



cgEE

**Oportunidades para a Difusão de
Tecnologias de Energia Limpas:
Subsídios para a Participação Nacional na
Conferência de Mudança do Clima**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Oportunidades para a Difusão de Tecnologias de Energia Limpas: Subsídios para a Participação Nacional na Conferência de Mudança do Clima



Brasília, DF
Dezembro, 2009

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Presidenta

Lucia Carvalho Pinto de Melo

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Oportunidades para a Difusão de Tecnologias de Energia Limpas: Subsídios para a Participação Nacional na Conferência de Mudança do Clima. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009.
83 p : il.

1. Mudança do Clima - Brasil. 2. Difusão de Tecnologias – Brasil. 3. Energia Limpas - Brasil. I. Título. II. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

*Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCN Qd 2, Bl. A, Ed. Corporate Financial Center sala 1102
70712-900, Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600
[Http://www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br)*

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão CGEE – 15º Termo Aditivo/Ação/Subação: Subsídios para a Conferência Nacional de Mudanças de Clima/MCT/2009.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada à fonte.

Oportunidades para a Difusão de Tecnologias de Energia Limpas: Subsídios para a Participação Nacional na Conferência de Mudança do Clima

Supervisão

Marcio de Miranda Santos

Consultor

Gilberto De Martino Jannuzzi (Coordenador)

Paulo Henrique de Mello Sant Ana

Rodolfo Dourado Maia Gomes

Equipe técnica do CGEE

Marcelo Khaled Poppe

Mayra Jurua Gomes de Oliveira

Sumário

1. RESUMO EXECUTIVO.....	5
2. INTRODUÇÃO.....	15
2.1. OBJETIVOS:.....	15
2.2. METODOLOGIA:.....	15
3. A CADEIA DE INOVAÇÃO.....	16
4. AS PRINCIPAIS PRIORIDADES TECNOLÓGICAS.....	18
4.1. INVESTIMENTOS.....	18
4.1.1. INVESTIMENTOS PÚBLICOS	18
4.1.2. INVESTIMENTOS PRIVADOS	18
4.2. TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.....	19
4.2.1. SETOR DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE	19
4.2.2. SETOR INDUSTRIAL	20
4.2.3. SETOR DE EDIFICAÇÕES E EQUIPAMENTOS	21
4.2.4. SETOR DE TRANSPORTES.....	21
5. ANÁLISE SOBRE OPORTUNIDADES DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA	22
6. O ESTÁGIO DAS TECNOLOGIAS NO BRASIL E EXTERIOR.....	23
6.1. TECNOLOGIA DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE VIA TURBINAS (GRANDES TURBINAS E CO-GERAÇÃO) E MICROTURBINAS A GÁS NATURAL.....	23
6.1.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO	23
6.1.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	24
6.1.3. POTENCIAL E MERCADO	25
6.2. CARVÃO MINERAL	25
6.2.1. REDE PD&I EM CARVÃO MINERAL NO BRASIL.....	25
6.2.2. CARVÃO PULVERIZADO	26
6.2.3. GASIFICAÇÃO INTEGRADA EM CICLO COMBINADO (IGCC).....	28
6.2.4. CARVÃO EM LEITO FLUIDIZADO ATMOSFÉRICO CIRCULANTE (CFBC).....	30
6.3. FISSÃO NUCLEAR.....	31
6.3.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	31
6.3.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	33
6.3.3. POTENCIAL E MERCADO	34
6.4. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	35

6.4.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	35
6.4.2. A SITUAÇÃO NO BRASIL	36
6.5. ENERGIA SOLAR TÉRMICA DE ALTA TEMPERATURA	40
6.5.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	40
6.5.2. A SITUAÇÃO NO BRASIL.....	41
6.6. ENERGIA EÓLICA	43
6.6.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	43
6.6.2. A SITUAÇÃO NO BRASIL.....	44
6.7. GASIFICAÇÃO DA BIOMASSA	47
6.7.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	47
6.7.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL	48
6.7.3. POTENCIAL E MERCADO	48
6.8. HIDROELETRICIDADE.....	49
6.8.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	49
6.8.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	49
6.8.3. POTENCIAL E MERCADO	50
6.9. HIDROGÊNIO: PRODUÇÃO, ARMAZENAMENTO E CÉLULAS A COMBUSTÍVEL	50
6.9.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	50
6.9.2. A SITUAÇÃO NO BRASIL.....	52
6.10. GÁS NATURAL LIQUEFEITO: LIQUEFAÇÃO E REGASEIFICAÇÃO.....	55
6.10.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	55
6.10.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	55
6.11. GAS-TO-LIQUID (CTL) E COAL-TO-LIQUID (CTL): PROCESSO FISCHER-TROPSCH 56	
6.11.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	56
6.11.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	56
6.12. ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO.....	57
6.12.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	57
6.12.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	58
6.12.3. POTENCIAL E MERCADO	59
6.13. ENERGIA SOLAR TÉRMICA DE BAIXA TEMPERATURA	59
6.13.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	59
6.13.2. A SITUAÇÃO NO BRASIL.....	60
6.14. PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL	62
6.14.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	62

6.14.2. SITUAÇÃO NO BRASIL	64
6.15. PRODUÇÃO DE BIODIESEL	67
6.15.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO NO MUNDO E EXPECTATIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL	67
6.15.2. SITUAÇÃO NO BRASIL	69
6.16. TECNOLOGIAS DE SEQÜESTRO E ARMAZENAMENTO DE CARBONO	73
6.16.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	73
6.16.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	73
6.16.3. POTENCIAL E MERCADO	75
6.17. SMART GRIDS.....	75
6.17.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	75
6.17.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	76
6.17.3. POTENCIAL E MERCADO	76
6.18. CARROS ELÉTRICOS COM ARMAZENAMENTO A BATERIA	76
6.18.1. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO COMERCIAL NO MUNDO.....	76
6.18.2. GRAU DE DOMÍNIO, CENTROS DE EXCELÊNCIA E CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.....	78
6.18.3. POTENCIAL E MERCADO	78
6.19. TECNOLOGIAS SOCIAIS	79
<u>REFERÊNCIA</u>	<u>80</u>

1. RESUMO EXECUTIVO

- Este estudo tem como objetivo indicar de maneira resumida o estágio de desenvolvimento de diversas tecnologias de energia ambientalmente benéficas e explorar o interesse de cooperação e transferência atinentes a essas tecnologias entre o Brasil e outros países, industrializados e em desenvolvimento. O estudo fornece subsídios para negociações internacionais relativas a tecnologias de energia potencialmente atrativas para o esforço global de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da produção e uso de energia.
- Para sua realização contou-se com a participação ativa, por meio de oficinas de trabalho realizadas no CGEE, de partes interessadas públicas, com destaque para os Ministérios de Ciência e Tecnologia (MCT), Relações Exteriores (MRE) e Meio Ambiente (MMA), e privadas, representadas pela Confederação Nacional da Indústria (CNI).
- A análise foi realizada a partir de estudos prévios realizados pelo CGEE, complementados por entrevistas com especialistas. O material consultado encontra-se referenciado no texto. A seleção das tecnologias teve como critério o seu potencial de interesse para a mitigação de emissões e para o mercado brasileiro de energia. Essa seleção também se baseou em estudos anteriores conduzidos pelos CGEE (CGEE 2007, CGEE 2008).
- O resultado da análise efetuada foi sintetizado em duas figuras apresentadas a seguir. A primeira delas (Figura 1) resume a situação das tecnologias examinadas com relação a oportunidades de transferência de tecnologias do e para o Brasil. A segunda (Figura 2) detalha as informações sobre o estágio de desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil e a capacidade do país transferir ou receber tecnologias, tanto em relação aos países em desenvolvimento como aos países industrializados.
- ***Tecnologias para geração de eletricidade a partir de gás natural e carvão:*** o Brasil tem interesse em receber tecnologias modernas baseadas nesses combustíveis, inclusive de países do Sul, como África do Sul, China, Índia. O país possui conhecimento tecnológico na área de carvão pulverizado, contando inclusive com instalações industriais desse tipo em operação; contudo, ainda não há iniciativas nem pesquisas sobre sistemas ultra-supercríticos usando carvão. No caso de turbinas a gás de grande porte, trata-se de tecnologia já dominada, em escala comercial, por um número limitado de grandes empresas multinacionais. Já as turbinas a gás de pequeno porte começaram recentemente a despertar interesse no Brasil, já existindo grupos de pesquisa e empresas desenvolvendo produtos, o que aumenta o espaço para colaboração internacional em pesquisa aplicada, desenvolvimento e fabricação.

- **Tecnologias para geração de eletricidade a partir da energia nuclear:** o Brasil possui conhecimento na área de produção do combustível, em particular na a etapa de enriquecimento. Pode-se pensar na possibilidade de exportação de *know-how* para enriquecimento de urânio com centrífugas desenvolvidas no país, de acordo com as políticas de segurança e acordos que envolvem essa área. Tecnologias avançadas de reatores nucleares (geração III+ e IV) não são dominadas no país, mas existe algum conhecimento sobre a geração II. Essas são áreas onde existe interesse para futuramente se realizar intervenções de manutenção e participar do desenvolvimento de projetos.
- **Energia solar fotovoltaica e térmica de altas temperaturas:** existe grande interesse em desenvolver e buscar tecnologias mais avançadas nessas áreas, e promover acordos de cooperação com centros de excelência de classe mundial, com o objetivo de ampliar a capacitação de recursos humanos, possibilitar a troca de informações (como experiências, normatizações, medições e suporte) e promover o desenvolvimento de produtos e a execução de projetos em cooperação. Em relação ao solar fotovoltaico, o país possui um grande parque industrial que extrai e beneficia o quartzo, transformando-o em silício grau metalúrgico, mas, apesar de atividades de pesquisa e desenvolvimento nesse sentido, ainda não possui empresas que transformem silício grau metalúrgico em grau solar, assim como de fabricação de células e sistemas. A geração de eletricidade por meio de processos de energia solar de altas temperaturas é uma área de pouco domínio no país. Ainda há pouca pesquisa no tema e poucos pesquisadores envolvidos. No entanto, a nível internacional a situação das tecnologias envolvidas na área de CSP (*Concentrated Solar Power*) está avançando para estágios de demonstração e mercado, que podem ser atrativas para o país.
- **Energia eólica:** é uma das fontes que mais crescem no mundo e cujos avanços tecnológicos estão rapidamente entrando no mercado. O país tem todo interesse em acompanhar mais ativamente estes avanços. Existe necessidade de desenvolvimento e adaptações de softwares, e de tecnologias de materiais mais apropriados às condições brasileiras. Existe bastante espaço para incrementar a pesquisa e desenvolvimento (P&D), inovação e nacionalização de componentes. Já existem algumas indústrias instaladas no país, em particular de pás, inclusive com acordos de transferência de tecnologia. O Brasil conta também com uma estrutura industrial capaz de potencialmente atender a demanda interna por novos aerogeradores e seus componentes, assim como competir no mercado internacional. Os principais países detentores de tecnologia de ponta são Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos e Espanha. Entre os países em desenvolvimento, China e Índia já possuem expressivos programas de fabricação e instalação de aerogeradores.

- **Combustão e gaseificação da biomassa:** a tecnologia de gaseificação ainda se encontra em desenvolvimento internacionalmente, mas o Brasil tem particular interesse em participar desse desenvolvimento e da sua aplicação. O Plano de Energia 2030 já contempla a entrada de sistemas utilizando gaseificação e ciclo combinado no setor sucro-alcooleiro. Também, já existem grupos de pesquisa, de desenvolvimento e de inovação trabalhando com esse tema em universidades, centros de pesquisa públicos e, mais recentemente, iniciativas do setor industrial (CTC, VSE), inclusive no desenvolvimento de protótipos. É uma área particularmente estratégica que pode se beneficiar de maior cooperação internacional com centros de pesquisa dos EUA e Europa. O conhecimento acadêmico e industrial que o país possui em sistemas avançados de cogeração com biomassa permite que o Brasil seja um ator importante na cooperação tecnológica e industrial, detendo conhecimentos que podem dar lugar a transferências tanto para países do Sul como do Norte.
- **Hidroeletricidade:** a energia hidrelétrica de médio e grande porte é uma tecnologia madura no Brasil e no mundo. Já as pequenas centrais hidrelétricas (PCH) apresentam um grande potencial de desenvolvimento tecnológico no país e no mundo, em particular nos países em desenvolvimento, apesar de já se encontrarem em fase de comercialização. Existe conhecimento no país ao longo de toda a cadeia produtiva, inclusive nas áreas de otimização de projetos de turbinas hidráulicas e engenharia civil, sendo que atualmente a maior parte dessas atividades é realizada por empresas privadas. O parque tecnológico e industrial brasileiro é capaz de fornecer equipamentos competitivos de até 10 MW. Em termos de transferência de tecnologia, essa é uma área onde o país pode exportar conhecimento, produtos e serviços tanto para países do Sul como do Norte.
- **Hidrogênio:** a produção de hidrogênio já é realizada no país, mas sua utilização em maior escala, com fins energéticos, necessita de progressos para redução de custos. Isso é válido não apenas para o caso brasileiro e existem possibilidades de desenvolvimentos conjuntos entre o Brasil e diversos países do Norte, e alguns do Sul, como têm sido explorados no âmbito do *International Partnership for a Hydrogen Economy*. O Brasil detém conhecimento em algumas áreas de tecnologias de produção de hidrogênio (eletrólise da água, reforma de etanol e de gás natural) e de alguns tipos de células a combustível (PEM para aplicações estacionárias e de porte reduzido), com centros e grupos de pesquisa atuando na área. Também já existem pequenas empresas desenvolvendo e fabricando produtos, capazes de participar de intercâmbio tecnológico internacional.
- **Gás natural (GNL e GTL):** embora a tecnologia de GNL já seja utilizada em escala comercial no mundo, o Brasil ainda possui conhecimento limitado nessa área. Atualmente os maiores esforços são no sentido de aquisição de tecnologia de liquefação e regaseificação do gás natural. Existe um centro de pesquisa em

particular, o Cenpes, que tem desenvolvido aquisição de conhecimento e levantamento do estado da arte de tecnologias de GNL, mas ainda não existe capacitação industrial nessa área. No caso da tecnologia GTL (*gas to liquids*) e mesmo CTL (*coal to liquids*) existe um conhecimento relativamente restrito no país, também concentrado no CENPES, muito embora algumas universidades e outros centros de pesquisa também possuam programas de pesquisa e desenvolvimento nesse tema. Ainda não há capacitação industrial no Brasil.

- ***Etanol de primeira geração***: é completamente dominado no país e é uma tecnologia que o país poderá transferir para outros países (Norte e Sul), inclusive o know-how para sua integração ao sistema de derivados de petróleo. Já o caso do ***etanol de segunda geração*** apresenta-se em estágios de P&D e início de demonstração necessitando ainda também de pesquisa fundamental. O país conta com diversos pesquisadores e centros onde se localizam a maior parte do conhecimento, incluindo também algumas indústrias do setor sucro-alcooleiro. Recentemente foi criado o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). É possível dizer que o país tem possibilidades de transferir conhecimento para países do Sul e se beneficiar com pesquisas colaborativas tanto com países do Norte como do Sul também.
- ***Solar térmica de baixa temperatura***: o Brasil domina a tecnologia de coletores planos convencionais. Seria importante desenvolver outras tecnologias mais sofisticadas, assim como outras aplicações: refrigeração, ar-condicionado, superfícies seletivas, tubos a vácuo, processos de fabricação automatizados. Embora exista capacitação nas universidades, ainda não se observam esforços coordenados e maior interação com empresas. É necessário também promover modernização da indústria nacional. O Brasil se beneficiará de maior cooperação com países do Norte e também do Sul (China e Israel, por exemplo).
- ***Carvão vegetal***: o país é atualmente o maior produtor mundial de carvão vegetal e possui posição de destaque no domínio tecnológico muito embora necessite incorporar avanços (especialmente para aumentar a eficiência do processo de carbonização). Possui, portanto, oportunidade para transferir tecnologia para outros países, principalmente nas regiões da América Latina, África e Ásia que consomem muito carvão vegetal. Existem empresas no país de capital nacional e internacional dedicadas à produção de carvão vegetal para a siderurgia.
- ***Biodiesel***: De um modo geral pode-se dizer que o biodiesel é um produto comercial, mas que ainda precisa de subsídios para sua produção. Seu custo ainda não é competitivo com o diesel convencional, mas há contínuo avanço das tecnologias. O país possui grupos de pesquisa atuantes em toda a cadeia produtiva do biodiesel. E existem oportunidades de transferência de tecnologia nacional para o exterior, bem como maior intercâmbio e cooperação com outros grandes produtores mundiais

(Alemanha). O país possui também um setor industrial capacitado para a produção de equipamentos e de biodiesel, com empresas de capital nacional.

