



COPPE/UFRJ

"TCC"

Trabalho de Conclusão de Curso

Fontes Alternativas de Energia – Uma visão geral



MBE
COPPE/UFRJ

Pós Graduação Executiva em Meio Ambiente

09 agosto de 2005 / 01 agosto de 2006
14ª Turma

Coordenador: Márcio S. S. Almeida

Marco Antonio Guadagnini

Sumário

1 - Resumo	3
2 - Introdução	4
3 - Petróleo e Fontes Alternativas de Energia	7
4 - Energias de fontes alternativas e o Desenvolvimento Sustentável	10
5 - Eventos históricos que marcaram a utilização da energia elétrica no Brasil	17
6 - As Várias Fontes Alternativas de Energia	19
6.1 - Biomassa	19
6.2 - Células de combustível	21
6.3 - Energia potencial hídrica	22
6.4 - Energia térmica	25
6.5 - Energia nuclear	26
6.6 - Energia geotérmica	29
6.7 - Energia eólica	29
6.8 - Energia das marés	31
6.9 - Energia fotovoltaica	32
6.10 - Álcool	36
6.11 - Biodiesel	38
6.12 - Biogás e Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos	43
7 - Dificuldades Relacionadas à Disseminação das Fontes Alternativas de Energia	49
8 - Conclusão	51
9 - Referências Bibliográficas	52

Currículo resumido

Brasileiro, casado, 36 anos, Graduado em Engenharia Química em 1997, Especializado em Gestão pela Qualidade Total pela PUC-Rio em 1999, Mestre em Ciências em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela UFRJ em 2001, Especializado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFRJ em 2005, auditor das normas ISO-9001, ISO-14001 e OHSAS-18001, com experiência em pesquisas por 6 anos e experiência em indústrias nos segmentos químico -1 ano – de transformação de plásticos – 4 anos – e Engenharia – 5 anos, atuando como Gerente de Qualidade e SMS hoje na indústria de serviços offshore.

1. Resumo

O consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energia tradicionais levam governo e sociedade, no Brasil e no mundo, a pensar em novas alternativas para geração de energia, a fim de substituir o petróleo, que tem sua exploração destinada a terminar em um futuro relativamente próximo, considerando custos economicamente viáveis.

Diante desse cenário, a busca de fontes alternativas de energia já é uma realidade amplamente presente no cenário mundial, com iniciativas governamentais e, principalmente, da iniciativa privada, em especial das indústrias. As fontes alternativas ao petróleo causam impactos substancialmente menores e evitam a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera. O debate sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis contribui para o interesse mundial por soluções sustentáveis por meio da geração de energia oriunda de fontes limpas e renováveis.

Diante da multidisciplinaridade da questão ambiental, torna-se imprescindível a implementação do diálogo e a articulação institucional entre os diferentes representantes do setor energético, de modo a serem levados em conta os preceitos de proteção ambiental no planejamento para o uso racional dos recursos naturais.

Nesse trabalho, várias informações sobre diferentes fontes alternativas de energia foram reunidas, para que pudesse ser estabelecida uma visão geral do setor energético nacional.

2. Introdução

O potencial dos recursos que brotam e são extraídos pelo homem da natureza é chamado de **energia primária** [1]. O primeiro grupo das fontes de energia primária são as não renováveis, que correm o risco de se esgotar por serem utilizadas em velocidade maior do que o tempo necessário para a sua formação, como os combustíveis fósseis e os radioativos. O segundo grupo é o das fontes renováveis, que podem ser divididas entre as permanentemente disponíveis, como o sol, os rios, mares, ventos ou aquelas que os seres humanos podem manejar de acordo com a necessidade, como a biomassa obtida da cana-de-açúcar, da casca do arroz e de resíduos animais, humanos e industriais.

O resultado da conversão da energia primária, de fontes renováveis ou não, em calor, força, movimento etc., é chamado de **energia secundária** ou energia derivada, como em usinas, destilarias e refinarias. Já a energia utilizada pelos consumidores residenciais ou industriais, na cidade ou no campo, é denominada **energia final** e alguns de seus melhores exemplos são eletricidade, gasolina, óleo e gás. A **cadeia energética** é o conjunto de atividades necessárias para que os tipos de energia cheguem onde se quer utilizá-las. **Matriz energética** é uma representação quantitativa da oferta de energia, ou seja, da quantidade de recursos energéticos oferecidos por um país ou por uma região.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional [2]., mais de 40% da matriz energética do Brasil é renovável, enquanto a média mundial não chega a 14%. No entanto, 90% da energia elétrica do país é gerada em grandes usinas hidrelétricas, o que provoca grande impactos ambientais, como o alagamento de grandes áreas e a conseqüente perda da biodiversidade local, além dos problemas sociais relacionados.

O mercado varejista de energia ainda é pequeno, mas constitui uma alternativa atraente principalmente para os consumidores das regiões Sul e Sudeste do Brasil [3]. No país, se enquadram no mercado varejista os consumidores com carga maior ou igual a 500 quilowatts (kW), seja qual for a tensão, e que compram energia de usinas de geração a

partir de fontes alternativas (eólica, biomassa, solar, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada).

Classificados como “consumidores especiais”, os integrantes do mercado varejista de energia correspondem a menos de 1% do chamado mercado livre, aquele formado por consumidores com carga igual ou superior a três megawatts (MW) e tensão acima de 69 quilovolts (kV). De acordo com a legislação vigente, os consumidores livres podem comprar energia de qualquer concessionário, permissionário ou autorizado do sistema interligado para suprir sua demanda. Os consumidores livres, incluindo os auto-geradores (aqueles que produzem energia para consumo próprio), respondem hoje por 14% da energia consumida no país, o equivalente a 46 terawatts/hora (TWh) ao ano, conforme dados da Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia (Abrace).

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), as fontes alternativas contam com uma potência instalada de 5.297 MW. O estudo mostra que o mercado varejista é mais atraente para os consumidores das regiões Sul e Sudeste – onde as tarifas do mercado cativo são mais elevadas e que possuem a mesma demanda nos horários de pico e fora deles. No entanto, uma das dificuldades listadas na pesquisa para mudança do mercado cativo para o varejista é a exigência de que mesmo consumidores de 500 kW devem se tornar membros da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, o que requer uma burocracia adicional.

Com a Lei 10762, de 11 de novembro de 2003, foi criado o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o Proinfa [2], cujo objetivo principal do Programa é financiar, com suporte do BNDES, projetos de geração de energias a partir dos ventos (eólica), pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de lixo (biomassa). Informações disponibilizadas pelo Ministério de Minas e Energia indicam que o desenvolvimento dessas fontes inicia uma nova etapa no país. A iniciativa de caráter estrutural deve promover ganhos de escala, aprendizagem tecnológica, competitividade industrial e, sobretudo, “a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade

econômico-energética de projetos de geração de fontes alternativas”. A proposta governamental, de acordo com a assessoria de imprensa do Ministério de Minas e Energia, assegura também a participação de um maior número de estados no Programa, incentivando a indústria nacional. Uma das exigências da legislação é a obrigatoriedade de um índice mínimo de nacionalização de 60% do custo total de construção dos projetos. Permite também maior inserção do pequeno produtor de energia elétrica, diversificando o número de agentes do setor. Os critérios de regionalização estabelecem um limite de contratação por estado de 20% da potência total destinada às fontes eólica e biomassa e 15% para as PCHs. Caso não venha a ser contratada a totalidade dos 1.100 MW destinados a cada tecnologia, o potencial não contratado será distribuído entre os estados. A contratação inicial é para geração de 3.300 MW de energia, sendo 1.100 MW de cada fonte, com previsão de investimentos na ordem de R\$ 8,6 bilhões. A linha de crédito, através do BNDES, prevê financiamento de até 70% do investimento. Os investidores privados terão que garantir 30% do projeto com capital próprio. A Eletrobras, no contrato de compra de energia de longo prazo, assegurará ao empreendedor uma receita mínima de 70% da energia contratada durante o período de financiamento e proteção integral quanto aos riscos de exposição do mercado de curto prazo.

Apesar da grande aceitação e benefícios que o programa prevê, o Ministério de Minas e Energia informa que não há projeções futuras para o Proinfa. O próximo programa deverá ser contemplado pelo novo modelo energético. O número de empresas que se apresentaram para participar do programa foi maior que o esperado pelo governo. Foram apresentados projetos envolvendo geração de 6,6 mil MW, o dobro de energia solicitado pela Eletrobras (3.300 MW), tendo prioridade aqueles que tiverem licença ambiental antiga. Os empreendimentos devem entrar em funcionamento a partir de dezembro de 2006 e a produção de 3,3 mil MW a partir de fontes alternativas renováveis dobrará a participação na matriz de energia elétrica brasileira das fontes eólica, biomassa e PCH, que atualmente respondem por 3,1% do total produzido e podem chegar a 6%.

Outro importante instrumento de gestão da Política Nacional de Meio Ambiente é o licenciamento ambiental, que tem, por princípio, a conciliação do desenvolvimento econômico com o uso dos recursos naturais, de modo a assegurar a sustentabilidade ambiental e econômica. Por meio do licenciamento, a administração pública busca exercer o necessário controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais, como um mecanismo para incentivar o diálogo setorial, rompendo com a tendência de ações corretivas e individualizadas, passando a ter uma postura preventiva, mais pró-ativa, com os diferentes usuários dos recursos naturais.

As energias alternativas renováveis aparecem não somente como solução para complementar as energias convencionais, mas para também responder de forma ecologicamente correta às demandas de populações mais distantes sem acesso à energia.

3. Petróleo e Fontes Alternativas de Energia

As reservas de petróleo do mundo, passíveis de serem exploradas com a tecnologia atual, somam 1,137 trilhão de barris, 78% das quais estão no subsolo dos países da OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo [4]. Essas reservas permitem suprir a demanda mundial por aproximadamente 40 anos, se mantido o atual nível de consumo. A demanda projetada de energia no mundo indica um aumento 1,7% ao ano, de 2000 a 2030, quando deverá alcançar 15,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEQ) por ano. Nesse contexto, não é admissível imaginar que toda a energia adicional requerida no futuro possa ser suprida por fontes fósseis.

Um estudo realizado pelo Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da COPPE/UFRJ [5] mostra as diferenças entre o consumo de energia vinda de diferentes fontes em 1973 e em 1997. Os números mostram que houve redução de 9% no consumo de petróleo, 1% no consumo de carvão mineral e aumento de 4% na utilização de gás e 6% na utilização da energia nuclear, conforme mostram os Gráficos 1 e 2:

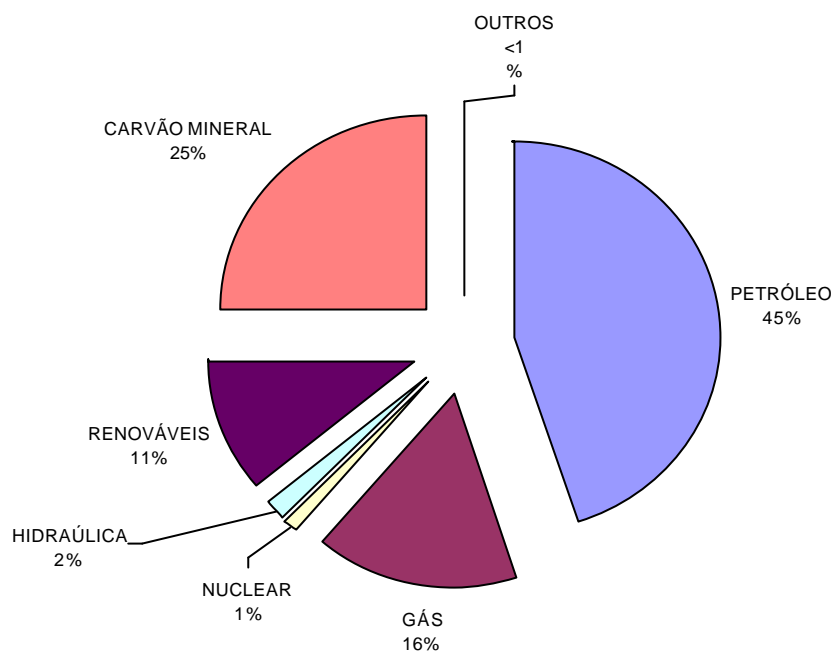


Gráfico 1 - Consumo de energia por fontes em 1973

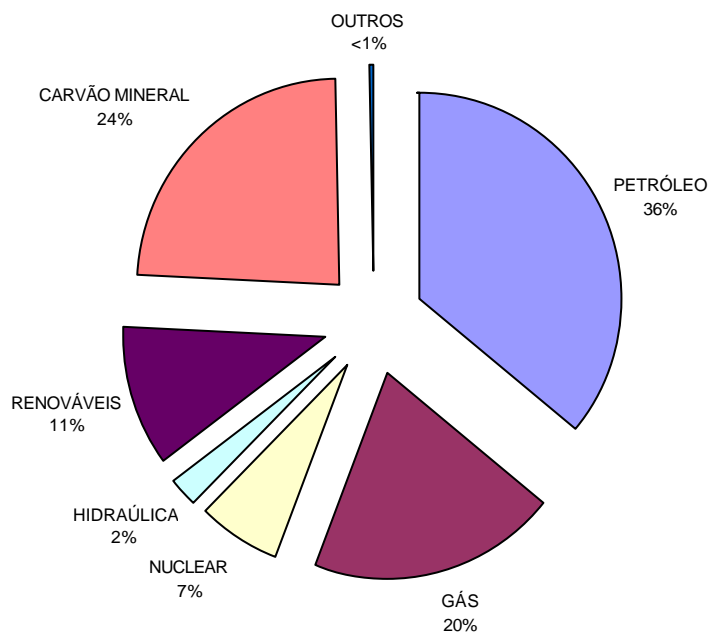


Gráfico 2 - Consumo de energia por fontes em 1997

O aumento do preço do petróleo e o ainda recente desentendimento entre Brasil e Bolívia na questão do gás natural demonstram a fragilidade das nações dependentes de combustíveis fósseis para a geração de energia [6]. Segundo pesquisa do Laboratório de Engenharia de Processos e Tecnologia de Energia (Lepten), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o Brasil é o único país com as condições naturais necessárias para o desenvolvimento de alternativas renováveis, como as energias solar, eólica e a biomassa. Entretanto, ainda é muito deficiente na interação entre quem desenvolve o conhecimento e quem determina sua aplicação.

