

## Tópicos Atuais

### O Foro Permanente das Energias Renováveis e o Desenvolvimento das Energias Solar, Eólica, da Biomassa e das Pequenas Centrais Hidroenergéticas no Brasil<sup>1</sup>

Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas<sup>2</sup>,  
Caspar Erich Stemmer<sup>3</sup>, José Roberto Moreira<sup>4</sup>,  
Ivonice Aires Campos<sup>5</sup>, Roberto Zilles<sup>6</sup>,  
Marie Pierre Fabrizzy<sup>7</sup>, Everaldo Feitosa<sup>8</sup>, Francisco Corrêa<sup>9</sup>,  
Murilo T. W. Fagá<sup>10</sup>, M. C. Fedrizzi<sup>11</sup>, L.A. Mazzon<sup>12</sup>,  
Oswaldo Soliano Pereira<sup>13</sup>

#### Resumo

Nos últimos anos, muito se discutiu no Brasil sobre a temática das energias renováveis. Um dos principais marcos destas discussões foi o da realização de encontros nacionais para discussão das metas, diretrizes e ações necessárias a serem implementadas para garantir o desenvolvimento de fontes renováveis na matriz energética brasileira. Os principais resultados oriundos destes eventos foram a criação de um Foro Permanente de Energias Renováveis e às Declarações de Belo Horizonte, em 1994; Brasília, em 1995 e São Paulo, em 1996, como referência aos locais de realização de tais encontros; além da criação de centros de referência nas energias renováveis: Centro de Estudos e Desenvolvimento Energético da Amazônia (CEDEA), em 1993 em Manaus na Universidade do Amazonas, o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRFSESB) em 1995 no Rio de Janeiro no CEPEL, o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) em 1996 em São Paulo no IEE/IISP, o Centro Brasileiro de Testes de Turbinas Eólicas em Olinda (PE). O presente trabalho apresenta um resumo da situação atual, das principais metas, ações e programas para as energias solar, eólica, da biomassa e das pequenas centrais hidroenergéticas no Brasil.

#### 1 Introdução

Coordenado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, o Foro Permanente das Energias Renováveis congrega mais de 200 entidades de vários segmentos da sociedade, como: Governos Federal, Estadual e Municipal, concessionárias de energia, cooperativas e associações de agricultores, ONG's, universidades e centros de pesquisa, bancos de desenvolvimento e agências de fomento e indústrias. O documento do I Encontro, à Declaração de Belo Horizonte, trata da definição de diretrizes e metas para o desenvolvimento de energias solar e eólica no Brasil. A Declaração de Brasília, decorrente

<sup>1</sup> Este trabalho é uma síntese das principais informações e documentos realizados nos últimos três anos pelo Foro Permanente das Energias Renováveis. Sendo assim, embora a responsabilidade final da síntese, aqui apresentada, seja de Marcos A. V. Freitas do Programa de Planejamento Energético da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da UFRJ, o trabalho é feito do esforço direto dos coordenadores e relatores dos diversos subgrupos de trabalho, e também dos técnicos das inúmeras instituições que fazem parte do Foro e se dedicam ao desenvolvimento das energias renováveis no Brasil.

<sup>2</sup> PPE/COPPE/UFRJ – CNPq,

<sup>3</sup> MCT (Coordenador do Foro Permanente de Energias Renováveis)

<sup>4</sup> CENBIO/IEE-USP

<sup>5</sup> Foro Permanente das Energias Renováveis - MCT

<sup>6</sup> IEE/USP

<sup>7</sup> IEE/USP

<sup>8</sup> UFPE

<sup>9</sup> IPEN/CNEN & CNPq

<sup>10</sup> IEE/USP

<sup>11</sup> IEE/USP

<sup>12</sup> ABRAVA

<sup>13</sup> CRESESB/CEPEL

do II Encontro de Energias Renováveis, acrescenta ao documento do ano anterior as diretrizes e metas da energia da biomassa e também um plano de ação para o desenvolvimento destas fontes no país. O documento do III Encontro, à Declaração de São Paulo, está em fase final de elaboração e inclui adicionalmente às metas e diretrizes do grupo das pequenas centrais hidrelétricas.

No mundo, os recursos renováveis tem participação inferior a aproximadamente 15-20% da oferta total de energia. A nível de Países em Desenvolvimento merece destaque especial a Índia, que tem desenvolvido intenso programa de fontes renováveis, com números superiores a: 750 MW de capacidade instalada de aerogeradores, 400.000 sistemas fotovoltaicos, 240.000 fornos solares para cocção de alimentos, além de 2,4 milhões de biodigestores atendendo a demandas variadas (Cúpula Solar Mundial, 1996). No Brasil, apesar das energias renováveis já participarem com volumes superiores a 55% da oferta interna bruta de energia primária (36% por recursos hídricos e 21 % pela biomassa) (BRASIL, 1996), e das características tropicais do país, o desenvolvimento industrial, científico e tecnológico dos recursos solares, eólicos, da biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas se encontra sujeito a instabilidades estruturais e conjunturais capazes de inibir importantes iniciativas nacionais, como à do Programa Nacional do Alcool<sup>14</sup>, à de produção de módulos fotovoltaicos, de aerogeradores e de pequenas turbinas hidráulicas.

Neste sentido, o Foro Permanente das Energias Renováveis tem se comprometido a atuar em favor de políticas e mecanismos eficazes que poderão acelerar e facilitar o uso dos recursos solares, eólicos, hídricos e da biomassa abundantes no país, evitando a duplicação e retardamentos administrativos, e no encorajamento da cooperação internacional, incluindo a participação de agências regionais e internacionais, organizações científicas e técnicas. Esta articulação e o interesse da sociedade vem estimulando a implementação de programas nacionais e internacionais, onde se destacam, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), o Programa do Trópico Úmido (PTU), o do Departamento de Energia dos Estados Unidos e o Eldorado do Governo Alemão.

A possibilidade da aplicação das tecnologias de geração renovável de energia representa um importante vetor de desenvolvimento social e econômico para comunidades, isoladas ou não, de diversas regiões do país. Este tipo de iniciativa é fundamental para as estratégias que buscam a sustentabilidade do desenvolvimento e a democratização do acesso à energia em suas formas mais adequadas, favorecendo a geração de empregos, a melhoria da qualidade de vida, o uso ótimo das dimensões continentais e da diversidade de fatores sociais, econômicos e ambientais do país.

A geração descentralizada de energia, aproveitando recursos locais ou em regiões de difícil atendimento pelos sistemas convencionais, possibilita soluções mais adequadas e de menor custo global, favorecendo e estimulando a auto-produção e a produção independente de energia.

Cabe destacar que, em 1994, das cerca de 5,8 milhões de propriedades rurais do país somente 1,6 milhão (27,5%) estavam ligadas a rede elétrica, ou seja, mais de 26 milhões de habitantes no meio rural não contavam com a eletricidade (IBGE, 1994). Na área urbana, a taxa de crescimento de consumo de energia elétrica e de combustíveis fósseis tem apresentado índices superiores a 5% a. a., as possibilidades de acesso aos recursos renováveis reduzem os riscos de racionamento de energia, minimizando a poluição atmosférica local e global, assim como o impacto ambiental decorrente da implementação de grandes empreendimentos energéticos.

O presente trabalho é dividido em 5 partes. A primeira apresenta uma breve retrospectiva do uso da energia renovável no país e às "Metas e Ações para o Desenvolvimento das Energias Renováveis - 2005", previamente discutidas e fixadas em diversos encontros do Foro Permanente das Energias Renováveis.

Em seguida, trata-se das principais metas, diretrizes e ações para o aproveitamento de Pequenas Centrais Hidroenergéticas - PCH, resultado de seminário do Foro, realizado no dia 26 de junho de 1996 no Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - IEE/USP. Cabe destacar, que a inserção, em 1996, das PCH no âmbito das discussões do Foro ainda não possibilitou a sua inserção no Programa Brasileiro de Energias Renováveis.

Nas demais partes, apresenta-se, resumidamente, o Programa Brasileiro para o Desenvolvimento das Energias renováveis - solar, eólica e da Biomassa. Onde procura-se relatar o

---

<sup>14</sup> O Programa Nacional do Alcool (Pró-Alcool) é o mais importante programa de substituição de combustíveis fósseis em larga escala já realizado no mundo, se caracteriza como uma das rotas para a produção de energia derivada da biomassa

estado da arte da produção e do uso de cada um destes recursos no país, e também de uma breve discussão das metas físicas e ações já efetivadas e a serem implementadas.

## **2 O Uso das Energias Renováveis no Brasil e Metas e Ações para 2005**

### **2.1 As Energias Renováveis no Brasil**

O uso das energias renováveis no Brasil, assim como em outras partes do mundo, faz parte da própria evolução e sobrevivência do homem. O uso da energia solar propicia o crescimento da biomassa, da manutenção do ciclo hidrológico e do regime de ventos e numa escala de tempo geológica da própria formação dos combustíveis fósseis. Nos trópicos, a relativa abundância de seu regime de insolação manteria uma natureza exuberante e favorável a existência da espécie humana.

No Brasil pré-colonial, a energia solar aquecia indígenas, que se espalhavam em boa parte do território nacional sem a obrigação do uso de vestes protetoras de climas mais frios. A biomassa favorecida pela interação edafoclimática, abundava com grande diversidade biológica. Os recursos hídricos colaboravam com o farto abastecimento de água das tribos assim como a incipiente navegação fluvial. Os ventos constantes de zonas litorâneas e onde a topografia favorecia, amenizava o calor e as condições de ocupação de vários sítios.

