

## PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: GERAÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

**D. J. Horst<sup>1</sup>, F.P. Silva<sup>1</sup>, J. J. R. Behainne<sup>2</sup>, A. A. de P. Xavier<sup>3</sup>, A.C de Francisco<sup>3</sup>.**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – (UTFPR) – Departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Laboratório de Investigação sobre Energias Renováveis  
Avenida Monteiro Lobato s/n – Ponta Grossa – PR – Brasil – CEP – Tel. Fax +55 ,  
e-mail: diogohorst@yahoo.com.br / fernando\_partica@hotmail.com / jhon@utfpr.edu.br / augustox@utfpr.edu.br / acfrancisco@utfpr.edu.br

*Recibido: 20-10-11; Aceptado: 21-11-11.*

**RESUMO.-** Este artigo apresenta uma prospecção tecnológica quanto à geração de energias renováveis no Brasil. Foi realizada uma revisão bibliográfica a qual identificou aspectos considerados potenciais no que tange a evolução, aplicação e acompanhamento de tecnologias, além de citar tendências para áreas que utilizam biomassa, setor de transportes, geração de energia eólica, termoeletricas, geração distribuída, entre outros, como também menciona a capacidade de pesquisa e desenvolvimento deste país. Como resultados, tecnologias para a geração de energias renováveis demonstram-se disponíveis, porém são ainda pouco aplicadas/melhoradas e/ou desenvolvidas. Identificaram-se lacunas na integração entre universidade/empresa e governo quanto à utilização destas tecnologias atrasando o Brasil em produção/geração destas energias, como também na geração de patentes e em contribuições para pesquisa & desenvolvimento. Por outro lado o país apresenta pleno potencial para geração das energias renováveis, pois possui matrizes energéticas diversificadas e autossuficiência em algumas áreas, como por exemplo, na produção de etanol e biodiesel.

**Palavras-chaves:** prospecção tecnológica, energias renováveis, pesquisa & desenvolvimento, Brasil.

### TECHNOLOGICAL FORECASTING: RENEWABLE ENERGY GENERATION IN BRAZIL

**ABSTRACT.-** This paper presents a technological forecasting about the renewable energy generation in Brazil. We performed a literature review which one identified potential issues regarding to the development, implementation and monitoring of technologies, and trends to areas which use biomass, transportation sector, wind power generation, power plants, distributed generation, among others, as also mentions the ability to research & development of this country. As result, technologies for generating renewable energy are available, but are poorly implemented/improved and/or developed. We identified gaps in the integration between university/company and government regarding the use of these technologies in Brazil delaying the production/generation of these energies, and also in generating patents and contributions to research and development. In the other hand, the country has full potential to generate renewable energy, because it has diversified and self-sufficiency in some areas, such as in the production of ethanol and biodiesel.

**Keywords:** technological prospective, renewable energy, research & development, Brazil.

### 1. INTRODUÇÃO

A questão energética se demonstra cada vez mais vital para todos os países. Prova disso são os atuais conflitos geopolíticos ligados ao uso dos combustíveis fósseis. Muitas tecnologias existentes ao longo do tempo não eram ainda consideradas economicamente viáveis, porém devido aos atuais encarecimentos nos preços do barril de petróleo de 20 dólares para 60, 70, 80 dólares, muitas tecnologias passaram a ser.

Muito da discussão a cerca da matriz energética brasileira prega principalmente maior diversificação de fontes, em particular para a geração de eletricidade. No entanto, esse debate é equivocado porque não se trata de discutir de maneira isolada as fontes de energia e sim as tecnologias de conversão e uso final de energia. São elas que permitem que determinadas fontes se tornem mais competitivas que outras.

Tem sido assim em toda a história do desenvolvimento energético, do engenho a vapor às turbinas a gás, em plataformas marinhas para extração de petróleo, na utilização de motores a combustão interna, geradores eólicos através de outras tantas tecnologias. Tecnologias estas que foram capazes de converter energia primária em serviços necessários, de maneira mais eficiente, com menores custos, entre outros fatores, possibilitaram a gradual substituição do carvão pelo petróleo e do petróleo pelo gás natural, por

1. Mestrando em engenharia de produção, pesquisador na linha de pesquisa em Energias Renováveis (UTFPR).

2. Dr. Engenharia mecânica, pesquisador na linha de pesquisa em Energias Renováveis (UTFPR).

3. Dr. Engenharia de produção (UTFPR).

exemplo. Na verdade são as tecnologias que competem entre si e não propriamente as fontes de energia.