Determinante para a descoberta de alternativas e para a implantação de políticas estratégicas para o setor, o diálogo está presente em países como a Coreia do Sul e a China, locais onde a pesquisa é mantida com recursos públicos e privados, já com olhos para sua aplicação.

Para Luiz Pinguelli Rosa, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nenhum tipo de geração de energia tem só vantagens ou desvantagens. Como exemplo, o pesquisador cita a energia atômica, cujo uso implica em ter de lidar com o problema dos dejetos radioativos, e, em contrapartida, as energias renováveis dependem muito de condições climáticas favoráveis e não muito previsíveis.

Apesar de cada vez mais escasso, o petróleo continuará a ser a principal matriz energética mundial nas próximas duas décadas. Isso tem obrigado os maiores países produtores a criar novas tecnologias de extração nas reservas existentes que sejam capazes de suprir a crescente demanda, para tentar evitar aumentos ainda maiores no preço do barril, que já atingiu US\$ 70 e recentemente caiu para US\$ 58, oscilação principalmente relacionada a fatores de ordem política, principalmente a decisão dos países da OPEP em aumentar seus ganhos com a venda do ouro negro.

O cenário foi apresentado em conjunto com os desafios da indústria de petróleo nacional para os próximos anos, durante o simpósio "Novas tecnologias em produção de petróleo", na 58ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em

Florianópolis. As apostas têm sido feitas em técnicas de recuperação avançada de petróleo. São raras as vezes em que se consegue explorar mais da metade do volume total de óleo em um reservatório, por uma série de dificuldades inerentes ao processo de recuperação, utilizando os recursos tecnológicos hoje existentes.

Segundo Geraldo Spinelli Ribeiro, gerente de Elevação e Escoamento da PETROBRAS, estão sendo desenvolvidas novas tecnologias capazes de recuperar o restante do óleo que não tem a sua drenagem viabilizada economicamente com os recursos tecnológicos atuais, sendo a principal proposta da estatal brasileira para a extração de petróleo em águas profundas, a técnica conhecida como "subsea to shore", ou "do fundo do mar para a praia", com a finalidade de aumentar a produção, tendo como maior desafio não serem mais necessárias as plataformas na superfície da água. Esse conceito envolve uma série de tubos, bombas, medidores e sistemas de extração que liguem uma plataforma instalada no fundo do mar à praia, enquanto um profissional controla todo o processo de maneira remota em terra. Foi apresentado no simpósio, o projeto de uma bomba multifásica submarina desenvolvida pela PETROBRAS, prevista para ser instalada no campo de Marlim, na bacia de Campos, no Rio de Janeiro, marcando a utilização do tipo de tecnologia que ajuda a formar uma nova cultura de exploração dos campos, com maior automação e um perfil mais integrado de produção.

O Brasil começou a extrair petróleo no início da década de 1950 e produz atualmente cerca de 2 milhões de barris por dia. Estima-se que o preço do barril possa chegar, dentro de poucos anos, a US\$ 100, por conta de fatores como conflitos políticos no Oriente Médio e oscilações na economia mundial.

4. Energias de fontes alternativas e o Desenvolvimento Sustentável

Considera-se que o marco para a construção do conceito de desenvolvimento sustentável teve início na Conferência de Estocolmo (United Nations Conference on the Human Environment), realizada em 1972 [7]. O paradigma então dominante era o de "limites ao

crescimento”. O crescimento da população, a crescente escassez de recursos e o acúmulo de poluição, combinados entre si, limitariam a expansão da economia mundial. Na medida em que esse paradigma se opunha às estratégias de desenvolvimento com uso intensivo de recursos, os países do Terceiro Mundo temiam que preocupações de cunho ambiental se tornassem obstáculos ao seu próprio desenvolvimento. Em 1980, a parceria formada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e o Fundo Mundial para a Vida Selvagem (WWF) levou à elaboração do documento: "A Estratégia Mundial para a Conservação", que tratou das interfaces entre conservação de espécies e ecossistemas e entre a manutenção da vida no planeta e a preservação da diversidade biológica, introduzindo pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1982, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (World Commission on Environment and Development) produziu um documento intitulado "Nosso Futuro Comum" (Our Common Future), conhecido como Relatório Brundtland. As propostas da Comissão se direcionaram para a noção de desenvolvimento sustentável e enfatizaram a necessidade de cooperação internacional para se resolver os problemas de meio ambiente e desenvolvimento, fazendo nascer a mais conhecida definição de desenvolvimento sustentável: *"Modelo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade de gerações futuras de também satisfazer suas próprias necessidades."* Logo depois, em 1987, o Protocolo de Montreal fixou diretrizes para a substituição industrial dos clorofluorcarbonetos (CFC) por outros compostos menos destrutivos à camada de ozônio. Posteriormente, este Protocolo foi submetido a três conjuntos de ajustes das medidas de controle (acordados em encontros das partes em 1990, 1992 e 1995), acelerando os cronogramas de eliminação para substâncias destruidoras de ozônio. Ao longo dos anos que se seguiram uma nova base para o diálogo foi possível ser construída entre ONGs, comunidades científicas, empresários, governos de países desenvolvidos e de países em desenvolvimento. O paradigma hoje dominante enfatiza o impacto negativo das atividades humanas no meio ambiente em escala global: mudança climática, camada de ozônio, diversidade biológica.

Pode-se perceber, com clareza, essa mudança de paradigmas ao comparar a Declaração de Princípios de Estocolmo com a do Rio de Janeiro, vinte anos mais tarde. Quase todos os 26 princípios do texto de 1972 referem-se ao consumo excessivo de recursos naturais. Em 1992, a ênfase foi no problema de gerenciamento coletivo de sistemas naturais em escala global. A partir dali buscava-se elaborar o arcabouço conceitual para um novo paradigma no tratamento da questão ambiental em conjunto com o desenvolvimento econômico e o progresso social, consubstanciado no conceito de desenvolvimento sustentável.

Dentro desta perspectiva do gerenciamento coletivo de sistemas naturais, foi elaborado, em 1997, o Protocolo de Kyoto, com o objetivo principal estabelecer metas de redução de gases causadores de efeito estufa, para prevenção das conseqüências que o aumento da temperatura da Terra podem trazer. O Protocolo contém metas quantificadas de redução de emissão de gases de efeito estufa e é de importância sem precedentes em matéria de cooperação internacional e de defesa ambiental, contando com os chamados “mecanismos de flexibilização”, que oferecem facilidades no cumprimento das metas de limitação de emissão dos gases provocadores do efeito-estufa (GHG). Esses mecanismos de flexibilização foram adotados a fim de minimizar os custos que as economias dos governos teriam que enfrentar ao ratificar o Protocolo. Oferecem aos países industrializados a possibilidade de alcançarem parte da redução de GHG fora dos limites das suas fronteiras. Esses mecanismos reafirmam a relação de dominação dos países industrializados sobre os países em desenvolvimento, pois os que detêm recursos financeiros podem reduzir parte significativa de sua meta através da compra de cotas de carbono daqueles que já alcançaram suas metas. A Cúpula de Joanesburgo, em 2002, procurou traduzir o conceito de desenvolvimento sustentável em ações concretas. Sua principal vocação foi a de buscar os meios de implementação dos caminhos apontados no Rio em temas como poluição urbana, padrões de produção e de consumo, fontes alternativas de energia, eficiência energética, ecoturismo, disponibilidade de recursos humanos, financeiros, tecnológicos e institucionais adequados para os esforços nacionais e a ação internacional no campo ambiental. Enquanto a Conferência do Rio foi realizada em momento de grande otimismo

nas relações internacionais, após a queda do muro de Berlim, a conjuntura de 2002 era dominada pelo pessimismo resultante do “11 de setembro” e por dificuldades na economia mundial. O intervalo de dez anos entre a “Rio-92” e a Conferência de Joanesburgo não foi suficiente para que os compromissos da Agenda 21 fossem implementados.

Desde a realização da “Rio 92”, o Brasil passou a defender o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. Sob esse princípio os Estados são igualmente responsáveis pela preservação do meio ambiente, porém de forma diferenciada em razão de seu processo histórico de desenvolvimento e do estoque de recursos financeiros, humanos, tecnológicos, institucionais que dispõem. Tal princípio vem se consolidando como pilar conceitual e político para a ação internacional em matéria de meio ambiente, como de fato se aplica no Protocolo de Kyoto, que representa uma revisão do modelo exclusivamente economicista adotado para o desenvolvimento. Enfim, o conceito de desenvolvimento sustentável foi crucial para que inúmeros avanços fossem introduzidos no repensar sobre um dos segmentos mais dinâmicos e estratégicos da economia: o setor energético.

As formas mais utilizadas de produção de energia se baseiam no uso intensivo dos recursos naturais. Considerando a importância crescente da energia para o bem estar da população e para a continuidade das atividades econômicas, a busca por desenvolvimento sustentável passa necessariamente pelo aumento da eficiência na produção e no uso da energia, aliadas à capacidade de geração, transmissão, distribuição e comercialização de fontes alternativas e renováveis de energia em larga escala. Entretanto, lidar com o custo ambiental para obtenção da energia tem sido um dos maiores desafios da atualidade. Investidores públicos ou privados e licenciadores ambientais estão constantemente em conflito a cada vez que surge um empreendimento ligado à geração e à transmissão de energia. Esse processo acaba por elevar os custos dos empreendimentos e repassá-los para o preço final da energia no mercado, ou levar os investidores a buscar formas alternativas de produzir energia, como as termelétricas movidas por óleo combustível, diesel, gás natural e carvão.

O reaquecimento da economia brasileira, após o Plano Real, obrigou o setor de geração de energia elétrica a operar com capacidade máxima em tempo integral, o que baixou criticamente os níveis dos reservatórios das hidrelétricas [8]. O risco de desabastecimento atingiu o alto nível de 20%, comparativamente aos 5% aceitos internacionalmente, levando à criação do Programa Prioritário de Termelétricidade – PPT. O setor de energia elétrica, no início da década atual, respondia pela emissão anual de aproximadamente 6 milhões de toneladas de carbono e previa elevar esse valor para 27,5 milhões anuais em 2005. As emissões de carbono são responsáveis pela maior parte do aquecimento global da Terra, sendo o setor energético o maior emissor. Para que um planejamento energético seja elaborado e executado dentro de princípios básicos de sustentabilidade, torna-se necessária a realização de um amplo diagnóstico das fontes de energia e dos seus respectivos potenciais mercadológicos.

Os preços crescentes desses combustíveis, gerados pelo esgotamento das reservas de petróleo, têm feito com que a maior parte dos países se empenhe em buscar fontes alternativas de energia que permitam mitigar problemas de ordem econômica. Além disso, as questões sociais (emprego, renda, fluxos migratórios) e ambientais (mudanças climáticas, poluição) reforçam a necessidade do uso de combustíveis produzidos a partir de fontes não fósseis, motivando a antecipação de cronogramas determinados pela futura escassez de petróleo. A concentração de CO₂ atmosférico teve um aumento de 31% nos últimos 250 anos. Os números tendem a aumentar significativamente se as fontes emissoras de GHG não forem controladas. O Tratado de Kyoto, em vigor desde fevereiro de 2005 propõe um calendário pelo qual os países desenvolvidos têm a obrigação de reduzir a quantidade de gases poluentes em pelo menos 5,2% até 2012 em relação aos níveis de 1990. Outros acordos como a Diretiva para a Obtenção de Eletricidade de Fontes Renováveis do Parlamento Europeu são instrumentos indutores do uso de fontes alternativas de energia.

A ampliação da demanda pela geração de energia elétrica e a ampliação das emissões resultantes dos processos produtivos e dos meios de transporte são características da sociedade industrial e do modelo de produção e consumo implementado nos últimos dois séculos. O crescimento econômico do país, assim como a maior inclusão social, demandam maior capacidade instalada de geração de energia. Novas formas de geração de eletricidade implicarão em impacto ambiental, seja por meio de hidrelétricas, termoelétricas ou usinas nucleares. Ao mesmo tempo, a poluição do ar nos grandes centros urbanos vem comprometendo a saúde da população pelo agravamento de doenças respiratórias, principalmente no inverno, com ocorrência de inversões térmicas. O principal agente de degradação da qualidade do ar nas cidades é a circulação de veículos automotores, mas grandes empreendimentos em termoeletricidade, siderurgia, refinarias e outros são sempre produtores de impactos de degradação e contaminação do ar, além de emissores de gases causadores do efeito estufa. Portanto, estes dois temas: a matriz de geração de energia e a matriz de combustíveis estão diretamente associados ao tema de mudanças climáticas, cujos efeitos há pouco considerados apenas no âmbito científico, têm se mostrado de maneira inequívoca por todo o planeta.