Em seguida, a colonização européia, a partir do século XVI, não abandonaria o uso dos recursos renováveis. Muito pelo contrário intensificaria o seu uso a ponto de muitas vezes não respeitar a sua taxa de renovabilidade, provocando crises de abastecimento e a degradação de ecossistemas. A valorização da biomassa extrativa - Pau Brasil - originaria o nome do próprio país. Num segundo momento, a domesticação de espécies vegetais nativas do continente americano (mandioca, milho, batata, etc.), e a introdução de novos cultivos (cana-de-açúcar, trigo, arroz, etc.) formaria a base alimentar do povo brasileiro e da economia exportadora da colônia. Os recursos hídricos, interiores e litorâneos, se manteriam como principais vias de acesso e circulação ao território nacional, além de alimentarem d' água os diversos núcleos de população estabelecidos no país. A energia eólica seria a principal força propulsora da navegação marítima internacional até o advento da máquina vapor, na Revolução Industrial do século XVIII.

A partir do fim do século XIX, a inovação tecnológica da eletricidade valorizaria ainda mais as fontes hídricas do país. Segundo Maciel e Fabrizy (1996), o florescimento das usinas hidrelétricas se confunde com a história do desenvolvimento municipal no Brasil, remontando o final do século passado. A primeira central hidrelétrica brasileira que se tem registro foi inaugurada em 1883 no rio Ribeirão do Inferno, no município de Diamantina em Minas Gerais, e tinha como função gerar eletricidade para a atividade de mineração, principiando a prática da auto-produção de energia (Maciel e Fabrizy, op. cit.). Do lado da biomassa, sob a forma de lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas e mais recentemente etanol, esta se manteria como importante fornecedora de energia, alimentar ou não, para núcleos urbanos, rurais e industriais até os dias atuais. A energia eólica alimentaria moinhos de bombeamento d' água em regiões litorâneas, na produção de sal. A energia solar, amplamente utilizada na secagem de grãos, passaria a ser utilizada no aquecimento d' água, a partir dos anos setenta e na Produção energia elétrica nos anos oitenta.

Atualmente, apesar do importante crescimento do consumo de combustíveis fósseis na matriz energética nacional, a participação das energias renováveis é ainda bastante significativa. Em 1995, as fontes renováveis respondiam com 66% da produção nacional de energia primária. Os recursos hídricos são responsáveis por cerca de 90% da eletricidade produzida no país. O carvão vegetal brasileiro, 50% de origem renovável, é responsável por cerca de um terço da produção mundial deste energético. Os produtos da cana-de-açúcar atendem a 10,9% da oferta interna bruta de energia primária. O álcool carburante, apesar dos últimos percalços, ainda atende a cerca de 32% do consumo de energia de veículos leves (BRASIL, 1996).

Todavia, para dar continuidade a esta forte participação das energias renováveis na matriz energética brasileira e ampliar o leque de participação de novas tecnologias, como a geração solar fotovoltaica e eólica, foram formulados algumas metas até 2005, apresentadas a seguir.

### **2.2 Metas 2005**

As metas a seguir apresentadas foram estabelecidas para o ano de 2005, em algumas das linhas tecnológicas das energias solar, eólica, de biomassa e das pequenas centrais hidroenergéticas

---

(PCH's). Estas metas representam o consenso de ampla discussão de pesquisadores e profissionais destas áreas, expresso nas declarações de Belo Horizonte, Brasília e São Paulo.

#### **Energia Solar:**

- 50 MW de potência instalada em geração fotovoltaica;
- 3 milhões de metros quadrados de captação termo-solai

#### **Energia Eólica:**

- 1000 MW de potência instalada em geração eólica.

#### **Energia da Biomassa:**

- 3000 MW de potência instalada em co-geração a partir de bagaço de cana-de-açúcar;
- 1000 MW de potência instalada em co-geração a partir de resíduos da indústria de papel e celulose,
- 250 MW de potência instalada em termelétricas a lenha obtida de florestas plantadas;
- 150 MW de potência instalada em sistemas de geração elétrica de pequena escala utilizando óleos vegetais;
- 12 milhões de toneladas de carvão vegetal/ano, sendo todo o acréscimo em relação à produção atual (cerca de 10 milhões de toneladas/ ano) obtido de forma sustentável;
- 18 bilhões de litros/ano de álcool etílico para fins carburantes, ~ 20 milhões de litros/ano de óleos vegetais carburantes;
- 80.000 m<sup>3</sup> de biogás (resíduos urbanos, industriais e rurais);
- 3 milhões de hectares adicionais de reflorestamento com espécies nativas e exóticas.

#### **Pequenas Centrais Hidroenergéticas (PCH)**

- 2500 MW de geração hidrelétrica de pequeno porte.

Estas metas foram propostas a partir do dimensionamento de oportunidades de aplicação nas áreas de energia, integração regional, bem estar social, forças armadas, telecomunicações, transporte, agricultura, educação e saúde.

### **2.3 Ações para o Desenvolvimento das Energias Renováveis no Brasil<sup>15</sup>**

Para atingir as metas citadas anteriormente, as diversas reuniões do Foro Permanente das Energias Renováveis definiram, nos últimos anos, 14 ações a serem cumpridas:

#### **2.3.1 Incentivo à substituição de combustíveis fósseis pela utilização de fontes renováveis de energia nos sistemas isolados**

Criar regulamentação que obrigue a análise de alternativas de sistemas de geração solar, eólica e biomassa, ou híbridos destas fontes (incluindo a geração Diesel) na implantação de novos sistemas ou na eventual substituição dos existentes. Simultaneamente com a introdução de novos sistemas de geração devem ser enfatizadas medidas, técnicas e equipamentos que promovam a conservação e o uso eficiente da energia elétrica produzida.

#### **2.3.2 Incentivo à geração complementar pela utilização de fontes de energias renováveis por produtores independentes e concessionárias**

A ampliação do aproveitamento das energias renováveis esta intimamente ligada a escala de sua aplicação no Brasil. Desta forma, propõe-se a criação de incentivos para sua utilização por produtores independentes e concessionárias. A proposta consiste na obrigatoriedade de compra da

---

<sup>15</sup> Ações oriundas do documento do Foro Permanente das Energias Renováveis (1995) "Declaração de Brasília", que contou com a seguinte comissão de redação: M. Moszkowicz, A. R. Lobo, E. L. La Rovere, I. A. Campos, L. A. H. Nogueira, M. A. Di Lascio, M. A. V. de Freitas, M. T. W. Fagá, O. L. S. Pereira, S. H. F. Cunha e W. Montandon.

energia elétrica gerada por fontes solares, eólicas e de biomassa com tecnologias emergentes, até o limite de 2% da demanda das concessionárias de geração e/ou distribuição de energia elétrica.

### **2.3.3 Desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal com base em recursos da biomassa**

Face a importância da Amazônia Legal para o equilíbrio biológico e climático do planeta, da região apresentar a maior exuberância em biomassa do país e do desconhecimento científico das atividades que valorizem a biodiversidade e a floresta de pé, propõe-se:

- Estabelecer incentivos para a implantação de sistemas de produção integrados de biomassa não lenhosa;
- Incentivar a implementação de sistemas de manejo florestal sustentado;
- Incentivar programas de substituição de óleo diesel por óleo vegetal em motores estacionários de geração de energia elétrica e motores móveis de embarcações.

### **2.3.4 Programa solar para consumidores residenciais**

O emprego de energia solar térmica para aquecimento de água promove a conservação de energia, uma mais adequada distribuição do consumo de energia elétrica ao longo do dia, e a geração descentralizada de empregos na fabricação, instalação e manutenção dos sistemas.

Novas construções: Viabilizar a instalação básica para eletrificação e/ou aquecimento solar de água em casas próprias, financiadas pelo Sistema Financeiro de Habitação, de acordo com as peculiaridades de cada local. O valor do investimento nos equipamentos instalados será incorporado ao financiamento da casa. Todo o projeto que for protocolado junto ao Sistema Financeiro de Habitação deverá identificar claramente se utiliza tecnologia solar, visando obter prioridade na concessão de financiamento.

Construções existentes: Viabilizar a instalação para aquecimento solar de água em casas populares, financiando estas instalações com recursos do PROCEL. O valor do investimento será amortizado em um número de parcelas mensais correspondente à vida útil do equipamento.

### **2.3.5 Irrigação de pequenas propriedades rurais e energização rural utilizando fontes renováveis de energia**

A irrigação e a energização rural, fatores importantes para a melhoria das condições de vida e incremento da produtividade agrícola no meio rural, apresentam amplas possibilidades no Brasil.

O suprimento energético convencional tem sido incapaz de atender adequadamente estas demandas, existindo um número elevado de poços perfurados inoperantes por falta de condições de energização. Neste sentido, recomenda-se a utilização de sistemas de bombeamento e tratamento de água que utilizem como fonte primária as energias solar, eólica e de biomassa, a que for mais adequada a cada comunidade.

A proposta consiste em desenvolver projetos que empreguem efetivamente as energias solar, eólica e de biomassa, tais como: irrigação, bombeamento, aquecimento e tratamento de água, dessalinização, cercas elétricas, conservação de produtos e alimentos, uso em residências, utilizando as linhas de financiamento usuais das instituições de fomento (Governos Estaduais, BB, BNB, BNDES, FINEP, BID, BIRD), assegurando-se que as condições exigidas serão no mínimo, tão favoráveis quanto aquelas disponíveis para financiar as energias convencionais em projetos no meio rural.

Estimular as associações e cooperativas rurais à utilização de fontes de energias renováveis, através da criação de linhas especiais de financiamento com recursos obtidos de instituições de fomento (Governos Estaduais, BB, BNB, BNDES, FINEP, BID, BIRD). Estas linhas de financiamento devem prever também créditos para treinamento dos usuários na instalação, operação e manutenção dos sistemas de geração.

### **2.3.6 Isenção temporária de impostos**

Investimento Inicial: Viabilizar a aprovação de lei que permita a isenção temporária (período de 5 anos) de ICMS e IPI, para equipamentos de geração através de energias renováveis, e de Imposto de Importação, apenas para equipamentos de geração eólica e biomassa, que utilizem tecnologias



emergentes. A partir deste período poderão ser retomadas as alíquotas do Imposto de Importação como forma de favorecer o desenvolvimento de um parque industrial nacional.

