modelo atual (Simioni, 2006). De acordo com Bursztyn (2001), seria necessário uma “ambientalização das decisões econômicas”, pois “em geral, o mercado não conduz à sustentabilidade. É necessária a intervenção reguladora do Estado”.

Por isso, um dos maiores problemas à difusão das fontes alternativas renováveis é a ausência de uma discussão socioambiental, pois hoje, a energia é entendida como commodity e não como bem público. Assim, as decisões e opções de usos tecnológicos, são orientadas em função da maximização dos ganhos econômicos, mais do que em função de uma realidade socioambiental, mesmo que isto resulte em políticas públicas insustentáveis, provocando efeitos não desejados, que produzem externalidades negativas com efeitos que acabam sendo considerados “necessários à manutenção do sistema energético” (Simioni, 2006). Deste modo, quando não se discutem modelos alternativos ao modelo atual, é como se não existissem outras formas de pensar ou discutir além do modelo escolhido. A este respeito Simioni observa que:

Isoladamente, as ERSs²⁸ podem não resultar ou delinear uma racionalidade socioambiental. Mas, em conjunto com uma ressignificação do conceito de necessidade (para que se gera tanta energia?) e de custos (incorporar o sentido de custos diversos e não apenas custos econômicos); em conjunto com processos de racionalização do uso e de conservação de energia; em conjunto com processos de democratização do setor e da incorporação de valores distintos daqueles dados pela lógica produtivista; em conjunto com uma orientação das pesquisas e dos processos de inovação tecnológica pautada em valores não condicionados pela lógica produtivista. Então, podemos de fato considerar que as ERSs podem contribuir ou representar uma mudança de rumo na política energética e, mesmo, da sociedade, em sentido amplo. (Simioni, 2006. p. 272).

Deve-se valorar as fontes alternativas renováveis de energia em relação ao seu potencial energético e às curvas de aprendizado tecnológico que podem diminuir seus custos. Pois, além de possuírem critérios mais sustentáveis que seus equivalentes fósseis, estas opções representam inovações tecnológicas que são fenômenos qualitativamente novos que injetariam vitalidade econômica nas cadeias produtivas da sociedade.

²⁸ Energia Renovável Sustentável – ERS.

3.5 INOVAÇÃO E ROTAS TECNOLÓGICAS

O uso de uma inovação não é necessariamente resultado de uma decisão baseada em fatores internos, mas de interações complexas entre ela, outros agentes econômicos e as instituições envolvidas. O foco da análise deve, portanto, sair do foco central de uso por uma empresa ou cliente e centrar-se nos arranjos e sistemas produtivos de usuários, para buscar uma abordagem sistêmica na utilização da Inovação Tecnológica.

Ao observar o processo de desenvolvimento das inovações como uma cadeia de desequilíbrios, procura-se visualizar as macrodecisões. No livro “Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico”, Celso Furtado verificou que, analisando as cadeias de reações provocadas por decisões autônomas é possível identificar fatores que aumentam ou reduzem sua capacidade de reação. Essas ‘reações em cadeia’, que são dependentes do nível de desenvolvimento das forças produtivas e da complexidade da estrutura produtiva, provocam efeitos de arrasto e propulsão que criam os impulsos transformadores do processo estrutural de desenvolvimento (Furtado, 1967). O autor elabora teoricamente as relações existentes entre Estruturas, Agentes e Decisões, situando aí a temática do desenvolvimento ao afirmar:

[...] o estudo do desenvolvimento tende a concentrar-se na caracterização das estruturas, na identificação dos agentes significativos e nas interações entre determinadas categorias de decisões e as estruturas. Estas condicionam o processo de irradiação e a eficácia no espaço e no tempo das decisões, como vimos ao analisar os efeitos de arrasto e propulsão, mas ao mesmo tempo são por elas determinados. (Furtado, 1967).

Observar a inserção de inovações tecnológicas, nos projetos de desenvolvimento energético com fontes alternativas renováveis, possibilita estudar como inserir novas fontes de energia renováveis na Matriz Energética Nacional, com o objetivo de alargar os horizontes de possibilidades de construção de um desenvolvimento incluyente e sustentável. Para isso, devem ser observados quais os papéis dos atores de hoje e em um futuro desejável de substituição do óleo diesel e do óleo combustível pelo óleo vegetal, tais atores também devem ser inseridos no novo contexto para que a estrutura de um sistema sustentável seja estabelecida com a presença de todos, mesmo que seus mercados atuais sejam transformados em outros mercados, mesmo que alguns atores busquem evitar a todo custo a concorrência por um produto substituto e busquem suprimir as possibilidades de criação do contexto. Neste ponto cabe considerar a reflexão de Paulo Roberto Martins:

Mesmo quando as externalidades negativas são muito evidentes, e mesmo que haja possibilidades de trajetórias tecnológicas alternativas no sentido de serem menos poluentes, estas são de difícil adoção, dada a **trajetória do desenvolvimento tecnológico dominante**, que na literatura especializada é referenciada como fenômeno de *lock-in*. (Martins, 2001. p. 107. Grifo nosso).

Neste caso, *lock-in* (rigidez estrutural) é um termo que define uma condição de custos

excessivos associados à mudança de sistemas tecnológicos, fato que impede uma organização, ou empresa, de promover mudanças nos sistemas existentes. Esta 'rigidez estrutural' tanto pode ser institucional como tecnológica e este conceito está intimamente ligado ao conceito de dependência da rota tecnológica utilizada (*path dependence*), baseado na idéia de que existem graus de dependência no desempenho econômico atual devido aos parâmetros iniciais escolhidos pelos agentes econômicos no passado. Pois, ao se investir numa estrutura de produção que necessita de vários anos para que seu financiamento seja pago a contento e mais alguns anos de produção estável para que seu retorno ocorra, neste meio tempo, qualquer mudança na estrutura econômica do mercado alvo é considerada um risco ao negócio, que não poderá ser desmontado ou transformado rapidamente em um novo processo ou novo produto que se apresente como mais satisfatório ao seu potencial mercado consumidor.

Observe-se que quanto mais atores estiverem envolvidos no uso de determinadas estruturas de produção, mais barreiras irão existir para que novos atores utilizem novas tecnologias que, ao implantar inovações radicais, representem mudanças estruturais no processo produtivo anterior. Conseqüentemente, para a manutenção dos modelos tecnológicos atuais, sempre haverá mais apoio institucional para a implantação de inovações incrementais que para inovações radicais.

A trajetória escolhida pelo mercado para a utilização de uma determinada rota tecnológica não está necessariamente ligada aos critérios de sustentabilidade do processo ou sistema utilizado, ou a tópicos como a eficiência energética do processo, ou ainda a análise do ciclo de vida²⁹ dos elementos do sistema, como afirmam Marcelo Arend e Silvio Cario:

[...] os processos de desenvolvimento econômico devem ser entendidos através de uma dinâmica evolucionária, histórica, econômica e institucional que tem identidades enraizadas em ambientes locais. [...] e em especificidades locais, onde valores, cultura, normas, regras, direitos, política (arcabouço institucionalista) somam-se a rotinas, busca, seleção, catching-up, trajetória e paradigmas tecnológicos (tratamento neo-chumpeteriano evolucionista) importando como instrumentos de análise. (Arend e Cario, 2004).

A escolha inicial sobre qual trajetória deve ser seguida deve evitar, de forma consciente, as armadilhas da rigidez estrutural, de forma a evitar que a "dinâmica evolucionária, histórica, econômica e institucional", citada por Arend e Cario, absorva de inúmeras formas possíveis o planejamento estratégico do projeto. Assim, pode-se observar que a escolha de critérios de sustentabilidade para um projeto de desenvolvimento

²⁹ Ferramenta de análise que permite a quantificação das emissões ambientais, ou análise do impacto ambiental, de um produto, sistema, ou processo. Essa análise é feita sobre toda a "vida" do produto ou processo, desde o seu início até quando o produto deixa de ter uso e é descartado como resíduo, passando por todas as etapas intermediárias de manufatura, transporte, uso etc.

tecnológico deve vir do âmago do seu planejamento estratégico, e não necessariamente de alguma vantagem a ser concedida por alguma externalidade positiva do projeto, pois a condição que inicialmente torne vantajosa uma externalidade, pode vir a ser alterada por alguma mudança da situação histórica, econômica e institucional e extinguir a vantagem inicial que se pensava auferir ao se planejar um projeto de desenvolvimento energético com fontes renováveis de energia.

Schumpeter (1982) observa que a teoria econômica tradicional “vê um problema na existência dos meios produtivos necessários para criar processos produtivos novos”, como no “problema do ovo e da galinha” explica que:

[...] os meios produtivos não caem do céu. Na medida em que não são dados pela natureza ou de modo não-econômico, foram e são criados em algum momento pelas ondas individuais de desenvolvimento, no sentido que damos a este, e a partir daí incorporados ao fluxo circular. (Schumpeter, 1982, pg. 52).

Assim, Schumpeter (1982) afirma que o problema de alocar os meios produtivos que já são empregados em algum lugar do fluxo circular em novas combinações, como as inovações tecnológicas, poderia ser solucionado por meio de crédito direcionado que viria de fonte externa ao movimento econômico dos ciclos tradicionais, como, por exemplo, dos lucros aferidos por outras inovações, de poupança interna, ou de fundos de reserva das nações, que teriam como incentivo a chance de participar dos ganhos do desenvolvimento destas inovações.

Como exemplo de crédito direcionado para a área de Ciência e Tecnologia - C&T, dispõe-se dos meios de fomento disponíveis através das fontes de fomento do MCT (como os Fundos Setoriais), de outras fontes nacionais (como Agências, Fundações e Fundos de Fomento que apóiam programas e projetos de C&T no país), fontes internacionais (por meio de Fundos de Financiamento, Organismos e Agências Internacionais) e linhas de crédito (oportunidades de financiamento disponibilizadas por bancos oficiais ou privados, agências de fomento e organismos internacionais para projetos de desenvolvimento científico e tecnológico e para a importação de equipamentos técnicos-científicos).

Mas, por estar vinculado a um modelo de desenvolvimento linear, a Política de C&T do Brasil se atrela a dos países ricos centrais. Assim, o Brasil, como país periférico em desenvolvimento, apesar de possuir um parque industrial diversificado, com complexidade e integração, só possui uma produção elevada de conhecimento científico, ou “ciência básica”, sem que, no entanto, esta produção científica seja transformada em inovações ou no desenvolvimento de tecnologias na mesma proporção. A este respeito Viotti observa que:

A grande maioria das empresas não necessitou realizar, durante o período de industrialização (**entre as décadas de 1950 e 1970**), um esforço tecnológico significativo para assegurar sua competitividade. (Viotti, 2001, p. 6, grifo nosso).

Por isso, não existe no Brasil a cultura de desenvolvimento de uma estratégia ativa de aprendizado tecnológico. Após a etapa de crescimento econômico que ocorreu até a década de 1970, o país iniciou um processo de estagnação econômica que durou 20 anos, culminando com a adoção de uma desregulamentação de mercados por meio de uma política neoliberal, em boa medida baseada no modelo econômico neoclássico tradicional, que desmontou as políticas industriais e tecnológicas do país, abandonando as políticas desenvolvimentistas industrializantes. Com isso mudou-se bruscamente a pressão competitiva das empresas, com uma concorrência desleal das empresas estrangeiras, sem, no entanto, promover um sistema de desenvolvimento tecnológico que apóie a criação de inovações (Viotti, 2001).

3.6 DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA O USO DE FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS

O que se observa na implantação de tecnologias de fontes alternativas renováveis no Brasil é que, assim como nos mercados internacionais, a propensão das firmas para comercializar ou explorar diretamente invenções ou inovações no mercado brasileiro tende a crescer, mas isto não acontece necessariamente por meio da transferência de tecnologia, ou por transferência de conhecimento (*know how*), licenças e assistência técnica, mas sim por meio da venda de tecnologia incorporada em máquinas ou equipamentos (Viotti, 1998, p. 24).

Como a transferência de tecnologia depende de capacitação tecnológica específica para permitir o seu uso efetivo, seriam necessários maiores investimentos em capacitação tecnológica própria e um esforço tecnológico correspondente para ao menos absorver as tecnologias transferidas. Afirma Viotti:

A capacidade tecnológica de produzir utilizando determinada tecnologia não assegura a qualificação de seu usuário — firma ou país — para adaptar ou aperfeiçoar tal tecnologia, nem muito menos para inovar. (Viotti, 1998, p. 26).

É possível inferir, portanto, que a capacitação tecnológica sozinha também seria insuficiente para assegurar a competitividade e o desenvolvimento de qualquer economia.

Por fim, é possível observar que o potencial de mercado para o desenvolvimento de tecnologias de fontes alternativas renováveis é muito maior do que as projeções de planejamento energético estão estabelecendo, o que confunde a percepção do mercado e inibe os investimentos nessas áreas, mas não impede que os investidores de risco possam auferir ganhos “schumpeterianos” num mercado que pode tanto mudar a perspectiva de crescimento da economia do Brasil, alterar sua matriz energética e os fatores de produção para a geração de riquezas, quanto mudar as condições possíveis para promover o desenvolvimento sustentável.

4 SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Neste capítulo efetua-se a análise dos conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade e a contextualização dos casos apresentados. Também se vai analisar se o uso direto de óleos vegetais pode vir a ser uma fonte de energia não desprezível na Matriz Energética Nacional e se pode ser apoiado pela Política Nacional de Produção e uso de Biodiesel. A descrição e o entendimento das rotas tecnológicas (*technology roadmaps*) para a implementação dessas inovações tecnológicas é um passo fundamental neste processo.

4.1 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO

Nos debates relativos ao desenvolvimento após as primeiras revoluções industriais, Adam Smith atribuía um papel central ao crescimento da produtividade e Karl Marx considerava a mudança técnica um papel revolucionário da burguesia. No entanto, existem modelos econômicos que atribuem um papel irrelevante à questão tecnológica no modelo de desenvolvimento, assim como a Escola Neoclássica que deixou de se preocupar com o que poderia potencializar o crescimento da riqueza das nações e em suas análises passou a dar mais importância às quantidades e preços que equilibrariam os mercados, buscando uma maximização da “utilidade” nas trocas de bens de consumo ou serviços (Viotti, 1997).

Como os economistas neoclássicos analisaram o progresso econômico somente em função das variações de emprego, uso da terra e do capital, passaram a considerar o progresso técnico como um dado fixo. Nesta visão, o progresso econômico passa a ser função exclusiva da acumulação de capitais, pois em suas análises inexistia a mudança tecnológica, muito menos conceitos como inovação radical. A motivação para usar este tipo de análise, vem da constatação de que mudanças tecnológicas causam instabilidades nas curvas de oferta e demanda e que explicariam o comportamento econômico da sociedade, daí os neoclássicos considerarem a mudança técnica como uma variável exógena aos seus modelos teóricos. Como passaram a utilizar explicações estáveis para seus modelos econômicos, o posicionamento entre as nações também não deveria mudar, então a Escola Neoclássica deixou de procurar diagnósticos que explicassem o porquê de existirem nações ricas e pobres, deixando de existir o objetivo de encontrar estratégias de crescimento voltadas para a superação do subdesenvolvimento das nações pobres.

Só depois da grande depressão econômica nos anos 1930, com a volta da participação ativa do Estado como o grande ator dos cenários econômicos, é que se voltou

a considerar o crescimento nas teorias econômicas³⁰. Após a Segunda Guerra Mundial, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas criou cinco grandes comissões econômicas regionais com o objetivo de incentivar a cooperação econômica entre os seus membros, entre elas a CEPAL, criada em 1948. De acordo com a CEPAL, o surgimento de nações desenvolvidas e subdesenvolvidas resultou de diferentes processos de apropriação dos ganhos de produtividade, como consequência do progresso técnico. Nos países centrais “desenvolvidos” existiria progresso técnico distribuído de forma homogênea, e nos países periféricos “subdesenvolvidos” ou “em desenvolvimento”, só os setores exportadores atingiriam um sistema produtivo eficiente, porque estes países só se especializariam como fornecedores de matérias-primas e alimentos destinados aos países “desenvolvidos”. Para a CEPAL, a solução para atingir níveis adequados de desenvolvimento viria da industrialização dos países periféricos. Pode-se dizer que esta era a visão do papel do Estado brasileiro entre 1930 e 1960. Nesta época, chamada de desenvolvimentista, o Estado brasileiro protegeu a indústria nascente, manteve o controle do câmbio, ofereceu incentivos para o investimento privado e para a atração do capital estrangeiro no setor industrial, além de investir diretamente nos setores industriais de alta prioridade, que ainda não possuíam lucratividade para interessar o setor privado. Mas a maior parte das indústrias aqui estabelecidas não produzia conhecimento local. Como subsidiárias, restringiram-se à reprodução e montagem de tecnologias adquiridas de matrizes estrangeiras. Além deste fato, o Estado brasileiro desenvolvimentista também não organizou uma reforma agrária a contento, ao contrário do processo de desenvolvimento dos países da Europa e dos Estados Unidos da América. A sua implantação poderia ter impulsionado uma distribuição de renda às classes rurais menos favorecidas, pois o problema resultante do crescimento econômico da época é que não houve distribuição das riquezas produzidas, não diminuindo a pobreza do país. Sobre este fato, Cristovam Buarque observa que:

A evolução social mostrou que a economia é uma ciência competente para o aumento da riqueza, mas não para a redução da pobreza, porque a riqueza não se distribui pela própria economia. (Buarque, 2007. p. 145).

O papel de ator econômico do Estado brasileiro voltou a florescer por um breve período na década de 1970, não mais por um pacto político popular-nacional, mas sim por um sistema de planejamento centralizador, advindo do regime militar que manteve o país sob uma ditadura entre a década de 1960 e meados da década de 1980, período de repressão política em que se manteve o investimento na criação de infra-estrutura sem necessariamente diminuir a concentração de renda, a desigualdade social e a pobreza. Com a crise econômica advinda das duas crises de fornecimento do petróleo, em 1973 e 1979, os

³⁰ Processo que se repete na crise financeira mundial de 2008, iniciada pelo aparecimento, nos Estados Unidos, de fraudes contábeis em cascata ocasionadas por excesso de independência do mercado financeiro, que também obrigou a participação dos Estados nacionais envolvidos para suplantar a crise inicial.

países centrais “desenvolvidos” cessaram o período de juros baixos e crédito barato pós-Segunda Guerra Mundial, o que levou o Brasil a duas décadas de estagnação econômica, nas décadas de 1980 e 1990. Nestas décadas o governo brasileiro acabou com os mecanismos de apoio ao desenvolvimento, como políticas de protecionismo, controles e subsídios, gerando uma redução e um enfraquecimento do setor industrial nacional, culminando com uma desnacionalização abrupta na década de 1990 causada por condições artificiais impostas pela doutrina neoliberal, que obrigava o Estado a manter um orçamento equilibrado, manutenção de taxa de câmbio competitiva, liberalização do comércio e dos investimentos, privatização e desregulamentação dos mercados internos. Este modelo denominado de “Consenso de Washington”, monitorado por meio das instituições credoras financeiras internacionais como o Fundo Monetário Internacional - FMI e o Banco Mundial, impedia o Estado de fomentar políticas próprias que fortalecessem suas economias e promovessem o desenvolvimento econômico.

Nesta época o conceito de desenvolvimento desaparece como fruto da criação de riquezas reais e transforma-se numa consequência da intensificação do comércio internacional, pois o modelo neoliberal indicava que para superar o subdesenvolvimento bastaria promover o livre comércio, e este alocaria os recursos disponíveis, da forma mais eficiente possível, gerando vantagens comparativas, a chamada “eficiência de Pareto”. Isso provocaria inclusive uma equalização mundial dos níveis salariais e acabaria com o subdesenvolvimento, pois haveria acesso de todos os países às mesmas tecnologias de produção, e então os diferentes níveis de capacitação tecnológica entre os países deixariam de existir (Viotti, 1997).

Na verdade, o que se observou é que nos países ricos centrais os Estados não se retraem em favor do mercado e nunca deixaram de intervir de forma ativa na economia e no desenvolvimento científico e tecnológico de suas empresas (Staub, 2001). Esta busca da diferenciação das funções de produção é uma característica fundamental do sistema de produção internacional e isso comprova a importância da mudança técnica na explicação do desenvolvimento das nações, apesar das teorias econômicas neoclássica e neoliberal indicarem o comportamento contrário.

Sen³¹ (2000) observa que o desenvolvimento de um país está essencialmente ligado às oportunidades que o país oferece à população de fazer escolhas e exercer sua cidadania, garantindo os direitos sociais básicos dos cidadãos, como saúde e educação, e também segurança, liberdade, habitação e cultura. Amartya Sen afirma:

Vivemos um mundo de opulência sem precedentes, mas também de privação e opressão extraordinárias. O desenvolvimento consiste na

³¹ Amartya Sen, economista indiano, ganhador do Prêmio de Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel de 1998 por sua teoria da decisão social e do Estado de bem estar social (*welfare state*).

eliminação de privações de liberdade que limitam as escolhas e as oportunidades das pessoas de exercer ponderadamente sua condição de cidadão. (Sen, 2000).

Stiglitz³² observa em seu trabalho (Rothschild e Stiglitz, 1976) (Stiglitz, 1998) que a maior parte das decisões econômicas mundiais acabam sendo regidas por bases ideológicas dos países ricos centrais. Isto torna-se mais evidente em sua acusação ao FMI, a quem acusa de "empurrar" os países pobres periféricos a abrir seus mercados à competição externa antes que possuam grupos empresariais estáveis e instituições democráticas para proteger sua economia e seus cidadãos.

Stiglitz e Sen traduzem, para a contextualização dos modelos econômicos, a necessidade de se observar mais do que relações empresariais e ganhos econômicos para aprimorar nossos sistemas de desenvolvimento, e provocam, no fim do Século XX e início do Século XXI, a necessidade do aprofundamento das discussões dos modelos econômicos para que sejam orientadas pelos critérios para um desenvolvimento sustentável.