- **Tecnologias de seqüestro e armazenamento de carbono:** Muito embora a nível internacional essas tecnologias ainda se encontrem em fases iniciais de P&D, já existe no país interesse da Petrobrás. Em 2006 a Petrobras criou uma Rede Temática de Sequestro de Carbono e Mudanças Climáticas e estabeleceu um centro de pesquisas sobre armazenamento do carbono (CEPAC). Todas as tecnologias que compõe o CCS (captura, transporte, armazenamento e monitoramento) necessitam de atenção e cooperação com outros países (do Norte). Existe também a expectativa do desenvolvimento no país de seqüestro e armazenamento de carbono a partir de fontes renováveis (RCCS) com o objetivo de seqüestrar e armazenar o CO₂ proveniente de tanques de fermentação para produção de etanol.
- Tecnologias relacionadas com “**smart grids:**” (redes inteligentes) estão em desenvolvimento no mundo. Austrália, Estados Unidos e União Européia estão investindo em projetos pilotos, incluindo não só aspectos tecnológicos como também reformas regulatórias que propiciarão o desenvolvimento do mercado para essas tecnologias. Aspectos como interconexão para geração distribuída, sistemas de armazenagem, sistemas de gerenciamento de cargas em tempo real, automação, entre outras são áreas de atenção para o desenvolvimento dessas tecnologias. O Brasil já possui certo conhecimento com boa capacitação nas universidades, Cenpes e Cepel. Além disso, será fundamental para alavancar maior penetração de fontes como solar fotovoltaica, eólica e hidrogênio. É uma área onde ainda temos grande interesse em receber tecnologia avançada e conhecimento de países do Norte, e integrá-los à estratégia brasileira de difusão das energias renováveis em outros países em desenvolvimento.
- Tem havido recentemente um crescente interesse em **baterias:** de lítio para fins automotivos. As vantagens dessa tecnologia facilitarão a maior difusão de veículos elétricos. É uma tecnologia em fase de demonstração e fortemente dominada por empresas multinacionais relacionadas com a indústria automotiva. No Brasil existe capacitação e empresas que fabricam diversos tipos de baterias.
- **Tecnologias sociais:** O Brasil tem investido ao longo de muitos anos em algumas tecnologias que foram capazes de transformar o mercado de energia com impactos sociais importantes. O caso da introdução do GLP em substituição a lenha é um exemplo disso (assim como o etanol). Houve uma preocupação em se transformar o mercado existente criando fornecedores, empresas distribuidoras e pontos de vendas para os novos fogões e posteriormente uma consolidação desse mercado. No mundo existe cerca de 2 bilhões de pessoas que ainda utilizam lenha para cocção, a maior parte delas na África e Ásia. É uma oportunidade para levar esse know-how para

esses países e ainda possibilidade de outros combustíveis mais limpos para esse uso final, como é o caso do etanol que poderia ser também produzido em pequenas destilarias (outra tecnologia dominada pelo país). O Brasil tem investido cerca de R\$ 100 milhões anualmente em programas de eficiência energética para população de baixa renda. Esses programas têm sido conduzidos pelas concessionárias de eletricidade e têm contribuído para fomentar o mercado interno de fornecedores de equipamentos mais eficientes como lâmpadas, refrigeradores, e aquecedores solares para uso residencial. Esses programas vêm sendo desenvolvidos para a população urbana e peri-urbana em situações de muita dificuldade logística e conflitos. Existe, portanto, um know-how para implementação de programas desse tipo em larga escala e que pode ser colocado como itens a serem transferidos para outros países em desenvolvimento.

	Technology transfer from Brazil		Technology transfer to Brazil	
	SOUTH-SOUTH	SOUTH-NORTH	SOUTH-SOUTH	NORTH-SOUTH
Electricity generation technologies				
Natural gas				
<i>Turbines</i>	No	No	No	Yes
<i>Micro Turbines</i>	No	No	No	Yes
Coal				
<i>Pulverized (Critical, Supercritical, Ultra-Supercritical)</i>	No	No	Yes	Yes
<i>Gasification (IGCC)</i>	No	No	No	Yes
<i>Circulating Fluidized Bed</i>	No	No	Yes	Yes
Nuclear fission (gen III+ and IV)				
<i>Fuel production</i>	Yes	Yes	No	Yes
<i>Reactors</i>	No	No	No	Yes
Solar				
<i>Photovoltaic (Si)</i>	No	No	Yes	Yes
<i>Concentrating solar power</i>	No	No	No	Yes
Wind	Yes	No	No	Yes
Biomass				
Biomass integrated gasification combined cycle	Yes Δ	No	No	Yes
Advanced biomass cogeneration systems	Yes	Yes	No	Yes
Hydro				
<i>Small-scale</i>	Yes	No	No	Yes
<i>Medium and large-scales</i>	Yes	No	No	Yes
Hydrogen				
<i>Fuel cells</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Production and storage</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Fuel and heat				
Natural Gas				
<i>GNL (liquefação e regasificação)</i>	No	No	No	Yes
<i>GTL (gas-to-liquid)</i>	No	No	Yes	Yes
Coal				
<i>CTL (Coal-to-liquid)</i>	No	No	Yes	Yes
Ethanol				
<i>First generation (sugarcane)</i>	Yes	Yes	No	No
<i>Second generation (sugarcane)</i>	Yes	Yes	No	Yes
Solar	Yes	No	Yes	Yes
Charcoal	Yes	Yes	No	Yes
Biodiesel	Yes	No	No	Yes
Crosscutting technologies				
CCS	Yes Δ	No	No	Yes
Smart Grid	Yes Δ	No	No	Yes
Storage (bateries)	Yes Δ	No	No	Yes
Social technologies				
Clean fuel for cooking - LPG, wood, ethanol	Yes	No	Yes	Yes
Rural electr. & energy effic. for low-income families	Yes	No	Yes	Yes
Solar (low temperature) for low-income families	Yes	No	Yes	Yes

Figura 1: Quadro Sumário de Oportunidades de Transferência de Tecnologia

	MUNDO		BRASIL				
	Estágio de desenvolvimento no mundo	Expectativa implementação comercial	Grau de domínio nacional	Centros de excelência	Capacitação Industrial	Mercado	Interessante para o país dominar a tecnologia?
GERAÇÃO DE ELETRICIDADE							
Tecnologia de geração de eletricidade via gás natural (grandes turbinas)	Comercialização	n/a	1	1	0	3	Tecnologia já dominada e pesquisada por empresas privadas
Tecnologia de geração de eletricidade via gás natural (microturbinas)	Demonstração	2020	1	1	n/a	2	Brasil está atrasado com relação ao mundo, área para cooperação internacional em P&D aplicado
Carvão Pulverizado	Comercialização	n/a	1	1	2	2	Tecnologia já dominada e pesquisada por empresas privadas.
Gasificação integrada em ciclo combinado de carvão (IGCC)	Demonstração	2030	1	3	n/a	1	Tendencia mundial, apenas do baixo potencial devido a baixa qualidade do carvão nacional. Interessante deter conhecimento
Carvão em Leito Fluidizado Atmosférico Circulante (CFBC)	Demonstração	2020	1	3	2	2	Devido ao tipo de carvão nacional, esta tecnologia possui bom potencial futuro para o país
Fissão Nuclear (gerações III e IV)	Demonstração	n/a	2	3	3	3	Não há construção de reatores no país.
Energia solar fotovoltaica (Si)	Mercado	>2050	2	3	0	2	Indústria de silício e de energia solar fotovoltaica; produção de energia renovável e ambientalmente limpa, visto o elevado potencial solar existente.
Energia solar térmica de alta temperatura	Mercado	> 2050	0	0	0	0	O país possui potencial em algumas regiões e pode inserir-se no grande mercado internacional futuro que se vislumbra na produção de bens com maior valor agregado
Energia eólica	Mercado	2050 (é comercial, competitiva, onshore)	1	3	2	3	O país possui importante potencial, complementariedade das fontes (hidráulica-eólica), as indústrias de componentes eólicos instaladas no Brasil tem como principal mercado o externo.
Gaseificação da biomassa	Demonstração	após 2050 (de grande porte)	2	3	n/a	2	Tecnologia de fácil construção. Possibilidade de co-firing.
Hidroeletricidade	Comercialização	n/a	3	3	3	3	Possui parque industrial e de serviços instalado com tecnologia nacional com capacidade de produção de equipamentos hidromecânicos para empreendimentos de até 10 MW (PCHs)
Hidrogênio: células a combustível	P&D	> 2050	1	2	2	2	Aumento da eficiência na produção de eletricidade e calor. Potencial e oportunidade do país se tornar produtor de componentes de alto valor agregado
Hidrogênio: produção e armazenamento	P&D		1	2	0	2	Produção de hidrogênio a partir da reforma do etanol como aproveitamento das vantagens comparativas brasileiras e por ser uma fonte renovável de energia

Figura 2: Detalhamento da situação das tecnologias selecionadas no Brasil e no mundo

	MUNDO		BRASIL				
	Estágio de desenvolvimento no mundo	Expectativa implementação comercial	Grau de domínio nacional	Centros de excelência	Capacitação Industrial	Mercado	Interessante para o país dominar a tecnologia?
COMBUSTÍVEIS							
Gás Natural liquefeito (GNL)	Comercialização	n/a	0	0	0	2	O Cenpes da Petrobrás está em fase de expor o estado da arte da tecnologia
CTL e GTL: processo fischer-tropsch	Demonstração	2020	1	3	0	2	Produção de hidrogênio a partir da reforma do etanol como aproveitamento das vantagens comparativas brasileiras e por ser uma fonte renovável de energia
Etanol (1a geração)	Comercialização	n/a	3	3	3	3	Brasil foi pioneiro no mundo. Possui parque industrial sólido e pode transferir tecnologia.
Novas tecnologias para produção de etanol (2a geração)	Demonstração	2015	3	3	3	3	Brasil está na vanguarda (hidrólise ácida e enzimática)
Energia solar térmica de baixa temperatura	Comercialização	2045-2050	2	2	3	3	O país possui parque industrial nacional importante e consolidado no país. Mas em termos de maior grau tecnológico agregado (solda a ultrassom, a laser e tubos evacuados, por exemplo), ainda há um caminho importante.
Produção de carvão vegetal	Comercialização	n/a	3	2	3	3	A expansão da siderurgia nacional pode ser acompanhada com ganhos de eficiência na produção de carvão vegetal e aproveitamento dos subprodutos do carvoejamento
Produção de biodiesel	Mercado	2040	2	3	3	3	O programa nacional criou um mercado pelo combustível demandando avanços científicos e tecnológicos; possibilita a integração da agricultura familiar, redução da dependência por diesel mineral

Figura 2 (cont): Detalhamento da situação das tecnologias selecionadas no Brasil e no mundo

	MUNDO		BRASIL				
	Estágio de desenvolvimento no mundo	Expectativa implementação comercial	Grau de domínio nacional	Centros de excelência	Capacitação Industrial	Mercado	Interessante para o país dominar a tecnologia?
T,D e USO FINAL							
CCS	P&D	após 2050	1	3	n/a	2	USA: 2012 primeira planta piloto em escala.
Smart Grids	Demonstração		1	3	0	2	Tecnologia de interface. Importante ser desenvolvida juntamente com tecnologias descentralizadas (eólica, fotovoltaica,...)
Carros elétricos	Demonstração	2015	1	3	0	2	Espera-se que esta tecnologia revolucione a indústria automobilística, principalmente movido a baterias a lítio.
Tecnologias sociais							
Fogões, combustíveis limpos - GLP/etanol cocção,	Mercado	-	3	3	3	3	O país tem expertise para transforma mercados de energia, como foi o caso da introdução do GLP e etanol. Possui fabricação e tecnologia nacional
Eficiência energética para baixa renda	Mercado	-	3	3	3	3	As concessionárias de eletricidade vem realizando diversos tipos de programas de eletrificação, e eficiência energética em todo o território nacional.
Solar térmico para baixa renda	Mercado	-	3	3	3	3	Concessionárias estão implantando programas substituindo chuveiros elétricos por sistemas solares. Existem fabricantes nacionais com versões de sistemas econômicos

Figura 2 (cont): Detalhamento da situação das tecnologias selecionadas no Brasil e no mundo

GRAU DE DOMÍNIO NACIONAL	CENTROS DE EXCELÊNCIA	CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL	MERCADO	ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO
0: país não possui conhecimento na área	0: país não possui nenhum centro de pesquisa na área	0: não há indústrias no país que fabricam o equipamento	0: não há mercado nem perspectivas futuras	P&D
1: país possui certo conhecimento na área	1: país possui algumas iniciativas (grupos de pesquisa)	1: há indústrias multinacionais	1: há baixo mercado existente e potencial	Demonstração
2: país possui conhecimento na área	2: país possui núcleos de pesquisa	2: há poucas indústrias nacionais	2: há mercado mas baixo potencial futuro. Ou não há mercado mas há potencial futuro	Mercado (deployment)
3: país está na vanguarda do conhecimento	3: país possui centros de pesquisa	3: país possui expertise industrial	3: há mercado e potencial futuro	Comercialização (diffusion)

Figura 3: Legenda para Figura 2

2. INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica é componente fundamental da solução para os problemas relacionados com mudanças climáticas e sem ela novas opções para o setor de energia dificilmente ocorrerão (IEA, 2008; Sagar & Holdren, 2002; Williams 2001). No entanto, novas tecnologias de energia somente serão efetivas como opções de baixo-carbono e como alternativas de mitigação de emissões de GEE, se alcançarem uma escala significativa e puderem ser disseminadas com rapidez.

Um dos aspectos a serem discutidos na COP15 é a questão de transferência de tecnologias entre países industrializados e em desenvolvimento, bem como entre países em desenvolvimento, ou com operações triangulares. Para aumentar a velocidade de disseminação das inovações tecnológicas e acelerar a comercialização de tecnologias com potencial de mitigação de gases estufa, será necessária a aprovação de regras que facilitem e barateiem o desenvolvimento e o acesso a tecnologias hoje protegidas por patentes, geralmente dominadas pelos países ricos.

É fundamental dispor de um panorama da situação nacional e internacional com relação aos estágios de desenvolvimento de diversas tecnologias de energia que possuem potencial interesse nos esforços de mitigação e/ou adaptação nas próximas décadas. Essa informação é essencial para melhor subsidiar as negociações sobre possibilidades, interesses, e necessidades de recursos para desenvolver parcerias e esforços conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, assim como definir o posicionamento com relação a desenvolvimento, transferência, aquisição e adoção de novas tecnologias na área de energia.

2.1. Objetivos:

O objetivo deste trabalho é o de examinar o grau de domínio científico e/ou tecnológico em âmbito nacional, interesse comercial ou estratégico, bem como o estágio de difusão no país de determinadas tecnologias de energia selecionadas, estudadas em trabalhos recentes do CGEE.

2.2. Metodologia:

O estudo está baseado em informações já processadas em trabalhos recentes desenvolvidos pelo CGEE, entrevistas com atores-chaves escolhidos pela equipe CGEE de coordenação do projeto, e demais literatura recente e informações, disponibilizadas pelas partes interessadas com participação ativa nas oficinas de trabalho: MCT, MRE, MMA e CNI.

À luz dos critérios elaborados para priorizar tecnologias de baixas emissões, baixos impactos sociais, e que estão em fase avançada de P&D ou de implementação comercial, em

particular aquelas identificadas no relatório “Mudanças Climáticas: Energia e Desenvolvimento - Integração de Agendas”, o estudo contempla as seguintes etapas:

- Identificação, a partir do estudo “Mudanças Climáticas: Energia e Desenvolvimento - Integração de Agendas”, das tecnologias que o Brasil possui domínio científico e/ou tecnológico (ou qual a extensão desse domínio), capacitação industrial e mercado interno; e dos centros de excelência de P&D&I nas respectivas áreas no Brasil.
- Identificação das tecnologias que são de interesse do país e que não se tem domínio científico e/ou tecnológico, bem como dos países que estão na liderança das mesmas; assim como daquelas que são passíveis de desenvolvimento por intermédio de capacitação interna e/ou cooperação internacional; e dos centros de P&DDI que poderiam ser receptores, dispondo de vantagens comparativas no processo de capacitação.
- Identificação das tecnologias dominadas pelo Brasil passíveis de difusão ou de *deployment* em outros países, por meio de cooperação sul-sul e triangular, assim como do esforço necessário para transferência.
- Exame das alternativas de *diffusion/deployment* e das necessidades e/ou interesse em contar com cooperação bi ou tri-laterais.

3. A CADEIA DE INOVAÇÃO

As inovações requeridas para desenvolver opções de baixo-carbono certamente não ocorrerão se não houver uma demanda para tal, e recursos à altura. Os investimentos necessários deverão vir tanto do setor público quanto do privado para que possam atingir a escala necessária para estabilizar emissões de GEE.

A inovação pode ser entendida como um conjunto de processos que pode ser representado de maneira simplificada na Figura 4. A literatura sobre inovação é bastante extensa e utiliza-se aqui o conceito da cadeia de inovação assim como apresentada por Grubb (2004) e seguida por IEA (2008). É um processo complexo que se inicia com a pesquisa básica e percorre toda a cadeia de inovação.

A cadeia de inovação

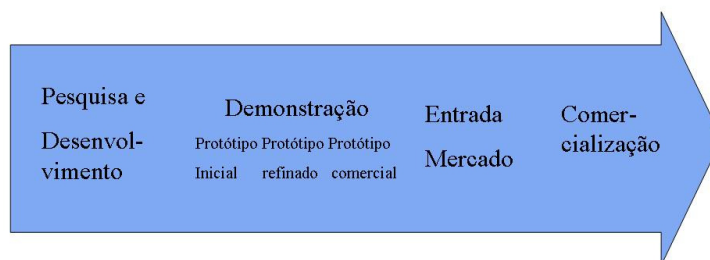


Figura 4: Principais etapas da cadeia de inovação

Neste trabalho procura-se situar as tecnologias de energia escolhidas de acordo com quatro categorias principais dessa cadeia:

- *P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)*: etapa inicial que inclui pesquisa básica e aplicada. Nesta etapa existe muito apoio financeiro através de fundos públicos.
- *Demonstração*: Engloba os trabalhos de demonstração da tecnologia, cuja função é apresentar a compradores e usuários que a tecnologia funciona na prática e em situações reais, demonstrando seu desempenho e viabilidade e mercado potencial.
- *Entrada no mercado (deployment)*: este é ainda um estágio inicial de entrada no mercado. Embora tenha-se demonstrado a viabilidade técnica e econômica, as novas tecnologias ainda apresentam uma escala muito reduzida e com isso ainda possuem altos custos. Utiliza-se o termo “strategic deployment” para um conjunto de políticas que tem o objetivo de auxiliar o aumento de escala das tecnologias emergentes. Em geral requer regulação que ofereça benefícios a consumidores e/ou produtores para que vantagens sejam percebidas. O uso se expande inicialmente em nichos ou mercados estimulados através de diversas formas de subsídios.
- *Comercialização (difusão)*: neste estágio já existe o estabelecimento de firmas interessadas na produção da tecnologia e/ou adoção da tecnologia por firmas estabelecidas. Nesta etapa a grande parte dos investimentos é realizada por fundos privados.

4. AS PRINCIPAIS PRIORIDADES TECNOLÓGICAS

Nesta seção é apresentada a situação e tendências recentes dos investimentos em P&D na área de energia e quais são as prioridades para os próximos 10-15 anos. Essas informações estão baseadas em IEA (2008) e refletem especialmente a perspectiva dos países da OCDE, mas oferecem um panorama que certamente influencia a situação global.