Grande parte do consumo de petróleo se destina à indústria petroquímica. Porém é necessário que se invista na biotecnologia em tentativa de encontrar materiais que futuramente substituam os artigos provenientes do fracionamento petroquímico. Já é possível produzir a maioria dos mesmos produtos e insumos utilizando bases biodegradáveis.

Neste momento, o grande desafio é realizar as escolhas certas e que as mesmas preservem as gerações futuras contribuindo com a sustentabilidade do planeta no que se refere ao uso de formas de energias limpas e renováveis.

O Brasil possui matrizes energéticas diversificadas com autossuficiência em algumas áreas. Por exemplo, o país é líder em pesquisa & desenvolvimento e produção de biodiesel e etanol.

Cenários para 2020 indicam que o etanol é uma tendência duradoura e que o Brasil é atualmente reconhecido como líder mundial em sua produção. Especialistas em energia concordam que nos próximos 10 ou 20 anos o etanol será uma fonte de energia muito importante. E existem muitas maneiras de se produzir etanol, obtendo-o da celulose, resíduos do lixo, cana-de-açúcar, e demais biomassas.

Além disso, em nosso país atualmente existem políticas agrícolas em vigor, as quais permitem aumentar ainda mais a importância da utilização do etanol. Outro fator fundamental é o investimento em pesquisa genética para gerar novos e modificados tipos de plantas para produzir ainda mais etanol, e que o mesmo seja mais eficiente e mais economicamente viável.

Daqui a 30 ou 40 anos a energia solar e fontes de hidrogênio irão surgir como fontes importantes de energia. E de acordo com a maioria dos pesquisadores, a forma de utilização da eletricidade também deverá se expandir e se aprimorar.

Neste contexto, este artigo trata de uma prospecção tecnológica sobre a geração das energias renováveis no Brasil, apresentando as tecnologias atualmente disponíveis e sua evolução e as futuras tendências relacionadas ao assunto, como também demonstra a situação do país no que tange a capacidade de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D).

## **2. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA**

A prospecção tecnológica é o levantamento de uma relação de tecnologias e atividades de suporte para seu desenvolvimento de maneira a atender a expectativas e demandas de uma sociedade. Pode ainda ser definida como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, capazes de influenciar de forma significativa a indústria, a economia ou a sociedade como um todo.

Diferentemente das atividades de previsão clássica, que se dedicam a antecipar um futuro suposto como único, os exercícios de prospecção são construídos a partir da premissa de que são vários os futuros possíveis (Gavigan, 1999).

Mais precisamente aonde os casos em que as ações presentes alteram o futuro, como o que ocorre com a inovação tecnológica. Avanços tecnológicos futuros dependem de modo complexo e imprevisível de decisões alocativas tomadas no presente por um conjunto relativamente grande de agentes não colusivos (Barros, 2002).

Estudos prospectivos nacionais têm duas grandes virtudes aceitas: são relevantes para avaliar o estado da arte da Ciência e Tecnologia (C&T), na medida em que influenciam o futuro tecnológico do país a partir de uma avaliação das condições presentes e, segundo, mobilizam os mais diferentes atores envolvidos com C&T, acadêmicos e não acadêmicos para pensar, de forma coletiva e continuada as necessidades tecnológicas do país.

Por conta dessas características, os projetos nacionais conhecem e pensam sobre as condições tecnológicas locais, para servir como exercício mobilizador e ferramenta para a formulação de políticas. Como exercício mobilizador, aumenta o conhecimento coletivo sobre as oportunidades tecnológicas futuras e, como ferramenta, oferece aos formuladores do planejamento nacional, público ou privado, informações em grande quantidade e de boa qualidade (Barros, 2002).

## **3. USOS DA BIOMASSA**

A produção de energia no século XX foi basicamente dominada por combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) que representavam ainda no início do século XXI, cerca de 80% de toda a energia produzida no mundo (WEA, 2000).

