

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**USP**

**Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia**  
**(EP/FEA/IEE/IF)**

**SUSTENTABILIDADE DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA**  
**PERSPECTIVAS PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO**

Patricia Maria Guardabassi

São Paulo

2006

**PATRICIA MARIA GUARDABASSI**

**SUSTENTABILIDADE DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA  
PERSPECTIVAS PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração) para a obtenção do título de Mestre em Energia

Orientação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Suani Teixeira Coelho

São Paulo

2006

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

Guardabassi, Patricia Maria.

Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento. /.

Patricia Maria Guardabassi ;orientador Suani Teixeira Coelho. São Paulo, 2006.

p.123 : il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

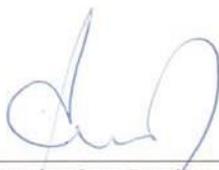
1. Biomassa 2. Biomassa – sustentabilidade 3. Biocombustíveis 4. Fontes alternativas de energia I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA  
EP – FEA – IEE - IF

PATRÍCIA MARIA GUARDABASSI

*“Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia – perspectivas para países em desenvolvimento”*

Dissertação defendida e aprovada em 12/04/2006 pela Comissão Julgadora:



---

Profª Drª Suani Teixeira Coelho – CENBIO/PIPGE/USP  
Orientadora e Presidente da Comissão Julgadora



---

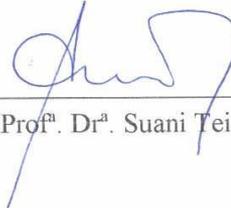
Prof. Dr. José Goldemberg - PIPGE/USP



---

Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira – UNIFEI/Itajubá

Esta versão difere da dissertação depositada e aprovada na defesa, à qual foram incorporadas modificações sugeridas pela comissão examinadora, devidamente verificadas e aprovadas pelo orientador.



---

Orientador: Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Suani Teixeira Coelho

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu pai, que certamente estará muito orgulhoso por mais esta etapa cumprida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Suani Coelho, minha orientadora não apenas nesta dissertação, mas desde as primeiras aulas de termodinâmica, que mesmo com todas atividades e responsabilidades sempre esteve à disposição para uma orientação clara, precisa e eficiente.

Aos colegas, funcionários e professores do Instituto de Eletrotécnica e Energia.

Aos amigos da SMA também pelo colaboração e suporte nos momentos em que precisei me dedicar a este trabalho, em especial ao amigo Oswaldo Lucon pelas conversas, conselhos e publicações emprestadas.

A meus pais, Vicente e Marlene, pelo exemplo e pelas oportunidades que me permitiram chegar até aqui.

Ao Marcelo, meu marido, pelo companheirismo, amizade, incentivo, paciência, fé e também por me transmitir total tranquilidade para me dedicar a este trabalho.

Ao Zeca, por ter sido meu companheiro fiel de todas as horas, do dia e da noite, sempre com seu olhar carinhoso.

A todos os meus amigos e familiares, aqui não citados nominalmente, pelo incentivo, pela preocupação e pelo carinho.

## EPÍGRAFE

Pelo sonho é que vamos,  
comovidos e mudos.  
Chegamos? Não chegamos?  
Haja ou não haja frutos,  
pelo sonho é que vamos.

Basta a fé no que temos,  
Basta a esperança naquilo  
que talvez não teremos.  
Basta que a alma demos,  
com a mesma alegria,  
ao que desconhecemos  
e ao que é do dia-a-dia.

Chegamos? Não chegamos?

Partimos. Vamos. Somos.

Sebastião da Gama  
*in* Pelo sonho é que vamos

## RESUMO

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da Biomassa como Fonte de Energia: Perspectivas para Países em Desenvolvimento.** 2006. 123p. Dissertação de mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo

Este trabalho procura fornecer um panorama da utilização de energia produzida a partir de biomassa nos países em desenvolvimento, bem como apresentar perspectivas de produção e utilização de biomassa moderna nestes países. Observa-se que nas regiões em desenvolvimento, os países mais pobres e que oferecem piores condições de vida, são os maiores dependentes de biomassa tradicional e de combustíveis fósseis. São apresentadas as vantagens da utilização das energias renováveis, as principais ferramentas de incentivo ao uso destas fontes de energia e as barreiras ainda existentes à implementação. Em seguida destaca-se as principais experiências na utilização de biomassa moderna no Brasil e nas regiões em desenvolvimento. Por fim são propostos cenários para a produção e uso de biocombustíveis nestas regiões, finalizando com a possibilidade de replicação de experiências de sucesso e recomendações a serem observadas.

Palavras-chave: sustentabilidade, biomassa, desenvolvimento.

## ABSTRACT

GUARDABASSI, P. M. **Biomass as an Energy Resource: Perspectives for Developing Countries.** 2006. 123p. Master's Dissertation – Post-Graduation Program on Energy. University of São Paulo.

The present text aims at provide an overview of biomass energy use in developing countries and its perspectives for the production and use of modern biomass. One observes that in developing regions, poorer countries with worst welfare conditions are those which most rely on traditional biomass and fossil fuels. It is also presented the advantages of renewable energy utilization, the main renewable energy fostering tools and the existing barriers to its implementation. Afterwards, the main experiences with modern biomass utilization in Brazil and other developing countries are highlighted. At last scenarios for biofuels production and use in developing countries are presented, ending with the possibilities of successful experiences and recommendations.

**Key-words:** biomass, sustainability, development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Oferta Mundial de Energia Primária, 2002. ....	17
Figura 2 Condições de sustentabilidade .....	18
Figura 3 Oferta de Energia Primária na África, 2002.....	21
Figura 4 Oferta de Energia Primária na Ásia, 2002.....	23
Figura 5 Oferta de Energia Primária na América Latina, 2002.....	25
Figura 6 Oferta de Energia Primária no Brasil, 2002 .....	26
Figura 7 Sistema de Distribuição de Energia no Brasil, 2005.....	27
Figura 8 Índice de Desenvolvimento Humano nos Municípios Brasileiros, 2000.....	28
Figura 9 Percentual de pessoas vivendo em domicílios com energia elétrica, 2000 .....	29
Figura 10 Relação entre IDH e uso de energia per capita, 2002 .....	32
Figura 11 Relação entre pobreza e consumo de biomassa tradicional.....	33
Figura 12 Evolução da Demanda Mundial de Energia entre 1850 – 2100 .....	35
Figura 13 Fluxo mundial de petróleo.....	37
Figura 14 Empregos por fonte de energia .....	39
Figura 15 Empregos nos diversos setores industriais .....	39
Figura 16 Curva de aprendizado de diversas tecnologias para geração de energias .....	46
Figura 17 Oferta de Energia Primária no Brasil, 2004 .....	52
Figura 18 Consumo final no setor residencial .....	54
Figura 19 Vendas de veículos bicomustível no Brasil.....	57
Figura 20 Evolução da Exportação de Energia Elétrica do Setor na Área da CPFL.....	66
Figura 21 Áreas de cerrado .....	75
Figura 22 Curva de aprendizado do etanol de cana-de-açúcar.....	90
Figura 23 Resultado da aptidão das regiões para a cultura de cana-de-açúcar.....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Acesso a Fontes de Energia no Zimbábue (%). .....	22
Tabela 2.2 - Nível de eletrificação (%) .....	22
Tabela 2.3 - Geração elétrica brasileira.....	26
Tabela 2.4 - Comparação entre IDH e acesso à energia nos Estados brasileiros .....	30
Tabela 3.1 – Situação mundial da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis em 2004.....	47
Tabela: 3.2 - Isenção tributária à produtores de etanol em países europeus .....	49
Tabela 4.1 - Características de algumas oleaginosas: .....	58
Tabela 4.2 - Setor arrozeiro no Brasil, 2004 .....	68
Tabela 4.3 - Consumo de Madeira Industrial em Toras – Brasil/2000 .....	78
Tabela 4.4 - Produção industrial de carvão vegetal no Brasil .....	80
Tabela 6.1- Deslocamento da produção atual de cana-de-açúcar para fabricação de etanol ...	95
Tabela 6.2 - Potencial de substituição da gasolina – Cenário 1 .....	96
Tabela 6.3 - Utilização de áreas agriculturáveis aptas para cana-de-açúcar .....	97
Tabela 6.4 - Potencial de substituição da gasolina – Cenário 2 .....	98
Tabela 6.5 - Principais barreiras aos biocombustíveis.....	101

## LISTA DE SIGLAS

ABRACAVE	Associação Brasileira dos Produtores de Carvão Vegetal
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BEI	Brazilian Energy Initiative – Iniciativa Brasileira de Energia
BEN	Balanco Energético Nacional
BRACELPA	Associação Nacional dos Fabricantes de Celulose e Papel
CBERA	Caribbean Basin Economic Recovery Act
CBTPA	US - Caribbean Basin Trade Partnership Act
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CIMA	Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool
COP	Conferência das Partes da Convenção do Clima
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CRW	Combustible Renewable and Waste
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais
DSMW	Digital Soil Map of the World
E10	O número após a letra E indica a porcentagem de etanol presente na gasolina
FAO	Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	FAO Statistical Database
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GAEZ	Global Agro-Economic Zones
GEF	Global Environment Facility
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNESD	Global Network on Energy for Sustainable Development
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	International Energy Agency

IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PNPB	Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RPS	Renewable Portfolio Standards
STAP	Scientific and Technical Advisory Panel
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
UE	União Européia
ÚNICA	Associação da Agroindústria Canavieira
USP	Universidade de São Paulo
WSSD	World Summit on Sustainable Development

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO MUNDO.....	17
2.1.	Conceitos: Biomassa Moderna versus Biomassa Tradicional .....	17
2.2.	Estatísticas no Mundo.....	20
2.3.	Panorama da Utilização de Energia nas Regiões em Desenvolvimento.....	21
2.3.1.	África .....	21
2.3.2.	Ásia .....	23
2.3.3.	América Latina e Caribe .....	24
2.4.	Panorama da Utilização de Energia no Brasil.....	25
3.	ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	34
3.1.	Vantagens de Utilização das Energias Renováveis .....	36
3.1.1.	Vantagens estratégicas .....	36
3.1.2.	Vantagens ambientais .....	38
3.1.3.	Vantagens sociais.....	38
3.2.	Incentivo à utilização de energias renováveis .....	40
3.2.1.	Iniciativa Brasileira de Energia .....	40
3.2.2.	Iniciativa Latino Americana e Caribenha - Plataforma de Brasília.....	40
3.2.3.	Feed-in Tariffs (Tarifas de Aquisição).....	41
3.2.4.	Renewable Portfolio Standards .....	42
3.2.5.	Diretiva Européia 2003/30/CE .....	42
3.2.6.	O Protocolo de Quioto .....	43
3.2.7.	Iniciativas Tipo 2 .....	44
3.3.	Perspectivas para Energias Renováveis no Mundo .....	45
3.3.1.	Barreiras existentes às Energias Renováveis .....	45
3.3.2.	Barreiras existentes à Biomassa .....	48

4.	ESTUDO DE CASO: BRASIL .....	51
4.1.	A biomassa na Matriz Energética Nacional.....	51
4.1.1.	Metodologia do Balanço Energético Nacional.....	52
4.2.	Biomassa moderna no Brasil.....	55
4.2.1.	Biocombustíveis Líquidos.....	55
4.2.2.	Biocombustíveis para geração de energia .....	63
4.3.	Aspectos ambientais – Sustentabilidade .....	74
4.3.1.	Biocombustíveis Líquidos.....	74
4.3.2.	Biocombustíveis para geração de energia .....	77
5.	ESTUDOS DE CASO: REGIÕES EM DESENVOLVIMENTO .....	82
5.1.	África .....	82
5.2.	Ásia.....	84
5.3.	América Latina e Caribe .....	86
5.4.	Conclusões preliminares .....	88
6.	CENÁRIOS DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO.....	91
6.1.	Definição dos cenários.....	91
6.1.1.	Cenário 1:.....	91
6.1.2.	Cenário 2:.....	91
6.2.	Resultados obtidos.....	95
6.2.1.	Cenário 1:.....	95
6.2.2.	Cenário 2:.....	97
6.3.	Replicabilidade do programa de biocombustíveis em outros países em desenvolvimento .....	99
7.	CONCLUSÕES .....	103
8.	REFERÊNCIAS.....	106

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia apresenta-se em constante ascensão no mundo, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, seja pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos.

Contraposto a essa realidade observamos as instabilidades políticas e sociais dos países produtores de petróleo, cujas reservas, dentro de algumas décadas, entrarão em depleção (GOLDEMBERG, 2004).

Somada a essa dificuldade, constatamos as evidências de que o aquecimento global e, por conseqüência, o fenômeno das mudanças climáticas está efetivamente acontecendo nos mais distintos pontos do globo terrestre.

Foi perante este contexto que aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, da qual participaram delegações de 175 países.

Os compromissos adotados pela Conferência Rio-92 incluem a Convenção sobre Mudança do Clima e a Convenção sobre Biodiversidade, além de uma Declaração sobre Florestas. A Conferência aprovou também documentos com objetivos concretos e audaciosos que dependem do empenho político das nações, foram eles a Declaração do Rio e a Agenda 21 (UNDP, 1992).

Ambos os documentos corroboram o conceito fundamental de desenvolvimento sustentável, que vai de encontro ao desejo dos países-membro de alcançarem o progresso econômico sem afetar a qualidade do meio ambiente.

Outro ponto marcante desta Conferência foi a introdução de princípios na relação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, como as "responsabilidades comuns, mas diferenciadas", "o poluidor pagador" e os "padrões sustentáveis de produção e consumo".

Entretanto o fator mais positivo trazido pela Agenda 21 foi a introdução de metas concretas de sustentabilidade, deixando explícita a necessidade de investimentos financeiros para se buscar o desenvolvimento sustentável.

Ao aderirem a Convenção do Clima, em 1992, os governos signatários tinham consciência de que apenas esse comprometimento não seria suficiente para resolver a questão das mudanças climáticas, seria preciso adotar regras e agir. Em 1995, durante a Primeira Convenção das Partes (COP 1 – Berlim, 1995), em uma decisão que ficou conhecida como

“Mandato de Berlim” foi decidido que deveriam ser adotadas medidas mais severas e compromissos específicos para os países industrializados (incluindo os países da Europa Oriental e da ex-União Soviética). Após dois anos e meio de discussões, negociações e propostas, durante a Terceira Conferência das Partes (COP 3 – Quioto, 1997), foi adotado o Protocolo de Quioto.

Em 2002, foi realizada em Joanesburgo, África do Sul, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (World Summit on Sustainable Development – WSSD), também chamada de Rio+10. Os objetivos principais eram fazer um balanço dos avanços e dificuldades encontrados nos últimos dez anos, além de aperfeiçoar e estabelecer metas para os anos seguintes.

A Iniciativa Brasileira de Energia (Brazilian Energy Initiative - BEI) foi apresentada pelo Governo Federal durante a Rio + 10 e propôs que todos os países aumentassem para 10% a participação das energias renováveis em suas matrizes energéticas, até o ano 2010. Essa proposta foi adotada como um dos objetivos da Iniciativa Latino Americana e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável também apresentada na WSSD (Plataforma de Brasília sobre Energias Renováveis, 2002), porém não foi aceita devido à grande resistência imposta principalmente pelos Estados Unidos, Japão, Austrália, Índia, China e por países membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) – exceto Venezuela (RIO+10 BRASIL, 2003).

No ano de 2004, foi realizada a Conferência Mundial sobre Energias Renováveis, em Bonn (Alemanha). Esta conferência teve por objetivo definir o caminho a ser seguido para expandir o uso de energias renováveis. Os 154 países participantes ratificaram a importância da utilização das energias renováveis como forma de garantir o desenvolvimento sustentável, aumentar o acesso a energia principalmente pelos pobres, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a poluição do ar (INTERNATIONAL CONFERENCE FOR RENEWABLE ENERGIES, 2004). Entretanto não foram firmados prazos e metas e a questão da sustentabilidade das energias renováveis não foi discutida. Assim tanto biomassa tradicional quanto as grandes centrais hidrelétricas foram incluídas nestas metas, sem se verificar os aspectos ambientais e sócio-econômicos envolvidos em seu uso.

A questão da sustentabilidade da biomassa é de especial importância nos países em desenvolvimento. Em muitos países a biomassa tradicional é a fonte de energia mais utilizada para cocção e aquecimento de ambientes, principalmente por questões econômicas, porém da maneira como é utilizada causa impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. Entretanto existem oportunidades para o desenvolvimento e utilização de biomassa moderna,

com benefícios em termos de qualidade dos serviços de energia e impactos na saúde humana e no meio ambiente (KAREKESI et al, 2005).

Constata-se assim que a questão das energias renováveis e do desenvolvimento sustentável tem sido tema recorrente e uma preocupação internacional.

O objetivo desta dissertação é levantar e analisar as perspectivas para o uso sustentável de biomassa para fins energéticos, principalmente nos países em desenvolvimento. Serão ainda analisadas as vantagens da utilização e as implicações do uso da biomassa moderna em substituição à biomassa tradicional.

Este tema se insere nos debates internacionais sobre a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa como forma de minimizar os impactos das mudanças climáticas, uma vez que a biomassa moderna se insere nas energias renováveis.

As opções existentes para mitigar estes impactos incluem a melhoria da eficiência dos processos e a utilização das energias renováveis, sendo que a maior utilização das energias renováveis está sendo defendida cada vez mais pela comunidade científica, entidades ambientalistas e governos, como pode se notar nos diversos foros internacionais (WSSD, Renewables 2004, BIREC 2005 entre outros).

O que se pretende mostrar neste trabalho é que as energias renováveis, em particular a biomassa, precisam ser produzidas e utilizadas de maneira sustentável, lembrando que a sustentabilidade “não depende apenas do vetor energético em si, mas fundamentalmente do contexto de sua utilização” (NOGUEIRA, 2005).

Para tanto, no segundo capítulo são definidos os conceitos que serão utilizados no decorrer do trabalho, em seguida é apresentado um panorama do uso de energia nas regiões em desenvolvimento.

O Capítulo 3 descreve as vantagens da utilização de energias renováveis e suas implicações, mostra as ferramentas utilizadas para incentivar o uso destas fontes, as iniciativas e propostas que estão sendo apresentadas em foros internacionais e as barreiras ainda existentes ao seu desenvolvimento.

No Capítulo 4 é feita uma apresentação do setor energético brasileiro, em especial a experiência no uso de biomassa como fonte de energia nos setores industrial e de transportes.

No quinto capítulo são resumidamente caracterizadas as experiências e perspectivas de uso de etanol nas regiões em desenvolvimento.

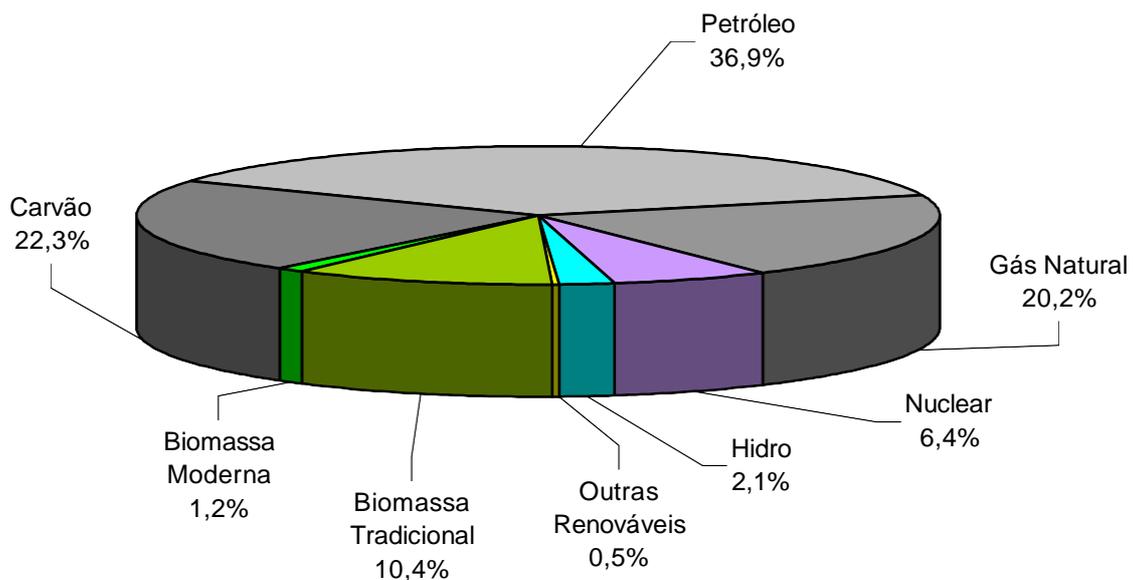
Por fim, no Capítulo 6 são desenvolvidos cenários sobre a possibilidade de produção de etanol nas regiões em desenvolvimento e sua capacidade em suprir os mercados doméstico e internacional.

## 2. PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO MUNDO

Este capítulo visa apresentar um panorama da matriz energética das regiões em desenvolvimento e do Brasil.

Sua função principal é identificar as principais fontes primárias de energia utilizadas por estas regiões e nos países nelas contidos, para avaliar e discutir nos capítulos seguintes como se enquadram nas perspectivas mundiais de sustentabilidade.

Conforme pode ser observado na Figura 1 abaixo, os combustíveis fósseis são responsáveis por 79% da demanda mundial de energia primária, enquanto as energias renováveis (biomassa, solar, eólica e geotérmica) representam apenas 12% e a hidroeletricidade 2,1%.



**Figura 1 Oferta Mundial de Energia Primária, 2002.**

Fonte: IEA (2005)

### 2.1. Conceitos: Biomassa Moderna versus Biomassa Tradicional

A biomassa é usada desde os tempos antigos como fonte de energia (lenha) das sociedades sem, no entanto, apoiar-se em produção sustentável. Por este motivo, durante muito tempo o termo biomassa foi associado à idéia de desmatamento. Somente no século XX teve início o uso da biomassa moderna, com programa do álcool no Brasil e a prática do

reflorestamento para produção de madeira. A biomassa tradicional é utilizada como fonte de energia primária para cerca de 2,4 bilhões de pessoas em países em desenvolvimento (IEA, 2002). Observa-se assim que a biomassa é uma importante fonte de energia para estes países e que o modo como esse combustível é utilizado pode ser aperfeiçoado, por meio de tecnologias mais eficientes promovendo melhorias sócio-ambientais, tais como a redução dos níveis de poluição, aumento da qualidade de vida, geração de emprego e renda.

Os trabalhos mais recentes (KAREKESI *et al*, 2005) têm classificado a biomassa em três categorias, de acordo com a tecnologia empregada na sua utilização energética. São elas:

- Tecnologias tradicionais de uso da biomassa (ou biomassa tradicional): combustão direta de madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos, para cocção, secagem e produção de carvão.
- Tecnologias “aperfeiçoadas” de uso da biomassa (ou biomassa “aperfeiçoada”): tecnologias aperfeiçoadas e mais eficientes de combustão direta de biomassa, tais como fogões e fornos.
- Tecnologias modernas de uso da biomassa (ou biomassa moderna): tecnologias avançadas de conversão de biomassa em eletricidade e o uso de biocombustíveis.

Outra classificação foi apresentada em NOGUEIRA (2005) e caracteriza a sustentabilidade da biomassa a partir da relação entre oferta e demanda. Afinal, a identificação de um sistema não-sustentável é simples e direta, porém a determinação exata da sustentabilidade de um sistema energético é mais complexa. Por exemplo, quando a demanda de lenha supera a oferta, e o consumo / extração passa a ser maior do que a capacidade de regeneração da floresta, este sistema não é sustentável. Já a sustentabilidade do uso de recursos naturais é de mais complexa determinação, pois existem outros fatores envolvidos, necessitando uma análise criteriosa de aspectos sociais, econômicos e ambientais.



**Figura 2 Condições de sustentabilidade**

Fonte: Nogueira (2005)

A biomassa tradicional, por se tratar de um combustível barato e acessível, é muito utilizada em países e regiões mais pobres. Em países da África Subsaariana, por exemplo, a

lenha é catada pelas mulheres e queimada dentro de casa, em fogões primitivos que fornecem energia e calor para cocção e aquecimento do lar. Nesta região a biomassa responde por 70% - 90% da oferta total de energia primária (IEA, 2005).

Na Ásia a utilização de biomassa também é evidente, cerca de 80% da população do meio rural e 20% das áreas urbanas utiliza biomassa para cocção. Lenha, resíduos animais (esterco) e resíduos agrícola são importantes combustíveis e respondem por cerca de 50% do consumo de energia no setor residencial em muitos países asiáticos (LEFEVRE et al, 1997; JINGJING et al, 2001).

A disseminação do uso de tecnologias “aperfeiçoadas” de conversão de biomassa tem recebido bastante interesse, em especial no continente africano. No Quênia, por exemplo, o Ministério de Energia lançou um programa intitulado “Women Energy” que visa a difusão da produção e utilização de fogões eficientes. Este programa conta com financiamento da GTZ (Cooperação Técnica Alemã) e treinou dezenove grupos de mulheres na fabricação de fogões, dos quais dez já são produtores certificados. Os impactos positivos notados foram o reconhecimento do papel das mulheres na sociedade e o controle do orçamento doméstico, melhorando sua qualidade de vida e bem-estar (KHENNAS et al, 1999). O projeto foi bem sucedido pois garantiu que as necessidades energéticas dos consumidores finais fossem incorporadas ao desenvolvimento tecnológico. A produção anual é de 12 mil fogões e o lucro total estimado é da ordem de 250 mil *shillings* (US\$ 3.200) (KHENNAS et al., 1995).

Existem diversas experiências com o uso de biomassa moderna; um exemplo são os biocombustíveis. No Brasil o Programa do Álcool, por meio da obrigatoriedade da utilização do etanol de cana-de-açúcar em todos os veículos leves do País, foi responsável pelo crescimento do setor sucroalcooleiro que promoveu o desenvolvimento tecnológico de processos industriais e da agroindústria e atualmente é responsável por 700 mil empregos diretos e mais 3,5 milhões de empregos indiretos (COELHO, 2005a). Programas de utilização de biocombustíveis estão sendo disseminados pelo mundo, como mostra o exemplo da Colômbia onde legislação federal prevê a adição de 10% de etanol na gasolina, nas sete maiores cidades do País, o que deverá acontecer até 2006.

Outro exemplo de uso de biomassa moderna acontece nas ilhas Maurício, onde a cogeração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar foi responsável em 2002, pelo atendimento de 40% da demanda nacional de eletricidade. Neste país a utilização de biomassa foi responsável pela redução da dependência externa de petróleo, a diversificação da matriz energética e a melhoria da eficiência de geração no setor energético como um todo (VERAGOO, 2003 *apud* KAREKESI et al, 2005).

Em geral a biomassa é considerada fonte renovável de energia; entretanto é necessário esclarecer que nem sempre é utilizada de maneira sustentável.

São consideradas “biomassas modernas” os biocombustíveis (etanol e biodiesel), madeira de reflorestamento, bagaço de cana-de-açúcar e outras fontes desde que utilizadas de maneira sustentável, utilizadas em processos tecnológicos avançados e eficientes.

As chamadas “biomassas tradicionais” são aquelas não sustentáveis, utilizadas de maneira rústica, em geral para suprimento residencial (cocção e aquecimento de ambientes) em comunidades isoladas. Pode-se destacar a madeira de desflorestamento, resíduos florestais e dejetos de animais (KAREKESI; COELHO; LATA, 2004).

## **2.2. Estatísticas no Mundo**

Existem diversas fontes internacionais de dados sobre energia primária, tais como a Agência Internacional de Energia (IEA) e a FAO (Food and Agriculture Organization das Nações Unidas). Para os dados nacionais também existem fontes como o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Serão apresentadas neste capítulo as principais estatísticas disponíveis para biomassa.

Existe nestas estatísticas uma grande dificuldade quanto à identificação e separação da biomassa moderna e a tradicional.

Um exemplo são as estatísticas da Agência Internacional de Energia, em que os dados fornecidos se referem a “Combustíveis Renováveis e Resíduos” (CRW – Combustible Renewable and Waste), que inclui bagaço de cana, lenha, resíduos de madeira etc; incluindo também uso da lenha de desmatamento em residências, em fogões de reduzida eficiência, não sendo possível separar a parcela tradicional sustentável da parcela tradicional não-sustentável.

No caso do Brasil os dados de consumo de lenha e gás liquefeito de petróleo (GLP) levantam dúvidas, as estatísticas de consumo de lenha são calculadas baseadas em correlações entre o consumo de GLP, dados do IBGE sobre número de fogões por domicílio, tipo de combustível e consumo específico (PATUSCO, 2002 *apud* NOGUEIRA, 2005). Estudos recentes (UHLIG, 2004) mostram que apesar dos dados de entrada serem originários da mesma fonte (IBGE), as premissas adotadas levam a valores discrepantes na quantidade total de fogões e o tipo de combustível utilizado. Estes resultados sugerem que é necessário um aperfeiçoamento da metodologia utilizada para os dados do Balanço Energético Nacional.

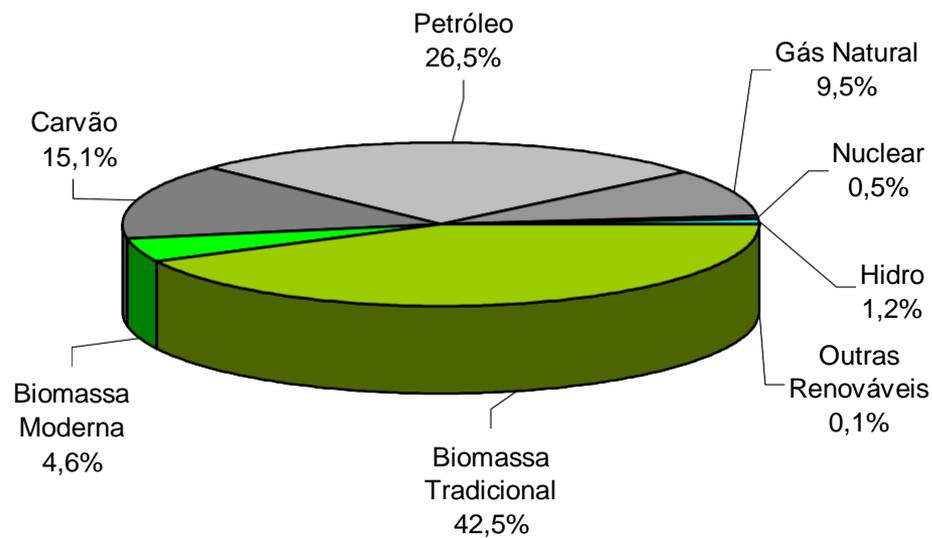
Existem também diferenças entre as metodologias e premissas adotadas por cada instituição para analisar e fornecer os resultados de demanda energética em cada país.

