

MARCOS LOPES DE OLIVEIRA SOUSA

**O SETOR SUCROALCOOLEIRO E O NOVO CONTEXTO ENERGÉTICO: UMA
ANÁLISE SOBRE SUAS POSSIBILIDADES DE INSERÇÃO NO MERCADO DE
ENERGIA.**

SALVADOR, OUTUBRO/2003.

MARCOS LOPES DE OLIVEIRA SOUSA

**O SETOR SUCROALCOOLEIRO E O NOVO CONTEXTO ENERGÉTICO: UMA
ANÁLISE SOBRE SUAS POSSIBILIDADES DE INSERÇÃO NO MERCADO DE
ENERGIA.**

Monografia apresentada na Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal da Bahia como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Ihering Guedes Alcoforado.

SALVADOR, OUTUBRO/2003.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcos Lopes de Oliveira Sousa

O setor sucroalcooleiro e o novo contexto energético: uma análise sobre suas possibilidades de inserção no mercado de energia.

Aprovado em ____ de Novembro de 2003.

Orientador: _____

Ihering Guedes Alcoforado
Prof. da Faculdade de Economia da UFBA

André Garcez Ghirardi
Prof. Dr. da Faculdade de Economia da UFBA

Lívio Andrade Wanderley
Prof. Dr. da Faculdade de Economia da
UFBA

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é fruto da cooperação e do apoio de várias pessoas e sem elas não seria possível concluí-lo. Gostaria de prestar especial agradecimento à minha família – meus pais: Riva e Maria, a meu irmão Marcelo e meu filho Gabriel. Aos meus amigos e colegas, Geovane, Iulo, Alex, Isidoro e muitos outros que indiretamente me ajudaram com idéias e experiência. Ao professor Ihering também presto agradecimentos por sua orientação precisa que me possibilitou reencontrar o foco de minha pesquisa.

RESUMO

Esta pesquisa enfoca a construção de estratégias de mercado e medidas institucionais que possibilitem a inserção do setor sucroalcooleiro (Açúcar e Álcool) no mercado de geração e comercialização de insumos energéticos. Inicialmente será feita uma análise comparativa entre as fontes não-renováveis de energia e as renováveis a fim de ressaltar as vantagens qualitativas das últimas em relação às primeiras, com ênfase nas fontes renováveis provenientes do setor sucroalcooleiro, que serão descritas separadamente. Também serão analisados os mecanismos que possibilitarão ao setor canavieiro inserir-se competitivamente no mercado de geração de energia, utilizando como vantagem mercadológica as características ambientalmente satisfatórias de produção dos seus insumos energéticos, as perspectivas de composição de uma nova matriz energética para os próximos anos, com importância cada vez menor das fontes fósseis, e da formação de mercados próprios para as fontes não poluidoras, os “mercados verdes”.

Palavras chave:

Sucroalcooleiro; Neo-Institucionalismo; Construção de Mercados; Formas de Energia.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Geração de energia Elétrica no mundo e nos países da OCDE em 1999 - Participação das várias fontes de geração (%).....	13
Gráfico 2: Distribuição das reservas provadas de gás no mundo.....	20
Gráfico 3: Produção de energia elétrica por centrais nucleares no mundo em 1999 e participação na produção total.....	22
Gráfico 4: EUA: álcool combustível vs. MTBE (US\$ em milhões de barris/dia).	26
Gráfico 5 : Participação relativa das vendas de veículos a gasolina e a álcool entre 1975 e 1996.	28
Gráfico 6: Potência instalada (MW) de co-geração do setor sucroalcooleiro (1999)	33
Gráfico 7 - Evolução da produção anual de etanol e da geração de vinhaça pela agroindústria canavieira no Brasil de 1967 a 1997. Médias calculadas em milhares de litros para as safras agrupadas por quinquênios.	39
Gráfico 8: Projeção para produção de petróleo até 2050.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz energética brasileira em 1999	14
Tabela 2: Maiores produtores de petróleo em 1997.	18
Tabela 3: Consumo de oxigenantes nos EUA (na gasolina – bilhões de litros).....	27
Tabela 4: Maiores reservas provadas de óleo.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Produção de eletricidade por fonte de geração (1988-1998) – em GW/h	33
Quadro 2: Exemplos de preços ofertados para o co-gerador sucroalcooleiro, 2001 (R\$/MWh)	36
Quadro 3: Projetos introduzidos na Inglaterra e País de Gales segundo a política de NFFO (Non Fossil Fuel Obligations)	75
Quadro 4: Preço médio para compra de energia nas NFFO	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	FORMAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA.....	13
2.1	FONTES NÃO-RENOVÁVEIS DE ENERGIA.....	14
2.1.1	Carvão	14
2.1.2	Petróleo.....	16
2.1.3	Gás Natural	18
2.1.4	Energia Nuclear	20
2.2	FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA.....	23
2.2.1	Subprodutos energéticos provenientes do setor sucroalcooleiro:	24
2.2.1.1	O Álcool	24
2.2.1.2	Cogeração de energia a partir do bagaço.....	30
2.2.1.3	Biogás	37
2.2.2	Fontes provenientes de outros setores.	40
2.2.2.1	Energia Eólica.....	40
2.2.2.2	Energia Solar	43
3	O MERCADO DE ENERGIA.....	47
3.1	O MERCADO COMO INSTITUIÇÃO	48
3.1.1	O Ambiente Institucional.....	48
3.1.2	O Arranjo Institucional	49
4	A TRANSFORMAÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA	51
4.1	O NOVO QUADRO ENERGÉTICO MUNDIAL.....	51
4.2	AS CÉLULAS DE COMBUSTÍVEIS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	56
4.3	O SETOR SUCROALCOOLEIRO E O NOVO CONTEXTO ENERGÉTICO	58
4.4	A TRANSFORMAÇÃO INSTITUCIONAL NECESSÁRIA	59
5	A CONSTRUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ALTERNATIVA.....	62
5.1	A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	65
5.1.1	A experiência do Proálcool	65
5.1.2	Novas experiências: o PROINFA	72
5.2	A EXPERIÊNCIA EUROPÉIA E AMERICANA.....	73
5.2.1	Legislação Ambiental na Europa	74

5.2.2 **Legislação Americana75**
6 **CONCLUSÃO.....78**
REFERÊNCIAS80

1 INTRODUÇÃO

A opção por este assunto se deu por um interesse antigo em analisar a viabilidade política, técnica e principalmente econômica da implantação de um combustível alternativo, renovável e ecologicamente satisfatório em escala comercial. Conforme o estudo foi aprofundado, sobressaíram-se as qualidades e potencialidades de um setor econômico em especial – o setor sucroalcooleiro.

A cultura da cana-de-açúcar, que já desempenhou um papel relevante no período colonial como monocultura exportadora de produtos primários, foi no período de governo militar novamente posta em evidência, adquirindo novamente o *status* de estratégico para o País por suas potencialidades energéticas únicas, tão necessárias naquele momento após o choque do petróleo de 1973. Novamente, em virtude de um contexto atual de nova alta dos preços internacionais do petróleo, de uma recente crise energética que se abateu sobre o Brasil e de novas perspectivas de abertura de mercado para fontes alternativas de energia - decorrentes de novas leis internacionais que regulamentarão a emissão de monóxidos de carbono e da possibilidade de utilização comercial dos resíduos da cultura para geração de energia elétrica, que o setor sucroalcooleiro apresenta oportunidades ímpares, que se bem aproveitadas poderão possibilitar uma vantagem decisiva no mundo pós-petróleo que existirá a partir da primeira década do século XXI.

Durante toda história do desenvolvimento econômico, sempre houve a predominância de uma fonte na matriz de energia, situação que predomina até hoje. Entretanto, a crise do petróleo ocorrida na década de 70 e início da década de 80 serviu como um alerta sobre os perigos que a dependência de uma única fonte energética pode acarretar.

O Brasil, que já utilizava seu imenso potencial hidroelétrico para diminuir sua dependência em relação ao petróleo importado, deu mais um passo em direção à diversificação de sua matriz energética com a instituição do Proálcool – considerado o maior programa de energia alternativa do mundo, com investimentos da ordem de 11 bilhões de dólares e uma produção energética, baseada na cana-de-açúcar, superior a 200 mil barris diários de petróleo equivalente. O programa foi deslançado nos anos 70 a partir de destilarias anexas a usinas de açúcar nas quais o caldo da cana é convertido em álcool pela ação das leveduras e separado

em vinhaça em colunas de destilação. Em 1996, existiam 352 usinas produzindo açúcar ou álcool, das quais 246 localizavam-se na região Centro-Sul e 106 no Nordeste, as duas principais regiões canavieiras do Brasil. Desse total, 196 produzem açúcar e álcool, 135 apenas álcool e 21 apenas açúcar (DATAGRO nº 15 apud. OLIVEIRA,1998).

Até meados da década de 80, os questionamentos sobre a viabilidade econômica do programa não eram expressivos, mesmo porque os preços do petróleo estavam ao redor de US\$ 24 o barril. Assim, o programa brasileiro de álcool energético pode ser considerado maduro após dez anos de sua criação, apresentando custos decrescentes e perspectivas favoráveis em médio prazo. Porém, com a queda nos preços do petróleo, a partir da segunda metade da década de oitenta, começaram a ganhar eco no governo opiniões contrárias à manutenção do programa, a favor da extinção dos incentivos e subsídios governamentais, apesar de sua evidente importância estratégica. Esses subsídios eram movimentados através da “Conta Álcool”, gerida pela Petrobrás, que apontou déficits mensais de US\$ 183 milhões em 1995. Para eliminar esse débito, a Petrobrás informa que o álcool deveria ter seu preço praticamente equiparado ao da gasolina, significando sua inviabilização devido ao menor rendimento em termos de quilômetros rodados por litro. A segunda posição, defendida pelos produtores de álcool, afirma que a não competitividade da cultura canavieira decorre do fato de não estarem sendo contabilizadas suas externalidades positivas: o valor estratégico da redução da vulnerabilidade externa, a economia de divisas e a redução da poluição ambiental (OLIVEIRA, 1998, p.80).

Atualmente, após a crise energética que se abateu no fim dos anos 90, a sociedade e o governo se deram conta de mais uma externalidade positiva que a cultura canavieira pode proporcionar para o País, a geração de energia elétrica utilizando-se como combustíveis os resíduos da produção de açúcar e do álcool, com baixos custos e de forma menos agressiva ao meio ambiente.

A cultura da cana, que sempre teve um papel relevante no desenvolvimento brasileiro, desde as exportações de açúcar no século XVII até o Proálcool na década de 70, poderá em curto prazo contribuir decisivamente para a superação da falta de energia. Essa contribuição poderá

vir da utilização em larga escala da biomassa, isto é, do resíduo da produção do açúcar e do álcool, para a produção de eletricidade.

Atualmente, o setor sucroalcooleiro é um dos mais importantes setores do agronegócio nacional, com faturamento de US\$ 8,9 bilhões em 1995 e 1,1 milhões de empregos gerados, entre permanentes e temporários. Também se destaca por seu alto nível de produtividade média, o maior do mundo - segundo a Associação das Indústrias de Açúcar e de Álcool do Estado de São Paulo (AIAA), com ganhos anuais de cerca de 3% (CARVALHO apud. OLIVEIRA, 1998, p.80), resultado de pesquisas feitas pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e COPERSUCAR (Cooperativa de Produtores de Açúcar). Uma característica desse setor é a existência de um grande número de subprodutos potencialmente econômicos, além dos vários tipos de açúcar cristalizado, existe o álcool (anidro e hidratado), o bagaço (para queima em caldeiras) e o vinhoto - líquido resultante da produção do álcool e que após passar por processo de fermentação transforma-se em Biogás. Em virtude do empenho de pesquisadores brasileiros, a cultura da cana-de-açúcar pode aumentar sua contribuição energética para economia nacional, pois, atualmente, ela só vem gerando um único produto energético - o álcool etílico - sob as formas alternativas de álcool anidro (destinado à mistura com a gasolina) e de álcool hidratado (destinado à queima direta, nos motores a álcool, sendo ainda utilizado como matéria-prima industrial, sobretudo no Nordeste, para produção de eteno e derivados acéticos). Entretanto, existe a capacidade de implementar-se no curto prazo dois novos subprodutos, ampliando significativamente a quantidade de energia gerada por tonelada produzida e processada.

O complexo sucroalcooleiro passa por uma reestruturação em função dos problemas com o mercado mundial de açúcar e da suspensão do subsídio para o álcool. Durante toda a década de 90 a participação das vendas de carro a álcool nas vendas totais vem caindo, chegando a um inexpressivo 0,08% em 1998. Com isso, o período recente foi marcado pela redução do consumo de álcool e pela expansão da produção de açúcar para exportação. Um dos pontos mais graves desta redução é a ociosidade de uma ampla rede de distribuição de álcool combustível, com 26 mil postos em todo o país, causada pela maior participação do álcool anidro (para mistura com a gasolina) em relação ao hidratado, que é comercializado por este sistema.

Nos anos 90, açúcar e álcool deixaram de ser produzidos de forma complementar e passaram a disputar recursos, tanto agrícolas como industriais, como aconteceu com frequência nos últimos 50 anos. A redefinição deste segmento da agroindústria irá depender de dois fatores: dos ganhos de produtividade do produtor (estimados em 3% ao ano nos últimos dez anos, o que é bastante significativo) e da política de utilização do álcool anidro na mistura com gasolina. Esta utilização é tecnicamente considerada a mais adequada para reduzir os níveis alarmantes de poluição ambiental causada por automóveis¹ e substituir outras substâncias mais tóxicas também usadas como oxigenantes da gasolina. A indefinição das políticas atuais tem como conseqüência à formação de um enorme estoque de passagem. O setor carregou na passagem de 1998 para 1999 estoques de 2 bilhões de litros de álcool, grande parte concentrados em São Paulo.

Um ponto importante a favor da indústria está em sua capacidade de produzir excedentes de bagaço para co-geração de energia elétrica, especialmente porque esta geração se daria nos períodos de seca, abastecendo o sistema elétrico quando há uma queda sazonal na capacidade de oferta e complementando-se perfeitamente em relação à matriz hidráulica a custos compatíveis com os da hidroeletricidade.

Por reconhecer a importância que esse setor poderá ter para a matriz energética brasileira é proposta a análise da possibilidade de inserção mais efetiva no mercado nacional e mundial de energia, identificando as vantagens comparativas das fontes renováveis em relação a outras fontes de energia convencionais não-renováveis, as perspectivas do novo quadro energético mundial para o início do século XXI e os fatores preponderantes que devem ser superados para que essa inserção se concretize, considerando-se que para isso deve ser criado um novo arcabouço institucional que leve em conta as especificidades das formas alternativas de energia.

¹ Segundo La Rovere, citado por Oliveira (1998, p.82), 7 milhões de toneladas de CO₂ foram evitadas, equivalente a 10% das emissões brasileiras de 1990.

2 FONTES DE ENERGIA

Analisar a história das formas de transformação de energia é basicamente analisar a história da humanidade, pois, o homem ao evoluir e começar a intervir no ambiente onde vive, começou a utilizar-se de instrumentos que o assessorassem no processo produtivo. Inicialmente a energia mecânica, geralmente obtida por tração animal ou por uso de pequenas quedas d'água, foi o principal recurso utilizado.

Durante séculos todo o progresso da humanidade foi baseado na energia obtida por meios mecânicos e por uso de combustíveis (lenha e carvão) para impulsionar processos produtivos de baixa escala. Porém, com o advento da revolução industrial no final do século XVIII e o conseqüente aumento de produtividade, a demanda por combustíveis aumentou vertiginosamente. O que era de fácil obtenção e custo reduzido passara a ser questão fundamental para o desenvolvimento de qualquer nação industrial. Assim, o insumo energético que alimentou o progresso na primeira revolução industrial foi o carvão, na forma vegetal e mineral, por ser abundante e de baixo custo.

Na segunda metade do século XIX, com a invenção do motor de combustão interna, uma substância antes pouco utilizada passou a ter importância ímpar para o desenvolvimento da humanidade – o petróleo. Todo o extraordinário crescimento econômico experimentado durante o século XX deveu-se basicamente ao petróleo como combustível abundante e barato. Guerras e crises econômicas mundiais, tais como a crise de 1973 e a guerra do golfo Pérsico em 1990 foram motivadas pela disputa da posse desse imprescindível insumo.

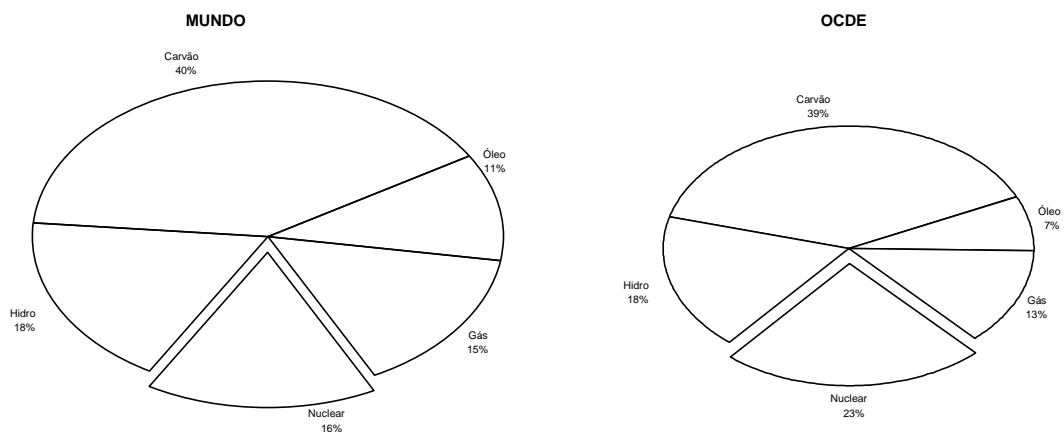


Gráfico 1: Geração de energia Elétrica no mundo e nos países da OCDE em 1999 - Participação das várias fontes de geração (%).

Fonte: Souza (2000, p.09).

Tabela 1: Matriz energética brasileira em 1999

Recurso	Consumo geral de energia	Geração de eletricidade
Carvão	1,0%	2,3%
Petróleo	27,3%	3,3%
Gás Natural	5,7%	-
Nuclear	-	1,3%
Hídricos	41,9%	93,1%
Lenha	10,5%	-
Cana-de-Açúcar	11,8%	-
Outros	1,8%	-

Fonte: Balanço Energético Nacional 2000 – DNSE/SEM/MME apud. Borba (2001, p.10).

2.1 FONTES NÃO-RENOVÁVEIS DE ENERGIA

As formas de produção convencional² de energia são assim denominadas por compreenderem um conjunto de características próprias: Baixo custo, grande impacto ambiental e tecnologia difundida. São formas de produção que se difundiram quando não havia preocupação com o meio ambiente e nem tecnologia para produzir ou coletar energia de fontes alternativas.

2.1.1 Carvão

Até a segunda guerra mundial, o carvão era o combustível mais utilizado no mundo. A descoberta dos combustíveis derivados do petróleo, como a gasolina, o querosene, o óleo combustível e o diesel que permitiu o desenvolvimento dos motores a explosão, abrindo maiores perspectivas de velocidade e potência e o surgimento da energia nuclear, relegou ao carvão à condição de fonte subsidiária de energia. No entanto, a disponibilidade de grandes jazidas de carvão mineral e o baixo custo do carvão vegetal ainda conferem a esse combustível um papel relevante na composição da matriz energética mundial - cerca de 20% no final do século XX, sendo o Brasil um dos países menos dependentes dessa forma de energia, com participação de menos de 3% na geração total de energia elétrica (BORBA, 2001. p.10).

² Devemos atentar para o fato de que o termo fontes convencionais de energia não é sinônimo de fontes não-renováveis de energia, dado que a energia hidroelétrica é uma fonte renovável, porém, uma das mais tradicionais formas de obtenção de energia.

A entrada em operação de centenas de usinas hidrelétricas e nucleares não conseguiu diminuir drasticamente, como se esperava, a participação do carvão, não somente porque essas fontes de energia representam grandes investimentos iniciais e provocam sério impacto no meio ambiente, mas também porque a disponibilidade de grandes jazidas de carvão mineral é ainda grande.