Atualmente os recursos renováveis representam cerca de 20% do suprimento total de energia no mundo, sendo 14% proveniente da biomassa e 6% provenientes de fontes hídricas. No Brasil, a proporção de energia total consumida é de cerca de 45%, ou seja; os recursos renováveis suprem quase a metade dos requisitos energéticos do país (Senai, 2007).

Apesar disso, especialistas revelam que as projeções para o futuro indicam que a importância da biomassa aumentará muito, chegando a representar no fim do século XXI dentre 10 a 20% de toda a energia utilizada pela humanidade (Goldemberg, 2009). Segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), divulgados no Brasil pelo Ministério de Minas e Energia (MME), em vinte anos, 30% do total da energia consumida pela humanidade será de matriz bioenergética (MME, 2010).

Existe atualmente um grande número de tecnologias para conversão energética da biomassa adequadas para aplicações em pequenas e grandes escalas. Entre elas estão incluídas a gaseificação, métodos de produção de calor e eletricidade (cogeração), recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos, gás de aterros sanitários, além dos biocombustíveis para o setor de transportes (etanol e biodiesel). O recente interesse na energia da biomassa tem obtido e dado ênfase em aplicações que produzem combustíveis líquidos para o setor de transportes (IAC, 2007).

De todas as opções disponíveis, o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é o maior sucesso comercial dos combustíveis de biomassa em produção atualmente (Goldemberg, 2007). O etanol da cana-de-açúcar possui

balanço energético positivo e tem sido beneficiado através do apoio de políticas governamentais em vários países, inclusive no Brasil, que atualmente abastece aproximadamente 40% do combustível para veículos de passageiros (um terço da sua demanda total de energia para transporte) com etanol da cana-de-açúcar (Goldemberg, 2008).

Os combustíveis mais comuns produzidos a partir da biomassa têm como principais matérias-primas: resíduos agrícolas, madeira e plantas, e resíduos urbanos. O lixo municipal, grande problema para a administração pública em todo o mundo pode ter seu potencial transformado, pois pode ser convertidas em combustível para o transporte, indústrias e residências. Vale ainda ressaltar que a geração de energia elétrica a partir de biomassa tem sido muito defendida como uma importante alternativa importante para todos os países. Programas nacionais começaram a ser

desenvolvidos visando um incremento na eficiência de sistemas para a combustão, gaseificação e pirólise da biomassa (Balat, 2011). Porém, no Brasil falta uma política para utilização de resíduos industriais para geração energética.

Considerando estes aspectos, especialistas no setor de energia acreditam que os centros de pesquisa brasileiros possuem um importante papel a desempenhar neste cenário de recomposição das matrizes energéticas mundiais. A área da bioenergia tende a crescer em grandes proporções nos próximos anos (CGEE, 2006). Portanto, é necessário que medidas sejam tomadas no que se refere ao setor energético que utiliza biomassa, conforme demonstrado na Tabela 1, conforme dados adaptados de uma prospecção tecnológica realizada pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, (2007):

Tabela 1: Medidas e melhorias para o setor energético que utiliza biomassa.

- 
- Melhoria de tecnologias para reações de transesterificação entre álcool e óleo para produção mais eficiente de biodiesel.
  - Tecnologias melhoradas para o aproveitamento da biomassa residual.
  - Utilização de métodos bioquímicos, hidrólise enzimática e fermentação.
  - Evolução em tecnologias para produção agrícola de biomassa energética.
  - Melhoramento genético de variedades de cana-de-açúcar para produção de etanol.
  - Tecnologias para a produção de metanol a partir de biomassa.
  - Tecnologias de combustão avançada da biomassa.
  - Tecnologias para incineração do lixo urbano e compostagem sólida.
  - Cultivos agro-energéticos em combinação com a utilização de resíduos agroflorestais para produção de calor e eletricidade.
  - Combustíveis sintéticos através da produção de gases de síntese da biomassa.
  - Generalização do uso de biogás em aterros sanitários como fonte energética.
  - Tecnologias de produção agrícola de biomassa.
  - Métodos bioquímicos: Hidrólise ácida e/ou enzimática e fermentação.
  - Tecnologias de combustão mista.
  - Gaseificação em pequeno porte (<100 kW).
  - Generalização do uso de Biogás em aterros sanitários como fonte energética.
- 

Atualmente, a indústria da biotecnologia está começando a investigar processos de produção mais avançados do que as opções atuais, como hidrólise do etanol e fermentação, utilização de enzimas para produção de biodiesel, maior fixação de carbono nas raízes das plantas, e recuperação melhorada de óleo (UK DTI, 2003; IEA, 2006).