### 2.3. Panorama da Utilização de Energia nas Regiões em Desenvolvimento

#### 2.3.1. África

Os países do continente africano são fortemente dependentes de derivados de petróleo (51%) e da biomassa tradicional (42,5%). O acesso à serviços de energia é extremamente baixo, em média 17%, com algumas regiões mais desenvolvidas apresentando índices melhores (EDRC, 2004). Em outras regiões em desenvolvimento, como a América Latina e o Leste Asiático esse índice chega a 70% (DAVIDSON; SOKONA, 2002).

Assim, os derivados de petróleo são utilizados para geração de energia em termelétricas, pelos setor industrial e de transportes, e as necessidade básicas de energia das populações mais pobres acabam sendo supridas pela biomassa tradicional (IEA, 2005).



**Figura 3 Oferta de Energia Primária na África, 2002.**

Fonte: IEA (2005)

O sudeste africano possui grandes reservas de combustíveis fósseis, 61 bilhões de toneladas de carvão, 156 milhões de toneladas de petróleo e 1.138 bilhões de metros cúbicos de gás natural (MAYA, 2000). A maior parte destas reservas de carvão estão localizadas na África do Sul, com algumas outras reservas em Botsuana, no Zimbábue e na Tanzânia. O único produtor significativo de petróleo é Angola, enquanto o gás natural aparece em poucos países como Angola, Moçambique, Namíbia, Tanzânia e África do Sul.

Com exceção da África do Sul, país mais industrializado da região, onde existe uma diversificação da matriz energética e 68% da população possui acesso à energia, o restante da sub-região é dependente de biomassa tradicional (lenha e carvão vegetal) para uso doméstico. No Zimbábue, 98% da população pobre e 81% da população “não-pobre” em áreas rurais fazem uso da biomassa tradicional para cocção (Tabela 2.1). A Tabela 2.2 ilustra o baixonível de eletrificação de alguns países africanos, onde é possível observar que afora os países mais desenvolvidos, como a África do Sul, a média nacional de domicílios com acesso à eletricidade é muito baixa.

**Tabela 2.1 - Acesso a Fontes de Energia no Zimbábue (%)**

Fonte energética utilizada para cocção	Áreas Urbanas		Áreas Rurais		Nacional	
	Pobre	Não-pobre	Pobre	Não-pobre	Pobre	Não-pobre
Eletricidade	73,1	81,9	2,1	11,0	19,0	52,8
Querosene	39,7	33,7	1,0	13,5	10,2	25,4
Madeira ou carvão	12,7	5,4	<b>98,6</b>	<b>80,6</b>	78,1	36,3

Fonte: Central Statistics Office (2001) *apud* EDRC (2004)

**Tabela 2.2 - Nível de eletrificação (%)**

	Nacional	Urbano	Rural
África do Sul	68,0	80,0	50,0
Mali	12,0	42,0	1,5
Quênia	6,1	22,7	0,94
Senegal	31,4	55,4	7,5
Uganda	4,1	18,9	1,1
Zimbábue	39,0	80,0	18,0

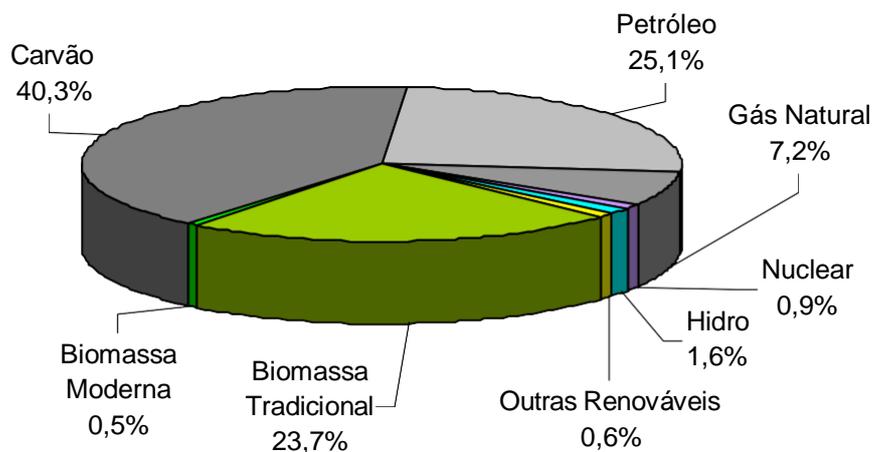
Obs: dados para África do Sul, Quênia, Uganda e Mali (2002); Senegal (2001); Zimbábue (1999)

Fonte: EDRC (2004); AFREPREN (2002)

Na região do sudeste africano a produção de eletricidade é fortemente baseada em energia hidrelétrica produzida em grandes e pequenas unidades geradoras (73% do total), usinas termelétricas (21,5%), um pouco de energia geotérmica (3,5%) e cogeração a partir de biomassa (principalmente nas ilhas Maurício) (AFREPREN, 2002, IEA, 2002, KAREKEZI et al (eds), 2002b).

### 2.3.2. Ásia

Os dados estatísticos mostram que o continente asiático também é fortemente dependente de combustíveis fósseis (65% da demanda de energia primária) e biomassa tradicional (30% da demanda de energia primária).



**Figura 4 Oferta de Energia Primária na Ásia, 2002.**

Fonte: IEA (2005)

Os combustíveis fósseis são utilizados para a geração de eletricidade em usinas termelétricas, na indústria e no transporte, enquanto a biomassa tradicional é utilizada no setor residencial (IEA, 2005).

O Nepal é um país com recursos naturais escassos, não possui reservas de petróleo e gás e os recursos florestais já foram utilizados como fonte de energia. Cerca de 86% da população nepalesa vive em áreas rurais e tem a agricultura como atividade principal. Essa população faz uso intensivo de resíduos de agricultura, lenha e resíduos animais (94% do

consumo residencial total). O índice de eletrificação do país é baixo, apenas 39% das residências possuem acesso à energia, das quais 7% (115 mil residências) são supridas por novas fontes renováveis (solar, biogás, pequenas centrais hidrelétricas) (TERI, 2005).

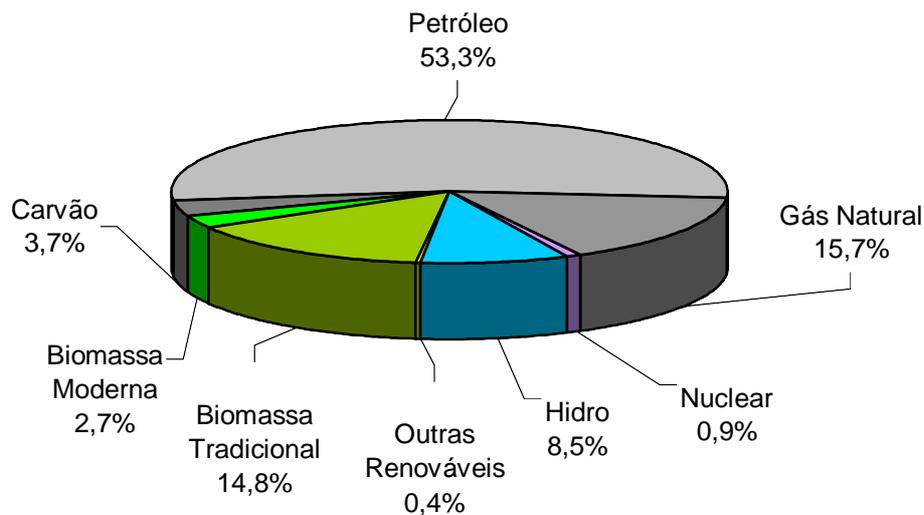
No setor residencial da Índia a biomassa tradicional é utilizada para cocção (75% do consumo de energia residencial) e o querosene para iluminação (51% das residências) (NSSO, 2001). Existem, porém diversas experiências com energias renováveis para a eletrificação de comunidades pobres e isoladas, entre outras alternativas estão a utilização de painéis fotovoltaicos, biodigestores e gaseificação de biomassa (TERI, 2005).

A China é um país cuja oferta de energia está baseada em combustíveis fósseis, principalmente carvão (57% da oferta total de energia primária). Entretanto na região oeste do país, menos desenvolvida e que abriga 83,5% de sua população rural pobre existem 30 milhões de habitantes sem acesso a energia. A região é isolada e distante das linhas de transmissão de eletricidade e utilizam biomassa tradicional como lenha, resíduos agrícolas (286 milhões de toneladas por ano, em sua maioria queimados em fogões de baixa eficiência – 10% a 20%), e resíduos de animais (850 milhões de toneladas por ano) para cocção e aquecimento e velas e querosene para iluminação (ERI, 2005).

Por outro lado, na região sudeste do país a utilização de bagaço de cana e cascas de arroz em sistemas de cogeração estão desenvolvidas, com uma capacidade instalada de 1,7GW em 2002 (NDRC, 2002; ERI, 2004).

### **2.3.3. América Latina e Caribe**

A região da América Latina e Caribe possui uma matriz energética que contava com 17,5% de biomassa, em 2002 (IEA, 2005). Entretanto ao observarmos os países individualmente percebemos realidades bastante díspares, onde os países mais desenvolvidos utilizam tecnologias mais modernas – 46% da biomassa utilizada na região é consumida no setor industrial (IEA, 1998) - e os países mais pobres ainda dependem de usos tradicionais de biomassa e tecnologias obsoletas de conversão de energia.



**Figura 5 Oferta de Energia Primária na América Latina, 2002.**

Fonte: IEA (2005)

Em países como Argentina, Venezuela, Equador e México, exportadores de combustíveis fósseis, estas fontes são responsáveis por 80% a 90% da oferta total de energia primária (CEPAL, 2003).

Outros países apresentam situações bastante peculiares, como é o caso de Cuba, que utiliza fontes renováveis (biomassa), porém em processos ineficientes; ou então como Chile e Paraguai que são supridos quase exclusivamente por petróleo e hidroeleticidade (CEPAL, 2003).

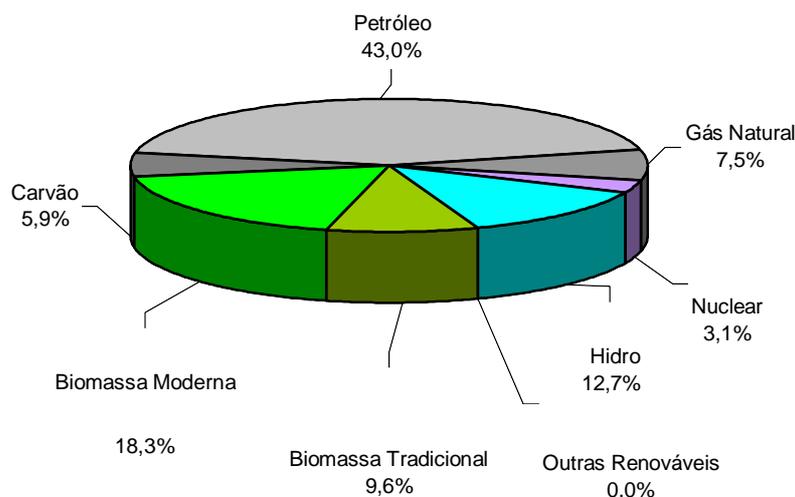
Por outro lado existem países como o Paraguai, onde 90% da energia primária é proveniente de recursos hidrelétricos e apenas 2% de petróleo (CEPAL, 2003).

Costa Rica é o país que possui a matriz energética mais diversificada, utilizando fontes geotérmicas, hidroeleticidade, energia eólica e biomassa de cana-de-açúcar e madeira (CEPAL, 2003).

#### **2.4. Panorama da Utilização de Energia no Brasil**

De acordo com o Balanço Energético Nacional (MME, 2005)<sup>1</sup> no ano de 2002 as fontes renováveis foram responsáveis por 40% da produção de energia primária, como mostra a figura abaixo.

<sup>1</sup> Para fins de comparação com os dados da Agência Internacional de Energia, será considerado como ano-base o ano 2002.



**Figura 6 Oferta de Energia Primária no Brasil, 2002**

Fonte: MME (2005)

Os combustíveis fósseis são consumidos principalmente no setor de transportes e industrial. A biomassa tradicional (lenha) é utilizada principalmente para a produção de carvão vegetal e cocção no setor industrial. A biomassa moderna é utilizada para auto-geração de energia (resíduos agroindustriais) e como biocombustível no setor de transporte (etanol anidro e hidratado).

A produção de eletricidade no Brasil por centrais elétricas de serviços públicos e centrais auto-produtoras, em 2002, foi da ordem de 346 TWh. Como pode ser observado na tabela abaixo, a matriz elétrica do Brasil é baseada em fontes renováveis, principalmente a hidroeletricidade. O sistema elétrico brasileiro é dividido em um sistema interligado e os sistemas isolados.

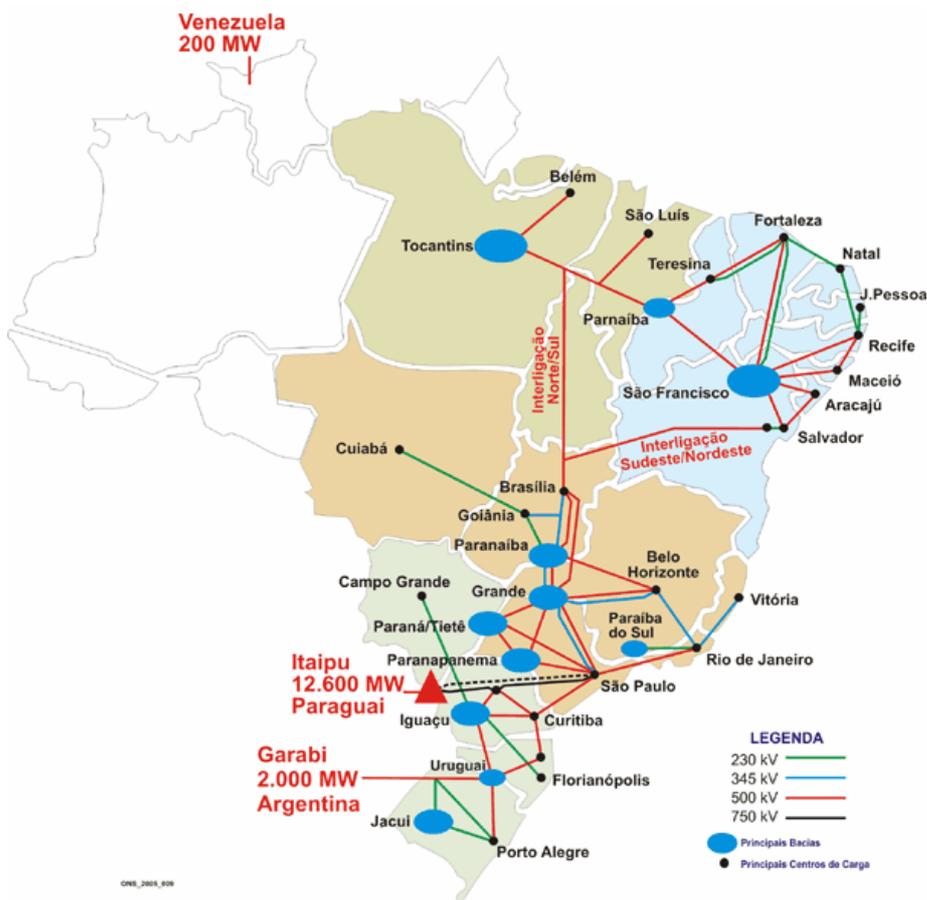
**Tabela 2.3 - Geração elétrica brasileira**

Fonte	Energia Gerada (GWh)	%
Hidráulica	286.092	82,76%
Combustíveis fósseis	36.130	10,45%
Nuclear	13.836	4,00%
Biomassa	9.552	2,76%
Eólica	61	0,02%

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2005)

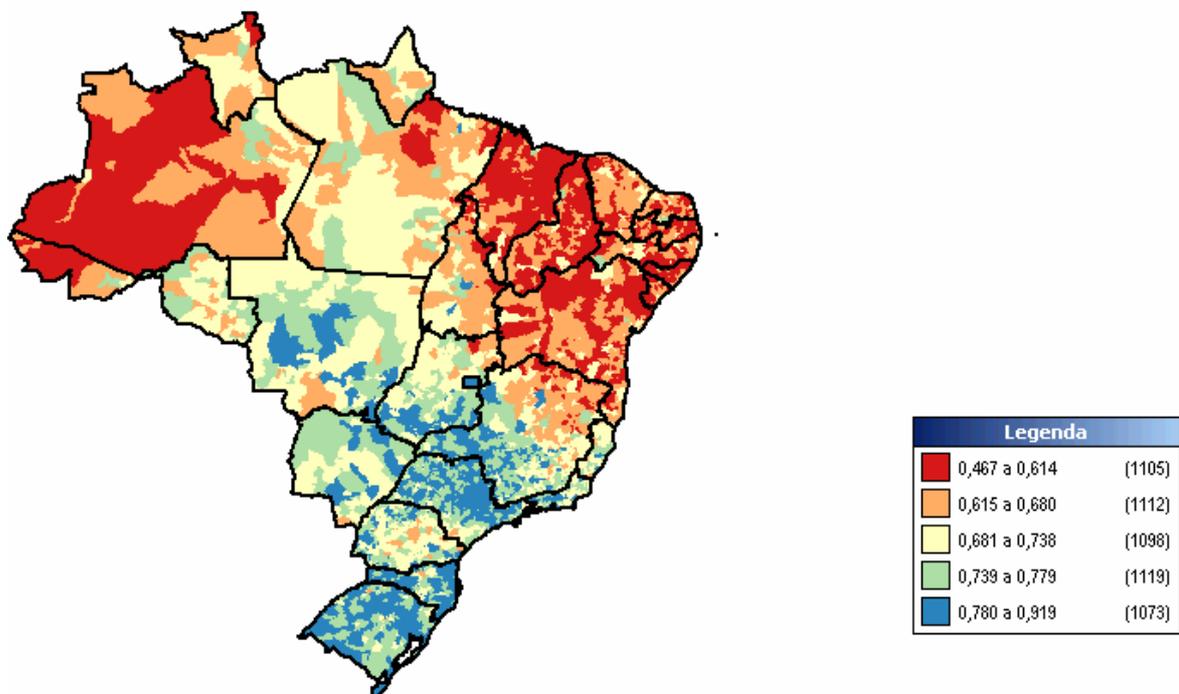
No sistema interligado, ao qual está conectada 96% da capacidade instalada brasileira, a energia elétrica é produzida em centrais hidrelétricas distribuídas ao longo do território nacional (conforme as opções geográficas de utilização de quedas d'água, geralmente distantes dos centros consumidores), e usinas termelétricas sendo a eletricidade distribuída por longas linhas de transmissão.

Os sistemas isolados compreendem os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima e parte do Pará. A estes locais as linhas de transmissão do sistema interligado ainda não foram levadas, algumas vezes devido ao alto custo e outras por causa de dificuldades geográficas, como é o caso das comunidades amazônicas onde só é possível chegar utilizando-se barcos, ficando praticamente inacessíveis durante os períodos de seca. Nessas comunidades a geração de energia é feita por motores diesel, geralmente antigos e de baixo rendimento, a energia é gerada durante poucas horas por dia, pois o preço do diesel se torna muito elevado devido ao custo de transporte (em alguns locais o preço chega a 2,5 vezes).



**Figura 7 Sistema de Distribuição de Energia no Brasil, 2005**  
Fonte: ONS (2005)

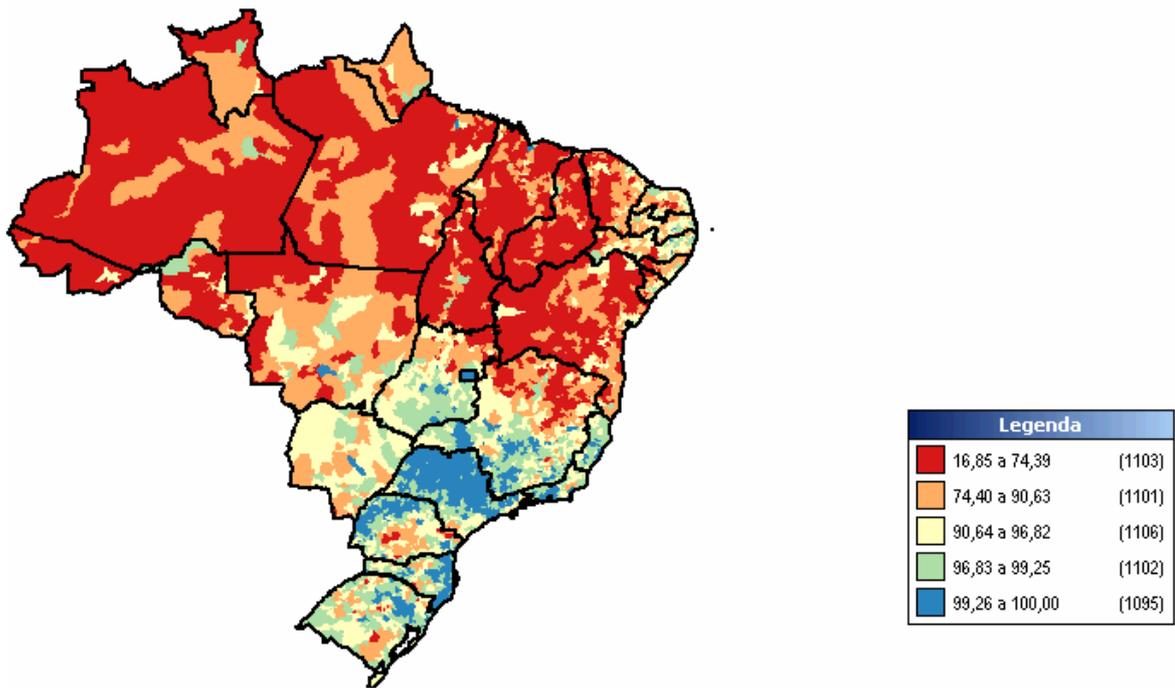
O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) criou um banco de dados denominado “Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil”, baseado nos microdados dos censos de 1991 e 2000 do IBGE. Este banco de dados possui informações sobre 125 indicadores, georreferenciados para os 5.507 municípios brasileiros e permite aos usuários criar análises de acordo com suas necessidades. De acordo com estes dados é possível constatar que as regiões rurais dos Estados da região Norte são aqueles que apresentam a maior exclusão elétrica. Estes mesmos Estados são os que apresentam os mais baixos resultados do Índice de Desenvolvimento Humano<sup>2</sup>, como mostram as figuras abaixo.



**Figura 8 Índice de Desenvolvimento Humano nos Municípios Brasileiros, 2000**

Fonte: PNUD (2001)

<sup>2</sup> O Índice de Desenvolvimento Humano é formado por três parcelas, com o mesmo peso: Produto Interno Bruto (PIB), alfabetização e expectativa de vida.



**Figura 9** Percentual de pessoas vivendo em domicílios com energia elétrica, 2000  
Fonte: PNUD (2001)

Tabela 2.4 - Comparação entre IDH e acesso à energia nos Estados brasileiros

	<b>Estado</b>	<b>Pessoas vivendo em domicílios com energia elétrica</b>	<b>IDH</b>
Norte	Acre	76,16%	0,697
	Amapá	95,35%	0,753
	Amazonas	82,19%	0,713
	Maranhão	78,73%	0,636
	Roraima	86,20%	0,746
	Rondônia	83,85%	0,735
	Tocantins	77,38%	0,71
Nordeste	Alagoas	89,87%	0,649
	Bahia	80,97%	0,688
	Ceará	88,32%	0,70
	Paraíba	94,44%	0,661
	Pará	76,73%	0,723
	Pernambuco	95,43%	0,705
	Piauí	74,68%	0,656
	Rio Grande do Norte	94,31%	0,705
	Sergipe	91,85%	0,682
Centro-Oeste	Goiás	97,22%	0,776
	Mato Grosso	89,43%	0,773
	Mato Grosso do Sul	95,63%	0,778
Sudeste	Espírito Santo	98,70%	0,765
	Minas Gerais	95,63%	0,773
	Rio de Janeiro	99,55%	0,807
	São Paulo	99,66%	0,82
Sul	Paraná	97,71%	0,787
	Santa Catarina	98,59%	0,822
	Rio Grande do Sul	97,86%	0,814
Brasil		93,48%	0,766

Fonte: PNUD (2001)

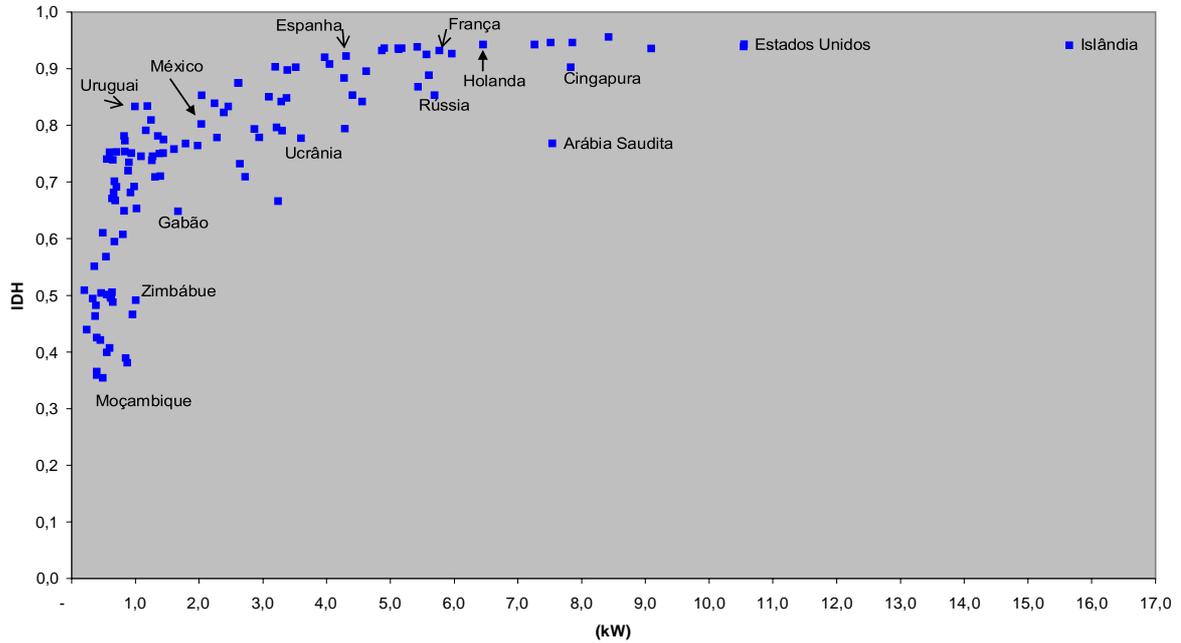
A Tabela 2.4 revela a íntima relação existente entre o Índice de Desenvolvimento Humano e energia elétrica. Essa afirmação pode ser verificada analisando-se as Metas de Desenvolvimento do Milênio, onde dentre as oito metas estabelecidas pelas Nações Unidas<sup>3</sup>, pelo menos seis são dependentes do acesso da população aos serviços de energia elétrica. Essa importância da energia para a melhoria da qualidade de vida foi reconhecida pelo relatório do Secretário-Geral da Organização das Nações Unidas, apresentado na Assembléia Geral da entidade, em 21 de março de 2005. O relatório intitulado *“In larger freedom: towards development, security and human rights for all”*<sup>4</sup> reforça a importância do acesso à energia como fator necessário ao desenvolvimento do meio rural, ao dizer *“Further, improving access to modern energy services is critical for both reducing poverty and protecting the environment”*. O relatório ainda destaca o papel da energia em relação às preocupações com o meio ambiente e as mudanças climáticas.

Essa correlação foi também demonstrada em UNDP; UNDESA; WEC (2004) por meio de dados que comparam o Produto Interno Bruto (PIB) per capita de um país, com o consumo de energia per capita.

---

<sup>3</sup> As Metas de desenvolvimento do Milênio são: 1- Erradicar a extrema pobreza e a fome; 2- Atingir o ensino básico universal; 3- Promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres; 4- Reduzir a mortalidade infantil; 5- Melhorar a saúde materna; 6- Combater o HIV/Aids, a malária e outras doenças; 7- Garantir a sustentabilidade ambiental; 8- Estabelecer uma Parceria Mundial para o Desenvolvimento

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.cfr.org/content/publications/attachments/report-largerfreedom.pdf>



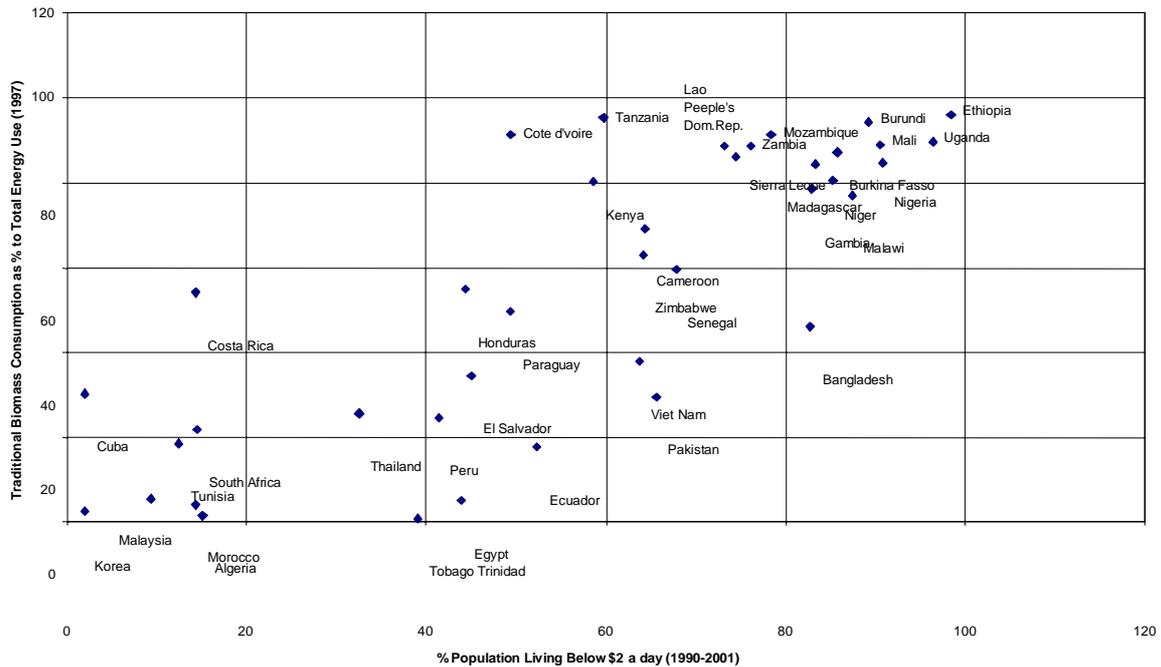
**Figura 10 Relação entre IDH e uso de energia per capita, 2002**

Fonte: UNDP, UNDESA, WEC (2004) atualizado pelo autor com IEA (2005) e UNDP (2004)

Verifica-se na Figura 10 que os países mais desenvolvidos, ou seja, aqueles que possuem maiores valores de PIB per capita, são os que consomem maior quantidade de energia, e este fenômeno pode ser observado a partir do estilo de vida dos cidadãos.