O carvão mineral é um material sólido, poroso, de combustão difícil, porém duradoura, e capaz de gerar grande quantidade de calor. Pode ser produzido por processo artificial, pela queima incompleta da madeira, como o carvão vegetal ou originar-se de um longo processo natural, denominado encarbonização, pelo qual substâncias orgânicas, sobretudo vegetais, são submetidas à ação da temperatura terrestre durante cerca de 300 milhões de anos e transformam-se em carvão mineral. Em função da natureza desses processos, o carvão vegetal é também chamado de artificial, e o carvão mineral, de natural.

Carvão Mineral (carvão natural)

De acordo com a maior ou menor intensidade da encarbonização, o carvão mineral - também chamado carvão fóssil ou de pedra - pode ser classificado como linhito, carvão betuminoso e sub-betuminoso (ambos designados como hulha) e antracito. A formação de um depósito de carvão mineral exige inicialmente a ocorrência simultânea de diversas condições geográficas, geológicas e biológicas. Primeiro deve existir uma vegetação densa, em ambiente pantanoso, capaz de conservar a matéria orgânica. A água estagnada impede a atividade das bactérias e fungos que, em condições normais, decomporiam a celulose. A massa vegetal assim acumulada, no prazo de algumas dezenas de milhares de anos - tempo curto do ponto de vista geológico - transforma-se em turfa, material cuja percentagem de carbono já é bem mais elevada que a da celulose.

Na etapa seguinte, que leva mais algumas dezenas de milhões de anos, a turfa multiplica seu teor de carbono e se transforma na primeira variedade de carvão, o linhito, cujo nome provém de sua aparência de madeira. Em seguida, surge a hulha, primeiro como carvão betuminoso, depois como sub-betuminoso. Na fase final, a hulha se transforma em antracito, com teores de até 90% de carbono fixo. Quanto maior o teor de carbono, maior também é o poder energético. Por isso, a turfa, que tem teor muito baixo e alta percentagem de umidade, nem sempre pode ser aproveitada como combustível, e nesse caso serve para aumentar a composição de matéria

orgânica dos solos. Encontrada nos baixios e várzeas, ou em antigas lagoas atulhadas, a turfa caracteriza-se pela presença abundante de restos ainda conservados de talos e raízes. Já o linhito, muito mais compacto que a turfa, é empregado na siderurgia, como redutor, graças a sua capacidade de ceder oxigênio para a combustão. É utilizado também como matéria-prima na carboquímica. Quando o linhito se apresenta brilhante e negro, recebe o nome de azeviche. Em virtude dessa estrutura complexa e variável, o carvão mineral apresenta diversos tipos. Seu emprego para fins industriais obedece a uma classificação que toma como base à produção de matéria volátil e a natureza do resíduo. Assim, há carvões que se destinam à produção de gás, de vapor ou de coque, que é um carvão amorfo, resultante da calcinação do carvão mineral e de largo emprego na siderurgia.

Carvão Vegetal (carvão artificial)

O processo tradicional de obtenção do carvão vegetal dá-se pela queima ou aquecimento de madeira, em temperaturas que variam entre 500 e 600° C, na ausência de ar. Empilham-se estacas de madeira, cobertas parcialmente por terra, para limitar a entrada de ar, e procede-se a queima. Trata-se de uma técnica bastante primitiva, que não permite o aproveitamento de nenhum subproduto, geralmente usada por pequenos produtores, que operam no próprio local de desbaste das árvores. O processo industrial utiliza fornos, pré-aquecidos à temperatura de 300° C, nos quais são colocados pedaços relativamente pequenos de madeira seca. Esse processo permite a produção em escala incomparavelmente maior de carvão vegetal destinado à siderurgia do ferro gusa e à obtenção de subprodutos, como metanol, ácido acético, piche, óleo e gás.

2.1.2 Petróleo

Fisicamente, o petróleo é uma mistura de compostos de carbono de diferentes composições. Esses componentes dividem-se em grupos ou frações, delimitadas por seu ponto de ebulição. Os intervalos de temperatura e a composição de cada fração variam com o tipo de petróleo. As frações cujo ponto de ebulição é inferior a 200° C, entre eles a gasolina, costumam receber o nome genérico de benzinas. A partir do mais baixo ponto de ebulição, de 20° C, até o mais alto, de 400° C, tem-se, pela ordem: éter de petróleo, benzina, nafta ou ligroína, gasolina,

querosene, gasóleo (óleo diesel) e óleos lubrificantes. Com os resíduos da destilação produz-se asfalto, piche, coque, parafina e vaselina.

O petróleo existe na Terra no estado sólido e líquido e é reconhecido como grande “benfeitor” da humanidade. Era conhecido e usado pelos povos mais antigos, sobretudo na forma de betume, que servia para muitas coisas, entre as quais construir estradas e calafetar embarcações. Ganhou importância no mundo moderno quando substituiu o óleo de baleia na iluminação pública das cidades europeias. Até então, aproveitava-se o petróleo que aflorava espontaneamente à flor da terra - o primeiro poço perfurado para extraí-lo foi obra do americano Edwin L. Drake, em Titusville, Pensilvânia, nos Estados Unidos, em 1859. Logo ele estava sendo extraído em toda parte e a invenção do motor de combustão interna elevou-o à condição de mais importante fonte de energia da sociedade moderna, mas o petróleo serve para muito mais coisas do que simplesmente produzir gasolina. Refinado, ele se transforma também em querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, solventes, tintas, asfalto, plásticos, borracha sintética, fibras, produtos de limpeza, gelatinas, remédios, explosivos e fertilizantes. Ao longo do século XX, produziu também incontáveis guerras, invasões, disputas territoriais, golpes de Estado, revoluções, cismas políticos. O Oriente Médio, os Estados Unidos e os territórios da antiga União Soviética são os maiores produtores – sendo que os EUA são responsáveis por aproximadamente 25% do consumo mundial³.

Embora os derivados do petróleo sejam consumidos no mundo inteiro, o óleo cru é produzido comercialmente num número relativamente diminuto de lugares, muitas vezes em áreas de deserto, pântanos e plataformas submarinas. O volume total de petróleo ainda não descoberto em terra e na plataforma continental é desconhecido, mas a indústria petrolífera desenvolveu o conceito de "reserva provada" para designar o volume de óleo e gás que se sabe existir e cuja extração é compensadora, considerados os custos e os métodos conhecidos.

Conforme relatório das Nações Unidas (*Ocean Oil Weekly Report*, de 7 de fevereiro de 1994), que toma como base a produção média de 1991, o estoque mundial de óleo estaria esgotado em 75 anos. Das reservas atuais, 65% estão no Oriente Médio. Segundo o relatório, o volume

³ www.geocities.com/capecanaveral.htm

de óleo remanescente na Terra é de 1,65 trilhões de barris, constituídos de 976,5 bilhões de barris de óleo de reserva provada e de 674 bilhões de barris de óleo⁴.

Presume-se que ainda existam por serem descobertos cerca de 800 a 900 bilhões de barris de petróleo no mundo. No Oriente Médio, a maior parte do óleo descoberto e por descobrir encontra-se sob a terra, mas no restante do mundo o óleo potencial deverá ser encontrado na plataforma continental (A Petrobrás e a Shell são os líderes mundiais em exploração e produção em águas profundas). Atividades de exploração e produção estão sendo desenvolvidas nas plataformas do Brasil, golfo do México, Noruega, Reino Unido, Califórnia, Nigéria e, em menor escala, China, Filipinas e Índia. São de especial interesse os mares semifechados marginais, como mar do Norte, golfo Pérsico, mar da Irlanda, baía de Hudson, mar Negro, mar Cáspio, mar Vermelho e mar Adriático, que apresentam cortes sedimentares adequados e lâminas d'água relativamente pequenas.

Tabela 2: Maiores produtores de petróleo em 1997.

	País	Produção (milhões de toneladas)	% Produção mundial	Reservas/Produção (anos)
1	Arábia Saudita	428,8	12,8	83,5
2	EUA	382,9	11,4	9,7
3	Ex-URSS	352,6	10,5	25,8
4	Irã	183,8	5,5	69,1
5	México	163,6	4,9	42,8
6	Venezuela	162,4	4,8	57,3
7	China	158,5	4,7	20,8
8	Noruega	155,5	4,6	9,6
9	Reino Unido	129,9	3,9	4,6
10	Emir. Árabes Unidos	117,3	3,5	107,4
	<i>Subtotal</i>	2.235,3	66,5%	-
20	Brasil	40,3	1,2%	17,4
	<i>Total</i>	3.361,6	100,0%	41,9

Fonte: BP Statistical Review of World Energy -1997 apud. Coutinho, 1998, p.3.

2.1.3 Gás Natural

O Gás Natural, que é uma mistura de hidrocarbonetos (principalmente Metano), é um combustível sem cor e sem cheiro e que se caracteriza por ser menos poluente do que outros

⁴ O barril, medida habitual dos óleos, contém 159 litros. A densidade do petróleo é variável, com valor médio de 0,81, o que significa 129 quilos por barril. Um metro cúbico contém 6,3 barris, e uma tonelada, 7,5 barris.

combustíveis fósseis. É uma das formas de energia mais populares nos dias de hoje. É usado para aquecer, para produzir eletricidade e muitos outros usos, principalmente na indústria.

O Gás Natural é encontrado na maioria das vezes quando se está perfurando o solo em busca de petróleo, quando é trazido para a superfície e refinado. Geralmente é transportado através de gasodutos; fábricas e geradoras de energia o obtêm diretamente do gasoduto, reduzindo drasticamente seus custos operacionais. Os consumidores residenciais geralmente recebem o gás de uma distribuidora, que adiciona odor ao produto por medida de segurança.

A Produção é uma parte complicada, porque nem sempre se bombeia gás puro, ele pode estar misturado com o óleo. Os principais componentes são: Metano, Etano, Propano, Butano, Iso-Butano e gasolina natural, que é uma mistura de pentanos com hidrocarbonetos pesados.

O processamento final das refinarias de gás envolve duas operações básicas: Extração do gás natural do gás extraído e fracionamento do gás em componentes separados. Esses componentes são obtidos tanto na forma líquida quanto na forma gasosa. Após o processamento do gás, ele é transportado através de dutos até o centro consumidor e chega na distribuidora. Os dutos são confiáveis e eficientes. Apenas 3% do gás transportado é perdido no processo⁵. O Gás transportado precisa ficar armazenado em algum lugar, esperando para ser consumido, sendo prática comum armazená-lo no subterrâneo, geralmente em reservatórios vazios, aquíferos e até cavernas, todos especialmente preparados. Não tão comum, mas também usado é a armazenagem do gás em forma líquida, para isso são construídos grandes tonéis.

Nos EUA, produtores de energia pressionados por legislações ambientais estão usando o gás no lugar de carvão para gerar eletricidade. Nas indústrias o gás natural é usado na manufatura de papel, metais, insumos químicos, vidro e até certos tipos de comida. O gás é usado também no processamento do lixo. Apesar de ser um combustível fóssil, as leis de proteção ao meio ambiente irão tornar o gás natural, no médio prazo, a escolha energética mais popular. Para completar, o gás natural encontrou usos como combustível de automóveis e células de energia.

⁵ www.geocities.com/capecanaveral.htm

Pelo fato do Gás natural ser o combustível fóssil mais limpo ele pode ajudar a melhorar a qualidade do ar e da água, especialmente quando for usado no lugar de combustíveis mais poluentes. A combustão do gás natural não emite Dióxido de enxofre (SO₂) ou matéria particulada, tem menos emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos reativos, óxido de nitrogênio (NOx) do que outros combustíveis fósseis, porém, tal como o petróleo e o carvão, não pode ser considerado como alternativa em longo prazo, em razão de suas reservas serem finitas.

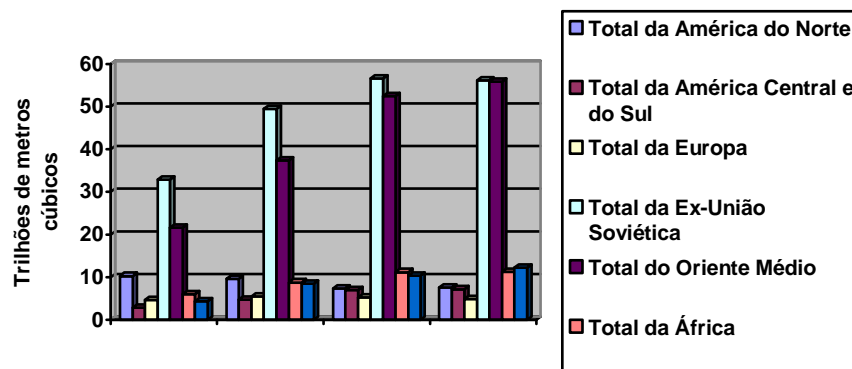


Gráfico 2: Distribuição das reservas provadas de gás no mundo.

Fonte: www.gasenergia.com.br

2.1.4 Energia Nuclear

A energia nuclear provém da fissão nuclear do urânio, do plutônio ou do tório ou da fusão nuclear do hidrogênio. Atualmente utiliza-se quase somente o urânio. O fator básico é que da fissão de um átomo de urânio são produzidos 10 milhões de vezes a energia produzida pela combustão de um átomo de carbono do carvão ou do petróleo. Como se vê a energia nuclear é uma forma de energia bastante concentrada. Em 16 de julho de 1945, ocorreu em Alamogordo, no estado americano de Nevada, o primeiro teste de uma bomba nuclear. A experiência prenunciou as explosões que destruiriam grande parte das cidades japonesas de Hiroxima e Nagasaki em 6 e 9 de agosto do mesmo ano. O fundamento físico de tais explosões, a energia nuclear, encontrou mais tarde vasto campo de aplicações pacíficas. A energia nuclear é a que se obtém por processos de transformação de núcleos atômicos em outros, mediante mecanismos de fissão de núcleos pesados em fragmentos menores, ou de fusão de núcleos leves em outros maiores.

Logo depois de anunciada a descoberta da fissão nuclear, em 1939, também se observou que o isótopo fissionável que participa da reação é o urânio-238 e que se emitem nêutrons no processo. Especulava-se na época que uma reação de fissão em cadeia poderia ser explorada como fonte de energia. No entanto, ao iniciar-se a segunda guerra mundial, em setembro de 1939, os físicos voltaram suas pesquisas para tentar usar a reação em cadeia para produzir uma bomba.

No início de 1940, o governo americano destinou recursos para uma pesquisa que mais tarde se transformou no Projeto Manhattam. Esse projeto incluía trabalhos sobre enriquecimento de urânio para obter urânio-235 em altas concentrações e também pesquisas para o desenvolvimento de reatores nucleares. Eram dois os objetivos: compreender melhor a reação em cadeia para projetar uma bomba nuclear e desenvolver uma forma de produzir um novo elemento químico, o plutônio, que, segundo se acreditava, seria físsil e poderia ser isolado quimicamente a partir do urânio.

O primeiro reator nuclear foi construído na Universidade de Chicago, sob a supervisão do físico italiano Enrico Fermi. O equipamento produziu uma reação em cadeia em 2 de dezembro de 1942. Imediatamente após a segunda guerra mundial, cientistas e engenheiros de vários outros países empreenderam pesquisas destinadas a desenvolver reatores nucleares para a produção de energia em larga escala. Em 1956, o Reino Unido inaugurou em Calder Hall a primeira usina nuclear totalmente comercial. Um ano depois, entrou em operação a primeira usina americana desse tipo.

O número de grandes usinas nucleares aumentou rapidamente em muitos países industrializados até o final da década de 1970. Depois disso, houve uma significativa redução no ritmo de utilização da energia nuclear para fins comerciais, por diversas razões: o custo de construção de novas usinas nucleares era alto e a opinião pública pressionava contra a construção de usinas, principalmente depois dos catastróficos acidentes ocorridos na usina de Three Mile Island, nos Estados Unidos, e em Tchernóbil, na Ucrânia, então parte da União Soviética. Entretanto, França, Japão, Coreia do Sul e Tailândia, que dispõem de poucas alternativas energéticas, continuaram a usar a energia nuclear.

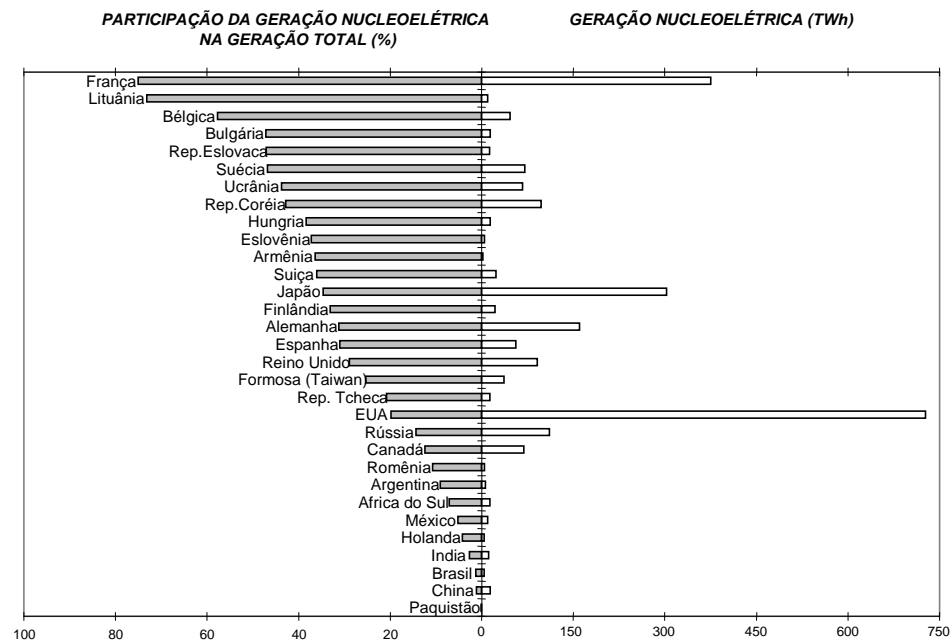


Gráfico 3: Produção de energia elétrica por centrais nucleares no mundo em 1999 e participação na produção total.

Fonte: Souza, 2002, p.13

Três tipos de reações nucleares produzem grandes quantidades de energia:

- (1) a desintegração radioativa, processo segundo o qual um núcleo se converte espontaneamente no núcleo de outro isótopo ou elemento;
- (2) a fissão nuclear, pela qual um núcleo pesado se divide em dois outros e libera a energia neles contida;
- (3) a fusão nuclear, segundo a qual dois núcleos atômicos leves, submetidos a temperaturas elevadíssimas, reagem para formar um único núcleo, de peso maior.

Todos os reatores nucleares produzem energia a partir da reação de fissão, mas os cientistas acreditam que a fusão nuclear controlada pode originar uma fonte de energia alternativa relativamente barata de geração de eletricidade, o que ajudaria a conservar o suprimento de combustíveis fósseis do planeta, em rápido esgotamento.

Num reator nuclear, essa série de fissões é cuidadosamente controlada, o que permite utilizar a enorme quantidade de energia liberada, que ocorre em forma de radiação e de energia cinética dos produtos da fissão lançados a altas velocidades. Boa parte dela se transforma em

energia térmica quando os produtos da fissão entram em repouso. Uma porção dessa energia é usada para aquecer água e convertê-la em vapor de alta pressão, que faz funcionar uma turbina. A energia mecânica da turbina é então convertida em eletricidade por um gerador.

Além de valiosa fonte de energia elétrica para uso comercial, os reatores nucleares também servem para impelir alguns tipos de navios militares, submarinos e certas naves espaciais não-tripuladas. Outra importante aplicação dos reatores é a produção de isótopos radioativos, amplamente usados na pesquisa científica, na terapêutica e na indústria. Os isótopos são criados pelo bombardeamento de substâncias não-radioativas com os nêutrons liberados durante a fissão.

A manipulação dos produtos radioativos da fissão é um problema mais difícil de resolver do que a contenção do núcleo do reator. Alguns desses resíduos nucleares se mantêm perigosamente radioativos por milhares de anos e, portanto, devem ser eliminados ou armazenados de forma permanente. Ainda não foi descoberto, no entanto, um método prático e seguro de tratamento desses resíduos.

A questão da importância do elemento humano para o correto funcionamento das usinas nucleares voltou a ser debatida após a catástrofe de Tchernóbil, em 1986. Um dos quatro reatores da usina explodiu e pegou fogo. Antes que a situação pudesse ser controlada, 31 pessoas haviam morrido. Aproximadamente 25% do conteúdo radioativo do reator vazou, 135.000 pessoas tiveram que ser evacuadas do local e uma imensa área na vizinhança da usina foi de tal forma contaminada pela radioatividade que não pode mais ser cultivada. Na época, estimou-se que de quatro mil a quarenta mil casos de câncer resultariam desse acidente.