Avanços na engenharia genética já permitem o desenvolvimento de estirpes com resistência a doenças para as safras que são viáveis no ambiente (como solos degradados) os quais anteriormente eram considerados inadequados para cultivos, assim como para safras que exigem menos insumos químicos e água. Novas tecnologias de alto nível em desenvolvimento incluem técnicas de bioprocessamento de lignocelulose que permitiram a coprodução de combustíveis e produtos químicos nas biorefinarias, incluindo modificações genéticas para a obtenção de matérias-primas melhoradas de biomassa além de facilitar a aplicação de tecnologias de processo, as quais poderiam alcançar entre 70-90 % de eficiência na conversão energética (Goldemberg, 2009).

Portanto, a utilização de biomassa para geração de energia é bastante interessante para o país, especialmente na direção de usos com maior conteúdo tecnológico como geração de

eletricidade, produção de vapor e combustíveis para transporte.

O fator mais importante para a redução de custos da energia de biomassa para os usos mencionados e, independentemente da tecnologia empregada, é a redução do custo da matéria prima (incluindo os custos de coleta e de transporte).

Hoje o Brasil possui a melhor tecnologia no mundo para a implantação, manejo e exploração de florestas de eucalipto, por exemplo. Os custos nacionais são extremamente vantajosos e todo o desenvolvimento nacional na área de papel e celulose oferece condições bastante competitivas para o uso energético de florestas plantadas e o desenvolvimento de tecnologias baseadas em biomassa (Goldemberg, 2009).

Por outro lado, dados retirados do Balanço Energético Nacional (BEN) indicam que no Brasil, em 2010, a biomassa, teve participação de 30,1% na matriz energética, e foi a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder

por 3,7% da oferta. Só foi superada pela hidroeletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total.

O custo da biomassa no país e a alta eficiência de sistemas modernos de geração de eletricidade, especialmente através da gaseificação de biomassa e uso do gás em ciclos combinados, justificam maior atenção para o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil (Jannuzzi, 2003).

#### 4. CAPACIDADE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)

Pesquisadores apontam que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor de energia brasileiro estão estagnados (SENAI, 2005). O foco das instituições de P&D se demonstra direcionado para pesquisa básica, sem articulação com outras instituições de pesquisa e ainda sem integração entre universidade-empresa e governo (Baumann, 1995).

Ainda na percepção dos especialistas, não existe cultura de geração de patentes no setor energético brasileiro. Foi ressaltado também que o procedimento de registros é complexo e os objetivos comerciais e científicos são distintos, impactando ainda mais negativamente quanto ao número de depósitos realizados (Berndes et al., 2003).

Tabela 2: Aspectos importantes para a geração das energias renováveis no Brasil.

- 
- Diversificação energética mediante uso das energias renováveis.
  - Descentralização de sistemas distribuídos de energia elétrica.
  - Uso limpo de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade.
  - Diversificação energética para o setor de transportes.
  - Armazenamento e transporte de energia.
  - Eficiência energética.
- 

No entanto faz-se ainda necessário, identificar o consumo da madeira com finalidade energética no país, bem como de resíduos agrícolas com potencial utilização energética. Segundo Jannuzzi (2003) como áreas de interesse para atividades de P&D em biomassa podem ser relacionadas: O desenvolvimento de processos mais eficientes para uso de madeira como energético no setor residencial; a recuperação dos produtos gasosos condensáveis na carbonização da madeira; melhorias de técnicas para o manejo de florestas energéticas em áreas marginais à agricultura para alimentos e de outras biomassas como a própria cana-de-açúcar, incluindo o melhoramento da produção da matéria prima (melhoramento genético, agronomia, equipamentos, etc); desenvolvimento de projetos de demonstração de gaseificadores de pequeno porte (até 1 MW) verificando eficiência, custos, impactos ambientais, desempenho e condições de operação em regiões isoladas do país; acompanhamento de atividades de demonstração no exterior com gaseificadores de grande porte (maior que 10 MW); desenvolver e aprimorar mais estudos da gaseificação de biomassa no país; para tecnologias já comerciais (cogeração, queima direta nos setores de papel e celulose e de cana-de-açúcar) analisar o uso de combustíveis complementares (Jannuzzi, 2003).