As previsões do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (sigla em inglês de *Intergovernmental Panel on Climate Change*), de 2001, são de aumento da média global da temperatura (nos próximos 100 anos aumento de 1,4 a 5,8°C), elevação do nível médio dos mares causada pelo degelo das calotas polares e glaciais, aumento global de chuvas com aumento de eventos de precipitações pesadas/fortes, aumento da incidência de eventos climáticos extremos tais como inundações, secas, ondas de calor, ciclones tropicais, entre outros. Uma resposta internacional à mudança climática tomou forma com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, durante a Rio+10, que tem como principal objetivo a estabilização das emissões atmosféricas de gases de efeito estufa em nível tal que preveniria uma interferência perigosa das ações humanas sobre o sistema climático global.

A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima foi criada pelo Decreto de 07 de julho de 1999. Sua finalidade é articular as ações de governo decorrentes da Convenção sobre Mudança do Clima e de seus instrumentos. O MMA é integrante dessa Comissão e tem participado ativamente dos debates nacionais e internacionais sobre o tema. As principais iniciativas do MMA são desenvolvidas em ações conjuntas com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério de Ciência e Tecnologia, o Ministério das Cidades, o Banco Mundial e outros órgãos, para reduzir os impactos ambientais e sociais causados pelas mudanças climáticas. Um bom exemplo é a parceria entre o MMA e o Ministério das Cidades para estudos de viabilidade de projetos de MDL em aterros sanitários de 30 municípios brasileiros. Foi também reativado o Fórum Nacional de Mudanças Climáticas e nascem novos Fóruns estaduais, municipais que tratam do tema.

Historicamente, o País não contribuiu significativamente para o total das emissões acumuladas, e por essa razão é considerado parte do grupo do “anexo 2”, que não tem compromissos e metas estabelecidas no âmbito do Protocolo. Apesar disso, várias iniciativas brasileiras, com programas em diversos ministérios, têm interface com a matriz energética e com as fontes de emissões de gases causadores do efeito estufa, podendo-se destacar, entre outras iniciativas : Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA, Programa do BIODIESEL, Programa Luz para Todos, Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica – PROCEL, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural – CONPET. Os programas voltados ao controle do desmatamento e queimadas também têm resultado significativo na redução das contribuições brasileiras ao efeito estufa. Por essa razão, estuda-se formas de instituir novos mecanismos, no âmbito da Convenção, que possibilitem a ampliação e manutenção desses programas.

5. Eventos históricos que marcaram a utilização da energia elétrica no Brasil

Abaixo, alguns eventos históricos que marcaram a evolução da utilização da energia elétrica no Brasil [9],[10]:

1879 - Inaugurada a iluminação elétrica da antiga Estação da Corte (hoje, estação D. Pedro II), substituindo 46 bicos de gás que iluminavam aquela área. Nesse ano, D. Pedro II concedeu a Thomas Alva Edison o privilégio de introduzir no país aparelhos e processos de sua invenção destinados à utilização da eletricidade na iluminação pública. Foi inaugurada, na Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, atual Estrada de Ferro Central do Brasil, a primeira instalação de iluminação elétrica permanente.

1883 - A cidade de Campos (RJ) tornou-se a primeira cidade do Brasil e da América do Sul a receber iluminação pública elétrica, através de uma Termelétrica acionadora de três dínamos com potência de 52kW, fornecendo energia para 39 lâmpadas de 2000 velas cada;

1889 - Em Juiz de Fora (MG), foi inaugurada, no rio Paraibuna, a primeira usina Hidroelétrica para serviço de utilidade pública. Além de abastecer Juiz de Fora, fornecia eletricidade para uma fábrica de tecidos;

1892 - Utilização de pequeno potencial hidroelétrico em Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, em Diamantina (MG), fornecendo eletricidade para a mineração

1903 - Aprovado pelo Congresso Nacional, o primeiro texto de lei disciplinando o uso de energia elétrica no país.

1913 - Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Delmiro Gouveia, primeira do Nordeste, construída para aproveitar o potencial da Cachoeira de Paulo Afonso no rio São Francisco.

Década de 70 – Iniciam-se estudos de fontes alternativas de energia em decorrência da crise do petróleo (querras entre Irã e Iraque);

1975 – Estabelecimento do Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL;

2000 – Foi lançado o Programa Prioritário de Termelétricas visando a implantação no país de diversas usinas a gás natural e foi instituído, no mês de agosto, pela Lei nº 9.478, o

Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Efetivamente instalado em outubro, o Conselho assumiu a atribuição de formular e propor ao presidente da República as diretrizes da política energética nacional.

2001 - Nesse ano, o Brasil vivenciou sua maior crise de energia elétrica, acentuada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis verificadas nas regiões Sudeste e Nordeste. Foi criada a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), com o objetivo de "propor e implementar medidas de natureza emergencial para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções intempestivas ou imprevistas do suprimento de energia elétrica".

2002 - Em junho, foi extinta a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), substituída pela Câmara de Gestão do Setor Elétrico (CGSE), vinculada ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). A CGSE foi encarregada de propor ao CNPE diretrizes para a elaboração da política do setor de energia elétrica, além de gerenciar o Programa Estratégico Emergencial para o aumento da oferta de energia.

2003 – Foi lançado o programa LUZ PARA TODOS, objetivando levar, até 2008, energia elétrica aos 12 milhões de brasileiros que não têm acesso ao serviço. Deste total, 10 milhões estão na área rural. A gestão do programa será compartilhada entre estados, municípios, agentes do setor elétrico e comunidades.

2004 - O novo modelo do setor elétrico foi aprovado com a promulgação, em março, das Leis nº 10.847 e nº 10.848, que definiram as regras de comercialização de energia elétrica e criaram a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de subsidiar o planejamento técnico, econômico e sócio ambiental dos empreendimentos de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e fontes energéticas renováveis.

2005 - Foram assinados os contratos de concessão para a implantação de 2.747 quilômetros de 10 novas linhas de transmissão. As obras significarão investimentos de R\$ 2,06 bilhões e deverão estar concluídas até 2007. A primeira usina brasileira de produção do biodiesel foi inaugurada em março, em Cássia (MG), e o combustível já está sendo comercializado em Belo Horizonte.

6. As Várias Fontes Alternativas de Energia

6.1. Biomassa

Em termos mundiais, os recursos renováveis representam cerca de 20% do suprimento total de energia, sendo 14% de biomassa. No Brasil, cerca de 25% da energia total consumida é proveniente de biomassa, significando que os recursos renováveis suprem pouco menos de dois terços dos requisitos energéticos do País. Estima-se que existam dois trilhões de toneladas de biomassa no globo terrestre ou cerca de 400 toneladas por pessoa, o que, em termos energéticos, corresponde a 8 vezes o consumo anual mundial de energia. Esses números mostram o grande potencial que essas fontes renováveis têm para suprir uma demanda de energia crescente.

Biomassa é ainda um termo pouco conhecido fora dos campos da energia e da ecologia, mas já faz parte do cotidiano brasileiro [11]. Fonte de energia não poluente, a biomassa nada mais é do que a matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia. Para se ter uma idéia da sua participação na matriz energética brasileira, a biomassa responde por um quarto da energia consumida no País. Esse percentual tende a crescer com a entrada em operação de novas usinas. Até o final de 2006, devem começar a funcionar 26 novos empreendimentos de geração de energia a partir da biomassa selecionados pela Eletrobrás para o PROINFA.

Todos os organismos biológicos que podem ser aproveitados como fontes de energia são chamados de biomassa. Entre as matérias-primas mais utilizadas estão a cana-de-açúcar, a beterraba e o eucalipto (dos quais se extrai álcool), o lixo orgânico (que dá origem ao biogás), a lenha e o carvão vegetal, além de alguns óleos vegetais (amendoim, soja, dendê). Em termos mundiais, os recursos renováveis representam cerca de 20% do suprimento total de energia, sendo 14% proveniente de biomassa e 6% de fonte hídrica. No Brasil, a proporção da energia total consumida é cerca de 35% de origem hídrica e 25% de

origem em biomassa, significando que os recursos renováveis suprem algo em torno de dois terços dos requisitos energéticos do País.

A biomassa é uma forma indireta de aproveitamento da energia solar absorvida pelas plantas, já que resulta da conversão da luz do sol em energia química. Estima-se que existam dois trilhões de toneladas de biomassa no globo terrestre ou cerca de 400 toneladas por pessoa, o que, em termos energéticos, corresponde a 8 vezes o consumo anual mundial de energia primária (produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, minério de urânio, lenha e outros). Em 2004, três novas centrais geradoras a biomassa (bagaço de cana) entraram em operação comercial no País, acrescentando 59,44 MW à matriz de energia elétrica nacional. Projeções da Agência Internacional de Energia indicam que o peso relativo da biomassa na geração mundial de eletricidade deverá passar de 10 terawatts/hora (TWh), em 1995, para 27 TWh em 2020. Como número comparativo, o Brasil consumiu 321,6 TWh em 2002.

Segundo o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), o uso dessa energia gera empregos e renda ao envolver mão-de-obra local na produção. Mais de 1 milhão de pessoas trabalham com Biomassa no Brasil e o número tende a crescer. Dados do Balanço Energético Nacional de 2003 revelam que a participação da biomassa na matriz energética brasileira é de 27%, a partir da utilização de lenha de carvão vegetal (11,9%), bagaço de cana-de-açúcar (12,6%) e outros (2,5%). O potencial autorizado para empreendimentos de geração de energia elétrica, de acordo com a ANEEL, é de 1.376,5 MW, quando se consideram apenas centrais geradoras que utilizam bagaço de cana-de-açúcar (1.198,2 MW), resíduos de madeira (41,2 MW), biogás (20 MW) e licor negro (117,1 MW).

Um projeto pioneiro na produção de energia a partir de biomassa está sendo desenvolvido no município amazonense de Manacapuru. O Centro Nacional de Referência em Biomassa, em parceria com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), está testando a casca de cupuaçu como combustível para produção de eletricidade. Para o projeto, foram escolhidas 187 famílias de

agricultores do assentamento de Aquidaban. A Eletrobrás, a Eletronorte e a Companhia Energética do Amazonas (CEAM) devem atuar como parceiros no projeto.

Para o CENBIO, o aproveitamento energético da casca de cupuaçu é um importante meio para integrar as famílias da região e gerar eletricidade de forma limpa e renovável para uma população carente. O princípio de transformação da casca do cupuaçu em combustível é relativamente simples. A casca, com umidade máxima de 6%, é queimada dentro de um gaseificador com pouco oxigênio. A combustão incompleta produz, no lugar da fumaça, um gás que tem poder calorífico equivalente a aproximadamente 25% daquele proporcionado pelo gás natural. Esse gás é jogado na entrada de ar do motor a diesel, reduzindo em até 80% o consumo desse combustível. Neste momento, ocorre a substituição de parte do diesel pelo gás da casca de cupuaçu, reduzindo em até 80% o consumo do diesel.

O custo total do programa é de R\$ 980 mil, financiados durante dois anos pelos fundos setoriais de energia do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

6.2. Células de combustível

Inúmeras equipes de cientistas ao redor do mundo estão trabalhando no desenvolvimento de células a combustível [12]. Uma célula a combustível opera de maneira similar a uma bateria, gerando eletricidade a partir de uma reação química. Mas, ao invés de esgotar sua energia e exigir uma nova recarga, as células a combustível funcionam continuamente, desde que alimentadas por um combustível que possa fornecer os elétrons necessários para a geração de corrente elétrica.

Embora a maioria delas funcione com hidrogênio, já existem vários protótipos alimentados por bio-combustíveis, incluindo açúcar. Cientistas da Universidade da Pensilvânia, Estados Unidos, lançaram uma nova célula a combustível alimentada por bactérias que, além de gerar energia elétrica, é capaz de limpar águas de esgoto. Nessa nova célula a combustível, micróbios e bactérias metabolizam seu alimento, matéria orgânica retirada de águas servidas, liberando elétrons que se transformam em uma corrente elétrica estável. A

descoberta poderá revolucionar o tratamento de esgotos, já que, além de limpar as águas, ao invés de custar caro, o processo prevê a geração de energia elétrica como "sub-produto".

A célula de combustível microbiana é essencialmente um cilindro plástico no interior do qual estão oito anodos de grafite e, no centro, um catodo oco. As bactérias fixam-se nos anodos e os elétrons por elas liberados fluem ao longo do circuito construído interconectando-se os anodos e o catodo. Um fluxo contínuo de água suja bombeada para o interior da câmara provê o alimento das bactérias. A digestão das bactérias libera elétrons no circuito elétrico e íons de hidrogênio positivamente carregados na solução. Esses íons reduzem a necessidade de oxigênio da solução, um objetivo básico no processo de tratamento de águas poluídas. Os íons de hidrogênio também passam através de uma membrana de troca de prótons, alcançando o catodo, que é exposto ao ar atmosférico. No catodo, o oxigênio do ar, os íons de hidrogênio vindo da membrana e os elétrons trafegando pelo circuito se juntam para formar água pura. O design de câmara única é importante porque permite um fluxo contínuo de fornecimento da água servida, um projeto consistente com os atuais sistemas de tratamento de água. Mas, como as demais células a combustível, a nova célula microbiana do Dr. Bruce Logan ainda utiliza platina no catodo, o que a encarece substancialmente.