A Figura 11, apresentada em Karekesi, Lata e Coelho (2004) mostra a relação entre pobreza e dependência de biomassa tradicional. Quanto maior a parcela da população que vive com renda menor do que US\$2/dia, maior é o consumo de biomassa tradicional. Como mencionado acima, essa biomassa é utilizada para cocção e calefação; as mulheres e crianças são responsáveis pela coleta do combustível (em geral, lenha e resíduos animais) e além do trabalho pesado ao qual são submetidas, ainda ficam expostas aos gases da combustão, e acabam sofrendo de problemas respiratórios.

Figure 2: The Link Between Poverty and Traditional Energy Use



UNDP, 2003; IEA, 2000

### Figura 11 Relação entre pobreza e consumo de biomassa tradicional

Fonte: KAREKESI, LATA e COELHO (2004)

Conclui-se pois, que promover o acesso das populações mais pobres aos serviços de eletricidade é um dos fatores essenciais para melhorar as condições de trabalho, saúde e educação. Como discutido anteriormente, a biomassa por ser uma fonte de energia dispersa, da qual é possível gerar energia de forma descentralizada, pode auxiliar o suprimento da demanda de energia nas regiões ainda excluídas.

Além da produção de eletricidade, a biomassa moderna, na forma dos chamados biocombustíveis, pode substituir combustíveis fósseis no setor de transportes, como acontece no Brasil e nos Estados Unidos, por exemplo, países nos quais etanol é adicionado à gasolina. Esta aplicação da biomassa será discutida posteriormente, no Capítulo 5.

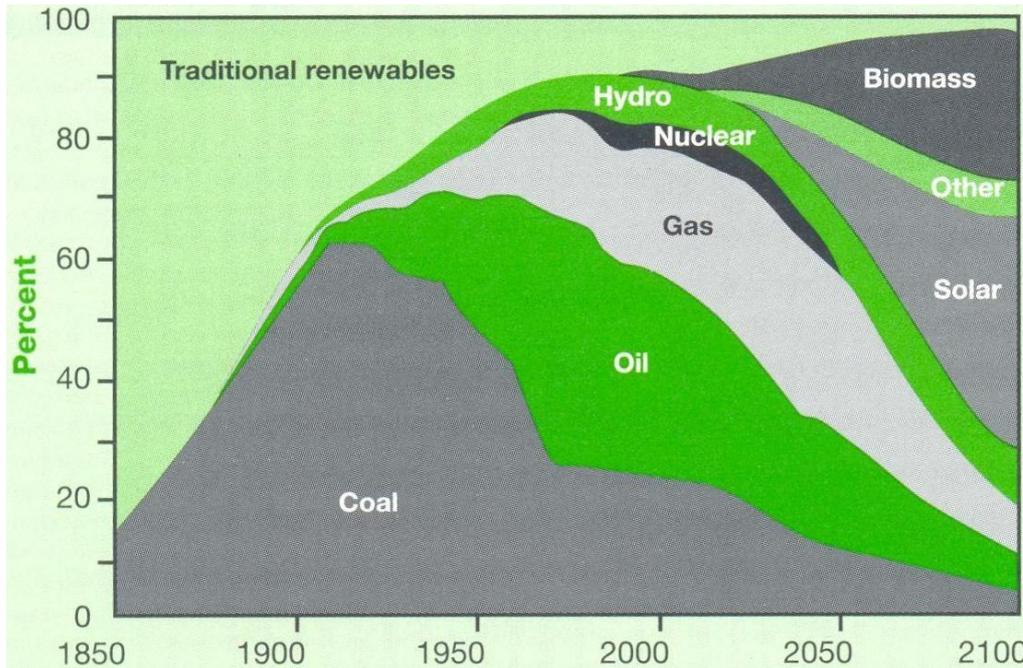
### 3. ENERGIAS RENOVÁVEIS

Como definido pela Declaração de Brundtland (1987) os sistemas sustentáveis são aqueles capazes de “satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras, atendendo ao equilíbrio social e ecológico, bem como às necessidades dos mais pobres”; entretanto a dificuldade em determinar a sustentabilidade de um sistema energético é enorme e depende não apenas do recurso energético propriamente dito e sua origem, mas também da maneira como é empregado.

Muitas vezes, a obtenção de lucro e o desenvolvimento a qualquer custo são mais importantes do que a preservação dos recursos naturais. É neste ponto que se torna necessário buscar a racionalidade e evitar os radicalismos, tanto consumista (extrativista) como ambientalista, e encontrar um ponto ótimo onde a utilização dos recursos naturais seja feita de maneira a atender as necessidades da sociedade, minimizando os danos causados ao meio ambiente – o chamado “desenvolvimento sustentável”.

No caso da energia este tópico é particularmente importante no mundo: o consumo mundial de energia é 10,2 Gtep (UNDP; UNDESA; WEC, 2004) e gastou-se US\$ 2 trilhões no comércio de energia em 2001 (GOLDEMBERG; LUCON, 2005).

O crescimento acelerado da população mundial, bem como o desenvolvimento de modernas tecnologias e aparelhos eletro/eletrônicos para uma sociedade de consumo, são fatores que têm colaborado para o aumento da demanda de energia. O consumo mundial de energia tem crescido cerca de 1,5% ao ano, nos últimos 30 anos (IEA, 2002 – [www.iea.org/textbase/stats](http://www.iea.org/textbase/stats)).



**Figura 12 Evolução da Demanda Mundial de Energia entre 1850 – 2100**

Fonte: UNDP; UNDESA; WEC (2000)

A Figura 12 apresenta a evolução do consumo de energia primária no mundo, desde meados do século XIX, quando a Revolução Industrial deu início ao consumo dos combustíveis fósseis, e propõe um cenário para o ano 2100, no qual as energias renováveis serão as maiores responsáveis pelo suprimento das necessidades energéticas.

Por outro lado há também o compromisso das nações em cumprir as Metas de Desenvolvimento do Milênio, estabelecidas durante a WSSD, em 2002, onde embora nenhuma das metas se refira diretamente ao aumento do acesso à energia, em sua maioria, os benefícios do acesso à energia desempenha papel fundamental para obtenção dos resultados desejados.

Não pode-se deixar de mencionar as responsabilidades de redução nas emissões de gases causadores do efeito estufa assumidas pelos países através da adesão ao Protocolo de Quioto e as oportunidades que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo oferece para o crescimento dos países em desenvolvimento.

Neste contexto, as energias renováveis devem ser consideradas como uma grande oportunidade, seja para redução das emissões de gases de efeito estufa e dos impactos ambientais associados, seja para a geração de energia em comunidades isoladas, contribuindo para a melhoria das condições sócio-econômicas dessas regiões. Lembrando-se que as fontes de energia precisam ser utilizadas de maneira sustentável, econômica e ambientalmente, para que possam garantir sua utilização de forma contínua e segura.

As fontes renováveis são uma opção para a geração de energia (eletricidade e calor) que provocam impactos ambientais reduzidos (se comparados a outras fontes) e substituem os combustíveis fósseis.

As energias renováveis, em alguns casos, podem ser uma alternativa em locais sem disponibilidade de combustíveis fósseis, como, por exemplo, as comunidades isoladas da região amazônica brasileira que podem utilizar resíduos agrícolas para geração de energia, e algumas comunidades andinas que utilizam energia solar fotovoltaica.

### **3.1. Vantagens de Utilização das Energias Renováveis**

Em regiões isoladas onde linhas de transmissão não podem ser instaladas por motivos técnicos e/ou econômicos a alternativa mais comum é a geração com óleo diesel, porém muitas vezes essas comunidades não dispõem de recursos para comprar o próprio combustível, devido ao alto custo de transporte do combustível, que o faz dobrar de preço em algumas situações.

As energias renováveis muitas vezes são a única opção para o atendimento a comunidades em regiões isoladas. Porém a instalação de um sistema para a produção de energia deve ser vinculado a uma atividade produtiva, para que a comunidade possa criar meios de manter o sistema em funcionamento e não fique dependente de programas assistencialistas.

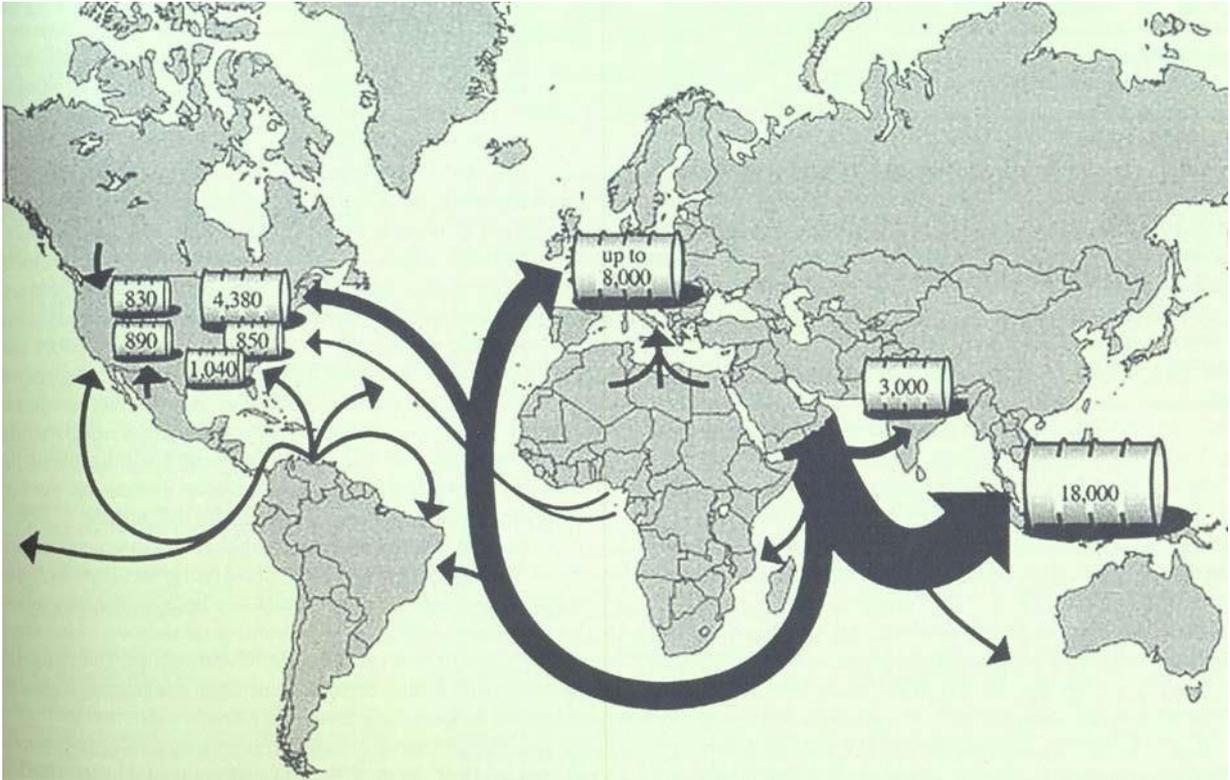
Como será discutido a diante, o uso de biocombustíveis por países em desenvolvimento é uma oportunidade de reduzir a dependência externa de petróleo, além de criar localmente uma atividade produtiva.

O emprego de energias renováveis implica vantagens em diversas áreas, como descrito nas seções a seguir.

#### **3.1.1. Vantagens estratégicas**

Aumentar a diversificação da matriz energética de um país e reduzir sua dependência de combustíveis fósseis é uma medida estratégica importante para a garantia de suprimento energia. Desta maneira não se fica tão vulnerável às oscilações dos preços do petróleo e às instabilidades políticas dos países produtores (COELHO, 2005a). A Figura 13 mostra os

principais fluxos de petróleo existentes, e verifica-se a concentração das reservas deste energético em poucas regiões. Os países desenvolvidos, são responsáveis por 80% da atividade econômica mundial e consomem 63% do petróleo produzido (KHATIB et al in UNDP; UNDESA; WEC, 2000).



**Figura 13 Fluxo mundial de petróleo**

Fonte: Kemp; Harkavy (1997) in UNDP; UNDESA; WEC (2000)

Outra vantagem estratégica é a redução dos gastos com importação de petróleo. No Brasil, com a implementação do Programa do Alcool o país economizou, entre 1975 e 2002, US\$ 52,1 bilhões<sup>5</sup> em divisas (GOLDEMBERG *et al.*, 2003).

Há países, como a Nigéria, que não possuem refinarias e são exportadores de petróleo, e estão interessados em iniciar programas de produção e uso biocombustíveis, como será mostrado no Capítulo 5.

<sup>5</sup> Dólar de janeiro, 2003

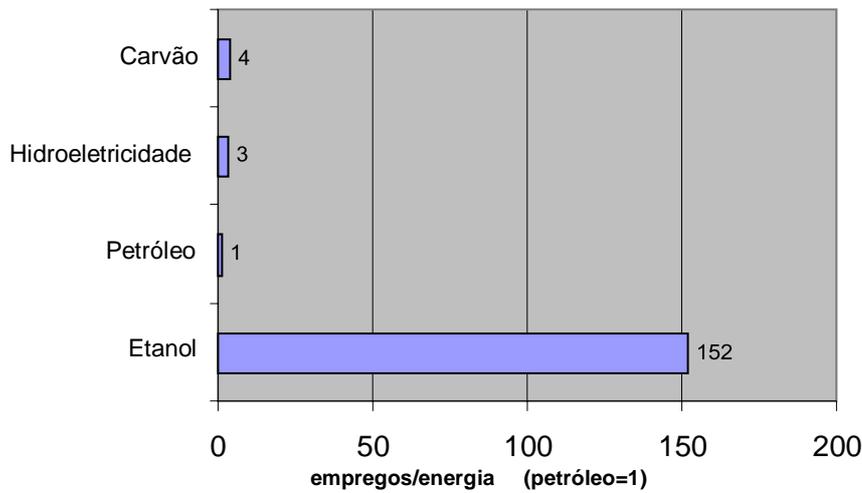
### **3.1.2. Vantagens ambientais**

Cerca de 80% do consumo mundial de energia primária é baseado em combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) e a queima destes combustíveis é a principal responsável pela emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos responsáveis pelo aquecimento global e as mudanças climáticas (GOLDEMBERG, 2004). A utilização de fontes renováveis é uma das maneiras de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, além de auxiliar na redução dos impactos ambientais locais, regionais e globais. A biomassa sustentável, bagaço de cana-de-açúcar, por exemplo, apresenta balanço nulo de emissões, pois as emissões resultantes da queima do bagaço são absorvidas e fixadas pela planta durante o seu crescimento.

Outro exemplo é a utilização de biocombustíveis; como tem sido observado no Brasil desde a adoção do etanol como combustível, total ou parcialmente, em toda a frota de veículos leves. Dados da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) revelam que os níveis de emissões de monóxido de carbono foram imediatamente reduzidos em cerca 50% (CETESB, 2004).

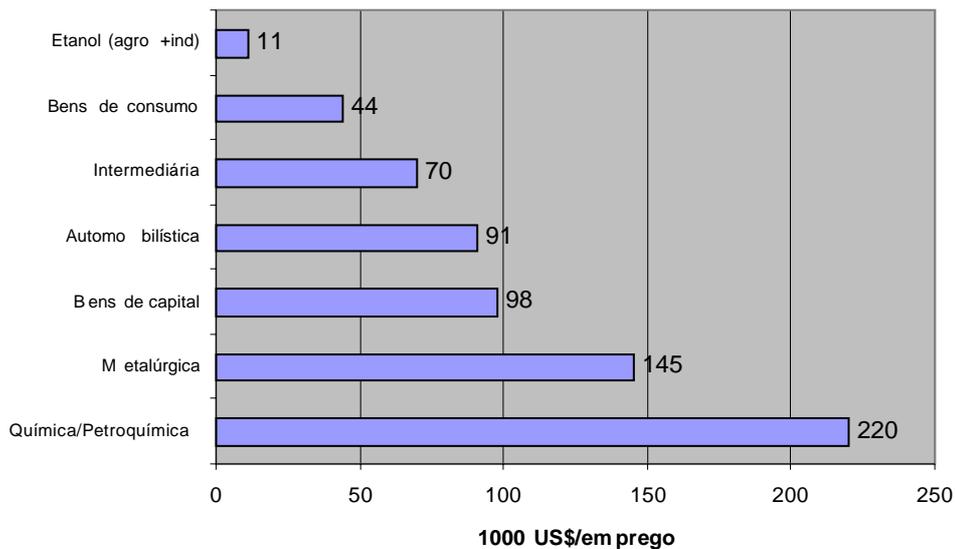
### **3.1.3. Vantagens sociais**

A geração de empregos tem sido reconhecida como uma das maiores vantagens das energias renováveis, em especial a biomassa. Isso porque a geração de empregos diretos e indiretos promove um ciclo virtuoso de aumento dos níveis de consumo e qualidade de vida, inclusão social, geração de mais atividades econômicas, fortalecimento da indústria local, promoção do desenvolvimento regional e a redução do êxodo rural. Em especial a produção de biomassa é uma atividade que envolve muitos empregos, porém com mão-de-obra barata, como mostra a figura abaixo (GOLDEMBERG, 2002).



**Figura 14 Empregos por fonte de energia**

Fonte: Goldemberg (2002)



**Figura 15 Empregos nos diversos setores industriais**

Fonte: Goldemberg (2002)

Mais uma vantagem social que merece ser mencionada é que a redução dos níveis de emissão melhora a qualidade do ar, que está diretamente relacionada de saúde (não só problemas respiratórios) e reduz, conseqüentemente, os gastos públicos no setor da saúde (internações, medicamentos) (CIFUENTES et al, 2001; SALDIVA et al, 2005; MIRAGLIA et al, 2005).

### **3.2. Incentivo à utilização de energias renováveis**

A WSSD foi a última reunião oficial que tratou do tema de desenvolvimento, e deixou um sentimento de frustração em relação às metas oficiais constantes em seu documento final. A principal delas em relação ao incentivo ao aumento da utilização de energias renováveis. Esperava-se obter compromissos e metas concretas para energias renováveis das nações participantes, porém isso não ocorreu.

O que pode-se perceber é que os reais esforços estão sendo realizados de maneira voluntária e os incentivos acontecem através das Iniciativas Tipo 2, Renewable Portfolio Standards (RPS), iniciativas de governos regionais etc.

#### **3.2.1. Iniciativa Brasileira de Energia**

Visando aumentar a participação das energias renováveis na matriz energética mundial, a Iniciativa Brasileira de Energia (BEI) foi apresentada na Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD) e propôs que todos os países aumentassem para 10% a participação das energias renováveis em suas matrizes energéticas, até o ano 2010), porém não foi aceita devido à grande resistência imposta principalmente pelos Estados Unidos, Japão, Austrália, Índia, China e por países membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) – exceto Venezuela (RIO+10 BRASIL, 2003).

A BEI vai ao encontro das Metas de Desenvolvimento do Milênio e também aos objetivos do Protocolo de Quioto, pois contribui para redução da pobreza e desigualdade ao mesmo tempo em que aumenta a participação das energias renováveis na matriz energética dos países através da competitividade, mercado consumidor, produção e consumo.

#### **3.2.2. Iniciativa Latino Americana e Caribenha - Plataforma de Brasília**

A Iniciativa Latino Americana e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável, aprovada em São Paulo em 2002, e apresentada durante a Rio+10, adotou como meta voluntária que a região atingisse 10% de energias renováveis em sua matriz energética.

Em Outubro de 2003, em Brasília, aconteceu a Conferência Regional Latino Americana sobre Energias Renováveis, reunião preparatória para a Convenção de Bonn (2004). Desta reunião resultou um documento intitulado Plataforma de Brasília, no qual os países reafirmam a meta regional de 10% de energia renovável em sua matriz (RENEWABLES 2004, 2004).

Entretanto esta meta penaliza algumas nações, pois enquanto a Argentina e o Chile, que possuem matrizes baseadas nas energias fósseis, teriam que fazer esforços enormes e investir muitos recursos financeiros, outros países fariam pouco ou nada, como por exemplo o Paraguai que possui matriz fortemente renovável.

### **3.2.3. Feed-in Tariffs (Tarifas de Aquisição)**

A política conhecida como “feed-in tariffs” existe em diversos países, e diferencia as tarifas de compra da eletricidade de energias renováveis. Os critérios são adotados para cada situação e as tarifas podem variar de acordo com a tecnologia considerando o custo de geração, a região geográfica, sazonalidade e outras características, dependendo da necessidade de cada país.

Um exemplo que pode ser citado é a Electricity Feed Law (EFL). Instituída em 1991 pelo governo alemão, obrigava as empresas concessionárias a adquirir eletricidade gerada por plantas baseadas em energias renováveis com capacidade inferior a 5 MW, pagando tarifas fixadas anualmente, como uma porcentagem da tarifa média da eletricidade vendida a todos os consumidores. Não havia qualquer subsídio do governo, pois a responsabilidade imposta por esta lei era mantida exclusivamente pelas empresas fornecedoras de energia e seus consumidores. A partir de 1998 cada empresa concessionária tinha a obrigação de atender 5% do seu mercado a partir de fontes renováveis. Atingindo o limite, a obrigação passava à empresa a montante na cadeia de suprimento. Esta política, que vigorou até o ano 2000, foi importante para aumentar a participação das energias renováveis na matriz energética nacional, uma vez que garantia seu acesso ao sistema interligado.

A partir do ano 2000 a ELF foi substituída pelo Renewable Energy Source Act. Esta Lei estipula uma meta de 12% de participação de energias renováveis na geração de eletricidade até o ano 2010. A obrigação de garantir o acesso à rede para as plantas de energias renováveis e a compra da eletricidade a preços especiais foram transferidas das concessionárias de energia para os operadores da rede. As tarifas são definidas, para cada

tecnologia, a partir do custo de geração atual. O Ato resolveu o problema de distribuição de responsabilidades (ocorrido na EFL) requerendo que todos os geradores de eletricidade tenham a mesma participação de energias renováveis em sua matriz. Assim todos os geradores conectados à rede pública são obrigados a comprar uma parcela igual de eletricidade proveniente de energias renováveis, a um preço igual à média de remuneração paga para todos os geradores a partir de energias renováveis. Desta maneira, não só os custos mas também os benefícios, na forma de eletricidade gerada, são divididos igualmente.

#### **3.2.4. Renewable Portfolio Standards**

Um programa tipo Renewable Portfolio Standards exige que uma porcentagem mínima da oferta de energia seja suprida por energias renováveis. Programas do tipo RPS têm sido adotados em diversos países como Dinamarca, Itália, Holanda, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha, Índia e Tailândia. Esses programas são aplicados tanto em nível federal, quanto estadual (MARTINOT, 2005).

No Brasil, um exemplo de RPS é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) que em sua primeira fase assegurará a participação de 3.300 MW de energia a partir de renováveis, e na segunda fase as energias renováveis (biomassa, PCHs e eólica) deverão atender a 10% do consumo anual de energia elétrica no País em 20 anos, para que a meta seja atingida, no mínimo 15% do incremento anual de energia elétrica deverá ser suprido pelas fontes renováveis (Lei 10.438 de 26 de abril de 2002).

#### **3.2.5. Diretiva Européia 2003/30/CE**

A Diretiva Européia 2003/30/CE prevê o uso 20% de combustíveis alternativos (biocombustíveis, gás natural, hidrogênio e outros) para fins automotivos até 2020. As metas indicativas nacionais garantem que 5,75% do consumo de combustíveis (em base energética) em 2010 seja suprido por biocombustíveis. A mesma Diretiva aponta que no caso da utilização de 10% da área agricultável atual para culturas energéticas, 8% do consumo de gasolina e diesel poderia ser substituída por biocombustíveis.

Entretanto a Europa sofre restrições quanto a disponibilidade de terras agricultáveis disponíveis para a produção de biocombustíveis, que poderia causar a substituição de áreas

destinadas à produção de alimentos. Abre-se assim uma oportunidade para os países em desenvolvimento suprirem esta demanda crescente por biocombustíveis na União Européia.

### 3.2.6. O Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto determina que os países (ou Partes) incluídos no Anexo I (países industrializados) devem reduzir suas emissões totais de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% abaixo dos níveis de 1990 no período de compromisso de 2008 a 2012 (UNITED NATIONS, 1998).

Para viabilizar o atendimento destas metas foram criados três mecanismos de flexibilização:

- *Implementação Conjunta:* permite que um país Anexo I implemente projetos de redução de emissões ou aumento da remoção por sumidouros no território de outro país Anexo I e obtenha “unidades de redução de emissões” (UREs) para abater de seus metas individuais.
- *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL):* permite a países Anexo I implementar em países Não-Anexo I projetos que resultem em reduções certificadas de emissões (RCEs) que podem ser utilizadas para atingir suas próprias metas de redução de emissão.
- *Comércio de Emissões:* permite que países Anexo I transfiram entre si créditos de carbono.

Dentre estas opções apresentadas o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aparece como uma ferramenta para auxiliar os países Não-Anexo I a introduzir tecnologias eficientes, especialmente na geração de energia, pois através deste Mecanismo países industrializados podem investir em projetos de energias renováveis que substituam combustíveis fósseis nos países em desenvolvimento, contribuindo para a disseminação das tecnologias de energias renováveis. Alguns projetos já estão sendo desenvolvidos, principalmente para geração de energia a partir de biogás de aterro, bagaço de cana e resíduos de madeira (DNV, 2005).

Existe uma expectativa muito grande, tanto na comunidade científica quanto nos investidores, sobre o que acontecerá ao final de 2012, data na qual se encerra o chamado “primeiro período de compromisso” do Protocolo de Quito. Durante o Primeiro Encontro das Partes do Protocolo de Quioto (MOP1 - First Meeting of the Parties) realizado em Montreal,

em dezembro de 2005, foi decidido que o processo para estabelecer compromisso pós-2012 deve ser iniciado imediatamente, e que não poderá haver intervalo de tempo entre o primeiro e segundo períodos de compromisso (Decision - / CMP.1)<sup>6</sup>.

### **3.2.7. Iniciativas Tipo 2**

Durante a WSSD foram criadas as chamadas “Iniciativas Tipo 2”, que são iniciativas não-governamentais, de características informais e voluntárias, que reúnem especialistas de países desenvolvidos e em desenvolvimento, cujo principal objetivo é atingir as metas da Agenda 21.

Em geral estas iniciativas são financiadas e geridas por instituições de países desenvolvidos e visam auxiliar, por meio de estudos conjuntos e parcerias, os países em desenvolvimento. Muitos funcionam como programas assistencialistas, levando um pouco de melhoria de qualidade de vida e desenvolvimento (não-sustentável) à comunidades isoladas. Existem algumas Iniciativas Tipo 2 que trabalham exclusivamente no setor de energia e desenvolvimento sustentável.

Entre elas pode-se mencionar a GNESD – Global Network on Energy for Sustainable Development – participam desta rede 20 universidades e institutos de pesquisa de países em desenvolvimento (Fundação Bariloche – Argentina, CENBIO/USP e COPPE/UFRJ – Brasil, TERI – Índia, AFREPREN – Quênia entre outros) e países desenvolvidos (ECN – Holanda, IIIIEE – Suécia, NREL – Estados Unidos, entre outros). Esta rede desenvolve estudos nas áreas de energia, desenvolvimento e meio ambiente, identificando as condições de países em desenvolvimento e propondo políticas visando melhorar os diálogos Norte-Sul e Sul-Sul.

---

<sup>6</sup> Disponível em:

[http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_11/application/pdf/cmp1\\_00\\_consideration\\_of\\_commitments\\_under\\_3.9.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_11/application/pdf/cmp1_00_consideration_of_commitments_under_3.9.pdf), acesso em janeiro, 2006.