4.1. Investimentos

4.1.1. Investimentos públicos

Os investimentos públicos em P&D na área energética vêm sofrendo uma redução desde o final da década de setenta. A maior parte dos investimentos públicos tem sido feita em tecnologias da área nuclear. Hidrogênio, eficiência energética, fontes renováveis em geral e mesmo tecnologias relacionadas a carvão e petróleo tem também recebido maior apoio nos anos mais recentes.

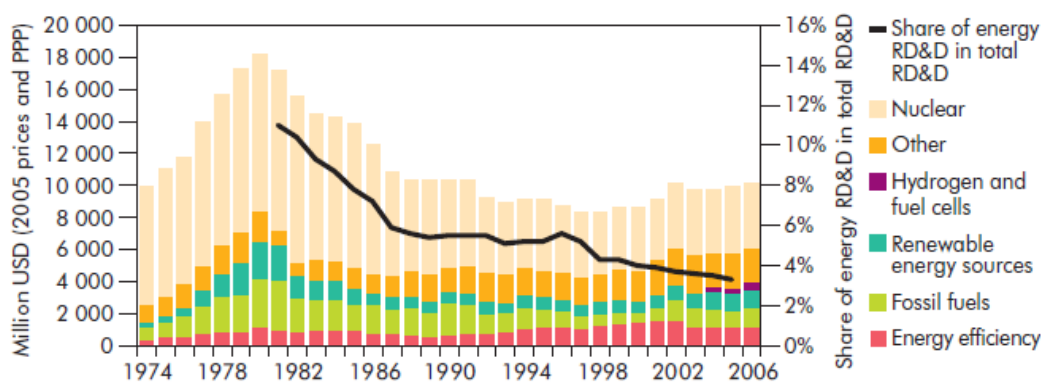


Figura 5: Investimentos públicos em P&D nos países da AIE

Fonte: AIE (2008).

4.1.2. Investimentos privados

Muito embora seja muito mais difícil acompanhar os investimentos privados em P&D, é possível notar que tem havido maior interesse e que a situação está mudando, especialmente com relação a tecnologias baseadas em fontes renováveis.

No campo da geração de eletricidade o investimento estimado foi de 2,4 bilhões em 2006. Grande parte disso em tecnologias relacionadas com combustíveis fósseis, mas é importante ressaltar que na Europa e Japão tanto o setor público como o privado tem aumentado seus investimentos em geração de eletricidade a partir de fontes renováveis.

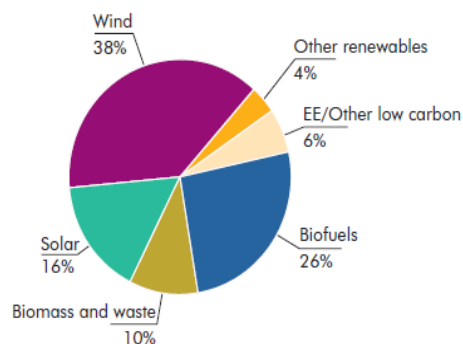


Figura 6: Distribuição dos investimentos em tecnologias renováveis (2006)

Fonte: UNEP e New Energy Finance, (2007) apud IEA (2008)

No setor de petróleo e gás os investimentos têm aumentado assim como se verifica na indústria automotiva. Essa última investiu cerca de US\$ 38 bilhões em 1997 e em 2005 aumentou para US\$ 52 bilhões, chegando a US\$ 47 bilhões em 2006. É uma indústria que investe significativamente em P&D e conjuntamente com seus fornecedores chegou a investir US\$ 73 bilhões em 2006.

4.2. Tendências de desenvolvimento tecnológico

Esta seção baseia-se no documento IEA (2008) e tem o objetivo de resumir as tendências de curto prazo (10-15 anos) encontradas nesse estudo. As opções tecnológicas estão apresentadas para os setores: geração de eletricidade, indústrias, edificações e equipamentos e transportes. Os níveis correspondentes de CO₂ evitados são também apresentados e correspondem a diferenças entre dois cenários que o IEA (2008) estuda: o cenário Base e o cenário Blue Map¹ pressupõe um esforço adicional de investimento em diversos pontos da cadeia de inovação com o objetivo de acelerar a disseminação de novas tecnologias até o ano 2050.

4.2.1. Setor de geração de eletricidade

As tecnologias que estarão no curto prazo na fase de comercialização estão Nuclear (3ª. geração), carvão (carvão pulverizado com combustão em leito fluidizado supercrítico e gaseificação integrada em ciclo combinado), geotérmica, e reconversão de sistemas de geração para operar com gás.

¹ Esse cenário tem como meta atingir em 2050 uma redução de 50% dos níveis de emissões ocorridas em 2005 e assume uma difusão de tecnologias com custos médios entre 38-117 US\$/ton CO₂. É um cenário que implica em um total de investimentos adicionais de US\$ 45 trilhões entre 2005-2050 para o desenvolvimento e disseminação de tecnologias.

Ainda serão necessários esforços e investimentos para grande parte das fontes renováveis como solar fotovoltaico, eólico-offshore, CCS, energia dos oceanos, e em menor escala para biomassa, eólico-onshore, sistemas híbridos gás-CCS.

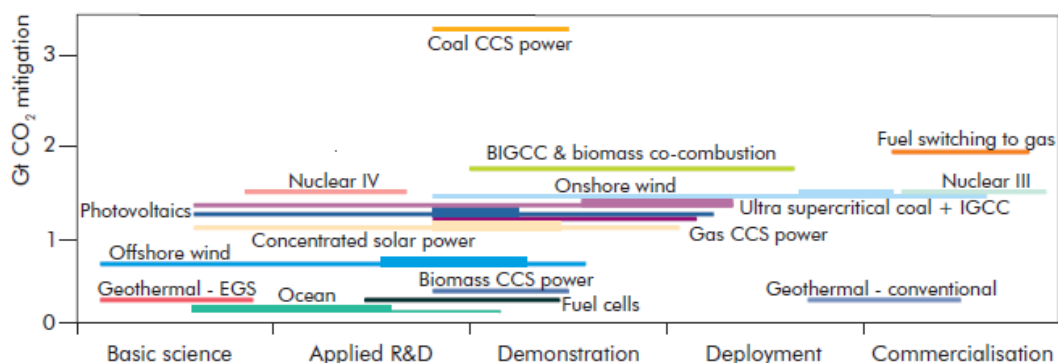


Figura 7: Tendências tecnológicas de curto prazo (10-15 anos) no Setor de Geração de eletricidade

Fonte: IEA (2008).

4.2.2. Setor industrial

Melhorias na eficiência energética (incluindo melhoria de processos, tecnologias e materiais) no setor industrial são oportunidades que estarão nos estágios finais da cadeia de inovação. CCS ainda está na fase de pesquisa básica e provavelmente já em fase de demonstração para sistemas de co-geração (somente para o CO₂ recuperado dos processos térmicos e não da parte de geração de eletricidade). A promoção de substituição de combustíveis e insumos industriais baseados em derivados de petróleo e carvão também necessita de investimentos para atingir os estágios de difusão e comercialização.

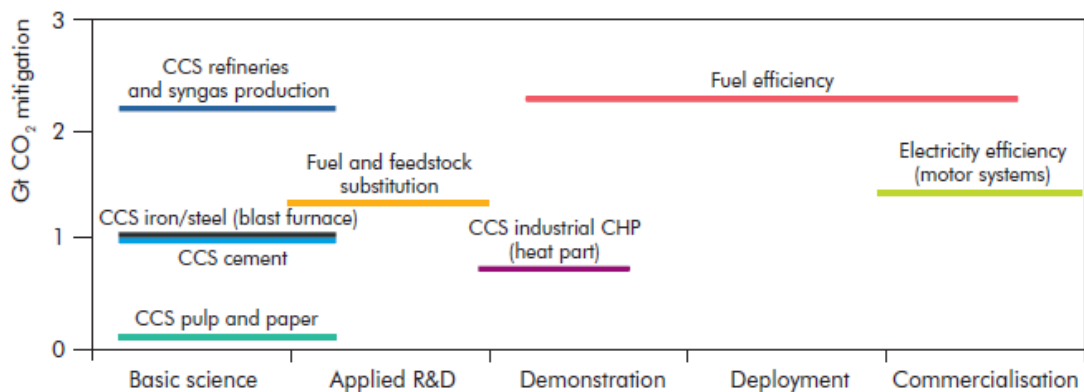


Figura 8: Tendências tecnológicas de curto prazo (10-15 anos) no Setor Industrial

Fonte: IEA (2008).

4.2.3. Setor de edificações e equipamentos

No caso das tecnologias utilizadas em edifícios e equipamentos os avanços virão por conta de reduções no custo das tecnologias decorrentes principalmente do aumento de escala de produção das mesmas. Praticamente as tecnologias já estão em fases adiantadas de aplicação, demonstração e deployment. Muitas já estão comercialmente maduras e portanto a necessidade de P&D é menor para esse setor, mas certamente inovações incrementais serão importantes e terão como conseqüência uma redução nos custos das tecnologias.

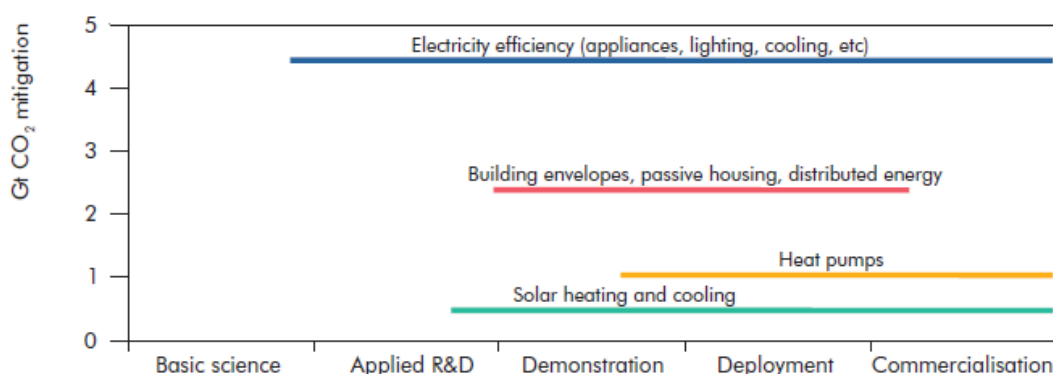


Figura 9: Tendências tecnológicas de curto prazo (10-15 anos) no Setor de edificações e equipamentos

Fonte: IEA (2008).

4.2.4. Setor de transportes

O setor de transportes possui uma transição mais difícil na direção de tecnologias com baixo carbono. As principais tendências estão na melhoria de eficiência técnica em diversos tipos de veículos e também na utilização de combustíveis renováveis, hidrogênio e eletricidade.

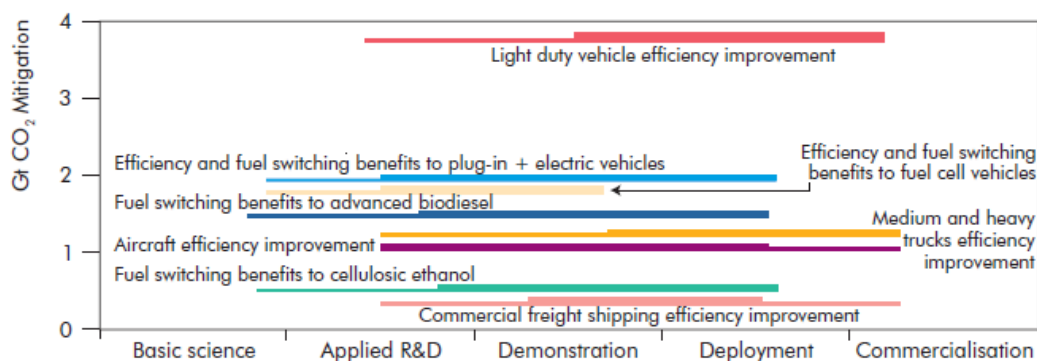


Figura 10: Tendências tecnológicas de curto prazo (10-15 anos) no Setor de Transportes

Fonte: IEA (2008).

5. ANÁLISE SOBRE OPORTUNIDADES DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

A partir das informações mais detalhadas apresentadas na seção seguinte, sobre os estágios de desenvolvimento dos grupos de tecnologias estudados (Tabela 1) foi construído um quadro sintetizando as principais conclusões relativas aos parâmetros que foram considerados relevantes para avaliação de oportunidades de transferência. Esses parâmetros estão apresentados abaixo com suas respectivas valorações e as informações sobre cada tecnologia estão na seção seguinte (seção 6).

- *Estágio de desenvolvimento da tecnologia e expectativa de comercialização no mundo.* Foram utilizados quatro estágios para caracterizar o desenvolvimento da tecnologia: Pesquisa e Desenvolvimento, Demonstração, Mercado (*deployment*) e Comercialização (*diffusion*).
- *Grau de domínio no Brasil.* As tecnologias foram classificadas como: (0) - país não possui conhecimento na área; (1) - país possui certo conhecimento na área; (2) - país possui conhecimento na área; (3) - país está na vanguarda do conhecimento.
- *Existência de centros ou redes de pesquisas relacionados com a tecnologia:* (0) - país não possui nenhum centro de pesquisa na área; (1) - país possui algumas iniciativas (grupos de pesquisa); (2) - país possui núcleos de pesquisa dentro de universidades, etc; (3) - país possui centros de pesquisa dedicados à tecnologia.
- *Capacitação industrial:* (0) - não há indústrias no país que fabricam o equipamento; (1) - há indústrias multinacionais; (2) - há poucas indústrias nacionais; (3) - país possui expertise industrial.
- *Mercado:* (0) não há mercado nem perspectivas futuras; (1) - há baixo mercado existente e potencial; (2) - há mercado mas baixo potencial futuro. Ou não há mercado mas há potencial futuro; (3) - há mercado e potencial futuro.

Tabela 1: Grupos de tecnologias de energia analisados

Tecnologias para geração de eletricidade	Combustíveis e calor
Gás Natural	Etanol
<i>Turbinas (grande porte)</i>	<i>Primeira geração</i>
<i>Microturbinas</i>	<i>Segunda geração</i>
Carvão mineral	Energia Solar
<i>Pulverizado (crítico, supercrítico e ultra-super crítico)</i>	Gás Natural
<i>Gaseificação (IGCC)</i>	<i>GNL (liquefação e regasificação)</i>
<i>Leito fluidizado atmosférico circulante</i>	<i>GTL (gas-to-liquid)</i>
Fissão Nuclear (gerações III e IV)	Carvão Mineral
<i>Produção de combustível</i>	<i>CTL (Coal-to-liquid)</i>
<i>Reatores</i>	Carvão Vegetal
Solar	Biodiesel
<i>Energia solar fotovoltaica (Si)</i>	Tecnologias de interface
<i>Energia solar térmica de alta temperatura</i>	CCS
Energia eólica	RCCS
Gaseificação da biomassa	Smart Grid
Hidroeletricidade	Armazenamento (baterias)
<i>PCH</i>	Tecnologias sociais
<i>Médio e grande porte</i>	Fogões, combustíveis limpos - GLP/etanol cocção,
Hidrogênio	Eficiência energética para baixa renda
<i>Célula a combustível</i>	Solar térmico para baixa renda
<i>Produção e armazenamento</i>	

Notas: O detalhamento de cada grupo é apresentado na seção 6.

O resultado da análise está apresentado no SUMARIO EXECUTIVO juntamente com os quadros sumários Figuras 1 e 2. O material pesquisado encontra-se na seção seguinte (seção 6).

6. O ESTÁGIO DAS TECNOLOGIAS NO BRASIL E EXTERIOR

6.1. Tecnologia de geração de eletricidade via turbinas (grandes turbinas e co-geração) e microturbinas a gás natural

6.1.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

O mercado mundial de turbinas a gás de grande porte é basicamente dominado por quatro grandes empresas: a americana General Electric, a germano-americana Siemens-Westinghouse, a francesa Alstom e a japonesa Mitsubishi. Além dessas empresas, podemos acrescentar outras importantes fabricantes mundiais, como a italiana Nuovo Pinone, a britânica

Rolls-Royce, a suíça ABB, a alemã MANN Turbomaschinen AG/GHH BORSIG e a chinesa Bancor².

Microturbinas (com capacidade médias de até 30 kW) conseguem apenas 25% de eficiência; estas turbinas podem ser utilizadas em residências e comércios, mas ainda estão em fase de melhoria de eficiência e diminuição dos custos para que atinjam viabilidade econômica. Espera-se que até 2020 a eficiência alcance entre 70-75% em grandes turbinas, com a adoção de novos materiais (cerâmicos) e re-aquecimento (CGEE, 2008).

6.1.2. **Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil**

A Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Turbinas a Gás (RTG), criada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em novembro de 2002; e a Rede Gás Energia, são iniciativas no Brasil³.

A Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Turbinas a Gás (RTG) é uma Redes Organizacional Virtual, mas que não vem mostrando resultados práticos

A Rede Gás Energia surge como proposta de uma rede virtual capaz de transformar, através de uma carteira de projetos, recursos em resultados que trouxessem sustentação ao mercado de gás natural⁴.

Poucos projetos da rede mencionam explicitamente o desenvolvimento de tecnologias aliadas a turbinas a gás para geração de energia elétrica. Dois projetos identificados são iniciativas isoladas, e focam em microturbinas.

– Universidade Federal do Mato Grosso do sul - UFMS: desenvolvimento de uma ferramenta computacional de análise técnica-econômica e ambiental de geração de energia elétrica usando micro-turbinas alimentadas a gás natural;

– Universidade Federal de Pernambuco – UFPE: desenvolvimento de um sistema de micromultigeração em escala residencial que usa como combustível o gás natural para geração de eletricidade, que permita o máximo aproveitamento possível do calor gerado pela queima do gás;

Outra rede temática que inclui o gás natural como temática prioritária é a Rede Nacional de Gaseificação e Combustão – RNC, coordenada pelo prof. Luis Fernando Figueira de Silva, da PUCRJ, e conta com a participação das seguintes instituições: CIENTEC, CTGÁS,

² BICALHO, R.; LOSEKANN, L. *Turbinas a Gás: Oportunidades e Desafios*. Infopetro, UFRJ, 2001.