6.3. Energia potencial hídrica

No Brasil, 95% da energia elétrica produzida provém de usinas hidrelétricas [13], devido à grande quantidade de água existente no território nacional. Nesse tipo de usina, é realizada a transformação da energia potencial da água represada em energia cinética, girando pás de gigantescas turbinas, produzindo energia elétrica a partir do acionamento do eixo de um gerador. A grande participação das hidrelétricas na matriz energética brasileira torna-a muito dependente da continuidade no sistema de chuvas [14].

Para atender a um outro mercado, onde a construção de grandes hidrelétricas é inviável, uma alternativa é o emprego de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), que no Brasil, são aquelas cuja potência instalada não ultrapassa 30 MW e o seu lago tem uma área máxima de 3 km² para a cheia centenária. Devido aos custos envolvidos, o Governo Federal do Brasil incentivou a sua exploração por grupos empresariais privados. Os estudos de viabilidade de PCHs tratam sobretudo da definição de uma série de vazões para determinar a vazão de 95% de permanência. O Manual de PCH da ELETROBRÁS, de 2000, considera esse valor como aquele que deve ser usado a fim de avaliar a produção de energia. Assim, o mesmo tem um impacto profundo sobre o pagamento do investimento. Portanto, esta metodologia não leva em conta a variabilidade de vazões e o seu impacto sobre os estudos de viabilidade. O autor sugere o uso de modelos estocásticos juntamente com estudos de viabilidade, considerando que é importante buscar simplicidade e baixos custos, e determinar as conseqüências da variabilidade de vazão nesses estudos. Os resultados mostram que o uso de vazões baixas a fim de reduzir a influência da sua variabilidade sobre a definição de potência, não significa estender este comportamento aos estudos de viabilidade. No estudo de caso desenvolvido, o ponto onde esse comportamento começa a exercer um efeito sobre os estudos é a vazão de 70%, muito diferente daquela sugerida pelo manual de PCH.

Hoje, existem no Brasil 253 Pequenas Centrais Hidrelétricas em operação, somando 1.276.924 KW ao sistema interligado nacional, ou 1,35% [15]. O estado com maior concentração de PCH é Minas Gerais, com 77 usinas em operação somando 397.697 KW. A divisão das PCH's pode ser feita de acordo com a capacidade de regularização de seu reservatório, em relação ao sistema de adução ou quanto à potência instalada e queda do projeto.

Com relação à primeira divisão, quando a vazão do rio no qual a PCH está instalada é inferior à necessidade do projeto para que a usina gere a potência máxima desejada, adota-se formação de um reservatório para regularizar a vazão da central. Este reservatório pode ser regularizado diariamente ou mensalmente. A adoção de reservatórios com regularização

diária ou mensal pode ser definida segundo estudos de Dimensionamento de Parâmetros Físico-Operativo do Projeto. Há também as PCH's sem reservatório de acumulação, ou seja, a Fio d'água, quando a vazão de estiagem de um rio é igual ou maior que a descarga necessária à potência necessária para atender à demanda máxima pretendida. Nesse caso, é dispensável a utilização de reservatório de acumulação e o sistema de adução deverá conduzir a descarga necessária para o fornecimento de potência suficiente para atender à demanda máxima. Em usinas desse tipo, o vertedouro é utilizado praticamente na totalidade do tempo para extravasar o excesso de água.

Em relação ao sistema de adução, a escolha por um dos sistemas dependerá de estudos de condições topográficas e geológicas do local do aproveitamento, assim como estudos econômicos comparativos. O sistema de adução em baixa pressão com escoamento livre em canal / alta pressão em conduto forçado é indicado como solução economicamente mais viável quando a inclinação da encosta e a fundação apresentarem condições propícias à construção de um canal. Já o sistema de adução em baixa pressão por meio de tubulação / alta pressão em conduto forçado é aplicável em condições contrárias às anteriores.

Quanto à potência instalada e queda do projeto, as PCH's podem ser ainda diferenciadas pela potência instalada, diretamente ligada à queda do projeto, uma vez que isoladamente, a potência pode não caracterizar efetivamente o tipo de usina. No Quadro 1, é mostrada a classificação de Pequenas Centrais Hidrelétricas quanto à potência instalada e quanto à queda do projeto.

TIPO DE CENTRAL	Potência (kW)	Altura de Queda estabelecida pelo Projeto		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$Hd < 15$	$15 < hd < 50$	$hd > 50$
MINI	$100 < P < 1000$	$Hd < 20$	$20 < Hd < 100$	$Hd > 100$
PEQUENAS	$1000 < P < 30000$	$Hd < 25$	$25 < hd < 130$	$Hd > 130$

Quadro 1 – Classificação das PCH's segundo Potência e Altura de Queda de Projeto

6.4. Energia térmica

No Brasil, este tipo de fonte de energia elétrica é o segundo mais utilizado [16]. Nas usinas termoelétricas, a energia elétrica é obtida pela queima de combustíveis, como carvão, óleo, derivados do petróleo e, atualmente, também a cana de açúcar (biomassa), aquecendo água em uma caldeira, transformando-a em vapor. Este vapor é conduzido sob alta pressão por tubulações e faz girar as pás de uma turbina, cujo eixo está acoplado a um gerador. O acionamento da turbina faz o vapor se expandir e, conseqüentemente, se resfriar, condensando-se em grande parte, sendo reutilizada parte da água líquida no processo e descartada aos rios a outra parte.

Vários cuidados precisam ser tomados para que a utilização desse tipo de tecnologia se torne o menos poluente possível, tais como a filtragem dos gases provenientes da queima do combustível, para evitar a poluição da atmosfera local e o resfriamento da água aquecida antes de ser devolvida para os rios, devido à susceptibilidade da ictiofauna a altas temperaturas.

O avanço da Engenharia de construção das termelétricas tem diminuído cada vez mais os impactos ambientais desse tipo de construção, muitas vezes sendo realizadas avaliações de impacto ambiental já na fase de projeto, continuando na fase de construção e montagem e permanecendo na fase de operação.

Apesar da dependência de combustíveis fósseis como o gás natural, por exemplo, que também é susceptível às variações do cenário político internacional, a geração de energia pelas termelétricas é hoje a primeira frente de batalha viável economicamente para enfrentar os tempos de estiagem de chuvas. Ainda não foi desenvolvida outra alternativa com menores impactos, em escala suficiente para atender a população e não implicar em caos urbano, que também tem vários impactos ambientais desfavoráveis associados.

6.5. Energia nuclear

Este tipo de energia é obtido a partir da fissão do núcleo de metais pesados como o urânio e o plutônio, quando passados por um processo de enriquecimento, que consiste basicamente em aumentar o percentual do isótopo que pode sofrer fissão – no caso do urânio, o de peso molecular 235. As operações de enriquecimento do urânio têm que ser repetidas várias vezes, tornando o processo caro e complexo. Poucos países possuem esta tecnologia para escala industrial.

O metal radioativo é colocado na forma de cilindros dentro do núcleo do reator, que também precisa conter cilindros ou placas de um material moderador (geralmente grafite) que absorve parte dos nêutrons emitidos, controlando o processo para não permitir a reação em cadeia. O resfriamento do reator do núcleo é realizado por meio de um fluido (líquido ou gás) que circula em seu interior. Este calor retirado é transferido por permutação para uma segunda tubulação, onde circula água, transformando-a em vapor superaquecido (a temperatura chega a 320°C), que vai movimentar as pás das turbinas acopladas a um gerador, produzindo eletricidade (fig. 2). Após movimentar as pás da turbina, este vapor é liquefeito e a água é reconduzida para a tubulação, onde é novamente aquecida e vaporizada.

No Brasil, está em funcionamento a Usina Nuclear Angra 2, que contribui com parte da energia elétrica consumida na cidade do Rio de Janeiro. Ainda está em discussão a construção da Usina Nuclear Angra 3, motivada pelo déficit de energia no país. Os Estados Unidos lideram a produção de energia nuclear no mundo e em países como França, Suécia, Finlândia e Bélgica, a utilização da energia nuclear atende a 50 % da demanda da energia elétrica consumida.

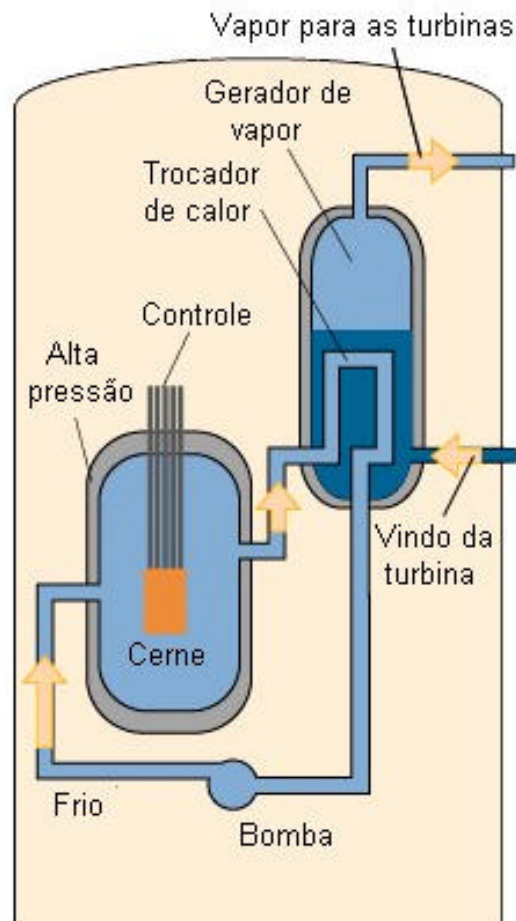


Figura 1- Diagrama do reator de uma Usina Nuclear

O Programa Nuclear Brasileiro tem suas origens no regime militar dos anos 60 [17]. A primeira usina nuclear brasileira, Angra I (650MW), funciona com reator comprado dos Estados Unidos, em 1971, e entrou em operação em 1982. Em 1975, foi assinado o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, que previa a construção de seis usinas nucleares, além da construção de uma série de instalações industriais, visando o inteiro desenvolvimento do ciclo do urânio no Brasil. No âmbito deste acordo, foi construída a usina Angra II (350MW), concretizada 25 anos depois (em 2000), a um custo três vezes maior que o inicialmente planejado. Ainda na década de 70, iniciaram-se as escavações no futuro local de instalação de Angra III(1350MW), porém dificuldades financeiras do Brasil e problemas com as usinas Angra I e II interromperam os planos de construção em 1992, apesar dos equipamentos já terem sido comprados da Siemens.

Dentre os fatores que influem negativamente na utilização de energia nuclear pelo Brasil, pode-se destacar que a usina de Angra I tem um dos piores reatores em atividade no mundo, operando com somente 50% da sua capacidade, a cidade de Angra dos Reis encontra-se assentada sobre uma das poucas zonas sísmicas do Brasil, tendo a proximidade com o oceano como um fator complicante devido a problemas de corrosão, o Brasil não dispõe de qualquer plano para armazenar definitivamente, a médio ou longo prazo, os resíduos nucleares gerados, a tecnologia de Angra III é obsoleta, com custos de armazenagem dos equipamentos chegando a 20 milhões de dólares por ano e o término de Angra III deverá custar ainda mais R\$ 7 bilhões aos cofres públicos.

Apesar de todos estes problemas, a pressão para a construção de Angra III continua forte, tendo também como justificativa a defesa de interesses estratégicos como o fato do Brasil possuir a 6ª maior reserva de urânio do mundo, a inauguração da 1ª fábrica de enriquecimento de urânio do país, que trará autonomia na produção de combustível nuclear e a possibilidade do país construir um submarino nuclear

Atualmente, estudos sobre a viabilidade de Angra III estão sendo elaborados por uma frente de parlamentares e também pela Empresa de Planejamento Energético, ligada ao Ministério de Minas e Energia. Estudos preliminares deste ministério indicam que pelo menos 7 usinas nucleares poderão ser construídas, sendo uma delas no nordeste brasileiro, utilizando os argumentos de que o país domina a tecnologia e vai precisar de energia no futuro próximo.

Devem entrar na equação de verificação da viabilidade da energia nuclear no Brasil os riscos sócio-ambientais como a não existência de solução para o lixo atômico gerado por estas usinas e a ineficiência dos dois empreendimentos já existentes no Brasil. Entretanto, apesar do risco que representa para a sociedade quanto a situações de emergência, a energia nuclear tem a vantagem de não gerar gases que aumentam o efeito estufa e causam alterações climáticas. Há autores que atribuem a esse tipo de energia a qualidade de ser uma das menos poluentes dentro do conjunto das atualmente viáveis economicamente.

6.6. Energia geotérmica

Energia geotérmica é a energia produzida no interior do planeta, disponibilizada no subsolo, através do magma, que aquece a água subterrânea e a faz aflorar em gêiseres. Na Islândia, um país próximo do Círculo Polar Ártico, há vulcanismo intenso e uma grande quantidade de energia geotérmica aproveitável. As usinas elétricas aproveitam esta energia para produzir vapor e acionar turbinas que geram quase três milhões de Joules de energia elétrica por segundo, além de produzir água quente, enviada às casas por tubulações termicamente isoladas. Nos Estados Unidos, há usinas deste tipo nos estados da Califórnia e de Nevada. Em El Salvador, 30% da energia elétrica consumida provém da energia geotérmica.