4.2 A ESTRUTURA ECONÔMICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ignacy Sachs, um dos estudiosos do tema relativo ao desenvolvimento sustentável, considera que em razão de ainda existirem desigualdades sociais entre as nações e dentro das nações, a noção de desenvolvimento não perderá seu sentido no Sec. XXI. A implantação de projetos sociais se faz necessária para diminuir estas desigualdades e é isso o que diferencia a noção de desenvolvimento da de crescimento econômico. Mas como o tempo das civilizações humanas é diferente do tempo da evolução do meio-ambiente, para se evitar distúrbios ambientais que não venham a comprometer o futuro da humanidade faz-se necessária uma "co-evolução entre dois sistemas que se regem por escalas de tempo e escalas espaciais distintas" (Veiga, 2008. apud Sachs. pp. 9-10), visto que a busca deste equilíbrio é a busca do desenvolvimento sustentável, no qual se deseja atingir ao mesmo tempo um sistema que seja socialmente incluyente, ambientalmente sustentável e economicamente sustentado. Sobre as diversas definições do conceito de Desenvolvimento Sustentável, José Eli da Veiga analisa:

Sendo uma questão primordialmente ética, só pode se louvar o fato da sustentabilidade ter adquirido tanta importância nos últimos vinte anos, mesmo que ela não possa ser entendida como um conceito científico. A sustentabilidade não é, e nunca será, uma noção de natureza precisa, discreta, analítica ou aritmética, como qualquer positivista gostaria que fosse. Tanto quanto a idéia de democracia, entre muitas outras idéias tão fundamentais para a evolução da humanidade, ela sempre será contraditória, pois nunca poderá ser encontrada em estado puro. (Veiga, 2008. p. 165).

A noção de sustentabilidade, ao mesmo tempo em que é considerada desejável por

32 Joseph Stiglitz, economista estadunidense, ganhador do Prêmio de Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel de de 2001, por criar os fundamentos da "teoria dos mercados com informações assimétricas",

todos os participantes do mercado, também pode ter interpretações diferentes a depender do ponto de vista de cada ator. Assim, pode-se difundir a noção que sustentabilidade corresponde a restrições ambientais, mas não se discutir os processos político-institucionais que regulam a sociedade, nem se discutir processos de mudança nos padrões de consumo. Guimarães (2001) considera este fenômeno com um processo de “conservadorismo dinâmico”, em que uma posição conservadora assume um discurso transformador para garantir que nada se transforme. Para que este fator seja evitado faz-se necessário ao governo e à sociedade “garantir um processo transparente, informativo e participativo para o debate e a tomada de decisões em favor da sustentabilidade” (Guimarães, 2001, p. 63).

O mesmo autor também observa que a “economia deixou de estudar os meios para o bem-estar do ser humano e se transformou em um fim em si mesma” (Guimarães, 2001. p. 65), demonstrando que a acumulação de riqueza advinda do crescimento econômico não é requisito ou precondição para o desenvolvimento, pois o desenvolvimento vem do uso que se faz da riqueza, e não da riqueza em si mesma. Explica Eduardo Guimarães:

O afã do crescimento ilimitado baseado na crença do desenvolvimento tecnológico, igualmente ilimitado, só é capaz de produzir a alienação dos seres humanos, transformando-os em robôs que buscam incessantemente a satisfação de necessidades que têm sempre menos relação com as necessidades de sobrevivência e de crescimento espiritual. (Guimarães, 2001. pp. 67 e 68).

O mundo está diante de um dilema: os países periféricos precisam crescer para gerar maiores rendas; é preciso implantar mecanismos de distribuição de renda de forma a evitar que os ganhos auferidos na forma de lucros permaneçam concentrados nos mesmos segmentos mais abastados da sociedade; e também é preciso que os modelos tradicionais passem a apresentar respostas tecnológicas, sociais e ambientais que são demandadas para a construção de um mundo mais justo e equilibrado.

Neste sentido, cabe aqui a retomada do pensamento de Adam Smith, que inovou ao valorizar a riqueza como um fator concreto, medido não a partir de um conceito de estoque, mas de fluxo de produto, explicando a economia como fruto dos desejos dos homens, de seu egoísmo e de sua vontade hedonista. No entanto, ao “humanizar” o valor e a lógica da Economia, incluiu o homem, mas suprimiu a participação do planeta Terra na definição da formação do valor, além de esquecer propósitos culturais e espirituais da humanidade (Buarque, 2007).

Buarque (2007) observa que, até o fim do Século XX, os autores das teorias econômicas da geração pós-Smith estiveram presos aos paradigmas da revolução industrial. Tanto Smith, quanto Ricardo, Malthus, Marx, List, os Utópicos, os Neoclássicos, Keynes e a Cepal preocuparam-se com o processo de distribuição de valor das riquezas que possuíam como fonte o trabalho humano, mas mantiveram uma postura

antropocêntrica, conservando também o mesmo objetivo: o aumento da riqueza. Assim, essa interpretação histórica da economia vista pela análise do crescimento do PIB, de acordo com Cristovam Buarque:

[...] não levou em conta o impacto ecológico, a ampliação da miséria, a desigualdade, a destruição de culturas, os crimes contra etnias. Da mesma forma que antes foi o entesouramento³³, que não levou em conta a destruição de civilizações nem a escravidão de milhões. (Buarque, 2007. p. 59. Grifo nosso).

A realidade atual, ao constatar o fracasso ético do processo econômico em escala global, cria condições para a formulação de novas teorias, nas quais o novo planejador precisa trabalhar com critérios de ética social que evite submeter a sociedade às teorias econômicas. A Ciência Econômica estudou por tempo demasiado a formação e distribuição do produto do trabalho do homem e não pode mais, ao tentar ampliar a produção sem limites, continuar a ignorar a natureza e restringir as externalidades da economia de cada país apenas ao seu próprio espaço geográfico, sem observar a influência da economia de cada país no todo da Terra. Cristovam Buarque sugere então que os fundamentos de uma nova economia tenham “a ética como propósito/objetivo, a economia como racionalidade/funcionamento e a ecologia como abrangência/objeto” (Buarque, 2007. p.71).

Deste modo, para se alcançar um desenvolvimento sustentável é imprescindível perceber além da gravidade da desigualdade social e do risco ecológico³⁴ e buscar recuperar a ética na Economia, o que implicaria em buscar conjuntamente a estabilidade monetária, a abolição da pobreza, o equilíbrio ecológico, o crescimento econômico, a geração de emprego e a produção cultural (Buarque, 2007).

No entanto, uma das condições intrínsecas para a manutenção do modelo econômico atual é a exigência de rapidez na circulação de idéias, mensagens, produtos ou dinheiro. A manutenção da rapidez destes processos baseia-se na formação de redes técnicas que suportem um modelo de competitividade que favoreçam os atores econômicos dominantes (Santos, 2002). Assim, na idéia de desenvolvimento econômico atual, busca-se um processo permanente de substituição de técnicas por outras equivalentes nas quais não necessariamente se alcancem melhores critérios qualitativos ou voltados para a sustentabilidade. Visto que a velocidade dessas substituições são a “causa, condição e resultado” deste modelo de substituição ininterrupta. Quanto a isto Milton Santos observa:

O ritmo que se pede a cada objeto, para que participe eficazmente da aceleração desejada, supõe que se conheçam de antemão os tempos de seu uso, as velocidades que se possam alcançar, as frequências que permitem, os custos respectivos. Daí sua standardização, que tanto autoriza prever as performances, como as deixa medir. Sem isso, seria

³³ Entesouramento refere-se ao aumento dos saldos em caixa num determinado período de tempo. No contexto da frase, remete-se ao enriquecimento de alguns países em detrimento da exploração de outros.

³⁴ Risco ecológico hoje identificado com as mudanças climáticas, com o aquecimento global, com a emissão de gases de efeito estufa etc.

impossível a construção em série de automóveis, navios, aviões, mas também a edificação das respectivas bases de operação, bombas de gasolina, portos, aeroportos, adaptados ao novo frenesi da velocidade. Os objetos que entram na produção dessas máquinas complexas são exigentes de novas conquistas científicas no campo da química fina, da biotecnologia, da cibernética, dos novos materiais. (Santos, 2002. p. 274).

Observa-se, nos casos descritos no Capítulo 2, que para alcançar resultados sustentáveis cada caso teve que respeitar suas particularidades, com soluções únicas de logística, de respeito à cultura local, de uso de matérias-primas regionais. Deste modo estas soluções não são reproduzíveis em larga escala para o modelo econômico atual, mesmo que a tecnologia utilizada, como nos casos mostrados, seja simples de ser replicada, sem a necessidade de importação de bens, sem propriedade intelectual, com baixos custos de operação e manutenção, pois cada caso precisa respeitar suas condições locais e este tipo de escolha tecnológica vai contra as redes globais dominantes que buscam conformar a divisão mundial do trabalho por meio de implantação de padrões de circulação, distribuição e de consumo de produtos. Este modelo econômico tem a pretensão de manter um fluxo cada vez mais rápido de consumo e, sempre que possível, dependente de seus padrões. Sobre estes padrões internacionais, Milton Santos observa como a inovação capitalista, que busca apenas manter a fluidez do consumo, influencia os países periféricos:

A introdução da inovação capitalista em um país em desenvolvimento abre sua formação socioeconômica a influências externas e reforça sua dependência com relação ao modo de produção dominante. (Santos, 2007. p.201).

Observa-se também, que o modo de produção dominante advindo dos países centrais, se sustenta em políticas de P&D realizadas naqueles países e suportadas por seus governos locais, o que reforça a idéia de que uma eventual quebra deste ciclo de dependência poderia vir de políticas públicas voltadas a um desenvolvimento tecnológico endógeno³⁵. Milton Santos também observa que os padrões dominantes tentam não ser afetados pelos modos de produção locais, quando estes buscam a construção de soluções próprias:

Se o 'mundo', hoje, torna-se ativo sobretudo por via das empresas gigantes, essas empresas globais produzem privatisticamente suas normas particulares, cuja exigência é, geralmente e sob muitos aspectos, 'indiferente' aos contextos em que vêm inserir-se. (Santos, 2002. p. 335).

Então, o uso de óleo diesel mineral como combustível é a tecnologia apoiada pelas empresas, não por seus critérios de economicidade, mas por ser mais adaptável às condições de uso das empresas globais. Em relação ao óleo diesel mineral, os óleos vegetais não possuem grandes escalas de produção comparáveis à extração de petróleo, nem seguem um padrão que garanta sua performance a cada safra. Seria desvantajoso para uma empresa de padrões globais depender em grande escala de fontes diversificadas

³⁵ Que respeita as especificidades locais e regionais.

e não controláveis. Nestes termos, deve-se mudar o foco da análise e passar a discutir a quem poderia interessar a inserção desta tecnologia na economia brasileira.

4.3 OS ÓLEOS VEGETAIS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ao longo desta dissertação foi mencionado que o uso direto de óleo vegetal em motores diesel possui vantagens tecnológicas, econômicas e ambientais que aconselham o seu uso como substituto ao diesel mineral ou do biodiesel, mas isso não faz com que esse novo combustível seja automaticamente a melhor escolha para a geração de energia ou para o transporte. Para que esta fonte de energia renovável fosse uma das soluções adotadas pelo mercado consumidor não bastaria levar em consideração as suas externalidades positivas, na qual caberia ao consumidor escolher a tecnologia com o objetivo de buscar critérios de desenvolvimento sustentável. Mas também, de receber apoio e incentivos do Estado, visto que estes empreendimentos de desenvolvimento energético buscam desenvolver soluções estratégicas para a segurança energética e alimentar. No entanto, a visão estratégica do Estado não é necessariamente a do consumidor, dos usuários ou das empresas fornecedoras. O comportamento dos usuários em relação à tecnologia foi assim descrito por Milton Santos:

[...] em nossa vida diária estamos praticamente inconscientes da realidade tecnológica dos objetos, esquecemos que ela comanda transformações radicais no ambiente. (Santos, 2007, apud Baudrillard. p.200).

Mas, diferente deste olhar inconsciente, a visão do Estado se obriga a observar as escolhas tecnológicas e de seus meios de produção para influenciar o planejamento estratégico e o desenvolvimento do país. Sobre esta influência, Milton Santos observa:

Todas as formas são dotadas de uma estrutura técnica que compromete o futuro, [...] os modos de produção garantem a continuidade histórica, inclusive a continuidade histórica das formas. (Santos, 2007. pp.200-201).

A opção técnica por uma matriz energética sustentável não depende exclusivamente de uma escolha individual do consumidor, pois é fundamentalmente uma opção política do Estado pela mudança no sistema de desenvolvimento, implicando em inúmeros desdobramentos para os beneficiários das políticas de governo e de suas alternativas, pois a tecnologia do uso direto dos óleos vegetais como combustíveis, poderia ser utilizada para, ao mesmo tempo, diminuir a dívida social e a dívida ecológica da humanidade (Sachs, 2002). Para isso, Ignacy Sachs observa que os usos da biomassa devem ser otimizados em “sistemas integrados de alimento-energia adaptados às diferentes condições agroclimáticas e socioeconômicas.” (Sachs. 2002, p.33).

Integrado, neste caso, presume que seja utilizada uma combinação adequada de alimento, combustível, fertilizantes, suprimentos e ração industrializada³⁶, que exigiria uma

³⁶ No original: *food, fuel, fertilizers, feed e feedstock*.

série de políticas complementares como o acesso justo à terra, ao conhecimento, ao crédito, ao mercado e a educação (Sachs, 2002). Para criar condições de implantar esta política integrada, Sachs afirma:

Os países tropicais, de modo geral, e o Brasil, em particular, têm hoje uma chance de pular etapas para chegar a uma moderna civilização de biomassa. (Sachs, 2002. p.35).

Neste caso, a definição de “pular etapas” pode ser interpretada como a possibilidade de criar soluções próprias, sem necessariamente seguir os passos já trilhados por outros países que historicamente já organizaram suas estruturas agroeconômicas, utilizando-se das condições tecnológicas atuais, independente de se trabalhar com alta ou baixa tecnologia. Se os países ricos centrais passaram por um processo evolutivo até atingir a sua “revolução verde”³⁷, inicialmente implantando a reforma agrária e posteriormente desenvolvendo tecnologias radicais para aumentar a produtividade no campo, isso não quer dizer que este seja um caminho sustentável, ou mesmo que se consiga tentar reproduzi-lo sem cair em armadilhas comerciais como o aumento da concentração fundiária ou a supressão das culturas locais. Sobre a “revolução verde”, Milton Santos observa que:

A revolução verde tem sido apoiada por constante publicidade porque envolve o uso intensivo de fertilizantes, sementes e equipamentos, que têm de ser importados. Ela também transtorna os processos tradicionais de comercialização e cria as condições para a instalação de grandes monopólios importadores-exportadores, muitos dos quais são subsidiários de firmas internacionais. E, naturalmente, ela também tem desorganizado o padrão tradicional de propriedade de terra, com o desenvolvimento de empresas agrícolas capitalistas às expensas de pequenos proprietários. (Santos, 2007. p.191).

No Brasil, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, executado e gerenciado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário – MDA, vem financiando projetos para a população rural de baixa renda em todo o território nacional. Esta disponibilização de crédito passou de R\$ 2,2 bilhões, em 2003, para R\$ 12 bilhões na safra 2007/08, passando de 950 mil contratos e 2 milhões de famílias atendidas neste período. Na safra 2008/2009 a projeção do Governo Federal é destinar R\$ 13 bilhões, e mais R\$ 200 milhões para a assistência técnica (MDA, 2009). Observe-se que o instrumento do PRONAF já existia antes de 2003, mas em 2001 mereceu a seguinte observação:

Além de a reforma agrária e o **PRONAF**, a previdência rural constitui um instrumento poderoso de redistribuição de renda em favor das populações rurais desfavorecidas. O terreno está, por assim dizer, preparado para ampliar e acelerar nos próximos anos as transformações em curso no mundo rural brasileiro. O principal obstáculo é a descrença das elites políticas brasileiras, inclusive de uma parcela substantiva das forças da esquerda, na viabilidade econômica da agricultura familiar e na capacidade inovadora das sociedades rurais. (Sachs, 2001. Grifo nosso).

³⁷ Revolução Verde é entendida como o modelo agrícola que se baseia no uso intensivo de sementes melhoradas e híbridas, fertilizantes e agrotóxicos químicos e diminuição do custo de manejo por meio da mecanização. (Moreira, 2000).

Se, conforme já mencionado nesta pesquisa, a inovação tecnológica em estudo é viável, resta verificar quais as políticas públicas que poderiam apoiar o uso direto do óleo vegetal em motores diesel.

4.4 SOBRE A POLÍTICA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL

Saber se uma nova tecnologia é funcional não é o passo principal no processo de inovação tecnológica, mas sim sua condição inicial. Sobre a reação do meio ambiente social contra aquele que deseja fazer algo novo, Schumpeter observou:

Em questões econômicas a resistência se manifesta antes de tudo nos grupos ameaçados pela inovação, depois na dificuldade para encontrar a cooperação necessária, finalmente na dificuldade para conquistar os consumidores. (Schumpeter, 1982. pg. 61).

Assim, em última instância o mais importante é ter a capacidade de comprovação, para seus potenciais usuários, de que aquela inovação pode ser usufruída pela sociedade. Sobre as invenções, Milton Santos observou:

Não é o objeto em si que tem a capacidade de provocar mudanças. A máquina a vapor nada mais é do que um instrumento da evolução social, uma forma criada por um novo momento histórico da formação socioeconômica e apenas um resultado deste momento. Estrutura, processo, forma e função são categorias da mesma sociedade global. (Santos, 2007. p.187).

Nestes termos, após anos de amadurecimento de pesquisas relativas ao uso dos óleos vegetais e aproveitando a experiência internacional do uso do biodiesel na Europa, coube ao Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em meados de 2003, o papel de agente inovador ao quebrar um paradigma do mercado de combustíveis, sobre o uso de biocombustíveis no mercado de óleo diesel, ao instituir um Grupo de Trabalho Interministerial – GTI encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia. O relatório final deste grupo deu embasamento ao Presidente da República para estabelecer o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB como uma política pública de ação estratégica e prioritária para o Brasil. Este GTI organizou a cadeia produtiva, definiu as linhas de financiamento, estruturou a base tecnológica e editou o marco regulatório do novo combustível. Alguns dos projetos analisados nesta dissertação constam dos relatórios parciais do GTI:

Existem comunidades na Amazônia em que o custo de geração da energia elétrica com óleo diesel chega a oitocentos dólares o megawatt, denotando claramente a potencialidade da geração com óleo vegetal in natura. Nestas comunidades, partir de uma organização social mínima é possível produzir o óleo e apesar de algumas desvantagens em relação à eficiência do motor, ela se compensa pelo custo extremamente baixo na sua produção. (PNPB, 2008)

No entanto, no Relatório Final do GTI não foram verificadas condições para investir na tecnologia do uso direto do óleo vegetal, razão pela qual se optou pela rota tecnológica do

biodiesel. No entanto, as razões pela qual essa escolha foi tomada não necessariamente estão fundamentadas tecnicamente. Ao descrever as discussões do grupo de trabalho, com os Ministérios e órgãos governamentais participantes, relacionadas com o melhor aproveitamento da cadeia produtiva do biodiesel, foram analisadas variáveis como a cadeia de produção, tributação, compulsoriedade e fiscalização. Onde se observou:

Se for permitida somente ao distribuidor de derivados de petróleo a comercialização do biodiesel, pouco se altera a atual cadeia de comercialização de combustível. (PNPB, 2008).

Ora, outros grupos de trabalho observaram que é importante propiciar mecanismos de compra direta à indústria e também de relações de permuta; bem como possibilitar a regionalização da produção e do consumo, independente da política das distribuidoras. No entanto, a comercialização obrigatória do biodiesel pelos distribuidores de derivados de petróleo acabou sendo a solução adotada pelo relatório final, fundamentada pela consideração de que pouco se alteraria a cadeia de comercialização pré-existente. Os relatórios intermediários observaram, inclusive, que o programa nacional deveria pesquisar a rota tecnológica do uso direto dos óleos vegetais.

Como consequência do processo de discussão do PNPB, em 2004 o Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, presidida pelo Deputado Luiz Piauhyllino sob a relatoria do Deputado Ariosto Holanda, organizou conferências com a participação de pesquisadores do setor de energia e compilou um caderno com as discussões efetuadas sobre o tema (Holanda, 2004). Dentro das propostas e contribuições apresentadas ao Conselho sobre as medidas a serem adotadas, constavam a necessidade da conversão da frota brasileira de veículos leves para usar o álcool como combustível e a conversão de 50% da frota brasileira diesel para utilizar o óleo de girassol como combustível, além da necessidade de se adicionar 20% de óleo de mamona ao óleo diesel, para os outros 50% da frota diesel do País. Indicava-se também, que seria necessária a destinação de créditos para o PRONAF, para créditos agrícolas comuns, para assistência técnica multidisciplinar, para a linha de financiamento de máquinas e equipamentos - FINAME do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, no investimento em maquinário agrícola e na capacitação de pequenos produtores rurais.

O Instituto Nacional de Tecnologia – INT relata, neste caderno, 24 experiências com o uso direto de óleos vegetais como combustível efetuadas durante o Século XX, e observou em sua contribuição ao estudo, que:

Percorrendo-se a literatura técnica que, há muitos anos, se dedica ao assunto, fica-se surpreso com a variedade de conclusões e conceitos emitidos pelos diversos especialistas no mundo inteiro. Constata-se, mesmo, verdadeiras contradições, que, entretanto, analisadas a fundo, explicam-se pelos diferentes estágios de perfeição dos motores, segundo as épocas em que foram feitos os ensaios ou, até, pela diversidade dos tipos de óleos utilizados. (INT, 2004. p. 175)

Outro documento de discussão de políticas públicas, o Plano Nacional da Agroenergia - PNA, gerado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA em 2005 para sinalizar a inserção do uso da biomassa para fins energéticos no Brasil, também observa, em suas conclusões, que se deve “desenvolver tecnologias que permitam a autonomia e a sustentabilidade energética para agricultores, agroindústria e comunidades isoladas” (MAPA, 2005).