³ www.mct.gov.br

⁴ Silva e Furtado. Gás natural no Brasil: a inserção da tecnologia de turbinas a gás num contexto de crise ambiental e energética

IAE/CTA, IEAv/CTA, INPE, INT, IPT– SP, ITA, PETROBRAS, PUC-RJ, SENAI- RS, UNICAMP, UnB, NESP, UNIFOR, UFBA, UFPA, UFSC, UFU, URICER, USP.

Sobre a capacitação industrial, a Petrobras é parceira da Polaris no desenvolvimento de uma turbina a gás acima de 3 MW. Além desta empresa, a Companhia Vale do Rio Doce pretende construir no país turbinas de co-geração para indústrias de grande porte.

Pode-se concluir que o Brasil possui algumas iniciativas com relação a tecnologia de geração de eletricidade a partir do gás natural (turbinas e microturbinas), possuindo algum conhecimento na área, com alguns grupos de pesquisas estudando o tema. Com relação à capacitação industrial, existem algumas indústrias multinacionais de equipamentos; o desenvolvimento de novas tecnologias ocorre no exterior.

6.1.3. **Potencial e mercado**

A tecnologia de grande porte já é amplamente dominada por empresas multinacionais, que já desenvolvem tecnologias e estão na etapa de comercialização.

No Brasil, ainda há espaço no mercado de microturbinas, que ainda estão numa fase mais embrionária de desenvolvimento. Esta tecnologia pode ser classificada como Protótipo Refinado no mundo, mas no Brasil as iniciativas são modestas, e não são voltadas para a fabricação de equipamentos.

Com relação a turbinas para geração de eletricidade e co-geração, há mercado e potencial futuro no país. De acordo com EPE (2008), a oferta interna de gás natural passará de 5% no ano 2000 para 16% em 2030. Com relação às microturbinas, não há mercado no país, contudo há potencial futuro dado a descoberta de grandes reservas de petróleo e gás no país, que tendem a ser crescentes.

6.2. Carvão Mineral

6.2.1. **Rede PD&I em Carvão Mineral no Brasil.**

Esta seção visa detalhar os principais centros de pesquisa na área de carvão no Brasil.

O MCT implantou um campus avançado do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) e está patrocinando, em parceria com a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC) e iniciativa privada, a implantação do Centro Tecnológico do Carvão Limpo, ambos localizados em Criciúma (SC)⁵.

A criação do Centro Tecnológico do Carvão Limpo (CTCL) está associado à pesquisa e formação de recursos humanos para energia térmica e uso do carvão mineral. O CTCL pretende desenvolver tecnologias de produção e uso do carvão de forma sustentável e limpa,

⁵ <http://www.mct.gov.br/> acesso em 20/09/2009

incluído a captura e o seqüestro de carbono. Pesquisas para geração de energia elétrica (IGCC) e a produção de combustíveis líquidos a partir do carvão, incluído o hidrogênio, estão previstas ou já sendo efetuadas⁶.

Existe uma rede temática voltada para a produção, conversão e impactos ambientais da exploração e uso do gás natural no Brasil. A rede se chama “Rede de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação em Carvão Mineral”, A rede é coordenada pelo prof. Carlos Hoffmann Sampaio, da UFRGS, e conta com a participação do CETEM, INPE, UFRGS, CPRM-SBG, CIENTEC, ABCM,ABIPTI, ABM, CGTEE, CEPEL, CENPES-Petrobras, SATC, UFSC, UFRJ, PUC-RJ, PUC-RS, UNIFEI, UFF, UNICAMP, FURG, UDESC, UFV, UFMG, UNESC, UNISINOS, ULBRA, UNISUL, UNILASALLE, UCS, UFSM, SIESESC, SATC, IPT, CRM-RS, DNPM, Carbonífera Cambuí, Carbonífera Catarinense, Carbonífera Criciúma, Indústria Carbonífera Rio Deserto, ICON, Carbonífera Metropolitana, Copelmi-RS.

Outra rede temática que possui interface com tecnologias de carvão mineral é a Rede Nacional de Gaseificação e Combustão – RNC, coordenada pelo prof. Luís Fernando Figueira da Silva, da PUCRJ, e conta com a participação da CIENTEC, CTGÁS, IAE/CTA, IEAv/CTA, INPE, INT, IPT– SP, ITA, PETROBRAS, PUC-RJ, SENAI- RS, UNICAMP, UnB, UNESP, UNIFOR, UFBA, UFPA, UFSC, UFU, URICER, USP.

6.2.2. Carvão Pulverizado

Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

De acordo com o World Coal Institute – WCI (2005), o carvão mineral é a principal fonte primária de geração de energia elétrica, sendo responsável por cerca de 40% de toda a eletricidade gerada no planeta em 2003.

No mundo, 97% da capacidade de geração de eletricidade de usinas a carvão é via carvão pulverizado (85% subcrítico, 11% supercrítico e 2% ultra-supercrítico). 2% é através do leito fluidizado subcrítico (atmosférico circulante) e menos de 0,1% utiliza a gaseificação em ciclo combinado (ainda experimental). Os custos de geração de eletricidade através de carvão variam entre US\$ 20 e US\$ 60 por MWh; sendo mais capital intensivo e menos sensível a variação de preços do combustível quando comparado com gás natural e derivados de petróleo (IEA, 2006). Usinas do tipo carvão pulverizado são conhecidas por PCC, cuja origem é a língua inglesa (*Pulverized Coal Combustion*), CGEE (2008).

Esta tecnologia pode ser considerada madura, sendo que atividades de P&D nesta área concentram esforços em materiais que suportem altas temperaturas e pressões na produção supercríticas e ultra-supercríticas. Empresas multinacionais dominam o mercado e

⁶ http://www.satc.edu.br/satc/novo/ver_noticia.asp?area=1¬icia=1047

P&D aplicado, que atualmente estão voltados para o aumento da eficiência de conversão (IEA, 2008). Os Estados Unidos e Alemanha são os países que mais detêm a tecnologia de carvão pulverizado; a iniciativa privada possui papel determinante no desenvolvimento de tecnologias mais avançadas (CGEE, 2008). A África do Sul também possui tecnologia que poderia ser incorporada pelo Brasil.

De acordo com IEA (2008), no cenário BLUE, a tecnologia ultra-supercrítico de carvão pulverizado para a geração termelétrica está num processo simultâneo de P&D, demonstração e implementação comercial. A partir de 2025, caso haja políticas públicas visando seu fomento, se iniciará o processo de comercialização desta tecnologia de plantas acima de 100 GW de capacidade de geração⁷. No cenário tendencial esta tecnologia não seria desenvolvida (IEA, 2008).

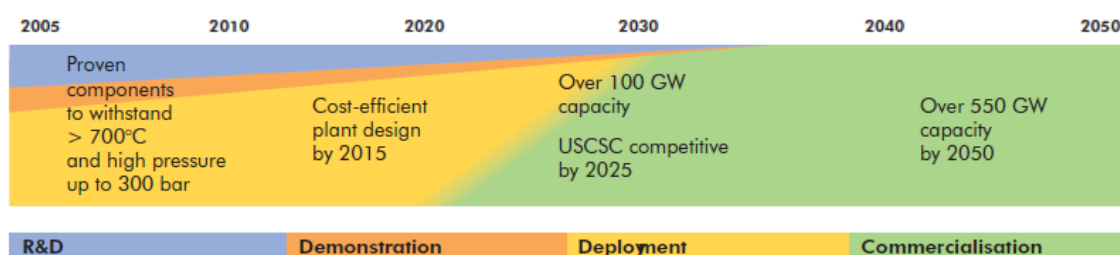


Figura 11: Linha do tempo para tecnologias de combustão com carvão mineral pulverizado

Fonte: IEA (2008).

Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

De acordo com ANEEL (2009), para a utilização do carvão nacional, as tecnologias que apresentam melhores perspectivas de aplicação comercial são, atualmente, a combustão pulverizada e o leito fluidizado circulante. Contudo, no Brasil, o carvão de baixa qualidade encontrado na região Sul não favorece a utilização desta tecnologia com carvão pulverizado; alguns projetos de usinas a carvão pulverizado prevêem inclusive a importação de carvão para a viabilização técnica⁸ das plantas.

Conforme subseção que descreve a “Rede PD&I em Carvão Mineral no Brasil”, pode-se concluir que o Brasil possui conhecimento na área de carvão pulverizado, por existir atualmente usinas deste tipo no país; contudo, não há iniciativas em pesquisas em sistemas de carvão ultra-supercríticos, conforme ilustrado na referida subseção. Existem apenas algumas iniciativas isoladas de pesquisa na área.

⁷ Nesta caso, o cenário utilizado pelo estudo é o BLUE MAP, ao contrario do tendencial ilustrado em outras tecnologias. Isto foi efetuado porque no cenário tendencial o IEA considera que esta tecnologia não irá mais ser desenvolvida.

⁸ Eletrobrás

No Brasil existe uma empresa nacional, a TGM, que possui capacidade para construir turbinas a vapor⁹.

Não há indústrias nacionais capacitadas para a construção de usinas a carvão pulverizado supercrítico ou ultra-supercrítico de carvão no Brasil.

Potencial e mercado

O Brasil possui importantes reservas de carvão mineral, localizadas em sua maior parte (90%) no Rio Grande do Sul, nas regiões de Candiota, Baixo Jacuí e litoral (EPE, 2008).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica – PDEE 2006-2015 se encontram em construção, com início de operação prevista para 2009 e 2010, mais dois empreendimentos de geração de eletricidade a carvão pulverizado na região Sul, totalizando 700 MW.

De acordo com o PNE 2030, o carvão mineral é responsável por 7% da oferta de energia interna, e manterá o mesmo percentual em 2030. No país existe atualmente um mercado para usinas de carvão pulverizado, contudo, a baixa qualidade do carvão nacional e a perspectiva de penetração do gás natural na geração termelétrica fazem com que haja baixo mercado potencial no futuro.

De acordo com ANEEL (2009), para a utilização do carvão nacional, as tecnologias que apresentam melhores perspectivas de aplicação comercial são, atualmente, a combustão pulverizada e o leito fluidizado circulante. Contudo, no Brasil, o carvão de baixa qualidade encontrado na região Sul não favorece a utilização desta tecnologia com carvão pulverizado; alguns projetos de usinas a carvão pulverizado prevêem inclusive a importação de carvão para a viabilização técnica¹⁰ das plantas.

6.2.3. Gasificação Integrada em Ciclo Combinado (IGCC)

Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

A tecnologia de gaseificação de carvão em ciclo combinado possui basicamente quatro etapas: 1) Gás combustível é gerado através de combustível sólido (no caso o carvão) que reage com vapor a altas temperaturas com um oxidante num ambiente redutor; 2) O combustível gasoso é filtrado e limpo, removendo materiais particulados, enxofre e componentes de nitrogênio; ou é resfriado para produzir vapor e então ser limpo de maneira convencional; 3) o gás combustível é queimado numa turbina a gás para a produção de eletricidade; e 4) o calor residual dos gases de exaustão proveniente da turbina é recuperado

⁹ <http://www.tgmturbinas.com.br/>

¹⁰ Eletrobrás

numa caldeira de recuperação (para gerar de vapor); o vapor adicional é utilizado na geração adicional de eletricidade numa turbina a vapor (CGEE, 2008).

Espera-se que as tecnologias de IGCC estejam no estágio de implementação comercial a partir da década de 2030, quando haverá a maturação desta tecnologia e redução da diferença de custos com as usinas de carvão pulverizado e com uma vantagem óbvia em termos ambientais (WEC, 2006).

Um projeto denominado "Zero Emission Coal to Hydrogen Alliance" – ZECA está sendo desenvolvido no Los Alamos National Laboratory. O conceito se baseia em vários processos envolvendo a geração de eletricidade do tipo IGCC a partir do carvão, sem emissões de CO₂ (EPE, 2008).

De acordo com IEA (2008), no cenário BLUE, a tecnologia de gasificação de carvão para a geração termelétrica está num processo simultâneo de P&D, demonstração e implementação comercial. A partir do final da década de 2020, caso haja políticas públicas visando seu fomento, se iniciará o processo de comercialização desta tecnologia¹¹. No cenário tendencial esta tecnologia não seria desenvolvida (IEA, 2008).

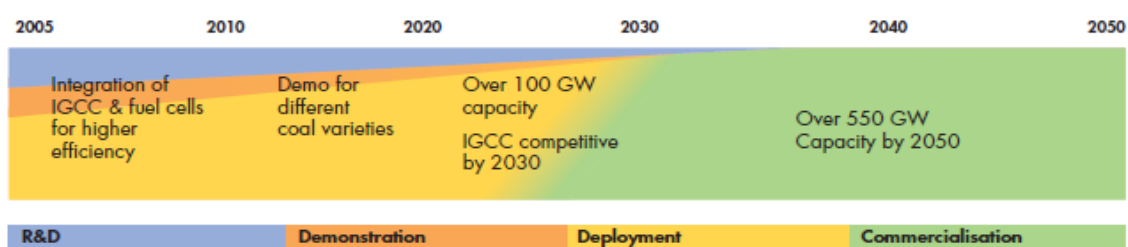


Figura 12: Linha do tempo para tecnologias de gaseificação carvão mineral pulverizado

Fonte: IEA (2008).

Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

Conforme subseção que descreve a “Rede PD&I em Carvão Mineral no Brasil”, pode-se concluir que o Brasil possui conhecimento na área de gasificação de carvão, além de haver iniciativas em pesquisas em sistemas do tipo IGCC. Existe um centro de pesquisa na área (o Centro Tecnológico do Carvão Limpo em Santa Catarina), que apesar de estar no início, possui potencial para desenvolvimento futuro. Além deste centro de pesquisa, existem diversos outros grupos de pesquisa no país que realizam pesquisas nesta área.

¹¹ Nesta caso, o cenário utilizado pelo estudo é o BLUE MAP, ao contrario do tendencial ilustrado em outras tecnologias. Isto foi efetuado porque no cenário tendencial o IEA considera que esta tecnologia não irá mais ser desenvolvida.

Não há indústrias nacionais capacitadas para a construção de usinas de gasificação de carvão no Brasil e no mundo, pelo atual estágio de desenvolvimento desta tecnologia.

Potencial e mercado

A Alemanha gastou mais de US\$ 20 bilhões em pesquisas na área de Clean Coal Technology. Os Estados Unidos têm orçamento de mais de US\$ 10 bilhões para o desenvolvimento do uso sustentável do carvão para os próximos 10 anos. Sistemas com seqüestro e armazenamento de carbono podem capturar até 80% do CO₂ emitido (ALSTOM, 2003)

É importante ressaltar que países como Estados Unidos, Alemanha, China e Índia, estão prevendo que parcela considerável dos seus novos projetos que serão implantados, serão de termelétricas a partir do uso do carvão mineral.

Conforme já descrito na subseção de carvão supercrítico, o Brasil possui importantes reservas de carvão mineral, localizadas em sua maior parte (90%) no Rio Grande do Sul, nas regiões de Candiota, Baixo Jacuí e litoral (EPE, 2008); contudo, de acordo com o Atlas de Energia Elétrica da ANEEL, grande parte do carvão nacional é de baixa qualidade. O desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de carbono, em conjunto com tecnologias do tipo IGCC, faz com que haja potencial no mundo para esta tecnologia, ainda que no Brasil seja baixo (por isto nota baixa na planilha “tecnologias”).

6.2.4. Carvão em Leito Fluidizado Atmosférico Circulante (CFBC)

Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Usinas de CFBC são construídas preferencialmente em regiões onde o carvão possui um baixo poder calorífico para a geração de eletricidade (lígneos ou betuminosos); este tipo de carvão (100%) é encontrado nos estados do Sul do país (EPE, 2007; BP, 2007). De acordo com CGEE (2007), a maioria dos especialistas do setor acredita que tecnologias de combustão mista (carvão e biomassa) estarão em fase de implementação comercial (aplicação prática seletiva ou utilização generalizada da tecnologia) entre 2011 e 2020 no Brasil. A eficiência das usinas de CFBC são similares as de carvão pulverizado, por utilizarem turbinas a vapor em condições similares.

Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

Centro Tecnológico do Carvão Limpo em Santa Catarina possui potencial para realizar pesquisas de carvão fluidizado. Além deste centro de pesquisa, existem outras iniciativas em universidades brasileiras que trabalham com a tecnologia de leito fluidizado.

A usina Sul Catarinense utilizará a combustão em leito fluidizado circulante pulverizada, com aproximadamente 70% de carvão e 30% de resíduos de biomassa, segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (ANEEL, 2009).

Existem indústrias nacionais capacitadas para a construção de turbinas a vapor do tipo CFBC, como a TGM e a Dedini.

Potencial e mercado

Há tecnologias comerciais, muito difundidas, para sistemas atmosféricos de leito circulante (CFBC) para carvão de baixa qualidade (até 250 MW); são sub-críticos (Macedo, 2003).

Devido ao tipo de carvão nacional, esta tecnologia possui bom potencial futuro para o país.

Plantas híbridas (carvão e biomassa) também pode ser alternativa interessante, sendo inclusive competitivos quando utilizados em conjunto (carvão e biomassa); o carvão, nesta situação, serve como um mecanismo de flexibilização (WEC, 2006).

De acordo com CGEE (2007a), a maioria dos especialistas do setor acredita que tecnologias de combustão mista (carvão e biomassa) estarão em fase de implementação comercial (aplicação prática seletiva ou utilização generalizada da tecnologia) entre 2011 e 2020 no Brasil. A eficiência das usinas de CFBC são similares as de carvão pulverizado, por utilizarem turbinas a vapor em condições similares.