Produtor de Energia: Viabilizar a aprovação de lei que permita a isenção temporária (período de 10 anos) de ICMS sobre a energia produzida, para produtores de energia que utilizem fontes renováveis com tecnologias emergentes. A redação deve ainda ser discutida, inclusive a fase da lei 9074 e as perspectivas de mudança com a reforma fiscal em andamento.

### **2.3.7 Priorização do uso de energias renováveis em obras públicas e edificações**

Desenvolver ações conjuntas com o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) e o Programa de Conservação Nacional de Petróleo (CONPET), visando a utilização de energias solar, eólica e de biomassa nas seguintes aplicações:

- Obras Públicas - estimular o uso de energia solar, eólica e de biomassa em obras públicas, visando a conservação de energia, eficiência energética e proteção ao meio ambiente;
- Edificações de uso comum - propor modificação na metodologia de cálculo de demanda contratada para edificações de uso coletivo (centros comerciais, supermercados, escolas, hospitais, edifício de escritórios, etc.), considerando especialmente a redução da carga instalada e seus efeitos no horário de ponta, privilegiando o uso de energias renováveis;
- Edificações - alterar a legislação de uso e ocupação do solo urbano, visando assegurar níveis preestabelecidos de insolação em áreas vizinhas.

### **2.3.8 Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM**

O PRODEEM é um programa criado no âmbito do Ministério das Minas e Energia que tem por objetivo articular suas iniciativas com outros programas de desenvolvimento integrado (educação, saúde, agricultura, meio ambiente, etc.) em execução pelo governo, cabendo a ele o equacionamento da vertente energética destes programas. Desta forma propõe-se: Apoiar o desenvolvimento do PRODEEM de maneira a integrar objetivos sociais, econômicos e de meio ambiente através das energias renováveis; transferir para o âmbito do PRODEEM as informações dos projetos de aplicação de tecnologia solar, eólica e de biomassa que não tenham um Programa específico; divulgar o PRODEEM junto aos governos estaduais e municipais; dotar o PRODEEM de recursos orçamentários da União, de forma a se alcançar os objetivos de multiplicação dos projetos de demonstração que tenham sido bem sucedidos.

### **2.3.9 Desenvolvimento Científico, Tecnológico Industrial em energias renováveis**

Implementar um Programa de Ciência e Tecnologia Sustentável para incrementar a utilização de Energia Solar, Eólica e de Biomassa, assegurando o desenvolvimento econômico regional, a proteção ao meio ambiente e a geração de empregos, em coordenação com setores empresariais. Agir junto aos programas de financiamento e órgãos administradores destes programas, nacionais e internacionais, de forma a priorizar e facilitar o financiamento de projetos de desenvolvimento tecnológico industrial e de pesquisa, desenvolvimento e demonstração, relativos às fontes renováveis de energia.

Para evitar a dispersão dos projetos de fontes renováveis nos organismos de fomento à pesquisa científica e tecnológica, propõe-se criar, no âmbito do CNPq, uma Área de Planejamento Energético & Fontes Renováveis de Energia, com as seguintes sub-áreas: Planejamento Energético, Energia Solar, Energia Eólica e Energia da Biomassa. Paralelamente, o espectro de atuação do atual Programa de Planejamento Energético (PPE) do CNPq deve ser estendido de modo a contemplar as sub-áreas sugeridas anteriormente. Sugere-se também que este procedimento seja estendido a CAPES, FINEP, assim como a outros órgãos de fomento.

Identificar, catalogar e divulgar tecnologias eficientes na produção de calor por queima de lenha e carvão vegetal, visando aumentar a eficiência energética de indústrias cerâmicas, olarias, panificadoras e fogões domésticos.

Desenvolver metodologia para seleção das melhores opções de energização de comunidades rurais com base em levantamentos dos recursos energéticos, alternativas de configuração dos sistemas, avaliação da demanda atual e sua previsão de crescimento, localização das comunidades e suas características sócio-econômicas.

Utilizar o Poder de Compra do Estado de forma a incentivar a implantação de parque industrial de equipamentos e sistemas de geração solar, eólico e de biomassa no Brasil.

### **2.3.10 Educação e treinamento em energias renováveis Incluir noções de Energias Solar, Eólica, Hídrica e de Biomassa**

no programa de ciências do primeiro grau. Introduzir temas de energias renováveis em diversas disciplinas do segundo grau, que contemplem informações sobre a produção e conservação de energia, abordando questões essenciais, como: identificação das formas de energia, recursos energéticos brasileiros, manuseio e uso racional da energia, e custos comparativos entre as fontes energéticas. Em cursos profissionalizantes, dar ênfase em dimensionamento, instalação e manutenção dos equipamentos das renováveis. Criar cursos de reciclagem, extensão e especialização em renováveis. Editar material didático e audiovisual de referência. Selecionar e equipar universidades com instrumental moderno de demonstração testes e pesquisas, para absorção de novas tecnologias das energias renováveis. Introduzir nos cursos de nível superior, capacitação em renováveis, observando os impactos do uso das várias fontes sobre o meio-ambiente e processos industriais.

### **2.3.11 Inventário dos potenciais brasileiros de energias renováveis**

Estabelecer um programa de levantamento sistemático de custos, preços, uso e potencial de energias solar, eólica e de biomassa, disponibilidade de solos e recursos hídricos, fluxos materiais e energéticos, considerando um detalhamento regional e as perspectivas de integração e complementaridade com outros setores. Estruturar uma rede solarimétrica e anemométrica de qualidade visando elaborar os atlas solarimétrico e eólico do Brasil.

### **2.3.12 Desenvolvimento de florestas de múltiplos usos**

Criar linhas de crédito tripartites (governo, sistema financeiro e indústrias/usuários de biomassa) para instalação de amplo programa de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, partindo de módulos florestais em pequenas e médias propriedades rurais. Estas linhas de crédito devem ter estreito relacionamento com o objetivo, de programas para geração de emprego no meio rural e fixação do homem no campo, como o "Comunidade Solidária". Incentivar a criação de cooperativas e associações de pequenos produtores, de modo a viabilizar a disponibilidade do capital e do conhecimento nas unidades de transformação, como: centrais de produção de carvão vegetal e/ou centrais de geração de energia elétrica.

### **2.3.13 Usos regionais de energias de biomassa no transporte em complementação ou substituição a derivados de petróleo**

Motores de ciclo Otto: Incentivar o uso de álcool combustível em movidos à álcool e/ou do álcool em mistura à gasolina em motores à gasolina. Motores diesel: Estimular a substituição ao óleo diesel vegetal e/ou misturas de óleos vegetais ou álcool ao diesel, procurando utilizar a biomassa que melhor se adapte a cada região.

### **2.3.14 Sistemas integrados de desenvolvimento sustentável para produção de energia, alimentos e matérias primas**

Promover o desenvolvimento da biomassa através de projetos de demonstração de: sistemas integrados de florestas plantadas e de biomassa não lenhosa; consorciamento entre culturas perenes e de ciclo curto; e tecnologias avançadas de gaseificação. Os desenvolvimentos devem propiciar a formação de empreendimentos que integram a produção de eletricidade e/ou óleos vegetais, alimentos e matéria prima de maneira sustentável. Incentivar a implementação de um programa para valorizar os resíduos agrícolas, industriais e urbanos da biomassa para a geração descentralizada de energia e fornecimento de matéria prima.

## **3 pequenas Centrais Hidroenergéticas (PCH)**

As metas, ações e diretrizes aqui apresentadas fazem parte dos principais resultados das discussões do "Seminário para a Definição das Diretrizes para o Aproveitamento de Pequenas Centrais Hidrelétricas PCH", realizado no dia 26 de junho no Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - IEE/USP.

Cabe destacar, que durante o encontro e na redação do documento dos resultados deste, os envolvidos no trabalho optaram por substituir o termo Pequena Central Hidrelétrica<sup>16</sup> por "aproveitamentos hidroenergéticos de pequeno porte", ou ainda "pequenas centrais hidroenergéticas", buscando desta maneira contemplar também o aproveitamento direto da energia mecânica produzida pela queda d' água.

As metas físicas das PCH concentram-se na ampliação da geração hidrelétrica para alcançar 2.500 MW até o ano 2006. As outras metas citadas não são quantificadas, todavia, cabe mesmo assim cita-las: substituição da geração dieselétrica de sistemas isolados e atendimento às comunidades e propriedades rurais não energizadas.

As diretrizes dos aproveitamentos hidroenergéticos de pequeno porte seguem parte às identificadas pelas energias solar, eólica e da biomassa, como a de criação de um centro de referência; revisão e compatibilização da regulamentação; integração junto a atores responsáveis; desenvolvimento científico e tecnológico; formas específicas de financiamento e estímulo fiscal; formação de recursos humanos (níveis superior, técnico e básico); e também diretrizes específicas como a revisão do conceito de PCH, considerando os seguintes condições de risco; compatibilização dos aspectos técnicos ambientais, em função das características locais e flexibilização dos limites de potência.

O Plano de Ação dos aproveitamentos hidroenergéticos de pequeno porte destaca a criação de uma rede de laboratórios credenciados para ensaios e certificações e de um centro de referência; do estabelecimento de normas e procedimentos para apresentação de projetos e obtenção de autorização ou concessão; da participação no processo de reestruturação do setor elétrico; da descentralização das atribuições do poder concedente; da regulamentação da figura do produtor independente e do acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição e da comercialização da energia elétrica (incluindo permuta); da base específica de critérios para a avaliação de impacto ambiental; da adequação das legislações ambientais a nível federal, estadual e municipal e da sua integração com o setor elétrico; da revisão das normas técnicas das PCH; da produção, revisão, elaboração e divulgação de documentação técnica na área; da busca de estímulos financeiros e fiscais (redução de IPI, ICMS e imposto de importação), da promoção de cursos de capacitação, treinamento e divulgação; de pesquisas para recuperação, modernização e repotenciação de centrais; do desenvolvimento e disseminação de tecnologias de automação e controle; e do controle de qualidade na fabricação de equipamentos.