Se o PNPB tomou decisões contrárias ao uso direto do óleo vegetal, elas foram relativas à realidade tecnológica da época. Mas hoje é possível observar que os critérios, para a tomada de decisão da escolha de uma rota tecnológica em um programa de governo, são tão extensos e variados que podem e devem ser revisados periodicamente. Observe-se, por exemplo, os critérios usados em um processo decisório a respeito da cooperação Empresa-Universidade, descritos pela pesquisadora Geciane Porto:

Ao analisar a disponibilidade de informações, os decisores que cooperam, consideram primordial para garantir um processo de decisão bem fundamentado: a existência de informações estratégicas de caráter interno, que abordam o lançamento de produtos de base tecnológica, novas tecnologias, processos, produtos e estratégia tecnológica da empresa; informações sobre a universidade e a natureza e conteúdo do inter-relacionamento que a empresa pretende manter e informações sobre incentivos e linhas de crédito para P&D, com destaque para propriedade industrial; além de informações sobre a própria empresa, implicações políticas e o ambiente externo. Dessa forma **o decisor deverá vir a ter condições de saber qual o encaminhamento tecnológico em termos de produtos, processos e rotas tecnológicas que a corporação como um todo pretende adotar**, identificar se há uma instituição universitária capaz de suprir tais demandas tecnológicas, se há fontes externas de apoio a investimentos de base tecnológica, e a disponibilidade de linhas de crédito, incentivos ou outras fontes de recursos complementares. (Porto, 2000. Grifo nosso).

E como as conclusões dos exemplos descritos no Capítulo 2, foram todas tomadas depois da implantação inicial do PNPB, cabe afirmar que neste curto período ocorreram mudanças tecnológicas suficientes para apoiar o uso direto de óleos vegetais na Matriz Energética Nacional.

No entanto, para vir a se adequar aos critérios de desenvolvimento sustentável, a escolha tecnológica de um programa do porte do PNPB não pode ser apenas uma decisão puramente econômica, e nem tampouco se deve escolher uma rota tecnológica apenas por critérios técnicos que possam vir a afetar uma estratégia de desenvolvimento nacional. Então, para o uso direto do óleo vegetal, com a sua distribuição e vendas efetuadas na própria região de produção, também se deve levar em consideração a participação das empresas já existentes nestes segmentos, além de considerar os efeitos sociais advindos da geração e distribuição de riquezas no país. Simioni observa que:

Na verdade, as grandes corporações do setor de energia e de transportes possuem pesquisas avançadas em relação às ERSs. Isto significa que, se houver de fato, uma ampla mudança de matriz energética, não resultará

automaticamente em uma redistribuição de poder, ou seja, ampliação do poder local. É verdade que é uma possibilidade, como no caso dos biocombustíveis. Mas assim como a história do petróleo apresenta uma espécie de fagocitose, com grandes empresas engolindo as pequenas, há o mesmo risco de que isto ocorra com as ERSs. O mesmo se dá com a indústria de materiais e equipamentos de energia. (Simioni, 2006. p. 273)

Mesmo que uma nova fase do PNPB absorvesse o conceito do uso direto dos óleos vegetais e sugerisse sua plena implantação como no estudo do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, podendo atingir 60% do atual consumo de diesel mineral (50% de OV100 e 50% de OV20), os atores do mercado atual buscariam adequar-se ao novo mercado. E mesmo que houvesse uma “redistribuição de poder”, assim como citado por Simioni, a geração de riquezas continuaria inalterada, pois a necessidade básica de geração de eletricidade e de transporte continuaria sendo suprida. No caso de uma provável diminuição da arrecadação tributária, o retorno econômico para o governo viria indiretamente na forma de maior capacidade de investimento e de poupança dos usuários do uso direto dos óleos vegetais.

4.5 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O USO DIRETO DE ÓLEOS VEGETAIS

As rotas tecnológicas (*technology roadmaps*) fazem parte das ferramentas de planejamento estratégico que visam explorar a dinâmica das tecnologias emergentes nas indústrias, em um horizonte de longo prazo, de modo a alinhar a estratégia das empresas às suas capacidades tecnológicas. Trata-se de um método que observa quais são as inovações tecnológicas necessárias para que essas empresas possam atender aos seus mercados futuros. O que se busca é construir uma posição no futuro na qual a empresa pretende chegar e quais são as tecnologias necessárias para trilhar este caminho (Albuquerque, 2006). As rotas tecnológicas exploratórias indicam as tendências passadas e presentes e o seu desdobramento em tendências futuras. Schwartz (2009) observa que existem pólos de atenção ao qual o planejador deve ficar atento para efetuar uma análise de cenários para o planejamento estratégico de sua empresa. Peter Schwartz afirma:

Ciência & tecnologia é um dos vetores que mais condiciona o futuro dos negócios. Aparentemente, os empresários e gestores dão pouca atenção a tecnologia - à exceção das grandes tendências, de tempos a tempos, no seu setor específico - e quase nada à ciência. Essas são atribuições que deixam ao critério de um ou outro ‘estudioso’ na empresa. É a primeira grande inversão de pólos de atenção no dia-a-dia que devem operar [...] (Schwartz, 2009).

Para empresas entrantes em um novo mercado é mais fácil tentar inovações radicais do que investir nos modelos de produção existentes e que sejam dominantes no mercado, por meio de empreendimentos que utilizem inovações radicais³⁸ para criar mercados fora do

³⁸ É importante destacar que o conceito de inovação radical ganhou uma abrangência e um alcance, que pode ir do geral ao específico para a empresa que gera e utiliza inovações tecnológicas, podendo alterar profundamente seu processo produtivo e sua posição de mercado, mesmo que não venha a se tratar de uma mudança de

contexto econômico estabelecido, pois estas empresas não possuem as barreiras de saída das empresas que já estão no mercado³⁹.

Para as empresas atuantes na mesma área da inovação tecnológica, que não necessariamente podem se reorientar para novos mercados, pois possuem uma infraestrutura já montada e não poderiam reinvestir em linhas de produção completamente novas sem incorrer em investimentos excessivos ou canibalizar seu mercado atual, a possibilidade é a de esperar as empresas entrantes passem pelas primeiras “provas de fogo” de aceitação no mercado e tentar adquirir as empresas entrantes mais eficientes. Mas nada indica qual o comportamento da velocidade de crescimento de uma nova empresa em um novo mercado. Se uma nova tecnologia possibilitar o crescimento muito rápido de uma empresa entrante, ela pode não estar disponível para ser adquirida⁴⁰.

De todas as formas, ao pensarmos em novas tecnologias que trabalhem com fontes renováveis de energia, geração distribuída e tecnologia aberta, presume-se que os níveis de lucratividade deste cenário serão menores que os alcançados hoje pelas grandes empresas de energia. Então, a diversificação de atividades será imprescindível, para compensar a diminuição dos lucros com o aumento do volume de produtos a ser comercializado. Neste contexto, mesmo a área da petroquímica, que é bem mais lucrativa que a venda de combustíveis fósseis, pode vir a ser substituída por uma bioquímica, que pode vir a ser mais diversificada e assim mais economicamente influente. Observa ainda Albuquerque e Anhalt:

Cedo ou tarde a empresa vai acabar participando de uma cadeia produtiva em que haverá exigências para seguir regras que não deixem de lado a preocupação sócio-ambiental. [...] No caso da soja [...] sem desmatar áreas e florestas e sem utilizar mão-de-obra análoga à escravidão. [...] quando o assunto é responsabilidade socioambiental, o que há pouco tempo era exigência de nichos de mercado caminha para virar uma tendência. (Albuquerque e Anhalt, 2006. apud Hackerott).

A tendência no mercado de energia, de utilizar combustíveis renováveis para a geração de energia e transporte, indica que o futuro será menos lucrativo para as grandes empresas que continuem a se concentrar somente nos combustíveis fósseis. Se isso irá acontecer, por mudanças nos critérios macroeconômicos do fornecimento de petróleo ou

paradigmas de alcance mundial.

³⁹ Como exemplo, pode-se citar que BYD Co, empresa chinesa que é a segunda maior produtora de baterias de íon de lítio para celulares no mundo, passou a investir na criação de tecnologia para carros elétricos e está lançando um modelo de carro elétrico *plug-in* um ano antes do planejamento de lançamento das tradicionais empresas automobilísticas, dos EUA, Europa e Japão (Shirouzu, 2009). Na Índia a Tata Motors, que é o braço automotivo do Tata Group, investiu na montagem de carros e desenvolveu um conceito de carro popular específico para o mercado indiano, o modelo Nano, que custará em torno de apenas US\$ 2.500,00. Ao mesmo tempo que licenciou para a Índia a tecnologia de motores pneumáticos da MDI, para início de testes em carros de baixa cilindrada como o modelo Tata Nano (Tata Motors, 2009). A tecnologia do motor pneumático utiliza ar comprimido ao invés da combustão para mover as partes móveis do motor (MDI, 2009).

⁴⁰ Assim ocorreu com o Skype, fornecedor de serviços de telefonia pela internet, que foi fundada em 2002 e em 2008 possuía 54 milhões de usuários de telefonia em 225 países e territórios. A Skype manteve seu capital fechado e não foi adquirida por nenhuma empresa de telefonia, que agora são obrigadas a desenvolver tecnologias próprias para seguir o novo líder do mercado. (Skype, 2009).

pela mudança tecnológica dos bens de consumo para a geração de energia e de transporte, não é facilmente observável nem nos planejamentos de curto prazo e médio prazo, como o PDE 2008-2017 e o PNE 2030 (MME, 2007b e 2009). No entanto, é possível observar que a inserção de novas empresas e novas tecnologias no mercado de energia vem se tornando cada vez mais fácil e isso pode vir a provocar a inserção de inovações tecnológicas que venham a substituir o petróleo e seus derivados, que hoje representam 37% da Matriz Energética Nacional, antes mesmo do fim da curva descendente de fornecimento do petróleo no mundo (WEC, 2007).

Nos grandes centros urbanos com problemas de poluição ambiental, a tendência da legislação é de limitar os níveis de emissão de poluentes das frotas cativas de ônibus para diminuir os níveis de enxofre e outros poluentes atmosféricos. Assim como o biodiesel, o óleo vegetal diminui as emissões de gases de efeito estufa e pode vir a ser utilizado como aditivo para enquadrar os ônibus nos níveis máximos permitidos de emissão.

Para a inserção sustentável dos óleos vegetais como combustíveis será necessário evitar a produção em larga escala, que induz a desequilíbrios e impactos ligados às questões ambiental e social, e incentivar a economia familiar. Como no âmbito territorial uma maior eficiência, no uso dos recursos da agricultura, resulta do uso de economias de escala, de economias de escopo, ou de custos de transação⁴¹, a agricultura familiar precisa encontrar um ponto, entre a especialização e a diversificação, que otimize sua participação neste mercado. De acordo com Veiga (2001), essas empresas familiares poderiam ser reunidas em Arranjos Produtivos Locais - APLs. Explica José Eli da Veiga:

Existem *hot spots* nos quais se manifestam com maior intensidade as condições de eficiência coletiva favorável à procriação das "gazelas"⁴². Podem ser "pólos" difusores de crescimento, ou virtuosos "distritos" industriais com menor efeito irradiador, mas sempre são concentrações espaciais de atividades nas quais o aumento da produtividade de uma empresa decorre muito do fato de estar próxima de outras do mesmo ramo. Isso traz vantagens junto a fornecedores atraídos para o entorno, fortalece o mercado de trabalho especializado e facilita a crucial circulação de informações. Uma trindade de economias externas inerentes aos cachos, ou feixes de empresas (clusters) (Veiga, 2001).

Os *clusters* citados por Veiga são os Arranjos Produtivos Locais, onde concentrações espaciais de negócios independentes se comunicam, dialogam e transacionam para partilhar coletivamente tanto oportunidades quanto ameaças, gerando novos

⁴¹ Economias de escala são as que permitem a redução do custo unitário de produção quando se aumenta a capacidade operacional do empreendimento para sua produção e/ou distribuição; Economias de escopo são obtidas quando um mesmo esquema operacional passa a produzir ou distribuir mais mercadorias e; Custos de transação são aqueles embutidos na transferência de mercadorias e serviços entre diferentes unidades operacionais. Podem-se obter vantagens combinando este três elementos que variam a atenção da empresa entre a especialização ou a diversificação. (Veiga, 2001)

⁴² "Gazelas" são firmas dinâmicas que, independente do seu porte, produzem a maior parte dos novos empregos. (Veiga, 2001).

conhecimentos, concorrência inovadora e chances de cooperação ao fortalecer a confiança e o dinamismo econômico entre seus pares (Veiga, 2001).

No âmbito da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA⁴³ existe a possibilidade de realização do Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE que é um instrumento legal de diagnóstico do uso do território visando assegurar o desenvolvimento sustentável. O ZEE divide o espaço geográfico em zonas, a partir de critérios como recursos naturais, economia local, desenvolvimento das comunidades atingidas e de marcos jurídicos. A partir do ZEE são definidos quais os potenciais usos econômicos, as fragilidades ecológicas e as tendências de ocupação do território, observando as condições de vida da população. Essas informações reunidas irão compor possíveis cenários e servir como instrumento de negociação entre diversas visões locais, ou atores locais, para direcionar a tomada de decisões e investimentos. Joseph Stiglitz observa algumas condições para a organização de uma determinada comunidade:

Em primeiro lugar, para que a participação seja completamente significativa, ela deve estar amparada no conhecimento; daí o papel crucial da educação. Segundo, a simples convocação para a participação não resolve a questão da motivação: indivíduos (e grupos de indivíduos ou organizações) têm que estar motivados para participar. Em especial, será difícil manter a participação, se os participantes sentirem que não estão sendo ouvidos, ou que seus pontos de vista não estão sendo levados em conta no processo de tomada de decisões. O que se requer, portanto, é a participação num processo que construa arranjos institucionais, que incluam incentivos. As Instituições, os incentivos, a participação e a legitimidade devem ser vistos como complementares; nenhuma dessas questões é, individualmente, suficiente. A participação e a legitimidade são cruciais, portanto, e parece claro que o envolvimento de agentes externos não pode tomar o lugar da legitimidade local. (Stiglitz, 1998).

Uma estratégia de desenvolvimento rural que venha a ser baseada na produção de óleos vegetais deve utilizar APLs, mesmo que sejam apenas micro-regiões rurais dentro de ZEEs, que possuam a possibilidade de utilizar-se de economias de escopo e de menores custos de transação para fomentar o desenvolvimento sustentável nestas regiões e que poderiam migrar, pelo uso de sua agrobiodiversidade, para a auto-suficiência energética.

Neste capítulo observamos que os modelos econômicos devem ser orientados pelos critérios para um desenvolvimento sustentável, mas que existem modos de produção dominantes, advindo dos países ricos centrais, que tentam suprimir soluções locais dos países periféricos. Sobre as políticas públicas de governo que apoiam os biocombustíveis, vimos que o PNPB poderia ser revisado para incentivar o uso direto de óleo vegetal em motores diesel e que, dentre as rotas tecnológicas para a implantação dessa inovação tecnológica, o uso de APLs é um caminho para viabilizar o uso extensivo desta tecnologia, sem os pontos negativos do agronegócio em relação aos critérios de sustentabilidade.

⁴³ A Política Nacional do Meio Ambiente foi estabelecida pela Lei 6.938 de 1981, instituindo o Sistema Nacional do Meio Ambiente com o objetivo de estabelecer padrões que tornem possível o desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÕES

No “Capítulo 1 – Conceitos e Histórico” descreveu-se os conceitos de tecnologia (Freeman e Soete, 1997), inovação (Schumpeter, 1982), inovação incremental e radical (Lemos, 2000), fonte alternativa renovável, vetor energético (Rahde, 2009), desenvolvimento sustentável (Theodoro et al, 2006) (Bursztyn, 2006), países ricos centrais e países pobres periféricos [(g20, 2009), (g-20,2009), (OCDE, 2009)] e biomassa (ANEEL, 2009), mostrou-se como a biomassa pode ser fonte de energia e fez-se um breve histórico sobre as tecnologias dos motores à combustão, que possibilitaram o uso de óleos vegetais ou derivados de petróleo como vetores energéticos, fato que se dá após a Segunda Guerra Mundial com a implantação de um modelo de capitalismo tecnológico, que impôs um só modelo de tecnologia, de organização, de utilização de capital etc (Santos, 2007). Quando uma única tecnologia é utilizada em massa e seus meios de produção são controlados por poucas empresas mundiais, assim como na utilização dos motores à combustão com combustíveis fósseis, isto determina um processo de dominação de mercado, que tenderá a rejeitar soluções tecnológicas fora das linhas de produção estabelecidas ou de cunho regional.

Neste Capítulo também se fez um breve relato dos programas do governo brasileiro sobre biocombustíveis, como o Proálcool, Proóleo (Vasconcellos, 2001), OVEG (MME, 2008) e Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB (PNPB, 2008), constatando-se que a cadeia de refino e distribuição de combustíveis líquidos não é monopolizada, não possui subsídios nos combustíveis e que a participação do óleo diesel no mercado brasileiro de combustíveis líquidos é bastante significativa (ANP, 2008), sendo que a quase totalidade deste mercado atende o setor de transportes e de uso agrícola (Mourad, 2004).

No “Capítulo 2 – O óleo vegetal como combustível” apresentou-se a diferença entre o óleo vegetal e o biodiesel (figura 14), observou-se as vantagens no uso do óleo vegetal como combustível (Elsbett, 2008) e, ainda, que o Parlamento Europeu (2003) considera o óleo vegetal como um combustível apropriado para motores à combustão, desde que usado em motores compatíveis ao uso direto do óleo vegetal e que sigam os respectivos requisitos relativos às emissões. Comparou-se o óleo vegetal e o biodiesel com suas diversas formas de produção (Marchal, 2006), e se verificou que o biodiesel é quimicamente processado de um modo dispendioso quando em comparação ao uso do óleo vegetal puro, pois a transformação do óleo vegetal em biodiesel necessita de reações químicas em escala industrial (figura 15), com dispêndio de insumos químicos e energéticos e utilização de mão-de-obra especializada (Lima, 2004). Observou-se, ainda, que o uso direto de óleos vegetais poderia trazer dificuldades de controle da tributação do óleo vegetal como combustível e de

controle de qualidade para o consumidor final (ANP, 2008), mas soluções com tributação diferenciadas e sistemas de controle de qualidade com sensores químicos portáteis devem ser debatidas, já que o uso direto do óleo vegetal pode ser interessante do ponto de vista do usuário.

A busca de uma forma correta de comercialização dos biocombustíveis indica que não se deve impedir que uma inovação tecnológica, que traz benefícios econômicos e ambientais para a sociedade que a utilizará, não possa ser implantada pela motivação de que não se deve alterar a estrutura anterior por ainda ser uma estrutura economicamente estável. Pois restringir as inovações que não se adequam aos moldes praticados pelo modelo atual de comercialização e tributação, parece ser um mecanismo artificial para inviabilizar um salto tecnológico. A manutenção deste modelo, neste caso, exige custos econômicos adicionais para a transformação técnica do óleo vegetal em biodiesel e para desenvolver a sua logística de distribuição, que são arcados pelos consumidores de combustíveis.

Assim, foram apontados quais os problemas, causas e soluções mais comuns para viabilizar o uso de óleo vegetal em motores diesel (Tabela 1) (Elsbett, 2008) e apresentaram-se sete exemplos selecionados do uso direto do óleo vegetal no Brasil que identificam problemas comuns no uso desta tecnologia e as soluções encontradas para evitá-los. Verificou-se que alguns modelos de tratores e caminhões podem trabalhar sem problemas com misturas de óleo vegetal ao diesel (CATI-SAA/SP, 2009), também utilitários com motores de ciclo diesel mais modernos, que foram inseridos no mercado automotivo nos últimos quatro anos, já trabalham com uma maior pressão da bomba injetora e estão capacitados a utilizarem misturas de óleo diesel mineral e óleo vegetal prensado a frio (ICD; REPAS; TECPAR, 2008), assim como os motores *flex fuel* de ciclo Otto podem trabalhar com misturas de álcool e gasolina. Para os modelos anteriores de motores diesel, sem esta tecnologia, a técnica de adaptação com dois tanques mostra-se viável para intercalar o consumo de óleo diesel mineral e OV100 [(MME, 2005, 2006a, 2006b), (Coelho, 2004, 2005a, 2005b), (IDER, 2008), (IMCA, 2009)]. Viu-se que a maior barreira de entrada a esta tecnologia é a sua correta divulgação e o treinamento dos técnicos que efetuarão as modificações adequadas nos motores para a utilização direta do óleo vegetal como combustível (Tabela 1).

Um dos maiores preconceitos ao uso direto do óleo vegetal em motores diesel está ligado às emissões da combustão do óleo vegetal, principalmente a emissão de Acroleína, que se emitida em concentrações acima de 2 PPM (partes por milhão) é um irritante pulmonar severo e um agente lacrimogêneo, mas não existem estudos que indiquem que a Acroleína possa causar efeitos carcinogênicos para o ser humano, apesar de um único

estudo ter verificado em laboratório que a ingestão de Acroleína diluída em líquidos mostrou aumento de tumores cancerígenos em ratos, a mesma pesquisa também mostrou que não ocorreram danos carcinogênicos por inalação (EPA, 2008a). Observou-se que a combustão do diesel e do biodiesel também emite aldeídos como a Acroleína, o Formol e a Acetona (Tabela 2) (TECPAR, 2007) e assim as soluções de filtros e catalisadores utilizadas pelos atuais motores a diesel também podem ser compartilhadas com motores que utilizem diretamente o óleo vegetal. No entanto, como diferencial em relação aos combustíveis fósseis, os óleos vegetais são livres de metais em sua composição (EPA, 2008b), não emitem óxidos de enxofre (SO_x) e sua combustão não provoca um aumento da emissão de gás carbônico (CO_2) na atmosfera, pois o volume de CO_2 emitido na combustão é menor que o volume absorvido inicialmente pela planta produtora do óleo vegetal (RETERM, 2008).