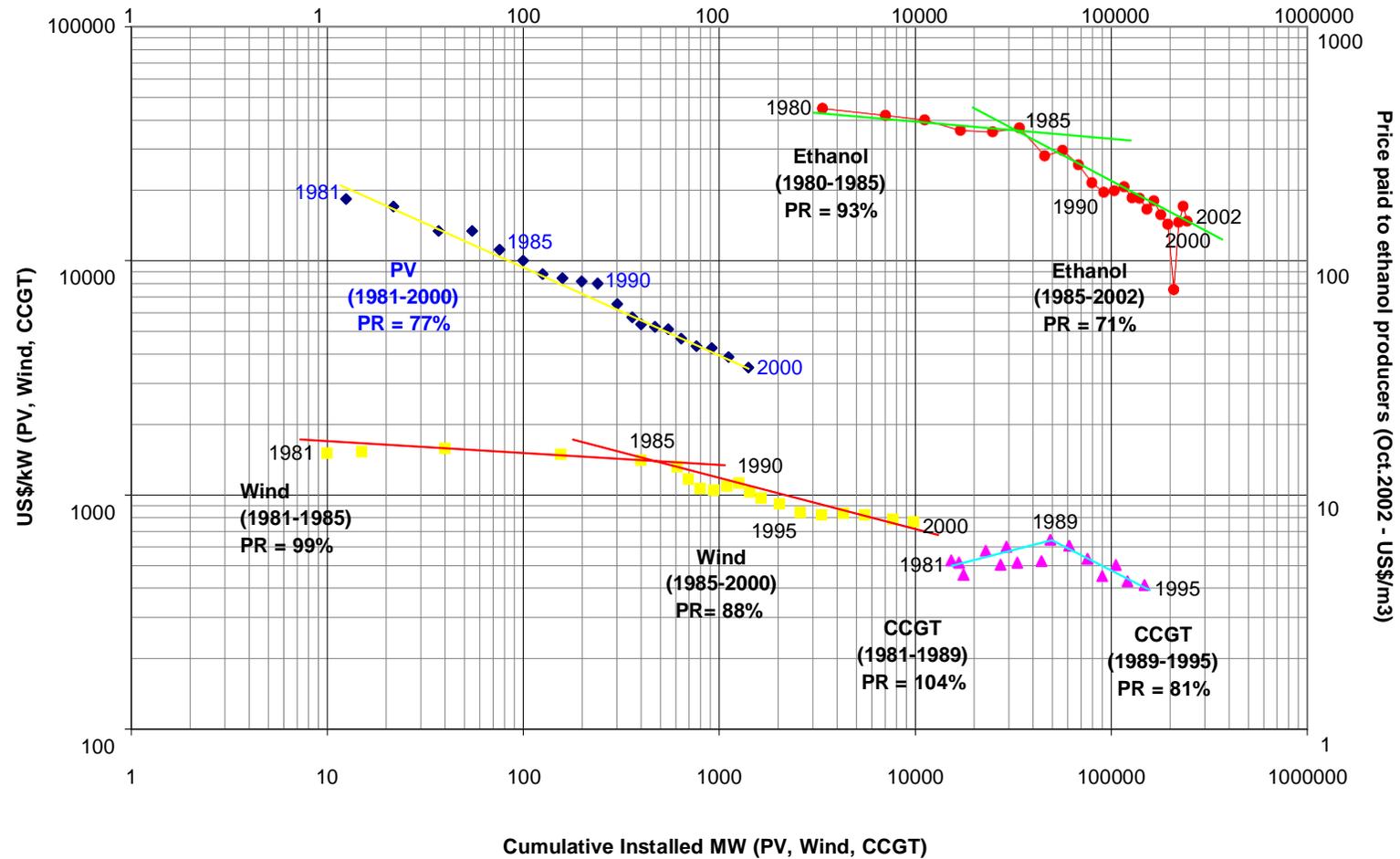
### **3.3. Perspectivas para Energias Renováveis no Mundo**

#### **3.3.1. Barreiras existentes às Energias Renováveis**

As principais barreiras existentes para a maior utilização das energias renováveis são de ordem econômica, pois as tecnologias empregadas são novas, ainda em desenvolvimento e por isso têm custo de implantação muito alto. Contudo, para que esta barreira possa ser superada é preciso suporte governamental e investimentos em tecnologia, para que possam alcançar ganhos de escala e se tornem economicamente competitivas (GOLDEMBERG, 2005).

Um dos exemplos mais importantes é a utilização de etanol como combustível no Brasil, onde as pesquisas em melhoramento das práticas industriais e agrícolas levaram ao incremento dos índices de rendimento, reduzindo o custo de produção do etanol e tornando-o competitivo frente à gasolina no Brasil e no mercado internacional (GOLDEMBERG et al., 2003).

Entretanto o caso do etanol brasileiro é uma exceção, que deve ser vista como modelo. Porém ao verificarmos as curvas de aprendizado de outras tecnologias de energias renováveis, como a energia solar, percebe-se que o desenvolvimento não acontece no mesmo ritmo para todas as tecnologias de utilização de energias renováveis, como mostra a Figura 16.



**Figura 16** Curva de aprendizado de diversas tecnologias para geração de energias  
 Fonte: Goldemberg et al (2003)

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é uma ferramenta para a implementação de tecnologias de energias renováveis, porém não deve ser utilizado apenas para a transferência de tecnologia de países ricos para países pobres. A implementação de tecnologias ainda não competitivas em países em desenvolvimento deve ser feita de maneira criteriosa, de modo a criar um mercado consumidor e assim avançar na curva de aprendizado. Mesmo porque, ao contrário do que se imagina, a tabela abaixo mostra que o avanço na curva de aprendizado acontece nos países desenvolvidos.

**Tabela 3.1 – Situação mundial da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis em 2004**

	Capacidade de operação (GW)	Fator de Capacidade percentual	Custo do Investimento (US\$/kW)	Custo da energia atual (c/kWh)	Principais países	Conexão à rede
<b>Eólica</b>	47	20 - 40	1.000 – 1.400	0,004 – 0,06	Espanha, Alemanha, EUA, Reino Unido, Japão, Holanda e China	92%
<b>Fotovoltáica</b>	1	06 - 20	3.000	0,03 – 0,4	Alemanha, Japão, Espanha e EUA (Califórnia, Arizona, New Jersey)	88%
<b>Geotérmica</b>	13	45 - 90	800 – 3.000	2 - 10	França, Irlanda, Indonésia, Quênia, Filipinas, Rússia e EUA	-
<b>Biomassa</b>	40	25 - 80	500 – 6.000	4 -12	EUA, China, Índia e Brasil	-
<b>Solar térmica</b>	0,4	20 - 35	2.500 – 6.000	12	EUA e Espanha	-
<b>Grandes hidrelétricas</b>	725	35 - 60	500 – 4.500	2 -10	Principalmente em países industrializados	-
<b>PCH</b>	25	20 - 90	700 – 8.000	2 -12	Principalmente em países industrializados	-
<b>Fóssil</b>	2.280	52	300 – 1.300	4,5 – 6,0	Todo o mundo	-
<b>Nuclear</b>	369	78	-	4 – 8	Principalmente em países industrializados	-

Fonte: UNDP; UNDESA; WEC (2004), atualizado com BIREC (2005) *apud* Goldemberg; Lucon (2005)

Nota-se, por exemplo, que no caso da energia solar fotovoltaica que ainda apresenta altos custos de instalação, operação e manutenção, as unidades estão, em sua maioria, em países desenvolvidos em as instalações conectadas à rede de distribuição, e não em comunidades isoladas de países em desenvolvimento.

Uma forma de aumentar a utilização de energias renováveis é a criação de programas, por parte dos governos, que incentivem e criem condições especiais para o desenvolvimento destas tecnologias. Um exemplo é o PROINFA. Instituído pela Lei 10.438, de 26 de abril de

2002 e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, prevê a instalação de 3.300 MW a partir de energias renováveis (biomassa, PCH e eólica) em sua primeira fase, que se encerra em 30 de dezembro de 2006. Na segunda fase do Programa o objetivo é atingir 10% do consumo anual de energia no país, meta a ser atingida nos próximos 20 anos. Instituído pelo governo brasileiro em 2002 o PROINFA garante a compra da energia produzida e oferece condições especiais de financiamento aos empreendedores.

### **3.3.2. Barreiras existentes à Biomassa**

Existe ainda uma mentalidade de que a energia da biomassa deve ser consumida localmente, devido aos custos agregados e às dificuldades de transporte. É neste ponto que deve-se lembrar da biomassa moderna, tanto na forma de biocombustíveis como eletricidade.

Os biocombustíveis enfrentam barreiras comerciais nos mercados internacionais, principalmente nos países da Comunidade Europeia e Estados Unidos.

Isso porque os custos de produção nestas nações é muito elevado, se comparado aos países em desenvolvimento, como no Brasil, por exemplo. A agricultura nos países europeus e também nos Estados Unidos é fortemente subsidiada, e a entrada de produtos estrangeiros mais baratos é muito prejudicial à economia destes países.

Assim, as importações de etanol são sujeitas a taxações específicas em diversos países. De acordo com Fulton et al (2004) o imposto de importação de etanol na União Europeia é de US\$ 0,10/litro, no Canadá US\$ 0,23/litro, na Austrália US\$ 0,23/litro, porém há isenção de taxas no Japão.

Na União Europeia é dado tratamento especial à importação de etanol dos países ACP<sup>7</sup> e EBA<sup>8</sup>, os quais são isentos de impostos. A produção interna é subsidiada pela redução de impostos como mostra a Tabela 3.2 abaixo:

---

<sup>7</sup> O Grupo de países ACP é composto por 77 países da África, Caribe e Pacífico, formado por ex-colônias dos países membros da União Europeia. Os países da ACP recebem da União Europeia tratamento preferencial e outras formas de assistência, conforme estipulado pelos Acordos de Lomé e de Cotonou.

<sup>8</sup> O EBA – “Everything but Arms” (“Tudo exceto armas”) foi um plano de ação adotado pela União Europeia em 2000 para proporcionar aos países pobres livre acesso ao mercado europeu relativo a todos os bens e serviços, com a exceção de armas. O plano permite livre acesso ao mercado europeu para 48 países de menor desenvolvimento relativo, dos quais 39 são do Grupo ACP.

**Tabela: 3.2 - Isenção tributária à produtores de etanol em países europeus**

País	Isenção tributária
Alemanha	€ 0,65/litro
Reino Unido	£ 0,2/litro
França	€ 0,38/litro
Suécia	€ 0,525/litro

Fonte: Nastari (2004) *apud* Coelho (2005a)

A Diretiva Européia 2003/30/CE aponta para o uso 20% de combustíveis alternativos (biocombustíveis, gás natural, hidrogênio e outros) para fins automotivos até 2020. As metas indicativas nacionais apontam para assegurar que 5,75% do consumo de combustíveis (em base energética) em 2010 seja suprido por biocombustíveis. A mesma Diretiva aponta que caso 10% da área agricultável atual fosse dedicada às culturas energéticas, 8% do consumo de gasolina e diesel poderia ser substituída por biocombustíveis, ao invés dos atuais 0,5%. Porém a Comissão Européia reconhece que o aumento da área destinada à culturas energéticas é limitado devido à restrições orçamentárias de subsídios à agricultura e ao acordo firmado com os Estados Unidos<sup>9</sup>, que prevê a limitação de subsídios à soja, girassol e *colza*. Como forma de incentivar o uso de combustíveis alternativos a Diretiva 2003/96/CE prevê a redução de impostos aplicados aos combustíveis fósseis, proporcionalmente à percentagem da mistura combustível fóssil /biocombustível (Fulton et al, 2004).

Nos Estados Unidos, como forma de incentivo à utilização de etanol (nacional ou importado) misturado à gasolina é fornecido um crédito fiscal de US\$ 0,51/litro, concedido como restituição do imposto de renda à refinarias e distribuidoras. Como forma de anular o benefício ao etanol importado, o imposto de importação de etanol é de US\$ 0,54/galão (cerca de US\$ 0,14/litro – semelhante ao custo de produção do etanol no Brasil). Porém os países caribenhos da CBTPA<sup>10</sup> são isentos de impostos, e podem exportar um volume de etanol a partir de matéria-prima “não-doméstica” equivalente a 7% do consumo interno norte-

<sup>9</sup> O “Blair House Agreement” limita as plantações da UE de oleaginosas para alimentação em 4,9 milhões de hectares e plantações para fins não-alimentícios em 1 milhão de toneladas por ano.

<sup>10</sup> O conjunto de programas de preferências comerciais dos Estados Unidos que beneficiam os países do Caribe, é conhecido como Iniciativa para a Bacia do Caribe (ICT), e foi concebido originalmente como forma de incentivar o desenvolvimento econômico e promover as exportações nos países caribenhos oferecendo tratamento preferencial no mercado norte-americano. É constituído por 24 países do Caribe e América Central, mais a Guiana. Lançado originalmente em 1983, através da Lei de Recuperação Econômica da Bacia do Caribe (CBERA – Caribbean Basin Economic Recovery Act) em 2000 foi expandida pela Lei de Parceria para o Comércio EUA-Bacia do Caribe (US – Caribbean Basin Trade Partnership Act – CBTPA), cuja vigência expira em 30 de setembro de 2008.

americano. Como resultado deste apoio, a produção interna de etanol passou de 175 milhões de galões em 1980 para 3,4 bilhões de galões em 2004.

Ainda assim, o Brasil continua sendo o maior exportador de etanol para os Estados Unidos (cerca de 90 milhões de galões em 2004), seguido por Jamaica, Costa Rica e El Salvador. Grande parte do etanol vendido pelos países da CBTPA aos Estados Unidos, é etanol anidro, importado do Brasil e desidratado no Caribe, visto que estes países ainda não atingiram custos de produção competitivos. Há um projeto de lei tramitando no Senado norte-americano que visa limitar as importações de etanol de países caribenhos em 90 milhões de galões por ano, reduzindo assim espaço para a venda do produto brasileiro via países CBTPA (MRE, 2005).

## 4. ESTUDO DE CASO: BRASIL

### 4.1. A biomassa na Matriz Energética Nacional

Este quarto capítulo irá discutir a participação da biomassa na matriz energética e apresentar as dificuldades encontradas para as estatísticas brasileiras de energias renováveis, além de apresentar o papel da bioenergia no cenário energético nacional, sua importância e perspectivas.

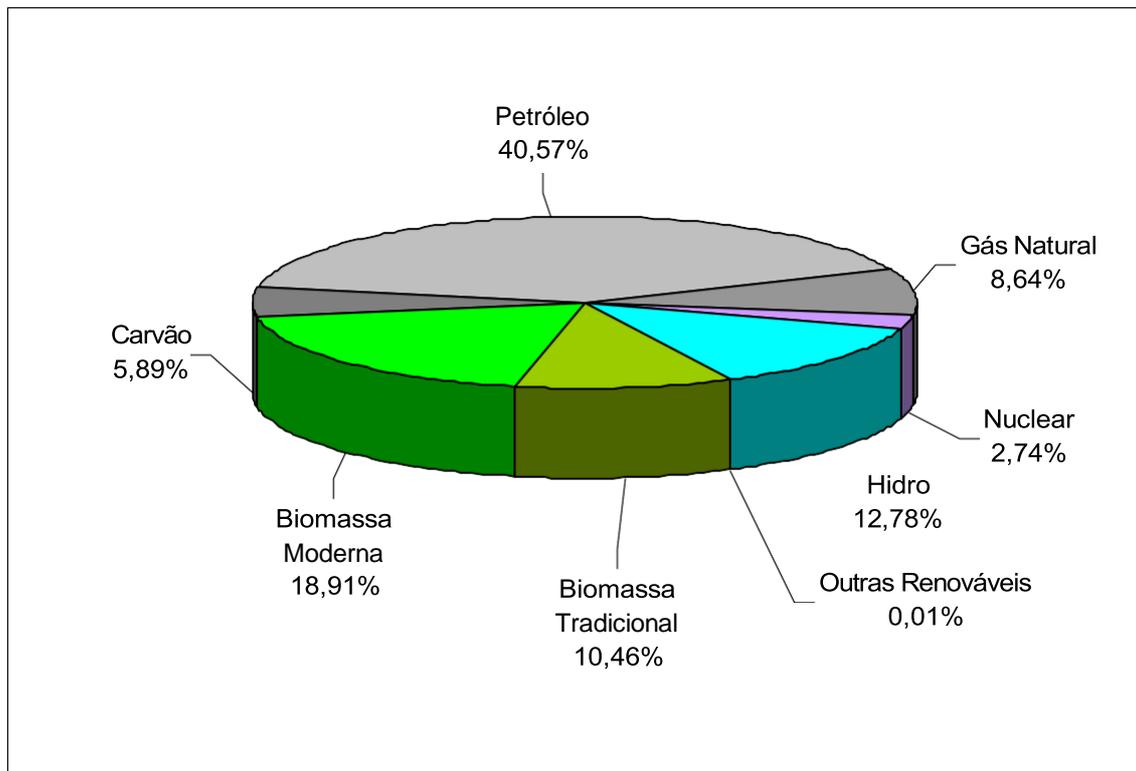
Como mostra a Figura 17 abaixo, a matriz energética brasileira é bastante diversificada quanto aos combustíveis utilizados. Existe uma grande dependência de combustíveis fósseis, responsáveis principalmente pelo suprimento do setor de transportes<sup>11</sup>. A geração de eletricidade é baseada na hidroeletricidade, com algumas usinas a óleo diesel, carvão e urânio.

A biomassa responde por 29,4% da energia primária produzida no país, esse número é composto pelo etanol combustível<sup>12</sup> e pela geração de energia a partir de bagaço de cana-de-açúcar, dendrocombustíveis e biogás.

---

<sup>11</sup> O consumo no setor de transportes é composto por 87,30% de combustíveis fósseis (gasolina, gás natural, óleo diesel, óleo combustível e querosene), 12,5% de etanol e uma pequena fração de eletricidade (MME, 2005).

<sup>12</sup> O etanol anidro é utilizado na proporção de 25% em todos os veículos leves movidos a gasolina e o etanol hidratado é o combustível pela frota dedicada (cerca de 2,5 milhões de automóveis) e pelos veículos bicombustível.



**Figura 17 Oferta de Energia Primária no Brasil, 2004**

Fonte: MME (2005)

#### 4.1.1. Metodologia do Balanço Energético Nacional

O Balanço Energético Nacional é elaborado a partir de dados informados pelas concessionárias de energia, empresas fornecedoras de combustíveis, associações setoriais e etc. Assim, a oferta de determinado combustível é dada pelo somatório das demandas identificadas (demanda para uso final e demanda nos centros de transformação).

Existe, entretanto um energético específico o qual não é possível obter estatísticas precisas de setores e empresas. Este é o caso da lenha utilizada no setor residencial, a chamada lenha catada, que por ser combustível coletado nas redondezas das residências rurais não dispõe de estatísticas e dados confiáveis.

A metodologia utilizada pelo Ministério de Minas e Energia para estimar o consumo de dendrocombustíveis é baseada em coeficientes e consumos unitários levantados no início da década dos anos 70. Apesar dos esforços para melhorar a qualidade dos dados, não têm sido realizados trabalhos de campo (NOGUEIRA, 2005) e os valores para a demanda são baseados em inferências de dados relativos à estimativa do número de fogões e o consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP) (PATUSCO, 2002). Estas estimativas, entretanto não

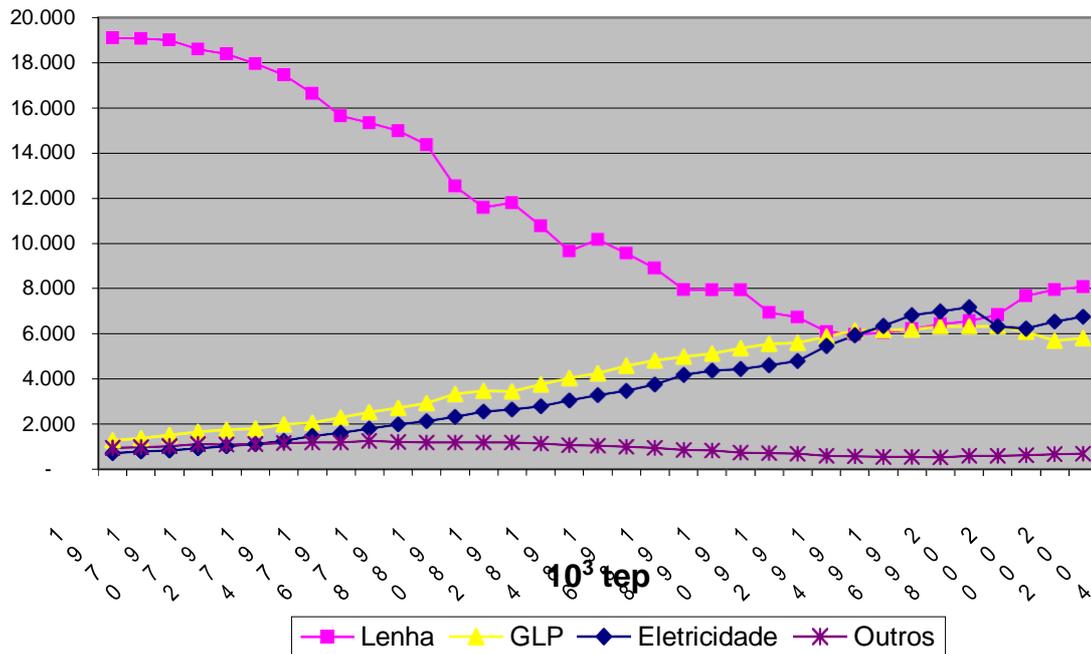
consideram a mudança do estilo de vida da população, o êxodo rural e o desenvolvimento tecnológico dos eletrodomésticos. Foi realizado recentemente na Colômbia um estudo que reviu o consumo residencial de lenha e constatou que os valores estavam superestimados em cerca de 100% (NOGUEIRA, 2005).

O consumo de lenha no Brasil começou a decrescer com a inserção do GLP na matriz energética nacional. O uso de GLP no setor residencial teve início em 1937 e sua logística de importação, produção e distribuição foi sendo estruturada, ao longo dos anos (LUCON et al, 2004).

No princípio o GLP era importado dos Estados Unidos, da Europa e da Argentina, e começou a ser produzido no país em 1955, dois anos após a criação da Petrobrás. Atualmente 18% do consumo brasileiro é suprido por combustível importado (MME, 2005).

Devido a um grande programa governamental que contou com subsídios e foi capaz de criar uma rede nacional de distribuição, o GLP está presente em mais de 42 milhões de residências (98% do total), sendo utilizado por 150 milhões de pessoas, e gerando 350 mil empregos diretos em 15 mil empresas (refinarias, distribuidoras, pontos de venda e transportadoras) (COTTA, 2003 *apud* LUCON et al., 2004).

Como pode ser observado na Figura 18, dados a partir da década de 70 apontam uma forte substituição da lenha no setor residencial pelo GLP e a eletricidade. O GLP é utilizado preferencialmente para a cocção e a eletricidade para aquecimento de água nos chuveiros elétricos. Mais recentemente, a partir de meados da década de 90, com a descoberta de jazidas e a construção do gasoduto Brasil-Bolívia, o gás natural começou a ser introduzido no mercado residencial, como concorrente direto do GLP, entretanto ainda responde por menos de 1% do consumo no setor.



**Figura 18 Consumo final no setor residencial**

Fonte: MME (2005)

A utilização do GLP como combustível em substituição à lenha, reduziu a pressão sobre as reservas florestais. Estudos indicam que o consumo de lenha catada não é um fator relevante para o desmatamento nacional, porém passa a ser um problema ambiental importante em ecossistemas mais sensíveis, como é o caso dos remanescentes florestais próximos aos grandes centros urbanos e do cerrado (LUCON et al, 2004).

No balanço energético brasileiro não é feita distinção entre as fontes renováveis tradicionais e modernas. Assim toda a energia produzida a partir da lenha é considerada renovável, porém observa-se que muitas vezes esse combustível é obtido e utilizado de maneira não-sustentável, por meio de desflorestamento e tecnologias pouco eficientes.

Outra aplicação dada à lenha é a produção de carvão vegetal. Segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores de Carvão Vegetal (ABRACAVE) em 2000, 28% do carvão vegetal foi fabricado a partir de madeira nativa e 72% produzidos com madeira de florestas plantadas.

## **4.2. Biomassa moderna no Brasil**

Serão aqui apresentados e discutidos alguns exemplos de biomassa moderna e seus respectivos potenciais, como o caso do álcool combustível e suas perspectivas.

No Brasil a biomassa moderna é utilizada em diversos setores da economia, no setor industrial temos o setor de papel e celulose que utiliza resíduos de madeira e lixívia como combustível em processos de gaseificação (VELÁZQUEZ, 2000), os sistemas de cogeração com bagaço de cana no setor de açúcar e álcool (COELHO, 1999; WALTER, 1994) e também no setor de bebidas, principalmente nas indústrias que processam sucos de frutas. Há também as serrarias que utilizam resíduos de madeira na produção de calor para o processo e eletricidade (VARKULYA JR, 2004). Outro exemplo de biomassa moderna muito difundida no Brasil é o etanol combustível utilizado em todos os veículos leves, seja puro ou misturado à gasolina.

Existem, porém potenciais a serem desenvolvidos, seja através da melhoria dos processos atuais ou pelo desenvolvimento de novos usos, como é o caso do biodiesel que começa a ser ponderado como fonte de energia.

### **4.2.1. Biocombustíveis Líquidos**

#### **4.2.1.1. Etanol**

O etanol é utilizado como combustível no Brasil desde meados da década de 70, quando foi instituído pelo Governo Federal, por meio da Lei nº 76.593, o Programa Nacional do Álcool – Proalcool.

Desde então o investimento em pesquisa e desenvolvimento tem elevado continuamente as produtividades agrícola e industrial.

Devido ao melhoramento genético e ao crescimento na variedade de espécies de cana-de-açúcar a produtividade agrícola média no Brasil, que era de 65t/ha em 1998 (MOREIRA; GOLDEMBERG, 1999), atingiu valores de cerca 100 t/ha em 2003; a quantidade de açúcar na cana aumentou de 9,5% em 1977 para 14% em 2003 (PROCANA, 2005).

O desenvolvimento de tecnologias e a melhoria dos processos, gerenciamento e controle da fabricação de açúcar e álcool elevaram os rendimentos de extração do açúcar da

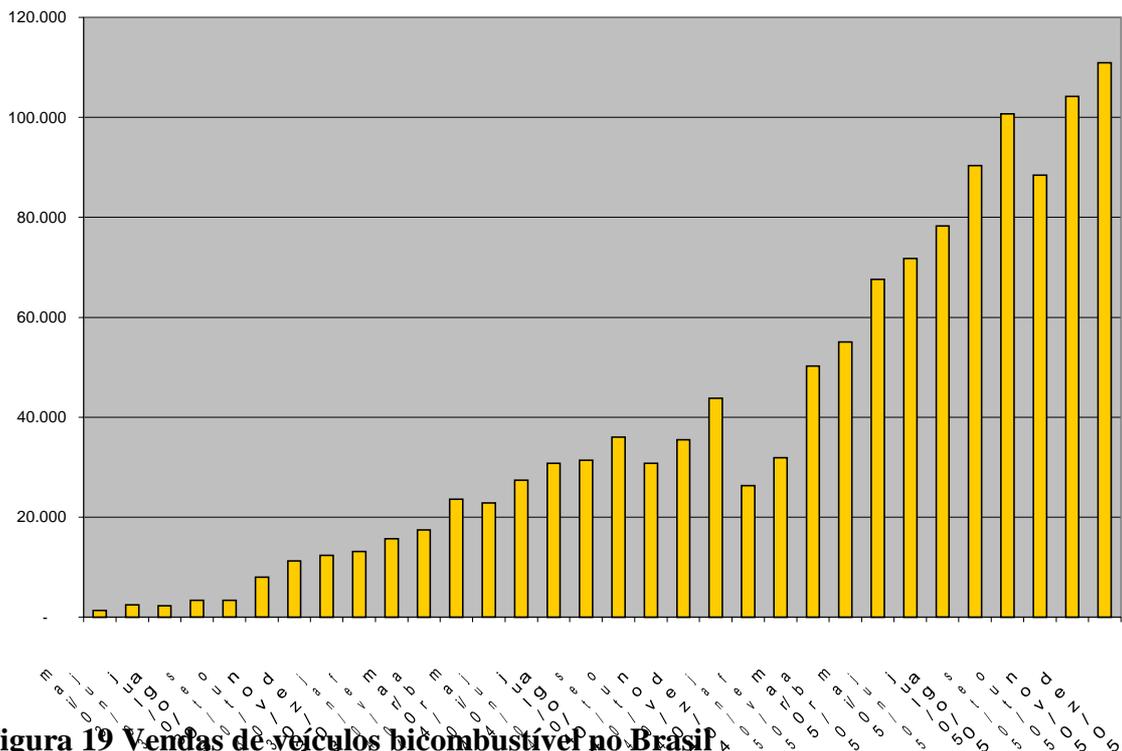
cana de 88% em 1977 para 95 – 98% em 2003 e ganhos de 17% no rendimento da fermentação, chegando algumas destilarias a rendimentos de fermentação de 92% (PROCANA, 2005).

Em toda gasolina utilizada como combustível no Brasil é adicionado um percentual de etanol que pode variar de 20% a 26%  $\pm$  1%. Atualmente este percentual é determinado pelo Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), criado pelo Decreto 3.546, de 17 julho de 2000, é formado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Ministério da Fazenda, Ministério do Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio e o Ministério de Minas e Energia.

A participação nas vendas de veículos leves movidos a etanol chegou a 96% do mercado em 1985, porém no final desta década, devido aos preços mais atraentes do açúcar no mercado internacional, a produção de álcool etílico foi reduzida drasticamente, e o país passou por uma séria crise de abastecimento. A partir deste momento os produtores de álcool ficaram desacreditados frente aos consumidores, e a venda destes veículos foi praticamente extinta, chegando ao valor mínimo de 0,07% em 1997. De acordo com dados da DATAGRO, em 2001, a frota estimada de veículos movidos exclusivamente à álcool era de cerca de 2,5 milhões de unidades (BAJAY; FERREIRA, 2005).

Porém, em março de 2003, a indústria automobilística começou a produzir os veículos chamados bicombustíveis, capazes de funcionar utilizando tanto gasolina como etanol, ou qualquer mistura destes combustíveis.

Devido à disparada dos preços do petróleo no mercado internacional com conseqüente aumento dos preços da gasolina ao consumidor e aos menores preços do etanol, a venda dos veículos bicombustível tem aumentado significativamente, sendo que ao final de 2005 as vendas deste tipo de veículo ultrapassaram as vendas de veículos a gasolina, representando 52% dos veículos novos vendidos, e a frota circulante atingiu 1,25 milhão de unidades (ANFAVEA, 2005).