## 4 Energia Solar

### 4.1 Energia Solar Térmica

O uso direto da energia solar para o aquecimento d' água, ambientes, secagem de grãos e etc. é uma das principais opções de valorização das energias renováveis. As principais aplicações tecnológicas dos sistemas de produção de calor solares visam: aquecimento de um fluido (água ou não)<sup>17</sup> secagem de alimentos ou produtos (secadores solares); destilação d'água (destiladores solares); e cocção de alimentos em fogões e fornos solares.

Até 80° C são utilizados coletores planos simples. Entre 80 e 250 ° C, costuma-se a usar tecnologias e materiais sofisticados, como os coletores a vácuo (tubos evacuados) e os coletores concentradores lineares. Existem ainda, em fase experimental, sistemas concentradores parabólicos e de torre, capazes de obter temperaturas da ordem de 2° C.

No Brasil, apesar da falta estímulo governamental ao desenvolvimento da tecnologia de coletores solares, o número de instalações efetuadas ao ano tem se ampliado desde o fim dos anos setenta. De 1980 a 1995, as vendas aumentaram de 60.000 m<sup>2</sup> para 160.000 m<sup>2</sup> de coletores/ano. Segundo a ABRVA (1996), este êxito deve-se a parceria entre fabricantes nacionais, centros de pesquisa, universidades e concessionárias de energia elétrica. O preço médio do m<sup>2</sup> dos coletores solares foi reduzido de cerca de 500 US\$ em 1983 para 250 US\$ em 1995.

<sup>16</sup> Segundo a Portaria DNAEE 136, de 06/10/87, são consideradas PCH's as centrais elétricas de potência instalada total até 10.000 kW e potência máxima, por gerador de 5.000 kW (limite superior máximo da produção nacional de pequenos fabricantes de turbinas e geradores).

<sup>17</sup> Temperaturas baixas- até 80° C destinada ao aquecimento d' água para o banho, lavagem de roupas, piscinas, etc.; temperaturas médias - de 80 a 180° C e temperaturas altas - de 180 a 250° C destinadas a usos industriais, ou seja, calor para o processamento de tintamentos, plásticos, têxteis, papel e celulose etc.



Neste sentido, é importante salientar que mais de 6% do consumo de energia elétrica brasileiro é destinado ao aquecimento d'água no setor residencial. Segundo a Eletrobrás, o aquecimento d'água é responsável por 26% do consumo final de eletricidade do setor residencial. O uso de chuveiros elétricos, presentes em quase 70% dos lares brasileiros, ocasiona um elevado pico na curva de carga do sistema elétrico nacional. Sua elevada potência (4.400 a 8.200 W) e a concentração do horário de uso acarretam elevados investimentos para o setor elétrico. Segundo a Diretoria de Operações da Eletrobrás, na hora do pico - entre 18:00 e 20:00 h, os chuveiros elétricos são responsáveis por quase 20% do consumo nacional de eletricidade.

Ainda segundo a ABRAVA (op. cit.), os sistemas de aquecimento solar podem ser instalados a um custo total inferior a US\$ 60,00/MWh. A expansão do sistema, contabilizando os custos marginais de expansão na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, custa pouco acima de US\$ 100,00/MWh. Do ponto de vista da potência instalada, é importante lembrar que os chuveiros que tem um preço ao consumidor final na faixa de US\$ 15,00 e potência de 4.400 W, representam para o setor elétrico um custo médio por kW instalado de US\$ 2.000,00.

Também nos projetos de eletrificação rural o coletor solar pode ser instalado. A redução da demanda de pico das residências do campo pode reduzir o custo da linha de distribuição, que pode ser do tipo monofásica.

#### 4.1.1 Propostas de ações e programas

- Inserção efetiva do aquecimento solar em residências de baixa renda, hospitais, escolas, creches, entre outros;
- Substituir chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar visando uma redução de demanda de ponta de 2.800 MW e 1.800 GWh do consumo de energia elétrica;
- Atendimento com aquecimento solar a 90% dos 10.000 mil novos apartamentos previstos na área de turismo nacional;
- Em Ciência e Tecnologia, apoio ao desenvolvimento experimental com reequipamento de laboratórios, implantação de redes temáticas, desenvolvimento de projetos de pesquisa cooperada (universidades, empresas, centros de pesquisa) e concessão de bolsas de estudo no país e no exterior;
- Atender com aquecimento solar a 30% das novas habitações urbanas e rurais previstas no país;
- Criação de um programa nacional de divulgação e treinamento.

#### 4.2 Energia Solar Fotovoltaica<sup>18</sup>

O aproveitamento da energia solar fotovoltaica está baseada no fenômeno de transformação da radiação solar em corrente elétrica (fenômeno fotovoltaico). A energia elétrica assim obtida pode ser imediatamente consumida ou armazenada em acumuladores (baterias). Devido a intermitência da fonte primária, na maioria das aplicações é necessário a estocagem da energia produzida.

No Brasil a pesquisa em energia solar fotovoltaica, em quase sua totalidade, esteve restrita às universidades e centros de pesquisa, que fundamentalmente vem dedicando esforços à pesquisa básica em células solares e novos materiais. A seguir é mencionado, brevemente, alguns dos grupos de pesquisa que vem realizando atividades relacionadas com o desenvolvimento de células fotovoltaicas.

O Laboratório de Microeletrônica da USP, ligado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica; laboratório de sensores do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) de São José dos Campos, Laboratório de Conversão Fotovoltaica, da UNICAMP, laboratório de Microeletrônica e Células Solares, do IME, laboratório de Materiais e Interfaces, da COPPE. Existem em outras universidades, com grupos de pesquisadores, que também se dedicam ao estudo de células fotovoltaicas.

Atualmente, vários grupos estão dedicando esforços em pesquisa aplicada e na formação de recursos humanos em sistemas fotovoltaicos, através da instalação de sistemas de demonstração e da monitoração dos mesmos. Esta monitoração inclui a pesquisa sócio-econômica, aspectos operacionais e

<sup>18</sup> Resumo do documento denominado "Programa Brasileiro das Energias Renováveis Solar Fotovoltaica (1996)", elaborado por Roberto Zilles (IEE/USP), Murilo T. W. Fagú (IEE/CISP), M. C. Fedrizzi - IEE/IJSP, Ivonice Aires Campos (MCT) et al. (Zilles, 1996).

desempenho técnico. E de acordo com as "Perspectivas Tecnológicas de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil", documento apresentado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) no II Encontro para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica e de Biomassa, são citados os grupos da: Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade Federal da Paraíba; Universidade de São Paulo; CEPEL; CHESF; CEMIG; COPEL; CELPE; COELCE; COELBA. Existem vários outros grupos dedicados ao estudo e implementações de sistemas, muitos deles, em cooperação com entidades internacionais. Alguns Estados já criaram um comitê ou secretaria para tratar das Energias Renováveis.

Já módulos fotovoltaicos começaram a ser produzidos no Brasil pela Fone-Mat, a partir de células importadas, em 1979. Em 1980 instaurouse no Brasil a única empresa de capital e tecnologia nacional, a qual iniciou suas atividades no desenvolvimento de sistemas solares térmicos. Entre 1983 e 1984, a Heliodinâmica S.A. começou a produzir substratos de silício, células solares e sistemas fotovoltaicos. Na época da implementação da Heliodinâmica, passou a vigorar no Brasil a chamada "lei de informática", com a finalidade de preservar o mercado interno aos fornecedores nacionais de equipamentos e programas para computadores. Essa lei, cuja discussão levantou muita polêmica, pretendia oferecer um "prazo" às empresas nacionais para se equipararem ao mercado internacional, suportando assim a concorrência com as grandes empresas mundiais, que cedo ou tarde também entrariam no atrativo mercado interno. Como os produtos da microeletrônica são feitos com silício, os equipamentos fotovoltaicos e portanto, o produto da atividade industrial da Heliodinâmica foi incluído na lei, e todo o mercado consumidor interno ficou reservado à empresa. No entanto, essa aparente vantagem não foi capaz de garantir estabilidade financeira a essa empresa, por motivos que devem ser discutidos com profundidade.

A tabela 1 apresenta a evolução da produção de módulos fotovoltaicos entre 1989 e 1995, em MWp por países. Pode-se observar o crescimento da produção ocorrido em todos os países com exceção do Brasil (Heliodinâmica). Uma discussão mais detalhada sobre a importância estratégica na produção de módulos deve ser considerada por este foro.

**Tabela 1 - Produção Anual de Módulos Fotovoltaicos em MWp.**

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
EUA	14,1	14,8	17,1	18,1	22,4	25,6	34,7
Japão	14,2	16,8	19,9	18,8	16,7	16,5	19,2
U. Européia	7,9	10,2	13,4	16,4	16,5	16,7	21,1
Resto do Mundo	4,0	4,7	5,0	4,6	4,4	5,6	6,3
Heliodinâmica	0,6	0,6	1,0	0,5	0,5	0,1	0,1

Fonte: Zilles et al. (19961).

De acordo com a tabela a participação nacional na produção mundial de módulos passou de 1,6% em 1989 para 0,13 % em 1995.