Embora um mapeamento de competências em energia no país seja ainda muito precário é possível afirmar que em muitas áreas já existe densidade e competência em nível

Pode-se ainda mencionar a ausência de uma real dimensão econômica de energia. Os discursos e as ações tomadas são geralmente pautados por análises de valores econômicos em detrimento de uma compreensão dos valores energéticos. A sustentabilidade do setor demanda uma mudança de referencial na análise das matrizes energéticas, bem como planejamento e regionalização dos insumos (SENAI, 2007).

O setor de transportes no Brasil ainda é dependente de derivados de petróleo, o que o coloca em grande fragilidade em termos de sustentabilidade ambiental. O setor elétrico está bem posicionado devido às fontes hidráulicas renováveis, porém constata-se um aumento da demanda, um déficit na produção e uma necessidade imediata de geração distribuída (Kuwahara et al., 1999; Demirbas et al., 2011).

Hoje, o conceito de um mundo sustentável está associado à busca de uma forma de desenvolvimento, capaz de garantir as necessidades da humanidade no presente, sem colocar em perigo o futuro das gerações. Dentro deste contexto, dados coletados pelo Observatório de Prospecção e Difusão Tecnológica do SENAI - PR identificaram algumas tecnologias importantes para o processo como um todo, conforme pode ser visualizado na Tabela 2, conforme os dados obtidos pelo SENAI, (2006; 2007):

internacional (JANNUZZI e CARMEIS, 2002). No entanto, é ainda necessário melhorar a coleta de informações e criar novos indicadores para melhor avaliar a capacitação técnica dos grupos de pesquisas (Jannuzzi et al., 2003).

#### 5. NOVAS TENDÊNCIAS

A possibilidade da utilização de tendências tecnológicas internacionais relacionadas à energia e a logística para o transporte devem ser priorizadas no Brasil (CGEE, 2006).

O setor de transporte apresenta um crescimento contínuo, com taxas maiores que as do setor industrial ou residencial, e ao que tudo indica, esse crescimento tende a continuar nos próximos anos (SENAI, 2007).

Uma revolução energética nesse setor pode ser esperada para os próximos anos impulsionada pela conjuntura atual do setor e sua influência direta na qualidade ambiental das cidades. As mudanças devem acontecer devido ao aparecimento de novas tecnologias de propulsão de veículos, que diminuirão os efeitos nocivos sobre o meio ambiente, conseguindo assim, maior eficiência na utilização de combustíveis (Chalk, 2003; US DEPARTMENT OF ENERGY, 2002; 2006; Shaler, 2004). De acordo com U.S DOE, (2006) as tecnologias a serem acompanhadas ou desenvolvidas podem ser observadas na Tabela 3:

Tabela 3: Tecnologias a serem acompanhadas ou evoluídas no setor de transportes.

---

- Tecnologias de armazenamento de hidrogênio em tanques de ultra pressão, novos hidretos metálicos e nano tubos e fibras de carbono;
- Produção de hidrogênio de fontes limpas e renováveis e uso em células de combustível veiculares;
- Amadurecimento da oferta de automóveis elétricos (baterias recarregáveis) e híbridos;
- Emprego alternativo de biocarburantes (biodiesel e etanol) nos sistemas de transporte;
- Emprego do hidrogênio no transporte como substituto dos produtos petrolíferos para motores de combustão interna;
- Melhorias no consumo específico dos automóveis, nos diversos segmentos;
- Tecnologias para a condução econômica de veículos;
- Melhorias na eficiência dos transportes de mercadorias;
- Tecnologias de exploração de petróleo: sismologia e geofísica de poços;
- Tecnologias para recuperação avançada de petróleo;
- Melhoria na qualidade dos derivados de petróleo;
- Tecnologias de uso de gás natural;
- Tecnologias de controle de poluição e de segurança na indústria do petróleo.