2.2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

As Energias Renováveis são aquelas surgidas como soluções para diminuir o impacto ambiental e para contornar o uso de matéria prima que normalmente é não renovável, como o carvão e petróleo. Existem algumas delas que já alcançaram grandes avanços e estão bastante difundidas. A Energia Solar e a Energia Eólica vêm tomando lugar antes ocupado pela energia elétrica convencional com a vantagem de serem oriundas de fontes renováveis e muito menos agressivas ao meio ambiente, precisando apenas de um investimento inicial, enquanto a

biomassa se apresenta como uma alternativa viável em médio prazo e uma vantagem competitiva para os países tropicais, podendo transformar-se em um dos pilares da estratégia energética desses países, trazendo maior qualidade de vida e uma maior soberania para essas nações.

2.2.1 Subprodutos energéticos provenientes do setor sucroalcooleiro:

2.2.1.1 O Álcool

A produção de etanol é uma atividade que remonta a milhares de anos, em períodos “antes de Cristo”, com algumas fontes atribuindo sua descoberta aos chineses e outras, aos árabes. De acordo com citações (MORAES, 2002, p.157), de Alexander King, “A fermentação de açúcares para a produção de álcool foi uma das primeiras invenções do homem, simultaneamente com as primeiras ferramentas”; ou o fato de se encontrarem na China, no ano 1000 antes de Cristo, fórmulas se reportando à destilação de “fortes espíritos” da fermentação de arroz; ou, segundo os árabes, “esses espíritos como essência de toda substância”.

Consumido por séculos como bebida, apenas no final do século XIX, na Alemanha, surge como combustível por meio de experiências de Nicolas Otto. Sendo aplicado em larga escala pela primeira vez em 1908, por Henry Ford, nos EUA, em seus “modelos T”. A *Standard Oil Company* utilizou 25% de etanol em mistura com gasolina, de 1920 a 1924, em Baltimore, EUA, e nos anos 30, havia 2.000 postos com “gasohol” no Meio-Oeste norte-americano. Na Primeira Guerra Mundial, o “combustível imperial”, na Alemanha, tinha 25% a 30% de etanol, sendo obrigatório seu uso a partir de 1930.

O domínio do petróleo, no século XX, como fonte de energia, efetivamente neutralizou o desenvolvimento de fontes alternativas. Situação esta que perdurou até o início da década de 80, quando em virtude dos sucessivos “choques” na oferta e o conseqüente aumento da volatilidade do preço do petróleo foram iniciados esforços para desenvolvimento de novas soluções para provimento das necessidades de energia do mundo.

Pressões ambientais e o questionamento dos efeitos do uso dos derivados do petróleo, ocorridos a partir nos anos 70 também contribuíram para que países como o Brasil e os EUA expandissem a produção de etanol para uso como aditivo da gasolina ou combustível único.

Uma terceira onda surgiu acentuadamente a partir dos anos 90, caracterizada por dois fatores importantes: a questão extremamente relevante do efeito estufa e os graves problemas ambientais causados pelo MTBE⁶, constatados nos EUA e no Japão, e a elevação real dos preços dos preços internacionais do petróleo com o retorno da Opep mais estruturada e ativa. Nessa linha, vale salientar alguns fatos atuais que aumentaram a importância do etanol (Ibid., p.158):

- a) Os baixos preços das *commodities* e a busca de alternativas agrícolas;
- b) O protocolo de Kyoto (1997) e a necessidade de os países reduzirem suas emissões de CO₂, salientando-se que as emissões decorrentes do uso de combustíveis fósseis respondem por mais de 50% do total das fontes emissoras;
- c) As alianças internacionais efetivadas entre o Brasil, EUA, México, Canadá e Suécia, com um trabalho intenso no desenvolvimento dos mercados de etanol, devendo haver em curto prazo a participação da Tailândia e tendo a China como observadora;
- d) Um claro posicionamento da participação da Índia a favor de um programa de mistura do etanol na gasolina desse país;
- e) A criação da Global Alliance (Austrália, Brasil, África do Sul, Colômbia, Guatemala, Tailândia e Índia) com a defesa do livre mercado e, obviamente, da luta contra os mecanismos protecionistas dos países desenvolvidos, somando-se ao chamado “Grupo de Cairns”⁷. As definições da reunião da Organização Mundial do Comércio no mês de novembro de 2001 em Doha, Catar, por uma nova rodada de negociações em que a agricultura é prioridade, reacendem as esperanças de países como o Brasil e de setores como o de açúcar e o de álcool;
- f) As resoluções em discussão na União Européia sobre o uso mandatário de combustíveis renováveis, em porcentagem crescente até 2010, abrem perspectivas formidáveis para o etanol.

⁶ Metil *tert*-Butil Éter. Líquido inflamável usado como aditivo na gasolina sem chumbo para melhorar a combustão do motor. É resultado da mistura de Isobutileno e Metanol.

⁷ Grupo de Cairns é formado pelos 15 países de maior produção agrícola entre os países em desenvolvimento.

O Mercado de etanol no mundo

O etanol teve seu uso voltado basicamente para fins industriais e para bebidas até o início da década de 90, quando houve um aumento de seu consumo como combustível, representando cerca de 60% do total consumido. A partir do final da década de 90 verificou-se um crescimento constante da demanda nos EUA, tendo dois fatores a exercer pressão para expandir o mercado de etanol, são eles (Ibid., p.160):

- a) o programa há pouco tempo aprovado pelo ex-Presidente Clinton sobre expansão do uso de biomassa para fins combustíveis;
- b) A questão do MTBE (éster oxigenado da gasolina e derivados do petróleo) e a poluição das águas: o MTBE é o mais importante oxigenante da gasolina (cerca de 2% da demanda de gasolina nos EUA – 500 bilhões de litros por ano).

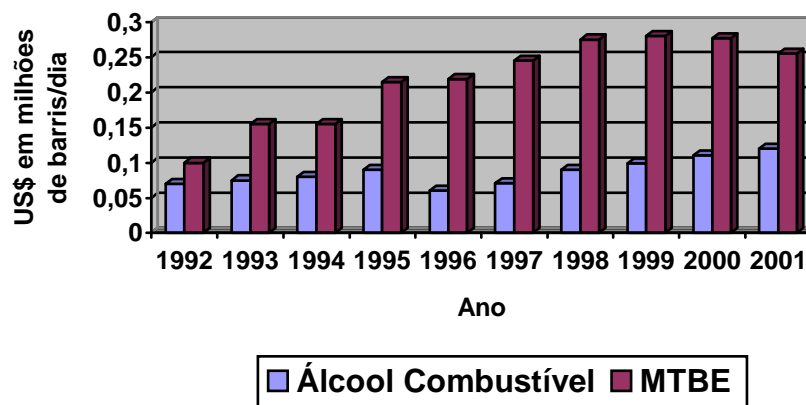


Gráfico 4: EUA: álcool combustível vs. MTBE (US\$ em milhões de barris/dia).

Fonte: Moraes, 2002, p.161.

O consumo dos oxigenantes é crescente, tanto nos EUA quanto no resto do mundo, mostrando-se a partir do ano 2000 crescente para o etanol e claramente decrescente para o MTBE. Segundo Moraes (2002, p.161), o uso do MTBE desaparecerá entre 2005 e 2010, enquanto será acelerado o crescimento do uso do etanol nos EUA.

Tabela 3: Consumo de oxigenantes nos EUA (na gasolina – bilhões de litros)

Produto	2000	2003⁽²⁾	2005⁽²⁾
MTBE	14,0 ⁽¹⁾	5,0	2,0
Etanol	5,6	12,0	15,0

Fonte: Moraes (2002, p.162).

(1) Califórnia e New York consomem 60% do volume total

(2) Estimativas pessoais

Nota: Considerou-se a adoção do etanol pela Califórnia em 2003 e pelo Nordeste Americano em 2005.

Há também mais alguns fatores relevantes que podem contribuir para um aumento da demanda de etanol nos EUA (Ibid., p.163):

- a) Dado a projeção de demanda crescente, o posicionamento do setor petrolífero em não querer ficar no que chamam de dependência do Meio-Oeste norte-americano (produtores de álcool de milho), temendo que pressões monopolísticas impactem o preço da gasolina, pode favorecer importações do álcool brasileiro;
- b) O governo da Califórnia também vem se posicionando com o intuito de não ficar na dependência única dos produtores de álcool do Meio-Oeste, abrindo, inclusive, possibilidades para a importação de álcool do Brasil;
- c) Foi criada nos EUA a Governors' Etanol Coalition (GEC) (Coalizão dos Governadores norte-americanos Pró-Etanol) composta de 24 Estados mantenedores, com um trabalho efetivo, técnico e com grande impacto na sociedade. Há também, na GEC, as alianças internacionais de suporte ao desenvolvimento sustentado do mercado internacional para o etanol e para trocas de tecnologia entre EUA, Brasil, Canadá, México e Suécia e, provavelmente, com Tailândia, Índia e China.

No Brasil, a demanda por etanol passou por diferentes momentos, tendo como ponto de inflexão a tremenda queda nas vendas do ano de 1990, motivada pela falta do álcool hidratado e por pressões de montadoras e empresas de petróleo.

A queda nas vendas dos carros a álcool levou a uma expressiva perda de demanda do álcool hidratado. O gráfico abaixo mostra que o grande crescimento da frota geral no Brasil ocorreu quando as vendas de carros a álcool foram inexpressivas, desde 1995.

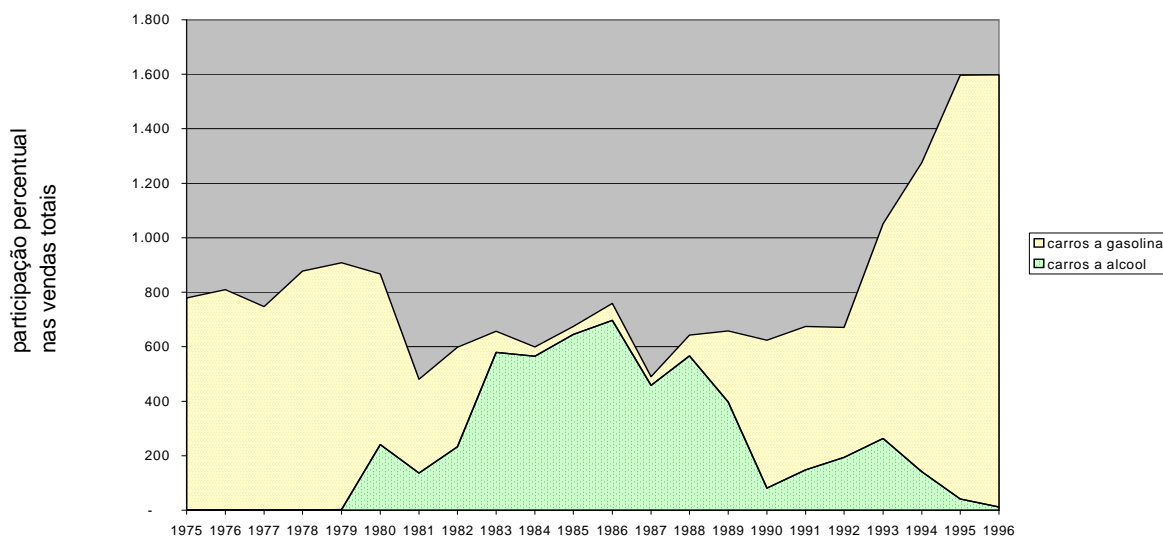


Gráfico 5 : Participação relativa das vendas de veículos a gasolina e a álcool entre 1975 e 1996.

Fonte: Rosillo-Calle; Cortez apud. Corazza, 1999, p.6

Vantagem ambiental e importância estratégica

Cada tonelada de cana-de-açúcar direcionada para a produção de álcool combustível (que, sendo anidro ou hidratado, substitui o uso de combustíveis fósseis), em termos do CO₂ gerador de efeito estufa, apresenta um saldo médio da ordem de 0,17 tonelada de CO₂. Ou seja, já computadas todas as emissões realizadas no processo de produção de álcool (fase agrícola e industrial) e as emissões resultantes da queima final do álcool como combustível nos veículos, a “absorção” realizada pela cana em sua fase de crescimento apresenta um saldo (de eliminação de CO₂ da atmosfera) de 0,17 tonelada por tonelada de cana cultivada. Em números gerais, temos um resultado expressivo: por praticar um consumo anual na faixa de 13 bilhões de litros de álcool (substituindo proporções equivalentes de consumo de petróleo não renovável), o Brasil mitiga e neutraliza mais de 30% das emissões causadoras de efeito estufa, provocada pelo conjunto da frota nacional de veículos (MORAES, 2002, p.204).

Essa contribuição foi exemplificada por Laura Tetti em uma simulação de uma produção e consumo adicional de 500 milhões de litros de álcool/ano (Ibid., p.205). Esses 500 milhões de litros adicionais seriam o volume de álcool necessário para abastecer uma frota de novos 100 mil carros (movidos a álcool hidratado), ou em termos de álcool anidro, a quantidade necessária para substituir o tóxico MTBE em uma frota de 1 milhão de carros movidos à

gasolina (utilizando-se o padrão brasileiro de mistura mínima de 20% de álcool, na gasolina); ou uma frota de 2 milhões de carros (praticando a adição de 10% de álcool, conforme já acontece nos Estados Unidos); ou, ainda, em uma frota de 4 milhões de veículos (utilizando-se uma proporção de 5% de álcool adicionado com outras substâncias – o ETBE, conforme o definido para os combustíveis da União Européia). A produção nacional de 500 milhões de litros de álcool adicionais (e seu consumo, que substitui o uso de derivados de petróleo) resultaria em uma redução de emissões da ordem de 3.500.000 toneladas/ano de CO₂. Ou seja: 3.500.000 toneladas equivalentes de CO₂ a serem comercializadas anualmente, por um prazo de 10 anos (tempo mínimo de duração de uma frota veicular, antes de seu completo sucateamento).

A utilização do etanol como combustível tem-se demonstrado estratégica para o Brasil, em virtude de suas externalidades positivas únicas para nossa economia. Ao considerarem-se somente os benefícios econômicos, o álcool como combustível mostra-se extremamente relevante, contribuindo para agregação de valor à cultura da cana-de-açúcar, aumento do emprego e renda para os estados produtores e criando condições para o desenvolvimento de uma importante indústria nacional de bens de capital.

Mas também há outros benefícios econômicos e estratégicos partindo-se de uma visão de médio e longo prazos. O governo brasileiro realiza intensos trabalhos junto a outros países produtores visando à criação de um mercado mundial de etanol, ou seja, transformar o álcool em uma commodity internacional, como forma de melhor posicionar o etanol para o potencial mercado em formação com a substituição do perigoso MTBE como aditivo oxigenante da gasolina e para firmar-se como opção viável para as novas células de combustível que moverão os automóveis da próxima década, que obterão hidrogênio de forma indireta, pela “reforma” de combustíveis já existentes.

Novas tecnologias e processos produtivos que estão sendo desenvolvidos e brevemente estarão disponíveis comercialmente, ajudam a traçar um horizonte extremamente promissor para o mercado de etanol, no Brasil e no mundo. Um exemplo é a tecnologia dos chamados carros “flexíveis”, com motores bicombustíveis⁸, que darão uma grande liberdade de escolha para o consumidor e acabarão com um dos grandes temores em relação à compra de um carro

⁸ Motores bicombustíveis são motores especialmente adaptados para usar, no caso brasileiro, álcool e gasolina em qualquer proporção ou em sua forma pura.

a álcool – a dependência de um combustível que teve reveses em sua oferta e perdeu a confiança de parte dos consumidores.

De acordo com a Unica – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, a indústria automobilística nacional demonstrava desde o ano de 2002 inclinação pela adoção de veículos movidos à gasolina e álcool (JORNAL CANA, 2003), sendo constatado em pesquisa encomendada ao IBOPE que os veículos bicombustíveis, os chamados *flexible fuel*, seriam bem aceitos, caso adotados.

Outra tecnologia que promete revolucionar o mercado de etanol é a DHR (Dedini Hidrólise Rápida), patenteada pela Dedini S.A. Indústrias de Base em todos os países onde existe razoável desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. Essa tecnologia permite praticamente dobrar a produção de álcool por hectare de cana, passando dos atuais 6,4 mil litros para até 12.050 mil litros, por meio de hidrólise, fermentação e destilação da palha e do bagaço da cana (BRITO, 2003, p.b-13).

Os impactos da implantação em escala comercial desta tecnologia serão expressivos, pois o álcool DHR terá preço de U\$ 14 a U\$ 15 o barril, sendo bastante competitivo em relação ao petróleo, que atualmente atinge a cotação de U\$ 30 para o tipo Brent, contribuindo para fortalecer a posição do álcool como nova opção mundial no mercado de combustíveis.

2.2.1.2 Cogeração de energia a partir do bagaço

As usinas de açúcar e álcool passaram por vários entraves econômicos na última década, com a comercialização dos seus principais produtos mantida sem grandes alterações neste período, especialmente no mercado de álcool, em virtude da queda nas vendas de veículos movidos a etanol, aliado ao impacto que desregulamentação causou no setor. Isto fez com que as usinas mudassem seu planejamento e definissem novas metas para poderem continuar no mercado.

Atualmente, observa-se um maior interesse por parte das usinas em investir na co-geração de energia, tendo em vista: a) as recentes modificações do setor elétrico nacional, que abrem possibilidades de comercializar a energia excedente produzida a partir da queima do bagaço de cana, o qual era utilizado somente na agroindústria; b) garantia de compra por um número

cada vez maior de empresas a um preço do MWh (megawatt-hora) capaz de remunerar os investimentos, dado o crescimento econômico do país, a escassez de energia e o novo quadro institucional regente do mercado de energia nacional, mais favorável às formas renováveis de produção de energia.

Diante deste cenário, as usinas sucroalcooleiras podem atuar como empresas energéticas, através da utilização de uma fonte renovável (bagaço de cana), aproveitando a possibilidade de aumentar sua receita. De acordo com Miranda-Stalder e Burnquist, citado por Bartholomeu (2001, p.2), o bagaço utilizado para a produção de energia pode elevar em até 53,18% a margem de comercialização⁹, apresentando, assim o maior incremento relativo, se comparado com outros subprodutos da usina.

A utilização do bagaço para a energia será o grande negócio da usina, talvez até superando no futuro os dois negócios principais que movem a usina hoje, o açúcar e o álcool.

Maurílio Biagi Filho – Presidente da Companhia Energética Santa Elisa, apud. Moraes, 2002, p.214.

Características da atividade de co-geração a partir do bagaço

O processo de co-geração corresponde à geração simultânea de energia térmica e elétrica, a partir de uma mesma fonte primária de energia. A energia mecânica pode ser utilizada na forma de trabalho (como por exemplo, o acionamento de moendas numa usina de açúcar e álcool) ou transformada em energia elétrica através de gerador de eletricidade. O combustível utilizado na co-geração pode ser petróleo, gás natural, carvão ou biomassa (COELHO, 1999, p.36).

A terminologia adotada no setor elétrico diferencia dois tipos de co-geradores: a) o autoprodutor (AP), pessoa física, jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir energia elétrica para consumo próprio. Em 1998 foi concedida permissão para comercialização da energia excedente. As usinas sucroalcooleiras se enquadram nesta categoria; e, b) produtor independente de energia elétrica (PIE), pessoa

⁹ A margem de comercialização é definida como a diferença entre o preço pelo qual uma unidade do produto processado é vendida e o quanto é pago por uma unidade equivalente da matéria-prima adquirida para produzir e vender esta unidade do produto. Também chamado de receita marginal ou saldo marginal.

jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir energia elétrica parcial ou totalmente destinada ao comércio.

De acordo com Moraes (2002, p.217), o bagaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado para diversos fins, tais como: ração animal e matéria-prima para a produção de celulose, papel, aglomerados e chapas semelhantes à madeira, contudo, o principal aproveitamento do bagaço é na geração de energia elétrica¹⁰. Cada tonelada de cana-de-açúcar moída produz aproximadamente 260 quilos de bagaço, considerando um teor de fibra médio de 13% e cerca de 50% de umidade. Por sua vez, cada quilo de fibra seca produz cinco quilos de vapor quando queimado (Ibid., p.218). A evolução da produção de energia co-gerada através do bagaço de cana pode ser vista no Quadro 1. Percebe-se que a geração de energia pelo setor sucroalcooleiro tem importância na matriz energética brasileira, ocupando o segundo ou terceiro lugar em termos de volume de produção (GWh) entre os anos de 1988 e 1998. Além disso, pode-se observar que a co-geração vem apresentando significativo crescimento (cresceu 111,9% no período analisado).