**Figura 19** Vendas de veículos bicompostíveis no Brasil

Fonte: ANFAVEA (2003, 2004, 2005)

Está sendo desenvolvida a tecnologia de produção de etanol a partir do bagaço e palha de cana. A hidrólise do material ligno-celulósico ainda é uma tecnologia em desenvolvimento, com experimentos sendo realizados em projetos-piloto. Um destes projetos-piloto, chamado DHR, está sendo desenvolvido em parceria pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a Dedini Indústrias de Base, como auxílio da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

O projeto consiste num tratamento físico-químico do bagaço de cana de modo que um de seus principais componentes, a lignina - polímero estrutural da célula vegetal altamente resistente aos ataques mecânico e/ou químico inerentes ao processamento de álcool - é dissolvida. Dessa forma, os outros dois componentes do bagaço, a celulose e a hemicelulose, ficam liberados para um ataque ácido que os transforma em glicose, galactose, manose e xilose, substâncias de onde se origina o álcool etílico (etanol), empregado como combustível. Com a dissolução da lignina, esse ataque se torna muito mais rápido: reações que levariam horas para acontecer se dão em poucos minutos.

Além disso, o aproveitamento do bagaço é mais efetivo do que nos processos tradicionais, nos quais apenas a glicose é utilizada para a produção do etanol. A galactose e a manose já não são tão empregadas porque produzem etanol com menor rendimento. E a xilose porque necessita de um fermento especial para produzi-lo.

Para a realização da hidrólise, o bagaço é colocado num reator, onde é adicionado um solvente capaz de dissolver a lignina (normalmente, álcool misturado com água; mas outros solventes, tais como a acetona ou o dioxano, também podem ser usados). A combinação da temperatura, com ácidos e o solvente é o que possibilita a realização da hidrólise.

Ao final do processo, por meio de um sistema de evaporação, o solvente é extraído e encaminhado para reuso. O bagaço desaparece e o que sobra é uma mistura de água com açúcares, ácido e lignina, transformada numa massa pastosa e escura que será aproveitada como combustível. A solução aquosa contendo os açúcares é recuperada e enviada para um sistema de fermentação e destilação onde será produzido o etanol.

A unidade semi-industrial, do projeto DHR, com capacidade para produzir 5 mil litros de etanol ao dia, foi construída em 2004 na Usina São Luiz, no município de Pirassununga, São Paulo e em funcionamento há duas safras. A intenção desta unidade é obter experiência para produzir uma planta com capacidade de produção de 50 a 60 mil litros diários de álcool (BRITO, 2006).

#### 4.2.1.2. Óleos Vegetais

O Brasil possui uma grande quantidade de plantas oleaginosas, cujos frutos produzem óleos que podem ser utilizados na alimentação, nas indústrias químicas e cosméticas e também para a geração de energia.

As oleaginosas de maior destaque são o dendê, a mamona e a soja. A tabela abaixo apresenta as características das principais espécies produzidas no Brasil:

**Tabela 4.1 - Características de algumas oleaginosas:**

Espécie	Conteúdo de óleo (%)	Rendimento em óleo (t/ha)	Colheita (meses / ano)
Dendê	26	3,0 – 6,0	12
Babaçu	66	0,4 – 0,8	12
Girassol	38 – 48	0,5 – 1,5	03
Mamona	43 – 45	0,5 – 1,0	03
Amendoim	40 -50	0,6 – 0,8	03
Soja	17	0,2 – 0,6	03

Fonte: NOGUEIRA, MACEDO (2005)

Os óleos vegetais podem ser utilizados em motores, para geração de energia, em sua forma original (puros ou “*in natura*” ou modificados (biodiesel).

Para a utilização do óleo vegetal puro são necessários motores específicos para este fim (motores Elsbett) ou algumas adaptações nos motores convencionais, principalmente em função da maior viscosidade dos óleos vegetais em relação ao óleo diesel.

A aplicação de óleos vegetais para geração de energia é de particular importância nas comunidades isoladas da região Norte do país. Nestas localidades a energia costuma ser gerada em motores diesel antigos e ineficientes, que apresentam constantes falhas e interrupções no fornecimento de energia (CENBIO, 2005a). Outro aspecto relevante é a necessidade de transportar o combustível até essas localidades, sendo que o custo de transporte eleva o preço do diesel em até duas vezes e meia (CENBIO, 2005b).

A utilização de um combustível produzidos localmente para geração de energia, tem implicações positivas para as comunidades principalmente, nas áreas de educação, saúde e lazer, tais como: possibilidade de lecionar aulas no período noturno; armazenamento de remédios, vacinas e alimentos; desenvolvimento de atividades recreativas. Entretanto a produção de energia deve estar associada a alguma atividade produtiva, agregando valor às atividades já desenvolvidas pela comunidades (i.e.: venda de peixe congelado ao invés de peixe fresco; venda de polpa de frutas locais congeladas), e garantindo a oferta de combustível, criando assim um círculo virtuoso.

#### **4.2.1.3. Biodiesel**

O biodiesel é um combustível que pode ser fabricado a partir de uma série de matérias-primas (óleos vegetais diversos, gordura animal, óleo de fritura) através dos processos de transesterificação e craqueamento. O processo que tem apresentado resultados técnico-econômicos mais satisfatórios é a transesterificação, no qual ocorre uma reação entre o óleo vegetal e um álcool (metílico ou etílico), na presença de um catalisador, e cujos produtos são um éster de ácido graxo (biodiesel) e glicerina.

A utilização do biodiesel é bastante difundida, principalmente na Europa Ocidental, cuja produção anual em 2003 atingiu 2,5 -2,7 milhões de toneladas, a Alemanha é o maior produtor mundial, respondendo por 42% da produção de 2002 (FULTON et al, 2004). Nestes

países o biodiesel é produzido a partir da reação de transesterificação entre o óleo de canola e o metanol (derivado do gás natural ou petróleo) (NOGUEIRA; MACEDO, 2005).

No caso brasileiro deverão ser utilizados óleos vegetais de diversas oleaginosas, conforme as espécies produzidas em cada região, por exemplo, óleo de palma na região Norte, óleo de mamona na região Nordeste, óleo de soja na região Centro-Oeste. O álcool utilizado na reação será o etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar. O biodiesel produzido será um combustível totalmente renovável.

Em 02 de julho de 2003, a Presidência da República instituiu por meio de Decreto um Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade da utilização energética do biodiesel. A partir do relatório elaborado por este Grupo o Governo Federal estabeleceu o Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), cujos objetivos são a implantação sustentável do programa do biodiesel, promovendo a inclusão social, garantia de preços competitivos, suprimento e qualidade e produção de biodiesel a partir de diferentes oleaginosas em todo o território nacional.

Em 13 de janeiro de 2005 foi publicada a Lei 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, estabelece a obrigatoriedade da adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Esse percentual obrigatório será de 5% a partir de janeiro de 2013 (oito anos após a publicação desta Lei), havendo um percentual obrigatório intermediário de 2% três anos após a publicação da mesma.

O Decreto nº. 5.298, de 6 de dezembro de 2004, autoriza, a partir da data de sua publicação, a adição de até 2% de biodiesel ao diesel vendido no Brasil. A mistura já pode ser encontrada em alguns postos de combustível nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal.

Como forma de garantir a participação de pequenos produtores rurais, e assim promover a inclusão social, o Governo Federal criou uma série de incentivos aos produtores de biodiesel:

- Selo Combustível Social: concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios descritos na Instrução Normativa I e que confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), conforme estabelecido no Decreto nº 5.297, de 06 de dezembro de 2004. O enquadramento social de projetos ou empresas produtoras de

biodiesel permite acesso a melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras, além dar direito de concorrência em leilões de compra de biodiesel.

- Desoneração tributária<sup>13</sup>: a alíquota máxima de PIS/PASEP e COFINS incidentes sobre a receita bruta obtida pelo produtor ou importador, na venda de biodiesel, fica reduzida para R\$ 217,96 por m<sup>3</sup>, equivalente a carga tributária federal para o diesel de petróleo. Entretanto foram estabelecidos três níveis de desoneração tributária para redução da alíquota máxima, de acordo com os critérios dispostos na Lei nº. 11.116, de 18 de maio de 2005.

- biodiesel fabricado a partir de mamona ou a palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pela agricultura familiar: a desoneração de PIS/PASEP e COFINS é total, ou seja, a alíquota efetiva é nula;
- biodiesel fabricado a partir de qualquer matéria-prima que seja produzida pela agricultura familiar, independentemente da região: a alíquota efetiva é R\$70,02 / m<sup>3</sup> (67,9% de redução em relação à alíquota geral);
- biodiesel fabricado a partir de mamona ou a palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pelo agro-negócio: a alíquota efetiva é R\$ 151,50 / m<sup>3</sup> (30,5% de redução em relação à alíquota geral).

#### ○ **Programas de Financiamento:**

- O Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), objetiva o financiamento em todas as fases da produção de biodiesel (fase agrícola, produção de óleo bruto, produção de biodiesel, armazenamento, logística e equipamentos para a produção de biodiesel), sendo que, em relação às fases agrícola e de produção de óleo bruto, podem ser apoiados projetos desvinculados da produção imediata de biodiesel, desde que seja formalmente demonstrada a destinação futura do produto agrícola ou do óleo bruto para a produção de biodiesel. As condições de financiamento são:

---

<sup>13</sup> Conforme a Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005. o Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, alterado pelo Decreto nº 5.457, de 6 de junho de 2005.

- Projetos que apresentem o Selo Combustível Social: até 90% dos itens passíveis de apoio, e taxas de juros para micro, pequenas e médias empresas de TJLP<sup>14</sup> + 1% a.a e para grandes empresas de TJLP + 2% a.a.
  - Projetos que não apresentem o Selo Combustível Social: até 80% dos itens passíveis de apoio, e taxas de juros para micro, pequenas e médias empresas de TJLP + 2% a.a., e para grandes empresas de TJLP + 3% a.a.
- Linha de Financiamento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar: a produção de matéria-prima para o biodiesel pela agricultura familiar conta com linhas de financiamento do Pronaf de R\$ 100 milhões, com possibilidade de o valor ser aumentado. As taxas de juros do Pronaf variam de 1% a 4%.
  - BB BIODIESEL - Programa Banco do Brasil de Apoio a Produção e Uso de Biodiesel: visa apoiar a produção, a comercialização e o uso do biodiesel como fonte de energia renovável e atividade geradora de emprego e renda. A assistência ao setor produtivo será feita por meio da disponibilização de linhas de financiamento de custeio, investimento e comercialização, colaborando para a expansão do processamento de biodiesel no país, a partir do incentivo à produção de matéria-prima, à instalação de plantas agroindustriais e à comercialização.

O Programa beneficiará os diversos componentes da cadeia produtiva do biodiesel de forma sistêmica: a) Na produção agrícola, com linhas de crédito de custeio, investimento e comercialização, disponíveis para financiamento ao produtor rural familiar e empresarial. b) Na industrialização: BNDES Biodiesel, Pronaf Agroindústria, Prodecoop, Crédito Agroindustrial (aquisição de matéria-prima), além das linhas disponíveis para o setor industrial.

O principal critério a ser considerado pelo Banco na concessão do crédito, além das exigências específicas de cada linha, é a garantia de comercialização tanto da produção agrícola quanto do biodiesel. Inicialmente serão priorizadas as culturas de dendê, mamona, soja, algodão, girassol e nabo forrageiro, observando-se o zoneamento agrícola e a aptidão regional.

---

<sup>14</sup> Taxa de Juros de Longo Prazo, instituída pela Medida Provisória nº 684, de 31.10.94, sendo definida como o custo básico dos financiamentos concedidos pelo BNDES. Foi convertida na lei nº 10.183 de 12.02.2001. A TJLP tem período de vigência de um trimestre-calendário e é calculada utilizando como parâmetros: a meta de inflação calculada pro rata para os doze meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas pelo Conselho Monetário Nacional; e prêmio de risco. A TJLP é fixada pelo Conselho Monetário Nacional.

No dia 23 de novembro de 2005, a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) realizou o primeiro leilão para compra e venda de biodiesel, no qual foram comercializados 70 milhões de litros deste combustível. Foram autorizadas a participar do leilão empresas que possuem o “Selo Combustível Social”, autorização da ANP para produção de biodiesel e em situação regular junto à Receita Federal. A realização deste leilão teve como principal objetivo garantir um mercado aos produtores de combustível e agricultores rurais. Segundo estimativa da Agência, até dezembro de 2007 devem ser adquiridos 800 milhões de litros de combustível.

Apesar de todos os esforços empenhados e da autorização para utilização de B2, testes de desempenho em campo e qualidade do combustível ainda estão sendo realizados no âmbito da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Através desta Rede foram selecionados 116 projetos que investigam as diversas etapas de produção e uso do biodiesel (agrícola, industrial, uso final, aspectos ambientais) em todos os Estados do País. A Universidade de São Paulo, através do Instituto de Eletrotécnica e Energia, em conjunto com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) teve aprovados 4 projetos: Análise do Ciclo de Vida do Biodiesel, Avaliação das Externalidades Associadas ao Biodiesel, Interpretação das Avaliações de Impacto Ambiental e Externalidades e Acompanhamento de Teste de Campo com Misturas de Biodiesel.

Estes projetos serão de suma importância para a determinação de parâmetros de qualidade do biodiesel e desempenho satisfatório em situações reais, conferindo assim credibilidade ao Programa. A má execução de qualquer uma das etapas do processo pode colocar fim à utilização de biodiesel no Brasil.

#### **4.2.2. Biocombustíveis para geração de energia**

A bioeletricidade tem papel importante na geração de eletricidade, principalmente no setor industrial.

No setor sucroalcooleiro o bagaço de cana é utilizado com combustível no processo de cogeração, fornecendo todo o calor necessário para o processo produtivo e a eletricidade utilizada no complexo industrial, em alguns casos ainda há venda de excedente de eletricidade para a rede de distribuição.

O setor de papel e celulose utiliza resíduos de madeira e lixívia para a produção de eletricidade. Existem as indústrias de papel, de celulose e as unidades integradas, sendo estas última, em geral, auto-suficientes.

O carvão vegetal é utilizado principalmente no setor siderúrgico, para a produção de ferro-gusa e aço. Aproximadamente 28% do ferro gusa e das ligas produzidas no Brasil utilizam carvão vegetal como combustível (NOGUEIRA; LORA, 2003).

O biogás pode ser produzido a partir da digestão aeróbia de resíduos animais, agroindustriais, resíduos sólidos domésticos e também efluentes líquidos. O potencial para utilização de biogás é enorme e muitos projetos começam a ser desenvolvidos.

#### **4.2.2.1. Resíduos agrícolas**

Os resíduos agrícolas são importantes fontes de energia, e servem de combustível para geração descentralizada de calor e trabalho. As fontes com participação mais significativa são o bagaço de cana-de-açúcar e as cascas de arroz.

##### **o Bagaço de cana-de-açúcar**

O bagaço de cana-de-açúcar é a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica, mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool.

Após a colheita, a cana-de-açúcar é encaminhada à usina, lavada para retirar terra, pedras, areia e outros materiais indesejados, e segue para o processo de preparo no qual passa por um desfibrador cuja finalidade é aumentar a densidade e a abertura das células do colmo de cana, otimizando a quantidade de caldo que pode ser extraído. Depois do preparo a cana é enviada ao conjunto de moedas onde é retirado o caldo no qual o açúcar encontra-se dissolvido. Os produtos desse processo físico são o caldo, cujo rendimento de extração varia de 92% a 97%, e o bagaço com teor de umidade final de aproximadamente 50% (base úmida). Após a extração do caldo, o bagaço de cana é constituído de 46% de fibra, 50% de umidade e 4% de sólidos dissolvidos. São obtidos de 240 kg a 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída (MACEDO; CORTEZ, 2005). O teor energético de bagaço é de 30% a 40% da energia total da planta (BRAUNBECK; CORTEZ, 2005).

O bagaço é então encaminhado à caldeira, o vapor de alta/média pressão é utilizado para acionar as turbinas a vapor, que por sua vez produzem energia mecânica para o acionamento das moendas, desfibradores, turbo-bombas e geradores elétricos. O vapor de baixa pressão é utilizado como fonte de energia térmica, nos processos produtivos do açúcar e também do álcool.

Durante muitos anos, desde o início do Proálcool, o bagaço de cana era tido com um sub-produto indesejado. Produzido em grandes quantidades e de difícil armazenagem, a queima do bagaço nas caldeiras foi adotada não apenas como uma solução energética. Neste período as caldeiras das usinas eram reguladas de forma a queimar a maior quantidade de bagaço possível, nesta época a grande abundância de energia hidrelétrica levava à uma legislação que praticamente impedia a venda de excedentes de energia para a rede (MACEDO, 2005).

Essa realidade começou a mudar no ano de 2001, quando o Brasil foi afetado por uma grave crise de abastecimento de energia. Nesse momento, em que os preços da eletricidade atingiram valores nunca vistos, alguns produtores do setor sucroalcooleiro que já produziam excedente de eletricidade, perceberam o nicho de mercado existente.

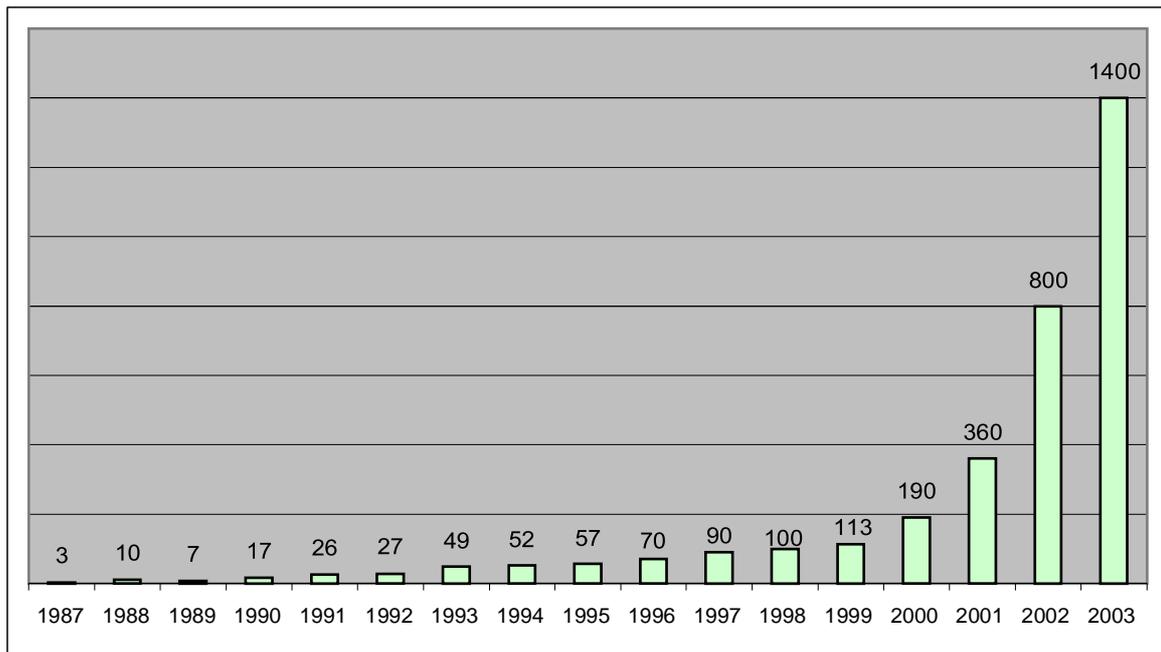
Desde então, muitas usinas estão trocando seus equipamentos obsoletos por outros mais eficientes (caldeiras de 60 bar a 80 bar e turbinas de contra-pressão), com o intuito de produzir excedente de eletricidade a ser comercializado.

De acordo com dados da União da Agroindústria Canavieira (UNICA, 2005<sup>15</sup>) atualmente a potência instalada para geração a partir de bagaço de cana é de 3.500 MW, dos quais 700 MW estão sendo vendidos para as concessionárias de energia. A previsão do setor é de que na safra 2009/2010 sejam produzidos 560 milhões de toneladas de cana, um crescimento de cerca de 45%, e que a potência instalada no setor aumentaria em 4.000 MW.

A Figura 20, abaixo, mostra a evolução da venda de excedentes de eletricidade do setor sucroalcooleiro na área de concessão da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), onde estão localizadas aproximadamente 80% das usinas de açúcar e álcool do Estado, cuja produção corresponde a 60% da cana-de-açúcar do país. Em 2003 foram vendidos 1400 GWh, o que representa 6,1% do mercado da CPFL.

---

<sup>15</sup> UNICA, 2005 – apresentação Eduardo Carvalho em 15/06/2005, Ribeirão Preto.



**Figura 20 Evolução da Exportação de Energia Elétrica do Setor na Área da CPFL**

Fonte: Xavier, B. (2004). “Histórico da co-geração com biomassa na CPFL” *apud* LAMÔNICA, 2005

O PROINFA também foi um fator importante neste momento, porém os preços oferecidos à energia de biomassa produzida a partir do bagaço de cana não foram interessantes para grande parte dos empresários, que preferiram procurar o mercado atacadista. Assim, o setor que possui um grande potencial de geração de energia, utiliza tecnologias comercialmente disponível e tecnologicamente dominada, foi aquele que apresentou o menor número de projetos. De acordo com informações da Eletrobrás, foram contratados 685 MW em projetos de biomassa (incluindo biogás, casca de arroz, madeira e bagaço de cana).

Entretanto, ainda existe espaço para o aprimoramento tecnológico de muitas usinas. Um assunto que há bastante tempo é apontado como de grande importância para o setor, principalmente por cientistas e acadêmicos (COELHO, 1992, 1999; WALTER, 1994 entre outros), e que vem agora ganhando força, principalmente em razão do interesse das usinas pelo mercado de energia, e também devido à questões ambientais, é o uso da palha da cana.

A queima da palha de cana é uma técnica utilizada na maioria dos países produtores de cana-de-açúcar, como forma de facilitar a colheita. O Decreto Federal 2.661 de 09 de julho de 1998 prevê a eliminação gradual da queima da palha da cana, em áreas mecanizáveis, até 2018. No Estado de São Paulo, foi estabelecida legislação<sup>16</sup> que determina a eliminação

<sup>16</sup> Lei Estadual 11.241 / 2002, regulamentada pelo Decreto 47.700 / 2003.

gradativa da queima de cana, sendo que a eliminação nas áreas mecanizáveis deve ocorrer até 2021 e em áreas não mecanizáveis<sup>17</sup> até o ano de 2031 (HASSUANI; LEAL; MACEDO, 2005). A cana não queimada já atinge 24% da produção em São Paulo (MACEDO, 2005).

A palha da cana representa de 25% a 30% da energia total contida na planta, ou o equivalente a cerca de 10t/ha.ano de matéria seca (BRAUNBECK; CORTEZ, 2005). Entretanto a colheita da cana crua causa uma série de implicações, cujos efeitos e possíveis soluções estão sendo estudadas. Um problema é a compactação do solo pelas máquinas, e seu empobrecimento pela retirada do material orgânico.

Um dos primeiros estudos nesta área foi realizado no âmbito do projeto “BRA/96/G31 – Geração de Energia a partir de Biomassa – Bagaço e Palha de Cana-de-açúcar”, desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em parceria com a Swedish National Energy Administration e a Comissão Européia, financiado pelo Global Environment Facility (GEF) e implementado pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

Como resultado dos estudos realizados, concluiu-se que a retirada da palha de cana do campo tem impactos tanto positivos quanto negativos, conforme relacionado abaixo:

- Impactos positivos: proteção do solo contra erosão causada pela chuva e o vento; redução da amplitude da variação térmica do solo devido a proteção à incidência direta de raios solares; incentivo ao aumento da atividade biológica; aumento das taxas de infiltração de água no solo; redução da evaporação de água do solo e controle de ervas daninhas, resultando em menor uso de herbicidas, ou até mesmo a eliminação de seu uso, implicando em redução de custos, de risco de contaminação humana e do meio ambiente.
- Impactos negativos: riscos de incêndio após a colheita, dificuldade para execução de algumas operações agrícolas (cultivo mecânico, fertilização de socas e controle seletivo de ervas daninhas entre a palha); retardamento ou falha na brotação (redução da produtividade devido à temperatura e umidade do solo) e aumento das populações de pragas (cigarrinha) que se abrigam e reproduzem sob a palha (MANECHINI; RICCI JR; DONZELLI, 2005).

Segundo MACEDO (2005), foram feitas estimativas quanto ao aumento dos excedentes de eletricidade para diversos níveis de tecnologias, convencionais ou em

---

<sup>17</sup> Áreas não mecanizáveis são aquelas com declives superiores a 12% e área inferior a 150 hectares.

desenvolvimento. Os resultados mostram que a operação com sistemas convencionais de alta pressão, utilizando 40% da palha recuperada, se implantada em 80% dos sistemas, com a produção atual de cana, poderia gerar cerca de 30 TWh de excedentes. A tecnologia mais promissora, que conduziria a um aumento considerável da produção de energia elétrica é a gaseificação de biomassa integrada à turbina a gás (BIG/GT). Ainda não existem processos comerciais. A gaseificação de biomassa no setor sucroalcooleiro tem sido intensivamente estudada (WALTER, 1994; COELHO, 1992 e outros).

○ **Casca de arroz**

O setor arrozeiro brasileiro está concentrado na região Sul do país, onde foram produzidos 7,5 milhões de toneladas (57% da produção nacional), como mostra a Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 - Setor arrozeiro no Brasil, 2004**

	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)
Brasil	3.774.215	3.733.148	13.277.008	3.556
Região Norte	612.598	608.766	1.439.274	2.364
Região Nordeste	785.543	766.743	1.174.559	1.531
Região Sudeste	138.996	137.054	343.178	2.503
Região Sul	1.275.747	1.263.027	7.531.984	5.963
Região Centro-Oeste	961.331	957.558	2.788.013	2.911

Fonte: IBGE (2005)

A casca de arroz representa 20% (em peso) da quantidade total de arroz colhida. O Brasil possui um potencial de geração de energia de 337 MW, concentrados principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso (COELHO et al, 2003).

Ainda segundo o Banco de Informações sobre Geração, da ANEEL, existem no Brasil 2 unidades gerando energia a partir de cascas de arroz, com potência instalada de 6,4 MW, e mais 4 unidades estão aguardando autorização para instalarem mais 25 MW.

#### 4.2.2.2. Dendrocombustíveis

O aproveitamento da madeira como fonte de energia pode ser considerado a forma mais antiga de utilização de biomassa, pois a partir dela é produzida a lenha, ainda hoje empregada para cocção e calefação.

A energia gerada empregando-se a madeira e/ou seus resíduos é denominada dendroenergia, podendo a madeira utilizada como combustível ser proveniente de florestas energéticas ou processos industriais (NOGUEIRA; LORA, 2003).

A exploração de florestas plantadas visa exclusivamente a conversão da madeira em energia. Caso a madeira seja proveniente de florestas nativas deve-se, obrigatoriamente, considerar um sistema de reflorestamento ou manejo, visando garantir a sustentabilidade do processo de exploração florestal (VARKULYA JR, 2004).

Três segmentos industriais que usam madeira podem ser destacados: papel e celulose, serrarias e movelarias, sendo que a madeira utilizada para produção de energia deriva dos próprios processos industriais.

O setor de papel e celulose é dividido em três grupos: indústrias de papel, indústrias de celulose e indústrias integradas (fabricantes de papel e celulose). A geração de eletricidade empregando resíduos de madeira é mais acentuada nas indústrias de celulose e nas integradas, pois nestes grupos ocorre o processamento da madeira, que é a matéria para produção de celulose. Nessa unidades a produção de energia atende de 50% a 80% da demanda interna, já as unidades que fabricam apenas papel geram apenas 10% da energia consumida no processo, comprando o restante das concessionárias (VELÁZQUEZ, 2000). Algumas unidades produtoras vendem excedente para a rede, como é o caso da CENIBRA, que desde 2001 deixou de comprar energia da concessionária e passou a vender cerca de 200 MWh/dia (VELAZQUEZ, 2005).

A madeira aproveitada para a geração de energia deriva das cascas e aparas das árvores processadas. Ainda pode ser considerado, neste segmento, um outro tipo de biomassa denominado *lixívia* ou *licor negro*, obtido através do processo de cozimento da madeira para produção de celulose, denominado processo sulfato ou "*kraft*" (VELÁZQUEZ, 2000).

Analogamente ao setor sucroalcooleiro, o vapor obtido na caldeira, a partir da queima de resíduos de madeira, além de gerar eletricidade capaz de atender parte do consumo da própria indústria, também pode atender às necessidades térmicas da planta industrial.

O Brasil é o maior produtor mundial de celulose de fibra curta tendo aumentado, devido aos investimentos feitos nos últimos dez anos, a produção de 1,4 milhões de toneladas ao ano, para 6 milhões de toneladas em 2005, ultrapassando os Estados Unidos, então líder de produção deste tipo de celulose (BRACELPA, 2005).

Ainda segundo informações da BRACELPA (Associação Nacional dos Fabricantes de Celulose e Papel) o Brasil reciclou, no último ano, 3,4 milhões de toneladas de papel, o que equivale a 45,8% do consumo aparente de papel, tornando-se o oitavo maior reciclador de papel do mundo.

Nas serrarias e movelarias, apesar do possível aproveitamento de resíduos de madeira, constituídos por serragem e lenha, ainda não é efetiva a produção de energia elétrica. Neste segmento, o principal problema se refere à exploração predatória da floresta que, além de gerar problemas de ordem legal, também impede que sejam realizados levantamentos precisos da quantidade de resíduos obtidos e que poderiam ser usados para geração de energia.

O aproveitamento mais comum dos resíduos gerados neste segmento industrial, consiste em transformar a lenha em carvão vegetal, que pode ser consumido em indústrias siderúrgicas, ou mesmo no setor residencial.

#### **4.2.2.3. Carvão Vegetal**

O carvão vegetal é a transformação de biomassa como por exemplo a lenha, em fornos ou reatores pelo processo de pirólise ou carbonização. O carvão vegetal quando produzido de forma sustentável, a partir de lenha de reflorestamento ou resíduos agro-industriais é um combustível renovável.

No Brasil este combustível já é produzido há cerca de 400 anos, sua produção só atingiu a maturidade na década de 60. A produção de carvão vegetal atingiu seu ápice em 1989, quando foram produzidos 44,8 milhões de metros cúbicos, após essa data a produção vem apresentando quedas constantes, com uma produção de 25,4 milhões de metros cúbicos em 2000.