6.3. Fissão Nuclear

6.3.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

A vasta maioria (90%) das usinas nucleares existentes utiliza água como líquido refrigerante; o calor gerado do urânio dentro do reator é transferido para esta água. Reactores de água leve (light water reactors – LWR) utilizam água normal como refrigerante, que toma a forma de vapor (LWR comuns); ou água pressurizada em reatores de água pressurizada (pressurized heavy water reactor – PHWR). Num reator tipo PHWR, a água pressurizada em loop no circuito primário é utilizada para transferir calor para um circuito secundário em loop, gerando vapor. O restante (10%) são reatores refrigerados a gás (gas-cooled reactors – GCR), graphite-moderated water cooled reactor (GWCR) ou fast-breeder reactors (FBR). Reactores do tipo FBR ainda necessitam de mais pesquisa, entretanto, sua eficiência na utilização do urânio é de 30 a 60 vezes maior; um FBR pode converter mais U-238 em combustíveis utilizáveis (neste caso plutônio) do que o reator consome. O combustível deve ser reprocessado antes que o plutônio e o U-235 remanescentes possam ser reutilizados (CGEE, 2008).

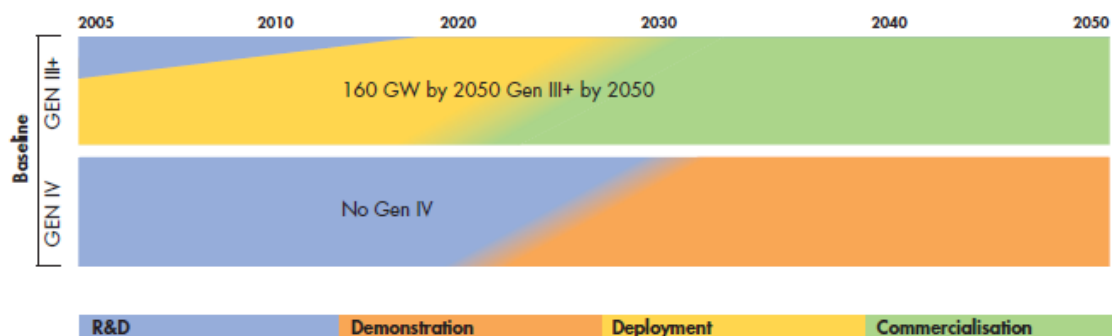
As linhas de pesquisa no mundo sobre reatores são vastas e conduzidas em grande parte por empresas privadas dos países desenvolvidos e Rússia. A geração III foi desenvolvida nos anos 90 com designs mais evoluídos e melhoria na segurança e custos (CGEE, 2008).

A chamada geração III+ utiliza reatores refrigerados a gás em altas temperaturas (high-temperature gas-cooled reactors – HTGCR).

A quarta geração de energia nuclear (GEN-IV) está sendo desenvolvida através de uma cooperação internacional, visando melhorar ainda mais aspectos de segurança e economia, minimizando também os resíduos nucleares (CGEE, 2008). Os tipos de reatores pesquisados desta geração são: 1) Reatores de sal derretido (molten-salt reactors – MSC); 2) Reatores de água supercríticas (supercritical water reactor – SCWR); 3) Reatores de temperaturas muito altas (very high temperature reactors – VHTR); 4) Reatores de alimentação rápida com metal líquido refrigerante (liquid-metal-cooled fast reeder reactors – LMCFR); e 5) Reatores rápidos refrigerados a gás (Gas-cooled fast reactor - GCFR) (CGEE, 2008).

Com relação a gestão de resíduos, atualmente a China, França, Índia, Japão, Rússia e o Reino Unido reprocessam o resíduo ou então armazenam para futuro reprocessamento. Os Estados Unidos também estão iniciando a realizar este procedimento. Pesquisas com relação a reciclagem do material para reuso estão sendo realizadas. De acordo com EuRenDel (2004), estas tecnologias estarão comercialmente disponíveis a partir de 2015.

De acordo com IEA (2008), a geração III+ já está na fase de implementação comercial, e possivelmente entrará na fase de comercialização a partir da década de 2020. Com relação a geração IV, na qual o Brasil faz parte, a expectativa é que até 2020 esta tecnologia esteja ainda em fase de P&D, para a partir de 2020 entrar na fase de demonstração até pelo menos o ano de 2050 (IEA, 2008). Considerando-se a geração II+, o cenário ACT e BLUE não alteram a situação desta tecnologia. Para a tecnologia de quarta geração, a fase de demonstração iria entre 2010 e 2030, implementação comercial até 2040 e posterior comercialização IEA (2008).



6.3.2. **Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil**

No Brasil, as usinas de Angra I (reator Westinghouse), Angra II e III (reatores Siemens) são do tipo PWR (pressurized water reactor); as únicas em operação são Angra I e II, Angra III está parcialmente construída (CGEE, 2008).

De acordo com prof. Antonio Carlos de Oliveira Barroso, do IPEN, o país possui certo conhecimento com relação a geração II (o país domina a tecnologia do chamado ciclo front-end), mas nada sobre a geração III e III+; há a necessidade de uma ponte para se dominar a tecnologia, como o investimento em manutenção e co-design.

No Brasil, a União detém o monopólio da mineração de elementos radioativos, da produção e do comércio de materiais nucleares, sendo este monopólio exercido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). De acordo com o prof. Barroso, os principais institutos de pesquisa coordenados pelo CNEN que realizam pesquisa na área de energia nuclear são:

- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN): vinculado ao centro de engenharia da UFMG, realizando principalmente pesquisas sobre reatores nucleares.

- Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN): vinculado a Universidade de São Paulo (USP), pesquisa principalmente reatores de potência avançados e inovadores, além de tecnologias de P&D evolutivas visando a modernização das centrais existentes

- Instituto de Engenharia Nuclear (IEN): ligado a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), também realizando pesquisa na área de geração de energia nuclear, além de controle avançado e automação.

Em Recife existe um grupo de pesquisa que trabalha com geração nuclear, o CRCN.

No Brasil, há atualmente a rede temática INCT de reatores nucleares inovadores, que é coordenado pela COPPE, com participação do IPEN, CDTN, IEN, CRCN e outras universidades.

De acordo com prof. Barroso, apesar da CNEN, a falta de recursos pra o setor nos últimos 30 anos desmotivou e desestruturou a pesquisa em energia nuclear no Brasil, que agora parece estar sendo retomada, seguindo a tendência de países como os Estados Unidos e a França.

De acordo com prof. Barroso, pode-se concluir que o país detém certo conhecimento na área e que existem centros de pesquisa que estudam as tecnologias de captura e armazenamento e carbono.

Hoje o Brasil domina a tecnologia de todo o ciclo do combustível, inclusive a principal fase, o enriquecimento.

De acordo com prof. Barroso, há domínio sobre o enriquecimento de urânio no Brasil. A vida útil da centrífuga nacional é maior que europeia, mas não é tão produtiva quanto ela. Seria até mesmo possível transferência de tecnologia do Brasil neste quesito, tanto Sul-Sul como Sul-Norte. Há de se ressaltar as questões políticas e de segurança pública que envolve esta tecnologia.

Com relação à capacitação industrial, existe as Indústrias Nucleares do Brasil (INB), que atua na cadeia produtiva do urânio, da mineração à fabricação do combustível que gera energia elétrica nas usinas nucleares de Angra I e Angra II; a empresa é Vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia. A INB fabrica componentes do ciclo, como pastilhas e varetas, que são voltados para dentro do reator (chamados de elementos combustíveis).

A NUCLEP equipamentos pesados produz vaso reator, pressurizador, gerador vapor, contenção metálica, dentre outros. A empresa possui selo ASME, podendo produzir outros equipamentos caso lhes sejam fornecidos os projetos.

Criada em 1988, a INB sucedeu a Nuclebrás e, em 1994, tornou-se uma única empresa ao incorporar suas controladas - Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A. (Nuclei); Urânio do Brasil S.A. e Nuclemon Mínero-Química Ltda, absorvendo suas atividades e atribuições.

A INB possui unidades produtoras de urânio em Caetité (BA), em Santa Quitéria (CE) e em Caldas (MG). A fábrica de combustível nuclear, enriquecimento, reconversão e pastilhas de urânio da INB se localiza em Resende (RJ).

A área de recursos humanos e recursos para pesquisa (infra-estrutura) são os maiores entraves para o país.

Devido ao exposto, pode-se concluir que o país possui conhecimento na área nuclear e que existem centros de pesquisa. Pode-se concluir que o país possui expertise industrial, ainda que comparativamente menor do que os grandes grupos privados no mundo.

6.3.3. Potencial e mercado

O International Energy Outlook-2008 do Departamento de Energia dos Estados Unidos DoE - prevê um aumento de 46% na geração nuclear até 2030, como forma a fazer frente às preocupações dos países quanto ao aumento de preço dos combustíveis fósseis, à segurança energética e à redução das emissões de gases do efeito estufa. China, Índia e Estados Unidos são os três países que devem ter grande crescimento de seu parque gerador nuclear (Eletronuclear, 2009).

No Brasil, de acordo com a Indústria Nucleares do Brasil – INB , os estudos de prospecção e pesquisas geológicas objetivando o urânio foram realizados em apenas 25% do território nacional. Ainda assim, conforme registrado na nota técnica preparada pela EPE sobre o inventário de recursos e reservas de urânio no Brasil, as reservas do mineral evoluíram de

6,3 mil toneladas de U3O8, conhecidas em 1973, para a atual quantidade, pouco mais de 309 mil toneladas (EPE, 2008).

O mercado potencial no Brasil e no mundo tende a aumentar, além das usinas já existentes no país. O PNE 2030 prevê o aumento da participação da energia nuclear no total de energia ofertada no país de 1% em 2000 para 3% em 2030.

No horizonte do PNE 2030, os reatores da Geração III+ reúnem boas perspectivas para serem adotados como referência na hipótese de uma expansão do parque de geração nuclear brasileiro (EPE, 2008).

6.4. Energia solar fotovoltaica

As aplicações de um sistema fotovoltaico podem ser classificadas em três categorias: sistemas autônomos isolados, autônomos híbridos e conectados à rede.

6.4.1. **Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial**

A energia fotovoltaica é uma das fontes intermitentes que mais crescem no mundo, especialmente por causa de políticas públicas de transformação de mercado, uma vez que o custo é a principal barreira¹².

Atualmente a tecnologia é comercialmente empregada e, no contexto dos países desenvolvidos, é competitiva em termos de custo com a eletricidade convencional na ponta do sistema em aplicações conectadas à rede ou com sistemas geradores a diesel em sistemas isolados (PV TECHNOLOGY PLATFORM, 2007).

De acordo com o cenário base do IEA (2008) (Figura 13), a energia solar fotovoltaica não é competitiva com outras fontes convencionais no horizonte de 2050, quando no período continuará no estágio de mercado (deployment), ou seja, no estágio de pré-competição. Já para os cenários ACT e BLUE, o estágio de comercialização é bastante antecipado, tornando-se comercial (diffusion), ou seja, competitiva, a partir de, respectivamente, 2034 e 2024.

Para tornar-se competitiva com os custos da eletricidade da rede para o consumidor final ou no mercado atacadista, há ainda um grande esforço de P&D a ser realizado, o que

¹² Nos últimos vinte anos cresceu cerca de 25% ao ano, enquanto que nos últimos cinco aproximadamente 50% anualmente (PV TECHNOLOGY PLATFORM, 2007). Nos Estados Unidos entre 80-90% ao ano (SUN & WIND ENERGY, 2008).

também inclui os componentes de balanço do sistema¹³ (PV TECHNOLOGY PLATFORM, 2007).

Tal esforço de P&D foi esboçado em 2007 quando foi publicada uma agenda europeia de P&D para tornar factível que em 2015 e 2030 o preço da eletricidade gerada por sistemas fotovoltaicos torne-a competitiva, respectivamente, com o praticado na rede para os consumidores finais e com a vendida no mercado atacadista (PV TECHNOLOGY PLATFORM, 2007). Isso significa reduzir o custo atual (2007) de € 0,30/kWh para € 0,15-0,12/kWh entre 2015-2020 e € 0,06/kWh em 2030. No mais longo prazo há o potencial do custo cair para € 0.03/kWh.

O custo de investimento no mundo varia de € 5-6/Wp instalado para sistemas fotovoltaicos instalados em edificações. Para o caso de centrais fotovoltaicas conectadas à rede, € 4,5-6/Wp instalado (ZILLES, 2008). Para 2015, estima-se que esses valores variarão entre ~ € 2 e 4/Wp (PV TECHNOLOGY PLATFORM, 2007).

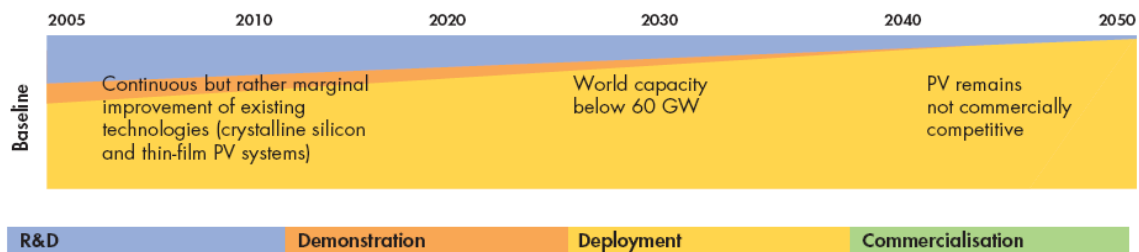


Figura 13: Linha do tempo para a energia solar fotovoltaica

Fonte: IEA (2008)

6.4.2. A Situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

O país dispõe de Instituições de P&D nacionais atuantes, tais como CB-Solar, LAB-Solar, Cetec, Cetem, IME, Inmetro, CTI, INPI, IEE-USP e outras que articulam potenciais e competências em: (1) prospecção, caracterização e descontaminação de quartzo para produção de silício metalúrgico, grau solar e grau eletrônico; (2) desenvolvimento de planta pré-industrial de células e módulos; (3) desenvolvimento de coletores solares e análise do desempenho de instalações autônomas ou interligadas à rede elétrica; (4) capacidade certificadora em módulos, inversores e acumuladores de energia; (5) levantamento de competências na tecnologia de módulos fotovoltaicos para auxiliar *roadmaps*; (6) competência para integração de sistemas fotovoltaicos, relacionado a edificações e ao design; e, (7) estudos avançados para desenvolvimento de novas tecnologias como filmes finos.

¹³ O balanço do sistema (BoS, Balance of System) basicamente compreende os componentes eletrônicos, cabeamento, estruturas de suporte e, quando aplicável, banco de baterias ou sistema de rastreamento solar ou óptico.

Por esse conjunto de potenciais e competências existentes, estas instituições podem dar contribuições significativas à cadeia produtiva de energia fotovoltaica. Some-se a isso a recém-implantada Rede de Tecnologia Solar Fotovoltaica no âmbito do MCT sob coordenação de José Roberto Branco (CETEC-MG). Essa rede não somente focará a P&D no meio acadêmico, mas também dentro das empresas.

Infra-estrutura laboratorial está sendo melhorada nos últimos anos (MACEDO, 2003). Recentemente (2004) foi montado o laboratório mais moderno para pesquisa na América Latina nas dependências do Núcleo Tecnológico de Energia Solar (NT-Solar) da PUC-RS: o Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica (CB-Solar)¹⁴, onde uma planta piloto para produção industrial de módulos fotovoltaicos competitivos com o mercado internacional, tanto em eficiência quanto em custo, está sendo desenvolvida. A planta produzirá mais de 200 módulos para distribuição aos parceiros. Também será preparado um plano de industrialização dos produtos para uma planta de produção em larga escala¹⁵.

Capacitação industrial

O país possui um grande parque industrial que extrai e beneficia o quartzo¹⁶, transformando-o em silício grau metalúrgico (CGEE, 2009), mas o país ainda não possui empresas que transformem o silício grau metalúrgico em grau solar. O silício grau metalúrgico é considerado matéria-prima ainda bruta para a produção de painéis fotovoltaicos. Como o grau de pureza desse material deve ser extremamente elevado, esse processo de purificação agrega imenso valor ao mineral brasileiro, transformando-o tanto em silício grau solar quanto em silício grau eletrônico. Isto possibilita o estabelecimento de empresas fotovoltaicas e de microeletrônica no país, com a conseqüente produção de riqueza no país.

O país possui uma empresa que fabrica lingotes e lâminas de silício mono e multicristalino e placas fotovoltaicas, denominada Heliodinâmica. Com a retirada das barreiras alfandegárias à importação de equipamentos de informática, empresas internacionais passaram a atuar no mercado nacional, reduzindo bastante a atuação da empresa. Segundo seu diretor, Bruno Topel, a empresa atualmente está com suas atividades reduzidas e prevê para 2010-2011 uma forte retomada de suas atividades¹⁷.

¹⁴ <http://www.pucrs.br/cbsolar/ntsolar/index.htm>

¹⁵ http://www3.pucrs.br/portal/page/portal/pucrs/Capa/Noticias?p_itemid=541417;
<http://manutencao.net/v3/br/noticias/eletrica/688-energia-solar-totalmente-brasileira>

¹⁶ O Brasil possui (como riqueza natural) grandes jazidas de quartzo de qualidade.

¹⁷ Comunicação pessoal, 26/11/2009.

Como mencionado anteriormente, o CB-SOLAR desenvolveu planta-piloto de produção de células solares e módulos fotovoltaicos que atualmente procura parceiros do setor privado interessados em investir numa fábrica de escala industrial.

Equipamentos eletrônicos como inversores e controladores de carga tanto para aplicações em sistemas isolados como conectados à rede são em sua grande parte importados. Poucas empresas nacionais estão desenvolvendo estes equipamentos voltados especificamente para esse tipo de aplicação.

O Brasil já possui, em território nacional, fábricas de acumuladores de energia e de conversores. Com o devido estímulo, esses produtos podem ser adaptados a fim de atender às exigências específicas dos sistemas solares fotovoltaicos.

Potencial e mercado

O potencial de irradiação solar no Brasil sobre uma superfície plana é de 1950 kWh/m².ano (ZILLES, 2008). Esse potencial é duas vezes maior do que o potencial da Alemanha, país líder em capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos.

O uso de sistemas fotovoltaicos no Brasil é eminentemente aplicado atualmente em áreas isoladas e sem acesso à rede elétrica, com aproximadamente 20 MWp instalados (ZILLES, 2008). Algumas aplicações conectadas à rede estão em funcionamento para fins de pesquisa e demonstração. Há 29 sistemas deste tipo em operação atualmente, perfazendo um total de 153 kWp (VARELLA & GOMES, 2009).