Com base na safra 99/00, considerando-se bagaço, pontas e palhas (o que pressupõe um salto tecnológico), o potencial de geração de energia setorial pode chegar a 12.000 MW, sendo da ordem de 70.000 MW a potência de energia elétrica instalada no Brasil (CARVALHO apud. MORAES, 2001, p.127).

¹⁰ De acordo com a Fiesp/Ciesp (2001), cerca de 95% dos resíduos de bagaço gerados são queimados em caldeiras para produção de vapor e eletricidade, sendo os outros 5% distribuídos em usos alternativos.

Ano	Bagaço ¹	Carvão	Gás Natural	Hidro	Lenha	Lixívia	Óleo Combustível	Diesel	Outras Fontes ²
1988	1878	132	-	3545	545	691	1687	330	2362
1989	1784	108	-	3586	520	782	1718	323	2142
1990	1744	103	654	3114	612	1023	1946	389	2344
1991	1876	108	739	3173	571	999	1881	386	2693
1992	2066	200	387	2780	790	1798	1863	345	2810
1993	2017	229	389	3370	564	1679	2024	352	3114
1994	2314	287	479	3238	656	2165	1959	356	2790
1995	2574	276	560	3449	646	2195	2103	378	2741
1996	3593	322	973	4324	669	2273	2130	709	2950
1997	3880	247	1107	4385	727	2509	2070	853	3357
1998	3978	257	1171	4980	687	2526	2112	1055	3613

Quadro 1: Produção de eletricidade por fonte de geração (1988-1998) – em GWh.

Fonte: Ministério de Minas e Energia – MME (1999), retirado de Souza e Burnquist (2000, p. 27).

¹ O montante inclui o consumo próprio das usinas sucroalcooleiras e comercializado com as concessionárias.

² Refere-se às seguintes fontes de geração: gás de cozinha, outros resíduos e outras fontes secundárias.

Atualmente, a potência instalada de co-geração no setor sucroalcooleiro é 995MW, o que corresponde a apenas 1,32% da potência instalada no setor elétrico nacional em 1998. A região mais importante em termos de potência instalada é a Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo, com 131 usinas. Esta região é responsável por 62,2% da potência instalada do país. Em seguida vem a região Nordeste, com 36% da potência instalada, seguida das regiões Centro-Oeste e Sul, com 1,2% e 0,6% da potência de co-geração instalada. O Norte ainda não apresenta qualquer participação. Estes dados podem ser mais bem visualizados no gráfico abaixo:

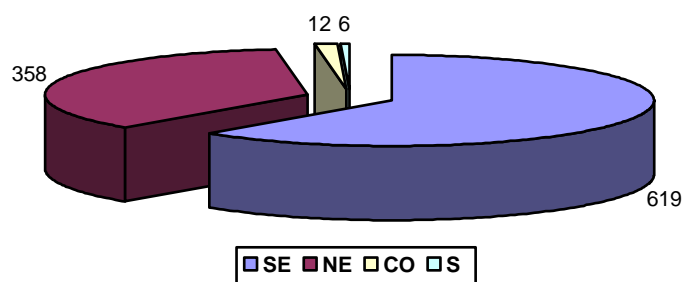


Gráfico 6: Potência instalada (MW) de co-geração do setor sucroalcooleiro (1999)

Fonte: Eletrobrás apud. Bartholomeu, 2001, p.5.

Da potência instalada total, somente 700 MWh de energia elétrica estão sendo produzidos, sendo que 660 MWh são consumidos no processo produtivo das usinas sucroalcooleiras e o restante, comercializado junto ao setor elétrico (ANEEL apud. BARTHOLOMEU, 2001, p.5).

Características do bagaço de cana

O bagaço da cana de açúcar é um subproduto do processo de extração do caldo, seja este para a produção de açúcar ou de álcool. É utilizado como combustível nas caldeiras, devido ao seu potencial energético. O vapor e a energia resultante eram totalmente utilizados no processo industrial, sendo que algumas tinham excedente de energia, mas este era perdido, pois o sistema estatal da época e os baixos preços do MWh inviabilizavam a comercialização desta energia.

O teor de fibra do bagaço é um fator importante, pois a quantidade de bagaço que se obtém por unidade de massa de cana depende do teor de fibra. Nas usinas pesquisadas, a porcentagem de fibra se encontra entre 10,8% e 15%. Este valor varia muito em função da espécie de cana-de-açúcar, com o número de cortes efetuados e condições climáticas. Na safra 1999/2000, devido ao clima desfavorável à cultura (seca e geada), houve uma queda nesta porcentagem, o que provocou grande variação do preço do bagaço de cana. Entretanto, segundo Bartholomeu (2001, p.7), a safra anterior foi uma exceção, onde o valor da tonelada do bagaço comercializado apresentou grande oscilação, passando de R\$ 0,50 a R\$ 32,00, devido à quebra de produção, resultando numa pequena oferta de bagaço excedente, diante de uma demanda acima do normal. Geralmente, segundo algumas usinas, o valor da tonelada do bagaço oscila entre R\$ 2,00 a R\$ 3,50.

A falta de bagaço ocorre nas unidades que são ineficientes, ou seja, consomem elevada quantidade de vapor durante o processo de co-geração, e naquelas que produzem cana-de-açúcar com baixo teor de fibra. Além disso, também há usinas que possuem contratos com distribuidoras de energia elétrica e precisam cumprir o fornecimento de energia. Sendo assim, se a porcentagem de fibra do bagaço cai, ocorre falta da matéria-prima para a co-geração. Por outro lado, existem usinas que produzem uma quantidade excedente de bagaço (provavelmente por produzirem energia somente na safra para consumo próprio), as quais estariam ofertando bagaço.

Existem outras finalidades para o bagaço, as quais podem influenciar seu preço, tais como: ração animal, estoque de segurança nas usinas, geração de energia em outras unidades (sucroalcooleiras e citrícolas), fertilizante, matéria-prima para produção de celulose, papel, aglomerados e outros produtos para o setor madeireiro, etc.

Foi constatado que o mercado é bastante informal na comercialização do bagaço. As relações de compra e venda ocorrem entre unidades que já possuem uma relação mais estreita. Outro fator que as usinas levam em consideração ao comprar bagaço, além do relacionamento mencionado acima, é a distância dos fornecedores. Para as usinas, o principal custo na compra do bagaço vem do frete. Em alguns casos, o frete chega a aumentar em 75% o preço da tonelada do bagaço, (Ibid., p.8).

A quantidade máxima de bagaço comercializada por uma usina em 1999 foi 110.000 ton e a distância máxima dos fornecedores de bagaço à usina foi de 300 km. Estes valores foram observados em consequência da baixa oferta de bagaço no mercado neste ano, obrigando as usinas buscarem fornecedores mais distantes.

De acordo com Bartholomeu (2001, p.8), as usinas possuem um consumo específico de vapor no processo de cogeração na faixa entre 450 a 560 kg/ton de cana. Verificou-se que há predomínio de caldeiras de baixa pressão. Todas as usinas utilizam caldeiras de 21 bar e algumas de 42 bar. Somente 7% também utilizam caldeira com pressão maior, como de 63 bar.

Com relação à capacidade instalada da usina, esta variou entre 8,2 MW e 45 MW, enquanto o consumo de energia esteve entre 6,4 MWh e 17,0 MWh. Percebe-se, portanto que há um excesso de capacidade instalada, que poderia ser aproveitada para a co-geração. De fato, 71,4% das usinas pesquisadas possuem excedente de capacidade instalada, que varia desde 1,0 MW até 30,0 MW. Isto não significa, entretanto, que a usina gera toda esta quantidade de energia, mas somente o necessário para suas atividades. Algumas delas já possuem contrato de fornecimento de energia com concessionárias, e outras estão com projetos de estudo de viabilidade. Por outro lado, 14,3% das usinas consomem exatamente o que são capazes de gerar e outros 14,3% possuem um consumo de energia maior do que a capacidade instalada.

O custo do Mwh gerado pelo setor sucroalcooleiro depende, sobretudo, dos seguintes aspectos: (i) da geração ser firme (durante todo o ano), (ii) do potencial de expansão: possibilidade de escala e (iii) do prazo do contrato.

Segundo Moraes (2002, p.232), a crise no setor elétrico possibilitou a melhoria na remuneração da energia co-gerada no setor sucroalcooleiro. Enquanto há quatro anos o preço

dos contratos de longo prazo variava entre R\$ 31 e R\$ 40/MWh, atualmente, as distribuidoras nordestinas pagam em trono de R\$ 80/MWh e no Sudeste o valor pode chegar a 67/MWh.

Distribuidora	Preço (R\$/MWh)
Cemig – MG	R\$ 60,00 (Usina Iturama)
Guaraniana	R\$ 80,00 a R\$ 90,00 (nove usinas em 2001 gerando excedentes para a Ceal – Alagoas)
Cemat – MT	Entre R\$ 60,00 (Usina Itamarati) e R\$ 80,00
CPFL – SP	Em torno de R\$ 50,00 (Vale do Rosário)
CESP – SP	R\$ 65,00 (Projeto CGDE – CESP-Koblitz)

Quadro 2: Exemplos de preços ofertados para o co-gerador sucroalcooleiro, 2001 (R\$/MWh).

Fonte: Moraes (2002, p.232).

Pode-se concluir que vários fatores interferem na decisão da usina em co-gerar energia a partir do bagaço de cana. O preço pago pela concessionária pelo MWh deve ser atraente, ou seja, deve cobrir os custos totais de geração (tais como impostos, depreciação e amortização, custos operacionais, juros de financiamento, insumos, entre outros) e gerar um excedente pelo qual a usina esteja disposta a investir. Atualmente, o PPA (Power Purchase Agreement)¹¹, contrato entre a concessionária e o cogeração, estabelece um valor de aproximadamente R\$ 65,00 pelo MWh .

O bagaço, por ser o combustível de todo o processo, também é um item de grande importância. Adversidades climáticas podem diminuir a quantidade de bagaço disponível (através de quebra de produção e/ou da porcentagem de fibra), e ocasionar aumentos nos preços (diante do próprio aumento do valor da tonelada e, principalmente, do frete, devido ao aumento da distância a ser percorrida). Diante disso, aumentar eficiência da estrutura de cogeração da usina é positivo, a partir de caldeiras com maior pressão e com maior capacidade de gerar excedentes de energia e de vapor, com conseqüente aumento da rentabilidade e diminuição da dependência em relação ao bagaço.

Como resultado das novas linhas de crédito e das perspectivas em relação ao tratamento diferenciado que as formas de energia alternativa terão no mercado nacional de energia, as usinas iniciam investimentos visando aumentar sua capacidade de cogeração. Entre os principais exemplos estão o da Companhia Energética Santa Elisa, que assinou um PPA em agosto de 2001 para venda de 20MW por 12 anos à Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), por R\$ 63,00 MWh (Ibid., p.225).

¹¹ Power Purchase Agreement. Acordo de compra de energia, normalmente de longo prazo, visando viabilizar projetos energéticos. Não confundir com Programa Pluri-Anual feito pelo governo brasileiro.

As emissões evitadas com o uso do bagaço de cana para a geração de energia elétrica, evitando a expansão do uso dos combustíveis fósseis (no caso brasileiro, resume-se à alternativa do gás natural), apresentam números e resultados também de grandes dimensões.

Hoje todo setor sucroalcooleiro já é auto-suficiente e produz toda eletricidade que consome em seus processos de produção, com várias unidades praticando a co-geração, fornecendo sua energia elétrica excedente para as redes de distribuição.

Mesmo sendo utilizadas apenas as tecnologias mais convencionais, com uso difundido no Brasil, em curto prazo (até o ano de 2005), o setor canavieiro poderá ofertar 3.000 MW de eletricidade adicionais produzidos com o uso do bagaço de cana-de-açúcar (ou 13.500 GWh, ou seja: 3.000 vezes as 4.500 horas/ano do período – ou duração padrão – das safras canavieiras no Brasil).

Segundo Moraes (2002, p.206), considerando esse nível de produção de eletricidade a partir do bagaço-de-cana, se produzidos com gás natural (na proporção de consumo de 4,5 milhões m³/dia de gás natural para uma produção de 900 MW, considerada a tecnologia mais eficiente no mercado), evitam o consumo e as emissões equivalentes a 2,9 bilhões m³/ano de gás natural (3,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo ao ano, ou em termos de barris de petróleo, consumo evitado equivalente a 20,4 milhões de barris/dia).

2.2.1.3 Biogás

O biogás é uma mistura de metano (CH₄) – 50 a 70% e dióxido de carbono ou gás carbônico (CO₂) – 30 a 50%, podendo ser produzido em reatores ou biodigestores, ou captado de depósitos naturais de aterros sanitários ou antigos depósitos de lixo onde essa digestão vem se processando durante anos.

A produção do biogás, ou gaseificação da biomassa dos resíduos, apresenta sobre outros processos de gaseificação, entre outras vantagens, a simplicidade de tecnologia e de operação, a dispensa de uma secagem prévia das matérias-primas, resultando em maior eficiência na transformação de energia (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 1986, p.76).

Algumas usinas estão conseguindo produzir biogás a partir do vinhoto que, depois de tratado e engarrafado, pode ser usado como combustível em várias aplicações nas próprias usinas, além disto a decomposição do vinhoto resulta em fertilizante de excelente qualidade, evitando-se assim, a poluição de rios e mananciais pelo lançamento direto do vinhoto, que é originalmente um resíduo tóxico.

Apesar de ainda não ter exploração em larga escala, o biogás proveniente dos resíduos da produção do álcool combustível – o vinhoto, constitui-se em mais um subproduto energético para o setor sucroalcooleiro, com grande potencial comercial para os próximos anos, dada a simplicidade de sua tecnologia empregada e baixo custo de manutenção.

A tecnologia necessária à produção e utilização do biogás vem sendo desenvolvida no Brasil há muitos anos, notadamente no estado de Alagoas, sob a orientação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPEs), também tiveram participação relevante no desenho e aperfeiçoamento do equipamento (biodigestor) diversas Instituições públicas (CETESB e a COPPE) e privadas (a PAISA Penedo Agroindustrial S/A, a Biometano e as Usinas São Martinho e Boa Vista, ambas no Estado de São Paulo) (CORAZZA, 1999, p.12).

As tecnologias de purificação do biogás (separação do metano), de acondicionamento do metano (em balão, sob alta pressão) e do seu uso em motores de combustão interna, são tecnologias bastante difundidas em outros países (Espanha e Itália, por exemplo) e foram absorvidas via IPT e SABESP.

Considerado juntamente com as queimadas da lavoura de cana-de-açúcar como um dos principais causadores de poluição pelo setor sucroalcooleiro, o vinhoto é motivo de preocupação para os órgãos de controle ambiental. Na etapa do processamento industrial da cana-de-açúcar para a produção de álcool, os principais efluentes produzem uma carga de 8,7 kg de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)¹² por tonelada de cana processada. Considerando a safra de 1989/90, houve uma produção de 7,7 bilhões de litros de álcool no Estado de São Paulo, sendo processadas aproximadamente 122.7 milhões de toneladas de

¹² A demanda bioquímica de oxigênio constitui uma medida potencial de carga poluidora da matéria orgânica de efluentes. Quanto maior for a DBO, maior será a competição por oxigênio entre a matéria orgânica dos efluentes e os peixes e outros seres vivos nos rios que necessitam de oxigênio para viverem.

cana-de-açúcar e os efluentes industriais gerados possuíam uma carga poluidora potencial de 990 mil toneladas de DBO. Entre os principais efluentes da agroindústria canavieira, a água utilizada na lavagem da cana e o vinhoto, contribuía com 13.6% e 67%, respectivamente, da carga poluidora potencial total (GUARNIERI, 1992, p.6).

A produção crescente de etanol no Brasil que teve lugar com a implementação do Proálcool levou, inevitavelmente, ao aumento da produção da vinhaça, agravando, portanto, o problema do destino do resíduo. Como cada litro de álcool origina cerca de 12 litros de vinhaça, o crescimento da produção deste resíduo foi vertiginoso. O volume de vinhaça gerado anualmente no país pode ser estimado, tendo em vista a produção atual de álcool, em algo em torno de 192 bilhões de litros.¹³ Vejamos os dados sobre a evolução da geração de vinhaça no Gráfico 7:

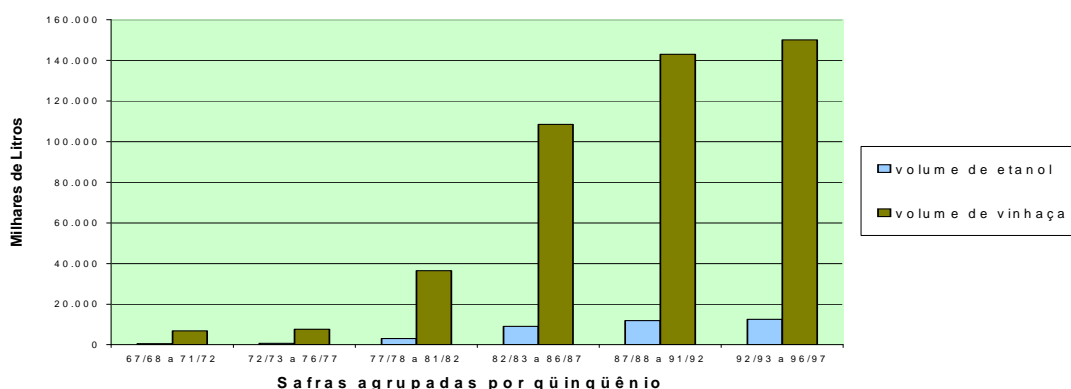


Gráfico 7 - Evolução da produção anual de etanol e da geração de vinhaça pela agroindústria canavieira no Brasil de 1967 a 1997. Médias calculadas em milhares de litros para as safras agrupadas por quinquênios.

Fonte: Corazza, 1999, p.7.

A digestão anaeróbia da vinhaça tem a seu favor o argumento econômico da produção do metano. Problemas técnicos, como o longo tempo de retenção e a granulação do lodo de microorganismos, foram superados e a biodigestão anaeróbia da vinhaça é hoje considerada tecnicamente viável, sendo possível encontrar uma unidade (de escala industrial) em operação na Usina São Martinho (Pradópolis, SP). A viabilidade econômica, entretanto, desta tecnologia é tolhida por três fatores, pelo menos. Em primeiro lugar, a falta de valorização do

¹³ Hassuda citado por Corazza (1999, p.7) aferiu a razão de 12 litros de vinhaça para cada litro de álcool para o ano de 1986, proporção mantida nas observações de Gloeden *et alii* (1992). Esta proporção pode variar de forma significativa: a Usina da Barra chegou a obter a proporção de 10 litros de vinhaça por litro de álcool.

biogás, como combustível alternativo; em segundo lugar, a difusão bem sucedida da fertirrigação¹⁴, que não sofreu nenhum controle ambiental mais rigoroso; e, em terceiro lugar, o declínio do Proálcool, que não permitia investimentos. Entretanto, contando com uma produção de 14,5 bilhões de litros de álcool, a produção potencial de metano, será da ordem de 1,08 bilhões de metros cúbicos, equivalentes a 6,8 milhões de barris de óleo diesel. Além da economia no consumo nacional de óleo diesel (cerca de 5%), será eliminado aproximadamente 90% do seu poder de poluição, tornando a sua utilização quase que obrigatória, em certas áreas, onde a utilização do vinhoto *in natura*, como fertilizante, possa por em risco o meio ambiente (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 1986, p.70).

2.2.2 Fontes provenientes de outros setores.

2.2.2.1 Energia Eólica

A energia dos ventos é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. A utilização desta fonte energética para a geração de eletricidade, em escala comercial, teve início há pouco mais de 30 anos e através de conhecimentos da indústria aeronáutica os equipamentos para geração eólica evoluíram rapidamente em termos de idéias e conceitos preliminares para produtos de alta tecnologia. No início da década de 70, com a crise mundial do petróleo, houve um grande interesse de países europeus e dos Estados Unidos em desenvolver equipamentos para produção de eletricidade que ajudassem a diminuir a dependência do petróleo e carvão. Mais de 50.000 novos empregos foram criados e uma sólida indústria de componentes e equipamentos foi desenvolvida. Atualmente, a indústria de turbinas eólicas vem acumulando crescimentos anuais acima de 30% e movimentando cerca de 2 bilhões de dólares em vendas por ano (1999).