---

Tabela 4: Avanços na área de geração distribuída

---

- Tecnologia de coletores solares distribuídos;
- Geradores elétricos submersos;
- Módulos fotovoltaicos para a construção civil;
- Tecnologias de aproveitamento de energias residuais em processos térmicos;
- Células a combustível em aplicações de geração distribuída em escala industrial e para cogeração de calor e eletricidade;
- Sistemas baseados em anéis supercondutores de onde a energia é armazenada como campos magnéticos;
- Repotencialização das plantas energéticas;
- Tecnologias de sistemas eólicos com estocagem integrada;
- Tecnologia de produção agrícola de “biomassa energética”;
- Utilização de geradores elétricos submersos;
- Sistemas de concentração fotovoltaica;
- Novos sistemas de cabos e isolantes em redes de transporte para grandes distâncias;
- Supercondutores de alta temperatura.

---

Avanços ainda podem ser realizados na área de geração distribuída, de acordo com tendências citadas por diversos autores, como demonstradas na Tabela 4 (SENAI, 2006; Allan et al., 2002; Iwai, 1999; Newel et al., 1999):

Quanto à utilização de energia solar para aquecimento a baixas temperaturas, esta é feita com tecnologias comerciais em todo o mundo, especialmente para o aquecimento de água. É também utilizada para processos de secagem e refrigeração (sistemas de absorção). As tecnologias utilizam, em sua maior parte, coletores solares planos fechados ou abertos dependendo da temperatura desejada. O Brasil possuía cerca de 1,5 milhão de m<sup>2</sup> de coletores solares em 2001. Segundo Jannuzzi et al., (2003) esse setor possui grande potencial para expansão no país e os principais desenvolvimentos deverão ser feitos compreendendo as seguintes áreas:

- a) Redução de custos: manufatura, materiais, qualidade da automação;
- b) Aumento da eficiência de conversão: películas, tintas, isolamento, novas coberturas;
- c) Análise de componentes/sistemas completos;
- d) Novos tipos de coletores (tubos evacuados, concentradores estáticos);
- e) Suporte de engenharia a projetos: softwares, contratos de desempenho;
- f) Demonstração no sistema de habitação; pré-aquecimento industrial, hotéis, escolas etc;

- g) Capacitação de profissionais.

Muito embora a energia solar termelétrica não tenha tido grandes aplicações comerciais, é recomendável manter estudos, sobretudo em tecnologias mais promissoras em início de operação na Europa e nos EUA, focalizando materiais (óticos, fluidos de trabalho), sistemas de rastreamento, sistemas de armazenagem térmica e melhoria de aquisição de dados solarimétricos (radiação direta, séries temporais especialmente) para regiões de maior potencial. Trabalhos em cooperação com o exterior devem ser incentivados e o país deve acompanhar os desenvolvimentos em andamento (Jannuzzi; 2003; Macedo, 2003; CGEE, 2002).

A energia eólica apresenta um panorama bastante diferente da energia solar, já possuindo maturidade tecnológica e escala de produção industrial. Isso foi resultado de significativos investimentos em P&D e uma política de criação de mercado através de políticas de incentivos em vários países, especialmente na Alemanha, Dinamarca, EUA, e mais recentemente na Espanha, entre outros. Hoje essa tecnologia está prestes a se tornar economicamente viável para competir com as fontes tradicionais de geração de eletricidade, além de um existir um grande potencial eólico a ser explorado em diversos países. Existem oportunidades de melhoramentos tecnológicos bem identificados internacionalmente que deverão levar ainda a reduções de custo e permitem estabelecer metas bastante

ambiciosas para instalação de sistemas de geração nos próximos 30 anos (Jannuzzi, 2000).

No Brasil a capacidade instalada é de 22 MW com a participação de diversos grupos nacionais de universidades e grupos estrangeiros, especialmente da Alemanha e Dinamarca. O potencial eólico que está sendo inventariado por alguns grupos no país aponta um significativo potencial no país. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), até o ano de 2002, autorizou a construção de diversas usinas eólicas que totalizam mais de 4 GW de potência instalada, sendo a maior parte delas localizada nas regiões costeiras do NE (Tercioite). Já existe inclusive a produção de turbinas

eólicas no país. As áreas identificadas para um programa de P&D em energia eólica são (Jannuzzi, 2003; Macedo, 2003):

- a) O desenvolvimento de máquinas para situações específicas no Brasil observando o regime de ventos e melhoria da eficiência;
- b) Consolidação de dados de potencial eólico;
- c) Integração de parques eólicos ao sistema interligado.