Em termos de Programas de Fomento e Implementações na área do solar fotovoltaica pode-se destacar:

- outubro de 1989 - lançado o PROSOLAR, plano nacional voltado a intensificar o uso da energia solar, com o objetivo de preparar o "sistema tecnológico" brasileiro para o desenvolvimento do mercado de energia solar, previsto em todas as projeções mundiais;
- início dos anos noventa, fim da "lei de informática", indústrias fotovoltaicas de todo o mundo, iniciam articulações visando sua entrada no mercado brasileiro<sup>19</sup>. Na mesma época, o governo alemão, através da GTZ, desenvolve o "Programa Eldorado", através do qual fornece financiamento, na forma de equipamentos e assistência técnica, a projetos fotovoltaicos e eólicos. O programa é implementado em cinco países em desenvolvimento, selecionados segundo critérios do governo alemão, e para cada país foi designada uma indústria fornecedora. No caso do Brasil, nas aplicações fotovoltaicas foi escolhida a Siemens, da Alemanha;
- Novembro de 1990, primeiro Encontro Brasil-Comunidade Econômica Européia sobre Tecnologias de Energia Solar, promovido pelo MME e a CEE no Centro de Treinamento da CAEEB-Companhia Auxiliar às Empresas Elétricas Brasileiras;

<sup>19</sup> Retirada de barreiras alfandegárias às importações de equipamentos de informática em outubro de 1992

- A Siemens Solar International prepara a comercialização no Brasil, e passa a atuar inicialmente comercializando equipamentos produzidos em suas fábricas norte-americanas. A Solarex, dos Estados Unidos, através da BR Solar, também passa a disputar o mercado interno. Seu alvo preferencial são as empresas de telecomunicações e as empresas de energia;
- Setembro de 1992, Workshop de Energia Fotovoltaica, realizou-se no Rio de Janeiro, sob patrocínio da Eletrobrás/CEPEL, com representantes das empresas do grupo Eletrobrás, de Centros de Pesquisa e de Universidades;
- Abril de 1994, I Encontro para o Desenvolvimento da Energias Solar e Eólica no Brasil, com o apoio do MCT/FINEP, MME e CEMIG;
- Novembro de 1994 foi fundada a Associação Brasileira de Empresas de Energias Renováveis-ABEER, por representantes de empresas que atuam no segmento de Energia Renovável e Eficiência Energética no Brasil;
- 1995, criado o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sergio Brito (CRESESB) no Rio de Janeiro no CEPEL.

De acordo com as informações divulgadas pelo CRESESB, os seguintes projetos no âmbito da Cooperação Internacional e com recursos financeiros inteiras nacionais foram e estão sendo implementados, ver tabela 2.

O desafio atual para o desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil, no momento atual, é o preço de mercado do kWp instalado da ordem de US\$ 9000 (módulo e demais componentes do sistema). Para os merca

dos atualmente competitivos isto é, a energização rural em comunidades isoladas, (residências, escolas, postos de saúde e centros sociais), o preço dos módulos fotovoltaicos não é um obstáculo definitivo, porém a oferta dos equipamentos por parte da indústria nacional ainda não apresenta competitividade econômica com os similares recentemente adquiridos no mercado internacional.

**Tabela 2 - Projetos Fotovoltaicos em Cooperação Internacional e com Recursos Nacionais (executados e em execução)**

Projetos em cooperação (A)	Fotovoltaico (kWp)
<b>Projetos em cooperação (A)</b>	
GTZ - Alemanha	14,45
NREL - 1 - USA/COELCE-CELPE	67,36
NREL - 2 - USA/COELCE-CELPA-CEAM-CEMIG-CEAL-CEB	108,5
Eldorado - Alemanha/CELPE	59,5
SOS, PG-Bélgica/APAEBB	0,6
IPADE/AECI - Espanha	2,18
IES - Espanha/USP	0,336
AEDNAT - Espanha/USP	<b>0,720</b>
<b>Subtotal (A)</b>	<b>253,6</b>
<b>Projetos com recursos nacionais (B)</b>	
COELBA	0,721
CESP	6,220
CEMIG	1,470
LIGHT	0,817
PRODEEM	33,25
<b>Subtotal (B)</b>	<b>42,5</b>
<b>Total (A + B)</b>	<b>296,1</b>

Fonte: Zilles et al. (1996) e CRESFSB.

**Tabela 3 - Resumo das Propostas do Foro para Energia Solar Fotovoltaica**

Setor	Ação	Potên. (MWp)	Aplicação	Estimativa da População Beneficiada*
Energia	Energização Rural	24	48000 sistemas	4.000.000
Recursos hídricos	Defesa contra a seca	0,3	1000 poços	250.000
Agricultura	Reforma Agrária	1	2000 sistemas	100.000
Educação	Radiodifusão	1	2000 sistemas	200.000
Educação	Ensino Regular	0,5	1000 escolas	250.000
Educação	Comunidade Indígena	0,25	500 escolas	125.000
Meio Ambiente	Proteção, Fauna e Flora	1	2000 sistemas	200.000
Meio Ambiente	Produção Agrária	0,5	250 sist. prod	625.000
Meio Ambiente	Programação Especial	0,025	50 escolas	125.000
Meio Ambiente	Programação Especial	0,025	50 escolas	125.000
Meio Ambiente	Programação Especial	1	200 sist. comuni.	não determ.
Meio Ambiente	Programação Especial	8	800 sist. híbridos	1.600.000
Meio Ambiente	Controle de Poluição	0,01	5 sistemas	4 batalhões

Fonte: Zilles et al. (1996).

\* População beneficiada direta e indiretamente.

Em relação as perspectivas da energia elétrica de origem solar, as tabelas 3 e 4 apresentam um resumo das ações, objetivos e metas, previstas no Plano Plurianual do Foro Permanente das Energias Renováveis por área, como potencialmente suscetíveis à inserção da energia solar fotovoltaica e os recursos necessários para realização destas propostas.

**Tabela 4 - Recursos Necessários para Realização das Propostas**

	1997	1998	1999	2000	Total
Potência a ser instalada	3 MWp	6 MWp	9 MWp	20 MWp	38 MWp
Recursos (R\$)	47 x10 <sup>6</sup>	96 x10 <sup>6</sup>	144 x10 <sup>6</sup>	320 x10 <sup>6</sup>	R\$607 x10 <sup>6</sup>
Recursos p/ C&T (R\$)	6,9 x10 <sup>6</sup>	6,9 x10 <sup>6</sup>	6,9 x10 <sup>6</sup>	6,9 x10 <sup>6</sup>	R\$27,6 x10 <sup>6</sup>

Fonte: Zilles, et al. (1996)

## 5 Energia Eólica<sup>20</sup>

É a partir da radiação solar que ocorre a circulação atmosférica em larga escala, originando os ventos. Portanto, os ventos são causados primariamente pelo aquecimento desigual da superfície da Terra pelo Sol. Nos continentes, além, da diferença de albedo entre as superfícies, o vento é diferente para praticamente cada local, devido aos efeitos combinados de viscosidade do ar, turbulência, relevo e características de rugosidade da superfície. Os ventos influenciam na formação de ondas nos oceanos; nas formas rochosas esculpidas por erosão eólica; na formação e transformação das dunas e desertos espalhados cobrindo áreas rochosas ou com vegetação; na proliferação de espécies vegetais, e no perfil da vegetação inclinada em regiões de ventos fortes e constantes (Coimbra, 1996).

A nível mundial, no início dos anos 80 iniciou-se um grande desenvolvimento na indústria de turbinas eólicas para a produção de eletricidade.. com destaque para a Califórnia (EUA) e Dinamarca. Estes dois países juntos detinham 90% de todas as turbinas eólicas instaladas no mundo até o ano de 1991. Hoje existem cerca de 25.000 turbinas eólicas em operação no planeta, perfazendo uma capacidade instalada de 5.000 MW. Em 1994. a distribuição da capacidade instalada em energia eólica era de 3.734 MW. indicando um crescimento de mais de 33%, dividido entre a Europa (45,1 %). a América (48,4%) a Ásia (6,4%) e outros países (1,1 %). Até o ano 2000 prevê-se o aumento de mais de 10.000 MW de capacidade instalada em. todo o mundo. Os investimentos em equipamentos são orçados em cerca de US\$ 10 bilhões para o período de 1995 a 2000.

<sup>20</sup> Resumo do documento denominado "Plano Brasileiro de Energia Eólica" coordenado pelo Prof. Everaldo Feitosa e pela Enga. Gisele Marins de Farias do Grupo de Energia Eólica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco (Feitosa, 996).

As turbinas eólicas produzem eletricidade a custos competitivos com outras formas de geração elétrica (termo e hidroelétricas). Atualmente, os custos da geração eólica se situam entre 40 e 60 US\$/MWh. As primeiras turbinas eólicas em escala comercial tinham potências nominais entre 10 e 50 kW. No início da década de noventa, as potências das máquinas aumentaram para a faixa de 100 a 300 kW. Atualmente, a maioria dos fabricantes de grandes turbinas oferecem modelos de 300 a 750 kW. Vários protótipos de 1 MW e 1,5 MW estão em funcionamento em vários países, indicando que a tendência dos próximos anos é de utilização de turbinas eólicas a partir de 1 MW de potência nominal. Em relação a estrutura das turbinas, nos últimos dois anos 65% das turbinas eólicas instaladas foram do tipo dinamarquesa, de eixo horizontal, três pás, rotação constante e componentes rígidos. A grande perspectiva para os próximos anos é a utilização de rotação variável nas turbinas eólicas com característica de projeto dinamarquesa.

No Brasil, a primeira turbina eólica de grande porte foi instalada na Ilha de Fernando Noronha e opera desde 1992, proporcionando uma economia de óleo diesel da ordem de 70.000 litros anuais. O sistema híbrido eólico/diesel da Ilha conta com uma turbina eólica de 90 kW, rotor de 17 m de diâmetro e torre com 24 metros de altura. Uma nova turbina de 150 kW de potência nominal esta sendo instalada com finalidade de aumentar a economia de óleo diesel.

A primeira central eólica do país foi implantada em Minas Gerais com capacidade nominal de 1 MW. A eletricidade gerada pelas quatro turbinas eólicas de 250 kW cada é inserida na rede elétrica existente da região de Diamantina - MG.

Já no Ceará deverá implantada a maior central eólica da América Latina, com capacidade instalada de 60 MW. Estudos indicam que com esta central 8% da eletricidade consumida pelo setor residencial de Fortaleza será de origem eólica. Este projeto, envolvendo recursos da ordem de 100 milhões de US\$, deverá ser iniciado ainda em 1997.

As metas do Foro Permanente para energia eólica é de atingir uma capacidade instalada de 1.000 MW até 2005.