Existem, atualmente, mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500 MW. No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas, está sendo projetada a instalação de 30.000 MW, por volta do ano

¹⁴ A fertirrigação consiste no uso *in natura* do resíduo de vinhaça para fertilização do canavial.

2030, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos Certificados de Emissões Reduzidas (CER) ou “Certificados de Carbono”¹⁵.

Na Dinamarca, a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida; no norte da Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16%; e a União Européia tem como meta gerar 10% de toda eletricidade a partir do vento até 2030¹⁶.

Grande atenção tem sido dirigida para o Estado do Ceará por este ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico através de medidas de vento com modernos anemógrafos computadorizados. Entretanto, não foi apenas na costa do Nordeste que áreas de grande potencial eólico foram identificadas. Em Minas Gerais, por exemplo, uma central eólica está em funcionamento, desde 1994, em um local (afastado mais de 1000 km da costa) com excelentes condições de vento.

A capacidade instalada no Brasil é de 20,3 MW, com turbinas eólicas de médio e grande porte conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas - bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural.

Custo da energia Eólica

Considerando o grande potencial eólico existente no Brasil, confirmado através de medidas de vento precisas realizadas recentemente, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas. Análises dos recursos eólicos medidos em vários locais do Brasil mostram a possibilidade de geração elétrica com custos da ordem de US\$ 70 - US\$ 80 por MWh.

¹⁵ Os certificados de emissões reduzidas (CER) são títulos que comprovam a não emissão de determinada quantidade de poluentes na atmosfera que, depois de avaliados por entidades de auditoria internacional, podem ser comercializados através de contratos bilaterais ou negociados em bolsa de valores.

¹⁶ www.eolica.com.br

De acordo com estudos da ELETROBRÁS¹⁷, o custo da energia elétrica gerada através de novas usinas hidroelétricas construídas na região amazônica será bem mais alto que os custos das usinas implantadas até hoje. Quase 70% dos projetos possíveis deverão ter custos de geração maiores do que a energia gerada por turbinas eólicas. Outra vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidroelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural.

Potencial Eólico do Brasil

A avaliação precisa do potencial de vento em uma região é o primeiro e fundamental passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia. Para a avaliação do potencial eólico de uma região faz-se necessária a coleta de dados de vento com precisão e qualidade. Em geral, os dados de vento coletados para outros usos (aeroportos, estações meteorológicas, agricultura) são pouco representativos da energia contida no vento e não podem ser utilizados para a determinação da energia gerada por uma turbina eólica - que é o objetivo principal do mapeamento eólico de uma região.

Vários estados brasileiros seguiram os passos de Ceará e Pernambuco e iniciaram programas de levantamento de dados de vento. Hoje existem mais de cem anemógrafos computadorizados espalhados por vários estados brasileiros. A análise dos dados de vento de vários locais no Nordeste confirmou as características dos ventos comerciais (trade-winds) existentes na região: velocidades médias de vento altas, pouca variação nas direções do vento e pouca turbulência durante todo o ano.

Dada a importância da caracterização dos recursos eólicos da região Nordeste, o Centro Brasileiro de Energia Eólica - CBEE, com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT lançou, em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico do Nordeste do Brasil (WANEB - Wind Atlas for the Northeast of Brazil) com o objetivo principal de desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados de ventos e elaborar mapas eólicos confiáveis para a região. Baseado no WANEB 2 (ainda não publicado), o CBEE estima que o potencial eólico existente no Nordeste é de 6.000 MW.

¹⁷ www.eolica.com.br.

2.2.2.2 Energia Solar

O Sol, em seu centro, núcleos de átomos de hidrogênio fundem-se originando núcleos de hélio. A sua superfície atinge uma temperatura de perto dos 6.000°C. A energia resultante desta reação é radiada para o espaço, e parte dela atinge a atmosfera terrestre com uma intensidade de cerca de 1.373 W/m².

Uma vez que parte da energia inicial é refletida ou absorvida pela atmosfera, num dia de céu claro é possível medir junto à superfície terrestre num plano perpendicular, cerca de 1.000W/m². Esta radiação disponível à superfície terrestre divide-se em três componentes:

- **direta**: a que vem "diretamente" desde o disco solar;
- **difusa**: a proveniente de todo o céu exceto do disco solar, das nuvens, gotas de água, etc;
- **refletida**: proveniente da reflexão no chão e dos objetos circundantes. A soma das três componentes é denominada como radiação global, e representa, nas condições já referidas, cerca de 1.000 W/m².

Existem duas formas diferentes de utilizar a energia solar:

I - ativa: transformação dos raios solares noutras formas de energia: térmica ou elétrica.

II - passiva: aproveitamento da energia para aquecimento de edifícios ou prédios, através de concepções e estratégias construtivas.

I - Energia solar térmica ativa

Princípio: qualquer objeto exposto à radiação solar "Q" aquece. Simultaneamente, há perdas por radiação, convecção e condução, que aumentarão com a temperatura do corpo. Chega um momento em que as perdas térmicas, "Qp", se igualam aos ganhos devidos ao fluxo energético incidente, atingindo-se a temperatura de equilíbrio, "te". Assim, no equilíbrio tem-se: $Q = Q_p$. Se conseguirmos extrair continuamente uma parte do calor produzido mudaremos as condições do equilíbrio anterior, ficando: $Q = Q_p + Q_u \Rightarrow$ Energia extraída do corpo ou energia útil.

- **Vantagens:** tanto na sua forma mais simples, obtenção de água quente, como em outras aplicações do gênero, a significativa poupança energética e econômica (que chega a atingir em alguns casos mais de 80%), e ainda a grande disponibilidade de tecnologia no mercado, são fatores que transformaram a energia solar térmica uma das mais comuns, vantajosas e atrativas formas de energia renovável.
- **Desvantagens:** o elevado investimento inicial na instalação solar apresenta-se por vezes como o maior entrave ao desenvolvimento desta solução.

Principais aplicações:

- **Produção de Água Quente Sanitária (AQS), para uso doméstico, hospitais, hotéis, etc:** temperatura inferior a 60°C, com períodos mínimos de utilização do equipamento solar entre oito e dez meses por ano. Estas instalações dimensionam-se, normalmente, para as necessidades energéticas anuais, evitando assim excedentes energéticos nos meses de verão;
- **Aquecimento de piscinas:** dependendo do tipo e finalidade da piscina, os valores da temperatura de utilização variam entre 25-35°C, sendo possível à aplicação a piscinas de utilização anual ou sazonal (verão);
- **Aquecimento ambiente:** do ponto de vista tecnológico é possível a utilização da energia solar para o aquecimento ambiente de forma ativa dos edifícios, no entanto esta aplicação está limitada pela utilização em apenas 3 a 4 meses por ano, sendo assim economicamente menos interessante;
- **Arrefecimento ambiente:** é possível produzir frio combinando energia solar com máquinas de absorção ou sistemas híbridos (solar-gás), que operam a temperaturas na ordem dos 80 °C (máquinas de Brometo de Lítio), ou 120 °C (máquinas de Amônia/H₂O), o que, combinado com o aquecimento ambiente no inverno, tornam estas aplicações muito interessantes, quer do ponto de vista ambiental com a redução de consumo de energia primária, quer do ponto de vista econômico, com a rentabilização total do sistema.

II - Energia solar elétrica ou Fotovoltaica (PV)

Princípio: A conversão direta da energia solar em energia elétrica envolve a transferência dos fótons da radiação incidente para os elétrons da estrutura atômica desse material.

- **Vantagens:** A energia fotovoltaica é uma das mais promissoras fontes de energia renováveis. A vantagem mais clara é a quase total ausência de poluição. Para além desta vantagem a ausência de partes móveis susceptíveis de partir, não produz cheiros ou ruídos, têm baixa ou nenhuma manutenção, e com tempo de vida elevada para os módulos.
- **Desvantagens:** No entanto uma das principais limitações dos dispositivos fotovoltaicos é o seu baixo rendimento, isto é, uma baixa conversão da energia solar em energia elétrica. A razão deste fato reside fundamentalmente na deficiente exploração do espectro da radiação incidente (sol) por parte dos dispositivos. Outro inconveniente é o custo de produção dos painéis, estes devidos principalmente a pouca disponibilidade de grandes quantidades de materiais semicondutores e de processos de obtenção, por vezes, muito caros. No entanto este fator está progressivamente a desaparecer com os desenvolvimentos das deposições e das microtecnologias.

Principais aplicações:

- **Eletrificação remota:** atualmente uma das principais aplicações da energia fotovoltaica é a possibilidade de fornecer energia elétrica a lugares remotos, onde os custos da montagem de linhas elétricas é superior ao sistema fotovoltaico, ou existe a impossibilidade deste tipo de fornecimento;
- **Sistemas autônomos:** bombeamento de água para irrigação, sinalização, alimentação de sistemas de telecomunicação, etc.;
- **Aplicação de micro-potência:** relógios, máquinas de calcular, etc.;
- **Integração em edifícios:** a integração de módulos fotovoltaicos na envolvente dos edifícios (paredes e telhados) é uma aplicação recente, podendo representar reduções de custos construtivos e energéticos. A energia produzida em excesso pode ser vendida à companhia elétrica, e quando existem insuficiências, esta pode ser comprada;
- **Veículos:** outra aplicação, ainda em fase de desenvolvimento, é a de automóveis de passeio providos de células fotovoltaicas, com suficiente potência para movimentá-los, assim como também embarcações de passeio.

Energia solar passiva

Princípio: aproveitamento da energia solar, incidência dos raios solares, para aquecimento de edifícios ou prédios, através de concepções e estratégias construtivas.

Vantagens: o baixo custo de algumas soluções, como o bom planejamento e orientação do edifício que podem resultar consumos energéticos evitados até 40%. Quanto às possíveis aplicações, em qualquer edifício habitacional, de escritórios ou industrial, podem ser aplicadas soluções de eficiência energética e de energia solar passiva, tendo em conta as questões de projeto e estudo de forma a maximizar este tipo de aproveitamento energético.

3 O MERCADO DE ENERGIA

Para definirmos o que é o mercado de energia na economia atual devemos primeiro entender suas principais características. A forte regulamentação é marcante nesse setor, considerado como estratégico por todos governos, que intervêm direta ou indiretamente regulando seu funcionamento através de instituições específicas, de modo a manter a relação entre oferta e demanda em condições favoráveis ao crescimento econômico.

Com relação à regulação do mercado e a intervenção governamental, houve durante a década de 80 um forte movimento de desregulamentação que chegou ao ápice durante os mandatos de Ronald Reagan e George Bush nos Estados Unidos e de Margareth Thatcher e Helmut Kohl na Inglaterra e Alemanha, motivado pela crise energética da década anterior, causada pelo aumento nos custos que levou a aumentos constantes para os consumidores.

Segundo Rifkin (2003, p.199), nenhum mercado foi mais afetado pela desregulamentação que o mercado de energia. Em 1992, os EUA aprovaram a Lei de Regulamentação da Energia, autorizando a concorrência no mercado de eletricidade – um mercado em que as companhias energéticas tem *status* de “monopólios naturais”, quando produtores independentes baseados em novas tecnologias mais baratas começaram a desafiar as grandes companhias, lançando tecnologias de pequena escala voltadas para nichos de mercado.

A desregulamentação excessiva também traz problemas, como se verificou no fim da década de noventa com as crises de abastecimento de energia na Califórnia e no Brasil, onde ficou evidente que somente as forças de mercado não são suficientes para garantir o investimento e uma oferta adequada no longo prazo.

Também é marcante o incentivo dado às energias renováveis e não poluidoras do meio ambiente, através da criação de mercados específicos para elas, por meio de novos arranjos institucionais. Dessa forma, são levadas em conta as especificidades dessas fontes de energia, tal como as externalidades positivas e custos de produção atualmente superiores ao das formas convencionais, o que não acontecia no sistema de subsídios do passado.

3.1 O MERCADO COMO INSTITUIÇÃO

Segundo Ronald Coase, citado por Alcoforado (2003, p. 2-3), o objeto central da economia são as instituições econômicas, que são as regras do jogo que dão sustentação aos mercados e aos arranjos organizacionais estabelecidos em um ambiente institucional que, adere aos locais e setores específicos através de um novo arranjo institucional.

Conceitualmente, mercado é o termo que nomeia o sistema de trocas entre compradores e vendedores, que podem ser indivíduos, empresas e governos. A formação e o desenvolvimento de um mercado pressupõe a existência de um excedente econômico intercambiável e de um certo grau de divisão e especialização do trabalho. Para Ronald Coase, considerado como o pai da nova economia institucional, os mercados têm como condição necessária para sua viabilização custos de transação suficientemente baixos, pois a opção de compra de insumos pelas firmas no mercado ou a integração da produção (produção de insumos internamente à firma) não depende só do custo de produção, mas também do montante despendido para fazer uso do sistema de preço, isto é, se o custo de transação for alto demais o mercado poderá inviabilizar-se economicamente (ibid, p. 2-3).

3.1.1 O Ambiente Institucional

De acordo com Alcoforado (Ibid, p.2), o ambiente institucional é considerado como o conjunto normativo geral que, a partir do critério da maximização da riqueza é recortado, configurando um arranjo institucional manipulável, tendo em vista a redução dos custos de transação e, em consequência, a criação de condições necessárias à ampliação do mercado como mecanismo alocativo de recursos e distributivo da riqueza.

No Brasil, atualmente, está havendo uma mudança no ambiente institucional do setor de energia, reflexo do fracasso do modelo implantado após o ciclo de privatizações iniciado em meados dos anos 90 e que culminou com a crise no abastecimento em 2001, onde em um ambiente desregulamentado e sem um planejamento de longo prazo por parte do governo, a simples ação das forças de mercado não foram suficientes para que o nível de investimento fosse adequado às necessidades de aumento da oferta de energia.

A expansão da geração termoelétrica utilizando o gás natural boliviano que era a principal aposta de expansão da oferta de energia não se efetivou por falta de um ambiente institucional estável, em que houvesse regras claras com relação ao sistema de preços e reajustes que seriam feitos de forma a compensar a oscilação cambial e prejudicariam a política de contenção da inflação executada pelo governo. A queda da renda média da população também foi um fator preponderante para falha dessa proposta.

Na atual proposta de um modelo institucional para o setor elétrico, elaborada pelo Ministério de Minas e Energia, a criação de regras claras que possibilitem os investimentos necessários à ampliação da oferta e a volta do governo por meio de suas instituições à elaboração do planejamento de longo prazo são os principais objetivos a serem alcançados.

3.1.2 O Arranjo Institucional

A Nova Economia Institucional (NEI), ao admitir o mercado como uma instituição que pode não ser viável, a depender dos custos de transação, também passa a considerar a construção de mercados, a partir de intervenções no ambiente e no arranjo institucional (conjunto de direitos de propriedade, contratos e responsabilidades), de forma a reduzir os custos de transação, criando condições para maximização da riqueza.

Um dos dois pilares metodológicos da Nova Economia Institucional, a Análise Econômica do Direito, considera as instituições como redesenháveis, criando não só as condições para aprofundar a redução dos custos de transação, mas também motivar os agentes a agirem no interesse próprio e na direção da maximização da riqueza social (ALCOFORADO, 2003, p.3).

A adoção de contratos ou direitos de propriedade exclusivos também faz parte do arcabouço teórico da Nova Economia Institucional (NEI) para facilitar as transações entre os agentes e reduzir seus custos de transação. Segundo Gomes (2002, p.19), “todo contrato tem uma função econômica”, considerando a variedade de funções econômicas que desempenham, os contratos são instrumentos criados para promover a circulação de riqueza, para prevenção de risco, para conservação e acautelatórios, para prevenir ou diminuir uma controvérsia, para concessão de crédito e constitutivos de direitos reais de gozo, ou de garantia.

O contrato é uma instituição chave porque permite realizar o intercâmbio econômico mais eficientemente, isto é, com menores custos de transação, diminuindo a incerteza e barateando a obtenção e o processamento de informações. Para Williamson, citado por Espino (1999, p.193), o contrato (direito de propriedade) é a unidade analítica irreduzível da organização econômica, que estrutura internamente as regras de operação da organização (estruturas de governança).

4 A TRANSFORMAÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA

Ao analisar a possibilidade de uma inserção efetiva do setor sucroalcooleiro no mercado de energia como fornecedor de combustíveis líquidos, gasosos (álcool e biogás, respectivamente) e de energia elétrica, a partir dos resíduos da produção de álcool e açúcar, devemos entender a transformação em que passa o mercado de energia e quais são as suas perspectivas a médio e longo prazo. Dessa forma, poderão ser traçadas estratégias comerciais pelos empresários do setor que, aliadas a políticas governamentais, criarão um novo ambiente institucional onde as externalidades positivas dos subprodutos energéticos da cana-de-açúcar serão levadas em conta, com impactos relevantes em nível ambiental, social, econômico e estratégico para economia brasileira.

4.1 O NOVO QUADRO ENERGÉTICO MUNDIAL

Há um consenso entre os especialistas no setor energético: a matriz energética em sua atual composição não perdurará por muito tempo, em decorrência do esgotamento dos recursos fósseis que hoje alavancam o desenvolvimento da economia mundial, com importantes reflexos sobre toda estrutura produtiva das nações. O ponto de discórdia está em quando isso irá acontecer, até quando irão durar as reservas economicamente aproveitáveis de petróleo e quais medidas poderão evitar que a transição da economia dos recursos fósseis para uma nova economia baseada em novas fontes de energia desestrua a economia mundial.

Apesar das afirmações de muitos líderes políticos que, graças a novas tecnologias de exploração, as reservas economicamente relevantes irão aumentar, e, devido aos novos métodos de perfuração, estamos tendo acesso ao petróleo de extração mais difícil nas reservas existentes, estimativas recentes feitas por especialistas internacionalmente reconhecidos demonstram que a era do petróleo está perto do fim.

De acordo com a Administração de Informações Energéticas (EIA) do Departamento de Energia dos EUA, o pico¹⁸ mundial da produção de petróleo ocorrerá em aproximadamente 35 anos, conseqüentemente, tempo suficiente pra que seja feita a transição para estratégias

¹⁸ O “pico” ocorre quando cerca de metade das reservas mundiais de petróleo, consideradas recuperáveis, houver sido explorada.

energéticas alternativas. Porém, esta estimativa é contestada veementemente por destacados geólogos e consultores de todo mundo. Segundo seus estudos, a produção mundial de petróleo pode chegar ao pico antes de 2010, e certamente não sobreviverá a 2020 (RIFKIN, 2003, p.14).

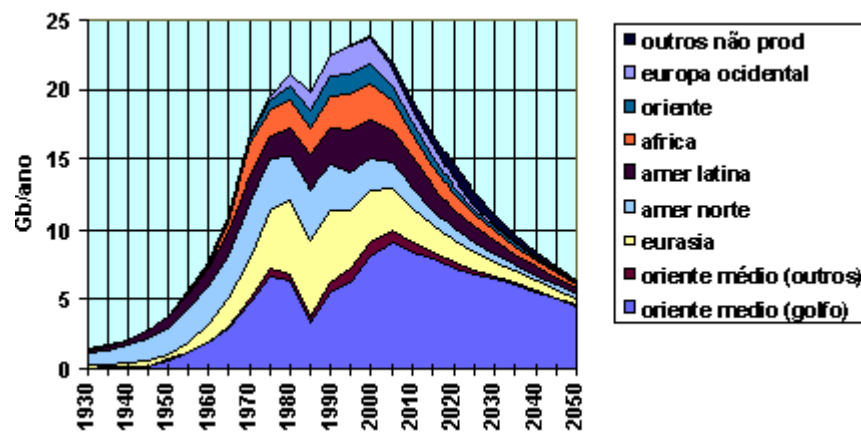


Gráfico 8: Projeção para produção de petróleo até 2050

Fonte: Petroconsultants S.A. apud. Alvim (2003, p.2).

Quando geólogos falam do pico global na produção de petróleo, referem-se sobretudo ao que se conhece como “petróleo convencional” ou “petróleo leve” – que se caracteriza por jorrar livremente do subsolo para a superfície da terra ou do mar e por ser facilmente convertido em gasolina e outros produtos derivados de petróleo. Há também vários tipos de “petróleo não-convencional” (o extraído de areia de alcatrão, o óleo pesado, o óleo das profundezas marítimas ou das regiões polares e o óleo de xisto).