Este capítulo observou que a Pesquisa e o Desenvolvimento (P&D) de novos motores não devem se restringir à busca de inovações incrementais das tecnologias já utilizadas pelos fabricantes de motores à combustão da atualidade, pois com isso acaba-se protelando o desenvolvimento de inovações radicais, que possuem elevado potencial de gerar mais e melhores ganhos de eficiência, ambientais e econômicos para todos os usuários de transportes e geração de energia.

No “Capítulo 3 – O planejamento energético e seus cenários” observou-se que na atividade de planejamento do Governo utiliza-se conceitos que tentam justificar a escolha de determinadas tecnologias dentro do planejamento estratégico energético, e que este pode ser um instrumento para apoiar as empresas que já desenvolvem e detêm as tecnologias em uso (Santos, 2007), incorporando na economia nacional as barreiras de entrada e saída que estas escolhas tecnológicas induzem, o que restringe a inserção de inovações que estejam em desacordo com o interesse das empresas já estabelecidas no mercado.

Observou-se também que o País não possui um Sistema Nacional de Inovação Tecnológica (Guimarães, 1997) e, em boa medida, ainda utiliza um modelo linear de investimento em P&D que não auxilia a transformação de ciência básica em tecnologias e beneficia os países ricos centrais que já possuem empresas de base tecnológicas aptas a absorver a ciência básica desenvolvida nos países periféricos (Viotti, 2001). Deste modo, para os países periféricos, é possível inferir que uma estratégia mais adequada do que apoiar tecnologias tradicionais seria investir em soluções não tradicionais, pois estas abrem possibilidades de pular etapas de desenvolvimento, visto que novas tecnologias abrem janelas de oportunidade para criar novos mercados, diminuindo ou até tornando insignificantes as barreiras de entrada, possibilitando que empresas nascentes tenham menores riscos e evitem o confronto direto com as tradicionais empresas líderes do mercado mundial.

Viu-se que o planejamento energético brasileiro reconhece a hidroeletricidade como fonte prioritária para a expansão da oferta de energia elétrica, no entanto, para atender às necessidades futuras de uma sociedade baseada no desenvolvimento sustentável, dá-se no planejamento de médio e longo prazo do país uma maior importância às termelétricas de fontes fósseis que às fontes alternativas de energia renovável como fontes complementares ao “período molhado” das hidrelétricas (MME, 2006, 2007b, 2008). Deste modo, verificou-se que falta no planejamento energético brasileiro uma visão comprometida com a sustentabilidade que direcione os cenários prospectivos de futuro da matriz energética brasileira (Simioni, 2006). Como as políticas de fomento do Governo são baseadas principalmente nos Fundos Setoriais do FNDCT (MCT, 2009) e estes se baseiam em valores desiguais de fomento com ênfase nas áreas de tecnologias fósseis tradicionais, visto que estas são as maiores contribuintes de tais fundos, este modelo de P&D provoca um ciclo vicioso que induz a manutenção do mesmo padrão energético atual. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologia para as fontes de energia alternativa renovável continuará a depender de políticas de fomento, apoiadas pelo Governo. Observou-se, no entanto, que deveria haver uma política de apoio às fontes alternativas renováveis de energia explicitada pelo planejamento energético para conduzir a um modelo de desenvolvimento sustentável (Bursztyn, 2001) no âmbito do planejamento estratégico, e não necessariamente de vantagens a serem concedidas por alguma externalidade positiva do projeto, pois ao se valorar as fontes alternativas renováveis de energia em relação ao seu potencial energético e às suas curvas de aprendizado tecnológico, que poderão diminuir seus custos, esta opção, além de possuir critérios mais sustentáveis que seus equivalentes fósseis, também representam inovações tecnológicas que são fenômenos qualitativamente novos que injetariam vitalidade econômica nas cadeias produtivas da sociedade (Schumpeter, 1982).

Para tentar compreender este comportamento, que na prática se apresenta como contrário às fontes alternativas renováveis observou-se que as rotas tecnológicas escolhidas pelo mercado não estão necessariamente ligadas aos critérios de sustentabilidade (Arend e Cario, 2004), pois ao escolher determinadas tecnologias no passado, as empresas e organizações produzem nelas mesmas uma rigidez estrutural, que ocorre quando os custos para uma mudança de sistema tecnológico se tornam excessivos e qualquer mudança na estrutura econômica do mercado alvo acaba sendo considerada um risco ao negócio, que não poderá ser desmontado ou transformado rapidamente em um novo processo ou novo produto que venha a se apresentar como mais satisfatório ao seu potencial mercado consumidor (Martins, 2001). Como consequência do ciclo descrito acima, sempre haverá mais apoio institucional para a implantação de inovações incrementais que para inovações radicais, com o objetivo de manter os modelos tecnológicos vigentes.

Por fim, analisou-se, neste capítulo, que o potencial de mercado para o desenvolvimento de tecnologias de fontes alternativas renováveis é muito maior do que apontam as projeções de planejamento energético até aqui realizadas pelo setor público, mas, se isto inibe os investimentos nessas áreas, não impede que investidores de risco possam auferir ganhos 'schumpeterianos' num mercado que pode tanto mudar a perspectiva de crescimento da economia brasileira, como alterar sua matriz energética e os fatores de produção para a geração de riquezas, e até mesmo mudar as condições possíveis para promover o desenvolvimento sustentável, naturalmente influenciando positivamente o ente público e a sociedade nesta direção.

Finalmente no "Capítulo 4 - Sustentabilidade, Inovação e Fontes Renováveis de Energia" efetuou-se a análise dos conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade e a contextualização dos casos apresentados. Viu-se que no Brasil do século XX, mesmo nos períodos de crescimento econômico, no desenvolvimentismo entre 1930 e 1960 e no início da década de 1970, não houve distribuição das riquezas produzidas nem preocupação com a produção de conhecimento próprio (Viotti, 1997). Mas, que nos países ricos centrais, mesmo durante os períodos de modelos econômicos não-desenvolvimentistas, como o modelo neoliberal explicitado no "Consenso de Washington" nas décadas de 1980 e 1990, os países adeptos destes modelos nunca se retrairam integralmente em favor do mercado e nunca deixaram de intervir de forma ativa na economia e no desenvolvimento científico e tecnológico de suas empresas (Staub, 2001). Observou-se então, que a busca da diferenciação das funções de produção é uma característica fundamental do sistema de produção internacional, o que comprova a importância da mudança técnica na explicação do desenvolvimento das nações, apesar das teorias econômicas neoclássica e neoliberal indicarem o comportamento contrário. Assim, viu-se que a contextualização dos modelos econômicos no fim do Século XX e início do Século XXI, necessitaria, para uma maior correção de suas análises e acertos, considerar mais do que apenas relações empresariais e ganhos econômicos, devendo-se aprofundar as discussões de tais modelos para que sejam orientadas para um desenvolvimento sustentável [(Sen, 2000), (Rothschild e Stiglitz, 1976), (Stiglitz, 1998)], observou-se também que deve-se evitar difundir a noção de que a sustentabilidade corresponde a impor restrições ambientais e não se discutir os processos político-institucionais que regulam a sociedade, nem se discutir processos de mudança nos padrões de consumo, pois evitar esta discussão refletiria um processo de "conservadorismo dinâmico", em que uma posição conservadora assume um discurso transformador para garantir que nada se transforme (Guimarães, 2001), pois esta pesquisa reafirma a idéia de que a Ciência Econômica estudou por tempo demasiado a formação e distribuição do produto do trabalho do homem e não pode mais, ao tentar ampliar a produção sem limites,

continuar a ignorar a natureza e restringir as externalidades da economia de cada país apenas ao seu próprio espaço geográfico, sem observar a influência da economia de cada país no todo da Terra (Buarque, 2007).

No entanto, as análises realizadas nos casos descritos no Capítulo 2, permitem afirmar que para se alcançar resultados sustentáveis cada caso teve que respeitar suas particularidades, com soluções únicas de logística, de respeito à cultura local, de uso de matérias-primas regionais. Deste modo estas soluções não são reproduzíveis em larga escala para o modelo econômico atual, que exige rapidez na circulação de idéias, mensagens, produtos ou dinheiro, e neste contexto, a manutenção da rapidez destes processos se baseia na formação de redes técnicas que suportem um modelo de competitividade que favoreçam os atores econômicos dominantes (Santos, 2002). Assim, observou-se que no uso direto do óleo vegetal como vetor energético, mesmo que a tecnologia utilizada seja simples de ser replicada, sem a necessidade de importação de bens, sem propriedade intelectual, com baixos custos de operação e manutenção, este tipo de escolha tecnológica vai contra as redes globais dominantes que buscam conformar a divisão mundial do trabalho por meio de implantação de padrões de circulação, distribuição e de consumo de produtos, pois este modelo econômico tem a pretensão de manter um fluxo cada vez mais rápido de consumo e, sempre que possível, dependente de seus padrões tradicionais (Santos, 2002).

Nesses termos, a opção técnica por uma matriz energética sustentável não depende exclusivamente de uma escolha individual do consumidor, pois é fundamentalmente uma opção política do Estado pela mudança no sistema de desenvolvimento, pois a visão do Estado se obriga a observar as escolhas tecnológicas e de seus meios de produção para influenciar o planejamento estratégico e o desenvolvimento do país, implicando em inúmeros desdobramentos para os beneficiários das políticas de governo, tanto para a segurança energética e alimentar, como para suas alternativas, pois a tecnologia do uso direto dos óleos vegetais como combustíveis poderia ser utilizada para, ao mesmo tempo, diminuir a dívida social e a dívida ecológica da humanidade (Sachs, 2002), desde que se utilize uma combinação adequada de alimento, combustível, fertilizantes, suprimentos e ração industrializada, o que exigiria uma série de políticas complementares como o acesso justo à terra, ao conhecimento, ao crédito, ao mercado e a educação (Idem) o que em parte poderia ser apoiado pelos programas de fomento do MAPA, Plano Nacional da Agroenergia – PNA (MAPA, 2005), e do MDA, como o PRONAF e a assistência técnica rural (MDA, 2009). No entanto, o PNPB (2008), que editou o marco regulatório de apoio aos óleos vegetais, organizou a cadeia produtiva, definiu as linhas de financiamento, estruturou sua base tecnológica, desde que transformados em biodiesel por meio da transesterificação, e o

uso direto de óleos vegetais em motores diesel não se encontra contemplado nesta Política de Governo, apesar de estar presente na literatura técnica e ser do conhecimento dos responsáveis pelo PNPB (INT, 2004).

O estudo permitiu atestar que a tendência da legislação é de limitar os níveis de emissão de poluentes para diminuir os níveis de enxofre e outros poluentes atmosféricos (Albuquerque e Anhalt, 2006) o que poderia incentivar o uso dos óleos vegetais, assim como o biodiesel, para diminuir as emissões de gases de efeito estufa. No entanto, para a inserção sustentável dos óleos vegetais como combustíveis será necessário evitar a produção em larga escala, que induz a desequilíbrios e impactos ligados às questões ambientais e sociais, e incentivar a economia familiar, segmento produtivo no qual os Arranjos Produtivos Locais - APLs (Veiga, 2001), dentro do contexto dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos – ZEEs, é um caminho possível para viabilizar o uso extensivo desta tecnologia sem os pontos negativos do agronegócio em relação aos critérios de sustentabilidade.

No “Anexo 1 - Legislação brasileira sobre eletricidade alternativa renovável”, apresenta-se um resumo da legislação de apoio à energia alternativa renovável para a geração de eletricidade, enquanto no “Anexo 2 - Legislação brasileira para o Biodiesel” faz-se um resumo da legislação de apoio ao PNPB. No “Anexo 3 - Experiências do uso direto do óleo vegetal no Brasil” descreve-se mais detalhadamente os projetos citados no Capítulo 2.

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação mostrou que, ao tentar substituir empreendimentos de geração de energia que utilizem fontes fósseis por outros que utilizem inovações radicais de fontes alternativas renováveis que possam vir a quebrar paradigmas de geração, distribuição ou comercialização de energia, encontram-se vantagens institucionais para a manutenção dos combustíveis fósseis. No entanto, as tecnologias tradicionais que possuem uma estrutura industrial consolidada, também possuem maiores barreiras de saída que aumentam os custos para se ter acesso aos novos mercados a serem abertos por tecnologias disruptivas.

RECOMENDAÇÕES

Para as empresas inseridas no modelo tecnológico atual, recomenda-se diversificar seus investimentos por meio de participações em novas empresas de base tecnológica - EBTs que apresentem potencial de geração de inovações radicais no uso direto do óleo vegetal como combustível. A participação neste novo mercado, além da produção de óleos vegetais, também pode vir de setores correlatos ao uso dos combustíveis, como a produção de novos motores, sejam multicompostíveis ou híbridos elétricos, ou ainda da inserção de novos serviços associados a estas novas tecnologias, como assessoria tecnológica, financiamento de compradores de tecnologias ou na organização de consumidores,

Para auxiliar o planejamento energético brasileiro a buscar o desenvolvimento sustentável, recomenda-se considerar a viabilidade de fontes alternativas renováveis de energia em relação ao seu potencial energético, às suas curvas de aprendizado tecnológico, bem como às disponibilidades dos agroecossistemas.

Para regulamentar o uso direto de óleos vegetais como combustível sugere-se que seja revista a regulamentação da ANP, adequando-a a Lei nº 11.097, de 13/01/2005, para liberar o uso dos óleos vegetais como combustíveis no Brasil; e que seja revisto o PNPB, para incluir os óleos vegetais puros como um dos combustíveis viáveis para o uso em motores diesel, desde que os motores estejam adaptados para isto.

Para incentivar o uso direto de óleos vegetais em motores de ciclo diesel, recomenda-se incentivar o seu uso em comunidades rurais auto-produtoras de energia que possam utilizar os óleos vegetais em Arranjos Produtivos Locais - APLs e tornar obrigatório o seu uso em frotas cativas de ônibus urbanos em cidades com problemas de poluição ambiental, para diminuir os níveis de emissão de particulados e de outros poluentes atmosféricos.

Espera-se que, independente de quais sejam as próximas fontes de energia renováveis que venham a ser disponibilizadas por inovações tecnológicas, a busca por critérios de sustentabilidade seja uma das premissas na escolha dos novos padrões tecnológicos, para que se planeje minimizar as armadilhas de rigidez estrutural que intentem manter padrões não-sustentáveis e, assim, possa-se influir, efetivamente, na construção de bases sustentáveis para o futuro desta e das próximas gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRENER - Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. **Anais...** Campinas, 2000, 2002, 2004, 2006.

ALBUQUERQUE, Ivo C. de, e **ANHALT**, Jörgdieter. **Eletrificação de Comunidades Isoladas Através de Óleo Vegetal Produzido Localmente**. Encontro Técnico-Científico da 6ª Ecolatina. 18 a 21 de setembro de 2006. Belo Horizonte. 2006.

ALBUQUERQUE, Nestor Nogueira de. **Ferramentas Aplicadas em Planejamento Estratégico: Projeção e Análise de Cenários e Mini-cenários**. Mimeo. IBC do Brasil. 2006.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. ANEEL. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 12/01/2009.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 22/12/2008.

AREND, Marcelo e **CARIO**, Silvio Antonio Feraz. **Path dependence, Lock-in, Catching-up, Embeddedness e Desequilíbrio na Trajetória de Desenvolvimento Industrial do Rio Grande do Sul no Século XX**. XXXII Encontro da Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia - ANPEC 2004. Disponível em: http://www.anpec.org.br/encontro_2004.htm, Acesso em 01/03/2008.

BENEMANN. John R. **Opportunities and challenges in algae biofuels production**. Position Paper do ALGAE WORLD 2008. Disponível em <www.futureenergyevents.com/algae/>. Acesso em 02/04/2009.

BIODIESELBR. **Política de Preços do Diesel**. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/diesel/diesel-combustivel.htm>>. Acesso em 01/02/2009.

BUARQUE, Cristovam. **Da ética a ética – Minhas dúvidas sobre a Ciência Econômica**. Senado Federal. Brasília. pp 165. Novembro de 2007.

BURSZTYN, Marcel. **Políticas Públicas para o Desenvolvimento (Sustentável)**, In A Dificil Sustentabilidade, Garamond Universitária, Rio de Janeiro, pp 59-76, 2001.

BURSZTYN, Maria Augusta Almeida; e **BURSZTYN**, Marcel. **Desenvolvimento Sustentável: biografia de um conceito**. In: NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do; VIANNA, João Nildo (Orgs.). Economia, meio ambiente e comunicação. pp. 54-67 Rio de Janeiro: Garamond. 2006.

CÁCERES, Dílson. **Oleaginosas para Biocombustível**. II Fórum de Óleo Vegetal em Motores da CATI-SAA/SP, 29 de Novembro de 2007. Campinas/SP. 2007.

CATI-SAA/SP - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Óleo Biocombustível Ecológico**. Disponível em <http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_produtos/SementesMudas/oleo_girassol.php>. Acesso em 22/01/2009.

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Apresentação de Projetos**. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/projetos.htm>. Acesso em 30/01/2009.

CEPEL e Eletrobrás. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, 2001, disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm>, Acesso em 10/07/2007.

CLEGG, Brian. **Creativity and Innovation for Managers**. Institute Of Management. Editora Butterworth-Heinemann. 124pp. 1ª edição. 1999.

CMA – Centro de Monitoramento de Agrocombustíveis - Repórter Brasil. **O Brasil dos Agrocombustíveis: Os Impactos das Lavouras sobre a Terra, o Meio e a Sociedade**, Vols. 1 e 2. Disponível em <<http://www.reporterbrasil.org.br/agrocombustiveis/relatorio.php>>. Acesso em 08/12/2008.

COELHO, Suani Teixeira et al. **A utilização de óleo de palma “in natura” como combustível em grupos geradores**. I Congresso Internacional de Bioenergia, 18 a 21 de Outubro de 2004. Campo Grande. 2004.

_____. **Uso de óleo de palma “in natura” como combustível em comunidades isoladas da Amazônia**. III Workshop Brasil-Japão em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 23 a 25 de novembro de 2005. Campinas. 2005a.

_____. **Palm Oil as Fuel to Conventional Diesel Engines in the Amazon Region Isolated Communities**. 14th European Biomass Conference and exhibition. 17 a 21 de Outubro de 2005. Paris, França. 2005b.

COSTA, Claudia do Valle, **Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: Lições da experiência Européia para o caso brasileiro**. Tese D.Sc.- Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, pp 233. 2006.

COSTA, Helena Araújo e Nascimento, Elimar . **Cenários para o turismo no Brasil 2007-2010: análise da consistência metodológica e plausibilidade dos cenários**. Caderno Virtual de Turismo. Vol. 7, N° 3. 2007. Disponível em <<http://www.ivt.coppe.ufrj.br/caderno/ojs/include/getdoc.php?id=723&article=258&mode=pdf>>. Acesso em 15/02/2009.

COSTA. Ticiania Leite. **Características físicas e físicoquímicas do óleo de duas cultivares de mamona**. Dissertação da UFCG. Campina Grande. pp.113. Março de 2006.

DOS SANTOS. André Luiz Ferreira. **Produção de Bioóleo a partir do craqueamento térmico de gorduras residuais derivadas de biomassa animal e vegetal**. Dissertação de Mestrado na UnB. Brasília. 80p. 2007.

ELSBETT. **Engines running on pure vegetable oil as regrowing fuel: History, Development, Experience, Chances**. 2008, disponível em < <http://www.elsbett.com/>>. Acesso em 20/10/2008.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Air Toxics Web Site**. Disponível em <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/acrolein.html>. Acesso em 15/12/2008. 2008a.

_____. **Mobile Source Air Toxics**. Disponível em <http://www.epa.gov/otaq/toxics.htm>. Brasília. 2008b. Acesso em 23/10/2008.

FARAJ, Luis Chain. **Biodiesel Update**. Apresentação da Cummins do Brasil In Anais do I Simpósio Brasileiro de Combustíveis, Biocombustíveis e Emissões. São Paulo. 14 e 15 de maio de 2008.

FREEMAN, Chris e **SOETE**, Luc. **Introduction**. In _____, The economics of industrial innovation, 3ª edição, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, pp. 01-25, 1997.

FURTADO, Celso. **Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico**. Editora Nacional, São Paulo, SP. 1967.

_____. **O mito do desenvolvimento econômico**. Editora Paz e Terra. Rio de Janeiro, RJ. 1974.

G20 - The Group of Twenty. **What is the G-20**. Disponível em <<http://www.g20.org>>. Acesso em 10/03/2009.

G-20 – Grupo dos países em desenvolvimento. **Histórico**. Disponível em <[http://www.g-](http://www.g-20.org)

20.mre.gov.br>. Acesso em 10/03/2009.

GIACAGLIA, Giorgio Eugenio Oscare. **Curso Interativo de Física: Ciclos Termodinâmicos Técnicos**. Disponível em <<http://br.geocities.com/resumodefisica/termodinamica/trm08.htm>>. Acesso em 03/10/2008.

GUIMARÃES, Arthur Oscar. **Inovação Tecnológica, mudança técnica e globalização – Conceitos Básicos**. In Dimensão Econômica da Inovação; ABIPTI/SEBRAE/CNPq; Brasília. pp 147, pp. 23-54.1997.

GUIMARÃES, Roberto P. **A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento**. In Viana; Silva e Diniz (orgs.). O Desafio da Sustentabilidade – um debate socioambiental no Brasil, Editora Fundação Perseu Abramo, São Paulo, pp. 43–71. 2001.

HOLANDA, Ariosto. **Biodiesel e inclusão social**. Série cadernos de altos estudos n. 1. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. Brasília. 2004.

ICD – Instituto Cristão de Desenvolvimento, **REPAS** – Rede Evangélica Paranaense de Assistência Social, e **TECPAR** - Instituto de Tecnologia do Paraná. **Convênio Projeto Mini-usinas Comunitárias de Óleo Vegetal: Relatório parcial nº 2 – 70.000 km de Óleo Vegetal Direto em Camionete de Injeção Eletrônica**. Mimeo. Curitiba/PA. Novembro de 2008.