O carvão vegetal é mais calórico do que a lenha e, quando queimado, libera menos fumaça. As tecnologias de carbonização sofreram muitos avanços. O processo de produção do carvão vegetal ocorre em altas temperaturas, na faixa de 450 a 600°C na ausência de oxigênio. Nestas condições, a biomassa, em vez de entrar em combustão, sofre carbonização pela

eliminação da fumaça, que nada mais é do que materiais voláteis e água eliminados na forma de vapores e gases.

No início, o carvão vegetal era produzido apenas em um amontoado de lenha coberto com terra no qual se ateava fogo e, após o resfriamento, coletava-se a massa negra remanescente para o uso na cocção, calefação e iluminação doméstica. Atualmente, usam-se fornos de alvenaria com concepção mais moderna, capazes de aumentar o rendimento em carvão e produzir mais carvão vegetal com uma mesma massa de lenha enfiada. Os fornos têm diversos formatos. Os mais rudimentares são em forma de cúpula, outros são cilíndricos com o teto em cúpula e existem ainda os grandes fornos retangulares de grande capacidade de produção.

Os dois fornos mais comuns no Brasil são o forno rabo-quente, construído de tijolos comuns, geralmente sem chaminé com uma porta e volume efetivo de 4,5 e 250 toneladas de madeira com diâmetro de 3 a 7 metros, e o forno superfície ou colméia, também construído com tijolos comuns, possui de 1 a 6 chaminés, uma ou duas portas e capacidade entre 17,5 e 75 toneladas de madeira. Nesses fornos a carbonização da madeira é simétrica, o custo de construção é baixo e podem ser construídos próximo às florestas, entretanto não é possível controlar a temperatura e a concentração de oxigênio (ROSILLO-CALLE; BEZZON 2005).

Existem também os fornos retangulares, onde caminhões podem entrar para carregar e descarregar madeira e carvão, além de possibilitar maior controle da temperatura, aumentando o rendimento de carvão vegetal e derivados. Estes fornos foram testados por algumas empresas no Brasil (ACESITA e MAFLA) e os resultados apontaram custos de produção entre 7% e 15% menores, e maiores eficiências, nos fornos retangulares devido aos grandes volumes que podem ser produzidos em cada batelada, e qualidade equivalente ou superior. Entretanto a maior parte do carvão vegetal brasileiro ainda é produzido em fornos redondos, principalmente devido aos custos iniciais de produção, pois os baixos custos destes fornos compensam a baixa produtividade. Contudo, existe uma perspectiva favorável de substituição de fornos convencionais por retangulares nas principais empresas fabricantes de carvão vegetal (ROSILLO-CALLE; BEZZON 2005).

#### 4.2.2.4. Biogás

Os processos de fermentação anaeróbia que produzem metano foram, desde sempre, utilizados pelo homem para o tratamento dos esgotos, nos sistemas conhecidos por "fossas sépticas". Estas serviam para tratar os esgotos domésticos de pequenas comunidades, resíduos da indústria agro-alimentar ou agropecuária. Com o passar dos tempos, estes sistemas simplificados de tratamento evoluíram. No final do século passado, os chamados "digestores" começaram a ser utilizados, para efetuar a estabilização das lamas resultantes da sedimentação primária e do tratamento biológico aeróbio dos esgotos.

Os primeiros países a utilizarem o processo de biodigestão intensivamente e com o intuito de produzir energia foram a China e a Índia, nas décadas de 50 e 60. Esses países, e outros do terceiro mundo, desenvolveram seus próprios modelos de biodigestores (NOGUEIRA, 1986).

A utilização energética do biogás produzido em aterros teve início nos Estados Unidos, na década de 70, sendo que a primeira planta operada com sucesso começou a funcionar em 1975, em Los Angeles (COELHO; PALETTA; FREITAS, 2000).

No Brasil, até há pouco tempo, o biogás era simplesmente um sub-produto, obtido a partir da decomposição anaeróbica de lixo urbano, resíduos animais e de lamas provenientes de estações de tratamento de efluentes domésticos. No entanto, o acelerado desenvolvimento econômico dos últimos anos, o aumento do preço dos combustíveis convencionais e as oportunidades criadas pelo Protocolo de Quioto têm encorajado as investigações na produção de energia a partir de novas fontes alternativas e economicamente atrativas.

Atribui-se o nome de biogás à mistura gasosa, combustível, resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica. A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano ( $\text{CH}_4$ ) e por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), estando o seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa, sendo que a presença de substâncias não combustíveis, como água e dióxido de carbono, prejudica o processo de queima, tornando-o menos eficiente, uma vez que presentes na combustão absorvem parte da energia gerada (ALVES, 2000).

O biogás por ser extremamente inflamável, oferece condições para duas situações possíveis de aproveitamento. O primeiro caso consiste na queima direta para produção de calor (cocção, aquecimento ambiental etc). O segundo caso diz respeito à conversão de biogás

em eletricidade. Assim, os sistemas que produzem o biogás, podem tornar a exploração pecuária auto-suficiente em termos energéticos, assim como contribuir para a resolução de problemas de poluição de efluentes.

Depois de passarem no digestor, os resíduos restantes apresentam alta qualidade para uso como fertilizante agrícola.

A demanda por projetos de aproveitamento de biogás está crescendo principalmente devido às oportunidades oferecidas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quito. Nos aterros sanitários, todos os resíduos acumulados ficam expostos ao ar livre, e o gás metano produzido pela decomposição aeróbia destes resíduos é liberado na atmosfera. Assim, a utilização do biogás para geração de eletricidade é uma atividade que pode obter os Certificados de Emissões Reduzidas, os chamados “créditos de carbono”. Infelizmente, alguns projetos submetidos ao conselho responsável pela aprovação dos projetos de MDL (Executive Board) apenas irão queimar o metano em “flare”, substituindo as emissões de metano por dióxido de carbono<sup>1819</sup>.

O primeiro projeto de utilização de biogás de aterro aprovado pelo Comitê Executivo para receber os “créditos de carbono” foi o Aterro Nova Gerar, em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. O projeto utilizará o biogás produzido pelo antigo “lixão” de Marambaia, que foi substituído por um aterro sanitário totalmente controlado, o Aterro de Adrianópolis, e deverá gerar 12 MWe e evitará a emissão de 14 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 21 anos (ECOSECURITIES, 2004).

Um outro problema é a escassez de energia em propriedades rurais, localidades de difícil acesso e comunidades isoladas. A suinocultura, por exemplo, é uma atividade predominante de pequenas propriedades rurais, com importantes conseqüências do ponto de vista social e econômico, como geração de emprego, renda e fixação do homem no campo.

Segundo dados do IBGE<sup>20</sup>, o abate de suínos entre janeiro de 1997 e janeiro de 2005 cresceu cerca de 45%, junto esse aumento da quantidade de suínos produzidos há o crescimento de dejetos e os impactos ambientais associados. Estima-se que um suíno adulto produza cerca de 0,27m<sup>3</sup> de dejetos líquidos por mês.

---

<sup>18</sup> A simples queima do biogás em flare substituindo as emissões de metano por dióxido de carbono são válidas pois o metano possui um potencial de aquecimento global (GWP – global warming potential) 21 vezes maior do que o dióxido de carbono (<http://ghg.unfccc.int/gwp.html>).

<sup>19</sup> Informações de projetos registrados pela UNFCCC obtidas em <http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>, e informações sobre projetos em análise disponíveis no website da validadora internacional DNV em <http://www.dnv.com/certification/climatechange/Projects/ProjectList.asp>.

<sup>20</sup> IBGE - Pesquisa Trimestral de Abate de Animais - Resultados Mensais, disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=20&i=P>

Assim, usar esses rejeitos para produzir a própria energia é de grande valia e pode ajudar na redução da poluição ambiental, a manutenção do homem no campo, e melhorias na sua qualidade de vida.

### **4.3. Aspectos ambientais – Sustentabilidade**

Um sistema sustentável de produção e do uso da biomassa depende dos cuidados adotados em todas as etapas do processo, desde o campo até a atividade fim. A sustentabilidade pode ser definida como a “possibilidade dos sistemas energéticos se manterem saudáveis, estáveis e produtivos” (NOGUEIRA, 2005). Ou ainda, como proposto pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2003) pode-se distinguir a renovabilidade (atributo da fonte energética) e a sustentabilidade (atributo do uso dos vetores energéticos).

#### **4.3.1. Biocombustíveis Líquidos**

##### **4.3.1.1. Etanol**

Um combustível, para que seja considerado renovável e sustentável, deve ter seu processo de fabricação controlado desde o campo até a obtenção do produto final.

Na parte agrícola do processo, a área a ser plantada deve ter autorização do órgão ambiental. É proibida a remoção de matas ciliares em uma extensão de 30m a partir da margem (para cursos d'água com até 10 metros de largura) e também é exigido que 20% da área seja preservada (Reserva Legal) com vegetação nativa.<sup>21</sup> A área de Reserva Legal deve formar os chamados corredores ecológicos, cuja localização estratégica deve receber aval do órgão licenciador. A manutenção de ilhas de biodiversidade leva à erosão genética, formando os chamados mongolóides por consanguinidade<sup>22</sup>.

No Estado de São Paulo, a expansão da cultura da cana tem se dado sobre áreas degradadas, pastagens e outras culturas, como a laranja. Nestes casos há, em geral, melhora da qualidade solo.

---

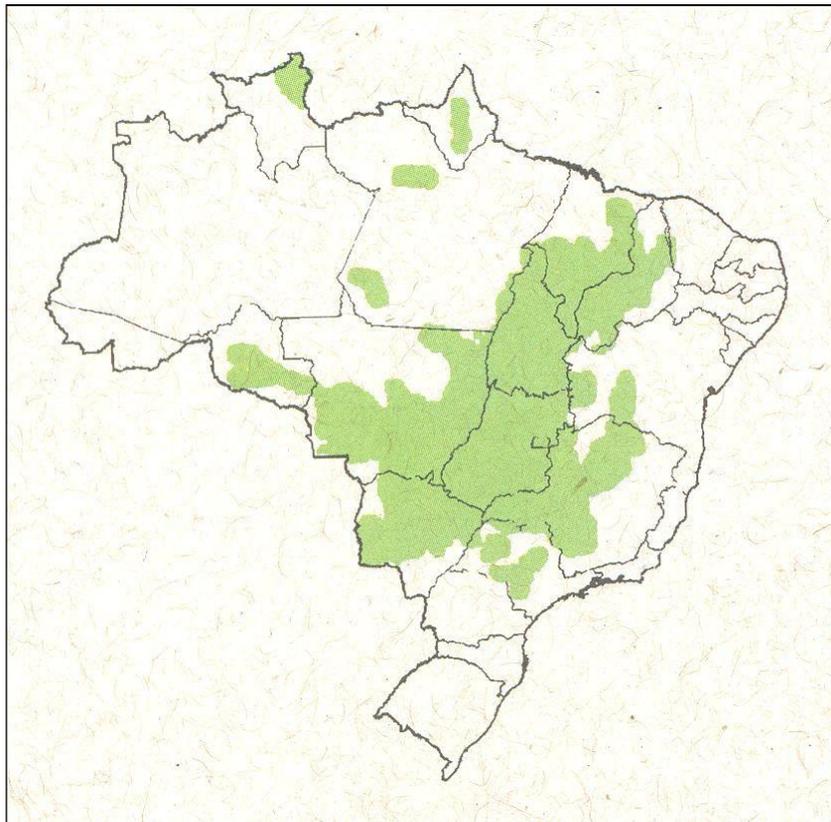
<sup>21</sup> Código Florestal Artigo 2º. Lei 4771/65, alterada pela Lei 7803/89 e Medida Provisória 2166/67.

<sup>22</sup> Comunicação pessoal DEPRN, Luiz Antonio de Queiroz (sma.antonioq@cetesb.sp.gov.br)

A colheita, quando realizada com queima prévia da palha, precisa de autorização do DEPRN (Departamento Estadual de Preservação dos Recursos Naturais), onde é especificada a área, a data e horário em que a queima pode ser realizada. O fiscal ambiental ao verificar a queimada de cana leva consigo um aparelho de localização via satélite (GPS) e verifica se aquela área possui autorização previamente concedida. A queima da palha da cana está sendo banida, e substituída pela colheita mecânica.

A previsão do setor sucroalcooleiro é que a expansão da cultura de cana se dará nas áreas degradadas da região do cerrado (Figura 21) onde havia anteriormente outras culturas ou pastagens (MACEDO, 2005).

O cerrado é um ecossistema de grande importância que abriga a segunda maior biodiversidade da América do Sul, originalmente ocupava 2 milhões de km<sup>2</sup>, porém restam apenas 20% de sua área preservadas, tendo sido o ecossistema brasileiro que mais sofreu intervenções antropogênicas. É hoje pressionado como a nova fronteira agrícola do país.



**Figura 21** Áreas de cerrado

Fonte: MACEDO (2005)

A utilização de água nas usinas é bastante baixa, como a cana não é irrigada, o consumo se restringe ao processo industrial, que funciona em ciclo fechado. Oitenta e sete por cento do uso da água acontece em quatro processos: lavagem da cana, condensadores/multijatos na evaporação e vácuos, resfriamento de dornas e condensadores de álcool.

Os níveis de captação e lançamento de água têm sido reduzidos nos últimos anos; de cerca de 5m<sup>3</sup>/t cana captados em 1997, atingiu-se 1,82 m<sup>3</sup>/t cana em 2004. O nível de re-utilização é alto, cerca de 21 m<sup>3</sup>/t cana em 1997, e a eficiência de tratamento do efluente antes do lançamento era de aproximadamente 98,4%. Acredita-se ser viável atingir níveis de captação próximos de 1m<sup>3</sup>/t cana e lançamento nulo, otimizando-se a re-utilização e aplicando a água residual em fertirrigação (ELIA NETO, 2005).

#### **4.3.1.2. Biodiesel**

Os óleos vegetais que estão sendo utilizados para a produção de biodiesel no Brasil são essencialmente, soja, dendê e mamona.

A soja é uma cultura intensiva, e que tem sido apontada como responsável pela expansão do desmatamento na floresta amazônica.

Em relação à mamona, o impacto negativo identificado diz respeito à torta de, formada após o processo de extração do óleo. Esta torta é tóxica aos seres humanos e animais, principalmente pela presença de ricina; o processo de purificação é muito caro e na maioria das vezes os produtores preferem utilizá-la como fertilizante nas lavouras (ABOISSA, 2005).

A utilização do biodiesel, em substituição ao diesel, promove a redução da maioria das emissões causadas por este combustível fóssil. A exceção se dá nos óxidos de nitrogênio, poluente de particular importância por ser um dos precursores do ozônio troposférico. Outra característica importante é a ausência de enxofre no biodiesel, colaborando para a redução das emissões de SO<sub>x</sub> causadas pelo diesel, em particular o diesel brasileiro, cujo teor de enxofre é bastante elevado (NOGUEIRA; MACEDO, 2005).

Entretanto estudos de emissões para as condições brasileiras, realizados com biodiesel produzido a partir de matérias-primas nacionais ainda estão sendo realizados.

## **4.3.2. Biocombustíveis para geração de energia**

### **4.3.2.1. Resíduos agrícolas**

Como qualquer atividade potencial produtora de impacto ambiental, todo o processo industrial de fabricação de açúcar e álcool deve passar por licenciamento ambiental. A produção de vapor para o processo e eletricidade utiliza o bagaço da cana como combustível, sendo que a exaustão de gases da caldeira também deve seguir padrões de emissões estabelecidos durante o licenciamento.

A palha deixada no campo auxilia no combate a pragas e ajuda a manter um bom nível de nutrientes no solo. A vinhaça, resíduo do processo produtivo, é utilizado como fertilizante, sendo disposto no solo de acordo com valores estabelecidos<sup>23</sup>. Tem sido desenvolvido de maneira bastante eficaz o controle biológico das pragas que atacam a lavoura da cana, e desenvolvimento de variedades resistentes, reduzindo o uso de defensivos químicos e barreiras fitossanitárias.

É usual na região Nordeste, e vem sendo disseminado no Rio de Janeiro, Espírito Santo e oeste de São Paulo a chamada “irrigação de salvação”, em que a cana é irrigada logo após o plantio, visando garantir a brotação em longos períodos sem chuva (SOUZA, 2005).

### **4.3.2.2. Dendrocombustíveis**

De acordo com dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura (2001) as plantações de eucalipto no Brasil ocupavam no ano 2000 cerca de 2,9 milhões de hectares e outros 1,8 milhões eram utilizados por *pinus*, totalizando 4,8 milhões de hectares. O consumo de madeira no Brasil é distribuído como mostrado na tabela abaixo:

---

<sup>23</sup> Decisão de Diretoria nº 35, de 09 de março de 2005

**Tabela 4.3 - Consumo de Madeira Industrial em Toras – Brasil/2000**

Produto	Nativas	Plantadas	Total	
	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	(%)
Celulose e Papel	-	32.000	32.000	19,2
Carvão Vegetal	11.800	33.400	45.200	27,2
Lenha Industrial	16.000	13.000	29.000	17,4
Serrados	34.000	15.100	49.100	29,5
Lâminas e Compensados	2.050	3.960	6.010	3,6
Painéis Reconstituídos*	-	5.000	5.000	3,0
Total	63.850	102.460	166.310	100

Fonte: SBS (2001)

Em relação às florestas plantadas de eucalipto, alguns aspectos são freqüentemente levantados, os mais comuns são: a desertificação do solo, o ressecamento dos mananciais, a perda de biodiversidade e a alelopatia<sup>24</sup> (LIMA, 1987). Diversos estudos têm discutido estas questões.

A questão do alto consumo de água e desertificação do solo tem sido fonte de diversos trabalhos e pesquisas, alguns deles afirmam veementemente que não há variação na quantidade de água no solo (SRIVASTAVA; ASHWANI; PRASAD, 2003), outros tantos (LIMA, 2004; ROCHA, 2001; ROCHA; KURTZ, 2001; CÂMARA; LIMA, 1999) admitem que existe algum impacto sob a quantidade de água no solo, não somente pela transpiração das folhas, mas também pela menor quantidade de chuva que atinge o solo, devido às copas das árvores, mas acrescentam como aspectos positivos a redução da lixiviação do solo, o aumento da quantidade de matéria orgânica no solo, o efeito de isolante térmico, diminuindo a variação de temperatura dos solos e das águas.

Quanto à perda de biodiversidade, o que costuma acontecer no caso de qualquer monocultura, com o passar do tempo algumas espécies se adaptam e passam a povoar a região (LIMA, 1987; POGGIANI, 1989; LIMA, 1996 *apud* SCARPINELLA, 2002).

<sup>24</sup> dano causado em outras plantas devido à liberação de substâncias fenólicas e terpeno.

Em relação à alelopatia, segundo LIMA (1987), em SCARPINELLA (2002), apenas algumas espécies de eucaliptos possuem substâncias alelopáticas que podem ser liberadas por lixiviação, volatilização ou exudação, e afetam espécies de gramíneas e herbáceas. Entretanto, os efeitos da alelopatia também são provocados por outras espécies como a cevada, aveia, trigo e centeio.

No setor de papel e celulose, toda a madeira utilizada é proveniente de florestas plantadas, principalmente de eucalipto (75% da produção de madeira). No ano de 2005 foram utilizados 1,6 milhões de hectares de florestas, sendo que a de área florestas nativas preservadas é de 2,6 milhões de hectares (ALTIERE et al, 1983; JOBIDON et al, 1989a; JOBIDON et al, 1989b *apud* LIMA, 1987).

Em relação à produção de carvão vegetal, um impacto ambiental negativo é o desmatamento de florestas nativas. Entretanto os principais causadores do desmatamento são a expansão da agricultura e pecuária. É comum a indústria de produção de carvão utilizar os resíduos de madeira destes desmatamentos como matéria-prima (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005).

Segundo levantamento de campo realizado por Varkulya Jr. (2004) na região de Ulianópolis (Pará), o carvão vegetal é produzido utilizando biomassa não-sustentável, resíduos de serrarias ou madeira de desflorestamento de matas nativas. Contudo, a produção é comprada por siderúrgicas do Estado do Maranhão, as quais financiam a construção dos fornos de carbonização e também são responsáveis pelo transporte do produto final desde a carvoaria até as siderúrgicas.

Em 1970 cerca de 90% do carvão vegetal era produzido de madeira de florestas nativas, no ano 2000 passou a 28%, sendo os 72% restantes provenientes de florestas plantadas, devido principalmente a criação de legislação ambiental (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005).

**Tabela 4.4 - Produção industrial de carvão vegetal no Brasil**

<b>Ano</b>	<b>Floresta Nativa (a)</b> <b>(%)</b>	<b>Floresta Plantada (b)</b> <b>(%)</b>	<b>Total</b> <b>(mil m<sup>3</sup>)</b>
1987	80,7	19,3	34.349
1988	78,0	22,0	36.610
1989	71,2	28,8	44.803
1990	66,0	34,0	30.978
1991	57,7	42,3	31.700
1992	61,1	38,9	29.177
1993	56,5	43,5	31.700
1994	46,0	54,0	33.000
1995	48,00	52,0	31.084
1996	30,0	70,0	26.000
1998	32,5	67,4	26.000
1999	30,0	70,0	26.900
2000	28,3	71,6	25.400

Fonte: ABRACAVE (várias balanços anuais) *apud* Rosillo-Calle; Bezzon (2005)

(a) carvão vegetal produzido a partir de florestas nativas, inclusive resíduos florestais;

(b) carvão vegetal produzido a partir de florestas plantadas, principalmente eucalipto.

Um impacto negativo verificado é a emissão de poluentes atmosféricos, que poderia ser amenizada, ou até mesmo evitada, utilizando-se tecnologias de conversão mais eficientes e equipamentos de controle (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005). Esse problema foi constatado por Varkulya Jr. (2004) e aponta as emissões atmosféricas liberadas pelos fornos durante o processo de conversão da lenha como um problema enfrentado na comunidade, que levou a prefeitura a proibir a operação de carvoarias próximo a área urbana.

Porém, quando a produção é feita de forma sustentável, utilizando áreas degradadas e tecnologias mais eficientes, os impactos são positivos. A utilização industrial do carvão vegetal reduz as emissões de enxofre e óxidos de enxofre, e balanço de carbono se torna nulo devido à redução do efeito estufa. Por exemplo, na produção de 1 tonelada de ferro-gusa com coque seriam emitidas 1.746 kg CO<sub>2</sub>, quando utiliza-se carvão vegetal são absorvidos 890 kg de CO<sub>2</sub> (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005).

Analisando as condições e características dos sistemas energéticos nacionais apresentados acima, nota-se que a uma legislação ambiental adequada, desde que seja cumprida, é instrumento suficiente para a promoção e garantia da produção e uso sustentáveis da biomassa.

O exemplo brasileiro, com as devidas adaptações, pode ser adotado por países que estejam iniciando a produção e uso da biomassa moderna como combustível, seja para uso local ou exportação.

## 5. ESTUDOS DE CASO: REGIÕES EM DESENVOLVIMENTO

O número de países que estão adotando programas governamentais para o uso de biocombustíveis tem aumentado gradativamente, em todas as regiões.

A necessidade de reduzir as emissões de gases poluentes (principalmente gases de efeito estufa nos países Anexo I), as preocupações com o meio ambiente e a busca por fontes alternativas de energia (não-fósseis) são os principais fatores que contribuem para esta mudança de paradigma nos países desenvolvidos.

Principalmente nos países em desenvolvimento, a geração de empregos na zona rural, a redução na dependência externa de petróleo e derivados, além da necessidade de buscar um desenvolvimento sustentável apontam os biocombustíveis como a grande vertente nas energias renováveis. Além disso, a biomassa é a única energia renovável com tecnologias desenvolvidas e ao alcance de todas as nações.

### 5.1. África

Como discutido no capítulo 2, a África é o continente que apresenta a maior dependência de combustíveis fósseis e biomassa tradicional como fontes de energia primária (51% e 42,5%, respectivamente da matriz energética da região).

Entretanto a região possui características positivas para a implementação de um programa de produção de etanol. A produção de cana-de-açúcar e etanol são citados como um vetor para a melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento, através da geração de emprego e renda na zona rural, melhoria da produtividade do setor agrícola, além das implicações diretas na melhoria da qualidade do meio ambiente na África (HODES; UTRIA; WILLIAMS, 2004).

Em estudo conduzido por Hodes, Utria e Williams (2004) são levantadas as principais experiências e perspectivas de curto-prazo para a região da África Sub-Saariana, como apresentado a seguir:

A **África do Sul** é o único produtor de etanol de expressão mundial no continente, porém a maior parte do etanol é produzida a partir do carvão e não de biomassa. Existem duas grandes destilarias de etanol de cana-de-açúcar, que juntas possuem capacidade de produzir 58 milhões de litros de etanol ao ano.

O país começou o processo de eliminação do chumbo na gasolina em 2002 e deve terminá-lo no início de 2006.

A **Etiópia** inaugurou em 2002 sua primeira destilaria, com capacidade de produzir 8 milhões de litros de etanol. A adição de álcool à gasolina sofreu forte resistência dos distribuidores de combustíveis e por esse motivo seu uso foi destinado para o setor doméstico, onde em mistura de 50% com o querosene, é utilizado para cocção.

O **Malawi** conta com o mais antigo programa de adição de etanol à gasolina do continente. Como ferramenta para reduzir as importações de petróleo, o álcool é utilizado em proporções de 15% a 25%. O país produz cana-de-açúcar suficiente para aumentar a produção em 10 milhões de litros de etanol ao ano, atingindo uma capacidade produtiva de 40 milhões de litros por ano, sem necessidade de novos investimentos.

A **Nigéria**, de acordo com um estudo do Banco Mundial<sup>25</sup>, é o país africano com maior potencial de produção de etanol de cana-de-açúcar. Contudo, em 2005 o país firmou um acordo para a importação de 1,5 milhões de litros com a Petrobrás, que forneceria também suporte técnico e comercial para a implementação de um programa de produção e uso de álcool no país. Esse combustível seria utilizado em mistura E10 com a gasolina, a ser iniciado no primeiro trimestre de 2006.

No **Zimbábue** a produção de anual de etanol é de 14 milhões de litros, dos quais 80% são exportados para a Europa, com fins industriais. Durante muito anos toda a gasolina vendida no país era mistura com 13% de álcool, porém devido à problemas financeiros e uma temporária crise de abastecimento a mistura deixou de ser utilizada.

No **Zâmbia** existe apenas uma usina de açúcar, na região de Nakambala, que produz atualmente 40 bilhões de toneladas de melão ao ano, que apesar de servir de matéria-prima para a produção de etanol, está sendo utilizada para alimentação humana e animal.

Em 2001, a construção de um novo pólo sucroalcooleiro na região de Luena, Zâmbia, foi objeto de estudo conduzido pelo Stockholm Environment Institute. O projeto considerou as viabilidades técnica, econômica, ambiental e social de utilizar a produção sucroalcooleira como ferramenta de promoção do desenvolvimento sustentável.

Foram contemplados no projeto os investimentos iniciais de construção da usina propriamente dita, plantação, equipamentos, infra-estrutura (rodovias, residência para funcionários), linhas de transmissão e de distribuição de eletricidade, rede de

---

<sup>25</sup> Philips, 2002 “An Agro-economic Assessment of the Potential to Produce Ethanol and the Millennium Gelfuel in África”, Banco Mundial, Dezembro de 2002.

telecomunicações, rede de serviços públicos (escolas, hospitais, posto de polícia) e capacitação técnica dos funcionários.

Os resultados apontam que a opção mais viável inclui a produção de açúcar, etanol e excedente de eletricidade. Ainda assim verificou-se que seria necessário um subsídio de US\$ 0,05/litro de etanol.

Foi evidenciado no estudo a necessidade de políticas adequadas para investimento, venda do excedente de eletricidade, meio ambiente, porém o mais importante é a criação de um mercado consumidor, o que pode ser feito por meio da adição obrigatório de etanol à gasolina (CORNLAND et al, 2001).

## 5.2. Ásia

O continente asiático é fortemente dependente de combustíveis fósseis (72,6% da matriz energética da região) e apenas no início dos anos 2000 foi notada a importância de diversificação do suprimento de energia, conforme mostram as descrições abaixo apresentadas.

O governo do **Japão** autorizou em 2003 a utilização de 3% de etanol misturado à gasolina (E3), o que representa o consumo de 1,8 bilhões de litros ao ano (12% da produção brasileira), que deverão ser importados. Atualmente o Japão importa 99,5% de todo o petróleo que consome, sendo que 85% é proveniente do Oriente Médio. O governo ainda estabeleceu metas de misturas de E10 até 2008, e a demanda atingiria 6 bilhões de litros ao ano (FULTON et al, 2004).

Além disso as previsões de aumento da demanda e as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto, que requerem a redução das emissões de 74 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> até 2010, além das metas voluntárias de substituição de combustíveis fósseis por energias renováveis. Estão ainda sendo desenvolvidos estudos sobre o uso da mistura de 15% de biodiesel ao diesel (PROCANA, 2005).

Como toda demanda deverá ser suprida a partir de importações, atualmente os produtores norte-americanos, brasileiros e tailandeses são aqueles que possuem maior capacidade de suprir a demanda japonesa.

A **China** possui uma frota de cerca de 14 milhões de veículos, que cresce a taxas de 10% ao ano. O país produziu, em 2004, 3,7 bilhões de litros de etanol, utilizando como

matéria-prima principal o milho, além de cana-de-açúcar, mandioca, trigo e batata (FULTON et al, 2004), tornando-se o terceiro produtor mundial, atrás apenas de Brasil e Estados Unidos.

A utilização etanol como combustível teve início em 2001, e desde o ano de 2002 o país vêm promovendo o uso de misturas gasolina/etanol em projetos piloto de cinco cidades nas regiões central e noroeste do país. O teste foi estendido para outras nove províncias em 2004, e todo os postos de combustível das regiões piloto devem passar a vender apenas a mistura combustível até final de 2005 (LIU, 2005).

A **Índia** possui uma importante indústria sucroalcooleira, com a produção de 1,7 bilhões de litros de etanol (para diversas aplicações) em 2000, produzidos principalmente a partir de cana-de-açúcar. O etanol costumava ser utilizado apenas para fins industriais, farmacêuticos e na indústria de bebidas. A partir de 2002 iniciou-se o uso de etanol como combustível, misturado à gasolina, em projetos pontuais.