O Brasil, pelo fato de estar no meio de uma plataforma continental e não possuir atividade vulcânica em seu território, não pode aproveitar esse tipo de energia.

6.7. Energia eólica

A energia eólica é aproveitada pela transformação da energia cinética dos ventos em energia elétrica. Há muito tempo, equipamentos chamados de moinhos de vento já realizavam trabalhos como bombear água e moer grãos. A turbina eólica hoje utilizada é um equipamento de grandes dimensões - turbinas de geradores eólicos mais modernos chegam a medir 60 metros e pesar mais de 20 toneladas cada uma - formado essencialmente por um conjunto de duas ou três pás, com perfis aerodinâmicos eficientes, que impulsionadas pela força dos ventos, aciona geradores que operam a velocidades variáveis, para garantir uma alta eficiência de conversão.

A instalação de turbinas eólicas normalmente apresenta viabilidade econômica em locais em que a velocidade média anual dos ventos seja superior a 3,6 m/s. Existem atualmente, mais de 20 000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, principalmente

nos Estados Unidos. Na Europa, espera-se gerar 10 % da energia elétrica a partir da eólica, até o ano de 2030.

Em um esforço para viabilizar dados científicos para essa nova tecnologia, pesquisadores norte-americanos disponibilizaram uma base de dados de acesso livre [18] sobre materiais utilizados para a construção de turbinas de vento. A iniciativa é resultado de mais de 20 anos de trabalho dos cientistas John Mandell e Dan Samborsky, da Universidade de Montana. Em seu laboratório, placas de diversos materiais são submetidos a milhões de ciclos de esforços repetitivos, sendo testada exaustivamente a resistência mecânica de diferentes tipos de materiais, como fibra de vidro, fibra de carbono, resinas e combinações desses materiais.

Durante uma vida útil esperada de 20 anos, as gigantescas hélices de uma turbina eólica podem girar 500 milhões de vezes. Utilizando os ciclos acelerados, em escala de laboratório, Mandell e Samborsky obtiveram mais de 10.000 resultados de cerca de 150 diferentes compósitos. Segundo os pesquisadores, seus dados já se transformaram em uma das maiores bibliotecas de acesso livre do mundo sobre materiais para utilização na geração de energia eólica.

Embora o Brasil produza e exporte equipamentos para usinas eólicas, essa tecnologia de geração de energia elétrica ainda é pouco usada em território nacional, destacando-se as Usinas do Camelinho, em MG (1MW), de Mucuripe (1,2MW) e da Prainha (10MW) no Ceará, e a de Fernando de Noronha em Pernambuco.

Apesar de também ser uma alternativa que é susceptível ao equilíbrio da Natureza, conforme as hidrelétricas, praticamente apresenta como impactante apenas a poluição visual, sem emissões prejudiciais. Assim que se tornar mais interessante, sob o ponto de vista econômico, ganhando força e escala, poderá ser uma ótima alternativa à utilização das fontes hoje mais poluentes.

6.8. Energia das marés

A energia das marés é obtida de modo semelhante ao da energia hidrelétrica. Constrói-se uma barragem, formando-se um reservatório junto ao mar. Quando a maré é alta, a água enche o reservatório, passando através da turbina e produzindo energia elétrica. Quando a maré abaixa, o reservatório é esvaziado e água que sai passa novamente através da turbina, em sentido contrário, produzindo energia elétrica novamente, conforme mostra a Figura 2. Este tipo de fonte é usado no Japão e Inglaterra.

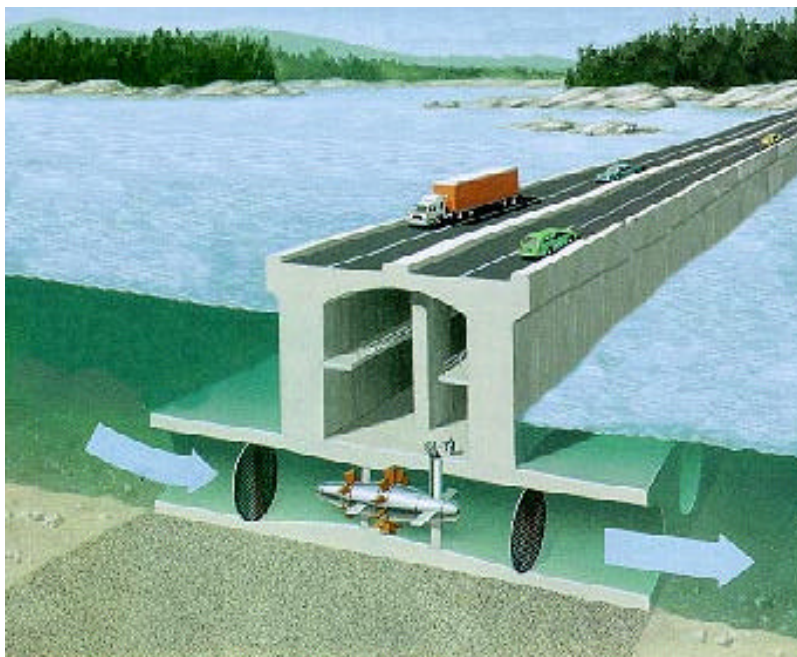


Figura 2 - Caixa de concreto mostrando o local por onde o sobe e desce das marés gera energia elétrica pela passagem da água do mar pela turbina

Na Universidade de Southampton, Inglaterra, Steve Turnock e Suleiman Abu-Sharkh, trabalham com motores elétricos para veículos subaquáticos e estão desenvolvendo uma turbina para geração de energia elétrica a partir da força das marés, cujo diferencial é a simplicidade [19]. Trata-se de um projeto compacto, que eliminou a maioria das partes móveis encontradas nas turbinas marinhas convencionais, tornando-se uma novidade na geração de energia a partir das marés. A maioria dos geradores movidos a água são

essencialmente turbinas invertidas preparadas para funcionar submersas, com toda a sua complexidade técnica e os elevados custos de manutenção associados. O novo gerador tem pás projetadas para girarem com a mesma eficiência qualquer que seja o sentido de deslocamento da maré, tendo seu invólucro sido projetado em computador para permitir a passagem da água com o mínimo de atrito possível.

A simplicidade também permite que o equipamento seja inteiramente montado na fábrica, necessitando apenas ser mergulhado na água quando for começar a gerar eletricidade, o que contrasta muito com os elevados custos de instalação das turbinas tradicionais.

O protótipo apresentado pelos cientistas tem apenas 25 centímetros de diâmetro. A construção de um modelo maior, segundo eles, permitirá aumentar ainda mais a eficiência das pás do rotor. Eles esperam ter um gerador disponível comercialmente em cinco anos.

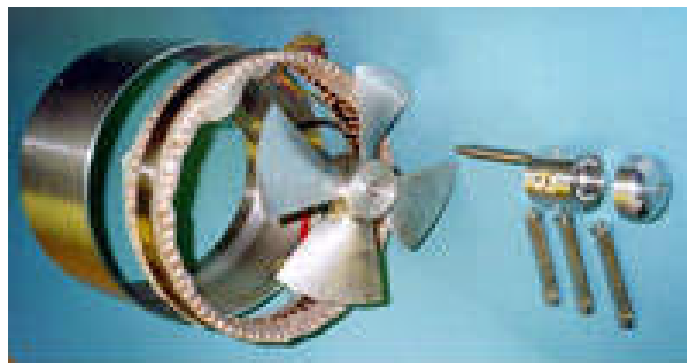


Figura 3 – Modelo de turbina bastante simplificada para geração de energia elétrica a partir da força das marés

No Brasil, embora exista uma grande amplitude de marés - em São Luís do Maranhão, na Baía de São Marcos, 6,8m - a topografia do litoral inviabiliza economicamente a construção de reservatórios.

6.9. Energia fotovoltaica

A radiação solar é disponível em praticamente toda a superfície do planeta [20]. Medições no plano horizontal mostram que a insolação anual na superfície terrestre varia de 800 kWh

por metro quadrado na Escandinávia a um máximo de 2.500 kWh por metro quadrado em áreas de deserto. A julgar por esses valores, a disponibilidade anual de energia solar é muitas vezes superior ao total de energia consumida no mundo, o que torna muito grande, portanto, o potencial de sua utilização, se forem transpostas deficiências de conversão e armazenamento desse tipo de energia, mesmo considerando sua “baixa densidade energética” em comparação com combustíveis fósseis.

Para melhor se avaliar o potencial de energia solar disponível é importante considerar suas aplicações. O potencial de maior utilização da energia solar dependerá de como a sociedade será capaz de modificar e adequar as necessidades de energia para seu conforto e produção econômica. Existem duas grandes áreas de aplicações da energia solar: a produção de eletricidade e suas utilizações para finalidades térmicas.

O custo da produção de eletricidade em sistemas fotovoltaicos pode variar de US\$ 0,30 a US\$ 1,50 por cada kWh hoje em dia. São preços muito altos quando comparados com sistemas convencionais, que podem gerar eletricidade a US\$ 0,01-0,04. Embora em algumas condições muito especiais se possa chegar a produzir eletricidade em sistemas fotovoltaicos a preços de US\$0,05-0,06 cada kWh, parece ainda pouco provável que estes sistemas possam competir com tecnologias de geração convencionais em um futuro próximo.

Os esforços para aumentar a difusão da geração fotovoltaica deverão considerar também a ocupação humana e a rede de eletricidade existente. Em regiões densamente povoadas e com boa infra-estrutura, existe a possibilidade de integração do sistema fotovoltaico à rede elétrica existente, no que se chama “geração distribuída”. Dessa maneira, não são necessários grandes investimentos em sistemas de transmissão de energia. Em alguns países industriais, como EUA, Espanha, Alemanha, Japão e Suécia, já existem políticas de incentivos regulatórios e tarifários para acelerar a utilização de sistemas fotovoltaicos como sistemas de geração distribuída. Já em locais isolados, com baixa densidade demográfica, os sistemas fotovoltaicos representam uma solução adequada para atender pequenas demandas de energia. Em regiões do Brasil, como o interior do Amazonas, Pará, Minas

Gerais e Bahia, diversos desses sistemas tem sido instalados para fornecer energia para escolas rurais, postos de saúde e sistemas de telecomunicação.

Sistemas de conversão térmica de energia solar em eletricidade são formas mais competitivas em relação à conversão fotovoltaica, podendo cair de US\$ 0.12 –0.18 dos valores de hoje para US\$ 0,04-0,1 o custo de cada kWh nas próximas décadas para os sistemas não isolados. Mesmo que a tecnologia hoje existente necessite de áreas com grande insolação para poder concentrar a radiação e produzir eletricidade, cerca de apenas 1% da superfície dos desertos existentes poderiam suprir o consumo atual de eletricidade do mundo, caso fossem vencidas barreiras econômicas. Outra possibilidade economicamente interessante é integrar esses sistemas com fontes convencionais, criando usinas híbridas solar-fóssil (gás ou diesel, por exemplo).

A forma de mais fácil e mais praticada de utilização da energia solar é sua conversão direta em calor de baixa temperatura. Nos sistemas chamados ativos, é utilizado um tipo de coletor onde o calor é transportado através de um fluido, como nos aquecedores residenciais de água. No sistema passivo, a conversão se processa sem necessidade de um elemento especial e dedicado ao processo. Este é o caso de notáveis projetos de arquitetura modernos e antigos onde se procura tomar partido de materiais, geometria e cores das edificações e ambiente construído para promover maior conforto térmico.

Para se aumentar as possibilidades de utilização da energia solar, ainda serão necessários grandes esforços para desenvolvimento tecnológico nas áreas de conversão em eletricidade e seu armazenamento. As enormes possibilidades de sua exploração para melhorar o conforto térmico do ambiente construído vão depender fortemente de uma revisão de conceitos de práticas de construção e urbanização das cidades. No entanto os desafios tecnológicos nessa área são mais modestos e poderão representar a curto prazo importantes economias de eletricidade em sistemas de aquecimento de água e climatização de ambientes.

Foi iniciada em outubro desse ano [21] a construção daquela que será a maior usina de geração de energia solar do mundo. Localizada em Serpa, Portugal, a usina deverá gerar

11 Megawatts de energia, o dobro do que é gerado pela maior usina solar atual, localizada na Alemanha.

Serão 52.000 módulos fotovoltaicos, distribuídos em uma área de 60.000 m². Os módulos são dotados de um sistema de movimentação, que os permite acompanhar o movimento do Sol, maximizando a energia coletada.

O projeto foi desenvolvido pela empresa portuguesa Catavento Lda. A construção ficará a cargo da norte-americana PowerLight Corp., empregando tecnologia da também norte-americana GE. O investimento total será de U\$75 milhões. A usina deverá começar a operar em Janeiro de 2007.

A energia gerada será suficiente para abastecer 8.000 residências. Uma potência equivalente, se fosse gerada a partir da queima de derivados de petróleo, representaria a emissão de 30.000 toneladas anuais de gases que causam o efeito estufa.

Já está prevista também em Portugal a construção de uma nova usina solar fotovoltaica, na cidade de Moura, que terá 350.000 módulos fotovoltaicos, encaixados em 10.000 estruturas móveis, espalhadas em uma área de 1.140.000 m². Sua capacidade de geração será de 62 Megawatts.