IEA – International Energy Agency. **Worldwide Fuels Standards** - Overview of specifications and regulations on (bio)fuels. Relatório técnico, 2006, disponível em <<http://www.task39.org/LinkClick.aspx?fileticket=8PeRuTq%2BGqQ%3D&tabid=1806&mid=3278&language=en-US>>. Acesso em 27/02/2009.

IMCA - Instituto Morro da Cutia de Agroecologia. **Óleo vegetal reciclado como biocombustível**. Disponível em <<http://www.morrodacutia.org/>>, Acesso em 03/02/2009.

INT – Instituto Nacional de Tecnologia. **Referências Históricas sobre o uso de óleos vegetais como combustíveis**. In **HOLANDA**, Ariosto. Biodiesel e inclusão social. Série cadernos de altos estudos n. 1. (pp.169-189). Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. Brasília. 2004.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Founding an International Renewable Energy Agency**. Mimeo, publicado pela IRENA. Disponível em <<http://www.irena.org>>. Acesso em 16/03/2009.

ITURRA, A.R. **Análise histórica do biodiesel no Brasil**. Relatório apresentado ao Grupo de Trabalho Interministerial sobre biodiesel. Casa Civil da Presidência da República. Brasília. Setembro de 2003.

KNOTHE, Gerhard. **Historical perspectives on vegetable oil-based diesel fuels**. The American Oil Chemists' Society - AOCS inform. Volume 12. November 2001. Disponível em <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20011101_gen-346.pdf>. Acesso em 12/01/2009.

LEMONS, C. **Inovação na era do conhecimento**. Brasília, CGEE/MCT, Revista Parcerias Estratégicas, número 8. maio de 2000.

LIMA, Paulo César Ribeiro. **O biodiesel e a inclusão social**. Estudo da Consultoria Legislativa da Câmara. Câmara dos Deputados. Agosto de 2004.

LENHARDT, Paulo Roberto e **LENHARDT**, Frederico Pölking. **Motor diesel pode ser adaptado para óleo vegetal puro**. Revista Permacultura Latina, disponível em <<http://www.permaculturalatina.org.br/>>. Acesso em 10/10/2006.

MARCHAL, Carlos Torres. **Utilização de óleos vegetais como combustíveis e lubrificantes**. In O Futuro da Indústria: Biodiesel. Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – 14. MDIC. Brasília. p. 137-143. 2006.

MARTINS, Paulo Roberto. **Por uma política ecoindustrial**. In Viana; Silva e Diniz (orgs.). O Desafio da Sustentabilidade – um debate socioambiental no Brasil. SP: Editora Fundação Perseu Abramo, pp. 97–124. 2001.

MATUS, Carlos. **Política, Planejamento e Governo**. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas - IPEA, Brasília. 1997.

MDA – Ministério de Desenvolvimento Agrário. **Portal da Secretaria de Agricultura Familiar**. Disponível em <<http://www.mda.gov.br/saf/index.php?sccid=813>>. Acesso em 22/01/2009.

MDI – Motor Development International. **Conceito Industrial**. Disponível em <<http://www.mdi.lu>>. Acesso em 20/01/2009.

MME - Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional - BEN**. Brasília, MME, 2002.

_____. **Relatórios do Convênio 011/2002-MME/IDSM: Óleos vegetais para geração de energia e valorização das oleaginosas na área da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã - RDSA, município de Maraã/AM**. Mimeo. Brasília. 2005a.

_____. **Relatórios do Convênio 006/2005-MME/RIOMAR: Produzir conhecimento, implementar, monitorar e avaliar um processo de produção de energia com utilização de óleos vegetais como combustível**. Mimeo. Brasília. 2005b.

_____. **Apresentação do Programa de Incentivo ao Uso de Fontes Alternativas - Proinfa**, disponível em : <<http://www.mme.gov.br>>, Acesso em 10/07/2007, Brasília, 2007a.

_____. **Plano Nacional de Energia – PNE 2030**, disponível em : <<http://www.mme.gov.br>>, visualizado em 10/07/2007, Brasília, 2007b.

_____. **Balanco Energético Nacional - BEN**. Brasília, MME, 2008a.

_____. **O Biodiesel**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel>. Visualizado em 07/03/2008. 2008b.

_____. **Plano Decenal de Energia Elétrica – PDE 2008/2017**, disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>, visualizado em 12/01/2009, Brasília, 2009.

MOREIRA, José Roberto. **Críticas ambientalistas à Revolução Verde**. Anais do X World Congress of Rural Sociology – IRSA e do XXXVII Brazilian Congress of Rural Economic and Sociology – Sober, Workshop n. 38. Greening of agriculture. Rio de Janeiro, 2000.

MOON, John F. **Rudolf Diesel and the Diesel Engine** - Pioneers of science and discovery. Piory Press. EUA. 1974.

MOURAD, Anna Lúcia. **Óleos Vegetais Combustíveis sob Algumas Considerações Econômicas**. mimeo, AGRENER 2004, Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, Campinas, 2004.

NICOLSKY, Roberto. **Inovação tecnológica industrial e desenvolvimento sustentado**; In Parcerias Estratégicas nº 13 (dezembro de 2001). Brasília: Centro de Estudos Estratégicos do Ministério de Ciência e Tecnologia, pp. 80–108. setembro 2001.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. Biodiesel: para fazer acontecer. **O Estado de S.Paulo**. São Paulo. 05/01/2004.

NUNES, Brasilmar Ferreira. **Sistema e atores da ciência e tecnologia no Brasil**. In: A. M.

FERNANDES e F. A. SOBRAL (orgs.) Colapso da Ciência & Tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Relume-Dumará, pp. 41-79.1994.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico . About OECD. Disponível em <<http://www.oecd.org>>. Acesso em 10/03/2009.

PARADIGMSENSORS. Apresentação do Sensor portátil i-SPEC™ Q-100. Disponível em <http://www.paradigmsensors.com>. Acesso em 12/01/2009.

PARLAMENTO EUROPEU e CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2003/30/CE de 8 de Maio de 2003 - relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes. In Jornal Oficial da União Europeia, Edição L123 de 17/05/2003, Item 42, disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:PT:PDF>>. Acesso em 01/11/2008.

PETROBRAS. Processo H-BIO - Tecnologia Petrobras para produção de óleo diesel renovável. 2009, disponível em <<http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/port/hbio.asp>>. Acesso em 27/01/2009.

PORTO, Geciane S. A informação e o processo decisório a respeito da cooperação Empresa-Universidade. Artigo apresentado no XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. 7 a 10 de Novembro de 2000. São Paulo. SP. 2000.

PNPB - Programa nacional de Produção e Uso do Biodiesel. **Relatório do Grupo de Trabalho Interministerial sobre a viabilidade de utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia.** disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Brasília. 2008. Acesso em 20/10/2008.

RAHDE, Sérgio Barbosa. Administração de energia: Recursos Energéticos, 2009, Mimeo. PUCRS. Disponível em <<http://www.pucrs.br/feng/>>. Acesso em 04/03/2009.

REDERS, Klaus. History of diesel engine and diesel fuel. In Handbook of fuels: Energy Sources for Transportation. Org. Barbara Elvers. Editora Wiley-Vch Verlag GmbH. 2008.

RETERM – Revista da Engenharia Térmica. **Editorial.** Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia Mecânica. Volume 6, n. 1, abril de 2008. Disponível em <http://demec.ufpr.br/reterm/ed_ant/11/editorial/index.htm>. Acesso em 16/12/2008.

REVISTA QUATRO RODAS. Revolução. Ano XXVIII. nº 325. p.60 a 75. São Paulo. 1987.

ROTHSCHILD, Michael e STIGLITZ, Joseph. Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 90, n. 4. Editora MIT Press., pp. 629-649. Novembro de 1976.

SABERTEC. O que são Emissões de Diesel? 2009, disponível em: <http://www.sabertec.org/portuguese/101_diesel_2.html>. Acesso em 12/01/2009.

SACHS, Ignacy. Brasil rural: da redescoberta à invenção. In Revista de Estudos Avançados. Volume 15, número 43, set/dez/2001, pp.75-82, Universidade de São Paulo - USP. São Paulo. 2001.

_____. **Rumo a uma moderna civilização baseada em biomassa.** In Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Garamond, Rio de Janeiro. pp.29-46. 2002.

SANCHEZ, Tirso W. S. Indicadores. Mimeo, Centro de Desenvolvimento Sustentado – CDS/UnB, Brasília, 2007.

SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. Editora Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

_____. **Economia Espacial: Críticas e Alternativas.** Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP. 2007.

SCHUMPETER, J. A. **O Fenômeno Fundamental do Desenvolvimento**, Cap. II. In Schumpeter, Teoria do Desenvolvimento Econômico, Coleção Os Economistas, São Paulo, Abril Cultural, pp 43-66. 1982.

SCHWARTZ, Peter. **Uma Nova visão dos negócios** - Entrevista a Jorge N. Rodrigues. Disponível em: <<http://www.janelanaweb.com/digitais/novavisao.html>>. Acesso em 08/02/2009. Brasília. 2009.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Editora Companhia das Letras. São Paulo. 2000.

SIMIONI, Carlos A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira**. Tese (Doutorado em Meio-Ambiente e Desenvolvimento). 314p. UFPR. Curitiba. 2006.

SCHRIMPF, Ernst. **Biodiesel ou Óleo Vegetal?** Palestra proferida em 21/11/2002 sobre o potencial da biomassa no Estado da Renânia-Palatinado / Alemanha. Mimeo. 2002.

SKYPE. **Press Releases**. Disponível em: <<http://www.skype.com/intl/pt/>>. Acesso em 06/02/2009.

SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações**. Martins Fontes, 1ª ed. São Paulo. 1392p. 2003.

STAUB, Eugênio. **Desafios estratégicos em ciência, tecnologia e inovação**; In Parcerias Estratégicas nº 13 (dezembro de 2001). Brasília: Centro de Estudos Estratégicos do Ministério de Ciência e Tecnologia, pp. 05–22. setembro de 2001.

STIGLITZ, Joseph E. **Em busca de um novo paradigma para o desenvolvimento: estratégias, políticas e processos**. Palestra proferida na UNCTAD, Genebra. Mimeo. 1998.

SUAREZ, P. A. Z. e **MENEGHETTI**, S. P. M. **70º Aniversário do biodiesel em 2007: Evolução histórica e situação atual no Brasil**. Química Nova, v. 30, n.8, 2007. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n8/46-AG07046.pdf>>. Acesso em 09/01/2008.

TECPAR. **Biodiesel na geração de energia elétrica**. Apresentação em 18 de outubro 2007. Mimeo. Brasília. 2007.

THEODORO, Suzi Huff et al. **Mediação dos conflitos sócio-ambientais**. Editora Garamond. 220pp. 1ª edição. Rio de Janeiro. 2006.

TATA MOTORS. **Press Releases**. Disponível em: <<http://tatanano.inservices.tatamotors.com/tatamotors/>>. Acesso em 06/02/2009.

TOLMASQUIM, M. T. **A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio**, Ed. COPPE/UFRJ. Centro de Estudos de Energia – Energe. Rio de Janeiro. 2000.

TRAMWAY INFORMATION, **Apresentação das histórias dos trens**. disponível em: <<http://www.tramwayinfo.com/Cards/Postc3.htm>>. Acesso em 01/11/2008.

SHIROUZU, Norihiko. A líder chinesa na corrida do carro elétrico. **Valor Econômico**. São Paulo. 13/01/2009.

VASCONCELLOS, Gilberto F. e Bautista Vidal, J.W. **Poder dos Trópicos: Meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira**. Editora Casa Amarela, São Paulo, 2001.

_____, Gilberto F. **A salvação da lavoura** – Receita da fartura para o povo brasileiro. Editora Casa Amarela, São Paulo, SP. 2002.

VEIGA, José Eli da. **O Brasil rural ainda não encontrou seu eixo de desenvolvimento**. Revista de Estudos Avançados. Vol.15. nº43 Set./Dez. 2001. São Paulo. 2001.

VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. 3ª edição. Editora Garamond. Rio de Janeiro. pp. 220. 2008.

VERMULM, Roberto e de Paula, Tomás Bruginski. **A Política Tecnológica no Brasil e a experiência internacional**, IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, 2006.

VIDAL, José W. B. **De Estado servil a Nação soberana** – civilização solidária dos trópicos. Editora Vozes, Petrópolis, RJ. 1987.

VIOTTI, Eduardo B. **Teoria Econômica, Desenvolvimento e Tecnologia** – Uma Introdução. In Eduardo B. Viotti et al., Dimensão Econômica da inovação, da Coleção Curso de Especialização em Agentes de Difusão Tecnológica, Brasília, ABIPTI / SEBRAE / CNPq, pp 9-22.1997.

_____. **Globalizar é a solução?** Relações entre desenvolvimento, tecnologia e globalização. Mimeo in Seminário “Globalização: Visões do Mundo Contemporâneo”, Instituto Legislativo Brasileiro do Senado Federal, Brasília, 4 e 5 de novembro de 1998.

_____. **Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável brasileiro**. In Marcel Bursztyn (ed.) “Ciência, Ética e Sustentabilidade – Desafios ao Novo Século”, São Paulo e Brasília, Cortez Editora e UNESCO, pp. 143-158. 2001.

_____. **Fundamentos e Evolução dos Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação**. In: Viotti, Eduardo B. e Macedo, Mariano M. (orgs.) Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil. Campinas: Editora da Unicamp, v.01, pp. 41-87. 2003.

WEC - WORLD ENERGY COUNCIL. 2007 Survey of Energy Resources: Crude Oil and Natural Gas Liquids. Londres, 2007. Disponível em <www.worldenergy.org>. Acesso em 30/10/2008.

WIKIPEDIA. Biodiesel. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>>. Acesso em 03/10/2008. 2008a.

WIKIPEDIA. Ciclo a quatro tempos. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Otto>. Acesso em 03/10/2008. Brasília. 2008b.

ANEXO 1 - LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE ELETRICIDADE ALTERNATIVA RENOVÁVEL

A legislação a seguir encontra-se disponível na base de dados da Casa Civil da Presidência da República <<https://legislacao.planalto.gov.br>> e na Agência Nacional de Energia Elétrica <www.aneel.gov.br/>:

Leis

Lei 5.655, de 20/05/1971	<p>Art. 4º Define o provimento da Reserva Global de Reversão – RGR</p> <p>...</p> <p>II - para instalações de produção a partir de fontes eólica, solar, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, assim como termelétrica associada a pequenas centrais hidrelétricas e conclusão de obras já iniciadas de geração termonuclear, limitado, neste último caso, a 10% (dez por cento) dos recursos disponíveis; (Inciso incluído pela Lei nº 10.438, de 26.4.2002)</p> <p>...</p> <p>IV - para implantação de centrais geradoras de potência até 5.000 kW, destinadas exclusivamente ao serviço público em comunidades populacionais atendidas por sistema elétrico isolado; e (Inciso incluído pela Lei nº 10.438, de 26.4.2002)</p> <p>...</p> <p>§ 8º Para os fins deste artigo, a Eletrobrás instituirá programa de fomento específico para a utilização de equipamentos, de uso individual e coletivo, destinados à transformação de energia solar em energia elétrica, empregando recursos da Reserva Global de Reversão – RGR e contratados diretamente com as concessionárias e permissionárias. (Redação dada pela Lei nº 10.438, de 26.4.2002)</p>
Lei 9.074, de 07/07/1995	<p>Art. 8º O aproveitamento de potenciais hidráulicos, iguais ou inferiores a 1.000 kW, e a implantação de usinas termelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW, estão dispensadas de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente.</p> <p>...</p> <p>Art. 12. A venda de energia elétrica por produtor independente poderá ser feita para:</p> <p>I - concessionário de serviço público de energia elétrica;</p> <p>II - consumidor de energia elétrica, nas condições estabelecidas nos arts. 15 e 16;</p> <p>III - consumidores de energia elétrica integrantes de complexo industrial ou comercial, aos quais o produtor independente também forneça vapor oriundo de processo de co-geração;</p> <p>IV - conjunto de consumidores de energia elétrica, independentemente de tensão e carga, nas condições previamente ajustadas com o concessionário local de distribuição;</p> <p>V - qualquer consumidor que demonstre ao poder concedente não ter o concessionário local lhe assegurado o fornecimento no prazo de até cento e oitenta dias contado da respectiva solicitação.</p> <p>Parágrafo único. A comercialização na forma prevista nos incisos I, IV e V do caput deste artigo deverá ser exercida de acordo com critérios gerais fixados pelo Poder Concedente. (Redação dada pela Lei nº 10.848, de 2004)</p>
Lei 9.427, de 26/12/1996	<p>...</p> <p>Art. 26. (Sobre autorizações da ANEEL)</p> <p>§ 1º Para o aproveitamento referido no inciso I do caput deste artigo, para os empreendimentos hidroelétricos com potência igual ou inferior a 1.000 (mil) kW e para aqueles com base em fontes solar, eólica, biomassa e co-geração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 (trinta mil) kW, a ANEEL estipulará percentual de redução não inferior a 50% (cinquenta por cento) a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição⁴⁴, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada pelos aproveitamentos. (Redação dada pela Lei nº 11.488, de 2007)</p> <p>...</p> <p>§ 5º O aproveitamento referido no inciso I do caput deste artigo, os empreendimentos com potência igual ou inferior a 1.000 (mil) kW e aqueles com base em fontes solar, eólica, biomassa cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 (trinta mil) kW poderão comercializar energia elétrica com consumidor ou conjunto de consumidores reunidos por comunhão de interesses de fato ou de direito cuja</p>

⁴⁴ TUST e TUSD do Sistema Interligado Nacional - SIN

	<p>carga seja maior ou igual a 500 (quinhentos) kW, independentemente dos prazos de carência constantes do art. 15 da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, observada a regulamentação da ANEEL, podendo o fornecimento ser complementado por empreendimentos de geração associados às fontes aqui referidas, visando a garantia de suas disponibilidades energéticas, mas limitado a 49% (quarenta e nove por cento) da energia média que produzirem, sem prejuízo do previsto nos §§ 1º e 2º deste artigo. (Redação dada pela Lei nº 11.488, de 2007)</p>
<p>Lei 9.648, de 27/05/1998</p>	<p>... Art. 9º (compra e venda de energia elétrica) ... Parágrafo único. Cabe à ANEEL regular as tarifas e estabelecer as condições gerais de contratação do acesso e uso dos sistemas de transmissão e de distribuição de energia elétrica por concessionário, permissionário e autorizado, ... Art. 14 (CCC e sub-rogação) I - aproveitamento hidrelétrico de que trata o inciso I do art. 26 da Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, ou a geração de energia elétrica a partir de fontes eólica, solar, biomassa e gás natural, que venha a ser implantado em sistema elétrico isolado e substitua a geração termelétrica que utilize derivado de petróleo ou desloque sua operação para atender ao incremento do mercado; (Incluído pela Lei nº 10.438, de 2002)</p>
<p>Lei 9.991, de 24/07/2000 (P&D)</p>	<p>Art. 2º As concessionárias de geração e empresas autorizadas à produção independente de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% (um por cento) de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, excluindo-se, por isenção, as empresas que gerem energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada, observado o seguinte: (Redação dada pela Lei nº 10.438, de 26.4.2002)</p>
<p>Lei 10.438, de 26/04/2002</p>	<p>Art. 3º Cria o PROINFA Fica instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional ... a) os contratos serão celebrados pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS até 30 de junho de 2004, para a implantação de 3.300 (três mil e trezentos) MW de capacidade, em instalações de produção com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2008, assegurando a compra da energia a ser produzida no prazo de 20 (vinte) anos, a partir da data de entrada em operação definida no contrato, observados os valores e pisos definidos na alínea b deste inciso; (Redação dada pela Lei nº 11.075, de 2004) ... Art. 15. sobre licitações para outorga de permissões de serviço público de energia elétrica Visando a universalização do serviço público de energia elétrica UNIVERSALIZAÇÃO (SI e SIN) § 3º A permissionária será contratada para prestar serviço público de energia elétrica utilizando-se da forma convencional de distribuição, podendo, simultaneamente, também prestar o serviço mediante associação ou contratação com agentes detentores de tecnologia ou titulares de autorização para fontes solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas.</p>
<p>Lei nº 11.478, de 29/05/2007</p>	<p>Motivação: Institui o Fundo de Investimento em Participações em Infra-Estrutura - FIP-IE e dá outras providências.(PAC).</p>
<p>Lei 11.488, de 15 de junho de 2007</p>	<p>Motivação: Cria o REIDI Art. 2º É beneficiária do Reidi a pessoa jurídica que tenha projeto aprovado para implantação de obras de infra-estrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação. (Regulamento pelo Decreto nº 6.144, de 03 de julho de 2007) ... (Permite alteração do regime para produção independente de energia no âmbito do PROINFA) Art. 22. O art. 3º da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, passa a vigorar com a seguinte redação: “Art. 3º... § 6º Após um período de 3 (três) anos da realização da Chamada Pública, o Produtor Independente Autônomo poderá alterar seu regime para produção independente de energia, mantidos os direitos e obrigações do regime atual, cabendo à Eletrobrás promover eventuais alterações contratuais. § 7 Fica restrita à 1a (primeira) etapa do programa a contratação preferencial de Produtor Independente Autônomo.” (NR)</p>