Há concordância, por parte dos geólogos, que mais de 875 bilhões de barris de petróleo já foram extraídos do solo, sendo quase todos eles nos últimos 140 anos da era industrial. Eles discordam, porém, com respeito à quantidade de petróleo que ainda não foi explorada. Parte do problema se deve às várias definições existentes para o termo “reservas”.

Geólogos e engenheiros estabelecem uma distinção entre reservas e recursos. As “reservas” são a quantidade conhecida de petróleo nas jazidas, que pode ser explorada com a tecnologia existente, dentro de um prazo previsível e a um custo comercialmente viável. Os “recursos” são a estimativa teórica da quantidade total de petróleo numa região, incluindo aquele que não pode ser economicamente extraído ou processado com a tecnologia existente ou sob as condições atuais do mercado. A diversificada nomenclatura adotada pelos profissionais só

aumenta a complexidade do problema; termos como “ativas” e “inativas”, “prováveis”, “possíveis”, “inferidas”, “identificadas” e “não-descobertas”. O geólogo Jean H. Laherrère diz que esta profusão de termos qualificativos para designar as reservas é intencional e destina-se a permitir que países e empresas distorçam seus números, com fins comerciais e políticos (Ibid., p.14).

Nessa discussão três dados são fundamentais: a produção cumulativa (quanto petróleo convencional foi produzido mundialmente até hoje); uma estimativa das reservas globais de petróleo e uma projeção do petróleo recuperável ainda a ser descoberto. Esses três fatores, em conjunto, constituem o total definitivo de petróleo recuperável.

O petróleo existe em bacias onde a matéria orgânica se depositou e foi preservada. Essas bacias se localizam em terra e nas águas rasas ao largo da costa. Geólogos localizaram 600 bacias desse tipo e muitos acreditam que restam poucas a descobrir. Quatrocentas delas já foram exploradas e as outras se localizam em áreas remotas, como a Groenlândia, ou em águas oceânicas profundas ao largo do Brasil, da África ocidental e do Golfo do México; todas elas de exploração e custosa. Quantidades significativas de petróleo foram encontradas em 125 bacias (Ibid., p.16).

Os Estados Unidos, cuja estimativa de reservas recuperáveis aproxima-se de 195 bilhões de barris, já processaram ao todo 169 bilhões de barris, restando-lhes apenas 20 bilhões em reservas conhecidas e cerca de 6 bilhões em reservas ainda por descobrir. A Arábia Saudita, em contrapartida, tem reservas recuperáveis de 300 bilhões de barris. Os sauditas só processaram até agora 91 bilhões de barris, sendo que lhes restavam 194 bilhões em reservas conhecidas e cerca de 14 bilhões adicionais em reservas ainda por descobrir. As reservas recuperáveis da Rússia são de 200 bilhões de barris. Desse total, os russos já processaram 121 bilhões, restando-lhes 66 bilhões em reservas conhecidas e 13 bilhões em reservas por descobrir. Assim, enquanto os EUA têm apenas 14% de seu petróleo original ainda não processado, e a Rússia mantém intocados 39%, a Arábia Saudita tem 70% de petróleo ainda no solo.¹⁹

¹⁹ Segundo Rifkin (2002), o *World Oil and Gas Journal* cita as reservas como 21,33 e o *Oil and Gas Journal* (OGJ) situa as reservas em 22,05. Os dois jornais publicam somente números oficiais das reservas que são fornecidos pelos governos. No caso da Arábia Saudita, o *World Oil* cita reservas de 263 bilhões, enquanto o *OGJ* considera 259,25. Ambos números são significativamente menores que a análise de consultores independentes.

Se há problemas de garantia da oferta suficiente de petróleo para os próximos anos, pelo lado da demanda os números não são melhores. Segundo projeções da Administração de Informações Energéticas (EIA) do Departamento de Energia dos EUA para demanda global diária, haverá um aumento de 80 para 120 milhões de barris até 2020 – um aumento de 50% em menos de vinte anos.

A metodologia utilizada para fazer esse tipo de previsão é chamada de **Curva do Sino de Hubbert**. M. King Hubbert foi um geofísico da Shell Oil Company. Em 1956 ele publicou um estudo, hoje famoso, prevendo o pico e o declínio da produção de petróleo nos 48 estados do sul norte-americano. Ele afirmava que a produção de petróleo começa no zero, eleva-se, atinge o pico quando metade das reservas recuperáveis for processada, e então despenca, numa curva em forma de sino. A extração do petróleo começa aos poucos, e então se acelera rapidamente com a localização de grandes campos petrolíferos. Depois que os maiores campos são encontrados e explorados, a produção começa a se retardar. Os campos menores se tornam mais difíceis de localizar e a perfuração e o processamento do petróleo ficam mais caros. Ao mesmo tempo, conforme os campos maiores são drenados, a quantidade de petróleo restante se torna mais difícil de bombear para a superfície, tornando o fluxo lento e minguinte. A combinação do declínio nas descobertas e na produção dos campos existente acaba resultando em um pico de produção. O topo da curva do sino representa o ponto médio, na qual a metade das reservas recuperáveis foi processada. Desse ponto em diante, a produção cai tão rapidamente quanto subira, descendo pela segunda metade da curva do sino (Ibid., p.25).

Em consequência do declínio da produção em diversas regiões a importância geopolítica do Oriente Médio irá aumentar consideravelmente, pois suas reservas são as maiores do mundo, sendo que, somente a Arábia Saudita detêm 26% das reservas totais no mundo. Nos Estados Unidos, onde mais de 60% do petróleo recuperável já foi processado, a R/P²⁰ é de 10/1. Na Noruega a R/P é também de 10/1 e no Canadá é de 8/1. Em contrapartida, no Irã é de 53/1, na Arábia Saudita é de 55/1, nos Emirados Árabes Unidos de 75/1, no Kuwait de 116/1 e no Iraque de 526/1. Essa concentração de reservas no Oriente Médio os porá em condições de ditar os preços do mercado, tal como ocorreu nos anos 70, segundo Walter Yongquist apud.

²⁰ A R/P corresponde aos números anos que as reservas de petróleo durarão no atual ritmo de produção.

Rifkin (2003, p.35), “as nações muçulmanas estão geodestinadas a ter a última palavra sobre petróleo”.

Tabela 4: Maiores reservas provadas de óleo.

	País	Reservas (bilhões de toneladas)	% Reservas Mundiais
1	Arábia Saudita*	35,8	25,4
2	Iraque*	15,1	10,75
3	Kuwait*	13,3	9,45
4	Irã*	12,7	9,0
5	Emir.Árabes Unidos*	12,6	8,9
6	Venezuela*	9,3	6,6
7	Ex-URSS	9,1	6,5
8	México	7,0	5,0
9	Líbia*	3,9	2,8
10	EUA	3,7	2,6
11	China	3,3	2,3
12	Nigéria*	2,1	1,5
-	Subtotal	127,9	90,8
21	Brasil	0,7	0,5
-	Total	140,9	100,0

Fonte: BP Statistical Review of World Energy -1997 apud. Coutinho. (*) OPEP

Em virtude do já previsto e iminente declínio da oferta de petróleo e, posteriormente, de gás natural, novas alternativas começam a ser consideradas. Bilhões de dólares estão sendo investidos por governos e empresas, em especial do setor de energia e automobilístico na busca por substitutos dos combustíveis fósseis. O governo americano encaminhou recentemente para aprovação no congresso uma verba de US\$ 1.7 bilhão para pesquisas com o novo combustível²¹. A General Motors também já investiu US\$ 1 bilhão em seu novo sedã Hy-wire e espera colocá-lo no mercado em 2010.

Diversas fontes de energia se apresentam como candidatas a principal componente da nova matriz energética que se delineia, porém, nenhuma reúne tantas qualidades e o apoio de tantos especialistas quanto o hidrogênio. Seja por sua flexibilidade para uso em diversos fins, seja por sua eficiência energética e por sua qualidade ambiental.

²¹ www.energiasrenovaveis.com

O hidrogênio é o elemento mais abundante do universo. Ele compõe 75% de sua massa, e 90% de suas moléculas. Empregá-lo efetivamente como fonte de energia proveria a humanidade de uma reserva de combustível praticamente ilimitada.

O caminho da humanidade rumo a uma economia baseada no hidrogênio é considerado inevitável por muitos cientistas, a chamada “descarbonização”. “Descarbonização” é um termo que os cientistas empregam para referir-se à proporção variável entre átomos de carbono e de hidrogênio conforme as fontes de energia se sucedem. A madeira, que em grande parte da história foi o principal combustível energético da humanidade, tem a maior de todas as proporções de átomos de carbono para átomos de hidrogênio, cerca de um ou dois átomos do primeiro para cada átomo do último. O petróleo tem um átomo de carbono para cada dois de hidrogênio, enquanto o gás natural tem apenas um de carbono para quatro de hidrogênio. Isto é, cada fonte sucessiva de energia emite menos CO₂ que sua predecessora. O hidrogênio completa o ciclo da descarbonização. Ele não contém nenhum átomo de carbono e é a mais leve e imaterial de todas as formas de energia e a mais eficiente quando queimada. Segundo estimativas de Nebojsa Nakicenovic, do Instituto Internacional de Análise Aplicada de Sistemas, em Viena, a emissão de carbono por unidade de energia primária consumida no globo caiu continuamente 0,3% ao ano durante os últimos 140 anos (Ibid., p.181).

O fato mais importante, surpreendente e afortunado a emergir dos estudos da energia é que por 200 anos o mundo favoreceu progressivamente os átomos de hidrogênio em detrimento dos de carbono. (...) A tendência à “descarbonização” é essencial para que se compreenda a evolução do sistema de energia. Jesse Ausubel apud. Rifkin (2003, p.181).

4.2 AS CÉLULAS DE COMBUSTÍVEIS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.

Em conseqüência do novo quadro energético que delineia, com os combustíveis fósseis tendo importância declinante em médio prazo e o hidrogênio assumindo a primazia na matriz energética mundial, todo setor de energia deverá reestruturar-se, adaptando suas premissas mais fundamentais à nova realidade. A principal mudança será um novo e radical método para fornecimento de eletricidade – a geração distribuída.

Durante a maior parte do século 20, energia elétrica foi gerada em grandes usinas e então transportada por longas distâncias até os consumidores finais, através de linhas transmissão. A

energia centralizada possibilitou economias de escala, o que tornou a produção e distribuição de eletricidade relativamente barata. Os enormes custos de capital necessários para construção de megasinas de força e longas redes de transmissão só poderiam ser compensados se fosse permitido que as companhias controlassem a totalidade dos mercados regionais, formando por todo o mundo os chamados monopólios naturais.

A “geração distribuída” refere-se geralmente a pequenas usinas, integradas ou individuais, de geração de eletricidade, localizadas próximo ou junto ao usuário final – fábricas, escritórios comerciais, repartições públicas, bairros e domicílios privados.

Hoje a microtecnologia energética mais popular é dos motores recíprocos, que funcionam com óleo diesel ou gás natural. Porém há um consenso entre os especialistas que, em longo prazo, as células de combustíveis alimentadas por hidrogênio acabarão assumindo a liderança do mercado de energia distribuída. Além de serem mais eficientes que os motores de combustão na geração de eletricidade, são muito menos poluentes e mais flexíveis. Elas vem em módulos, permitindo ao usuário final adaptá-las a suas necessidades correntes de geração de energia; caso ele precise futuramente de mais energia, poderá adquirir módulos complementares de células de combustíveis a um pequeno custo adicional.

As células combustíveis são como baterias, porém as baterias armazenam energia química e a convertem em eletricidade. Quando a energia química se esgota, a bateria é descarregada. As células de combustíveis, em contrapartida, não armazenam energia química. Em vez disso, convertem a energia química de um combustível com que são abastecidas em eletricidade, de forma contínua enquanto lhe for fornecido combustível externo e um oxidante.

As células de combustível ainda são caras, sua produção não atingiu o ponto em que as economias escala começam a se desenvolver e reduzem significativamente o custo por unidade manufaturada. Porém, já há dezenas de empresas que estão entrando nesse promissor mercado. A *Plug Power of Latham*, de Nova Iorque, iniciou um ambicioso plano para prover empresas e residências com usinas estacionárias na forma de células combustíveis. As unidades domésticas serão usinas de 1 a 15 quilowatts, enquanto as comerciais serão de 60 a 250 quilowatts. Também firmou uma parceria com a General Motors e espera estar no mercado a partir de 2003, com milhares de unidades residenciais.

4.3 O SETOR SUCROALCOOLEIRO E O NOVO CONTEXTO ENERGÉTICO

O setor sucroalcooleiro com seus diversos subprodutos energéticos tem importância estratégica para o país e pode contribuir de forma relevante no aumento da oferta de energia ambientalmente limpa, sedimentando a passagem da nossa matriz energética atual para uma nova configuração baseada no hidrogênio, obtido por meio de células combustíveis, de modo natural e não traumático para o resto da economia.

Para entendermos melhor as potencialidades do setor sucroalcooleiro no mercado de energia devemos analisá-las a partir de cenários de curto, médio e longo prazos. Em curto prazo, o mercado para o álcool combustível é estável com tendência a um crescimento. A anidrização e a frota cativa de carros a álcool garante demanda interna, com grande possibilidade de exportação dos excedentes para países que estão banindo o MTBE como oxigenante da gasolina, a exemplo da Índia e do Japão, que inicialmente adicionarão 5% de álcool à gasolina, aumentando gradativamente essa porcentagem até 20%. O Protocolo de Kyoto servirá como grande impulsionador da popularização do uso do álcool em nível mundial, possibilitando a criação de um mercado mais abrangente e transformando o álcool em mais uma *commodity*, viabilizando-o como uma das alternativas aos combustíveis fósseis e como um meio mais rápido na busca da redução das emissões de poluentes.

A cogeração de energia a partir dos resíduos da cana, já amplamente utilizada pelo setor, porém basicamente para auto-suficiência, também atravessa bons momentos, motivada por três fatores: 1) Novas oportunidades geradas a partir da crise de abastecimento de energia em 2001, que revelou a necessidade de uma maior diversificação na matriz geradora de energia no país. Novos contratos de fornecimento de longo prazo foram assinados entre usinas e companhias distribuidoras, a despeito da falta de uma política clara por parte do governo até então; 2) Novo ambiente institucional criado a partir de leis específicas, com objetivo de reduzir emissões de poluentes, privilegiando fontes renováveis de energia, a exemplo do Protocolo de Kyoto e em nível nacional o Proinfa, com estabelecimento de valores normativos para as diversas fontes de energia que fossem remuneradores o suficiente para incentivar sua produção; 3) A possibilidade de agregação significativa de valor para a cultura da cana, dado o novo contexto e com novas promissoras perspectivas, decorrentes da venda

de excedentes de energia e de certificados de emissões reduzidas (CER), transformando-se na terceira fonte de receitas para o setor, atrás do açúcar e do álcool.

Em médio prazo, a inserção do setor sucroalcooleiro no mercado de energia será impulsionada pela adoção de novas tecnologias que aumentarão a competitividade do álcool em relação à gasolina. O aumento de produtividade dos canaviais ocorrido à taxa média de 3% nos últimos 25 anos deverá acentuar-se com a adoção de novas variedades geneticamente selecionadas. Novas tecnologias industriais em fase de implantação dobrarão a produção de álcool, a exemplo da tecnologia DRH (Dedini Hidrólise Rápida), que utiliza o bagaço da cana para produzir álcool, dobrando a produtividade por hectare e tornando o álcool competitivo em relação ao petróleo a menos de US\$ 20 o barril (BRITO, 2003, p.b-13). Também causará grande impacto no mercado nacional de combustíveis a adoção dos motores bicompostíveis (álcool-gasolina) como padrão pela indústria automobilística nacional, fato confirmado pela Anfavea, trazendo redução de custos para as montadoras e o fim dos mercados cativos, eliminando um dos maiores entraves para disseminação do uso do álcool – a dependência de um combustível em que já houve problemas na oferta.

Para um prazo maior que 10 anos deve-se trabalhar no fortalecimento do mercado mundial de etanol, visando colocá-lo em condições de posicionar-se como uma das principais alternativas para as futuras células de combustível que substituirão os atuais motores à explosão. O hidrogênio necessário será obtido de forma indireta, pela “reforma” de outros combustíveis, sendo o etanol um eficiente gerador de elétrons para utilização em células a combustível com oxidação direta.

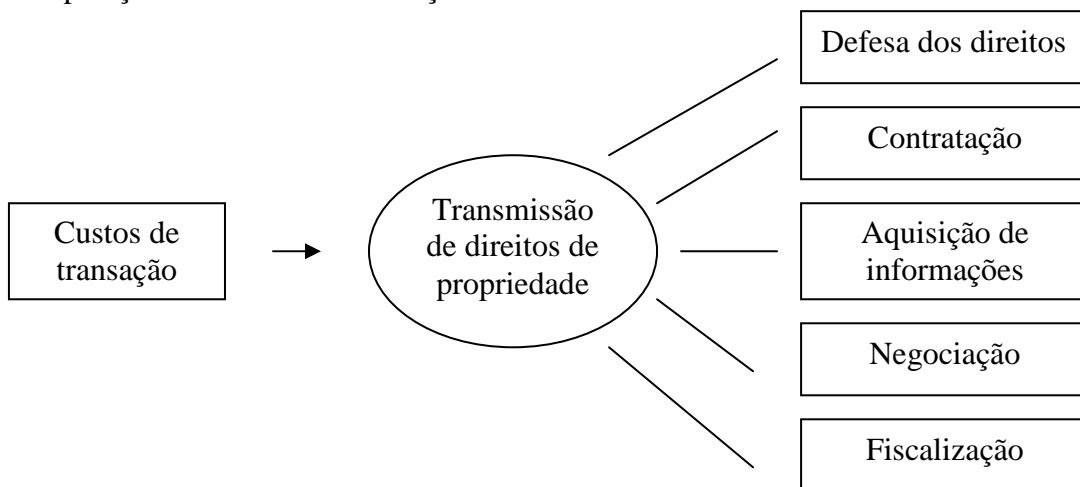
4.4 A TRANSFORMAÇÃO INSTITUCIONAL NECESSÁRIA

A partir da análise das transformações que ocorrerão no mercado de energia, em nível local e mundial, podemos inferir sobre as possibilidades de inserção do setor sucroalcooleiro como competidor no mercado de insumos energéticos. Porém apesar de todo desenvolvimento tecnológico atingido e das reconhecidas externalidades positivas geradas pelo uso da biomassa, as energias renováveis não são competitivas em relação às formas convencionais, sob o critério exclusivo da análise de custos de produção.

O mercado de energia em sua configuração atual não considera outras variáveis além da competitividade em custos, não levando em conta as deseconomias externas provocadas pelo uso em larga escala de combustíveis fósseis, tais como poluição, doenças, chuva ácida e o aquecimento global. Para a abordagem institucionalista somente com a criação de mercados específicos que estas especificidades serão levadas em conta, com regras específicas em um novo arranjo institucional.

De acordo com o pensamento neo-institucionalista, a construção de mercados deve necessariamente passar por uma redução dos custos de transação, pois os mercados são estabelecidos ou suprimidos a depender dos custos de transação.

De acordo com Espino (1999, p.183), “*os custos de transação surgem da transferência dos direitos de propriedade. Em sentido amplo, incluem todos aqueles custos que não emergem diretamente do processo de produção dos bens e serviços*”. A seguir poderemos ver a composição dos custos de transação:



Os custos de transação e suas influências sobre a viabilidade dos mercados são analisados sob a ótica da Economia dos Custos de Transação (ECT), porém, somente a Análise Econômica do Direito (AED) fornece o quadro analítico e as ferramentas para justificar o redesenho das instituições. A Análise Econômica do Direito se propõe a não só criar as condições para aprofundar a redução dos custos de transação, mas também motivar os agentes a agirem, no interesse próprio e na direção da maximização da riqueza social (ALCOFORADO, 2003, p.3).

Segundo Alcoforado (2003, p.5), os novos mercados são institucionalizados por meio de uma ampla negociação na determinação do arranjo institucional, do processo de definição dos

critérios de certificação e/ou rotulagem e do monitoramento dos direitos e deveres que assegure a maximização da riqueza.

A construção de um mercado para a energia renovável, onde o setor sucroalcooleiro poderia ter presença muito relevante com seus variados subprodutos energéticos, só será possível através de uma transformação institucional que, baseada em novas regras e leis específicas, crie um novo quadro de estabilidade, previsibilidade e viabilidade econômica para os investimentos por meio de reservas de mercados, valores normativos que considerem as especificidades das fontes renováveis e medidas de incentivo ao crédito para esses investimentos.