Em relação à eficiência energética, alguns esforços podem ser considerados, conforme demonstrado na Tabela 5, dados adaptados de SENAI, (2007):

Tabela 5: Avanços na área de eficiência energética.

- 
- Componentes mais eficientes energeticamente para a construção civil.
  - Dispositivos baseados em eletrônica de potência.
  - Tecnologias de fabricação e/ou equipamentos de maior rendimento energético.
  - Otimização, regulamentação e controle dos processos industriais.
  - Aproveitamento do calor residual.
  - Sistemas de iluminação mais eficientes e autorreguláveis.
  - Arquitetura bioclimática para construção habitacional.
  - Tecnologias de carvoejamento mais eficientes.
  - Materiais para aumento da eficiência energética em equipamentos de uso doméstico.
  - Componentes fotovoltaicos para construção civil.
  - Sistemas solares para aquecimento de água.
  - Tecnologias de armazenamento para energia elétrica e térmica.
- 

A possibilidade de obtenção de renováveis, disponíveis, seguras e efetivas fontes de energia é um dos desafios que a humanidade está a enfrentar. Porém através dos biocombustíveis, e de formas de energias como: eólica, solar, hidráulica entre outras, tem-se fontes ecologicamente limpas de energia. No entanto, muitos grupos e centros de pesquisa em diferentes países estão continuamente realizando estudos destinados a tendências de melhorias de processos e desenvolvimento de novos materiais. Estas tendências de pesquisa estão relacionadas com as diferentes etapas de processamento, com a natureza da utilização das matérias-primas e utilização de ferramentas de engenharia com foco na integração e otimização de processos de engenharia, os quais podem fornecer os meios para desenvolver economicamente tecnologias viáveis e ambientalmente amigáveis para a produção de energias renováveis.

Além disso, a intensificação dos processos biológicos implica em uma melhor utilização das matérias-primas e também na redução de processos a fim de melhorar o desempenho dado às configurações propostas. A concretização deste conjunto de metas é um desafio colossal a ser enfrentado através da interação entre a biotecnologia, a química e a engenharia para garantir um futuro energeticamente sustentável.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou o estado de maturidade em que o Brasil se encontra quando se trata do desenvolvimento/exploração de diferentes matrizes energéticas renováveis, em especial através do uso da energia da biomassa.

Com relação à capacidade de Pesquisa & Desenvolvimento, percebeu-se a existência de entraves na geração de patentes.

O foco das instituições brasileiras de P&D apresenta-se direcionado para pesquisa básica, sem articulação com outras instituições de pesquisa. Consequência direta da falta de sintonia entre universidades/empresas. E, de forma concomitante, as atividades de pesquisa em curso caracterizam-se por ações dispersas, pulverização dos recursos e ausência de orientação para potenciais microrregionais. Torna-se então necessário articular e disseminar as relações entre instituições de P&D, setores produtivos e governo. Na questão geração de patentes, percebe-se que não existe cultura de criação de patentes no setor energético brasileiro. No que tange à questão energética, existem ainda restrições ambientais e conflito de interesses. O quadro atual é de insuficiência de energia para a indústria responder ao aquecimento dos mercados.

Novas tendências e oportunidades de se explorar diferentes matrizes energéticas foram também apresentadas, ressaltando que a sustentabilidade apresenta-se como uma plataforma para diretrizes de novas frentes de pesquisa em energias renováveis. Considerando os tópicos analisados, é possível inferir que o Brasil possui grande potencial de utilização de fontes de energias renováveis, e para a eficiente investigação/utilização dessas fontes o meio universidade/empresa e governo necessita de maior integração. Portanto, vários desafios precisam ser ultrapassados, e torna-se necessário que se fortaleça a cultura de planejamento como também institucionalizar e difundir o planejamento energético do país, além de regular e monitorar a política energética.

Os avanços das pesquisas a serem realizadas na área de energia dependem do caminho que o desenvolvimento tecnológico do país irá seguir. Nessa perspectiva, torna-se imperativo a evolução tecnológica por meio de prospecções e pesquisas acadêmicas juntamente com o apoio de empresas e instituições privadas.