Decretos

<p>Decreto 5.025, de 30/03/2004</p>	<p>Motivação: Regulamenta o Artº 3 da Lei 10.438/2002 que dispõe sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA)</p> <p>...</p> <p>Art. 2º Para aplicação deste Decreto, considera-se: V - Energia de Referência: quantidade de energia, em MWh/ano, passível de ser produzida pela central geradora, estabelecida em resolução específica da ANEEL e que servirá como base de contratação com a ELETROBRÁS;</p> <p>Art. 4º Os valores econômicos correspondentes às tecnologias específicas e os pisos para cada fonte serão estabelecidos pelo Ministério de Minas e Energia e divulgados por meio de portaria.</p> <p>Art. 19. Caberá à ANEEL exercer a fiscalização técnica das obras referentes aos empreendimentos participantes do PROINFA, bem como do cumprimento do índice mínimo de nacionalização dos equipamentos e dos serviços do empreendimento exigido pela Lei no 10.438, de 2002.</p> <p>Art. 20. Caberá à ANEEL a regulação dos procedimentos para garantir a conexão das centrais geradoras participantes do PROINFA</p>
<p>Decreto 5.163, de 30/07/2004</p>	<p>Motivação: Regulamenta a comercialização de energia elétrica</p> <p>...</p> <p>Art. 13. No cumprimento da obrigação de contratação para o atendimento à totalidade do mercado dos agentes de distribuição, será contabilizada a energia elétrica:</p> <p>III - proveniente de:</p> <p>a) geração distribuída;</p> <p>b) usinas que produzam energia elétrica a partir de fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, contratadas na primeira etapa do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA;...</p> <p>Art. 14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída ... exceto aquela proveniente de empreendimento:</p> <p>I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e</p> <p>II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004.</p> <p>Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput.</p> <p>Art. 15. ...</p> <p>§ 1º O montante total da energia elétrica contratada proveniente de empreendimentos de geração distribuída não poderá exceder a dez por cento da carga do agente de distribuição.</p>
<p>Decreto 6048, de 27/02/2007</p>	<p>Motivação: Regulamenta o Leilão de FARs</p> <p>...</p> <p>Altera os arts. 11, 19, 27, 34 e 36 do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia</p> <p>...</p> <p>Art. 1º Os arts. 11, 19, 27, 34 e 36 do Decreto no 5.163, de 30 de julho de 2004, passam a vigorar com a seguinte redação:</p> <p>“Art. 11.</p> <p>...</p> <p>A energia elétrica decorrente de importação e a gerada por meio de fontes alternativas, salvo o disposto no § 4º, serão consideradas como provenientes de empreendimentos de geração novos ou existentes, conforme previsto no § 1º deste artigo.</p> <p>...</p> <p>§4º Excepcionalmente, para cumprimento à obrigação de atendimento de cem por cento da demanda dos agentes de distribuição, a ANEEL poderá, de acordo com as diretrizes do Ministério de Minas e Energia, promover direta ou indiretamente leilões de compra de energia proveniente de fontes alternativas, independentemente da data de outorga.” (NR)</p> <p>...</p> <p>“Art. 19.</p> <p>§ 1º Os leilões para compra de energia elétrica de que trata o caput serão promovidos, observado o disposto nos arts. 60 a 64:</p> <p>I -</p> <p>II -</p> <p>III - entre os anos “A-1” e “A-5”, para energia elétrica proveniente dos leilões de compra exclusiva de fontes alternativas.</p>

	<p>...” (NR) “Art. 27. § 1º... III – no mínimo dez e no máximo trinta anos, contados do início do suprimento de energia proveniente de fontes alternativas. ... ” (NR) “Art. 34. ... Parágrafo único: Para efeito de cálculo do VR, não serão considerados os valores e os montantes de energia proveniente de leilões de fontes alternativas.” (NR) “Art. 36. ... VI - nos leilões de compra de energia elétrica proveniente de fontes alternativas, repasse integral dos respectivos valores de aquisição. ...” (NR)</p>
Decreto 6.006 de 28/12/2006	<p>Motivação: Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados – TIPI Indica em seus anexos, na Seção XVI, capítulo 85, que para grupos eletrogêneos da fonte eólica, NCM 8502.31.00, o IPI é zero</p>

Resoluções Normativas

Resolução Normativa da ANEEL nº 652, de 2003	Motivação: Lei nº 9.427/1996, art. 26, inciso I Dos critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH)
Resolução Normativa da ANEEL nº 77, de 2004	Motivação: Lei nº 9.427/1996, art. 26, §1º Estabelecimento dos critérios e do procedimento para obtenção do desconto na tarifa de uso dos sistemas de distribuição – TUSD ou transmissão - TUST
Resolução Normativa da ANEEL nº 247, de 2006	Motivação: Lei nº 9.427/1996, art. 26, §5º Estabelecimento das condições para a comercialização de energia elétrica no sistema interligado, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW
Resolução Normativa da ANEEL nº 371, de 1999	Motivação: Lei nº 9.648/1998, art. 11, §4º Regulamenta a contratação e comercialização de reserva de capacidade por autoprodutor ou produtor independente, para atendimento a unidade consumidora diretamente conectada às suas instalações de geração.
Resolução Normativa da ANEEL nº 146, de 2005	Motivação: Lei nº 9.648/1998, art. 11, §4º Estabelecimento das condições para a sub-rogação dos benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC
Resolução Normativa da ANEEL nº 56, de 2004	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 3, §5º Regulação dos procedimentos de acesso à rede
Resolução Homologatória da ANEEL nº 57, de 2004	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 3º, inciso I, alínea “b” Estabelecimento da Tarifa Média de Fornecimento, base para a definição dos pisos para o valor da energia elétrica no âmbito do PROINFA
Resolução Normativa da ANEEL nº 83, de 2004	Motivação: Lei no 9.648/1998, arts. 14 e 15 Estabelecimento das condições para o fornecimento de energia elétrica em sistemas isolados a partir de fonte solar e eólica, inclusive flexibilizando a exigência quanto a qualidade do serviço
Resolução Normativa da ANEEL nº 62, de 2004	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 2, INCISO V Regulamentação dos procedimentos para solicitação e cálculo da Energia de Referência
Resolução Normativa da ANEEL nº 127, de 2004	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 13, INCISOS I e II Estabelece os procedimentos para o rateio do custo do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, bem como para a definição das respectivas quotas de energia elétrica
Resolução Normativa da ANEEL nº 167, de 2005	Motivação: Decreto no 5.163/2004, arts. 14 e 15 Estabelece as condições para a comercialização de energia proveniente de Geração Distribuída.
Resolução Normativa da ANEEL nº 228, de 2006	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 14, INCISO II Estabelece os requisitos para a certificação de centrais geradoras termelétricas na modalidade de geração distribuída, para fins de comercialização de energia elétrica no Ambiente de Contratação Regulada – ACR
Resolução Normativa da ANEEL nº 458, de	Motivação: Lei no 10.438/2002, art. 19, §1º Aprova o Edital do Leilão nº 003/2007-ANEEL, referente à contratação de energia

2007	proveniente de Fontes Alternativas de Geração, no Ambiente de Contratação Regulada - ACR.
Resolução da CAMEX nº 7, de 01/03/2007	Retirada do ex-tarifário do imposto de importação de aerogeradores, levando-o de 14% para zero.
Resolução Normativa da Aneel nº 279, de 2007	Motivação: Permitir que o Direito de Utilidade Pública - DUP possa ser usado para Usinas Eólicas nos mesmos moldes das concessões propostas para as Linhas de Transmissão. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento de declaração de utilidade pública, para fins de desapropriação e de instituição de servidão administrativa, de áreas de terras necessárias à implantação de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, por concessionários, permissionários e autorizados.
Resolução Normativa da Aneel nº 304, de 2008.	Regulamenta a contratação e comercialização de reserva de capacidade por autoprodutor ou produtor independente para atendimento a unidade consumidora diretamente conectada às suas instalações de geração, e dá outras providências.

ANEXO 2 - LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O BIODIESEL

A legislação a seguir encontra-se disponível na base de dados da Casa Civil da Presidência da República <<https://legislacao.planalto.gov.br>> e na página do PNPB <<http://www.biodiesel.gov.br>>:

Leis

Lei nº 11.116, de 18/05/2005	Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto; altera as Leis nos 10.451, de 10 de maio de 2002, e 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências.
Lei nº 11.097, de 13/01/2005	Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.
Lei nº 10.848, de 15/03/2004	Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.

Decretos

Decreto Nº 5.457, de 06/06/2005	Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel.
Decreto Nº 5.448, de 20 de maio de 2005	Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências.
Decreto Nº 5.298, de 6/12/2004	Altera a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados incidente sobre o produto que menciona.
Decreto Nº 5.297, de 6/12/2004	Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas de contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências.
Decreto de 23/12/2003	Institui a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia.
Decreto de 02/06/2003	Institui Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia, propondo, caso necessário, as ações necessárias para o uso do biodiesel.

Instruções Normativas

Instrução Normativa MDA nº 02, de 30 de setembro de 2005	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social
Instrução Normativa MDA nº 01, de 05 de julho de 2005	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social.
Instrução Normativa SRF nº 526, de 15 de março de 2005	Dispõe sobre a opção pelos regimes de incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003, o art. 23 da Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004, e o art. 4º da Medida Provisória nº 227, de 6 de dezembro de 2004.
Instrução Normativa SRF nº 516, de 22 de fevereiro de 2005	Dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências.

Resoluções

Resolução ANP Nº25 de 02 /09/08 (DOU 03/09/2008)	Estabelece a regulamentação e a obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel.
Resolução ANP Nº21 de 10 /07/08 (DOU 11/07/2008)	Altera as Resolução ANP nº 33, de 31/10/07 e nº 45, de 12/12/07.
Resolução ANP Nº08 de 25 /03/08 (DOU 08/05/2008)	Altera as Resolução ANP nº 33, de 31/10/07 e nº 45, de 12/12/07.
Resolução ANP Nº07 de 19 /03/08 (DOU 20/03/2008)	Estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional. Revoga a Resolução ANP nº 42, de 24/11/04.
Resolução ANP Nº02 de 29/01/08 (DOU 30/01/2008)	Estabelece a obrigatoriedade de autorização prévia da ANP para a utilização de biodiesel, B100, e de suas misturas com óleo diesel, em teores diversos do autorizado pela legislação vigente, destinados ao uso específico.
Resolução ANP Nº45 de 11/12/07 (DOU 12/12/2007)	Estabelece que os produtores de óleo diesel, Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS e Alberto Pasqualini – REFAP S.A., adquirentes nos Pregões Eletrônicos nºs 069/07-ANP e 070/07-ANP, devem adquirir biodiesel, com o intuito de formar estoque, em volume superior à demanda mensal desse produto para atendimento ao percentual mínimo de adição obrigatória ao óleo diesel, nos termos da Lei nº 11.097, de 16 de janeiro de 2005.
Resolução ANP Nº44 de 11/12/07 (DOU 12/12/2007)	Estabelece que os produtores de óleo diesel adquirentes de biodiesel em leilões públicos realizados pela ANP, para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de que trata a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, deverão fornecer biodiesel aos distribuidores, independentemente de esses terem adquirido óleo diesel de outros produtores ou de importadores que não tenham participado dos leilões públicos realizados pela ANP.
Resolução ANP Nº34 de 01/11/07 (DOU 05/11/2007)	Estabelece os critérios para comercialização de óleo diesel e mistura óleo diesel/biodiesel especificada pela ANP por distribuidor e transportador-revendedor-retalhista.
Resolução ANP Nº33 de 30/10/07 (DOU 31/10/2007)	Dispõe sobre o percentual mínimo obrigatório de biodiesel, de que trata a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, referente ao ano de 2008, a ser contratado mediante leilões para aquisição de biodiesel, a serem realizados pela ANP.
Resolução ANP Nº18 de 22/06/07 (DOU 25/06/2007)	Estabelece a obrigatoriedade da autorização prévia da ANP para utilização de biodiesel, B100, e de suas misturas com óleo diesel, em teores diversos do autorizado por legislação específica, destinados ao uso experimental, caso o consumo mensal supere a 10.000 litros.
Resolução ANP nº 31, de 04/11/2005	Regula a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel
Resolução CNPE nº 3, de 23 de setembro de 2005	Reduz o prazo de que trata o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e dá outras providências
Resolução ANP Nº 41 de 24/11/04 (DOU 09/12/2004)	Estabelece a regulamentação e obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel. Revogada pela Resolução ANP nº 25, de 02/09/08.
Resolução ANP Nº 42 de 24/11/04 (DOU 09/12/2004)	Estabelece a especificação para o biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel na proporção 2% em volume. Revogada pela Resolução ANP nº 7, de 19/03/08.
Resolução BNDES Nº 1.135 / 2004	Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia.

Portarias técnicas

Portaria MME 483, de 3/10/2005	Estabelece as diretrizes para a realização pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP de leilões públicos de aquisição de biodiesel
Portaria ANP 240, de 25/08/2003	Estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no País.
Portaria ANP Nº 003 de 10/01/2003 (DOU de 20/11/03)	Estabelece o procedimento para a comunicação de incidentes, a ser adotado pelos concessionários e empresas autorizadas pela ANP a exercer as atividades de exploração, produção, refino, processamento, armazenamento, transporte e distribuição de petróleo, seus derivados e gás natural, biosiese e de mistura óleo diesel/biodiesel no que couber
Portaria ANP Nº 297 de 18/12/2001 (DOU de 20/12/01)	Institui a obrigatoriedade de apresentação de dados relativos à comercialização de gasolinas A e A Premium, óleo diesel B, D e marítimo, biodiesel e misturas óleo diesel/biodiesel, gás liquefeito de petróleo óleos combustíveis 1A, 2A, 1B e 2B, produtos asfálticos CAP e ADP, nafta petroquímica, querosene de aviação, gás natural veicular, industrial, doméstico e comercial por produtor e importador.

Portaria ANP Nº 310 de 27/12/2001 (DOU de 28/12/01)	Estabelece as especificações para comercialização de óleo diesel e mistura óleo diesel/biodiesel – B2 automotivo em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle de qualidade do produto.
Portaria ANP Nº 311 de 27/12/2001 (DOU de 28/12/01)	Estabelece os procedimentos de controle de qualidade na importação de petróleo, seus derivados, álcool etílico combustível, biodiesel e misturas óleo diesel/biodiesel.
Portaria ANP Nº 313 de 27/12/2001 (DOU de 28/12/01)	Estabelece a regulamentação para a importação de óleo diesel e biodiesel.
PORTARIA ANP Nº 315 de 27/12/2001 (DOU de 28/12/01)	Estabelece a regulamentação para a exportação de derivados de petróleo e biodiesel.
Portaria ANP Nº 319 de 27/12/2001 (DOU de 28/12/01)	Institui a obrigatoriedade de apresentação, pelo consumidor final, de dados relativos à aquisição de óleo diesel, biodiesel de produtor, de importador e diretamente no mercado externo, e de distribuidor.
Portaria ANP Nº 72 de 26/04/2000 (DOU de 27/04/00)	Regulamenta os procedimentos a serem observados pelo distribuidor de combustíveis derivados de petróleo, álcool combustível, biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel especificada ou autorizada pela ANP e outros combustíveis automotivos para aquisição de gasolina automotiva e óleo diesel do produtor.
Portaria ANP Nº 104 de 20/06/2000 (DOU de 21/06/00)	Regulamenta o procedimento de inspeção de instalações de base de distribuição, de armazenamento e de terminal de distribuição derivados de petróleo, álcool combustível, biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel especificada ou autorizada pela ANP e outros combustíveis automotivos, com a finalidade de avaliar a conformidade das mesmas com a legislação e normas de proteção ambiental, segurança industrial e das populações
Portaria ANP Nº 107 de 28/06/2000 (DOU de 29/06/00)	Dispõe sobre a anuência prévia por parte da ANP, para a exportação de biodiesel e produtos derivados de petróleo e provenientes da indústria petroquímica e assemelhadas.
Portaria ANP Nº 116 de 05/07/2000 (DOU de 06/07/00)	Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo.
Portaria ANP Nº 29 de 9/02/1999 (DOU de 10/02/99)	Estabelece a regulamentação da atividade de distribuição de combustíveis líquidos derivados e petróleo, álcool combustível, biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel especificada ou autorizada pela ANP e outros combustíveis automotivos.
Portaria ANP Nº 170 de 20/10/1999 (DOU de 21/10/99)	Dispõe sobre a anuência prévia por parte da ANP para a importação de biodiesel e produtos provenientes da indústria petroquímica.
Portaria ANP Nº 202 de 30/12/1999 (DOU de 31/12/99)	Estabelece os requisitos a serem cumpridos para acesso a atividade de distribuição de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel especificada ou autorizada pela ANP e outros combustíveis automotivos
Portaria ANP Nº 170 de 26/11/1998 (DOU de 27/11/98)	Estabelece a regulamentação para a construção, a ampliação e a operação de instalações de transporte ou de transferência de petróleo, seus derivados , gás natural, inclusive liquefeito (GNL), biodiesel e misturas óleo diesel/biodiesel.
Portaria MME Nº 10 de 16/01/1997 (DOU de 17/01/97)	Dispõe sobre a atividade de Transportador-Revendedor-Retalhista - TRR de combustíveis, exceto gás liquefeito de petróleo - GLP, gasolina e álcool combustível.
Portaria DNC Nº 26 de 13/11/1992 (DOU de 16/11/92)	Instituir o livro de movimentação de combustíveis (LMC) para registro diário, pelos PR's dos estoques e movimentação de compra e venda de produtos e dá outras providências.

ANEXO 3 - EXPERIÊNCIAS DO USO DIRETO DO ÓLEO VEGETAL NO BRASIL

a) IDSM E UNI-SOL (MME, 2005). (MOTOGERADOR):

O Estado do Amazonas tem cerca de cinco mil comunidades isoladas, das quais em torno de 60% dispõem de pequenos motogeradores entre 12,5 kVA⁴⁵ e 120 kVA. A maioria destas comunidades não possui condições ótimas de operação, por falta de combustível e/ou de manutenção corretiva, relacionados à falta de renda das comunidades para comprar combustível e custos operacionais altos de peças de reposição ou de assistência técnica. Observe-se que estes motogeradores são operados por moradores locais, quase sempre sem treinamento prévio, o que contribui para a operação inadequada e intermitente.

Considerando tal realidade, o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM, criado em maio de 1999 e que se configura como uma Organização Social, ligada ao Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. Foi criada em maio de 1999, com a missão de estudar modelos de desenvolvimento para grandes áreas de florestas tropicais, com soluções de manejo participativo.

Entre 2002 e 2005, o Instituto Mamirauá desenvolveu um projeto de pesquisa com o Ministério de Minas e Energia, intitulado “Óleos vegetais para geração de energia e valorização das oleaginosas na área da Reserva de Desenvolvimento Sustentável⁴⁶ Amanã - RDSA, município de Maraã/AM” (MME, 2005). A RDSA possui aproximadamente 4.000 moradores e usuários que vivem dos recursos naturais da área e participam de sua preservação e administração. O objetivo da pesquisa era a valorização do extrativismo de óleos vegetais de espécies nativas para a geração de energia e confecção de produtos de maior valor agregado, para colaborar na melhoria de renda e qualidade de vida da comunidade e na redução da pressão antrópica sobre a cobertura florestal Amazônica.

Neste contexto, em 2003, foi instalada uma mini-usina de extração de óleos vegetais na comunidade de Boa Esperança na RDSA, realizando trabalhos de campo para mapear o potencial da área para espécies oleaginosas e capacitando os agentes comunitários para gerenciar esta atividade e seu processo dinâmico.

A usina opera com uma prensa mecânica com capacidade de 15 litros/hora, um triturador de sementes e um filtro de pano de 10 placas, um secador solar de sementes e um secador com ventilação forçada com capacidade de secagem de 200 latas de 20 litros de sementes por batelada (figura 27).

⁴⁵ Medida de potência elétrica aparente, que deve ser multiplicado pelo fator de potência do equipamento (≤ 1) para indicar sua potência elétrica real.

⁴⁶ Reserva de Desenvolvimento Sustentável – RDS é uma unidade de conservação com condicionantes como Populações locais residentes; Atividades econômicas não extrativistas; Organização socioproductiva; Representatividade de ecossistemas; e Importância ecológica e biodiversidade significativa.



Figura 27 – Em sentido horário, Galpão da Usina Castanha-de-Cotia, triturador de sementes, prensa mecânica, e filtro de pano com produção do óleo filtrado. (MME, 2005).

Dos óleos nobres disponíveis na região, o óleo de andiroba (figura 28) foi escolhido por ser muito valorizado pelo mercado farmacêutico e de cosméticos e observou-se que, embora fosse possível gerar energia com óleos vegetais locais, a comunidade tem um melhor retorno econômico pela venda do óleo de andiroba em torno de R\$ 16,00/l e manteve a compra do óleo diesel que custa em torno de R\$ 2,00/l⁴⁷ com a intenção de agregar qualidade de vida à população assistida, que aumentou sua renda em torno de 20%, ampliando o uso de água potável, diminuindo a incidência de diarreias e proporcionando um melhor acesso a informações e infra-estrutura.

Na conclusão da pesquisa junto ao MME, observou-se que houve um impacto ambiental negativo pela inserção de um motor diesel na comunidade produzindo gases de efeito estufa, no entanto, o coordenador da pesquisa, o Prof. José de Castro Correia, da UFAM, concluiu que a utilização de óleo vegetal no motor diesel ocasiona a redução da vida útil do motor em função dos efeitos corrosivos e abrasivos do óleo vegetal in-natura, além de reduzir o tempo de manutenção preventiva, aumentando os custos e reduzindo a confiabilidade do micro-sistema.

Observou-se nesta pesquisa que, além de ser restritivo o uso de tecnologias por comunidades isoladas, por não existir disponibilidade de assistência técnica, ao se utilizar sistemas não-automatizados aumenta-se a probabilidade de falha humana, com consequentes aumentos de custos de operação e manutenção.

⁴⁷ Preços regionais relativos ao ano de 2005.



Figura 28 – Tanques de armazenamento e embalagem de comercialização do óleo de Andiroba (MME, 2005).

Apesar da conclusão negativa a que chegou o IDSM, o Coordenador desta pesquisa, Prof. Castro, deu continuidade ao tema pesquisado por meio de outro projeto de pesquisa com o MME, entre 2002 e 2006, para estudar a “Identificação de modelos de gestão e concessão de sistemas energéticos adequados para comunidades isoladas da Amazônia”, na comunidade isolada do Roque, pesquisa efetuada na Reserva Extrativista do Médio Juruá no Amazonas (MME, 2006a), por meio da Fundação de Apoio Institucional Rio Solimões – UNI-SOL da Universidade Federal do Amazonas – UFAM e o MME.