Em 1996, foi inaugurado o Centro Brasileiro de Testes de Turbinas Eólicas em Olinda (PE). Inicialmente uma turbina eólica de 30 kW com rotor de 3 pás, 13 m de diâmetro foi conectada à rede elétrica para pesquisas de desempenho e qualidade de energia gerada. Duas outras turbinas estão sendo instaladas no Centro. Uma de potência nominal de 225 kW com 29 metros de diâmetro e torre de 30 m de altura, que com apoio de um sistema informatizado realizará análises de aerodinâmica e aeroclástica da turbina, determinará curvas de potência, rendimento, qualidade de energia, etc. Uma outra terá 1,5 kW de potência nominal será instalada para pesquisas de sistemas eólicos de pequeno porte para bombeamento d' água, eletrificação rural, "postos de bateria", tratamento d' água e outros.

São previstos a realização de 8 grandes projetos nacionais eólicos com necessidade de recursos de cerca de R\$ 150 milhões, ou seja: o Programa Nacional para Levantamento Eólico - Atlas Eólico do Brasil, recursos de R\$ 6,5 milhões; Geração de Eletricidade através de sistemas híbridos eólico/diesel de grande porte em regiões isoladas do Brasil (ilhas e vilas), recursos necessários R\$ 60 milhões; aplicações produtivas de bombeamento e dessalinização d'água, R\$ 23 milhões para a instalação de 300 sistemas; sistemas híbridos eólica/solar p/ eletrificação rural, R\$ 19,6 milhões; desenvolvimento de turbinas eólicas adaptadas as condições de vento do Brasil, R\$ 25 milhões; desenvolvimento de programas computacionais e instrumentação aplicados ao projeto de sistemas e componentes, R\$ 2,5 milhões; implantação de centros/laboratórios para desenvolvimento, testes e normalização de turbinas eólicas e seus componentes, R\$ 12 milhões; incentivo à educação e divulgação, R\$ 2,5 milhões.

## 6 Energia da Biomassa<sup>21</sup>

A importância da biomassa como objeto de estudo tornou-se inegável na sociedade moderna. No Brasil, em 1995, os recursos da biomassa respondiam com cerca de 28% da produção total de energia primária, superando inclusive toda a produção nacional de combustíveis fósseis (26,8%). O carvão vegetal brasileiro é responsável por cerca de um terço da produção mundial deste energético. Os produtos da cana-de-açúcar contribuirão com aproximadamente 13% da produção primária de energia do país. O uso da biomassa sucro-alcooleira distingue o Brasil como detentor de um dos mais importantes programas de geração renovável de energia do planeta. O álcool carburante, apesar dos últimos percalços, ainda atende a cerca de 32% do consumo de energia de veículos leves. Como

<sup>21</sup> Resumo do documento denominado "Programa Brasileiro das Energias Renováveis | Biomassa (1996)", elaborado por José Roberto Moreira (CENBIO), Francisco Corrêa PEN/CNEN & CNPq e Marcos A. V. de Freitas (PPE/COPPE/IJFRJ & CNPq).



exemplos semelhantes no exterior pode-se citar ações da International Energy Agency da Organização Econômica de Cooperação para o Desenvolvimento (IEA - OECD) e do Painel Intergovernamental de Mudanças Climática das Nações Unidas (IPCC- ONU). O primeiro tem inúmeros projetos de desenvolvimento da energia de biomassa e o segundo conseguiu a aprovação das Nações Unidas no relatório que prevê o uso crescente de biomassa no mundo.

A tendência histórica nos países desenvolvidos foi substituir combustíveis derivados de biomassa por, fósseis (Nakicenovic et al. 1993). Há, entretanto, um renovado interesse desses países na biomassa energética que aponta uma participação maior da biomassa na matriz primária de energia no futuro próximo (WEC, 1993; Johansson et al, 1993; IPCC, 1995). Biomassa tem sido usada, por exemplo, na geração de eletricidade e no programa gasohol nos EUA (Robertson and Shapouri, 1993), no PROALCOOL no Brasil (Goldemberg et al. 1993), no aquecimento distrital na Áustria e Dinamarca (Woods and Hall, 1993) e em outros países.

O Brasil tem todas as características necessárias para aumentar ainda mais sua produção comercial de biomassa energética, como já ocorre com etanol, carvão vegetal e lenha, através de plantações. O desmatamento ocorrido na Amazônia tem sido causado, não pelo consumo energético da biomassa, mas sim pela abertura de pastos, exploração de madeiras nobres e valorização da terra. Embora a produção de carvão vegetal tenha destruído muitas florestas naturais, hoje, por exigência legal e pela exaustão de reservas, sua produção implica no aumento de florestas plantadas.

Os programas de biomassa tem gerado um número superior a um milhão de empregos com investimento unitário inferior a outros setores da economia.

Modernas tecnologias para uso de biomassa energética incluem cogeração de energia elétrica nos setores de papel, celulose, açúcar e álcool, produção de etanol (Pró-álcool) e carvão vegetal de florestas plantadas. O uso de biomassa energética aumenta a oferta de empregos e a riqueza no campo, reduz o gasto de divisas estrangeiras na importação de petróleo e contribui para reduzir o efeito estufa ao substituir combustíveis fósseis.

Todavia, a avaliação rigorosa do potencial de uso da biomassa no Brasil é de fundamental importância, já que os estudos realizados até o presente momento nesta área apresentam resultados controversos. Sendo assim, uma das principais ações do Foro Permanente das Energias Renováveis foi a de criação do CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa, que tem como meta promover o uso da biomassa como fonte eficiente de energia no país, mediante o desenvolvimento de atividades de pesquisa, demonstração e divulgação dos resultados obtidos.

Criado no fim do ano de 1996, o CENBIO tem relação direta com estes temas. Oriundo das diretrizes da Plano Nacional de Energias Renováveis (Declaração de Brasília, de 1995), o Centro Nacional de Referência em Biomassa é sediado pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP), sendo uma iniciativa conjunta do Foro Permanente de Energias Renováveis, do Ministério de Ciência e Tecnologia, do Governo do Estado de São Paulo, do Biomass Users Network (BUN) e da USP, com apoio de diversas instituições do país.

### **6.1 Biomassa no Brasil - situação atual**

#### **Produtos da cana-de-açúcar**

O Programa Nacional do Alcool, ou PROÁLCOOL, foi criado em novembro de 1975, com o objetivo de substituir a gasolina no transporte de passageiros em automóveis. Dentre as razões de sua implantação, podem ser citadas as seguintes:

- a) o esforço para economizar moedas estrangeiras devido ao alto preço do petróleo e sua crescente participação na pauta de importações à época;
- b) a redução dos prejuízos dos produtores de açúcar em face das baixas cotações desse produto no mercado internacional; e
- c) o atendimento aos interesses da indústria automobilística.

Nos últimos anos porém, a queda de preço do seu principal concorrente no mercado internacional - o petróleo e a desordem empresarial e institucional nacional tem provocado uma forte instabilidade, naquele que pode representar um dos maiores programas de geração de empregos (cerca de 700.000 empregos diretos) e seqüestro de carbono no setor energético a nível mundial.

Recentemente, na reunião mundial Habitat II em Istambul (1996), que discutiu problemas e soluções para aglomerações urbanas de todo o planeta, o parágrafo 101 E ressalta:

Incentivar os países, em particular os países em desenvolvimento, a cooperarem com o intercâmbio de conhecimentos, experiências e informações técnicas sobre a eliminação gradual da gasolina com o chumbo e aditivos poluentes, mediante, entre outras coisas, a utilização de etanol da biomassa como substituto racional do ponto de vista ecológico.

O etanol de cana é um potente redutor do efeito estufa já que:

a) o dióxido de carbono produzido desde a queima na pré-colheita, passando pelo processamento da cana até seu uso final como combustível é inteiramente reciclado pelo processo da fotossíntese na cultura seguinte;

b) o processo produtivo é praticamente auto-suficiente energeticamente (Goldemberg et al. 1993).

Neste sentido, cabe destacar que desde sua implantação até os dias atuais o setor sucroalcooleiro buscou uma valorização cada vez mais integrada dos produtos e subprodutos da cana-de-açúcar afim de melhorar o seu rendimento econômico e reduzir impactos ambientais.

Do lado econômico, os subprodutos mais importantes são: o bagaço, o vinhoto, a torta de filtro e a levedura. Uma tonelada de cana-de-açúcar crua tem a seguinte composição média (Cortez, 1992): 14% de fibra, 12% de pol (sacarose), 3% de impurezas e os 71 % restantes de água. A título de ilustração, uma tonelada de cana-de-açúcar moída rende 250 kg de bagaço (média de 50% de umidade, 48% de fibras e 2% de sólidos solúveis) podendo atender a demanda energética na usina e também a cogeração de energia elétrica<sup>22</sup>.

Espera-se que o governo possa estabelecer uma política de preços realista para o álcool, refletindo custos efetivos e ganhos de produtividade do setor; adotando mecanismos institucionais que permitam a tributação diferenciada dos energéticos, nos níveis federal e estadual, reconhecendo a importância ambiental, social e estratégica para o país e estados; garantir a aplicação da Lei No. 8.176/91, de 08/02/91 (Decreto n. 238, de 24/10/91) que determina a implantação do Sistema Nacional de Estoques Combustíveis - SINEC; estabelecendo acordos setoriais com a indústria automobilística para a produção de carros a álcool, etc. Proporcionando, como principais consequências, apoio social e ambiental, recuperação da credibilidade do programa, redução de riscos de desabastecimento, aproveitamento de oportunidades no mercado internacional, elevação dos preços da gasolina e do álcool aos consumidores e consequente eliminação de subsídios indiretos.

### **Lenha e carvão vegetal**

O consumo total de lenha atingiu um pico de 107 milhões de t em 1984 e estabilizou-se ao redor desse valor até 1989. Declinou então para 83 milhões de t em 1993. Seu consumo se divide em: produção de carvão vegetal, 40%, uso residencial, 30%, uso industrial, 20%, e usos agrícolas, 10% (Brasil, 1995). Em todos esses setores, o consumo de lenha tem diminuído. O uso residencial e rural de lenha é pequeno e espalhado tendo problema de suprimento apenas no Nordeste (Ab'Saber, 1990).