5 A CONSTRUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ALTERNATIVA

Como já foi dito anteriormente, a análise dos mercados a partir da ótica neo-institucionalista, que se utiliza dois instrumentos analíticos para tal – a Economia dos Custos de Transação (ECT) e a Análise Econômica do Direito (AED), não só explica o funcionamento dos mercados e dos arranjos institucionais, mas também justifica a intervenção no ambiente e nos arranjos institucionais, criando condições para o surgimento dos novos mercados e arranjos organizacionais.

Também já foi dito que a viabilidade dos mercados dar-se-á de acordo com os custos de transação e que a opção da firma em adquirir seus insumos nos mercados ou produzi-los internamente dependerá não só do custo de produção, mas principalmente do custo em utilizar o sistema de preços do mercado.

Ao se admitir o mercado como instituição viável ou não, dependente dos custos de transação, também se torna possível à construção de mercados, a partir de intervenções no ambiente e no arranjo institucional. Utilizando-se da Análise Econômica do Direito como ferramenta analítica para o processo de construção de mercados observamos que ele se desdobra em dois planos: a) o plano legal, que se refere aos recursos jurídicos que asseguram o redesenho dos direitos de propriedades, contratos e responsabilidades, e, b) o plano organizacional, que trata das estruturas das novas organizações de produção.

De acordo com Alcoforado (2003, p.5), os novos mercados são institucionalizados por meio de uma ampla negociação na determinação do arranjo organizacional, do processo de definição dos critérios de certificação e/ou rotulagem e do monitoramento dos direitos e deveres que assegure a maximização da riqueza.

Os mercados rotulados, certificados e identificados geograficamente quando observados de acordo com a Economia dos Custos de Transação e pela Análise Econômica do Direito revelam-se como uma criação de novos direitos de propriedade que acabam por “descomoditizar” os mercados.

É consenso entre especialistas que a forma mais adequada para o incentivo ao uso das energias renováveis (ER) em larga escala é por mecanismos de mercado, contrariamente às políticas de fomento anteriores que se baseavam em subsídios. As novas políticas baseiam-se na criação de mercados específicos para as ER em são levadas em conta suas características diferenciadas e que também as remunerem de forma diferenciada para cada fonte, de forma que viabilize investimentos do setor privado.

De acordo com a Comissão Nacional para Conservação de Energia do México, organizadora de um encontro em maio de 2001, sobre as melhores práticas internacionais em energias renováveis, deve ter como elementos fundamentais para desenvolvimento das ER (MERCADO, 2003, p.6):

- **Um marco legal específico:** Um marco legal específico que dê segurança aos investimentos e que faça com que os projetos obtenham financiamento convencional.
- **Um regime especial de incentivos:** É necessário para que as energias renováveis possam ampliar sua participação no mercado, como é demonstrado na experiência internacional, que se estabeleça um regime especial de incentivos, baseado em uma lógica de “investimentos para aprendizado”.

Também foram identificadas práticas aplicadas em países que haviam mais desenvolvido seu potencial em ER. Estes elementos são:

- **Certeza nos prazos que dão os financiamentos:** Prazos de dez a quinze anos são considerados apropriados.
- **Incentivos por desempenho diferenciados:** Recomenda-se que os incentivos estejam baseados em desempenho (energia produzida), não em investimento (capacidade instalada) e que estes não sejam homogêneos, e sim de acordo com a energia renovável e tecnologia de transformação.
- **Normas técnicas:** deve haver especificações técnicas que assegurem a qualidade dos equipamentos e sistemas.

Existem de acordo com a experiência internacional, várias formas de diferenciação da eletricidade proveniente de fontes renováveis, aplicadas especialmente nos Estados Unidos.

São elas:

- **Eletricidade Verde:** Esta alternativa é aplicada em mercados desregulados onde existe concorrência e o produto é oferecido por diferentes empresas para uma empresa elétrica que controla a distribuição em uma zona geográfica.
- **Preço Verde:** Esta é uma opção oferecida pelas companhias elétricas reguladas, que operam como monopólios verticalmente integrados.
- **Certificados de Energia Renovável:** São opções de energia renovável oferecidas por qualquer agente em qualquer mercado, sem limites geográficos. São valorados de acordo a um conjunto de atributos associados à geração de eletricidade a partir das ER.

O protocolo de Kyoto, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), tornou-se a primeira tentativa internacional de criação de um mercado para energias renováveis. Também baseado na premissa de que o fomento à produção por meio de novas fontes deve ser incentivado com uso de mecanismos de mercado, não de forma subsidiada. Em decorrência da aplicação da legislação pertinente ao protocolo, deverá ser criado um mercado mundial para comercialização do carbono reduzido, por meio de certificados de emissões reduzidas, demandados por países que não atingirem a meta estipulada no prazo estabelecido.

De acordo com Manfrinato (2002, p.3), mercado de carbono ainda necessita de medidas institucionais para firmar-se. Os mercados de carbono atualmente encontram-se no estágio de *grey market*, em que não existem legislações domésticas ou internacionais que possam legitimar os direitos relativos a permissões ou créditos oriundos de projetos de seqüestro ou de redução de emissões que estão em andamento.

Também é sugerido por Bueno, citado por Manfrinato (2002, p.5), que para o carbono firmar-se como nova *commodity*, o setor financeiro precisa estar efetivamente envolvido, reduzindo custos de transação e distribuindo riscos de preços e investimentos. A necessidade de criação de mecanismos de captação de recursos financeiros destinados especificamente a financiar projetos de desenvolvimento ambientalmente corretos também é abordada por Bueno que sugere a criação da Cédula de Investimento Ambiental (CIA), que serviria como instrumento de securitização de recebíveis.

5.1 A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

O Brasil é reconhecido mundialmente por ser o único país a ter conseguido implementar um programa de energia alternativa para uso em larga escala, apesar de todas as pressões dos *lobbies* dos setores de petróleo, automobilístico e de governos estrangeiros, por meio de organismos multilaterais, para que o programa não prosseguisse.

Segundo Vasconcelos (2001, p.267), o programa sempre foi vítima de pressões e intervenções, sendo as externas as mais violentas. O Banco Mundial em 1979, condicionou empréstimos ao governo Geisel à colocação do Programa nacional do Álcool sob seu comando, tão logo foi atendido ele extinguiu a comissão que aprovava os projetos para o programa.

Em 1986, o Banco Mundial e o FMI pressionaram o Banco Central a cortar o crédito fornecido aos pequenos produtores, responsáveis por 60% do total da produção. O resultado foi uma quebra de safra que quase destruiu o programa e culminou com uma crise de abastecimento em 1989.

A segurança dos EUA não pode permitir um outro Japão ao sul do equador. Henry Kissinger apud. Vasconcelos, 2001, p.48.

5.1.1 A experiência do Proálcool

Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar (SAG) é um dos mais antigos do país, estando ligado aos principais eventos históricos do Brasil. É de grande importância na geração de empregos e movimentação cerca de 2% do PIB brasileiro (CARVALHO apud. FARINA, 1998, p.20). Em 1997/98, o Brasil foi o maior produtor mundial de cana, o maior produtor e consumidor de álcool e o maior produtor e exportador de açúcar.

No final dos anos 60, o açúcar readquiria importância como produto de exportação. O Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), aproveitando-se da impossibilidade do aumento da oferta do produto pelos principais países produtores, deu início ao processo de modernização da agroindústria canavieira. No início da década de 70, o setor encontrava-se com

considerável capacidade instalada e enfrentava redução dos preços internacionais. Por outro lado, o mundo enfrentava a crise do petróleo e o uso do álcool para fins carburantes tornou-se uma importante alternativa no Brasil.

Década de 70

O Brasil, por ocasião do primeiro choque do petróleo (aumento no preço do barril de petróleo de US\$ 2,91/barril em setembro de 1973 para US\$ 12,45/barril em março de 1974), importava 79% de suas necessidades internas de petróleo (FERNANDES, apud. FARINA, 1998, p.25). Essas expressivas elevações de preço foram o principal responsável pelo acentuado crescimento dos desembolsos com a importação do produto, que se elevaram de US\$ 0,6 bilhão em 1973 para US\$ 2,6 bilhões em 1974 e US\$ 10,6 bilhões em 1981 (BORGES, apud FARINA, 1998, p.25). Como consequência, a participação das importações de petróleo sobre o total das importações do país passou de cerca de 10% em 1973, para 57% em 1983. Apenas com importações de petróleo, o Brasil desembolsou cerca de US\$ 52 bilhões, entre 1973 e 1982, valor bastante próximo ao da dívida externa neste período, em torno de US\$ 60 bilhões.

O governo brasileiro adotou as seguintes medidas: elevação do preço interno da gasolina, a fim de inibir o seu consumo; elevação das exportações de bens e serviços para compensar os maiores gastos com petróleo; adoção de política externa priorizando relações com países produtores de petróleo, para garantir o suprimento deste produto e ampliar o mercado para as exportações brasileiras; elevação da produção nacional de petróleo e produção de álcool para substituir a gasolina.

Além do propósito de reduzir a vulnerabilidade do país, no tocante aos combustíveis líquidos e a amenização dos problemas com a balança de pagamentos, outros objetivos do Programa são destacados: redução das disparidades regionais e individuais de renda; o crescimento da renda interna; a expansão da produção nacional de bens de capital e a geração de empregos.

O Proálcool foi lançado no final de 1975, tendo como principais forças motrizes a problemática situação internacional do petróleo e suas consequências sobre a balança de pagamentos, a dependência externa de energia e a segurança nacional, além da crise da economia açucareira mundial. Tratava-se, pois, de estimular o aumento da oferta alcooleira para fins carburantes, ou seja, substituir o petróleo importado pelo álcool produzido

domesticamente a partir de biomassas agrícolas. A implantação do Proálcool pode ser dividida em três fases distintas (FARINA, 1998, p.26):

Primeira etapa: Assentou-se em grande parte na capacidade do setor açucareiro, através da implantação de destilarias anexas a Usinas de açúcar. Além disso, contou com alguns instrumentos básicos como:

- estabelecimento de preços remuneradores ao álcool, através da paridade com o preço da cana-de-açúcar;
- linhas de crédito para investimento em condições extremamente favoráveis:
 - condições iniciais (prazos de 12 anos para amortização, com três anos de carência);
 - na área industrial: financiamento de 80 a 90% do investimento, com juros nominais de 15% a.a., para produtores do Norte-Nordeste e 17% a.a. para produtores do Centro-Sul;
 - na área agrícola: financiamento de 100% do investimento, com juros de 7% a.a. (metade das taxas usuais para crédito rural), sem correção monetária;
- garantia de compra pela Petrobrás do álcool anidro produzido, que passaria a ser misturado à gasolina (na proporção de 20%);
- ênfase na produção de álcool hidratado, a partir de 79, após a segunda elevação abrupta dos preços do petróleo, no mercado internacional, de US\$ 12 para US\$ 34 o barril.

Em 1974/75, a produção era de 625 milhões de litros, com meta prevista para 1980 de 3 bilhões de litros. Entre 1976 e 1980, a área colhida com cana-de-açúcar cresceu 29%, enquanto que a produção total teve um aumento de 43,7%. Vale ressaltar que nesse período, todo o aumento verificado na produção de cana-de-açúcar foi destinado à produção de álcool, sendo o Estado de São Paulo responsável por 56% do aumento (HOMEM DE MELO apud. FARINA, 1998, p.27).

Segunda etapa: Novos eventos foram estabelecidos frente ao agravamento da situação de abastecimento e preços de petróleo (segundo choque). Em 1979 foram ampliados os objetivos do Programa, estabelecendo-se para o mesmo a ambiciosa produção de 10,7 bilhões de litros de álcool hidratado (94% de teor alcoólico) a partir da safra 1985/86.

Os instrumentos básicos foram:

- Com o iminente esgotamento de uso da mistura de álcool à gasolina, apenas o uso direto para veículos especialmente preparados abria novos mercados para aquele combustível. Como consequência, tem-se a adoção do álcool hidratado como combustível exclusivo de veículos projetados para tal finalidade. Essa fase exigiu adaptação na linha de produção do setor automobilístico, na rede de distribuição e no comportamento dos consumidores, que passaram a aceitar um produto novo, ainda em fase de desenvolvimento. O êxito superou todas as previsões. Em 1984, os carros a álcool constituíam 94,4% da produção das montadoras, devendo-se a alguns fatores:
- Uma política definida que remunerava adequadamente o produtor de álcool e mantinha uma relação diferenciada entre os preços do álcool e da gasolina;
- Expansão da produção de álcool a partir de projetos de destilarias autônomas, através das quais tornou-se possível disseminar a produção de álcool por todos os estados brasileiros, ampliar o número de beneficiários do programa, compatibilizar o desenvolvimento da agricultura para fins energéticos com a produção de alimentos para o mercado interno e exportação e obter maiores rendimentos sociais;
- Adicionalmente, foram fortalecidos os mecanismos de desenvolvimento da indústria alcoolquímica.

Terceira etapa: é aprovada, no final de 1983, pela Comissão Nacional de Energia, uma nova meta de produção da ordem de 14,3 bilhões de litros, o que levou o Proálcool à sua plena e total maturidade. No entanto, a queda gradual do preço do barril de petróleo e a consequente sobra de gasolina nas refinarias brasileiras acabaram acarretando a queda de vendas de veículos a álcool. A participação dos carros a álcool na produção anual despencou: 88,4% em 1988, 61% em 1989, 19,9% em 1990 e apenas 0,3% em 1996 (AIAA apud. FARINA, 1998, p.28).

A ausência de uma política pública causou a paralisação do setor privado. Outro fator de grande prejuízo à imagem do setor junto ao consumidor foi a falta de álcool no final de 1989, principalmente devido à realocação para produção de açúcar, que apresentava melhores preços internacionais.

Apesar dos elevados preços do petróleo que passaram a prevalecer a partir de meados de 1979, o Programa do Álcool enfrentou controvérsias quanto à sua economicidade, principalmente quanto ao uso da cana-de-açúcar para a produção de álcool.

Quanto às exportações brasileiras, o país diminuiu bastante sua quantidade exportada no período de 1973 a 1979, uma vez que a produção interna de cana-de-açúcar direcionava-se para a produção de álcool, à medida que aumentava a capacidade das destilarias anexas, predominantes na primeira fase do Proálcool, e à medida que iam caindo os preços internacionais. Para exemplificar, entre os anos de 1977 e 1979 há uma queda de 626 mil toneladas na exportação de açúcar, o correspondente a 388 milhões de litros de álcool.

Vários fatores contribuíram para prejudicar o programa. Refletir sobre eles é uma forma de superar futuras dificuldades e uma contribuição brasileira a programas semelhantes que despontam hoje em todo o mundo.

O consumidor acostumara-se a encontrar o álcool a um preço muito inferior ao da gasolina - até 40% em alguns casos. Segundo estudos, para que o álcool atinja um nível de indiferença técnico para o consumidor, isto é, para que o consumidor prefira adquirir um carro a álcool e não um a gasolina, o preço deste não pode ultrapassar 75% do preço da gasolina, dado seu menor poder calorífico (CENÁRIOS, 2002, p.14). Mas com a queda acentuada dos preços internacionais do petróleo, o governo já não conseguia bancar esse diferencial que foi se estreitando com o tempo até se reduzir pela metade. Na hora de encher o tanque, ter um carro a álcool não representava mais uma grande vantagem. Houve também, em 1989, um desabastecimento que minou a confiança de muitos motoristas na perenidade do programa. Em caso de desabastecimento prolongado, eles temiam não poder usar seus carros. E como se verificou na época, uma eventual conversão dos motores, do álcool para gasolina, era problemática.

Outro fator negativo surgiu em julho de 1990, quando o governo resolveu diminuir os impostos dos carros populares. Era uma maneira de estimular a produção da indústria automobilística, estacionada em 700 mil veículos por ano, depois de já ter ultrapassado a marca de 1,1 milhão de unidades na década anterior. A operação de expansão da produção automobilística foi um grande êxito, pois os carros populares somaram 50% dos 1,4 milhão de automóveis vendidos em 1994.

Mas por razões técnicas só foram produzidos carros populares movidos à gasolina. Como exigência básica para entrar na categoria popular, a compressão dos motores deveria ser reduzida para o limite de um litro. Essa redução, que já não é simples nos motores a gasolina, seria ainda muito mais problemática numa eventual versão a álcool. Assim, a partir de 1994, a frota nacional passou a ter uma quantidade de veículos cada vez maior de carros movidos à gasolina.

É preciso lembrar também que desde 1986, por meio de políticas voltadas para o controle da inflação, os preços das tarifas públicas, sempre congeladas e os juros elevados, influíram negativamente na capacidade de oferta de álcool pelo produtor, uma vez que seus preços são administrados pelo governo.

A conquista da técnica

O estabelecimento do Programa Brasileiro do Álcool Combustível em 1975 tinha como pressuposto a possibilidade técnica de se aumentar a produção de álcool para atender às novas necessidades de combustível, sem prejuízo da fabricação de açúcar, produto essencial à economia brasileira. E também a preços condizentes com os parâmetros do mercado, gerados por melhor tecnologia e maior produtividade.

O desafio foi inteiramente vencido, pois o esforço tecnológico desenvolvido para o álcool beneficiou também a produção do açúcar brasileiro, que se tornou competitivo no mercado mundial. O avanço mostrou-se especialmente notável em São Paulo, onde os custos de produção são atualmente os menores do mundo. Como a produção do álcool e do açúcar não apresenta diferença na fase agrícola e tem acentuada semelhança na fase industrial, os avanços tecnológicos beneficiaram igualmente os dois produtos.

Os ganhos de produtividade têm sido constantes. Segundo a Fundação Getúlio Vargas apud. Associação das Indústrias de Açúcar e de Álcool do Estado de São Paulo (1997, p.3), a queda dos custos de produção do álcool na região Centro-Sul desde o início do programa foram em média de 3,2% ao ano. No Nordeste, ficaram em torno de 1,9% por ano.

Na base desses resultados estão os esforços desenvolvidos pelo próprio Governo Federal, com a criação do Programa Nacional do Melhoramento da cana-de-açúcar (Planalsucar), em 1981

e pelo Centro de Tecnologia Copersucar (CTC), instalado na cidade paulista de Piracicaba. Voltado desde sua fundação, em 1979, para a pesquisa de técnicas, processos e métodos ligados à cultura da cana e à produção de açúcar e álcool, o CTC aplica US\$ 25 milhões por ano em pesquisas, sendo US\$ 16 milhões provenientes de contribuições diretas das 36 maiores usinas paulistas e US\$ 9 milhões da venda de tecnologia e de royalties. Esforços de pesquisa semelhantes foram desenvolvidos por universidades estaduais e federais brasileiras.

Além da melhor tecnologia de cultivo, as pesquisas levaram ao desenvolvimento das variedades da cana-de-açúcar utilizadas na região Centro-Sul. Elas têm sido responsáveis por um crescimento da produtividade dos canaviais entre 15% e 20% nos últimos anos. Atualmente, os pesquisadores paulistas concentram esforços no campo da biologia molecular, com o objetivo de acelerar o processo de seleção de variedades de cana-de-açúcar mais eficientes.

As usinas estão extraindo cada vez mais açúcar da cana-de-açúcar processada. O índice de extração de açúcar, que era de 89%, alcança hoje 97%. Paralelamente, disseminou-se a técnica de queima de bagaço para produção de energia, tornando 95% das usinas do estado de São Paulo auto-suficientes em eletricidade. Parte dessa energia já é inclusive direcionada para a rede elétrica estadual. A cogeração²² tem sido utilizada há décadas, principalmente por autoprodutores que dispõem de combustíveis residuais de baixo custo²³, visando atender suas necessidades em condições econômicas mais favoráveis que as oferecidas pelo serviço público.

Estima-se que as potencialidades de geração de eletricidade do complexo sucroalcooleiro estejam atualmente entre 6.000 MW a 20.000 MW, conforme o tipo de tecnologia adotada - sistemas CEAT (mais produtivos) ou os CPAT. Outros dois fatores relevantes para a viabilidade da geração utilizando-se do bagaço de cana são o uso da palha e das pontas da cana como resíduo - o que dobraria o potencial energético, implicando também em uma redução no custo da colheita da cana com a maior mecanização das lavouras - e o

²² Os sistemas de cogeração podem ser do tipo “eletricidade a montante”, quando a produção de eletricidade ou a potência mecânica antecede o fornecimento de calor útil (a grande maioria dos casos) ou do tipo “eletricidade a jusante”, quando a geração está situada após a demanda térmica.