Neste outro projeto também se usou, como fonte de energia, óleos vegetais de espécies nativas, como a Andiroba (R\$22,00/l), o Murucu (R\$19,00/l) e o Urucuri (R\$17,50/l)⁴⁸, chegando às mesmas conclusões da pesquisa do IDSM. Na conclusão desta pesquisa, entre outros tópicos, sugere-se que na geração de eletricidade em comunidades isoladas dever-se-ia utilizar tecnologias maduras, robustas e de fácil operação.

b) UNIR/GPERS (MME, 2006b). (MOTOGERADOR):

O Grupo de Pesquisa Energia Renovável Sustentável – GPERS, da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, desenvolve pesquisa, extensão e implementação de atividades em Energia, Sociedade e Meio Ambiente, com foco na disponibilização de eletricidade em localidades isoladas. O GPERS desenvolve uma pesquisa intitulada “Implementação de energia elétrica para interferência na qualidade de vida de uma localidade isolada: Estudo de caso da Reserva Extrativista - RESEX⁴⁹ do Rio Ouro Preto” (MME, 2006b) (figura 29), onde, assim como os Projetos do Prof. Castro da UFAM, o desenvolvimento da comunidade isolada é o motivo pelo qual se utiliza a geração de energia por meio de óleos vegetais. No entanto, ao contrário dos projetos da UFAM, o Coordenador do GPERS, Prof. Artur Moret, observou que, para a utilização sustentável de

⁴⁸ Preços regionais relativos ao ano de 2006.

⁴⁹ Segundo pode ser verificado na Lei 9.985/2000, conhecida como Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, Reserva Extrativista é uma modalidade de Reserva para uso sustentável e indica que a comunidade pode fazer uso (explorar) os recursos naturais para permanecer em suas áreas.

óleos vegetais, estes não devem deixar de serem utilizados a partir do momento que a comunidade se desenvolva economicamente. O babaçu foi a escolha considerada adequada para o Estado de Rondônia, por ser uma cultura nativa, sem uma indústria local associada ao seu consumo. No entanto, existe a possibilidade de substituir o babaçu pela cultura de amendoim, caso o óleo de babaçu venha a se tornar economicamente mais rentável para a comunidade em razão de outra destinação.



Figura 29 – Comunidade atendida de Nossa Senhora do Seringueiro (MME, 2006b).

Para o levantamento econômico que confirmasse a escolha do babaçu como matéria-prima fez-se o levantamento do posicionamento das árvores nativas e sua distância até as moradias, dentro do raio de ação dos moradores da comunidade. Observou-se também a cobertura florestal do local, a infra-estrutura para o escoamento e a disponibilidade da produção. Verificou-se que existia uma densidade suficiente de árvores que possibilitavam uma produção tanto de óleo para geração de energia quanto para o uso na confecção de produtos com maior valor agregado. Na comunidade escolhida de Nossa Senhora do Seringueiro, foi observado em média 37 árvores nativas por hectare, com uma média de três cachos por árvore (111 cachos/ha) e 120 coquilhos por cacho, o que pode render duas latas de 20 litros por cacho. A cada oito cachos de babaçu (16 latas de 20l) obtêm-se uma lata de amêndoas (~oito quilos), que rende quatro litros de óleo de babaçu (1 cacho ~1 quilo de amêndoas ~0,5 litro de óleo). Assim a região possui uma densidade de pés de babaçu suficientes para a produção de 55,5l/ha por ano.

Observa-se que o babaçu também pode ser aproveitado de forma múltipla, como madeira para construção de casas, palha para telhados, utensílios caseiros, lenha, palmito para alimentação e industrialização. Além do aproveitamento do coquilho que é fonte de amido, óleo, farinha protéica da amêndoa e do mesocarpo⁵⁰. Podendo-se utilizar as cascas para a produção de carvão vegetal ou de papel e o coco para a produção de carvão vegetal.

Instalou-se na RESEX do Rio Ouro Preto uma micro usina de produção de

⁵⁰ O mesocarpo é a área interna do fruto, entre casca e semente, e geralmente carnudo.

eletricidade, composta por um triturador/desintegrador, uma prensa para oleaginosas de 40 kg/h, um filtro prensa de pano e um motor Diesel de 20kw (figura 30).



Figura 30 – micro usina de óleos vegetais para geração de eletricidade (MME, 2006b).

Para a determinação do consumo anual de óleo vegetal (Tabela 7), o motor possui uma eficiência em torno de 0,45 litros/kWh, considerou-se uma demanda de equipamentos elétricos com fins produtivos de 7,0 kW, operando 8 horas por dia, durante 5 dias na semana, e uma demanda de iluminação e tomadas de 2,5 kW operando durante 6 horas diárias, durante todo o ano. Com base nessas premissas, o quadro abaixo indica o consumo esperado de óleo vegetal durante um ano, na comunidade de Nossa Senhora do Seringueiro, considerando que os meses contém em média 4,3 semanas.

Tabela 7 - Consumo estimado de óleo vegetal durante um ano (MME, 2006b)

Energia Motriz Anual [kWh]	Energia de Iluminação e Tomadas Anual [kWh]	Consumo Anual Total de Energia [kWh]	Consumo Específico [litro/kWh]	Consumo Anual de Óleo Vegetal [litro]
14.448,00	9.125,00	23.573,00	0,45	10.607,85

Para atendimento apenas da demanda da comunidade, incluindo a própria operação da micro-usina, a iluminação e tomadas, o consumo médio anual é de cerca de 9.125 litros de óleo vegetal. Neste caso, para o suprimento de óleos vegetais necessários à comunidade e ao próprio processo de extração, é suficiente que a micro-usina opere por apenas quatro meses durante o ano.

Tomando por base o óleo de babaçu, a micro-usina de extração de óleos vegetais indicada para o projeto – 40 kg de matéria-prima por hora – produz cerca de 15 l/h ou aproximadamente 30.960 litros por ano, pelo regime de operação acima proposto. Poderá haver, portanto, um excedente de aproximadamente 21.000 litros, que podem ser comercializados e/ou transformados em outros subprodutos com maior valor agregado.

Um das condições para minimizar as falhas humanas no processo de produção de eletricidade é ter uma equipe adequadamente treinada. Para conseguir a motivação dos próprios usuários constituiu-se uma organização social de cooperativa de eletrificação rural, que é a responsável pela operação da micro-usina e sua manutenção local.

Observou-se neste caso que além da adequação tecnológica do motor, a constituição econômica do projeto é essencial para atender às condições de sustentabilidade do projeto. Esta etapa deve ser analisada ainda durante a etapa de planejamento da implantação do sistema.

c) CENBIO (Coelho, 2004; 2005a; 2005b). (MOTOGERADOR):

O Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO foi criado, em 1996, por meio de um convênio entre o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, a Secretaria de Energia do Estado de São Paulo – SEE/SP, o Instituto de Eletrotécnica e Energia - IEE da Universidade de São Paulo - USP e o Biomass Users Network do Brasil - BUN. O CENBIO efetuou dois projetos de geração de eletricidade com óleo vegetal de Palma (Dendê) no município de Mojú no Pará (Coelho, 2004; 2005a; 2005b).

O Projeto foi implementado na Vila Soledade, que possui aproximadamente 700 habitantes e está localizada a 100 Km, por acesso de terra e a trinta minutos de barco da cidade-sede do Município. Esta localidade tem disponibilidade de cultivo do dendzeiro e de fornecimento de óleo de dendê.

A primeira pesquisa, desenvolvida entre 2002 e 2005, intitulada “Implantação e teste de uma unidade de demonstração de utilização energética de óleo vegetal - PROVEGAM” (Coelho, 2004), foi coordenada pelo Pesquisador Orlando Cristiano da Silva e financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP com a parceria da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, da Agropalma e da Embrapa Amazônia Oriental. O CENBIO instalou nesta comunidade um grupo gerador diesel da empresa MWM International, modelo TD229, fabricado no Brasil, adaptado com um kit de conversão alemão, da empresa Biocar, com dois tanques (figura 31). Como foi visto no capítulo 1, nesta conformação a operação é iniciada e finalizada com óleo diesel a fim de aquecer o óleo vegetal e prevenir possíveis entupimentos causados pelo óleo de dendê. O Motogerador trabalhou seis horas por dia com 1/3 de carga, gerando 3.300 kWh/mês. O experimento contabilizou 2.500 horas de funcionamento e continuou funcionando após a pesquisa.

Cem famílias participaram do projeto, cada uma com 10 hectares plantados com dendê. Cada hectare gera, aproximadamente, 4 ton. de óleo/ano. Para abastecer o motor durante 6 horas diárias, utilizando kit conversor, são necessários 10 litros de diesel e 55 litros ou 50kg de óleo de dendê, o que totaliza 18 ton. de óleo de dendê/ano. Sendo assim,

são necessários 4,5ha do total da comunidade para o abastecimento do motor, o que representa apenas uma pequena parte dos 1.000ha cultivados por todas as famílias.



Figura 31 – Grupo gerador na Embrapa e desmontagem do motor (Coelho, 2004).

A experiência foi replicada, entre 2004 e 2007, na pesquisa “Programa para Geração de Energia a partir de Óleos Vegetais na Amazônia através da Adaptação de Motores Diesel Existentes - PROVENAT” (Coelho, 2005b), com a coordenação da Prof^a. Suani Teixeira Coelho, Secretária-executiva do CENBIO e financiamento do Ministério de Minas e Energia - MME e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologia - CNPq, com a participação da COPPE/UFRJ, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Centrais Elétricas do Pará – Celpa, Prefeitura Municipal de Mojú e a MWM International.

Este projeto instalou e testou um motogerador diesel de 115 kVA modificado com um kit de conversão (figura 32), desta vez desenvolvido no Brasil e aprimorado pelo Laboratório de Máquinas Térmicas da COPPE/UFRJ, para trabalhar com óleo vegetal de dendê, o que gerou uma requisição de patente. O Provenat situou-se na comunidade de Igarapé-Açu, no mesmo município de Mojú, no Estado do Pará, distante duas horas de barco da comunidade anterior de Vila Soledade. Nesta comunidade participaram 50 famílias, plantando 10 ha de dendê cada uma. O Projeto PROVENAT foi contemplado com o 3º lugar na categoria ambiental do Prêmio Professor Samuel Benchimol 2005⁵¹.

Observou-se nestes projetos que apesar de se aumentar os custos de operação e manutenção, a utilização do óleo de dendê torna-se viável quando a população pode produzir seu próprio combustível, comparativamente mais barato que o diesel mineral. A segurança da utilização de energia elétrica sem interrupções, por meio da garantia do fornecimento do combustível pela produção própria, garantiu a comunidade um aumento de renda, pelo usufruto da energia elétrica. Observe-se que para isso faz-se necessário o

⁵¹ O Prêmio Professor Samuel Benchimol <<http://www.amazonia.desenvolvimento.gov.br/>>, foi instituído em 2004 pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC e é o resultado de uma parceria entre o governo federal, o Banco da Amazônia, o Sebrae, as Secretarias Estaduais de Ciência e Tecnologia e a sociedade civil representada pela CNI, federações de indústrias da região e outras instituições nacionais e regionais comprometidas com a promoção do desenvolvimento sustentável da Amazônia.

A realização do Prêmio é anual, buscando estimular, promover e divulgar iniciativas regionais, envolvendo projetos, pesquisas, invenções, arranjos tecnológicos e empreendimentos que por suas características inovadoras contribuam para o desenvolvimento sustentável da Região Amazônica.

comprometimento da comunidade com a oferta da Matéria Prima, o que foi obtido por um processo de educação e capacitação.

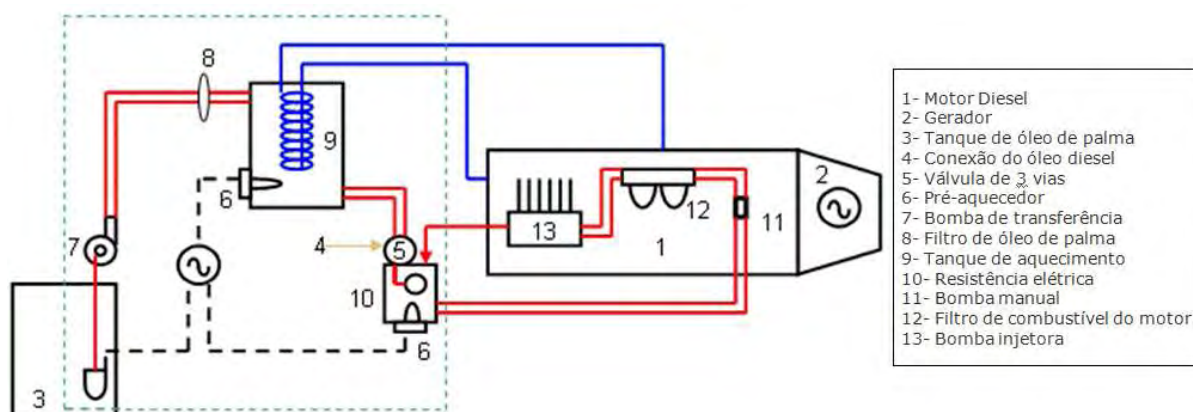


Figura 32 - Fluxograma do Kit de conversão de Motor Diesel para Óleo Vegetal (CENBIO, 2009).

Este modelo permite operacionalizar qualquer grupo gerador desativado e abandonado ou implantar novos grupos geradores em comunidades isoladas, utilizando óleos vegetais produzidos localmente, e foi aprovado pelo CNPq para replicação em outras comunidades da região Amazônica, com o propósito de ser inserido no planejamento da universalização do acesso à energia.

Comprovou-se que as emissões de dióxidos de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) provenientes da combustão do óleo de dendê, analisadas pela COPPE/UFRJ, foram equivalentes ou menores que as provenientes da combustão do óleo diesel mineral; não existem emissões de óxidos de enxofre (SO_x), ao passo que as emissões de óxido nitroso (NO_x) mostram-se superiores com o aumento da carga do motor. Caso se trabalhe com carga baixa, teoricamente o motor emitirá mais monóxido de carbono (CO), mas como o aumento da temperatura do ar de admissão acaba favorecendo a vaporização do combustível, isto melhora a combustão e os níveis de emissão de CO são similares tanto para o diesel quanto para o dendê (Coelho, 2004). Assim, a pesquisa concluiu que:

No âmbito da substituição do óleo diesel, os óleos vegetais “in natura” se apresentam como uma alternativa natural com potencial de produção que permite a geração de energia a custos comparáveis aos da geração por combustíveis fósseis. [...] Assim, a utilização de óleos vegetais ‘in natura’, localmente produzidos, tornou-se uma alternativa na medida em que novas tecnologias permitiram sua viabilidade técnica. (Coelho, 2004).

A partir destes exemplos, pode-se afirmar que a geração de eletricidade com o uso direto de óleos vegetais em motores de ciclo diesel é mais viável e desejável que com o diesel mineral.

d) CENP ENERGIA (Albuquerque, 2006). (MOTOGERADOR):

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis - IDER é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP que desenvolveu um projeto

de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D na área de biocombustíveis, de acordo com a Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000⁵², e captou recursos junto a cinco empresas de geração de energia para executá-lo. As empresas CGE – Ceará Geradora de Energia S/A, TEP – Termoelétrica Potiguar S/A, CUMMINS – Cummins Brasil Ltda, PARNAMIRIN – Parnamirim Energia S/A e ENGEBRA – Empresa de Energia Elétrica do Brasil Ltda., formaram então o Consórcio CENP Energia. O projeto tem a parceria da EMBRAPA Algodão da Paraíba, Tecnologias Bioenergéticas Ltda – TECBIO, Parque de Desenvolvimento Tecnológico – PADETEC da Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO, Engenharia Química & Tecnologia – EQ&T, Prefeitura Municipal de Quixeramobim e Governo do Estado do Ceará.

O objetivo do projeto “Eletrificação de comunidades isoladas através de óleo vegetal produzido localmente” (Albuquerque, 2006), executado entre 2003 e 2006, foi o de avaliar técnica e financeiramente a produção de óleo vegetal e biodiesel, para a geração de energia elétrica a partir destes combustíveis, em uma comunidade não atendida pelo SIN. Uma área de 30ha foi utilizada para o plantio de mamona e pinhão-manso. As oleaginosas produzidas foram processadas e delas extraído o óleo para transesterificação numa usina. A plantação e a usina construída situam-se na Fazenda Normal no Distrito de Uruquê, município de Quixeramobim, sertão central do Ceará. O óleo e biodiesel resultantes foram utilizados em dois motogeradores da Cummins, modelo 4BT 3,9l, à Diesel, de 81kVA, para eletrificar as localidades de Serrinha de Santa Maria e a Fazenda Normal, pertencente ao Governo do Estado, naquela localidade.

A mamona (*Ricinus communis*) foi a oleaginosa escolhida por se adaptar melhor à região do semi-árido. Foram plantados 38ha de mamona em 2004 e 30ha em 2005. Em 2004 os períodos de grande concentração das chuvas num curto espaço de tempo e longos períodos de estiagem, prejudicaram a preparação, plantio e desenvolvimento da cultura de mamona, resultando em uma produção de 520 kg/ha. Numa área modelo de 1ha de mamona, utilizada para comparação, sem excesso de água e com fertilização, a produtividade chegou a 1.800 kg/ha e segundo a EMBRAPA, é possível alcançar valores de até 2.300 kg/ha. Também foi testada uma lavoura de 1ha de pinhão-manso, que em 2005 produziu na localidade apenas 200 kg, bem abaixo do esperado para a área plantada e para a extração de óleo vegetal.

No ano de 2005 passou-se a fazer o manejo com limpeza e adubação da área. Porém, o dobro de precipitação em conjunto com uma regularidade de chuvas fez a produção permanecer em cerca de 540 kg/ha, pois o excesso de chuvas também reduz a produtividade.

⁵² Ver Anexo I - Legislação brasileira sobre eletricidade alternativa renovável.

O processo de extração do óleo foi dimensionado pelo CENBIO (figura 33). Utilizou-se um processo de extração a quente do óleo, cozinhando as sementes a 100°C. Inicialmente foi utilizada uma panela que depois foi substituída por um sistema de cozimento de múltiplos estágios aquecido com vapor, em que a extração ocorre numa prensa helicoidal com as sementes ainda quentes. O óleo extraído passa por um decantador vertical para que as impurezas se precipitem, com três cilindros de 450 litros independentes, permanecendo o óleo pelo menos 3 dias parado em cada um dos cilindros, assim o óleo passa nove dias na etapa de decantação para a precipitação e retirada significativa das impurezas. Depois deste processo o óleo é aquecido através de serpentinas contendo vapor e filtrado em um filtro prensa que retira as partículas sólidas ainda existentes. Por último o óleo ainda passa por um processo de retirada das gomas (degomagem), que consiste no aquecimento a 80°C, durante 30 minutos, de uma mistura de 184 kg óleo de mamona com 3,6 kg de água. Após o aquecimento, esfria-se a mistura para 40°C durante 1 hora, em seguida o óleo é bombeado em um decantador para a precipitação de gomas (fosfolipídios). O óleo de mamona que inicia o processo escuro finaliza com a cor de vinho branco, caracterizando um óleo de mamona do “tipo 1”⁵³, com alto valor comercial para aplicações químicas (Costa, T.L., 2006).

Os grupos geradores eram idênticos para comparar seu uso com combustíveis diferentes, um com biodiesel de mamona e o outro com óleo de mamona diretamente, mas como a produção foi abaixo do esperado apenas um motogerador foi testado com biocombustíveis. Inicialmente com B100 e com uso de apenas 3,5 horas diárias, entre as 18h00 e 21h30. Nas primeiras 500 horas de funcionamento, ocorreram filtros sujos e entupimento da bomba injetora causados por muito resíduo, ou impurezas. Observou-se que óleo de mamona também estava muito mais escuro do que se esperava, o que afetou a qualidade final do Biodiesel. A frequência da manutenção preventiva do motor foi reduzida de 250 horas para cada 100 horas. Após as primeiras 1.000 horas de funcionamento, o grupo gerador da comunidade foi adaptado com um kit de conversão de dois tanques, para funcionar com óleo de mamona direto e B100 para dar a partida e para a etapa de desligamento do motor, com um sistema de controle automatizado para a transição de biodiesel para óleo de mamona.

⁵³ O óleo de mamona pode ser classificado como óleo do industrial do tipo 1 quando apresentar 0,5% de umidade, acidez inferior a 1% e índice de refração entre 1,4764 e 1,4778 (Costa, T.L., 2006).



Figura 33 – Miniusina e processo inicial de extração do óleo de mamona (IDER, 2007).

A qualidade inicial do óleo e do biodiesel de mamona (figura 33), devido aos problemas encontrados no processo de extração, ocasionou por três vezes a necessidade de reparos nas bombas injetoras, assim como a limpeza dos bicos injetores que já se encontravam em processo de carbonização. Após alterações no processo da usina de extração, já com um óleo produzido de melhor qualidade, os problemas nos grupos geradores não foram mais observados durante o projeto, como visto a seguir:

Para o propósito do projeto em questão, verificamos que não há necessidade de transesterificar o óleo vegetal. Esta etapa encarece o processo de fabricação de biodiesel e o torna mais perigoso para a manipulação pelos próprios moradores. (Albuquerque, 2006).

Como conclusão desta experiência verificou-se que o modelo de autogeração só é sustentável se a produção local de oleaginosas for suficientemente produtiva, ou seja, capaz de atender no mínimo, à demanda para o funcionamento do gerador. Além disso, as técnicas de extração do óleo vegetal devem ser adaptadas à cada oleaginosa.

e) ICD/REPAS/TECPAR (ICD; REPAS; TECPAR, 2008). (UTILITÁRIOS):

Com o objetivo de promover e incentivar o uso de combustíveis alternativos renováveis foi firmado, em 2004, um convênio com o Instituto de Tecnologia do Paraná – Tecpar, e duas associações que atuam junto a lideranças comunitárias e organização de ONGs voltadas a projetos sociais no meio rural: O Instituto Cristão de Desenvolvimento - ICD e a Rede Evangélica Paranaense de Assistência Social – REPAS. O Projeto intitulado “Mini-Usinas Comunitárias de Óleo Vegetal” (ICD; REPAS; TECPAR, 2008), cujo coordenador é o Pastor Werner Fuchs, da REPAS, tem o objetivo de estudar alternativas para reduzir a dependência de diesel e outros derivados de petróleo nas atividades desenvolvidas em pequenas propriedades rurais, visando à sustentabilidade sócio-ambiental do pequeno agricultor do Paraná.