Na Amazônia, somente uma pequena parte do desmatamento é devido ao consumo de lenha. A maior parte do desmatamento ocorre pela queima intencional da floresta para a abertura de pastos, embora também ocorram incêndios naturais. Outras atividades que causam desmatamento são: coleta de madeira nobre, agricultura itinerante e perene, hidroelétricas e mineração (Freitas, 1994). Além disso, muitos donos de terra desmatam suas terras para valorizá-las (terras sem árvores e raízes valem cerca de 50% a mais do que terras com florestas naturais). Em algumas áreas, aonde há mercado, parte da mata da área a ser limpa é utilizada na produção de carvão vegetal. Uma das estratégias viáveis para a Amazônia é a implantação de projetos de valorização energética integrada dos recursos renováveis de biomassa. Sendo que, para uma melhor avaliação do tipo de valorização a ser empreendida, é necessário uma análise que integre o enfoque regional e favoreça a elaboração de ações descentralizadas e diferenciadas de geração de energia. Esse tipo de estratégia poderá contribuir com a implantação de um desenvolvimento sustentável na região e, ao mesmo tempo, utilizar as tecnologias de produção de energia ligadas ao uso de biomassa: renovável nos trópicos, atualmente marcadas por uma grande incerteza com; respeito ao acesso de comunidades da Amazônia à essas tecnologias e a

<sup>22</sup> Em termos de energia uma tonelada de cana-de-açúcar crua corresponde a 1.012 Mcal - 560 Mcal em 250 kg de bagaço, 392 Mcal em 70 litros de álcool e 60 Mcal em 11.830 litros de biogás (Cortez, 1992).

garantia de suprimento em recursos vegetais renováveis por parte do meio ambiente. É importante destacar também, a necessidade de um melhor detalhamento nas metodologias e técnicas de manejo sustentado, em áreas da floresta nativa, e do plantio de florestas, em áreas degradadas da região (Freitas et. al., 19961).

Já o carvão vegetal é produzido através da pirólise de lenha a uma razão de 3 t/lenha para cada t de carvão. É interessante notar que cerca de 43-48% da lenha consumida no país se dá na produção de carvão. Cerca de 90% do consumo de carvão vegetal no Brasil é industrial, sendo que 77% deste valor é utilizado na redução e aquecimento de ferro na produção industrial de ferro gusa e aço. O pico de consumo de carvão vegetal ocorreu em 1989 (11,6 milhões de t) caindo continuamente até 1993 (8,0 milhões de t). Esse declínio é uma consequência do aumento do custo na produção de carvão devido aos novos requisitos da legislação federal (Decreto No. 97.628 de 04/1 Z/89), o qual exige as seguintes percentuais de carvão sejam obtidas de reflorestamentos:

---

1989 – 40%	1990 - 50%	1995 - 100%
------------	------------	-------------

---

Contudo, o mesmo decreto permite a produção de até 20% do carvão vegetal a partir do uso de resíduos florestais e, conseqüentemente, na prática, a produção máxima de carvão de reflorestamentos será de 80% (Woods and Hall, 1993). De acordo com a ABRACAVE (ABRACAVE, 1995), carvão vegetal de florestas plantadas contribuiu com 54% do suprimento total em 1994.

O custo de produção do carvão vegetal depende fortemente do preço da terra, do tipo de solo, do rendimento e topografia. O seu valor médio em 1992 correspondeu a US\$ 25/ m' de carvão (3,5 US\$/GJ), sendo que o transporte acrescentou US\$ 0,0125/( m3.km) acarretando preços finais da ordem de 3,8-4,4 US\$/GJ (Rosillo-Calle et al. 1992).

Uma alternativa interessante para reduzir o custo da terra nos projetos de reflorestamento tem sido as iniciativas do tipo fazendeiro florestal, onde o governo e os empresários do setor fornecem a estabelecimentos agrícolas interessados, recursos e apoio técnico à aquisição de sementes, plantio de árvores, tratos silvícolas e comercialização dos produtos.

Há, atualmente, dois pontos negativos para o carvão vegetal: a abertura da economia vem baixando o preço do coque importado e, simultaneamente, a legislação ambiental vem aumentando os custos de produção do carvão vegetal. conseqüentemente, mesmo com sua melhor qualidade como insumo para a produção de ferro gusa e aço, o carvão vegetal vem perdendo terreno para o coque metalúrgico importado. A produção integrada de carvão vegetal e eletricidade proposta pela Eletrobrás merece um programa de desenvolvimento tecnológico para verificar sua viabilidade comercial.

O Brasil tem cerca 3,9=6,2 milhões de ha reflorestados com eucaliptos, pinho e outras espécies (Hall et al. 1993; de Jesus, 1990). Melhorias na preparação do solo, plantio, método de cultivo, seleção de espécie, e o controle de pestes, doenças e propagação de incêndios, contribuíram para levar o rendimento a atingir 30-44 m3/(ha.ano) (Hall et al. 1993). Um estudo mostrou que o uso de um terço da área do Nordeste 50 milhões de ha - no plantio de biomassa, com rendimento de 12,5 t seca/ (ha. ano), poderia gerar cerca de 1500 TWh/ano - 6 vezes o total gerado no Brasil em 1990 - através de tecnologia em desenvolvimento BIG/STIG<sup>23</sup> (Carpentieri et al. 1992). É importante frisar que no Sudeste o rendimento agrícola é muito maior do que no Nordeste pelo maior índice pluviométrico, o que significa menores custos de produção.

### **Óleos vegetais**

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna remonta ao início da operação satisfatória do motor diesel em fins do século passado. Rudolf Diesel projetou em 1896 seu primeiro motor, com eficiência da ordem de 26%, e testou-o com petróleo, álcool e, em 1900, com óleos vegetais. Razões de natureza econômica, principalmente maior custo e menos disponibilidade frente aos derivados de petróleo, levaram ao quase completo abandono dos óleos vegetais como combustíveis.

---

<sup>23</sup> Gaseificação de biomassa (BIG) c turbinas a gás com injeção de vapor (STIG)

Atualmente, o consumo de óleo vegetal para fins energéticos é tão insignificante que nem é considerado na matriz energética brasileira, apesar de ser amplamente produzido e consumido para fins alimentícios e químicos.

Enquanto no passado, pesquisas foram feitas em várias partes do mundo buscando adaptar óleos vegetais, através de sua transesterificação, para sua utilização em motores a diesel, há atualmente, motores que podem funcionar tanto com diesel como, também, com óleos vegetais in natura. Esses motores estão sendo testados comercialmente, inclusive no Brasil (CEMIG, 1.995), em pequenas vilas (com até 100 residências) distantes demais para serem ligadas à rede elétrica. O princípio que norteia esses testes é que seria mais barato produzir-se localmente óleos vegetais, sem custos associados para seu transporte, juntamente com outros subprodutos, do que a compra de óleo diesel com seu alto custo de transporte associado. Além disso, o dinheiro circularia localmente nessa atividade (Moreira, 1995).

É possível que essa alternativa seja válida também para localidades isoladas maiores, com até 20 mil habitantes, na região amazônica, onde são utilizados grupos geradores a diesel de até 3 MW. A alternativa mais provável, para essas cidades, seria o uso de óleo de dendê, já produzido comercialmente na região, com custo de produção de cerca de US\$ 250/t. Apesar do preço internacional desse óleo ser atualmente US\$ 500/t, sua média histórica é de US\$ 400/t. Retirando-se os diversos subsídios do diesel, principalmente o associado ao transporte, o óleo de dendê seria competitivo<sup>24</sup>.

Uma outra opção de produção de óleo vegetal seria a partir de processos extrativistas. O óleo vegetal obtido através de um processo extrativista indica vantagens de ordem econômica e social para utilização como combustível de motores diesel, que acionariam grupos geradores em localidades isoladas na Amazônia. Neste caso, a diminuição do custo de obtenção do óleo deve-se, principalmente, ao fato que não há custo de plantio e de tratos culturais (Freitas et al. 1996).

Tecnologicamente, as perspectivas do uso de óleos vegetais, in natura ou modificados, são bastante promissoras diante dos bons resultados conseguidos até agora em experimentos feitos aqui (Moreira, 1995; CEMIG, 1995) e no exterior (Peterson, 1995; Schumacker et al, 1995; Reece e Peterson, 1995; Howell e Weber, 1995). O maior obstáculo comercial, tanto no Brasil como no exterior, é o alto preço atual dos óleos vegetais - US\$ 450-500/t para óleo de soja ou de dendê (Chemical, 1995) frente ao óleo diesel. Portanto, o uso em larga escala de óleos vegetais como combustível só se viabilizaria atualmente através de generosos subsídios.

## 6.2 Programa Brasileiro de Ações para o Desenvolvimento da Energia da Biomassa

O PAORAMA BRASILEIRO DE AÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA DA BIOMASSA não visa, alterar as diversas metas físicas e ações a serem implementadas, previamente discutidas e fixadas em outros encontros; seu objetivo é sobretudo de estabelecer as melhores maneiras de se atingir estas metas.

As ações abordadas no Programa Brasileiro de Biomassa visam tratar de 4 das 14 ações anteriormente citadas, ou seja:

- Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal com Base em Recursos da Biomassa

Instalar 2 MW de geração de energia elétrica a partir de motores multicomcombustíveis a óleo vegetal (2,2 milhões de US\$) e estabelecer 6000 ha em áreas de manejo florestal sustentado na Amazônia Legal para permanecer sob controle e acompanhamento científico e tecnológico (6 milhões US\$ para áreas de manejo e 1 milhão US\$ para banco de dados).