No caso particular do Brasil - que por ser um país tropical recebe uma incidência muito grande de raios solares - este tipo de aproveitamento pode ter um papel muito importante principalmente na substituição de chuveiros elétricos, responsáveis por mais de 2% do consumo total nacional [22]. Existe uma Iniciativa de Transformação do Mercado Fotovoltaico, chamada de ITMFV [23], cujo objetivo é acelerar significativamente a comercialização, penetração de mercado e viabilidade financeira da tecnologia fotovoltaica (FV) no mundo em desenvolvimento, e abrir uma janela para promover o uso em larga escala da energia solar fotovoltaica, como uma das melhores perspectivas para um futuro energético de baixo teor de carbono. A *ITMFV* será constituída de um fundo total de aproximadamente \$60 milhões fornecidos pela Global Environment Facility (GEF), com subvenções de \$5-20 milhões para cada uma de três a seis companhias ou consórcios que apresentem propostas mais inovativas, para acelerar o desenvolvimento da tecnologia FV e

expandir aplicações comerciais no mundo em desenvolvimento. Esta iniciativa é fundamentalmente diferente de um programa planejado e desenvolvido por um doador, uma vez que a inovação e atividade principais virão do setor privado. As subvenções do programa deverão ser utilizadas na abordagem de obstáculos e oportunidades em três áreas-chave: desenvolvimento de mercado, produção, e parcerias entre nações.

O programa, sujeito à aprovação da administração, deverá ser administrado pela International Finance Corporation (IFC), afiliada do setor privado do Banco Mundial. A administração através da IFC dará maior rapidez e flexibilidade na implementação, aumentará a alavancagem potencial, e criará um movimento na direção de linha de financiamento pelo setor privado como um todo, na IFC e outros. A fim de evitar exclusão inadvertida de abordagens inovadoras potenciais e conceder tempo suficiente para os acertos comerciais necessários, um "aviso antecipado de oportunidade" (AAO) em linhas gerais será publicado, delineando a estrutura do programa e fornecendo uma oportunidade para troca de informação. Este AAO será acompanhado por uma assistência financeira, técnica e de planejamento comercial limitada, para facilitar a preparação de propostas e assegurar a participação de todas as entidades interessadas e capacitadas dos países em desenvolvimento.

6.10. Álcool

Estudos econômicos – excluindo a tributação específica – mostram que o uso do álcool passa a ser viável do ponto de vista econômico frente à gasolina para cotações do barril de petróleo acima de US\$ 35,00 a US\$ 40,00. Por ser uma tecnologia ainda imatura, a mesma relação é estimada entre US\$ 60,00 e US\$ 80,00 para o biodiesel. Com base nessas relações e nas cotações do barril de petróleo atuais e projetadas, pode-se concluir que o uso da biomassa para a produção de energia deva crescer.

Com 140 milhões de hectares de área adicional agricultável, tecnologia própria e mão-de-obra disponível, o Brasil é o país do mundo que reúne as melhores condições para

liderar a agricultura de energia. Por situar-se predominantemente na faixa tropical e subtropical do planeta, recebe intensa radiação solar ao longo do ano, que é a base para a produção de agroenergia. A possibilidade de expansão da área e de múltiplos cultivos dentro do ano coloca o Brasil em posição de destaque entre os potenciais fornecedores mundiais de energia gerada por biomassa. Além disso, deve-se considerar o fato de que a indústria brasileira geradora de agroenergia, das quais a de etanol é a mais importante, é reconhecida como uma das mais eficientes em termos de tecnologia e gestão do negócio.

O álcool tem sido apontado pela comunidade internacional como uma das possíveis soluções aos problemas ambientais, destacando-se como uma fonte energética compatível com os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, preconizado no Protocolo de Kyoto. Além de condições climáticas favoráveis à produção de álcool, o Brasil dispõe de uma grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais se pode extrair óleos para fins energéticos. Algumas destas espécies são nativas (buriti, babaçu, mamona, etc.), outras são de cultivo de ciclo curto (soja, amendoim, etc.) e outras ainda de ciclo longo ou perene (dendê). Atualmente, estuda-se a possibilidade de substituir o diesel, integral ou parcialmente, por óleo vegetal no uso em motores, entre os quais os automotivos. Essa prática pode levar a ganhos sócio-econômicos consideráveis, viabilizando o desenvolvimento sustentável, em especial nas comunidades rurais.

Dentre os fatores que justificam investimentos visando o aproveitamento da biomassa para a geração de energia no Brasil, estão o reconhecimento da comunidade internacional sobre a importância da agronegria na transição da matriz energética atual, calcada no uso de petróleo, o aumento da demanda por energia, especialmente nos países em desenvolvimento e os preços dos combustíveis fósseis em trajetórias crescentes devido ao esgotamento das reservas e altamente dependentes da conjuntura sócio-político-econômica mundial. Além disso, os custos ambientais poderão ser paulatinamente incorporados ao preço desses combustíveis através de tributos punitivos (taxa de poluição), tornando-os ainda mais caros.

Embora ganhos de produtividade na fabricação de álcool no Brasil tenham sido

expressivos – hoje, de cada hectare plantado com cana se extrai 6.800 litros de álcool, comparativamente aos 4.200 litros extraídos em 1980 – maiores investimentos em P&D serão necessários para que o Brasil possa consolidar a sua posição no cenário internacional, no que diz respeito ao suprimento de combustíveis derivados de biomassa. Além da necessidade de eliminar entraves à expressão do potencial produtivo das culturas que possam se constituir fontes energéticas, alguns outros fatores podem auxiliar na inserção da agroenergia entre as importantes atividades econômicas brasileiras, podendo-se citar:

a) Melhoria da infra-estrutura para escoamento dos produtos, entre as quais a construção de dutos, de ferrovias, de hidrovias e a modernização dos portos, para melhoria da competitividade do biocombustível brasileiro no cenário internacional.

b) Capacitação em mais larga escala do corpo técnico-científico nacional na área ambiental, para elaborar balanços energéticos dos ciclos de vida das cadeias produtivas do agronegócio brasileiro e avaliar o potencial de diferentes produtos alternativos na geração de energia.

c) Desenvolvimento de tecnologia que permita o uso de resíduos e subprodutos de baixo valor comercial das cadeias agroindustriais brasileiras na geração de agroenergia.

6.11. Biodiesel

O biodiesel é definido tecnicamente como uma mistura de ésteres de ácidos graxos oriundos da biomassa, que apresente conformidade com especificações. Sua pesquisa tem o objetivo de reduzir o consumo do óleo diesel proveniente do petróleo. Em 2002, o consumo nacional de óleo diesel importado refinado foi de 6,5 bilhões de litros, tendo sido refinados no Brasil, também no ano de 2002, 8 bilhões de litros de óleo diesel a partir de petróleo importado. O consumo total desse tipo de combustível vindo de fonte fóssil, em 2003, foi de 37 bilhões de litros. Dados da ANP mostram que esse volume representou 33%

do total de petróleo processado naquele ano, superando os percentuais processados de gasolina (20%), óleo combustível (18%), naftas (10%) e GLP (9%).

Embora o governo federal proponha largamente na mídia a utilização da mamona como fonte de biodiesel, essa oleaginosa tem grande potencial de aproveitamento no Nordeste Brasileiro, mas não tem a maior taxa de conversão na reação de esterificação, conforme mostra a Tabela 1.

Substrato	Conversão (%)	Substrato	Conversão (%)
Óleo de Soja	> 97	Óleo de Babaçú	> 97
Óleo de Girassol	> 97	Óleo de Castanha	> 97
Óleo de Canola	> 97	Óleo de Fritura	> 97
Óleo de Milho	> 97	Sebo	> 97
Óleo de Arroz	> 97	Banha de Porco	> 97
Óleo de Nabo Forrageiro	> 97	Gordura de Galinha	> 97
Óleo de Amendoim	> 97	Óleo de Mamona	> 94
Óleo de Palma Bruto	> 97	Óleo de Peixe	> 84
Óleo de Soja Degomado	> 97	Ácido Graxo	> 84
Óleo de Buriti	> 97	Escuma	> 84

Tabela 1 – Percentuais de conversão na reação formadora do biodiesel. Fonte: COPPE/UFRJ

São diferentes as motivações para a utilização do biodiesel de acordo com as diferentes regiões brasileiras. Segundo dados da COPPE/UFRJ, na Amazônia, a motivação é a criação de ilhas energéticas para aproveitar a potencialidade agrícola das palmáceas oleaginosas. No Nordeste, a necessidade é a geração de renda na área rural, podendo ser aproveitadas as Oleaginosas Xerófilas e a Mamona. Na região Centro-Sul, o objetivo é a melhoria das emissões nos grandes centros urbanos, sendo mais adequadas as culturas

oleaginosas temporárias (soja, amendoim). No cone Sul, tornam-se os maiores motivadores os acertos mercadológicos, também sendo adequadas as culturas oleaginosas temporárias. Numa visão comparativa entre o desenvolvimento tecnológico e os custos de produção necessários para a obtenção do biodiesel, foram avaliados vários substratos. Verificou-se que pode-se obter o produto com pouca necessidade de desenvolver tecnologia, caso seja utilizado o óleo de soja refinado. Entretanto, o uso desse substrato apresenta um alto custo de produção. Na outra margem, o uso do esgoto doméstico apresenta um dos mais baixos custos de produção, porém, necessita de grande desenvolvimento tecnológico ainda. As sementes foram o substrato que a pesquisa da COPPE mostrou estar com a melhor relação custo-benefício para a obtenção de biodiesel.

O mundo tem aumentado quase que constantemente a produção de biodiesel, superando a marca de 1.600.000 toneladas por ano em 2002, conforme mostra o Gráfico 3

Evolução da produção do biodiesel no mundo



Fonte: análises FGV, a partir de Lurgi, Korbitz

Gráfico 3 – Evolução da produção de biodiesel no mundo

Embora pareça a solução de vários problemas ambientais, reduzindo os gases geradores de efeito estufa de 78 a 100% em relação ao diesel comum, reduzindo também em 98% a emissão de enxofre e em 50% a de materiais particulados, em relação ao combustível de

fonte fóssil, o biodiesel também aumenta em 13% a emissão de NOx, segundo dados da USEPA, de 1998.

Na avaliação de diferentes tipos de oleaginosas quanto à produtividade por hectare, comparativamente ao teor de óleo e ao tempo entre plantio e colheita, nota-se claramente três grupos com faixas de teor de óleo diferenciados e características que devem definir a melhor opção somente após larga pesquisa de viabilidade. O primeiro, formado pelas oleaginosas babaçu (66%), mamona (50%) e gergelim (48%), apresentam tempos e produtividades mais economicamente viáveis apenas para a mamona (0,7 anos e 1500kg/ha) e para o gergelim (6 meses e 900kg/ha). O segundo grupo, formado por amendoim, canola e girassol, apresenta boa produtividade (respectivamente 1600, 1700 e 1300 kg/ha) e médio teor de óleo (entre 38 e 39%), apresentando também tempos relativamente curtos entre plantio e colheita (um ano para canola e girassol e 0,8 anos para o amendoim). O terceiro grupo, formado por oleaginosas com teores mais baixos de óleo (palma-20%, soja-17% e algodão-15%) apresenta diferenças consideráveis no tempo entre plantio e colheita (1 ano para soja e algodão e 12 anos para a palma) e de produtividades (15000kg/ha para a Palma, 2200kg/ha para a soja e 1000kg/ha para o algodão).

A produção de biodiesel reduz a obtenção de derivados de petróleo, atualmente exportados por preços baixos, coibindo a emissão de CO₂ por sua queima em mais de 75% e poderiam ser aproveitadas grandes áreas ociosas brasileiras e em outros países em desenvolvimento, a fim de preservar a saúde do planeta.

Algumas sugestões da COPPE/UFRJ para o incremento no desenvolvimento da tecnologia do biodiesel são mostradas abaixo:

- Fomento à pesquisa de uma rota de síntese utilizando como matéria-prima o etanol, produto comercial mais largamente disponível do que o metanol, fonte hoje utilizada no país, aproveitando os testes feitos no exterior para a rota metílica.
- Incentivar o desenvolvimento de um processo de catálise ácida.

- Realização de testes com mais motores do que o hoje utilizado em um ônibus na cidade do Rio de Janeiro, para verificação de desgaste de peças e manutenção com o uso do biodiesel (em mistura e puro)
- Estabelecimento de uma visão Integrada de Mercado, reunindo o processo de beneficiamento e escoamento dos sub-produtos do processo de síntese, incluindo também o desenvolvimento de sistemas de distribuição e armazenamento de biodiesel .
- Investimento na pesquisa de produtividade das oleaginosas no Brasil .
- Fomentar a engenharia genética para obtenção de matrizes com alto percentual de óleos.
- Estabelecimento de uma Política Estratégica para o fornecimento dos reagentes e equipamentos.
- Desenvolver as adequações tecnológicas para produção de biodiesel com óleo vegetal de oleaginosas nativas, e as misturas com diesel

A soja é a matéria-prima mais viável para a utilização imediata na produção de biodiesel [24]. Segundo uma pesquisa realizada na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), em Piracicaba (SP), a estrutura da produção, distribuição e esmagamento dos grãos torna seu uso vantajoso. O estudo permitiu verificar que o preço do biodiesel com essa matéria-prima comprada no mercado variou entre R\$0,902 por litro, na região Norte, e R\$1,424, no Sul do Brasil. A pesquisa estimou o preço do litro do combustível em cinco regiões do País com a utilização da oleaginosa e também de girassol, mamona, dendê e caroço de algodão, para unidades com produção de 34.800 litros por ano. Segundo a Esalq, no Nordeste a matéria-prima mais barata para produção do combustível é o caroço de algodão, que levaria a um custo de R\$0,712 por litro. A oferta, porém, depende da demanda pela produção de fibras, de onde se origina o resíduo de algodão usado na elaboração do biodiesel. Segundo a pesquisa, o óleo de girassol é o que tem mais potencial para uso em

biodiesel. Comprando a matéria-prima, o litro do combustível custaria R\$0,859 no Sudeste e R\$0,889 no Sul do Brasil. Na região Centro-Oeste, que possui clima mais favorável, se o plantio fosse incorporado à cadeia produtiva do biodiesel, o preço do litro seria de R\$1,034. A Esalq ressalta, porém, que o girassol precisará de um investimento a longo prazo em pesquisa de sementes, tecnologia de plantio e logística de distribuição para ampliar a escala de produção. O governo deve investir em um plano de oferta de oleaginosas para evitar a dependência de uma única fonte. No Centro-Oeste, por exemplo, seria possível fazer a colheita da soja no verão e, do girassol, na 'safrinha', gerando oferta de duas oleaginosas no primeiro semestre.