²³ Como o bagaço, no caso das usinas de açúcar e álcool, e o licor negro, nas indústrias de celulose.

aproveitamento do calor resultante para os processos produtivos internos, maximizando as vantagens competitivas e diminuindo o consumo das moedas.

A outra grande vertente tecnológica criada pelo programa refere-se à melhoria do desempenho dos motores a álcool. Os estudos permanentes mostraram que, além de vários ajustes, algumas peças importantes teriam de ser redimensionadas para trabalhar no regime de compressão mais elevada exigido pelo motor a álcool.

Ainda assim persistiram alguns problemas menores. Durante vários anos, os consumidores queixavam-se de dificuldades nas partidas a frio, da maior corrosão de algumas peças e de eventuais impurezas no combustível. Mas todos esses defeitos foram corrigidos com o tempo e hoje o motor a álcool desenvolvido no Brasil tem excelente desempenho comparativo, chegando mesmo a superar as versões a gasolina. Um passo decisivo foi dado nos últimos anos com o desenvolvimento da injeção eletrônica para carros a álcool, que eliminou os problemas apresentados pelo velho carburador.

5.1.2 Novas experiências: o PROINFA

Novas experiências de incentivo à produção de energias renováveis vem sendo conduzidas no Brasil, uma delas é 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 (PCH) e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

Baseado em novas abordagens para incentivos à criação de mercados, o PROINFA, criado pela lei 10.438, de 26 de abril de 2002, estabelece contratação por parte das Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás - de 3.300 MW da capacidade de geração por essas três fontes, repartido igualmente entre elas, para funcionamento até o prazo de 30 de dezembro de 2006, por um período de 15 anos, a partir da data de operação prevista em contrato.

Também foram estabelecidos valores normativos específicos a cada fonte pelo governo federal, com piso de 80% da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final. O programa compõe-se de duas etapas:

a) Atingida a meta de 3.300 MW (primeira etapa), o desenvolvimento do Programa será realizado de forma que as fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa atendam a 10% (dez por cento) do consumo anual de energia elétrica no País, objetivo a ser alcançado em até 20 (vinte) anos, aí incorporados o prazo e os resultados da primeira etapa;

b) os contratos serão celebrados pela Eletrobrás, com prazo de duração de 15 (quinze) anos e preço equivalente ao valor econômico correspondente à geração de energia competitiva, definida como o custo médio ponderado de geração de novos aproveitamentos hidráulicos com potência superior a 30.000 kW e centrais termelétricas a gás natural, calculado pelo Poder Executivo;

c) a aquisição far-se-á mediante programação anual de compra da energia elétrica de cada produtor, de forma que as referidas fontes atendam o mínimo de 15% (quinze por cento) do incremento anual da energia elétrica a ser fornecida ao mercado consumidor nacional, compensando-se os desvios verificados entre o previsto e realizado de cada exercício, no subsequente;

d) até o dia 30 de janeiro de cada exercício, os produtores emitirão um **Certificado de Energia Renovável – CER**, em que conste, no mínimo, a qualificação jurídica do agente produtor, o tipo da fonte de energia primária utilizada e a quantidade de energia elétrica efetivamente comercializada no exercício anterior, a ser apresentado à Aneel para fiscalização e controle das metas anuais.

5.2 A EXPERIÊNCIA EUROPÉIA E AMERICANA

Os países desenvolvidos já têm larga experiência com relação ao uso da legislação para estímulo de determinadas fontes de energia. Inicialmente utilizada para incentivo à energia nuclear em países da Europa, atualmente é empregada para privilegiar novos investimentos em fontes renováveis.

5.2.1 Legislação Ambiental na Europa

A “Non Fossil Fuel Obligations - NFFO”, é o mecanismo considerado por especialistas (GOLDENBERG apud. COELHO, 1999, p.135) como o mecanismo mais adequado para definição de preços mínimos para compra da eletricidade de cogeneradores, de forma a balizar o mercado. De forma resumida, na maior parte dos casos, a legislação prevê:

- A compra dos excedentes de eletricidade pelo custo evitado;
- Obrigatoriedade de compra de energia gerada a partir de fontes renováveis, de forma a atingir uma fração da energia gerada pela concessionária;
- Mecanismos fiscais de compensação que viabilizem um preço de compra maior para as energias renováveis, taxando as energias de origem fósseis em benefício das renováveis.

Dentro deste contexto destaca-se a política das NFFO (“Non Fossil Fuel Obligations”), introduzida na Inglaterra, inicialmente para viabilizar a energia nuclear e que, posteriormente, foi expandida (inclusive privilegiando) às fontes renováveis. Mesmo sem entrar em todos os detalhes referentes a este programa, encontrados em Mitchell apud. Coelho (1999, p.136), é interessante extrairmos algumas observações:

- O princípio básico é o seguinte: a legislação obriga a compra de uma certa quantidade de energia elétrica gerada a partir de renováveis (e nucleares...), a um preço mais elevado, estabelecido a cada ano pela agência reguladora. Este “preço-premium” é decrescente, como mostrado na tabela a seguir, estimulando a competitividade das empresas geradoras. O prêmio pago a mais vem de impostos extras incidentes sobre os geradores de eletricidade a partir de combustíveis fósseis.
- A cada ano, são estabelecidas as metas de potencial a ser atingido e custos correspondentes (decrescentes e em regime de competição), para cada tecnologia.
- Esta política é justificada pelo governo por dois motivos principais: Primeiro, este mecanismo é uma política apropriada para suportar novas tecnologias na sua entrada no mercado. Segundo, porque os geradores de energias renováveis iriam aumentar o número de PIE²⁴, o que é um dos objetivos do processo de privatização. Apesar do programa ter

²⁴ Produtor Independente de Energia Elétrica.

sido inicialmente introduzido como suporte à energia nuclear, sem dúvida os resultados alcançados para as renováveis foram significativos, (Ibid., p.136).

NFFO – 1991 ⁱ		NFFO – 1994 ⁱⁱ		NFFO – 1997 ⁱⁱⁱ	
Nº de projetos	MW gerados	Nº de projetos	MW gerados	Nº de projetos	MW gerados
122	472,23	141	626,92	195	842,72

Quadro 3: Projetos introduzidos na Inglaterra e País de Gales segundo a política de NFFO (Non Fossil Fuel Obligations)

Fonte: (i)(ii) Mitchell apud. Coelho, 1999, p.136; (iii) Department of Trade & Industry apud. Coelho, 1999, p.136.

Comparando os preços definidos para compra (média das diferentes energias renováveis), obtêm-se os seguintes valores:

Ano	Preço médio pago para compra da energia
1994	4,30 p/kWh (52 US\$/MWh)
1997	3,46 p/kWh (42 US\$/MWh)

Quadro 4: Preço médio para compra de energia nas NFFO

Fonte: Department of Trade & Industry (Inglaterra): Renewable Energy Bulletin N. 725/11/1997, NFFO-5, apud. Coelho, 1999, p.137.

Nota: p/kWh = centavos de libra por kWh

Observa-se, da tabela II, uma redução de aproximadamente US\$ 10/MWh em três anos, confirmando a política de preços decrescentes. Por outro lado, deve ser analisado que estes valores se referem a médias das diferentes energias renováveis. Na verdade, para cada tipo de energia há um preço diferenciado estabelecido pela agência reguladora; por exemplo, para eletricidade gerada em processo de gaseificação de biomassa o preço médio é de 5,51 p/kWh (aproximadamente US\$ 60/MWh), para um intervalo entre 5,49 e 5,79 p/kWh.

5.2.2 Legislação Americana

Segundo Walter apud. Coelho (1999, p.144), existe nos Estados Unidos aproximadamente 7 GW de capacidade instalada interligada à rede gerada a partir de biomassa, representando apenas cerca de 1% da capacidade total de geração elétrica do país e aproximadamente 8% da capacidade de geração que não pertence a concessionárias. Trata-se principalmente de sistemas de cogeração em indústrias a partir de resíduos de madeira (90% do suprimento de combustível) e resíduos agrícolas (10%).

O rápido desenvolvimento dessa capacidade ocorreu entre o final dos anos 70 e meados dos anos 80, dentro do contexto da legislação do PURPA (“Public Utility Regulatory Policy Act”), que permitiu a realização de contratos altamente favoráveis para os produtores de eletricidade. Na década de 90 a situação é sensivelmente diferente, pois as tarifas de venda da eletricidade são sensivelmente mais baixas, além existir concorrência no mercado de resíduos de biomassa, o que eleva os custos do combustível. Também as reduzidas eficiências de conversão dos sistemas de produção de eletricidade faz com que a situação fique particularmente difícil.

O PURPA, introduzido em 1978, definia que as concessionárias eram obrigadas a comprar a energia elétrica excedente de autoprodutores e de pequenos produtores gerada a partir de fontes renováveis (como a biomassa). O PURPA também garantia ao cogenerador um preço de compra considerado justo, bem como o atendimento emergencial ao autoprodutor por preços adequados e outras vantagens financeiras. A base para a avaliação do preço de compra dos excedentes era o “custo evitado” e, após algumas dificuldades de relacionamento com as concessionárias com relação aos preços envolvidos, por volta dos anos 80 a cogeração finalmente começou a se viabilizar (Ibid, 1999, p.145).

Em 1980 havia 13 GW de capacidade instalada em sistemas de cogeração (2,1% da capacidade instalada total nos EUA). Após oito anos, havia 51 GW instalados no total, demonstrando o enorme sucesso então obtido com o programa. Ao final da década de 80 o Governo revogou a obrigatoriedade de compra da energia excedente e foi estabelecido o custo marginal para ser a referência nas negociações com as concessionárias. Assim, os potenciais investidores passaram a considerar menos atraente o investimento na geração de excedentes de eletricidade. Em consequência os sistemas que eram projetados para gerar o máximo de eletricidade para venda à concessionária passaram em muitos casos a trabalhar em paridade térmica (modulação do sistema em função da demanda de energia térmica para o processo industrial), sem geração de excedentes.

Atualmente, uma análise crítica da legislação então introduzida evidencia alguns enganos cometidos na época, como analisa Chum apud. Coelho (1999, p.145). Apesar do PURPA ter contribuído significativamente para a participação da biomassa na matriz energética americana, devem ser observados com cuidados alguns aspectos da sua introdução, a saber:

- Nos incentivos à introdução da geração de energia a partir de biomassa, não foram exigidos níveis mínimos de eficiência, o que acabou por permitir a instalação de inúmeros projetos com tecnologias menos eficientes;
- No planejamento efetuado por ocasião da instalação do PURPA, não houve uma preocupação na garantia da oferta de biomassa e, à medida que novos projetos foram sendo instalados, ocorreu uma demanda por biomassa maior do que a oferta, aumentando consideravelmente o preço da biomassa;
- Após a introdução do PURPA, os preços da eletricidade apresentaram um declínio acentuado, fazendo com que muitas das instalações deixassem de ser competitivas.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve duas idéias como princípios norteadores: o pressuposto que o setor sucroalcooleiro como agente relevante na matriz energética, situação que ocorreu por motivo contingencial no auge da crise do Petróleo na década de 70, poderá novamente ser de grande valia para a economia brasileira, tendo grande importância para a nova economia que florescerá no mundo pós-petróleo do início do século XXI. A idéia de que um mercado para as novas tecnologias de geração de energia não surgirá naturalmente por meio do “livre mercado” também foi marcante na concepção desta pesquisa.

Para corroborar o primeiro pressuposto, primeiramente é analisada a perspectiva de mudança do mercado mundial de energia, avaliando a situação atual da matriz energética e as implicações estratégico/econômicas do declínio da produção de petróleo e gás e da impossibilidade de se continuar com os atuais níveis de emissão de poluentes. As restrições à continuidade das emissões colocarão em xeque a própria estrutura de consumo e produtiva das nações, com enormes implicações para suas economias e sociedades.

Em reação à turbulência prevista, bilhões de dólares estão sendo investidos em pesquisas para encontrar-se um substituto para os combustíveis fósseis, tendo quase um consenso sobre as vantagens do hidrogênio como base da futura matriz energética. É neste cenário que os derivados energéticos da cana-de-açúcar podem demonstrar suas qualidades como fontes de energia renovável, não agressiva no meio ambiente e tendo o álcool como uma importante fonte de hidrogênio para veículos leves, obtido de forma indireta pela “reforma” deste combustível.

O segundo pressuposto é respaldado empiricamente pelas experiências de introdução de substitutos dos combustíveis fósseis, muitas vezes frustradas ou mantidas por meio de pesados subsídios. De acordo com a teoria neo-institucionalista, os mercados não se desenvolverão ou se manterão se seus custos de transação não forem suficientemente baixos. Ao aplicarmos essa teoria à realidade do setor de energia constataremos que o nascente mercado de energia renovável precisa estar fundamentado sobre um novo arcabouço institucional, que leve em consideração as especificidades de geração de energia por meio de

fontes renováveis, valorando também suas externalidades positivas e não apenas critérios baseados exclusivamente na análise dos custos de produção.

Ao criarem-se mercados específicos para as formas não predadoras do meio ambiente, os “mercados verdes”, com um novo arcabouço institucional, os investimentos fluirão com mais intensidade e segurança, permitindo que esses mercados desenvolvam-se de forma independente de subsídios governamentais, permitindo ganhos de escala e inovações tecnológicas que reduzirão gradativamente seus custos de produção.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, José Chacon. **Brasil 21: Uma nova ética para o desenvolvimento**. 5ª ed. Rio de Janeiro: CREA-RJ, 2000. 91p.
- ALCOFORADO, Ihering Guedes. **Mercado, Ambiente e Arranjo Institucional**. Disponível em <www.bnb.gov.br/projforumeconomia/conteudo/anais.htm>. Acesso em 26 out. 2003.
- ALVIM, Carlos Feu; FERREIRA, Omar Campos. **A depleção do petróleo**. Disponível em: <www.ecen.com/content/eee4/adepleca.htm>. Acesso em: 28 ago. 2003.
- ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE AÇÚCAR E DE ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO – AIAA. **Álcool do Brasil: Energia limpa e renovável**. São Paulo: Segmento, 1997. 7p.
- AZEVEDO, Paulo Furquim. Comercialização da Energia Co-gerada pelo Setor Sucroalcooleiro. **Revista Preços Agrícolas**, São Paulo, p.6-7, nov/dez. 2000.
- BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi et al. Co-geração de energia a partir de bagaço-de-cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 39, 2001, São Paulo. **Anais: ...** São Paulo: CEPEA/ESALQ, 2001. p 1-10.
- BORBA, Roberto Ferrari. **Balanco Mineral Brasileiro: Carvão Mineral**. Brasília: DNPM, 2001. 19p.
- BRASIL. Lei 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 de abril de 2002.
- BRITO, Agnaldo. Invento da Dedini dobra produção de álcool. **Gazeta Mercantil**, Piracicaba, 26 jun.2003. p.B13.
- CALABI, A. S., et al. **A energia e a economia Brasileira**. São Paulo: Pioneira: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 1983.
- CARRERA-FERNANDEZ, José. **Curso básico de microeconomia**. Salvador: EDUFBA, 2001. 418p.
- CENÁRIOS para o Açúcar e o Alcool. Disponível em: www.canaweb.com.br. Acesso em 10 nov. 2002.
- CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA. Disponível em: <www.eolica.com.br>. Acesso em 20 jul. 2003.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Disponível em: <www.cresesb.cepel.br>. Acesso em 10 out. 2003.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Disponível em <www.cenbio.org.br>. Acesso em 14 abr. 2002.

COELHO, Suani Teixeira. **Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa:** Um modelo para o estado de São Paulo. 1999. 278p. São Paulo: Tese (Doutorado em Energia) – USP, São Paulo, 1999.

COELHO, S.T.; ZYLBERSZTAJN, D. Barreiras e mecanismos de implementação à cogeração de eletricidade a partir de biomassa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3, 1998, São Paulo. **Anais:** ... São Paulo, [S.n.], 1998. p. 1-6.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Biomassa:** Coadjuvante na oferta total de energia. [S.I.]: CNI, 1986 (Coleção José Ermírio de Moraes, n.8).

COOPERSUCAR. Disponível em: <www.coopersucar.com.br>. Acesso em 29 abr.2002.

CORAZZA, Rosana Icassatti. **Reflexões sobre o papel das políticas ambientais e de ciência e tecnologia na modelagem de opções produtivas “mais limpas” numa perspectiva evolucionista:** um estudo sobre o problema da disposição da vinhaça. São Paulo: [S.n.], [1999?].

COUTINHO, Edna Maria B. Gama et al. Petróleo: Reservas, Produção e Consumo. **Informe Infra-estrutura**, [S.I.], n.21, p.1-6, abril. 1998.

DEBIER, Jean-Claude; DELÉAGE, Jean-Paul; HÉMERY, Daniel. **Uma história da energia.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. 447p.

ECOLUZ. Disponível em: <www.ecoluz.com.br/en-reno.html>. Acesso em 30 abr. 2002.

ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em:<www.geocities.com/capecanaveral/5534/index.htm>. Acesso 20 out. 2003.

ESPINO, José Ayala. **Instituciones y Economía:** Una introducción al neoinstitucionalismo económico. México: Fondo de cultura económica, 1999. 391p.

FARINA, Elizabeth M.M.Q.; ZYBERSZTAJN, Décio. **Competitividade no Agribusiness Brasileiro:** Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar e Sistema Agroindustrial da Soja. São Paulo: PENSA/FIA/FEA/USP, 1998, v. 5.

FRENTE PARLAMENTAR SUCROALCOOLEIRA, 1996. **O álcool e a nova ordem econômica mundial.** Brasília: Editora Segmento, 1996. 156 p.

GAS ENERGIA. Disponível em: <www.gasenergia.com.br/portal/port/gasnatural/meioambiente.jsp>. Acesso em 20 jul. 2003.

GOMES, Orlando. **Contratos.** 25ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 2002.

GUARNIERI, Laura C.; JANNUZZI, G. de Martinho. Proálcool: Impactos ambientais. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, 1992, n. 2, p. 147-161.

INSTITUTO ILUMINA. Disponível em: <www.ilumina.org.br>. Acesso em 22 out. 2003.

JORNALCANA. Disponível em: <www.jornalcana.com.br>. Acesso em 22 out. 2003.

LEITE, Antônio Dias. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528p.

MANFRINATO, Warwick; MELLO, Pedro Carvalho de; ROCHA, Marcelo Theoto. **A Comercialização do Carbono**. **Resenha BM&F**, São Paulo, n.143, jul. 2002.

MARTIN, Jean-Marie. **A economia mundial da energia**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1992. 135p.

MERCADO de Energia Verde em México: antecedentes y propuesta. Disponível em: <www.cec.org/files/PDF//mercado1.pdf>. Acesso em 20 jun. 2003.

MELLO, Marcello Guimarães (Org.). **Biomassa**. Energia dos trópicos em Minas Gerais. Belo Horizonte: LabMídia/FAFICH, 2001. 272p.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. Usinas de Álcool e Açúcar: Novos Mercados e Fontes de Financiamento. **Revista Preços Agrícolas**, São Paulo, p.3-5, nov/dez. 2000.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de; SHIKIDA, Pery Francisco Assis. **Agroindústria Canaveira no Brasil**: evolução, desenvolvimento e desafios. São Paulo: Atlas, 2002. 367p.

OLIVEIRA, Adilson de (Org.). **Energia e desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 1998. 160p.

OSAKABE, Erika. **O impasse da mecanização na economia açucareira**. 1997. 89p. Monografia (Especialização) – Departamento de Economia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1997.

PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. DISPONÍVEL EM: <www.energia.usp.br>. Acesso em 20 out. 2003.

RAMOS, Pedro. **Agroindústria canaveira e propriedade fundiária no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1999. 243p.

REVISTA BRASILENERGIA. Disponível em: <www.brasilenergia.com.br>. Acesso em 02 abr. 2002.

RIFKIN, Jeremy. **A Economia do Hidrogênio**. São Paulo: Makron Books, 2003. 300p.

SOUZA, Jair Albo Marques de. **A situação da energia nucleoeletrica no mundo**. Rio de Janeiro: ABEN, 2000. 95p.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – ÚNICA. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em 01 mai. 2003.

VASCONCELOS, Gilberto Felisberto; VIDAL, José Walter Bautista. **Poder dos trópicos:** meditação sobre a alienação energética da cultura brasileira. São Paulo: Casa Amarela, 2001. 303p.