- Desenvolvimento de Florestas de Múltiplos Usos

<sup>24</sup> O custo apurado para a produção de derivados de petróleo da Petrobrás em 1992 foi de US\$ 28,23/barril para um preço FOB de petróleo de US\$ 18,80/barril. A este preço, o custo médio de derivados para a Petrobrás é de US\$ 178/m<sup>3</sup>. Considerando que o custo hoje deve ser pelo menos igual, ele deve ser comparado com o óleo de dendê a US\$ 200/m<sup>3</sup> (Megawatt, 1994). Considerando que custos de transportes (FUP) e de distribuição e comercialização chegam a 20% do preço final (Fantini et al, 1993), concluímos que eles oneram o derivado médio para valores de US\$ 254/ m<sup>3</sup>. Há portanto espaço para o óleo de dendê competir, já que:

1) os custos de transportes devem ser menores para consumidores próximos aos centros de produção e  
2) as margens de distribuição e de revenda podem ser minoradas

Reflorestar 600.000 hectares em áreas rurais e urbanas. A média nacional dos últimos dez anos em reflorestamento tem sido de aproximadamente 100.000 a 120.000 ha/ano. Assegurar que um mínimo de 20% da área total à ser reflorestada, 120.000 ha, seja implantada em pequenos e médios estabelecimentos rurais. Implantar 200 viveiros florestais comunitários. Total de recursos necessários de US\$ 600 milhões de a ser financiado 1/3 por linhas de crédito proveniente de fundos públicos, ou seja, US\$ 200 milhões.

- Usos Regionais de Energias de Biomassa no Transporte em Complementação ou Substituição a Derivados de Petróleo

Aumentar a produção de álcool carburante para 16 bilhões de litros/ ano, ou seja, ampliar a produção atual em cerca de 20-25% e produzir 5 milhões de litros de óleo vegetal carburante por ano (meta equivalente a um volume de produção de óleo de uma área de aproximadamente 1.000 hectares de dendê). Recursos necessários 1,2 bilhão US\$, sendo 10 milhões US\$ em recursos a fundo perdido para implantação de projetos demonstrativos de produção de óleo vegetal carburante.

- ~ Sistemas Integrados de Desenvolvimento Sustentável para Produção de Energia, Alimentos e Matérias-primas.

Instalar 300 MW de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar, 100 MW de cogeração na indústria de papel e celulose e 15 MW de geração de energia elétrica a partir de grupo motogeradores multicomcombustíveis à óleo vegetal. Total de US\$ 0,5 bilhão para adquirir e instalar equipamentos necessários uma implantar um potência de geração termelétrica da ordem de 415 MW.



## Referências Bibliográficas

- ABRAVA (1996) "Aquecimento solar no Brasil". Foro Permanente de Energias Renováveis. São Paulo, julho, mimeo.
- Ab'SABER, A., (1990) "FLORAM - Nordeste Seco, no Projeto FLORAM - uma plataforma. In: Estudos Avançados 4/9, v. 4, n. 9, Instituto de Estudos Avançados, USP, Maio/Agosto, São Paulo, Brasil.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia, (1995) "BEN, Balanço Energético Nacional, 1994". Brasília, Brasil.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia, (1996) "BEN, Balanço Energético Nacional, 1995". Brasília, Brasil.
- CARPENTIERI, A.E.; LARSON, E.D. and WOODS, J. (1992) Prospects for utility-scale, biomass-based electricity supply in northeast Brasil, CEES/PV Report No 270, Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, Julho, Princeton, New Jersey.
- CHEMICAL MARKETING REPORTER (1995). Maio, 1 .
- COIMBRA, C. & FREITAS, M.A.V. (coord.) (1996) "Aproveitamento do potencial eólico no Brasil e seu uso como suporte a rede elétrica" in III Encontro para o Desenvolvimento das Energias Renováveis - Solar Eólica, Biomassa e PCH's no Brasil, Foro Permanente das Energias Renováveis/Ministério da Ciência e Tecnologia, São Paulo 25 a 30 de junho.
- CORTEZ, L. et al. (1992). "Principais produtos da agro-indústria canavieira e sua valorização" in Revista Brasileira de Energia, v. 2, n. 2, pp. 111-146.
- DE JESUS, R. M. (1990). The need for reforestation, estudo apresentado no US Environmental Protection Agency - sponsored workshop on Large-Scale Reforestation, Corvallis, Oregon.
- FANTINI, J. ET AL. ( 1993). A estrutura dos preços de combustíveis derivados do petróleo e do gás natural, Tarifas Públicas e Preços. Seminário promovido pela FIESP/CIESP, 5-6 de maio.
- FEITOSA, E. & FARIAS, G. M. (1996). Plano Brasileiro de Energia Eólica - versão preliminar. Recife, Foro Permanente das Energias Renováveis (MCT) - Grupo de Energia Eólica - CGT/UFPE, julho.
- FORO PERMANENTE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS (1994) "Declaração de Belo Horizonte: Diretrizes para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica". I Encontro para o Desenvolvimento das Energias Solar Eólica no Brasil,. Belo Horizonte, maio.
- FORO PERMANENTE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS (1995) "Declaração de Brasília: Diretrizes e Plano de Ação para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica e de Biomassa no Brasil". II Encontro para o Desenvolvimento das Energias Solar Eólica e de Biomassa no Brasil,. Brasília 5 a 9 de junho.
- FORO PERMANENTE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS (1996) "Declaração de São Paulo: Programa Brasileiro de Energias Renováveis - Versão Preliminar". II Encontro para o Desenvolvimento das Energias Renováveis no Brasil,. São Paulo, julho, mimeo. (em edição).
- FREITAS, M A V, Di LÁSCIO, M A, ROSA, L P, (1996). "Biomassa Energética Renovável para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia". In: Revista Brasileira de Energia, v. 5, n. 1, 1º Sem., PP~71-97.
- FREITAS, M.A.V. (1994). Les usages des sols et la valorisation de la biomasse aux tropiques et leur rôle dans le cycle global du carbone: Le cas de l'Amazonie brésilienne. Ecoles des Haute Etudes en Sciences Sociales, Tese de Doutorado, Paris, junho.
- GOLDEMBERG, J.; MONACO, L.C.; MACEDO, I.C. (1993). The Brazilian Fuel-Alcohol Program in Renewable Energy-Sources for Fuels and Electricity, eds Johansson, T.B.; Kelly, H.; Reddy, A.K.N.; Williams, R.H. Island press, Washington.
- HOWELL, S.A; WEBER, J.A. (1995). U.S. Biodiesel Overview. Proceeding of the 2nd Biomass Conference of the Americas. August 21-24, Portland, Oregon.

- IBGE (1994). Anuário Estatístico Brasileiro. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil.
- IPCC (1995). Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II, chapter 19, 3rd. Session, Montreal, 16-20 de Outubro, WMO, UNEP, draft.
- JOHANSSON, T.B.; KELLY, H.; REDDY, A.K.N.; WILLIAMS, R.H.; Eds, (1993). Renewable Energy: sources for fuels and electricity. Island Press, Washington DC.
- MACIEL, F. de A. A. E FABRIZY, M. P. ( 1996) "Estudo da conveniência da temática do Planejamento Energético Municipal por Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no Brasil". 111 Encontro para o Desenvolvimento das Energias Renováveis no Brasil,. São Paulo, julho, mimeo. (em edição).
- MOREIRA, J.R., CORRÊA, F. e FREITAS, M.A. (1996). "Programa Brasileiro das Energias Renováveis: biomassa". São Paulo. Foro Permanente das Energias Renováveis (MCT), julho.
- MOREIRA, J.R. ( 1995). Plant Oil Initiative Report preparado para the Rockefeller Foundation, GTZ and Biomass Users Network(BUN), São Paulo, Brasil.
- MOREIRA, J.R. (1995b). Biomass Energy potential in Brazil: country study. Symposium on Development and Utilization of Biomass Energy Resource in Developing Countries, UNIDO, Vienna.
- NAKICENOVIC, N.; et al (1993). Long-term strategies for mitigating global warming. Energy 18 (5), 401-609.
- NEGAWATT (1994). Study of cogeneration systems on the oil palm estate DENPASA. Report 1, fevereiro 25, São Paulo, Brasil.
- PETERSON, C.A. (1995). A Summary of the University of Idaho. Conference Commercialization of Biodiesel: Establishment of Engine Warranties, Proceeding of the 2nd Biomass Conference of the Americas: Agosto 21-24, Portland, Oregon.
- REECE, D. and PETERSON, C. ( 1995). On-Road Testing of Rapeseed Biodisel. proceedings of the 2nd Biomass Conference of the Americas; Agosto 21-24, Portland, Oregon.
- ROBERTSON, T. and SHAPOURI, H. (1993).Biomass: an Overview in the United States of America, Proceodings First Biomass Conference of the America: Energy, Enviroment, Agrivulture, and Industry, Agosto 30 - Setembro 2, Burlington, Vermont, U.S.A.
- ROSILLO-CALLE, F., Furtado,P., and Hall, D.O. (1992). Brasil Charcoal: a case study for sustainable production and use. Working Paper, Kings College, London.
- SCHUMACKER, L.G.; WILLIAM, G.H.; KRALL, J.G. (1995) Cummins 5.91 Biodiesel Fueled Engines. 2nd Biomass Conference of the Americas, Agosto 21-24, Portland, Oregon
- WEC (1993). World Energy Council, Energy for Tomorrow's W orld. The Realities, The Real Options and the A~enda fer áchievements. St Martin's Press. New York.
- WILLIAMS, R.H. and LARSON, E.D. (1993). Advanced Gasification Based Biomass Power Generation, in Renewable Energy: sources for fuels and electricity. eds, Johansson, T.B.; Kelly, H.; Reddy, A.K.N.; Williams, R.H.; Island Press, Washington DC.
- WOODS, J. & HALL, D.O. (1993). Biofuels as a Sustainable Substitute for Fossil Fuels: their potential for COz emissions reduction. FAO, Tuly, Rome, Italy.
- ZILLES, R., FAGÁ, M. T. W., FEDRIZZI, M. C., CAMPOS, I. A. et. al. (1996)."Programa Brasileiro das Energias Renováveis: solar fotovoltaica". São Paulo. Foro Permanente das Energias Renováveis (MCT), julho.