## REFERÊNCIAS

- Allan A., Edenfeld, D., Joyner Jr. W.H, Kahng A.B, Rodgers M., Zorian Y. (2002). 2001 technology roadmap for semiconductors. Computer, volume 35, number 1, 42-53.
- Balanço Energético Nacional (BEN), 2010 – Ano Base, 2009. Ministério de Minas e Energia – MME. Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, EPE 2010, 276 p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em nov. 2011.
- Balat M. (2011), Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Conversion and Management*, **52**, 858-875.
- Barros H. G. A metodologia da prospecção tecnológica e o caso brasileiro do Prospectar. (2002). Anais...VII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Lisboa, Portugal, 8-11 Oct.
- Baumann R. (1995). O Brasil e a economia mundial. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- Berndes G., Hoogwijk M., Broek R. van den. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass & Bioenergy*, **25**, 1-28.
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2002). Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia - CTENERG. Brasília: CGEE.
- CGEE. (2006). Prospecção Tecnológica em Energia – Relatório Final. Brasília, Brasil.
- Chalk S., Inouye L. (2003). H2: the president's hydrogen initiative: US DOE'S approach. Davis: Biannual Asilomar Conference on Energy and Transportation on the Hydrogen Transition.
- Demirbas M. F., Balat M., Balat H. (2011). Biowastes-to-Biofuels. *Energy Conversion and Management*, **52**, 1815-1828.
- Gavigan J., Fabiana S. (1999). A comparison of national foresight exercises. *Foresight*, v.1, n.6, dez.1999. Camford Publishing, 491-513.
- Goldemberg J. (2007). *Science*, 315, 808.
- Goldemberg J. (2008). *Biotechnol Biofuels* 1, 1.
- Goldemberg J. (2009). Biomassa e energia. *Quim. Nova*, **32**:3, 582-587.
- IEA. *World Energy Outlook* (2006). Paris: International Energy Agency.
- Interacademy Council – IAC; Biomass. (2007). *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future*, 111.
- Iwai H. (1999). CMOS technology – year 2010 and beyond. *IEEL Journal of Solid-State Circuits*, **34**: 3.
- Jannuzzi J. de M. (2003). Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro / Gilberto De Martino Jannuzzi. – Campinas, SP: EnergyDiscussionPaper, 2.64-01/03.
- Jannuzzi G. M., Carmeis E. D. (2002). Passos iniciais do mapeamento de competências e infra-estrutura na área de energia: síntese dos resultados obtidos de agosto novembro/02. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos em Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília:13.
- Jannuzzi G. M., Gomes A.F. et al. (2003). Mapeamento de Competências e Infra-estrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia. *International Energy Initiative*. Campinas: Junho, 11p. (Energy Discussion Paper no. 2.62-02/03).
- Jannuzzi G.M. (2000). Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado. Campinas: Autores Associados.
- Kuwahara N., Berni M.D., Bajay S.V. (1999). Energy supply from municipal wastes: the potential of biogas-fuelled buses in Brazil. *Renew Energy*, **16**, 1000-3.
- Macedo I.C. (2003). Estado da arte e tendências tecnológicas para energia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 50p.
- MME. Ministério de Minas e Energia. (2010). Balanço Energético Nacional, Brasília, Brasil.
- Newell R.G., Jaffe A.B., Stavits R.N. (1999). The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change. *The Quarterly Journal of Economics*, **114**:3, 941-975.
- Senai. (2006). *Cenários energéticos 2020*. Curitiba: SENAI, 49p.
- Senai. (2007). *Rotas estratégicas para o futuro da indústria paranaense: roadmapping do setor de energia-2015*. Curitiba: SENAI, 62p.
- Shaller R.R. (2004). *Technological innovation in the semiconductor industry: a case study of the international technology roadmap for semiconductors (ITRS)*. George Mason University: dissertation of Doctor of Philosophy Public policy.
- UK DTI (2003). *Technology status review and carbon abatement potential of renewable transport fuels in the UK*. Report B/U2/00785/REP. Available at: <http://www.berr.gov.uk/files/file15003.pdf>. Acesso em Set. 2011.
- US Department Of Energy. (2002). *A national vision of American's transition to a hydrogen economy – to 2030 and beyond*. Washington: US Department of Energy.
- US Department Of Energy. (2006). *International Energy Outlook*. Washington: US Department of Energy.
- World Energy Assessment - WEA (2000). *Energy and the challenge of sustainability*. United Nations Development Programme, United Nations Development of Economic and Social Affairs and World Energy Council.