Para o caso brasileiro, o custo da eletricidade gerada varia de R\$ 800 – 950/MWh para sistemas conectados à rede (ZILLES, 2008). Esse custo é de seis a sete vezes maior do que o custo marginal de expansão considerado no PNE 2030 (EPE, 2007) e de três a quatro vezes maior do que as tarifas médias de eletricidade praticadas no país (ANEEL, 2009). Alguns estudos apontam que a paridade de rede no país poderá acontecer entre 2015 e 2020, ou seja, o custo da eletricidade gerada por esses sistemas nas residências será o mesmo da tarifa residencial.

O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) não considerou a energia solar fotovoltaica em suas projeções até 2030 por não ser competitiva e representativa como alternativa para a rede (GUERREIRO, 2008). Por outro lado, Roberto Zilles (USP) e Ricardo Rütther (UFSC), afirmam que a eletricidade gerada por esses sistemas tornar-se-ão competitivas em 5 anos para o setor residencial, quando se vislumbra que a tarifa residencial de eletricidade será a mesma do custo da eletricidade gerada pelos sistemas fotovoltaicos conectados à rede¹⁸.

¹⁸ <http://www.cerpch.unifei.edu.br/not01.php?id=2570;>

<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View={8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD->

Além disso, o MME e o MCT estão prestes a concluírem duas iniciativas distintas, mas complementares, importantes direcionadas ao fomento da energia solar fotovoltaica no país. No âmbito do MME, em 2008 foi criado o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF). O GT-GDSF tem como finalidade elaborar uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, em particular em edificações urbanas, como fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental do país, em curto, médio e longo prazo.

Como conclusão, o estudo do CGEE (CGEE, 2009)¹⁹ recomenda que “o governo deve investir para ter indústria de silício e de energia solar fotovoltaica, dada a identificação de significativos potenciais para:

- Geração de milhares de empregos de alto nível no país;
- Geração e distribuição de riqueza socioeconômica;
- Desenvolvimento de parque industrial competitivo internacionalmente; e
- Produção de energia renovável e ambientalmente limpa, visto o elevado potencial solar existente no país”.

Especificamente em relação ao estabelecimento de cooperação internacional, o mesmo estudo recomenda as seguintes ações aqui reproduzidas:

- Promover acordos de cooperação com centros de excelência de classe mundial, com o objetivo de capacitar recursos humanos, possibilitar troca de informações (como experiências, normatizações, medições e suporte), promover a execução de projetos cooperados e realizar transferência de tecnologias;
- Promover acordo de cooperação com países desenvolvidos em tecnologias fotovoltaicas visando formação e capacitação de recursos humanos

De acordo com Eduardo Soriano, do MCT, acordos bilaterais envolvendo transferência de tecnologia foram formados entre o Brasil e a NREL (EUA) e a ENEC (Bélgica).

CAF4CDD2BC34}&Team=¶ms=itemID={B10AD61B-7878-4C42-869D-59A23A44EBEC}%3BLumisAdmin=1%3B&UIPart UID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}

¹⁹ O MCT encomendou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) esse estudo propositivo de recomendações para subsidiar a formulação e implantação de políticas de incentivo à inovação tecnológica e à participação industrial do Brasil no mercado de silício de grau solar e de energia solar fotovoltaica. O estudo foi feito a partir de opiniões de especialistas sobre a importância socioeconômica do tema no horizonte de 2010-2025.

6.5. Energia solar térmica de alta temperatura

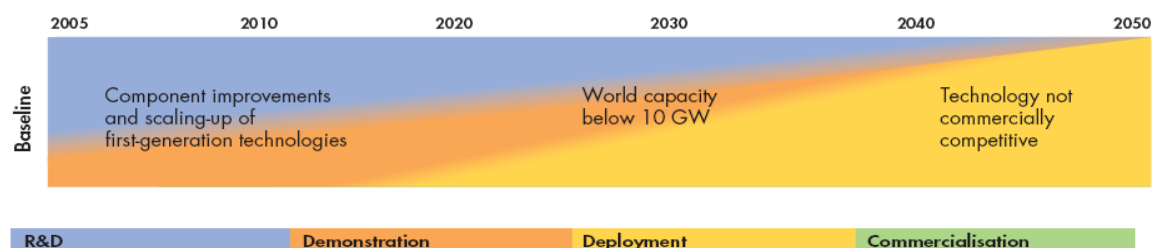
6.5.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

A energia solar para altas temperaturas tem sido pesquisada para geração de calor e eletricidade principalmente²⁰. Atualmente novas aplicações estão sendo buscadas como a produção de combustíveis gasosos e hidrogênio. As melhores localidades são onde há boa quantidade de radiação solar direta e considera-se 2.000 kWh/m² como o mínimo necessário de insolação direta anual (IEA, 2008).

Os sistemas do tipo *trough* são atualmente aqueles cuja tecnologia é a mais demonstrada e que tem tido o maior sucesso comercial até o momento no mercado de plantas solares térmicas de geração de potência (CSP) (DOE, 2007c). Atualmente esse tipo de sistema tem sido utilizado de forma híbrida: com gás natural para permitir o despacho de eletricidade da planta em qualquer momento. Há alternativas interessantes que é o armazenamento de calor em tanques para ser utilizado posteriormente, o que aumenta o fator de capacidade da planta.

A energia solar térmica de alta temperatura está no limiar do estágio de demonstração e mercado. Em locais que reúnem as condições necessárias para sua aplicação, ela é uma solução bem mais barata do que a solar fotovoltaica, mas ainda não é competitiva em relação aos combustíveis fósseis e mesmo a energia eólica. Uma renovação no interesse pela tecnologia surgiu recentemente, principalmente devido a mecanismos de incentivo governamentais na Europa (Espanha, por exemplo) e EUA.

De acordo com o cenário base do IEA (2008), a energia solar térmica de alta temperatura não será totalmente competitiva com as tecnologias convencionais no horizonte até 2050 (Figura 14). Já para os cenários com intervenção de políticas públicas, a expectativa de implementação comercial é antecipada para 2030 nos dois cenários (ACT e BLUE).



²⁰ Há basicamente três tipologias de concentradores solares: parabólicos cilíndricos (*trough*), parabólicos de disco (*dish collectors*) e torres solares. Uma nova tipologia em estudo é o coletor solar do tipo Fresnel, que poderá se tornar economicamente competitivo em relação ao do tipo *trough*, apesar de menos eficiente. Os concentradores solares requerem um sistema de rastreamento do movimento aparente do sol.

Figura 14: Linha do tempo para energia solar térmica de alta temperatura para geração de eletricidade

Fonte: IEA (2008).

6.5.2. A situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

De acordo com Eduardo Soriano, do MCT, há muito pouca pesquisa no tema e poucos pesquisadores envolvidos.

Como mencionado anteriormente, há uma rede incipiente de tecnologias, em processo de formação no MCT, de média e alta temperatura encabeçada pelo Prof. Naum Fraidenaich (UFPE).

De acordo com a Profa. Elizabeth Marques Duarte Pereira (2009), do Grupo Anima, as áreas mais frágeis que merecem um esforço de P&D e capacitação interna são a de componentes e sistemas para operar em média e alta temperatura.

Capacitação industrial

Até onde se sabe, o país não possui capacitação industrial específica para esse tipo de tecnologia. Mas possui indústrias (e recursos naturais) capazes de produzir e fornecer produtos e serviços para parte da cadeia de suprimento.

Existe um grande potencial a ser explorado pela indústria nacional para aproveitar o mercado internacional que se vislumbra no futuro para a energia solar térmica de alta temperatura, mesmo que o país não priorize esse tipo de geração na sua própria matriz energética. Essa é uma área reconhecidamente em expansão e com papel de destaque em estudos internacionais de prospecção, como o do IEA (IEA, 2008), por exemplo. A Figura 16 mostra que a solar de alta temperatura e a hidroeletricidade serão responsáveis por aproximadamente 50% da eletricidade gerada por fontes renováveis em 2050. O Brasil pode tirar proveito desse mercado fornecendo produtos com menor ou maior valor agregado.

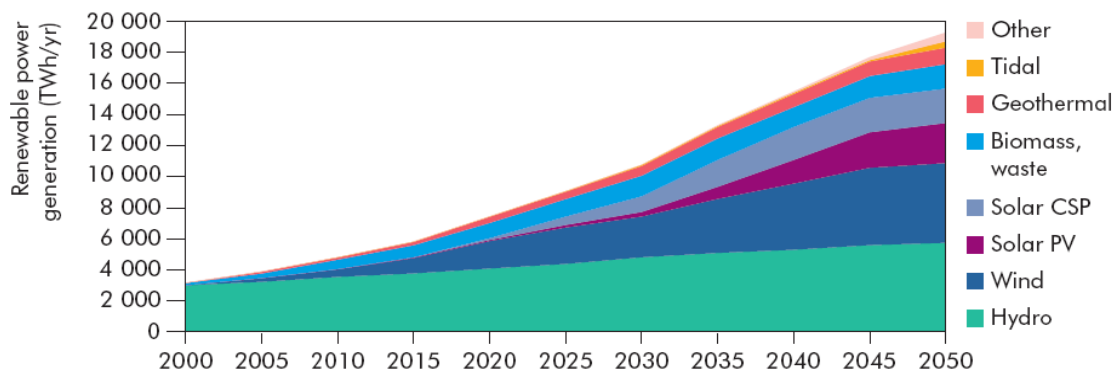


Figura 15: Geração de eletricidade a partir de fontes renováveis para o cenário BLUE

Fonte: IEA (2008)

Potencial e mercado

Levantamento preliminar foi realizado e algumas regiões do Nordeste possuem potencial para aplicação desse tipo de tecnologia. A Figura 16 apresenta as áreas consideradas mais promissoras para a geração de eletricidade através da energia solar térmica de alta temperatura.

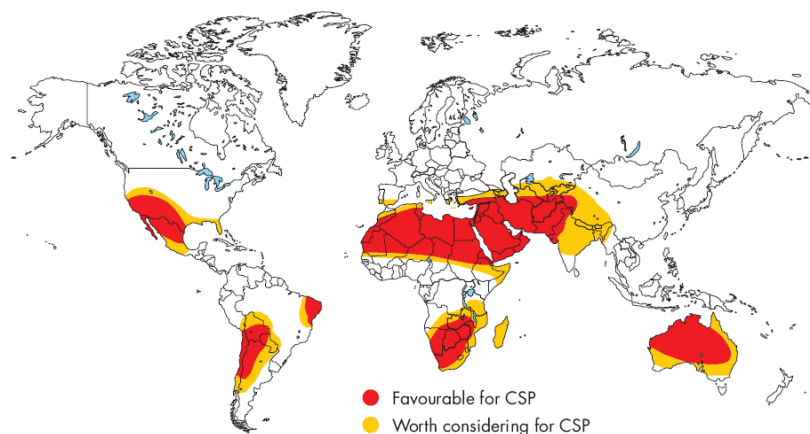


Figura 16: Áreas com potencial para energia solar térmica de alta temperatura para geração de eletricidade

Fonte: IEA (2008)

Houve um estudo de pré-análise de viabilidade para uma termoelétrica solar²¹ no Brasil. Foi estimado que a construção de uma planta com capacidade de 100 MW, usando ciclo Rankine custaria US\$ 2,660/kW, cerca de 19% mais baixo que nos EUA, devido a economias com mão de obra, materiais e alguns equipamentos (Brakmann et alli, 2005). No entanto, segundo o PNE 2030 (EPE, 2007), a geração heliotérmica não se mostra competitiva em escala comercial até 2030.

²¹ http://www.fbds.org.br/article.php?id_article=31. Acessado em 2/fev/2008.

6.6. Energia eólica

6.6.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

A energia eólica é uma das fontes que mais crescem no mundo em termos de capacidade instalada. O crescimento anual da capacidade instalada foi de aproximadamente 41% em 2005 e 32% em 2006 e 2007. Em 2007 mais de 20 mil MW foram instalados, perfazendo mais de 94 mil MW de capacidade instalada acumulada no mundo (ZERVOS, 2008).

Estudo recente²² aponta que a participação da energia eólica na geração mundial de eletricidade pode variar de 5% a 29,1% em 2030 e de 6,6% a 34,3% em 2050 dependendo do cenário avaliado (ZERVOS, 2008). No caso dos cenários ACT Map e BLUE Map do IEA, a participação da energia eólica na geração global de eletricidade em 2050 seria de, respectivamente, 9% e 12% (IEA, 2008).

Sistemas eólicos onshore em locais com bons recursos eólicos e acesso à rede são tecnologias atualmente comerciais e com alta viabilidade técnica. Já offshore encontra-se na fase de desenvolvimento pré-comercial (IEA, 2008).

As turbinas eólicas são altamente eficientes e confiáveis hoje em dia, com menos de 10% de perdas térmicas no sistema de transmissão (ZERVOS, 2008) e 99% de confiabilidade (IEA, 2008).

De acordo com o cenário Baseline do IEA (2008), a energia eólica onshore poderá se tornar totalmente competitiva com as tecnologias convencionais em 2050, enquanto a offshore não se tornará competitiva até 2050 (Figura 17). Já para os cenários com intervenção de políticas públicas, a expectativa de implementação comercial é fortemente antecipada: a onshore e offshore tornar-se-ão competitivas, dependendo do cenário, com as tecnologias convencionais em, respectivamente, 2025 e 2035 (ACT) e 2020 e 2030 (BLUE).

Para que a eletricidade gerada através de energia eólica torne-se completamente competitiva com as tecnologias de geração convencionais, requer-se maior redução de custos. Nas últimas duas décadas, estima-se que cerca de 60% da redução dos custos foi resultado de economias de escala (aumento do volume de mercado). Os restantes 40% podem ser atribuídos diretamente à pesquisa e desenvolvimento (ZERVOS, 2008).

Em relação à P&D, o IEA (2008) sugere as seguintes áreas prioritárias: avaliação dos recursos eólicos em localidades complexas e previsão de produção; armazenamento, integração à rede, projeto e regulação de sistemas de potência; e, apesar de ainda em estágio

²² "Global Wind Energy Outlook" Scenario, publicado em 2006 pela GWEC (Global Wind Energy Council), Greenpeace International e o Centro Espacial Alemão (DLR).

inicial de P&D, mas com importante potencial, são os novos conceitos de fundação offshore, que inclui sistemas eólicos flutuantes.

Com a última informação disponível de novos projetos construídos, ZERVOS (2008) aponta que o custo de geração de eletricidade varia entre € 4,5 a 8,7 centavos/kWh para uma central eólica onshore e entre € 6,0 e 11,1 centavos/kWh para centrais offshore. Em 2020 esses custos cairiam para € 3,0 – 3,8 centavos/kWh para locais com boas condições de vento e € 4 – 6 centavos/kWh para uma velocidade média de vento baixa²³ (ZERVOS, 2008).

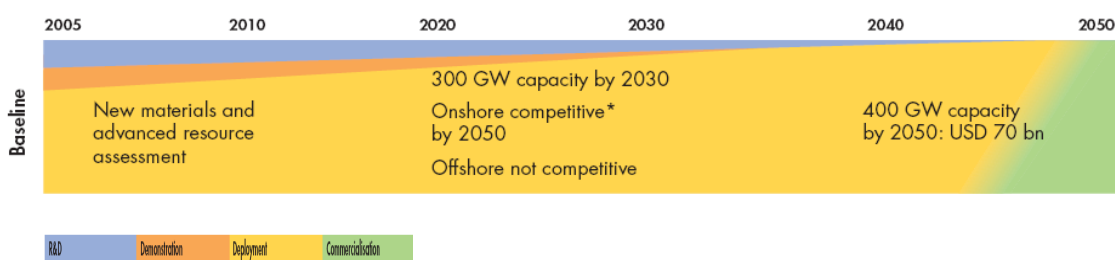


Figura 17: Linha do tempo para energia eólica onshore e offshore

Fonte: IEA (2008)

6.6.2. A situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

De acordo com Ricardo Dutra²⁴, do CEPEL, há ainda muito esforço de P&D a ser realizado, mas o país possui institutos capazes de fazer pesquisa nessa área. O avanço no conhecimento científico ainda é lento, com várias instituições estudando a parte aplicada. As pesquisas ocorrem mais em aplicações de pequeno porte, enquanto as de grande porte ainda são incipientes.

As áreas que merecem um maior esforço de P&D, de acordo com Ricardo Dutra, são o desenvolvimento de programas de avaliação de sítios eólicos, a “tropicalização” de softwares de dimensionamento, “tropicalização” das pás, o desenvolvimento do gerador e seus sistemas de controle. Campos (2007) menciona a existência de espaço para desenvolvimento de tecnologias de torres, de pás, geradores e componentes. Macedo (2003) recomenda as seguintes áreas identificadas para um programa de P&D em energia eólica: a) o desenvolvimento de máquinas para situações específicas no Brasil, observando o regime de ventos e melhoria de eficiências; b) consolidação de dados de potencial eólico; e c) integração de parques eólicos ao sistema interligado.

²³ De acordo com o estudo “Global Wind Energy Outlook” Scenario, publicado em 2006 pela GWEC (Global Wind Energy Council), Greenpeace International e o Centro Espacial Alemão (DLR).

²⁴ Contato pessoal, 10/11/2009.

Detalhando um pouco um dos tópicos mencionados, a necessidade de projetar as pás dos aerogeradores de acordo com a característica dos ventos dominantes no país, constantes e de intensidade média, justifica-se porque as pás utilizadas atualmente, incluindo as de fabricação nacional, são projetadas de acordo com o regime de ventos dominantes no Hemisfério Norte, mais intensos e menos constantes (ROSA, 2007).

O país conta com o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) situado na UFPE, com o CRESESB situado no CEPEL, com o Centro de Energia Eólica (CE-Eólica) situado na PUC-RS e instituições de P&D atuantes, com grupos de pesquisa na UFCE e UFPE e pesquisas sendo feitas na UFRJ e UERJ. A Eletrobrás e o CEPEL, através de um grupo de trabalho, estão traduzindo para o português normas internacionais para a ABNT. Há infra-estrutura laboratorial para testes de componentes e turbinas.