Em 2005 instalou-se uma usina-modelo, com descascador, pré-secador, moinho esmagador, prensa, filtro, tanque decantador, tanque elevado e vasilhame e moedor de torta, com capacidade de esmagamento de 150 kg/h, na Colônia Witmarsum, em Palmeira/PR, que passou a funcionar regularmente em fevereiro 2006, contando também com ajuda financeira do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA (figura 34). A usina-modelo tem a função de demonstrar, a grupos de agricultores e técnicos interessados na extração de óleo vegetal a frio, o potencial de agregação de valor às oleaginosas, bem como a simplicidade do processo e a possibilidade de extração sem riscos ambientais.



Figura 34 – Modelo de Mini-usina compacta de extração de óleo vegetal a frio da BIOBRAZIL (ICD; REPAS; TECPAR, 2007).

A idéia de utilizar sistemas descentralizados tem por base evitar a logística de transporte e otimizar, para o agricultor, o balanço energético da produção de oleaginosas. No Paraná um agricultor percorreria em média 25 km para levar a colheita do campo ao comprador, quer seja a uma cooperativa, armazém ou moinho. Este transporte pode ser evitado ao se entregar as sementes de oleaginosas a uma usina de óleo em sua região, onde todo o beneficiamento, como secagem, limpeza, prensagem a frio e armazenamento ocorre localmente.

Na prensagem a frio faz-se inicialmente uma limpeza dos grãos para retirada de impurezas e corpos estranhos. A extração do óleo acontece exclusivamente por via mecânica, em geral por meio de prensas em formato de caracol. A torta resultante, em plaquetas ou pellets, pode ser armazenada sem maiores tratamentos de conservação e utilizada imediatamente como ração animal. O óleo extraído contém em torno de 1% a 12% de materiais turvos. A purificação acontece por meio da sedimentação, filtragem ou centrifugação, com um filtro de segurança no final do processo.

Como comparação entre a prensagem a quente e a extração a frio, a pesquisa mencionada observa as seguintes diferenças na extração a frio: (i) o investimento em equipamentos é consideravelmente mais simples; (ii) diminuem-se os dispêndios de energia para o pré-aquecimento dos grãos, para a segunda prensagem, o condicionamento e a produção de vapor; (iii) o esforço técnico de procedimento se reduz a um processo de prensagem de um único estágio sem o tratamento químico posterior que é exigido no sistema a quente, sem a necessidade de eliminação da parafina e de controle da acidez; (iv) evita-se o uso de hexano (hidrocarboneto) na extração e por consequência também sua evaporação para a atmosfera, que afeta a camada de ozônio; (v) não há necessidade de usar solventes ou outras substâncias químicas e também não há custos de investimento e operacionais para proteger contra explosões e preservar o meio-ambiente; e, (vi) não resulta em poluição nas águas servidas, como córregos e rios, já que o óleo prensado a frio é de uso alimentício, não venenoso, e classificado como sem risco para a água.

Desde o início previa-se no Projeto o teste de óleos vegetais em motores. Assim, o óleo vegetal produzido na Colônia Witmarsum vem sendo usado em tratores (diversos percentuais de mistura sem alteração de funcionamento do motor) e em uma camionete S10 usada, adaptada para uso de 100% de óleo vegetal. O Governo estadual adquiriu tanto para testes como para uso nas finalidades do Projeto, uma camionete Toyota Hylux 2.5 turbo com motor TDI (*Turbocharged Direct Injection*), sistema de injeção eletrônica direta *common rail* e catalisador. A opção pela marca e pelo modelo deveu-se às características do motor turbodiesel, com injeção direta de combustível, pistões e câmaras de combustão que já faziam parte do projeto inicial do motor semiadiabático da Elsbett, desenvolvido especificamente para óleos vegetais (figura 35).

No dia 19 de abril de 2007 o novo veículo de testes foi disponibilizado pelo TECPAR para o projeto. Desde então utilizou-se o óleo vegetal de soja misturado ao diesel na proporção de 20%, ou OV20, para o transporte de pessoas e cargas, da Colônia Witmarsum, até o Centro Paranaense de Referência em Agroecologia, onde está em testes uma mini-usina compacta, e para participação em eventos no Estado e fora dele, com testes referentes até os primeiros 20 mil quilômetros rodados. Infelizmente o utilitário testado sofreu um acidente com perda total no fim de 2008, quando já havia completado 76 mil km, sem nenhuma adaptação no motor.



Figura 35 - Camionete abastecida com 20% de Óleo vegetal (ICD; REPAS; TECPAR, 2008).

O óleo de soja e o de girassol utilizados, ambos produzidos pela usina de Witmarsum, são extraídos por prensagem a frio, em torno de 45 graus, e filtrado a 0,5 microns, o que deixa o óleo com teores de goma de 0,5%, enquanto na extração a quente essa concentração chega a 12%. Na extração a frio se obtém um óleo com menos substâncias nocivas ao funcionamento do motor, como fósforo, cálcio e magnésio, conforme laudo de análise comparativa feita pelo TECPAR, observando que a qualidade do óleo cumpre inclusive a norma alemã que institui o padrão de qualidade para o óleo vegetal puro como combustível, DIN V 51605/2006 (IEA, 2006). Quando utilizada a extração a quente, mesmo com boa filtragem, o óleo extraído a quente deixa depósitos em bicos injetores e câmaras de combustão, e ainda causa corrosão, comprometendo a durabilidade do motor e de outros componentes. Como a bomba injetora do motor é para 1 microns, o combustível filtrado a 0,5 microns assegura uma injeção de qualidade. (ICD; REPAS; TECPAR, 2008).

As leituras do comportamento do motor foram efetuadas nas revisões de 10.000 km, pela concessionária Toyota Sulpar Ltda., e demonstraram que o motor se comportou dentro dos parâmetros da normalidade, ou seja, o sistema de controle eletrônico do motor detectou as características diferentes do combustível e se adaptou automaticamente à mistura de 20%, sem que seja necessária nenhuma modificação no motor ou regulagem externa.

Diante do sucesso do teste deste projeto, outros exemplos estão sendo replicados, como no Centro Paranaense de Referência em Agroecologia – CPRA, que possui uma produção de óleo de girassol em uma mini-usina própria e doou 900 litros para um ensaio com um trator do CPRA da empresa Case New Holland - CNH, que é o mesmo modelo dos tratores viabilizados para agricultores familiares pelo Programa “Trator Solidário” do governo paranaense. Este ensaio está sendo supervisionado conjuntamente pelo TECPAR e por técnicos da empresa CNH. A mistura do combustível também é de 20%, mas ao contrário do caso do utilitário testado pelo Projeto do ICD; REPAS e TECPAR, análises dessa mistura

foram efetuadas pelo TECPAR antes de se iniciar o teste. O óleo de girassol utilizado possui acidez elevada e é impróprio para o consumo humano, mas na mistura, esta acidez diminuiu significativamente, pois, de acordo com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - SAA/SP, a acidez do óleo vegetal é neutralizada pela alcalinidade elevada, que é comum no diesel brasileiro.

Este projeto, com um utilitário abastecido com OV20⁵⁴, é considerado inédito pelo ICD; REPAS e TECPAR no contexto brasileiro em termos de injeção eletrônica, pois permite concluir preliminarmente que a mistura de 20% desse combustível ecológico é viável em utilitário com motores diesel TDI e sistemas de injeção do tipo common rail. Presume ainda em seus relatórios de pesquisa que se for utilizado óleo vegetal prensado a frio, motores diesel comuns poderiam utilizar uma mistura de até OV40 sem alterações no motor, a depender da capacidade da bomba injetora de cada utilitário. No caso do motor testado, que possui sistema injetor com 1.500 bar de pressão, seria possível utilizar o sistema de tanque único, citado no capítulo 2, com OV100, sem sistemas de pré-aquecimento, desde que se programe o sistema de controle eletrônico do motor com as características do óleo vegetal a ser utilizado (soja, nabo forrageiro, pinhão manso etc.).

f) CATI-SAA/SP (CATI-SAA/SP, 2009). (TRATOR + CAMINHÃO):

A Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP, foi criada em 1967 e presta serviços e oferece produtos para o produtor rural paulista. Tem sede em Campinas e possui uma rede de 40 Escritórios de Desenvolvimento Rural, que englobam Casas de Agricultura municipais, e possui 21 Núcleos de Produção de Sementes, Mudanças e Matrizes.

O Centro de Testes, Avaliação e Divulgação do Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes - DSMM da CATI-SAA/SP executou, sob a coordenação dos Engenheiros Agrícolas Dílson Cáceres e Sylmar Denucci, durante os anos de 2001 a 2005, em suas unidades localizadas no Municípios de Manduri (Ataliba Leonel) e de Águas de Santa Bárbara, no Estado de São Paulo, avaliações relativas à possibilidade de uso direto como combustível de óleo bruto de girassol e de nabo forrageiro, obtido por meio de prensagem a frio e filtragem por gravidade em pano de algodão (CATI-SAA/SP, 2009).

A motivação destes testes foi a de sugerir opções de uso e comercialização do girassol e de outras oleaginosas para o período da segunda safra. A produção de oleaginosas para uso como combustíveis também tem a vantagem de poder ser produzido

⁵⁴ A expressão OVx indica a percentagem de óleo vegetal numa mistura com o óleo diesel mineral. Assim, OV20 indica 20% de óleo vegetal e 80% de óleo diesel mineral, até OV100 que indica o uso direto do óleo vegetal sem a mistura com o óleo diesel.

por meio de diversas culturas oleaginosas em todas as regiões do Brasil, inclusive nas regiões semi-áridas. De acordo com a CATI-SAA/SP, para a transformação de óleo vegetal em biodiesel é preciso considerar que:

[...] apesar de possível, é difícil de ser realizada em nível de propriedade agrícola, exigindo equipamento, controle e conhecimento especializado para ocorrer em perfeitas condições. (CATI-SAA/SP, 2009).

Em 2001 foram efetuados testes de curta duração com diversas misturas de óleo de girassol e diesel de petróleo, oportunidades em que foram aumentando a percentagem de óleo de girassol até a sua utilização exclusiva, em OV100, para diversos motores de ciclo diesel entre 6CV a 123CV, de injeção direta e indireta, com resultados positivos (Figura 36).



Figura 36 – Trator em teste com óleo de girassol. (Cáceres, 2007).

Em 2002, o primeiro trator a ser testado em longa duração foi um trator Massey Ferguson 235, de 1978, com motor Perkins de três cilindros, injeção indireta (ii) e 5.000 horas de uso, no Núcleo de Produção de Sementes "Fazenda Ataliba Leonel". Não foi efetuada nenhuma adaptação nem no motor nem na bomba injetora e o teste durou 690 horas de trabalho com OV100 de óleo de girassol, consumindo 2,8 l/h com o trator sendo utilizado como roçadora hidráulica.

A Promax-Bardahl acompanhou o projeto, efetuando análises do óleo lubrificante a cada 100 horas de uso, que não indicaram nenhuma perda de qualidade em razão do uso do óleo de girassol como combustível. O óleo lubrificante, os filtros do combustível e o filtro do lubrificante foram substituídos conforme a tabela de manutenção periódica. O período de testes, projetado inicialmente para 1.000h, durou 690h porque danos provocados pelo uso excessivo do sistema de embreagem provocaram a quebra do mancal de apoio do

virabrequim⁵⁵. Nesta ocasião o motor foi aberto e verificou-se que os pistões e cilindros não apresentavam deposição de carvões e outros resíduos. Após a recuperação do motor, comparou-se sua eficiência com óleo de girassol e com diesel mineral, foi observado que no primeiro caso o consumo médio era de 2,3 litros/hora de serviço e com o uso exclusivo de óleo diesel mineral o consumo aumentava para 3,5 litros/hora de serviço

Nesta ocasião também foi testado um trator Valmet 985 turbo, ano 1994, motor de 90 CV, com injeção direta (id), que trabalhou 652 horas com OV50, tendo sido constatada alguma deposição de resíduos aderidos à parte superior das camisas dos cilindros e apesar das análises periódicas efetuadas não indicarem diluição do óleo lubrificante pelo óleo combustível de girassol (*blow-by*)⁵⁶, verificou-se formação de gomas nas áreas de circulação do óleo lubrificante. Esses resultados indicam que não deve ter ocorrido uma combustão plena do combustível.

De 2003 até 2005 todos os tratores do Núcleo de Produção de Sementes de Águas de Santa Bárbara, com motores de injeção direta ou indireta, um caminhão Mercedes-Benz 1313, ano 1978, além do trator MF 235 testado anteriormente com OV100, passaram a ser movidos com uma mistura de 30% de óleo vegetal, 65% de óleo diesel mineral e 5% de gasolina comum como solvente (Tabela 8). Essa mistura possui viscosidade bastante próxima do óleo diesel mineral. O resultado dessas avaliações foi o seguinte:

Tabela 8 – Resultados de avaliações em tratores e caminhões (CATI-SAA/SP, 2009).

Modelo	Ano de fabricação	Duração do teste	Consumo médio	Problemas detectados
Trator Ford 5610 (id)	1986	1.000 h	4,2 l/h	nenhum
Trator MF 65x (id)	1972	500 h	3,5 l/h	nenhum
Trator MF 50x (ii)	1972	300 h	2,5 l/h	nenhum
Trator CBT 2105 (id)	1978	250 h	8,7 l/h	nenhum
Trator MF 235 (ii)	1978	1.000 h	2,5 l/h	nenhum
Caminhão Mercedes-Benz 1313 (id)	1978	6.000 km	3,5 km/l	nenhum

Os resultados positivos obtidos pela CATI-SAA/SP mostram que é vantajosa a utilização de óleo vegetal em misturas com óleo diesel mineral, mas poderá trazer muito mais vantagens quando do uso da tecnologia apropriada de motores e sistemas de injeção para evitar possíveis problemas causados pela não-combustão total dos óleos vegetais. Destaca-se no relatório final do projeto:

Com o avanço dos testes e com a possibilidade de utilização direta em larga escala dos diversos tipos de óleos vegetais, com certeza a indústria nacional de motores e bombas injetoras deverá mostrar interesse em pesquisar e oferecer soluções para o uso garantido desses biocombustíveis, à semelhança do que ocorreu com o álcool etílico em motores de ciclo Otto. (CATI-SAA/SP, 2009).

⁵⁵ O virabrequim é o componente móvel do motor que transforma o movimento de vai e vem do pistão onde ocorre a explosão do combustível, para um movimento mecânico rotativo.

⁵⁶ Diluição do óleo de lubrificação pela mistura com o óleo vegetal causada por recirculação de gases entre a câmara de compressão e o cárter.

Este exemplo, assim como o anterior, mostra que a preparação do óleo vegetal com prensagem a frio altera significativamente as propriedades do combustível, e que independente da tecnologia dos motores diesel testados, tanto para motores de injeção direta quanto indireta, com diferentes taxas de compressão da bomba injetora, existem alternativas tecnológicas de adaptação dos motores para o uso direto de óleos vegetais, OV100, ou o uso de misturas de óleos vegetais e óleo diesel mineral, como OV20 e OV30, sem provocar falhas de manutenção ou perda de qualidade na eficiência do motor.

A sugestão do CATI-SAA/SP é de que a indústria de motores pode, com pequenas modificações, garantir o uso do óleo vegetal assim como um motor flex pode suportar diferentes proporções de álcool e gasolina. Do ponto de vista do usuário é bastante interessante, mas pressupõe o interesse dos fabricantes de motores em alterar suas tecnologias para se adaptar a diferentes combustíveis, o que não ocorreu desde o fim desta experiência em 2005. Tratores, caminhões e utilitários mais modernos que possuem uma maior pressão da bomba injetora, estão melhor capacitados a utilizarem OV100 prensado a frio. Para outros modelos de motores, sem tanta tecnologia, a técnica dos dois tanques é satisfatória.

g) IMCA (IMCA, 2009). (MOTOGERADOR + TRATOR + CAMINHÃO + UTILITÁRIOS):

O Instituto Morro da Cutia de Agroecologia - IMCA é uma organização não governamental, que executa projetos ambientais, assistência técnica especializada e é um centro de formação prática em Permacultura⁵⁷ e Agroecologia⁵⁸, localizado a aproximadamente 70km de Porto Alegre/RS, localizado no Município de Montenegro, Vale do Caí/RS.

Em 2004, o IMCA iniciou um projeto de tratamento de óleo de cozinha residual que é reciclado para ser reutilizado como óleo vegetal combustível em motores diesel modificados com o sistema de conversão de dois tanques, sob a coordenação de Paulo Lenhardt (IMCA, 2009).

Na região de Montenegro/RS, o IMCA coleta em média três toneladas de óleo por mês. A maioria dos estabelecimentos comerciais que usam o óleo de fritura é obrigada por lei a se desfazer adequadamente do óleo e não se recusam a doá-lo. Cada litro de óleo de cozinha que for descartado no esgoto doméstico pode poluir mil litros de água. Se for disposto diretamente no solo, pode impermeabilizá-lo, dificultando a penetração da água de chuva e facilitando alagamentos e enchentes. O sistema de coleta oferece à população uma

⁵⁷ Permacultura é uma síntese das práticas agrícolas tradicionais que busca a criação de culturas permanentes e busca um equilíbrio no cuidado com a Terra e no cuidado com as pessoas, repartindo os excedentes.

⁵⁸ Agroecologia é a Ciência dedicada ao estudo das relações produtivas entre homem-natureza, que apóia o uso da agricultura familiar, a policultura, o consumo local e a não-dependência de produtos químicos e de alta mecanização.

estrutura que garante o acondicionamento do resíduo recolhido até que possa ser adequadamente tratado.

Uma vez na estação de tratamento, montada em um galpão, o óleo é filtrado e decantado, tornando-se apropriado para a utilização como biocombustível. A primeira etapa do processo começa com 14 dias de repouso do óleo em um tanque, para que os resíduos de comida, lixo e água decantem e se acumulem no fundo do reservatório, o óleo a ser aproveitado será retirado por cima e segue para um próximo estágio de limpeza. Como o óleo usado, muitas vezes, está salgado ou adoçado, e o sal e o açúcar podem causar danos a componentes do motor, a segunda etapa do processo consiste em acrescentar água ao óleo, que deve ser deixado novamente em descanso por mais sete dias para que a água absorva os elementos indesejáveis contidos no óleo e se separe fisicamente do óleo. Como a separação nunca elimina a água completamente, uma terceira etapa é necessária, na qual se ferve o óleo por alguns minutos para evaporar os resíduos de água. Passa-se, então, a última etapa de filtragem, que pode ser feita com bombas equipadas com filtro prensa, etapa em que se utiliza filtros de papel, que são mais precisos em relação a dimensão dos resíduos que os filtros de pano. Após essa etapa, o óleo vegetal está pronto para abastecer o motor. Para cada 10 litros de óleo recolhido na comunidade, é possível produzir cerca de seis litros de combustível. Paulo Lenhardt observa que:

Uma vez limpo, o óleo possui uma eficiência energética compatível com a do óleo diesel e pode ser usado nos veículos automotores que forem adaptados para recebê-lo. (IMCA, 2009).

Em 2005, inicialmente com o apoio da Fundação Avina e posteriormente com apoio do Ministério de Desenvolvimento Agrário - MDA, o IMCA iniciou um projeto de pesquisa denominado “Óleo Vegetal usado como biocombustível”, onde adquiriu uma caminhonete Chevrolet S10, ano 2001, com 61.000km, que foi adaptada com um sistema de conversão de tanque duplo, importado dos EUA, e passou a ser abastecida com OV100 de óleo vegetal reciclado. Em paralelo à idéia de conversão, continuou-se o processo de conscientização da população do município de Montenegro para a importância da reciclagem do óleo de cozinha usado e o trabalho da coleta do óleo como resíduo.

Em 2007, após três anos de acompanhamento, a caminhonete chegou a 110.000km rodados com óleo vegetal, sem apresentar nenhum dano ao motor ou a outros componentes. O Instituto desenvolveu seu próprio modelo de conversão do motor diesel com dois tanques, utilizando exclusivamente peças nacionais⁵⁹ (figura 37).

Segundo Lenhardt, a conversão do motor de veículos utilitários movidos a óleo diesel

⁵⁹ O conjunto de modificações é composto de: filtro, válvula solenóide, registro de três vias, aquecedor elétrico auxiliar e sonda de temperatura, aquecedor de óleo vegetal, controlador com visor de temperatura, interruptor elétrico, serpentina para o tanque de óleo vegetal, mangueira para combustível, conexões, braçadeiras e um manual de instalação passo-a-passo.

é um processo mecânico de baixa complexidade, realizado em uma oficina participativa com duração de um dia, a um preço de custo de R\$ 2.500,00.

Esta pesquisa do IMCA recebeu o Prêmio da Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social 2007, na categoria “Aproveitamento/tratamento de rejeitos/resíduos/efluentes de processos produtivos”. Com o incentivo o IMCA já ministrou 12 oficinas de conversão, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Goiás, tendo convertido nestas ocasiões quatro tratores, dois caminhões, quatro caminhonetes, um barco, um microtrator e um motor estacionário.



Figura 37 – Equipamentos utilizados na conversão de dois tanques. (IMCA, 2009).

Considerando que o processo é simples e de fácil operação, as cooperativas de agricultores que têm seus veículos convertidos passam a deter todas as ferramentas necessárias para incentivar processos de coleta dentro de suas próprias regiões. Como a quantidade de resíduos é limitada, também podem produzir o óleo vegetal por prensagem a frio de oleaginosas locais, tirar uma parte para o uso alimentar e destinar outra parte para suprir o óleo vegetal como combustível para tratores, geradores, veículos e maquinários, vendendo o excesso da produção na própria região, com o objetivo de possibilitar às comunidades tornarem-se autônomas da rede elétrica e de combustíveis fósseis.