A Esalq alerta que a mamona, planejada para ser fornecida por meio de cultivos familiares no Nordeste, ainda possui um custo de produção elevado. A produção é barata, mas o cultivo na região ainda é em pequena escala e com baixa produtividade, o que elevaria o preço do litro de biodiesel para R\$1,585. Nos últimos cinco anos, a média de produção nordestina foi de cerca de 672 quilos de óleo por hectare, enquanto em São Paulo essa relação é de 1,7 tonelada por hectare. Os óleos de mamona, dendê e amendoim são considerados nobres e vendidos mais para consumo humano, o que encarece seu valor de mercado. O uso de amendoim no Sudeste do Brasil faria o litro do biodiesel custar R\$1,874 e a compra de mamona fora da cadeia de produção no Nordeste levaria a um preço estimado de R\$2,219 por litro. Além de melhorar a produtividade das matérias-primas existentes, é necessário pesquisar o potencial de outras espécies, como o pinhão-manso nordestino.

6.12. Biogás e Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos

Chama-se de biogás o gás produzido nos aterros sanitários e industriais, cuja composição percentual é de 50% de metano e 50% de dióxido de carbono. Utilizando informações da CLIN, operadora do aterro de Morro do Céu, Niterói, que recebe atualmente cerca de 470 ton/dia, pesquisadores da COPPE [25] estimaram a geração de metano desde o início da

operação, em 1996, incluindo a previsão até 2015, utilizando o programa Landgen do EPA (Environmental Protection Agency) dos EUA.

Os resultados mostraram que a produção máxima de metano ocorrerá em 2008 ($2,382 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou $65.260 \text{ m}^3/\text{dia}$), sendo a média diária estimada para o período de 2005 a 2015 de $53.000 \text{ m}^3/\text{dia}$. Considerando que seriam capturados apenas 56% do total de metano produzido, foram estimados os custos para transformação do biogás em GMV (gás metano veicular). Utilizando as premissas de que o custo de capital para um sistema com vazão $84600 \text{ m}^3/\text{dia}$ é de US\$ 2,1 milhões em 1996, de que os custos de O&M somariam US\$ 200.000/ano, que o custo do sistema de limpeza e compressão (remoção do CO_2) é de US\$ 25.000/ m^3/min e que a energia necessária para comprimir o metano a 250 bar, isto é, a pressão de abastecimento dos veículos, foi estimada em $0,5 \text{ MW}_e$ ou $1,5 \text{ MW}_t$ equivalentes a cerca de $3.000 \text{ m}^3 / \text{dia}$ de metano, o investimento aproximado para o empreendimento é de US\$ 3.000.000. Supondo a venda do GMV a R\$ 1 / m^3 para $27.000 \text{ m}^3 / \text{dia}$, tem-se uma receita anual bruta de: US\$ 3,942 milhões / ano.

Apesar das hipóteses bastante conservativas, o empreendimento se pagaria em menos de um ano, mesmo sem considerar as receitas adicionais relativas aos créditos de carbono, estimadas em US\$ 1.000.000 / ano a US\$ 5 / ton CO_2 eq. Este valor adicional é mais do que suficiente para acomodar variações nas estimativas acima além de cobrir os custos de prospecção e projeto.

Desde a década de 90 o tema dos resíduos sólidos é alvo de debates no governo e na sociedade [26]. A inexistência de um marco legal que regule a questão dos resíduos sólidos reflete os interesses conflitantes sobre o assunto. Entretanto, amplia-se a consciência da sociedade na transformação de seus padrões de produção e consumo, multiplicam-se iniciativas locais e comunitárias voltadas para esse tema. Os Fóruns Lixo & Cidadania, nacional, estaduais e locais, têm sido espaços importantes para a vocalização desses debates. Considerando o conjunto de debates e posicionamento dos vários segmentos na questão, o MMA buscou consolidar os diversos documentos existentes, partindo da

Proposição N° 259/99, aprovada pelo Plenário do Conama e das propostas emanadas nas discussões efetivadas no Seminário Conama, realizado em 2004.

A proposta de Projeto de Lei é a primeira iniciativa do Executivo que propõe regulamentar a questão dos resíduos sólidos e é consenso a urgência de sua aprovação no Congresso Nacional. A proposta do governo tem sua atuação voltada à prevenção da geração de resíduos sólidos; concentra esforços na utilização do conceito dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar; busca a implementação de tecnologias ambientalmente saudáveis e estabelece mecanismos para a eficiente gestão dos resíduos sólidos, considerando as ações no fluxo dos mesmos, desde sua geração à sua disposição final. O Anteprojeto regulamenta responsabilidades e parâmetros técnicos, sujeitando à observância da Lei as pessoas físicas e jurídicas, de direito público ou privado, os responsáveis direta ou indiretamente por atividades que gerem resíduos sólidos e as que desenvolvam ações no fluxo de resíduos sólidos. A PNRS prevê o engajamento da comunidade no estabelecimento dos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, construídos a partir das necessidades e respostas da sociedade considerando as diversidades locais e regionais.

Vários tipos de resíduos estão associados à Política de Resíduos Sólidos, mas apresentam características que implicam em enfoques específicos, em termos de seus processos de geração, coleta, tratamento e disposição final. Entre esses, pode-se destacar os resíduos hospitalares, já objeto de recente resolução promulgada pelo CONAMA, os pneus e os agrotóxicos. O tema de áreas contaminadas, com efeitos perversos para a saúde humana e o meio ambiente também é cada vez mais evidente na gestão ambiental urbana.

Segundo o CEMPRE [27], o Brasil gera mais de 140 mil toneladas de lixo urbano diariamente. Desse total, 55% ainda é lançado em lixões. Considerando que o lixo urbano brasileiro tem cerca de 60% de sua massa composta de resíduos orgânicos, a transformação desse total em energia elétrica seria suficiente para a geração de aproximadamente 7% da demanda brasileira. A energia gerada pela incineração do total de bagaço de cana, casca de arroz e serragem gerados no país daria para cobrir 12% do consumo nacional.

A recuperação da energia química dos componentes pela incineração controlada de resíduos sólidos urbanos é chamada de reciclagem quaternária [28]. Há produtos com altos valores de poder calorífico no lixo urbano, como mostra a Tabela 2 [29],[30].

Materiais presentes no lixo urbano		Poder calorífico		Energia Incorporada	
		(BTU/lb)	(cal/g)	(BTU/lb)	(cal/g)
Alta combustão	Polietileno	19.900	11.056	42.200 (LDPE)	23.444 (LDPE)
				44.400 (HDPE)	24.667 (HDPE)
	Polipropileno	19.850	11.028	41.000	22.778
	Poliestireno	17.800	9.889	50.400	28.000
	Pneus	17.196	—	—	—
	Borracha	10.400	5.778	—	—
Média combustão	Papel jornal	8.000	4.444	—	—
	Papelão	7.000	3.889	—	—
	Madeira	6.019	—	—	—
Baixa combustão	Resíduo de jardim	3.000	1.667	—	—
	Resíduo orgânico	2.600	1.444	—	—
Valores médios para alguns combustíveis tradicionais		Poder calorífico		Energia Incorporada	
		(BTU/lb)	(cal/g)	(BTU/lb)	(cal/g)
óleo combustível residual		20.000	11.111	—	—
carvão mineral		9.600	5.333	—	—

Tabela 2 - Poder calorífico de diferentes materiais combustíveis

Comparando o consumo de energia para a obtenção de metais primários e secundários [31], pode-se verificar que a utilização da reciclagem de metais poupa de 85 a 95% da energia empregada na obtenção do mesmo metal a partir de fontes naturais, conforme mostra a Tabela 3.

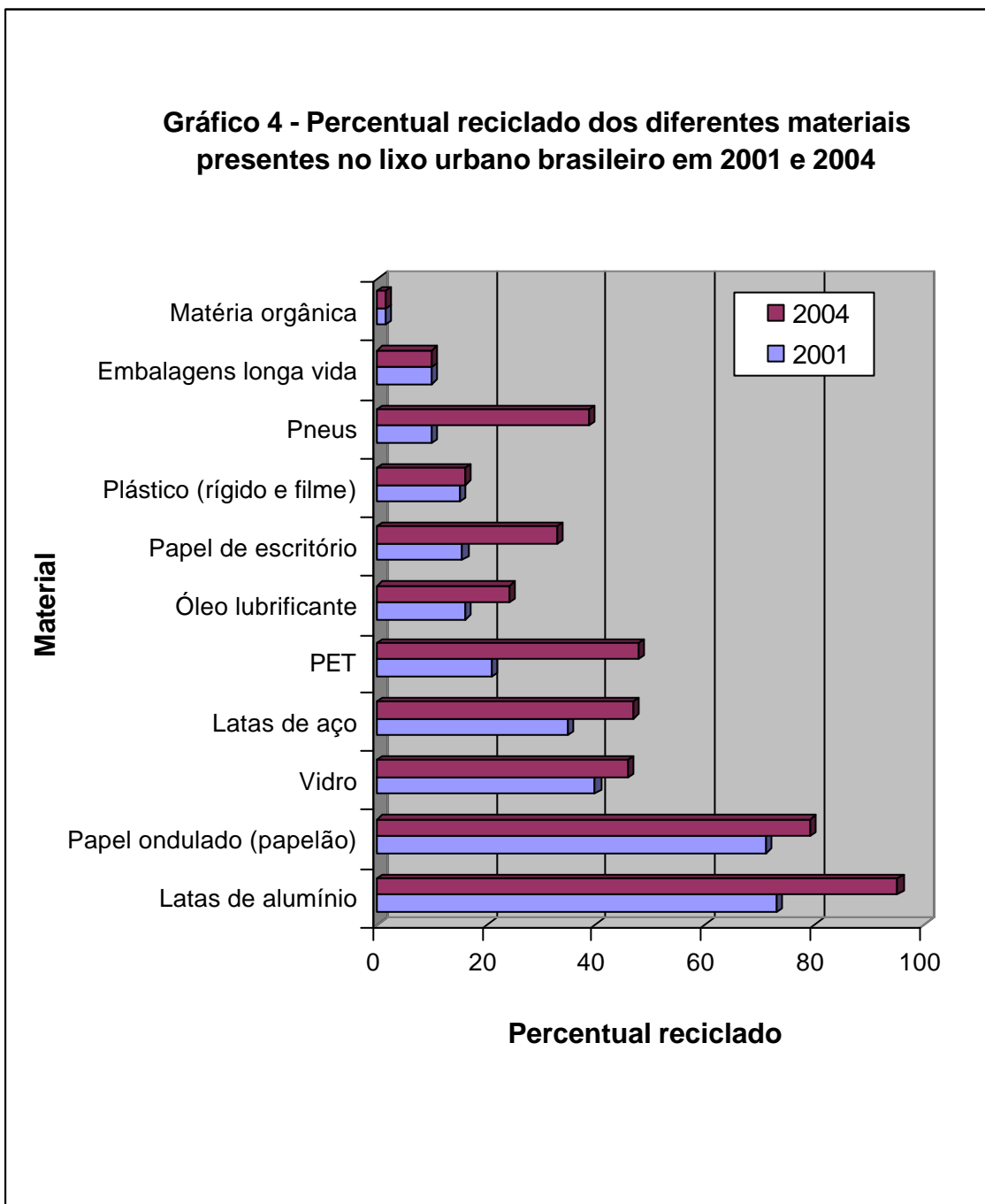
Metal	Energia empregada na obtenção de uma tonelada		Energia poupada na reciclagem	
	metal primário kWh/t	metal secundário kWh/t	kWh/t	%
Alumínio	17.600	750	16.850	95
Cobre	2.426	310	2.116	87
Zinco	4.000	300	3.700	92
Estanho	2.377	360	2.027	85
Chumbo	3.954	450	3.504	88
Níquel	23.000	600	22.400	97
Magnésio	18.000	1.830	16.170	90

Tabela 3 – Percentual de energia poupado na reciclagem de metais

Uma saída encontrada para driblar a falta de recursos para os projetos de geração de energia elétrica a partir do gás produzido pela decomposição do lixo nos aterros sanitários está sendo a venda de créditos de carbono [33]. Os créditos de carbono são um mecanismo estabelecido pelo Protocolo de Kyoto para reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera. As agências reguladoras de proteção ambiental emitem certificados autorizando emissões de toneladas de dióxido de enxofre, monóxido de carbono e outros gases poluentes. Inicialmente, selecionam-se indústrias que mais poluem no País e a partir daí, são estabelecidas metas para a redução de suas emissões. As empresas recebem bônus negociáveis na proporção de suas responsabilidades. Cada bônus, cotado em dólares,

equivale a uma tonelada de poluentes. Quem não cumpre as metas de redução progressiva estabelecidas por lei, tem que comprar certificados das empresas mais bem sucedidas. O sistema tem a vantagem de permitir que cada empresa estabeleça seu próprio ritmo de adequação às leis ambientais.