De acordo com Ricardo Dutra, o país está longe de ser um pólo de conhecimento quando comparado com países como a Alemanha, ainda é incipiente.

De acordo com Eduardo Soriano, do MCT, a Rede de Pesquisa em energia eólica ainda será formada.

Capacitação industrial

O Brasil conta atualmente com 4 empresas fornecedoras de equipamentos para geração eólica, sendo elas: Wobben Wind Power, Tecsis (nacional), South America Wind Energy (nacional) e IMPSA²⁵. Esta última possui financiamento do BNDES para transferência tecnológica de fabricação de componentes no país. A Tecsis é fabricante nacional de pás e a South America Wind Energy (SAWE) é uma indústria de desenvolvimento e fabricação de torres eólicas, fundações, chassis e seus componentes. Atendem o mercado externo e interno.

O país conta com uma estrutura industrial importante e consolidada à montante da montagem e fabricação de componentes eólicos (como siderúrgicas, metalúrgicas e químicas) que podem perfeitamente atender a demanda por matéria-prima, produtos semi-acabados e serviços. Também conta com uma indústria civil forte. De acordo com Ricardo Dutra (CEPEL), o país tem parque industrial suficiente para produzir todos os componentes de aerogeradores, ou seja, o país possui condições para os produzir.

Outras oportunidades também existem como aproveitar os possíveis efeitos de sinergia entre a indústria eólica e de petróleo, como a Petrobras e seus fornecedores. A expertise nacional de exploração de empreendimentos offshore dominada pelo país pode ser aproveitada para o caso da exploração de empreendimentos eólicos offshore.

²⁵ Esta última inaugurada recentemente, em setembro de 2009.

No entanto, uma das razões do atraso da primeira fase do PROINFA²⁶ é que o parque industrial instalado no país não se expandiu de maneira que o nível de nacionalização requerido fosse atingido. As incertezas existentes no período têm afastado investimentos na implantação de novas fábricas no setor (Dutra, 2007).

Está previsto para novembro um leilão específico para compra de eletricidade proveniente de energia eólica como uma ação de incentivo a essa fonte. No entanto, são necessárias políticas públicas de incentivo ao aumento da participação da energia eólica na matriz integradas ao desenvolvimento tecnológico e industrial de maneira a garantir o estabelecimento de um mercado de produtos e serviços no país.

Potencial e mercado

No caso Brasileiro, o potencial eólico on-shore é estimado em 143 GW²⁷ (GUERREIRO, 2007). Cabe destacar que o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001) foi produzido quando as maiores turbinas existentes estavam próximas de 2 MW, quando atualmente já ultrapassam 6 MW, e as alturas das torres de medição eram de 50 metros, quando hoje são de 100 metros, ou seja, esse potencial é atualmente bastante conservador e ainda não considera o potencial off-shore.

De acordo com a ANEEL²⁸, há no país 35 centrais eólicas em operação, totalizando uma capacidade instalada de aproximadamente 551 MW. Há em construção 11 empreendimentos, uma adição prevista na capacidade de geração de 311 MW.

O PROINFA contratou uma potência total de 1.422,92 MW (54 centrais), sendo que até o momento entraram em operação comercial 385 MW (23 centrais)²⁹. Empreendimentos em construção somam 446 MW³⁰.

²⁶ As outras razões citadas por Dutra (2007) que estão dificultando o setor eólico são a falta de capacidade financeira dos empreendedores e o processo de revisão dos projetos.

²⁷ Em áreas onde a velocidade média anual do vento seja maior que 7,0 m/s. Cabe destacar que o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, lançado em 2001, foi produzido quando as maiores turbinas existentes estavam próximas de 2 MW, quando atualmente já ultrapassam 6 MW.

²⁸ Banco de Informações de Geração (www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp), em 12 de outubro de 2009.

²⁹

http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/galerias/arquivos/apresentacao/Situaxo_usinas_PROINFA_AGO-2009.pdf, em 12 de outubro de 2009.

³⁰ O término do PROINFA foi prorrogado para 30 de dezembro de 2010, principalmente devido a problemas de fornecimento de turbinas e pás.

O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) utilizou em sua projeção de expansão entre 2015 e 2030 um acréscimo de capacidade instalada de 3.300 MW, equivalente a toda primeira fase do PROINFA. Dessa maneira, a capacidade instalada de centrais eólicas seria de 2.282 MW em 2020 e totalizaria 4.682 MW em 2030 (EPE, 2007).

Para o caso brasileiro, a energia eólica ainda não é competitiva e ainda precisa de incentivos. De acordo com Marques (2008), a eletricidade proveniente de centrais eólicas no Brasil pode ser vendida a preços entre R\$ 200-220/MWh (média) e, para locais com boas condições de vento, entre R\$ 170-175/MWh. O custo marginal de expansão do setor elétrico previsto pelo Plano Decenal de Expansão (MME, 2007) é de R\$ 140/MWh.

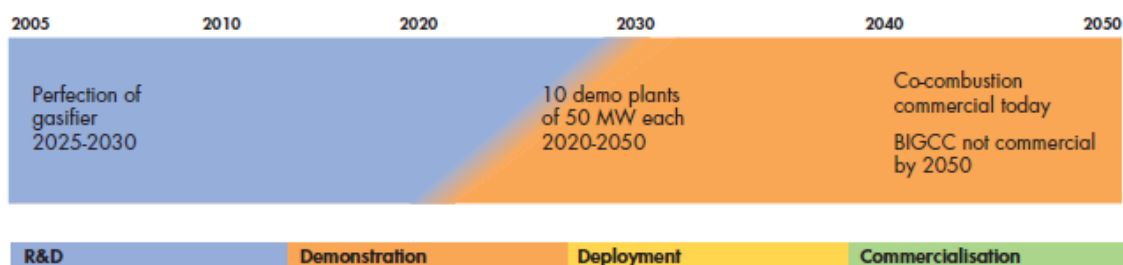
6.7. Gasificação da biomassa

6.7.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Nos últimos 15 anos tem havido certo esforço de pesquisa e desenvolvimento relativo à tecnologia BIG-CC (Biomass Integrated Gasification to Combined Cycles). Até o momento, houve somente a instalação de uma planta piloto no mundo, construída e operada durante algum período tempo (CGEE,2008).

Co-firing de biomassa com carvão e óleo combustível em plantas de grande escala modernas e eficientes é economicamente viável (cost-effective) atualmente, requerendo investimentos adicionais moderados (CGEE, 2008).

De acordo com IEA (2008), a tecnologia gasificação de biomassa de grande porte estará em estágio de P&D até 2020, quando a partir daí entrará em estágio de demonstração de plantas de 50 MW entre 2020 e 2050, para posterior implementação comercial. No caso da co-combustão (com gás natural ou carvão), a situação pode ser considerada semelhante, caso não haja políticas governamentais de incentivo a esta tecnologia. Considerando-se o cenário ACT, a demonstração desta tecnologia ocorreria entre 2010 e 2030, a implementação comercial nas décadas de 2030 e 2040, e posterior comercialização. No cenário BLUE, a comercialização ocorreria já a partir de 2030 (IEA, 2008).



6.7.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

No caso brasileiro, o PNE 2030 prevê a entrada em operação de sistemas BIG-CC no setor sucroalcooleiro a partir de 2020 (EPE, 2007), prevendo-se uma participação de aproximadamente 5% e 13% da geração setorial de eletricidade em 2020 e 2030, respectivamente (Correa Neto, 2008).

Existem centros de pesquisa no Brasil que estudam a gaseificação da biomassa, como o Cenbio (Centro Nacional de Referência em Biomassa), da USP, com os projetos "Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte" e o "Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte"³¹. Participam também destes projetos o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a Universidade do Amazonas (UFAM). Além desta rede, existem outras iniciativas isoladas de diversas universidades. Pode-se concluir que o Brasil possui conhecimento na área de gasificação de biomassa, já que existem centros de pesquisa no país, além de outros grupos de pesquisas trabalhando com o tema.

As pesquisas têm apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), financiadora de Estudos e projetos (Finep), das Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte) e do Ministério de Minas e Energia (MME), dentre outros.

Com relação à capacitação industrial, de acordo com a Fapesp, o sistema de gaseificação é extremamente simples e não possui nenhum componente tecnológico que não possa ser fabricado no Brasil. Ainda não existem empresas no país que produzam em escala estes equipamentos, dada incipiência desta tecnologia no mercado nacional e mundial.

6.7.3. Potencial e mercado

De acordo com EPE (2008), a participação da lenha e carvão vegetal no Brasil diminuirá de 12% em 2000 para 6% em 2030. No sistema de pequeno porte existe potencial de desenvolvimento em comunidades isoladas, e para o sistema de grande porte para a queima de bagaço de cana e resíduos agrícolas. No caso do bagaço de cana, o sistema concorrerá com o desenvolvimento da segunda geração de etanol.

Pode-se considerar que o mercado atual é pequeno, mas que há potencial futuro de crescimento no Brasil.

³¹ <http://cenbio.iee.usp.br/projetos.htm#cana>

6.8. Hidroeletricidade

6.8.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

A hidroeletricidade continua sendo a energia renovável mais desenvolvida no mundo. É responsável por 85% da produção de energia renovável e é a que apresenta menor custo de tecnologia de geração disponível (CGEE, 2008). O maior potencial para PCH's no mundo é a China (CGEE, 2008).

A hidroeletricidade de médio e grande porte já é uma tecnologia madura no Brasil e no mundo.

As pequenas centrais apresentam potencial de desenvolvimento tecnológico no mundo, e já se apresentam em fase de comercialização. Contudo, ainda existem divergências sobre definições de PCHs. De acordo com a ESHA (European Small Hydro Association), a Comissão Européia e a UNIPEDE (International Union of Producers and Distributors of Electricity), PCH refere-se a unidades com potência instalada superiores a 10 MW. No entanto, o limite na Itália é de 3 MW, 8 MW na França e 5 MW no Reino Unido.. No Brasil, desde 1998, a capacidade das PCH foi definida como < 30 MW (WEC, 2007).

6.8.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

O histórico do Brasil na construção e operação de usinas de grande porte fez com que inúmeros grupos de pesquisa fossem formados no país, principalmente com relação a otimização de projetos de turbinas hidráulicas e engenharia civil. Atualmente, a maior parte das atividades relacionada com as tecnologias de médio e grande porte são realizadas por empresas privadas.

Atualmente, pretende-se criar no país a Rede de Tecnologia em Pequenas Centrais Hidrelétricas, que possivelmente será coordenada pelo pela Unifei, em Itajubá.

O Brasil possui tradição na geração de energia através de energia hidráulica. Existem diversas multinacionais que fabricam turbinas hidráulicas e equipamentos auxiliares no país, principalmente empresas alemãs, como a Siemens, OSSBERGER , EFG, VA Tech Hydro, Wasserkraft , Wiegert & Bähr Maschinenbau; exceção feita para a empresa francesa Alstom.

Com relação a projetos de engenharia, construção de barragens, operação e manutenção de hidrelétricas, o país está na vanguarda do conhecimento. Pode-se citar empresas como a Leme Engenharia, que atua inclusive no mercado internacional na área de projetos de empreendimentos hidrelétricos.

O parque industrial brasileiro possui capacidade de atender o mercado interno com equipamentos hidromecânicos para empreendimentos de até 10 MW no caso das PCHs

6.8.3. Potencial e mercado

De acordo com o PNE 2030, espera-se que a participação relativa da energia hidráulica na geração de eletricidade caia de 16% em 2000 para 14% em 2030. Contudo, espera-se que as PCH's aumentem sua participação no mercado nacional.

6.9. Hidrogênio: produção, armazenamento e células a combustível

6.9.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

Produção

Atualmente a maior parte do hidrogênio é produzida em refinarias e plantas químicas e utilizada nas próprias indústrias como matéria-prima, advinda em sua grande parte de fontes fósseis. Há diversas rotas de produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis, nuclear e renováveis.

Para que o hidrogênio produzido seja utilizado comercialmente para fins energéticos, as tecnologias atuais de produção de hidrogênio necessitam de redução de seus custos e de melhoria da eficiência significativas (IEA, 2006). Dessa maneira, maiores atividades de P&D são necessárias para reduzir os custos e aumentar a eficiência dos sistemas descentralizados de produção de hidrogênio.

A produção descentralizada baseia-se atualmente em reformadores de gás natural de pequena escala e na eletrólise da água. Tais reformadores são comercialmente disponíveis e a eletrólise possui custos muito elevados, apesar de possuir um potencial significativo de redução, muito embora o custo da eletricidade seja elevado em vários países (IEA, 2006).

A produção de hidrogênio através de processos a altas-temperaturas baseados em energia nuclear e solar térmica poderia evitar a produção de CO₂, mas ainda falta um longo caminho para se tornarem comercialmente viáveis (IEA, 2006), como novos materiais, redução de custos e fontes baratas de fornecimento de calor.

A produção através da fotólise da água e por processos biológicos ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento (IEA, 2006).

Armazenamento

O armazenamento de hidrogênio é necessário para viabilizar a infra-estrutura do combustível, e para utilização estacionária (como plantas de geração de eletricidade e calor). Em transportes e aplicações portáteis é um dos principais desafios para a economia do hidrogênio pelas temperaturas e pressões requeridas, o que demanda muita energia,

instalações especiais e, conseqüentemente, possuem elevados custos³². No entanto, diversas alternativas promissoras estão sendo desenvolvidas, conforme apresentadas em Scientific American Brasil (2007).

Há também a produção embarcada de hidrogênio por demanda através de reformadores em veículos, o que reduz ou elimina a necessidade de armazenamento, conforme apresentado no item anterior. No entanto, por essa alternativa apresentar muitas dificuldades até o momento, o foco atualmente se dá na produção de hidrogênio off-board (IEA, 2006).

As opções de armazenamento do hidrogênio em veículos ainda não atingiram os requisitos técnicos e econômicos para sua competitividade (IEA, 2006)³³.

Segundo o DOE (2002), a tecnologia de vasos de pressão já é comercialmente utilizada, porém as perspectivas de que essa tecnologia se desenvolva a ponto de satisfazer as necessidades futuras é baixa. Já em 2015 a tecnologia de armazenamento sólido de hidrogênio por hidretos metálicos já deve estar disponível e em 2025 os nanotubos de carbono devem entrar no mercado.

Células a combustível

Células a combustível (CaC) são atualmente muito caras e não são maduras tecnologicamente (IEA, 2008), tanto para uso estacionário como em veículos. Requerem ainda bastante atividade de PD&D para atingirem patamares de viabilidade comercial. Duas são as principais barreiras para a tecnologia: aumento da eficiência das plantas e elevado custo de capital (IEA, 2007c).

Sistemas de CaC a gás natural para geração distribuída ou sistemas de back-up possuem atualmente projetos de demonstração e são utilizados em determinados nichos (IEA, 2006). E veículos a CaC estão sendo fabricados em pequena escala, estágio de demonstração, por várias fabricantes internacionais de automóveis, como a Honda, Toyota, Daimler-Chrysler, GM, Ford.

³² Em temperatura ambiente e pressão atmosférica normal, o hidrogênio permanece em estado gasoso com densidade de energia de cerca de 1/3.000 da gasolina líquida. Um tanque de 75 litros com esse gás moveria um carro comum por aproximadamente 150 metros (Scientific American Brasil, 2007). Dessa maneira, há a necessidade de “compactá-lo”, por exemplo, na forma líquida, gasosa ou em compostos químicos como os hidretos metálicos para dar autonomia e performance similares aos veículos atuais ou para poder ser transportado.

³³ Por exemplo, o armazenamento na forma gasosa a 700 bar parece ser, no momento, a opção tecnológica escolhida para veículos de passageiros e o tanque para armazenar 5 kg de hidrogênio possui um custo entre US\$ 3 mil e 4 mil (IEA, 2006).

As CaC a serem utilizadas em mercados de cogeração de pequena escala, como no setor residencial e comercial, competindo com outras tecnologias como motores Stirling e de combustão interna, estão atualmente em desenvolvimento. Os sistemas variam de 1 a 4 kW e possuem uma razão eletricidade-calor alta. Para se tornarem competitivas nos setores comercial e residencial, seus custos de capital devem ser reduzidos para US\$ 1.350/kW³⁴ (IEA, 2006).

Há uma recente tecnologia de CaC com grande potencial de utilização no Brasil, a qual utiliza etanol diretamente, sem a necessidade de reforma, chamada DEFC (*Direct Ethanol Fuel Cell*)³⁵.

De acordo com o cenário base do IEA (2008), a tecnologia de veículos a CaC iniciará seu estágio de demonstração por volta de 2035 (Figura 18). A tecnologia começa a se tornar competitiva somente a partir de 2045 no cenário BLUE, quando a expectativa é que esses veículos representem 25% das vendas de veículos leves no mundo, enquanto no cenário ACT a tecnologia ainda não atingiu o estágio de mercado (deployment).

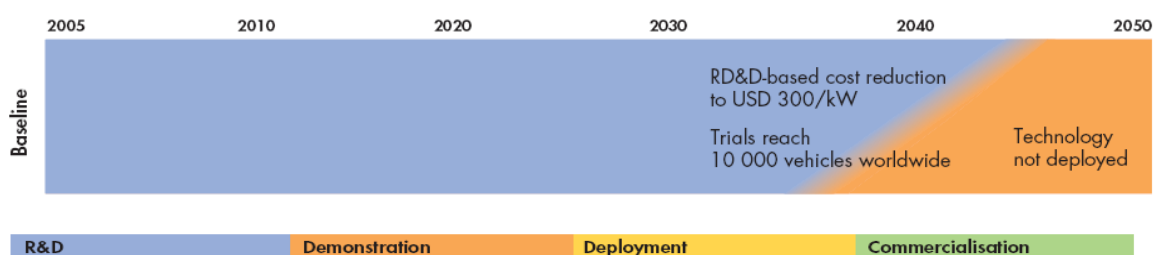


Figura 18: linha do tempo para veículos a célula a combustível

6.9.2. A situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

De acordo com o CENEH³⁶, considerando a cadeia de tecnologias do hidrogênio (incluindo as células a combustível):

³⁴ Os custos de capital de CaC do tipo PEM são da ordem de US\$ 3.000 -4.000/kW, conforme estipulado por Lipman et alli (2004).