Em 2003 foi implementado um programa de incentivo à produção e uso de etanol no setor de transporte. Na primeira fase utilizou-se a mistura E5 em nove estados; a segunda fase, iniciada no final de 2004, estendeu o programa para todo o país.

O governo indiano também está incentivando a produção interna de etanol através do pagamento de uma cota de US\$0,33 por litro de álcool produzido, o que representa um subsídio de US\$ 0,15 por litro.

A produção de biodiesel também está sendo iniciada na Índia. Em fevereiro de 2006 foi anunciado um projeto conjunto a ser financiado pela British Petroleum, no valor de US\$ 9,4 milhões, no qual o Instituto de Energia e Fontes (TERI) irá demonstrar a viabilidade da produção de biodiesel a partir de *Jatropha curcas*, conhecida no Brasil como pinhão-mansão.

O projeto terá a duração de dez anos e neste período serão cultivados 8 mil hectares de áreas degradadas com *Jatropha*. Ainda está prevista a instalação de uma unidade com capacidade de produzir nove milhões litros de biodiesel anualmente. Será realizado o levantamento sócio-ambiental da cadeia produtiva, bem como a análise de ciclo de vida das emissões de gases de efeito estufa.

A **Tailândia** pretende aumentar a produção de etanol, com o intuito de reduzir as importações de combustíveis fósseis. De acordo com o ministro da Energia, as vendas de gasolina aditivada com etanol (E10) chegam a 1,4 milhões de litros ao dia. A expectativa é de que atinjam 4 milhões de litros ao dia até o final de 2005. O país importa 90% do petróleo que consome e gastou o equivalente a US\$ 25 bilhões no ano passado em combustíveis (UNICA, 2005a).

A **Malásia** é o maior produtor de óleo de palma, respondendo por cerca de 50% da produção mundial. O óleo de palma é bastante utilizado na indústria alimentícia, porém já está sendo exportado para a fabricação de biodiesel. Atualmente são produzidos localmente cerca de 6 mil litros de biodiesel por ano (FULTON et al, 2004).

A construção da primeira refinaria estava prevista para ser iniciada em meados de 2005, devendo ficar pronta em três anos. A planta deverá produzir 1,15 milhões de barris ao mês, a serem exportados para a Europa (GREEN CAR CONGRESS, 2005).

### 5.3. América Latina e Caribe

Conforme discutido no capítulo 2, dentre as regiões em desenvolvimento, a região da América Latina é aquela cuja matriz energética apresenta a menor participação da biomassa tradicional (14,8%).

Em estudo conduzido por Nogueira (2004) para a CEPAL é feito um diagnóstico das perspectivas de programas de biocombustíveis para os países da América Central. Um breve resumo dos resultados obtidos para os países mais representativos (Costa Rica, El Salvador, Guatemala e Honduras) é apresentado a seguir:

A **Costa Rica** promoveu entre meados da década de 70 e início dos anos 80, um programa para utilização de etanol em substituição de 20% da gasolina. Similar ao que aconteceu no Brasil no mesmo período, o alto preço do açúcar no mercado internacional reduziu a oferta de etanol no mercado interno. Além disso, problemas na logística de distribuição, falta de incentivo econômico ao uso do gasool e os problemas mecânicos que afetaram os veículos, devido à alta percentagem de etanol e problemas como separação de água da mistura, levaram ao fim do programa, e ao total descrédito do etanol como combustível perante a população.

Entretanto, o Decreto nº 31087 – MAG – MINAE, criou uma comissão técnica para formular estratégias e desenhar um plano para a utilização do etanol como aditivo da gasolina, em substituição ao MTBE. Este decreto ainda determina, a partir de janeiro de 2005, a adição de etanol é obrigatória, em percentual determinado pela Comissão e que deverá ser cumprido pela RECOPE (Refinaria Costarriquenha de Petróleo).

A infra-estrutura existente na Costa Rica permite a produção de 42 milhões de litros de etanol ao ano, e capacidade de moagem de 43 mil toneladas de cana ao dia. As plantações de cana no país ocupam 40.000 de hectares, cerca de 1% do território nacional.

Em **El Salvador** a área plantada de cana-de-açúcar ocupa 60.000 hectares (3% de seu território) e a capacidade moagem é de 46,5 mil toneladas diárias, toda a produção de cana é utilizada para fabricação de açúcar, principalmente para exportação aos Estados Unidos.

Houve no passado uma iniciativa de utilização de etanol misturado à gasolina, porém a falta de planejamento e de informação aos consumidores, apesar dos menores preços da mistura, levaram ao fim do uso do etanol em El Salvador. Em 2002, o país importou 56% de sua demanda de petróleo, contudo não há previsões de políticas que incentivem o uso do etanol.

A **Guatemala**, com 180 mil hectares plantados é o maior produtor de açúcar da região, na safra 01/02 foram colhidos cerca de 17 milhões de toneladas de cana. Com capacidade de processar 15 milhões de toneladas diariamente, produziu-se 1,9 milhões de toneladas de açúcar, dos quais 70% destinados à exportação. As três destilarias instaladas no país são capazes de produzir 370 mil litros de etanol por dia.

Há um projeto de lei que propõe a criação de um programa de biocombustíveis no país. O programa visa a introdução de etanol, em misturas de no mínimo 5%, e a eliminação do MTBE. Não há notícias de ter havido qualquer avanço nesta proposta.

Em **Honduras** existem quatro usinas em operação, que processaram na safra 01/02 pouco mais de 3 milhões de toneladas de cana, produzindo 333 mil toneladas de açúcar.

Em Dezembro de 2005, foi enviado ao Congresso Nacional a “Lei de Oxigenação de Combustíveis” que prevê a adição de 10% de etanol à gasolina. O setor sucroalcooleiro estima investimentos da ordem de US\$ 25 milhões para a fabricação de etanol. Em princípio seriam produzidos 100 mil litros diários, sendo necessária a expansão da área plantada entre 8 e 20 mil hectares, e a geração de eletricidade passaria dos atuais 100 MW para 300 MW (MUÑOS, 2005).

Na **Colômbia**, a Lei Federal 693, de 19 de setembro de 2001, cujo objetivo é melhorar a qualidade do ar pelo uso de oxigenantes na gasolina, também determina que a partir de 27 de setembro de 2005, as gasolinas vendidas em cidades que possuem mais de 500 mil habitantes deveriam conter 10% de etanol. Esta primeira fase abrange cidades como Bogotá, Cali, Medellín e Barranquilla. A partir de 2006, outras cinco cidades e suas regiões metropolitanas passarão a receber o combustível. Como forma de atender a demanda, o governo promulgou em 2002, a Lei 788 que prevê tratamento preferencial aos produtores privados para investir na expansão das unidades produtoras de etanol combustível.

Para atender a demanda criada pelo programa foram construídas 5 destilarias anexas aos engenhos já existentes. Estas unidades produzirão 440 milhões de litros ao ano durante a

primeira etapa, e a expectativa é de que a demanda aumente para 600 milhões de litros ao ano. De acordo com a Assocaña (Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colômbia) existem atualmente no país apenas duas usinas que produzem etanol.

A primeira usina de álcool de cana da Colômbia iniciou as operações em 28 de outubro, com produção estimada em 300 mil litros por dia na província de Cauca, no sudoeste do país. A usina Ingenio del Cauca é a primeira das cinco unidades de etanol que serão instaladas na Colômbia com investimento total de US\$ 100 milhões, devendo entrar em operação nos próximos cinco meses. O governo colombiano pretende, gradualmente, adotar a mistura de 10% de álcool na gasolina e para tanto oferece redução de tarifas para a instalação de usinas (UNICA, 2005b).

Na **Venezuela**, o chamado “Projeto Etanol” visa, até 2012, desenvolver o setor agroindustrial e completar imediatamente o plano de eliminação de chumbo tetra-etila, ainda presente na gasolina comercializada na região oeste do país (PDVSA, 2005).

Durante a primeira fase do projeto estão sendo importados do Brasil, desde julho de 2005, cerca de 25.000m<sup>3</sup> mensais. Na segunda fase do processo projeto está prevista a construção de 14 usinas, utilizando uma área de 300 mil hectares. O etanol produzido será adicionado à gasolina na proporção de 10%, conforme determina em lei (PEREIRA, R. 2005).

Na **Argentina** não é realizada comercialização de biocombustíveis, sendo a produção de biodiesel consumida pelos próprios fabricantes, em tratores e máquinas agrícolas. A capacidade instalada das 5 plantas existentes é de 50 milhões de metros cúbicos ao ano, sendo as principais matérias-primas os de óleos de soja e girassol, e o metanol. Em 2004 um projeto de lei que prevê a adição obrigatória de 5% de biocombustíveis aos combustíveis fósseis (adição de biodiesel ao diesel e etanol à gasolina) foi enviado ao Senado e ao Congresso Nacional, caso seja aprovado deve ser adotado em todo o país no prazo de 4 anos. O projeto prevê uma série de incentivos fiscais e industriais para despertar o interesse de investidores. Se o projeto for aprovado ainda em 2006, a entrada em vigor se dará em 2010, com uma demanda prevista de 700 mil metros cúbicos de biodiesel e 200 mil metros cúbicos de etanol (ASAL e MARCUS, 2005).

#### **5.4. Conclusões preliminares**

Observa-se de forma geral um grande interesse nos países em desenvolvimento de iniciar um programa de biocombustíveis principalmente para consumo próprio.

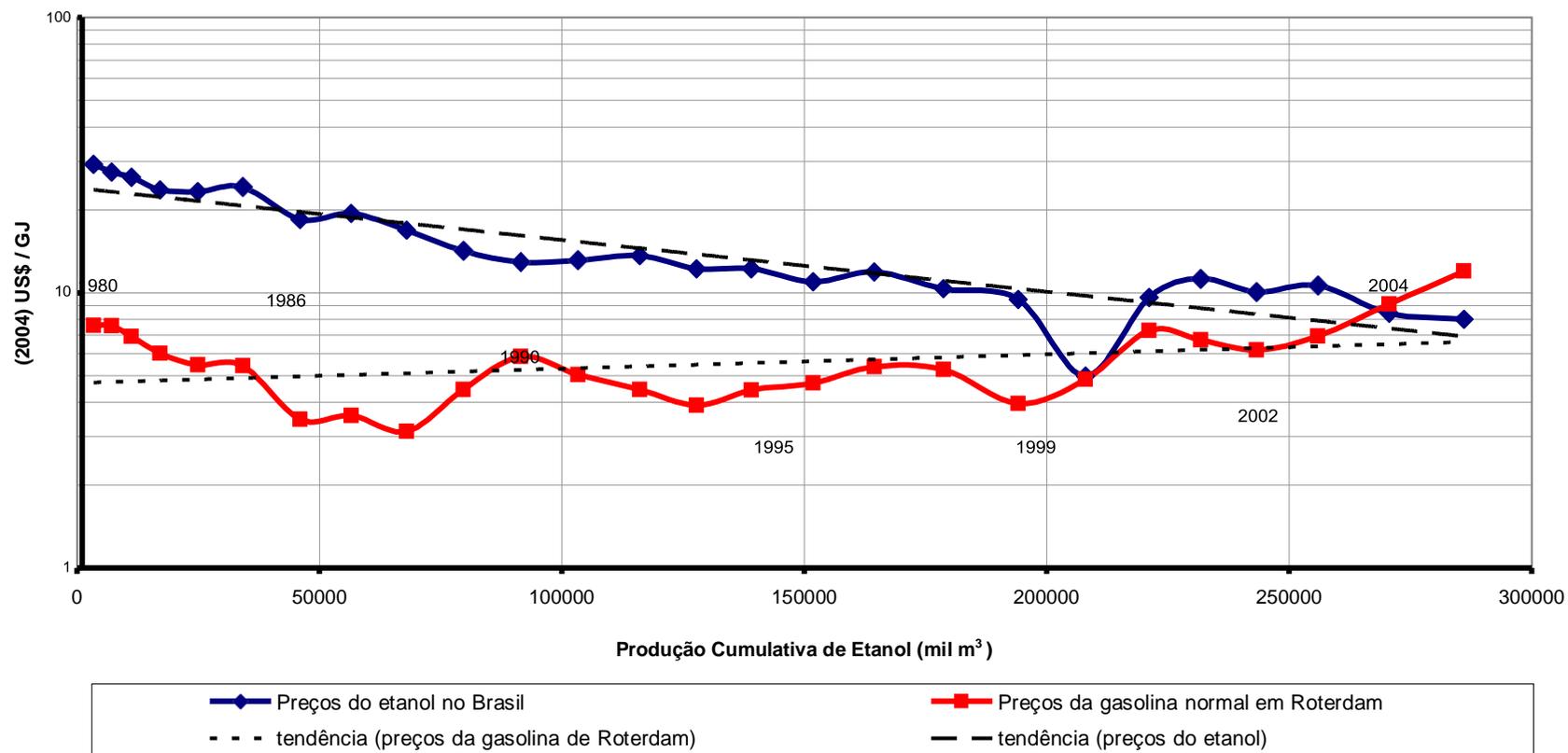
A redução na dependência de petróleo e derivados, a geração de empregos e eventual receita com exportação dos biocombustíveis parecem ser as grandes vantagens vistas pelos governos.

Alguns destes países já introduziram políticas para biocombustíveis, com algum sucesso ou não.

Entretanto, verifica-se que aspectos importantes como a viabilidade econômica da produção de álcool e a questão da infra-estrutura necessária à produção e escoamento / exportação do álcool não foram ainda contemplados neste países.

No próximo capítulo cenários visando a oferta de etanol no mundo, e as medidas / políticas necessárias são discutidas.

A opção por criar cenários apenas sobre o etanol de cana-de-açúcar se deve às experiências já existentes no mundo. Como apresentado ao longo deste capítulo, enquanto o etanol de cana é produzido, principalmente, no Brasil, na Índia e em outros países em desenvolvimento, onde se mostrou um combustível viável e que possui uma curva de aprendizado bem determinada (Figura 22); o biodiesel ainda é produzido principalmente na Europa (95% da produção mundial) (WORLDWATCH INSTITUTE, 2006) a partir de *colza* e girassol. Programas nos países em desenvolvimento começam a ser desenhados, utilizando tecnologias e principalmente matérias-primas regionais, como é o caso da Índia com a *jatropha*, do Brasil, com mamona e o etanol. Não há experiência significativa para o biodiesel nos países em desenvolvimento.



**Figura 22 Curva de aprendizado do etanol de cana-de-açúcar**

Fonte: Goldemberg et al. (2004)

## **6. CENÁRIOS DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO**

Considerando todas as vantagens na produção de biocombustíveis, uma oportunidade para os países em desenvolvimento produtores de cana de açúcar é a produção e exportação de álcool combustível. Visando colaborar para a expansão dos biocombustíveis nestes países, serão apresentados a seguir dois cenários de produção de etanol nas regiões em desenvolvimento.

### **6.1. Definição dos cenários**

Pretende-se neste item elaborar cenários que permitam a previsão de produção de álcool de cana-de-açúcar nos países em desenvolvimento.

#### **6.1.1. Cenário 1:**

O Cenário 1 utilizará dados da FAO referentes à área colhida, produtividade agrícola e produção de cana-de-açúcar.

A partir destes dados será proposto o deslocamento de 10%, 20% e 50% da produção de cana para a produção de etanol.

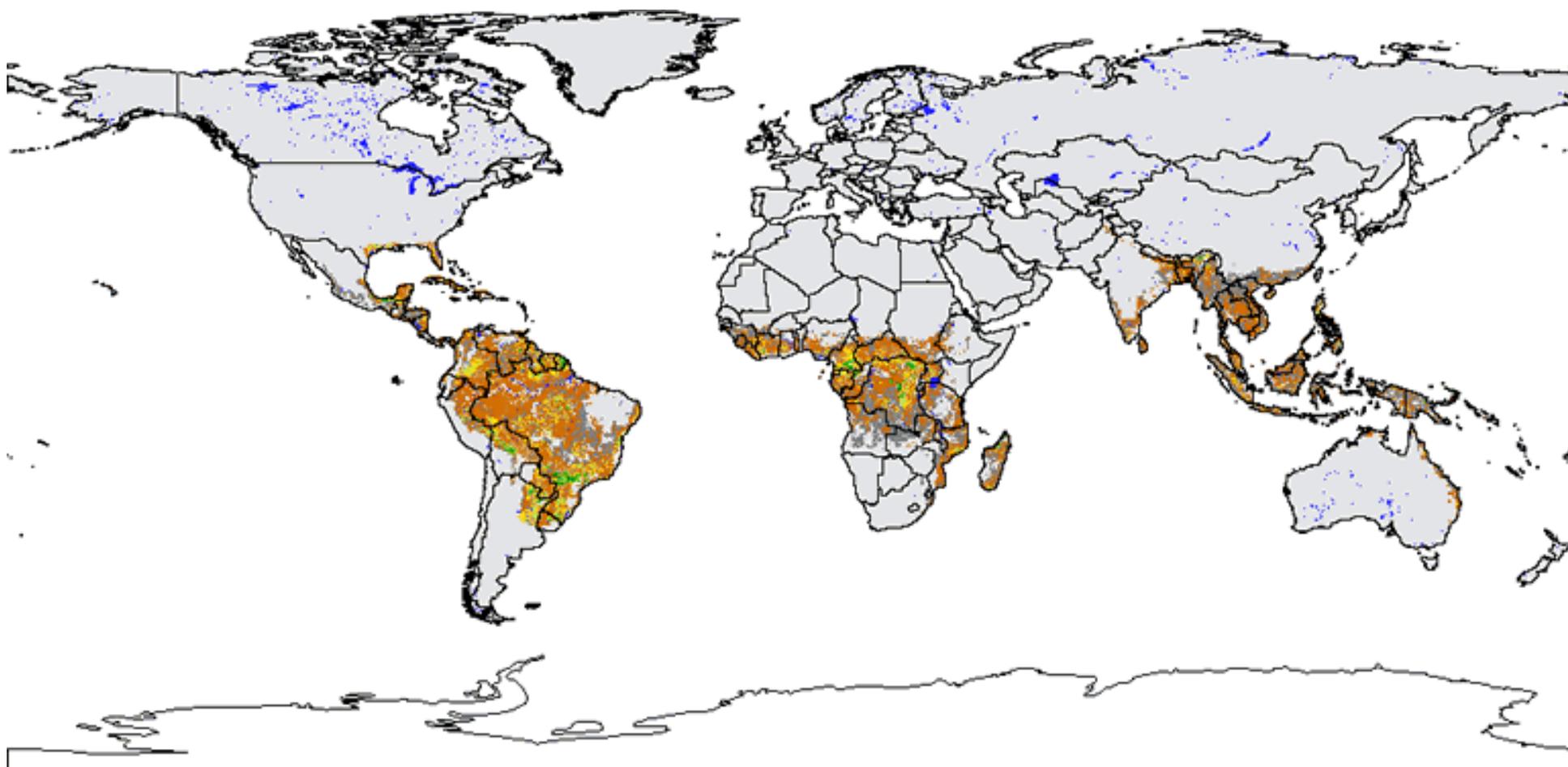
Neste cenário não é prevista a ampliação da área plantada, nem o aumento da eficiência agrícola, ou dos processos produtivos.

#### **6.1.2. Cenário 2:**

O Cenário 2 utilizará os resultados obtidos pelo “Global Agro-Economic Zones (GAEZ)”, estudo realizado pela FAO e pelo IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) que determinou a potencialidade agrícola dos países para 27 culturas (soja, batata, milho, cana-de-açúcar, trigo etc). Este estudo utilizou como base o mapeamento digital do solo mundial (Digital Soil Map of the World – DSMW) (FAO, UNESCO) combinado com dados ambientais, condições climáticas, qualidade dos terrenos e índices agrícolas.

Os resultados do GAEZ para terras agriculturáveis não consideram as áreas cultivadas atualmente, por este motivo serão utilizados os dados referentes à área colhida da FAO (já utilizados no Cenário 1) para obter-se a área disponível em cada país.

As áreas agriculturáveis são classificadas em “apropriadas”, “muito apropriadas”, “moderadamente apropriadas”, “marginalmente apropriadas” e “inapropriadas”. São ainda destacadas áreas necessárias à “infra-estrutura e assentamentos”. As áreas cobertas por florestas são consideradas não-utilizáveis; porém existem cenários específicos para a utilização destas áreas. Os resultados do GAEZ para culturas de cana-de-açúcar são mostrados no mapa da Figura 23, no qual as áreas mais verdes são as mais apropriadas, as áreas em amarelo são medianamente apropriadas e as áreas em cinza são inapropriadas.



**Figura 23** Resultado da aptidão das regiões para a cultura de cana-de-açúcar

Fonte: FAO; IIASA, 2000.

Ao comparar os resultados referentes às áreas para agricultura de cana-de-açúcar com os dados de área colhida da FAO percebeu-se que, em alguns casos, a área plantada atual era mais extensa do que as áreas agriculturáveis potenciais apontadas como “apropriadas” e “muito apropriadas”; também não foi possível identificar em qual tipo de área as plantações atuais se encontram. Assim sendo, neste Cenário 2 optou-se por utilizar a somatória das áreas “apropriadas”, “muito apropriadas” e “moderadamente apropriadas”, aqui chamadas de “áreas aptas”.

Foi, portanto, adotada a hipótese de utilização de 10%, 20% e 50% das “áreas aptas” para plantação de cana-de-açúcar dedicada à produção de álcool. Em seguida são aplicados os dados de produtividade agrícola de cada região (FAO) para obter-se a quantidade de cana-de-açúcar produzida. Utilizando a produtividade média de etanol de 80 l/tc, um valor conservador, próximo à produtividade da região Nordeste no Brasil (MACEDO; LEAL; SILAV, 2003) obtém-se a quantidade de etanol produzida. Os resultados são então agregados por região.

Vale ressaltar que neste cenário também não são considerados ganhos de produtividade agrícola ou industrial, sendo estes fatores que podem ser melhorados em algumas regiões.

Durante a elaboração deste cenário, ao comparar os dados do GAEZ com os dados de produção de cana-de-açúcar da FAO foi possível observar que os resultados do GAEZ indicam valores nulos, ou nem mesmo apresentavam dados para alguns países, embora estes possuam produção de cana.

Dois países de bastante relevância apresentaram dados incoerentes. Um é ilhas Maurício, com área plantada de 72 mil hectares e 4,8 milhões de toneladas de cana produzidos, é o quarto maior produtor da região. O outro país que apresentou dados conflitantes foi a África do Sul. Neste caso, de acordo com os resultados do GAEZ a “área apta” para plantação atinge um total de 124 mil hectares; entretanto segundo as informações da FAO a área colhida em 2002 foi de 321 mil hectares.

Neste dois casos optou-se então por desconsiderar as informações referentes ao GAEZ adotando-se apenas os dados referentes à área colhida atual, ou seja 72 mil hectares nas ilhas Maurício e 321 mil hectares para a África do Sul.

## 6.2. Resultados obtidos

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para o Cenário 1, no qual foram utilizados os dados de área colhida e produção de cana-de-açúcar fornecidos pela FAO, referentes ao ano de 2002. Neste cenário, mais conservador, é proposto o deslocamento de 10%, 20% e 50% da produção atual de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool etílico.

### 6.2.1. Cenário 1:

**Tabela 6.1- Deslocamento da produção atual de cana-de-açúcar para fabricação de etanol**

Região	Área plantada (1000 ha)	Produção de Cana-de-Açúcar (1000 tc)	Deslocamento para Produção de Etanol					
			10% da produção atual de cana		20% da produção atual de cana		50% da produção atual de cana	
			Cana utilizada (1000 tc)	Álcool produzido (m <sup>3</sup> )	Cana utilizada (1000 tc)	Álcool produzido (m <sup>3</sup> )	Cana utilizada (1000 tc)	Álcool produzido (m <sup>3</sup> )
África	1.428	87.159	8.716	697.269	17.432	1.394.537	43.579	3.486.343
Ásia	9.391	594.085	59.408	4.752.678	118.817	9.505.357	297.042	23.763.391
América Latina e Caribe	8.668	581.720	58.172	4.653.759	116.344	9.307.519	290.860	23.268.797
<b>Total</b>	19.487	1.262.963	126.296	10.103.706	252.593	20.207.412	631.482	50.518.530

Fonte: FAOSTAT (2003)

Notas:

- Dados referentes a produção de cana, ano-base 2002
- produtividade do álcool 80 l/tc

**Tabela 6.2 - Potencial de substituição da gasolina – Cenário 1**

	Consumo de gasolina (m <sup>3</sup> )	Volume de etanol necessário para E10 (m <sup>3</sup> )	Volume disponível		
			10% da produção atual de cana (m <sup>3</sup> )	20% da produção atual de cana (m <sup>3</sup> )	50% da produção atual de cana (m <sup>3</sup> )
África	35.325.150	3.532.515	697.269	1.394.537	3.486.343
Ásia	112.208.946	11.220.895	4.752.678	9.505.357	23.763.391
América Latina e Caribe	64.654.531	6.465.453	4.653.759	9.307.519	23.268.797
Mundo	1.171.797.242	117.179.724	10.103.706	20.207.412	50.518.530

Nota: não há dados disponíveis referentes ao consumo de gasolina para 2002, logo optou-se por aplicar a taxa de crescimento observada entre 2000 e 2001, projetando o valor para 2002.

Fonte: IEA (2003)

A partir dos resultados obtidos no Cenário 1, e considerando o consumo regional de gasolina em 2002, é possível verificar que, na África não seria possível realizar a substituição de 10% (em volume) da gasolina por etanol mesmo deslocando 50% da produção atual de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool, o que demonstra a grande dependência do continente por derivados de petróleo.

Na Ásia a substituição só seria possível utilizando-se cerca de 23% da produção atual de cana-de-açúcar para a fabricação de etanol, já na região da América Latina e Caribe é preciso 14% da produção de cana da região para suprir a demanda de E10.

Nas condições atuais, não seria possível suprir a demanda mundial de E10, mesmo que 100% da cana produzida nas regiões em desenvolvimento fosse deslocada para a fabricação de álcool etílico.

## 6.2.2. Cenário 2:

Tabela 6.3 - Utilização de áreas agriculturáveis aptas para cana-de-açúcar

	Área				Deslocamento para Produção de Etanol								
	(1)	(2)	(3)	Potencial produção de cana a ser produzida*	10% do potencial de produção			20% do potencial de produção			50% do potencial de produção		
Apta	Utilizada	(1) – (2) Disponível			Área requerida	Cana utilizada	Álcool produzido	Área requerida	Cana utilizada	Álcool produzido	Área requerida	Cana utilizada	Álcool produzido
(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> tc)	(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> tc)	(m <sup>3</sup> )	(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> tc)	(m <sup>3</sup> )	(10 <sup>3</sup> ha)	(10 <sup>3</sup> tc)	(m <sup>3</sup> )	
África	266.253	1.130	265.124	16.180.360	26.512	1.618.036	129.442.878	53.025	3.236.072	258.885.755	132.562	8.090.180	647.214.388
Ásia	130.997	9.315	121.682	7.698.034	12.168	769.803	61.584.269	24.336	1.539.607	123.168.537	60.841	3.849.017	307.921.343
AL&C	461.231	8.590	452.641	30.376.158	45.264	3.037.616	243.009.267	90.528	6.075.232	486.018.533	226.321	15.188.079	1.215.046.334
Total	858.481	19.034	839.447	54.254.552	83.495	5.425.455	434.036.413	167.889	10.850.910	868.072.826	419.723	27.127.276	2.170.182.065

Fonte: FAO; IIASA (2000); FAOSTAT (2003)

Notas: área apta é a somatória das áreas “apropriadas”, “muito apropriadas” e “moderadamente apropriadas”

\*obtido através da multiplicação da área “Disponível (3)” pela produtividade agrícola de cada região (África: 61 tc/ha; Ásia: 63,3 tc/ha; América Latina e Caribe: 67 tc/h) (FAOSTAT, 2003)

**Tabela 6.4 - Potencial de substituição da gasolina – Cenário 2**

	Consumo de gasolina (m <sup>3</sup> )	Volume de etanol necessário para E10 (m <sup>3</sup> )	Volume disponível		
			10% do potencial de produção (m <sup>3</sup> )	20% do potencial de produção (m <sup>3</sup> )	50% do potencial de produção (m <sup>3</sup> )
África	35.325.150	3.532.515	129.442.878	258.885.755	647.214.388
Ásia	112.208.946	11.220.895	61.584.269	123.168.537	307.921.343
América Latina e Caribe	64.654.531	6.465.453	243.009.267	486.018.533	1.215.046.334
Mundo	1.171.797.242	117.179.724	434.036.413	868.072.826	2.170.182.065

Nota: não há dados disponíveis referentes ao consumo de gasolina para 2002, logo optou-se por aplicar a taxa de crescimento observada entre 2000 e 2001, projetando o valor para 2002.  
Fonte: IEA (2003)

Observa a partir dos resultados obtidos no Cenário 2 que o continente africano é realmente um importante potencial de etanol, porém as condições mais favoráveis estão na América Latina e Caribe.

Ainda assim, caso a adição de 10%(v) de etanol fosse implementada em toda a gasolina consumida no mundo, aproveitando-se apenas 10% das áreas agriculturáveis ainda não utilizadas, a África seria capaz de suprir o consumo mundial de álcool etílico.

Mesmo utilizando misturas maiores que E10, com apenas 10% da área agriculturável ainda não aproveitada, todas as regiões seriam capazes de suprir as suas demandas internas de etanol, reduzindo assim a importação de derivados de petróleo.

Cabe ressaltar que certamente existem limitações nos cenários propostos: é sabido que alguns países já utilizam parte de sua produção de cana-de-açúcar para produção de etanol, como é o caso do Brasil, onde cerca de 50% da produção de cana é destinada à produção de álcool.

Porém a análise é válida para comprovar a potencialidade das regiões estudadas em desenvolver programas para produção, uso e exportação de biocombustíveis.

### **6.3. Replicabilidade do programa de biocombustíveis em outros países em desenvolvimento**

O exemplo mais concreto de um programa de produção e uso de biocombustível é o Proálcool, reconhecido mundialmente como o maior programa comercial de uso de biomassa (WORLDWATCH INSTITUTE, 2006).