A variação do percentual reciclado de diferentes materiais presentes no lixo urbano brasileiro, de 2001 a 2004 pode ser verificada no Gráfico 4 [32]



Como o metano é cerca de 23 vezes mais nocivo para o efeito estufa do que o gás carbônico, o projeto de geração de energia por biogás da Sasa Sistemas Ambientais, dona do aterro de Tremembé, no interior paulista, garante as condições para a venda dos créditos ao governo holandês, atual comprador.

7. Dificuldades Relacionadas à Disseminação das Fontes Alternativas de Energia

As dificuldades relacionadas às fontes alternativas de energia, entretanto, vão muito além dos problemas burocráticos. Segundo dados do jornal Valor Econômico, em maio de 2006 [34], o Proinfa, ainda patina, apesar de o governo e Eletrobrás ainda fazer esforços para fazê-lo decolar. Até maio desse ano, apenas 25% dos 3.248 megaWatts prometidos - ou 827 megaWatts - tinham condição de sair dentro do prazo previsto, até dezembro de 2007, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). A Eletrobrás tem um número diferente: serão construídos 914 megaWatts ainda em 2006 - ou 27,7% do total previsto.

A maior parte do Proinfa – relacionada à energia eólica - também é a parte mais comprometida do programa: do total previsto, apenas 14,6% (ou 208 megaWatts) estão dentro do cronograma. Neste quesito, a Eletrobrás e Aneel concordam com os números. Das 54 usinas eólicas listadas pela Aneel, apenas 5 já iniciaram as obras e não têm restrição alguma para entrar em operação dentro do previsto.

Hoje, o país possui um único fabricante de aerogeradores, a alemã Wobben, que se instalou no Brasil animada com o Proinfa, porém está frustrada, indicando que veio para atender o mercado interno, mas que sobrevive hoje graças às exportações para os mercados asiático e europeu, segundo o diretor comercial da empresa. Em 2002, a empresa construiu uma nova fábrica, em Pecém, no Ceará e, em 2005, outra, desta vez em Gravataí, no Rio Grande do Sul. Estas duas fábricas, de torres de geração eólica, foram investimentos feitos pensando principalmente no fornecimento ao Proinfa. A Wobben já conseguiu vender 200 megaWatts em equipamentos de geração eólica, mas o volume está abaixo do estimado. O problema, segundo um executivo que quer investir no Proinfa, é que

a Wobben, por ser a única fabricante no país, pôs os preços dos equipamentos em patamares muito elevados. A solução, segundo a Eletrobrás, foi tentar atrair outros fabricantes para o país: já se comprometeram a se instalar aqui, ainda em 2006, a também alemã Fürhlander (provavelmente também no Ceará) e a Suzlon (que tem parte de capital indiano e parte alemão). A Gamesa, espanhola, também é uma promessa futura.

Da previsão inicial da Eletrobrás, apenas 4 projetos de biomassa e uma usina eólica estão com sérios problemas e não deverão ser levados adiante. A usina eólica que tem problemas é a de Cidreira, no RS, com 70 megaWatts, onde uma ação judicial suspendeu sua licença ambiental. Com relação ao financiamento, o processo também caminha bem, segundo a Eletrobrás e o BNDES. O banco estatal já aprovou ou contratou R\$ 3,6 bilhões de um total de R\$ 5,5 bilhões destinados ao Proinfa, segundo a chefe de departamento de gás, petróleo, energia e fontes alternativas do BNDES, Claudia Prates. Essa carteira de financiamento permitirá a construção de pelo menos 1.400 megawatts, segundo a executiva do BNDES.

A Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro alertou, no último dia 23 de novembro, para o risco de novo racionamento de energia elétrica no país, a partir de 2007, num cenário de crescimento econômico à taxa de 5% ao ano e de pouca chuva [35]. Para que não haja desabastecimento de energia elétrica já em 2007, o país precisa investir entre US\$ 3,5 bilhões e US\$ 4 bilhões por ano em geração, além de 10% desse valor em transmissão, segundo estudo desenvolvido pelo Grupo de Acompanhamento do Setor Elétrico. Segundo a FIRJAN, ainda não foram estabelecidas as regras que vão garantir os projetos de implantação das hidrelétricas. Para o setor elétrico, o ano de 2007 representa um horizonte muito próximo e novos projetos - que dependem do anúncio do novo marco regulatório do setor elétrico - estão atrasados. Novos projetos para a criação de termelétricas e hidrelétricas precisam sair do papel e garantir o acréscimo de quatro mil megawatts/ano ao sistema, assegurando o fornecimento.

Além da necessidade de execução dos projetos previstos pelo Proinfa, que deverão aportar maior capacidade - cerca de 1.500 megawatts - ao Sistema Interligado Nacional (Sin), outra

necessidade apontada pela FIRJAN foi a licitação de novos projetos ao lado de medidas para o aumento da disponibilidade de gás natural para sua geração. As termelétricas, com prazo médio de construção de três anos, são mais adequadas para a conjuntura atual que as hidrelétricas, que requerem maiores investimentos e possuem prazo de conclusão de aproximadamente 5 anos.

8. Conclusão

Mesmo com a sua farta malha hidrográfica, que lhe confere um grande potencial energético, o Brasil corre o constante risco de desabastecimento devido ao fato de privilegiar providências emergenciais diante de situações de crise, ao invés de adotar medidas preventivas.

A mudança cultural acompanha a passos lentos o esforço da sociedade brasileira para manter-se na rota do desenvolvimento sustentável e as fontes alternativas de energia até agora pesquisadas e trabalhadas ainda estão longe de substituir o petróleo e a comodidade que ele traz hoje. Apenas a esperança de dias melhores ainda persiste no coração das pessoas e nas mentes das pessoas e das organizações que sempre foram pioneiros e previdentes.

O desafio ainda é disponibilizar e priorizar recursos para desenvolver tecnologias para viabilizar as fontes alternativas de energia em tempo hábil para que o planeta possa se recuperar e não haja colapso entre o crescimento populacional e a disponibilidade de um ambiente onde os que nascem possam crescer e viver.

9. Referências Bibliográficas

1. http://www.eletronbras.com.br/em_biblioteca/default.asp, em 01/11/06
2. MIGUEL, K. G.; Proinfa incentiva fontes alternativas de energia; 10/12/2004;
<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/12.shtml>, em 02/11/2006
3. MESQUITA, A. C.; <http://www.sfiac.org.br/artigos/energia/proinfa%20.htm>, em 02/11/06
4. BACCHI, M. R. P.; Brasil – gerando energia de biomassa, limpa e renovável;
http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro/especialagrocepea_4.doc, em 02/11/06
5. Material didático do curso MBE/COPPE; turma 14 ; “apresentação Luciano”; dados de 2004
6. FUSARO, K.; falta investimento em energias alternativas no brasil; agência fapesp;
21/07/2006;
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060721>; em 23/10/06
7. MACHADO, F. V.; Indicador de sustentabilidade energética - um modelo de avaliação para a governança regulatória e para investimentos na américa do sul; universidade estadual de campinas – UNICAMP;
<http://www.cori.unicamp.br/ct2006/trabalhos/indicador%20de%20sustentabilidade%20energetica.doc>, em 02/11/06
8. LIMA, C. R.; PAES, J. B.; DUTRA, A. F.; SAKAMOTO, A. Y.; Emissões de carbono (CO₂) pelas termelétricas do estado do mato grosso do sul e sua mitigação via reflorestamentos; <http://www.riosvivos.org.br/arquivos/1249653888.doc>, em 02/11/2006
9. <http://www.nea.ufma.br/fae.php>, em 23/10/06
10. <http://www.memoria.eletronbras.com/historia.asp>, em 01/11/06
11. BUBU, A.; Biomassa: uma energia brasileira;
http://www.gabeira.com.br/cidadesustentavel/biblioteca/%7bc55a0ae3-2f50-4c53-834d-e398df79fa1a%7d_biomassa_nossa.doc, em 02/11/06

12. Redação do site <http://www.inovacaotecnologica.com.br>; em 23/10/06; Célula a combustível gera energia e faz tratamento de águas servidas; 27/02/2004
13. GUERRINI, I. M.; Fontes alternativas de energia; CDCC - USP - São Carlos; 24/08/2001; http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html, em 23/10/2006
14. <http://www.abrh.org.br/>, em 02/11/06
15. http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/mapa_de_pch.asp?id=33, em 02/11/06
16. http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/tela_apresentacao.htm, em 02/11/06
17. PAIM, E. S.; Painel: velhas energias para novos mundos? O debate sobre a energia nuclear na América Latina; FSM 2006; Caracas, Venezuela; http://www.cancun2003.org/download_pt/apresentacao_elisangela_paim.doc, em 02/11/06
18. Redação do site <http://www.inovacaotecnologica.com.br>; Disponibilizada base de dados sobre materiais para geradores eólicos; 17/08/2006; <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060817>, em 23/10/06
19. Redação do site <http://www.inovacaotecnologica.com.br>; Gerador compacto de alta eficiência gera energia a partir das marés; 20/06/2006; <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060620>, em 23/10/06
20. <http://www.cori.unicamp.br/ct2006/trabalhos/indicador%20de%20sustentabilidade%20energetica.doc>, em 01/11/2006
21. Redação do site <http://www.inovacaotecnologica.com.br>; Começa a construção da maior usina de energia solar do mundo; 08/06/2006; <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060608>, em 23/10/06
22. http://www.eletrabras.com.br/em_biblioteca/default.asp, em 01/11/06

23. <http://www.cresesb.cepel.br/abertura.htm>, em 01/11/06
24. BERNARDES, J.; Agência de notícias da USP; 24/05/2006;
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060524>, em 23/10/06
25. RIBEIRO, S. V. G.; OLIVEIRA, L. B.; Análise preliminar de viabilidade para a exploração do biogás do aterro de morro do céu em niterói; estudo realizado pelo instituto virtual internacional de mudanças globais da coppe/ufrj em julho de 2005
26. http://www.joyjoystudio.com.br/conferencia/qualidade_ambi_assent_humanos.doc, em 02/11/06
27. VILHENA, A.; Notas de aula; MBE/COPPE-UFRJ; 2005
28. GUADAGNINI, M. A.; “madeiras plásticas como materiais alternativos para madeiras naturais”; tese de mestrado apresentada ao instituto de macromoléculas professora eloisa mano / ufrj, 2001; 117 p.
29. BISIO, A.L., XANTHOS, M; How to manage plastic waste – technology and market opportunities; hanser publishers, cincinnati; 1994; p.22
30. GUADAGNINI M. A., MATTÊA, D. W. C.; MENDES, E.; DUARTE, J. S.; OLIVEIRA, M. P. A.; reciclagem de plásticos; orientador: daniel barreto. rio de janeiro; projeto final de engenharia química submetido à eq/ufrj em 1992
31. PACHECO; ELLEN B. A. V.; gestão ambiental e reciclagem de resíduos - notas de aula; MBE/COPPE-UFRJ; 2006
32. <http://www.cempre.org.br/fichas>, em 18/01/2001 e em 07/11/2006
33. Centro de pesquisa energia inteligente; a venda de créditos de carbono viabiliza projetos de geração de energia elétrica a partir do biogás;
http://www.amda.org.br/assets/files/a_venda.doc, em 02/11/06
34. COIMBRA, L.; Proinfa emperra e poderá ofertar apenas 25% do previsto até 2007; jornal valor econômico; 25/5/2006

35. [55](http://www.firjan.org.br/notas/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from%5fday=&from%5fmonth=&from%5fyear=&inoid=7744&query=advsearch&search%5fby%5fauthorname=all&search%5fby%5ffield=tax&search%5fby%5fheadline=false&search%5fby%5fkeywords=any&search%5fby%5fpriority=all&search%5fby%5fsection=83%2c30%2c92%2c16%2c15%2c47%2c90%2c91%2c17%2c35%2c84%2c77%2c38%2c60%2c70%2c26%2c93%2c32%2c57%2c75%2c79%2c65%2c36%2c49%2c64%2c85%2c51%2c37%2c59%2c69%2c66%2c39%2c63%2c73%2c6%2c48%2c76%2c58%2c67%2c18%2c81%2c55%2c78%2c33%2c19%2c20%2c10%2c23%2c88%2c89%2c21%2c52%2c82%2c42%2c41%2c62%2c72%2c50%2c40%2c4%2c61%2c71%2c31%2c68%2c22%2c74%2c34%2c80%2c53%2c28%2c29&search%5fby%5fstate=all&search%5ftext%5foptions=match&sid=10&text=fontes+alternativas+de+energia&to%5fday=&to%5fmonth=&to%5fyear=, em 07/11/06</p></div><div data-bbox=)