O Brasil, durante os 30 anos de Programa do Álcool, desenvolveu variedades de cana-de-açúcar resistente a diferentes pragas e adaptáveis a diversas condições de clima e solo, melhorou os processos de colheita, fermentação, disposição de resíduos e cogeração de eletricidade. Foi também desenvolvido o arcabouço legal necessário para a produção sustentável dos produtos de cana-de-açúcar, como discutido anteriormente, em maiores detalhes, no Capítulo 4.

A implementação de um programa de produção e uso de etanol de cana-de-açúcar certamente não necessitaria passar por todas as etapas que o Brasil já superou. Ao reproduzir a iniciativa em outros países em desenvolvimento, é possível dar um salto tecnológico e produzir etanol com preços competitivos.

Existe ainda um benefício para países que implementem novos programas de substituição de combustíveis fósseis (gasolina por álcool etílico) que é a possibilidade de se candidatar ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, com grandes perspectivas de obtenção de “créditos de carbono”. O Brasil não é candidato ao MDL pois o uso de E25 no país é anterior ao Protocolo de Quioto.

Entretanto antes de iniciar um programa de biocombustíveis é necessária a realização de uma análise de viabilidade econômica local. Esta análise foi realizada, por exemplo, para a região de Luena, Zâmbia, cujos resultados mostraram que o custo de produção do etanol é de US\$ 0,50/litro, porém o mercado aceita pagar apenas US\$ 0,45/litro; logo seria necessário um subsídio de US\$ 0,05/litro para que o etanol se tornasse competitivo com o açúcar, o que incentivaria os produtores a optar pela produção do biocombustível (CORNLAND et al, 2001).

A concessão de subsídios é uma decisão política que pode ser utilizada como instrumento para incentivar a utilização de etanol, criando um mercado consumidor e possibilitando ganhos de escala, com conseqüente redução dos custos de produção.

Os principais aspectos a serem considerados ao se desenvolver um estudo de viabilidade de um projeto de produção de biocombustíveis deve contemplar:

- Investimentos em desenvolvimento agrícola e industrial
- Capacitação de recursos humanos
- Legislação adequada:
  - proteção ao meio ambiente
  - setor de transporte (regulação, qualidade dos combustíveis, quantidade de porcentagem de biocombustível, fiscalização)
  - setor elétrico (autorização para produção e comercialização de bioeletricidade, regras de mercado)
- Infra-estrutura adequada
  - Produção
  - Distribuição
  - Exportação

Em Setembro de 2005, o Painel Consultivo Técnico e Científico (STAP / GEF) realizou um workshop técnico sobre combustíveis líquidos, do qual participaram especialistas de diversos países. Foram abordados todos os aspectos da produção e utilização de biocombustíveis, desde a etapa agrícola ao uso final. Os principais resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.5

Tabela 6.5 - Principais barreiras aos biocombustíveis

Aspectos	Principais barreiras (problemas / desafios)	Remoção de barreiras (oportunidades)
Técnicos	<p>Agrícolas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas edafoclimáticos</li> <li>• Competitividade com culturas agrícolas</li> <li>• Seleção de espécies</li> <li>• Fertilizantes (disponibilidade de insumos)</li> <li>• Escala agrícola</li> </ul> <p>Conversão:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acesso a tecnologias eficientes de cogeração e uso de etanol</li> </ul> <p>Distribuição:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infra-estrutura de transporte (acesso ao mercado consumidor)</li> <li>• Extensão das melhorias</li> </ul> <p>Outros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausência de ferramentas de informação e controle.</li> <li>• Compatibilidade dos automóveis (uso de etanol puro e/ou misturas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação de espécies adequadas às condições edafoclimáticas da região</li> <li>• Adaptação de melhores praticasagrícolas e tecnologias de conversão eficientes.</li> <li>• Transferência de tecnologia e treinamento de recursos humanos: possibilidade de projeto de cooperação Sul-Sul.</li> </ul>
Ambientais	<p>Gases de efeito estufa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de análises de ciclo de vida nos países em desenvolvimento.</li> <li>• Metodologia padronizada de contabilização</li> </ul> <p>Outros impactos ambientais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo: fertilizantes e erosão</li> <li>• Água: uso não sustentável, irrigação, poluição.</li> <li>• Ar: queima da cana, combustão do bagaço, emissões evaporativas de automóveis, conhecimento sobre uso alternativo de vinhaça, reciclagem eficiente de água.</li> <li>• Biodiversidade: possível perda de biodiversidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximizar sinergia com outras áreas focais e em nível nacional.</li> </ul>

continua...

continuação

**Tabela 6.5 - Principais barreiras aos biocombustíveis**

<b>Aspectos</b>	<b>Principais barreiras (problemas / desafios)</b>	<b>Remoção de barreiras (oportunidades)</b>
Econômicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala agrícola e de produção</li> <li>• Disponibilidade e volatilidade do mercado (agrícola e energético)</li> <li>• Subsídios locais e internacionais a produtos agrícolas</li> <li>• Altos custos de matérias-primas, conversão e transporte.</li> <li>• Custo da eletricidade.</li> <li>• Disponibilidade de financiamentos (internos e externos).</li> <li>• Alto custo de capital (mercado vê riscos altos).</li> </ul> Barreiras comerciais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de importação</li> <li>• Política agrícola equivocada da Comunidade Européia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamentos econômico e de mercado.</li> <li>• Identificação de oportunidades de negócios viáveis</li> </ul>
Sociais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuição desigual dos benefícios</li> <li>• Monopólios</li> <li>• Segurança alimentar</li> <li>• Resistência a mudanças</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulta aos atores envolvidos.</li> <li>• Comprometimento da administração pública</li> <li>• Estratégias de redução da pobreza</li> </ul>
Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arcabouço legal integrado (agrícola, energético e ambiental).</li> <li>• Licenciamento das unidades industriais.</li> <li>• Regulação, monitoramento e fiscalização do processo/produto.</li> <li>• Especificação dos combustíveis (puro e misturas).</li> <li>• Diálogo entre os principais atores (governo, indústria, financiadores, agricultores e cientistas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disseminação de lições aprendidas.</li> </ul>

Fonte: COELHO (2005)

## 7. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar as perspectivas de utilização de biomassa de forma sustentável nos países em desenvolvimento.

A utilização de energias renováveis pelos países em desenvolvimento reduz a dependência externa de petróleo e seus derivados, aumenta a diversificação da matriz energética, garantindo o suprimento de energia; tem impactos positivos da substituição de combustíveis fósseis tais como a redução de emissões atmosféricas e seus consequentes efeitos à saúde humana e ao meio ambiente; além da geração de empregos diretos e indiretos, mais intensiva do que as outras formas de energia, por exemplo, no caso da biomassa são produzidos empregos desde a produção agrícola até os processos industriais.

Com base nas pesquisas realizadas foi possível observar que as regiões em desenvolvimento são, ainda hoje, fortemente dependentes de combustíveis fósseis e da biomassa tradicional como fontes de energia no setor residencial, onde são utilizados para cocção e calefação, e também no setor de transportes. Em muitos casos, mesmo sendo um produtor de petróleo, como a Nigéria, o país não tem refinarias e depende da importação de derivados de petróleo; nestes casos a produção local de biocombustíveis certamente reduziria a dependência destas nações.

Uma questão que foi discutida, mas merece ser ressaltada é a necessidade de estatística mais confiáveis em relação ao uso de biomassa, pois os dados existentes não fazem distinção entre o uso da biomassa tradicional (não-sustentável) e a biomassa moderna.

O mundo está passando por um momento de especial importância, em que não só cientistas, mas também governos e a sociedade civil estão dando atenção ao grave problema das mudanças climáticas globais, cuja principal causadora é a emissão de gases de efeito estufa, produzidos, entre outros, a partir da queima de combustíveis fósseis, utilizados principalmente para a geração de energia e no setor de transportes. Este momento abre uma oportunidade importante para a divulgação e o incentivo ao uso de fontes renováveis para geração de energia.

Além disso, as perspectivas de exaustão das reservas de petróleo, e as instabilidades políticas e sociais das regiões onde estão localizadas as maiores reservas de combustíveis fósseis, são motivo de preocupação para os países fortemente dependentes da importação destes energéticos.

Até o momento a produção de eletricidade já dispõe de tecnologias para utilização de combustíveis alternativos aos fósseis, que estão se desenvolvendo rapidamente, como é o caso da energia eólica, resíduos agrícolas, biogás, energia solar entre outras, porém no setor de transportes, hoje, a única alternativa são os biocombustíveis. Opções tecnológicas, como veículos elétricos, estão ainda em processo de aperfeiçoamento e não devem estar disponíveis comercialmente em um futuro próximo.

Não só o uso de energias renováveis, mas a questão da sustentabilidade do uso dos recursos naturais deve ser salientada. No caso específico da biomassa tradicional, seu emprego tem como conseqüências diretas o desmatamento e os subseqüentes danos à saúde e ao meio ambiente.

Ao mesmo tempo são conhecidas preocupações internacionais recorrentes sobre a necessidade de promover o desenvolvimento das nações, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, os níveis de educação, cultura e saúde. A região que enfrenta condições mais negativas é, sem dúvida, o continente africano, onde o Índice de Desenvolvimento Humano atinge os valores mais baixos.

Como foi apresentado no decorrer deste trabalho, a implementação de um programa de energias renováveis, principalmente biocombustíveis, pode ser um vetor para induzir o desenvolvimento sustentável destas regiões.

Em especial a implantação de culturas energéticas, como a cana-de-açúcar, é capaz de gerar empregos no meio rural, promovendo a fixação do homem no campo, gerando renda e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos. A produção de etanol, além de produzir o combustível propriamente dito, ainda permite a geração descentralizada de eletricidade. A substituição da gasolina por etanol, do óleo diesel por biodiesel e do óleo combustível por bagaço de cana são fatores importantes para reduzir a dependência externa de petróleo que é a realidade da maioria destes países.

Os resultados obtidos para os cenários de produção de álcool etílico e substituição da gasolina mostram perspectivas animadoras para as regiões em desenvolvimento. A experiência brasileira com a utilização de etanol em toda a sua frota de veículos leves (seja na forma de etanol puro, ou mistura à gasolina) traz lições que devem ser lembradas ao iniciar programas semelhantes em outros países em desenvolvimento.

O que se pode observar é que a questão da utilização de energias renováveis, sobretudo os biocombustíveis nunca esteve tão em voga quanto neste momento. Estão em curso diversas iniciativas e intenções, nos mais diversos países, de utilizar os biocombustíveis como alternativa tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento.

Contudo, em grande parte dos países em desenvolvimento, ainda é necessária a criação de políticas que incentivem o uso de energias renováveis.

No caso da biomassa moderna as principais barreiras à implantação de novos projetos nos países em desenvolvimento são de ordem econômica. Em relação ao etanol de cana-de-açúcar, a experiência brasileira já mostrou a viabilidade técnico-econômica do processo, porém a execução de projetos em outros países depende de suporte governamental e investimentos que tornem estas tecnologias competitivas em seus mercados.

Em relação aos países desenvolvidos as barreiras comerciais impostas, principalmente na forma de sobretaxas aos biocombustíveis são um empecilho à criação de novos mercados. Sem a remoção de tais barreiras não se vai conseguir criar um mercado competitivo para os produtos provenientes de países em desenvolvimento, e tampouco atingir o desenvolvimento destas Nações.

## 8. REFERÊNCIAS

ABIOSSA “Mamona”. Disponível em:  
<http://www.aboissa.com.br/mamona/index.htm>. Acesso: janeiro, 2006.

AFREPREN African Energy Data Handbook, Occasional Paper no. 13.  
AFREPREN/FWD, Nairobi, 2002

ALVES, J. W. S. Diagnóstico da repercussão e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, São Paulo, Universidade de São Paulo, 2000.

ANFAVEA Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2003.  
Disponível em [www.anfavea.com.br](http://www.anfavea.com.br)

\_\_\_\_\_ Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2004.  
Disponível em [www.anfavea.com.br](http://www.anfavea.com.br)

\_\_\_\_\_ Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2005.  
Disponível em [www.anfavea.com.br](http://www.anfavea.com.br)

ASAL, S; MARCUS, R. An Analysis of the obstacles to the development of a sustainable biodiesel industry in Argentina Universidade Paris-Dauphine, Buenos Aires, Dezembro, 2005.

BAJAY, S. E FERREIRA, A. A Energia da Biomassa no Brasil. In ROSILLO-CALE, BAJAY E ROTHMAN (org) “Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira”. ISBN 85-268-0685-8. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

BIREC Accelerating Renewable Energy Worldwide: Focus on Developing Countries and Economies in Transition. Prepared for: Beijing International Renewable Energy Conference 2005

BRACELPA O Setor Brasileiro de Celulose e Papel, 2005. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/br/anual/perfil2005.pdf> Pdf. Acesso em: 8 out. 2005.

BRAUNBECK, O.; CORTEZ, L.A.B. O cultivo da Cana-de-açúcar e os Uso de Resíduos. In ROSILLO-CALE, BAJAY E ROTHMAN (org) “Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira”. ISBN 85-268-0685-8. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

BRITO, A. “Brasil já domina tecnologia de álcool pesquisada pelos EUA”. O Estado de São Paulo, 20 de fevereiro de 2006. Caderno Economia, p. B6.

CÂMARA, C.D.; LIMA, W.P. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. *Scientia Forestalis*, IPEF, n. 56, p. 41-58, dez. 1999.

CENBIO Projeto PROVEGAM - Implantação e teste de uma unidade de demonstração de utilização energética de óleo vegetal. São Paulo, 2005a.

\_\_\_\_\_ Projeto GASEIFAMAZ - Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte. São Paulo, 2005b.

CENTRAL STATISTICAL OFFICE, Wage Distribution Data Base, Government of Zimbabwe, Harare, 2001.

CEPAL Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: el Aporte de las Fuentes Renovables, Santiago do Chile, Outubro de 2003.

CETESB Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2003, São Paulo 2004

CIFUENTES, L. et al Assessing the Health Benefits of Urban Air Pollution Reductions Associated with Climate Change Mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, México City, and New York City. *Environmental Health Perspectives* Volume 109, Supplement 3, Junho 2001.

COELHO, Suani Teixeira Avaliação da Cogeração de Eletricidade a partir de Bagaço de Cana em Sistemas de Gaseificador/Turbina a Gás São Paulo, 1992 Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 1992.

COELHO, Suani Teixeira Mecanismos para Implementação da Cogeração de Eletricidade a Partir de Biomassa - Um Modelo para o Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Energia) ) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 1999.

COELHO, S.T. Biofuels - Advantages and Trade Barriers - Background Paper to the Expert Meeting for Sectoral Trade Review of Developing Country Participation in New and Dynamic Sectors Session on Biofuels - Genebra, Fevereiro, 2005a.

COELHO, S.T. Resultados do workshop STAP/GEF, Delhi, 2005. Comunicação pessoal. Setembro, 2005b.

COELHO, S.T., PALETTA, C.E.M e FREITAS, M.A.V. Medidas Mitigadoras para a Redução na Emissão de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica. 222p. IL .Brasília. Dupligráfica, 2000.

COELHO, S.T. et al Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil Brasília, DF: Dupligráfica, 2003.

CORNLAND et al Sugarcane Resources for Sustainable Development: A Case Study in Luena, Zambia. Stockholm Environment Institute. Suécia, Abril, 2001.

COTTA, L.M.M.B. Distribuição de GLP, novos horizontes e desafios. In Seminário Petróleo & Gás: Avaliação e Perspectivas. 23 de setembro de 2004. Disponível em: <<http://www.gasbrasil.com.br/tecnicas/palestras/374/374.pdf>>

DAVIDSON, O.; SOKONA, Y. A New Sustainable Energy Path for African Development: Think Bigger, Act Faster, Energy and Development Research Centre, University of Cape Town, Cape Town, 2002.

DNV Relação dos projetos, candidatos ao MDL, submetidos à UNFCCC. Disponível em: <<http://www.dnv.com/certification/climatechange/Projects/ProjectList.asp>>. Acesso: Novembro, 2005.

ECOSECURITIES PDD da Usina Nova Gerar, 2004. Disponível em: <[http://www.dnv.com/certification/climatechange/Upload/PDD\\_NovaGerar%202004-02-13.pdf](http://www.dnv.com/certification/climatechange/Upload/PDD_NovaGerar%202004-02-13.pdf)>. Acesso: janeiro de 2006.

EDRC, 2004 Electricity Access Southern Africa Sub-regional Study: South Africa and Zimbabwe. Prepared for the Energy Research Centre (EDRC) to GNESD, University of Cape Town, 2004.

ELIA NETO, A. Captação e Uso de Água no Processamento da Cana-de-açúcar. In MACEDO, I. C. (org) “A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade”. CDD-338.173610981. São Paulo. Editora Berlendis & Vertecchia, 2005.

ERI Renewable Energy Options in Improving the Life of Western Rural Poor Population in China - Final Report prepared for “Renewable Energy Technologies” (RET) Global Network on Energy for Sustainable Development. Novembro, 2005.

ERI National Development and Reform Commission. Overview of Renewable Energy Development in China. Document submitted to International Conference for Renewable Energy in Bonn. Alemanha, 2004.

FAO; IIASA, “Global Agro-Ecological Zones 2000”. Disponível em: <<http://www.fao.org/landandwater/agll/gaez/index.htm>>. Acesso: janeiro, 2006.

FAOSTAT “FAO Statistical Database”. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=EN>>. Acesso: junho, 2005.

FULTON et al Biofuels for Transport - An International Perspective. Agência Internacional de Energia, ISBN 92-64-01512-4. Viena, 2004.

GREEN CAR CONGRESS Malaysia Building First Biodiesel Refinery. Disponível

em: <[http://www.greencarcongress.com/2005/04/malaysia\\_buildi.html](http://www.greencarcongress.com/2005/04/malaysia_buildi.html)>. Acesso: Janeiro, 2006.

GOLDEMBERG, J. “Brazilian Energy Initiative” World Summit On Sustainable Development, Joanesburgo, África do Sul. Setembro, 2002.

GOLDEMBERG et al., Ethanol learning curve- the Brazilian experience, Biomass and Bioenergy, Vol. 26/3 pp. 301-304, 2003.

GOLDEMBERG, J. The Case for Energy Renewables. In: International Conference for Renewable Energies, 2004, Bonn. Thematic Background Paper, Alemanha, 2004.

GOLDEMBERG, J. “The Promise of Clean Energy”, 2005

GOLDEMBERG, J. LUCON. O. Option Paper on Renewable Energy, Energy Efficiency and Climate Change Canadian Renewable Energy Alliance (CanREA) apresentado na COP 11/MOP 1. Montreal, Dezembro 2005.

IEA (International Energy Agency) “World Energy Outlook”, Paris, 1998.

IEA, 2002. World Energy Outlook, 2002. Paris, France, 2002.

IEA Energy Statistics and Energy Balances, 2002. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/stats>. Acesso em: Julho, 2005.

IEA (International Energy Agency) Energy Balances of non-OECD countries 2000-2001, Paris, 2003.

IEA (International Energy Agency) Energy Balances of non-OECD countries 2002-2003, Paris, 2005.

IBGE Produção Agrícola Municipal 2004 – culturas temporárias e permanentes. ISSN: 01013963. Rio de Janeiro, 2005.

INTERNATIONAL CONFERENCE FOR RENEWABLE ENERGIES Political Declaration. Bonn, 4 de junho de 2004. Disponível em: [www.renewables2004.de/pdf/Political\\_declaration\\_final.pdf](http://www.renewables2004.de/pdf/Political_declaration_final.pdf). Acesso em: Junho de 2005.

HASSUANI, S.J.; LEAL, M.R.L.V e MACEDO, I.C Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash. (Série Caminhos para Sustentabilidade). ISBN 85-99371-01-0, Piracicaba: PNUD-CTC, 2005.

HODES, G.H; UTRIA, B.E; WILLIAMS, A. “Ethanol – Re-examining a Development Opportunity for Sub-Saharan Africa” The World Bank, Washington, Setembro de 2004.

JINGJING L. et al Biomass Energy in China and its Potential, Energy for Sustainable Development, Vol. 5 No. 4. Bangalore, India, 2001

KAREKEZI S. et al (Eds). SPECIAL ISSUE - Africa: Improving modern energy services for the poor. Energy Policy 30(11-12). Elsevier Science Ltd, Oxford, 2002.

KAREKESI, S., COELHO, S. T., LATA, K. Traditional Biomass Energy: Improving its Use and Moving to Modern Energy Use. In: International Conference for Renewable Energies, 2004, Bonn. Thematic Background Paper, Alemanha, 2004.

KAREKESI et al, 2005 Status of Biomass Energy in Developing Countries and Prospects for International Collaboration. In GFSE-5 Enhancing International Cooperation on Biomass. Background Paper. Áustria, Maio 2005.

KHENNAS S. et al. Rural Energy Services: A handbook for sustainable energy development. Intermediate technology publications, Londres, 1999.

KHENNAS S., WALUBENGO D. AND WEYMAN A. Rural stoves West Kenya evaluation. Intermediate Technology Development Group (ITDG) internal document, Nairobi, 1995.

KYOTO                      PROTOCOL.                      Disponível                      em:  
<<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>> Acesso em: Junho, 2005.

LAMONICA, H Geração de energia elétrica a partir da biomassa de cana. In Seminário de Bioeletricidade A Segunda Revolução Energética da Cana-de-Açúcar, Rio de Janeiro, 24 de novembro de 2005.

LEFEVRE T. et al, Status of wood energy data in Asia. In IEA's First biomass workshop. Paris, Fevereiro, 1997.

LIMA, W. P. O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais, ed. Art Press, 114p São Paulo, 1987.

LIMA, W. P. O Eucalipto seca o Solo ? Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - Volume 29 – Número 1 – janeiro/abril 2004

LIU, Y. China Watch Home About China Watch. 06 de Outubro de 2005. Disponível em: <http://www.worldwatch.org/features/chinawatch/stories/20051006-1>>. Acesso: janeiro, 2006.

LUCON, O. et al LPG in Brazil: lessons and Challenges Energy for Sustainable Development, Volume VIII nº 3. Bangalore, Setembro de 2004.

MACEDO, I. E CORTEZ, L.A.B Processamento Industrial da Cana-de-açúcar no Brasil. In ROSILLO-CALE, BAJAY E ROTHMAN (org) Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira. ISBN 85-268-0685-8. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

MACEDO, I. C. (org) A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. CDD-338.173610981. São Paulo. Editora Berlendis & Vertecchia, 2005.

MACEDO, I.C.; Leal, M.R.L.V.; Silva, J.E.A. Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Produção e Uso do etanol no Brasil, São Paulo 2004.

MANECHINI, C.; RICCI JR, A.; DONZELLI, J.D. Benefits and problems of trash left in the field in HASSUANI,S.J.; LEAL, M.R.L.V e MACEDO, I.C Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash. (Série Caminhos para Sustentabilidade). ISBN 85-99371-01-0, Piracicaba: PNUD-CTC , 2005.

MARTINOT, E. Renewables 2005 Global Status Report. Paper preparado para o REN 21 Network pelo Worldwath Institute, Washington, 2005.

MAYA, R. S. Regional Cooperation in Africa, the SADC Power Pool. GLOBE (Ed). Climate Change in Africa. Cape Town, Global Legislators Organisation for a Balanced Environment: 69-77, Cape Town, 2001.

MIRAGLIA SG, SALDIVA PH, BOHM GM. An evaluation of air pollution health impacts and costs in Sao Paulo, Brazil. *Environ Manage.* 35(5):667-76. Maio, 2005

MME (Ministério de Minas e Energia) Balanço Energético Nacional 2004, Brasília, 2005.

MOREIRA, J.R., GOLDEMBERG, J. The Alcohol Program. *Energy Policy* 1999;27(4):229–45. 43. 1999.

MUÑOZ, A. Congreso aprobará en diciembre ley para la producción de etanol. *La Prensa*. Novembro, 2005. Disponível em: <[http://www.americas.org/item\\_23057](http://www.americas.org/item_23057)>. Acesso: dezembro, 2005.

MRE (Ministério das Relações Exteriores) Barreiras a produtos e restrições a serviços e investimentos nos Estados Unidos. Documento preparado pela Embaixada do Brasil em Washington., 4eds. São Paulo, 2005.

NASTARI, PM (2004). In Seminário “Brazil and Energy on the 21st Century: Sugar and Ethanol” , Brasília, 2004.

NDRC, 2002 National Development and Reform Commission. Pequim, 2002.

NOGUEIRA, L. A. H. Bioenergias e Sustentabilidade: nexos e métodos São Paulo, Janeiro, 2005.

NOGUEIRA, L.A.H. e MACEDO, I.C. Biocombustíveis Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – nº 2. ISSN 1806-8588. Brasília, janeiro de 2005.

NOGUEIRA, L.A.H e LORA, E.E.S. Dendoenergia: fundamentos e aplicações - 2 ed. – CDD 333.7 - Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

NOGUEIRA, L.A.H. Perspectivas de un Programa de Biocombustibles em América Central CEPAL. México, Março, 2004.

NOGUEIRA, L.A.H. Biodigestão Alternativa Energética. 93p. Nobel, São Paulo, 1986.

NSSO, 2001 Energy used by Indian households (1999/2000), NSSO 55th round, New Delhi, Ministry of Statistics, Government of India, report nº 464 (55/1.1/6), 2001.

ONS – Sistema Interligado de Distribuição de Energia Elétrica, 2005. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/conheca\\_sistema/mapas\\_sin.aspx#](http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#)>. Acesso: dezembro, 2005.

PATUSCO, J.A.M. 2002. A lenha na matriz energética brasileira. MME, Brasília, 2002.

PDVSA Avanza proyecto agro-energético para la producción de Etanol. Venezuela, 2005. Disponível em: <[http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenu.tpl.html&newsid\\_obj\\_id=722&newsid\\_temas=0](http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenu.tpl.html&newsid_obj_id=722&newsid_temas=0)>. Acesso em: dezembro, 2005.

PLATAFORMA DE BRASÍLIA SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2002. Disponível em: <[http://www.renewables2004.de/pdf/platform\\_declaration.pdf](http://www.renewables2004.de/pdf/platform_declaration.pdf)>.

PEREIRA, R. Rica em petróleo, Venezuela quer produzir etanol. O Estado de São Paulo, 09 de novembro de 2005.

PROCANA The Ethanol Guide – Guia Internacional do Álcool. São Paulo, 2005.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em: dezembro, 2005.

RENEWABLES 2004 Political Declaration. Disponível em: <[http://www.renewables2004.de/pdf/platform\\_declaration.pdf](http://www.renewables2004.de/pdf/platform_declaration.pdf)>. Acesso: maio, 2005.

RIO+10 BRASIL, 2003. Disponível em:  
<<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/RelatorioGestao/Rio10/Riomaisdez/index.php.213.html>>. Acesso em: Agosto de 2005.

ROCHA, José S. M. da. Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior. 2ª ed. Brasília: ABEAS, 2001

ROSILLO-CALLE, F. e BEZZON, G Produção e Uso Industrial de Carvão Vegetal. In ROSILLO-CALE, BAJAY E ROTHMAN (org) “Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira”. ISBN 85-268-0685-8. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

SALDIVA PH et al Related Articles, Links Decreased fertility in mice exposed to environmental air pollution in the city of Sao Paulo - Environ Res. 2005 Jun;98(2):196-202. PMID: 15820725, 2005.

SBS Estatísticas do setor florestal brasileiro, 2001. Disponível em:  
<<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso: janeiro, 2006.

SCARPINELLA, Gustavo d’Almeida Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado), Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SOUZA, S.A.V Disponibilidade e uso de água no Brasil; irrigação. In MACEDO, I. C. (org) A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. CDD-338.173610981. São Paulo. Editora Berlendis & Vertecchia, 2005.

SRIVASTAVA, R.J.; KUMAR, A. E PRASAD, K. Studies on Soil Moisture Variations under *Eucalyptus* Plantation. XII World Forest Congress 2003, Quebec, Canadá, 2003.

TERI Renewable energy in South East Asia for improving access to energy (With focus on India and Nepal) Prepared for Global Network on Energy for Sustainable Development. New Delhi: The Energy and Resources. 82pp. Project Report No. 2003RT70, 2005.

UHLIG, Análise dos Dados Estatísticos da Lenha, documento preliminar para discussão, São Paulo, 2004.

UNDP Human Development Report 2005. ISBN 0-19-522146-X. Nova Iorque, 2004.

UNDP, UNDESA, WEC World Energy Assessment - Energy and the Challenge of Sustainability. Overview: 2004 Update. Nova Iorque, 2004.

UNDP, UNDESA, WEC World Energy Assessment. ISBN 9211261260. Nova Iorque, 2000.

UNDP – Climate Change Convention, 1992. Disponível em: <[http://unfccc.int/essential\\_background/convention/background/items/2853.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/2853.php)>. Acesso em: Julho, 2005.

UNICA Informação UNICA, ano 7 • nº 66 • agosto/setembro de 2005a. Disponível em: [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br). Acesso em: Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_ Informação UNICA, ano 7 • nº 67 • novembro/dezembro de 2005b. Disponível em: [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br). Acesso em: Janeiro, 2006.

UNITED NATIONS Kyoto Protocol, 1998. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>). Acesso em: junho de 2005.

VARKULYA JR., Américo. Aproveitamento dos resíduos de serraria na geração de energia elétrica no Município de Ulianópolis, Estado do Pará: Estudo de caso para o incentivo à exploração florestal sustentável da Amazônia. São Paulo, 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia , São Paulo, 2004.

VELÁZQUEZ, S.M.S.G., A Cogeração de Energia no Segmento de Papel e Celulose: Contribuição à Matriz Energética do Brasil. São Paulo, 2000. Dissertação (mestrado) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo São Paulo, 2000.

VERAGOO D., 2003. Cogeneration: The Promotion of Renewable Energy and Efficiency in Mauritius. In Regional consultative meeting on REEEP in East Africa. AFREPREN/FWD, Nairobi, Junho de 2003.

WALTER, A.C.S. Viabilidade e Perspectivas da Co-geração e Geração Termelétrica no Setor Sucroalcooleiro. Campinas, 1994 Tese (Doutorado), UNICAMP, Campinas, 1994.

WORLDWATCH INSTITUTE State of the World 2006 – Special focus: China and India. ISBN 0-393-32771-X. Washington, 2006.