³⁵ É uma subcategoria da CaC do tipo PEM (Proton Exchange Membrane) e o catalisador a ser utilizado não contém metais demasiadamente caros, como a platina, mas compostos de ferro, níquel, cobalto, o que deverá reduzir bastante seus custos de produção. O Roteiro brasileiro para a economia do hidrogênio estabelece como alto grau de prioridade o desenvolvimento da DEFC (Gosmann, 2006). O Roteiro ainda está em sua versão preliminar no MME e prevê-se que em 2009 ou 2010 deverá ser publicado, inclusive com os marcos temporais de desenvolvimento da tecnologia.

³⁶ Comunicação pessoal com o Dr. Newton Pimenta Neves Jr. (Secretário Executivo) e Cristiano da Silva Pinto (pesquisador) do CENEH (Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio) em 4/11/2009.

- 1- O Brasil **detém** conhecimento em produção de hidrogênio por eletrólise da água (eletrolisadores unipolares alcalinos), produção de hidrogênio por reforma de etanol (pequeno porte) e produção de hidrogênio por reforma de gás natural (pequeno e grande porte), células a combustível do tipo PEM a hidrogênio para aplicações estacionárias, e em purificação de hidrogênio por criogenia.
- 2- Há **algum** conhecimento em células unitárias do tipo SOFC (célula a combustível de óxido sólido), em células unitárias do tipo PEM a metanol e etanol direto, em armazenamento de hidrogênio em hidretos metálicos, em produção de hidrogênio por gaseificação e em purificação de hidrogênio por PSA e por membranas de paládio.
- 3- Temas com **baixo ou nenhum** conhecimento incluem eletrolisadores bipolares, bioprodução de hidrogênio, células a combustível de carbonato fundido (MCFC), armazenamento de hidrogênio gasoso em pressões superiores a 350 bar e de hidrogênio líquido. Também faltam conhecimento e infra-estrutura em Tecnologia Industrial Básica (TIB) na área do hidrogênio e células a combustível

As áreas mais frágeis, ou seja, que merecem um maior esforço de P&D e capacitação interna, seriam, de acordo com o CENEH:

- 1- Produção de hidrogênio por eletrólise da água (eletrolisadores alcalinos bipolares e PEM), o que viabiliza o aproveitamento de energias renováveis intermitentes (energia solar fotovoltaica, energia eólica e hidroeletricidade), produção de hidrogênio por reforma de combustíveis (etanol, gás natural e glicerol), produção de hidrogênio por gaseificação de biomassa e bioprodução de hidrogênio. Com exceção da reforma de gás natural, as tecnologias citadas possibilitam a produção de hidrogênio de forma sustentável e ambientalmente amigável ao contrário do que ocorre hoje, onde a maior parte do hidrogênio consumido no mundo é produzida por combustíveis fósseis, principalmente o gás natural.
- 2- Células a combustível do tipo PEMFC, SOFC e MCFC; motores a combustão de hidrogênio e misturas gasosas com hidrogênio.
- 3- Sistemas de armazenamento de hidrogênio pressurizados acima de 350 bar, sistemas de compressão de hidrogênio de pequeno e de grande porte, sistemas de purificação de hidrogênio (PSA³⁷ e permeação), sensores para detecção de hidrogênio e integração de sistemas de hidrogênio e de células a combustível, e integração de sistemas de hidrogênio com energias renováveis. Além disso, seria necessário desenvolver capacitação em análise de traços em hidrogênio para contemplar os requisitos de normas como a ISO 14687.

O país possui centros de pesquisa. De acordo com o CENEH, alguns dos centros são os seguintes:

³⁷ Pressure Swing Adsorption.

- IPEN: desenvolvimento de células a combustível tipo PEM e SOFC, reforma de etanol;
- USP-São Carlos: desenvolvimento de células a combustível tipo PEM;
- Unicamp: eletrólise alcalina da água, teste de células a combustível tipo PEM, análise de traços e misturas ricas em hidrogênio, reforma do etanol e gás natural (pequeno porte), segurança do hidrogênio;
- CEPEL, LACTEC: testes de células a combustível;
- UFSCar, INT: desenvolvimento de catalisadores para reforma do etanol e gás natural;
- COPPE/UFRJ: desenvolvimento de células a combustível tipo SOFC.

O país também conta com grupos de pesquisa atuantes, além dos mencionados anteriormente, localizados na USP, UFMG, UNESP (Rio Claro, Bauru, Guaratinguetá, Araraquara), UFRJ, UFSC, UFBA, UFRGS, UEM, UFPR, UENF, UFRN, UFMA, UFPA, UFAM, UFF, UFU, LACTEC, IPT, INMETRO.

O país também conta com várias redes temáticas formadas no âmbito do Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH2) do MCT, a saber (incluindo os respectivos coordenadores):

- 1- Rede de Hidrogênio e Combustíveis: Prof. Martin Schmal (UFRJ), Dr. Fábio Bellot Noronha (INT);
- 2- Rede de Células a Combustível de Óxido Sólido (SOFC): Prof. Fábio Coral Fonseca (IPEN);
- 3- Rede de Células a Combustível de Eletrólito Polimérico (PEMFC): Prof. Ernesto Rafael Gonzalez (USP-São Carlos), Prof. Marcelo Linardi (IPEN);
- 4- Rede de Sistemas, Integração e Uso: Dr. José Octávio Armani Paschoal (IPEN);
- 5- Rede de Utilização (em fase de implementação).

São dezenas as instituições que formam as redes, sendo elas: INT, IPEN, IQ-USP/São Carlos, UFBA, UFMA, UFPA, UFAM, FFCLRP-USP, Unesp-IQAra, Unesp-Bauru, IPT, IQ-USP, IQ-UFRJ, IMA-UFRJ, CEPEL-Eletronbras, COPPE-UFRJ, UFRN, UFPI, UENF, UFSCar, UFMG, UFSC, IQ/UFSC, ETEJBMF-FAETEC, UENF, UNICAMP/CENEH, UFF, UFU, UEM, UFES, UFRGS, CERTI, CTM-SP, ABNT, IMETRO, Petrobras/CENPES, LACTEC, CEMIG.

O país possui capacitação e domínio suficientes para promover maiores esforços em transferência de tecnologia ou difusão para países da América do Sul e não desenvolvidos em temas da Economia do Hidrogênio por estar mais adiantado. Mas em termos de investimento

em P&D&I, o país perde de longe para os países desenvolvidos, para os demais países do BRIC (Rússia, Índia e China) e para países como Coreia, por exemplo.

Adicionalmente, apesar de o país dispor de arranjo institucional (centros, redes e grupos de pesquisa) e determinado direcionamento, há críticas relevantes quanto à gestão das atividades, continuidade dos recursos,

Capacitação industrial

De acordo com o CENEH, há algumas empresas de base tecnológica, de pequeno porte, instaladas no Brasil que montam ou fabricam equipamentos. São empresas de capital nacional, sendo elas:

- Células a combustível PEMFC: Electrocell, Novocell e Unitech;
- Reformadores de combustíveis e integração de sistemas com hidrogênio: Hytron

Potencial e mercado

Se analisarmos as tecnologias um pouco mais profundamente, há itens em que o país poderia se tornar produtor de componentes de alto valor agregado, o que já seria muito bom. Por exemplo, as células PEMFC utilizam membranas poliméricas de altíssimo custo e cuja patente é da Dupont. Uma membrana alternativa poderia implicar num mercado bastante interessante. O mesmo vale para as placas de grafite dessas células, ou os catalisadores para reforma de etanol, GN e glicerol, etc.

6.10. Gás natural liquefeito: liquefação e regaseificação

6.10.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

De acordo com CGEE (2008), a tecnologia de GNL já é comercialmente utilizada, com a tendência de custos decrescentes no médio e longo prazos (efeito aprendizado). Esta já é uma tecnologia amplamente utilizada; no Japão, por exemplo, 96,5% do total de gás natural consumido é proveniente de GNL.

6.10.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

De acordo com a Petrobrás, o país não possui capacitação e conhecimento na área, e os esforços existentes no momento são para a aquisição de tecnologia de liquefação e regaseificação.

O CENPES encontra-se atualmente em fase de capacitação e levantamento do estado da arte da tecnologia. De acordo com o CENPES, não existem grupos de pesquisa que

trabalham com o tema no Brasil, existem apenas estudos econômicos e de eficiência energética aplicada na regaseificação

Não há capacitação industrial no Brasil.

6.11. Gas-to-Liquid (CTL) e Coal-to-liquid (CTL): processo Fischer-Tropsch

6.11.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Gas To Liquid (GTL) e Coal to liquid (CTL) é o nome dado a uma série de processos e tecnologias utilizadas para converter gás natural e carvão, respectivamente, em derivados de petróleo ou produtos petroquímicos. Através destas tecnologias, é possível transformar gás natural e carvão em diesel (processo Fischer-Tropsch), gasolina, querosene e produtos petroquímicos. Uma das maiores vantagens desta tecnologia é sua característica ambiental, já que os derivados produzidos praticamente não contêm enxofre. O processo Fischer-Tropsch consiste na reação de um gás de síntese (gás natural ou carvão gaseificado) em combustíveis líquidos, na presença de um catalisador³⁸.

Empresas multinacionais dos países do Norte já possuem domínio desta tecnologia, que está em escala de implementação comercial. A África do Sul também possui domínio, através da empresa Sasol, que foi a criadora do processo Fischer-Tropsch.

6.11.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

De acordo com CGEE (2007a), a implementação comercial (aplicação prática seletiva ou utilização generalizada da tecnologia) de tecnologias de processos GTL embarcados se dará entre 2011 e 2020.

No Brasil, a Petrobras mantém ativa uma linha de pesquisa relacionada com a tecnologia GTL, através de duas rotas tecnológicas, uma voltada para a produção de combustíveis e outra para produtos petroquímicos³⁹.

De acordo com o Cenpes, o Brasil possui certo conhecimento do processo Fischer-Tropsch, e as áreas mais frágeis no país é o desenvolvimento de catalisadores, reatores em leito de lama e hidroisodesparafinação. Atualmente, o único centro de pesquisa que trabalha ativamente com o tema é o Cenpes. Existem grupos de pesquisa na UFRJ, INT, UNICAMP, UFU e no CTGAS. Não há capacitação industrial no país.

³⁸ http://www.eere.energy.gov/afdc/fuels/emerging_gas_liquids_production.html Acesso em 28/01/2008.

³⁹ http://www.gasnet.com.br/novo_novidades_view.asp?tipo=producao&cod=483 Acesso em 28/01/2008.

6.12. Etanol de segunda geração

O etanol de primeira geração a partir de cana de açúcar é dominado pelo Brasil. O país está na vanguarda do conhecimento, e possui tecnologia para exportar tanto para os países do Norte quanto do Sul. O parque industrial no país é grande, cuja expansão se deu início na década de 70 através do programa Proálcool (CGEE, 2008). Atualmente existem inúmeras usinas de etanol no país, além de um parque industrial nacional que fabricam todas as tecnologias utilizadas nesta indústria; destaque para as empresas Dedini e TGM.

6.12.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Etanol de segunda geração é uma nova aposta tecnológica para o completo aproveitamento da cana-de-açúcar ao possibilitar converter o seu material lignocelulósico (palha e bagaço), o que corresponde a aproximadamente 2/3 da energia contida na cana-de-açúcar, em etanol. Atualmente somente 1/3 da cana é utilizada para produção de etanol, açúcar e eletricidade (CGEE, 2008).

- Hidrólise ácida organosolv, Processo DHR: Processo de hidrólise ácida diluída de matérias ligno-celulósicas (bagaço e palha de cana-de-açúcar) em solvente aquo-orgânico para obtenção final de etanol combustível, por se tratar esta de uma opção tecnológica desenvolvida aqui no Brasil, especificamente para bagaço e integrada às destilarias de etanol e por estar num estágio de desenvolvimento e experimentação em escala de demonstração representativa de um processo industrial (CGEE, 2008).

- Hidrólise enzimática, Processo IOGEN: O modelo em estudo considera uma unidade anexa à destilaria que sacarifica o bagaço a um licor rico em ART e a purificação e concentração deste licor. A fermentação, destilação e desidratação de etanol serão realizadas na destilaria que produz etanol de açúcar de cana segundo o processo convencional. A unidade de hidrólise é fundamentalmente dedicada à produção do licor de açúcares redutores por estar integrada à destilaria de produção de etanol convencional. A tecnologia empregada se fundamenta na proposta da IOGEN (hidrólise enzimática) atualmente em demonstração em Unidade Piloto, adaptada a nossa matéria-prima e ao modus operandi de uma destilaria de Etanol de Cana-de-açúcar (CGEE, 2008).

- Hidrólise e fermentação simultâneas (SSF): O foco principal desta tecnologia é o desenvolvimento de leveduras termotolerantes, considerando que a celulase apresenta atividade enzimática ótima próxima aos 50°C. Recentemente o MIT desenvolveu uma nova cepa de levedura capaz de converter celulose em etanol de milho que tolera concentrações de etanol de até 18%, quase o dobro da levedura normal, e rende cerca de 20% a mais de etanol, acelerando a fermentação em até 70% (CGEE, 2008).

De acordo com IEA (2008), a tecnologia de etanol de segunda geração está atualmente na fase de P&D e demonstração; a implementação comercial de etanol celulósico se iniciará em 2015, com sua comercialização a partir de 2035.



6.12.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

O Projeto Bioetanol, coordenado pelo professor da Unicamp Rogério Cerqueira Leite, conta com 150 pesquisadores. São 14 universidades, dois institutos de pesquisa nacionais e três centros de pesquisa internacionais — Universidade de Lund, da Suíça, Universidade de Zaragoza, da Espanha, e Estação Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, da Argentina. Os trabalhos dividem-se em cinco áreas, cada uma com um coordenador geral. A Área 1 é de caracterização do bagaço; a Área 2, de produção de enzimas. O pré-tratamento e a hidrólise compõem a Área 3. A Área 4 trata da fermentação alcoólica e a Área 5 estuda a otimização do uso de energia, efluentes e água⁴⁰.

Será construído em 2010, em Campinas-SP, uma planta-piloto que servirá a pesquisadores de todos os estados. A planta vai ser instalada no recém-criado Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, e terá uma estrutura de seis módulos, que vão do tratamento físico do material lignocelulósico à fermentação, passando pela produção de microrganismos e a hidrólise enzimática (Fapesp, 2009).

A Petrobras investe em hidrólise enzimática, que utiliza, no lugar de ácidos, enzimas produzidas por microrganismos capazes de quebrar o açúcar da celulose, transformado em álcool combustível após o processo de fermentação. Uma planta-piloto instalada no Cenpes começou a operar em 2007. A Petrobrás pretende alcançar o domínio da tecnologia e exportar etanol de celulose na próxima década (Fapesp, 2009⁴¹).

Existe capacitação nacional nesta área. A Dedini Indústrias de Base prepara uma nova planta de hidrólise ácida, processo em que a quebra de moléculas de celulose usa um ácido como catalisador. A empresa mantém um convênio de cooperação científica com a FAPESP envolvendo a pesquisa de processos industriais para fabricação do etanol. Além desta, outras

⁴⁰ http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/news-proj_bioetanol070813.php

⁴¹ Fapesp, 2009: www.fapesp.br, artigo sobre etanol de segunda geração. Junho de 2009.

empresas fazem parte de uma rede industrial na área de etanol, que podem contribuir com o desenvolvimento do etanol de segunda geração.

Pode-se concluir que o Brasil está na vanguarda do conhecimento na área de etanol de segunda geração no que tange a hidrólise enzimática, e existem centros de pesquisa no país, sem contar com inúmeros grupos de pesquisas. Com relação à capacitação industrial, o país possui expertise industrial.

6.12.3. Potencial e mercado

De acordo com EPE (2008), a participação dos derivados de cana-de açúcar no Brasil passará dos 11% em 2000 para 18% em 2030.

Rubens Maciel Filho, professor da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e um dos coordenadores do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (Bioen), diz que “O Brasil, embora tenha uma pesquisa jovem neste campo, possui vantagens comparativas na corrida, como a disponibilidade de uma enorme quantidade de matéria-prima barata, que é o bagaço pré-colhido, e uma infraestrutura já instalada de produção de etanol” (Fapesp, 2009).

O país já possui mercado para o etanol, e o desenvolvimento da segunda geração possivelmente fará com que este mercado se expanda, tanto no âmbito nacional quanto internacional.

6.13. Energia solar térmica de baixa temperatura

6.13.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

De acordo com o IEA (2008), a tecnologia é relativamente madura e tem se mostrado confiável e competitiva em relação a outros sistemas de aquecimento de água em vários países e sob determinadas circunstâncias. Sistemas domésticos pequenos de aquecimento de água dominam o mercado de energia solar térmica. A participação no mercado de coletores solares abertos, fechados e tubos a vácuo é de, respectivamente, 15%, 40% e 45%.

Em países onde políticas de apoio de incentivo existem, especialmente quando o período do payback do investimento é maior do que cinco anos, a penetração da tecnologia tem sido importante. Há países nos quais a participação no mercado da tecnologia atingiu níveis importantes, como Israel e China.

No entanto, onde não há subsídios governamentais, a tecnologia se encontra no estágio inicial de **mercado**. A Figura 19 é representativa dessa situação e mostra que a tecnologia se tornará totalmente competitiva entre 2045 e 2050 no cenário base do IEA (2008). Isso se deve principalmente ao elevado custo de investimento inicial. Nos países desenvolvidos isso se deve principalmente à inclusão de um sistema anti-congelamento. Nos países

subdesenvolvidos, mesmo sistemas simples com custos menores representam ainda uma grande barreira de investimento.

Já para os cenários com intervenção de políticas públicas, a competitividade da tecnologia é significativamente antecipada para o curto-médio prazo, nos quais tornar-se-á competitiva, dependendo do cenário, com as tecnologias convencionais em, respectivamente, 2025 (ACT) e 2015 (BLUE).

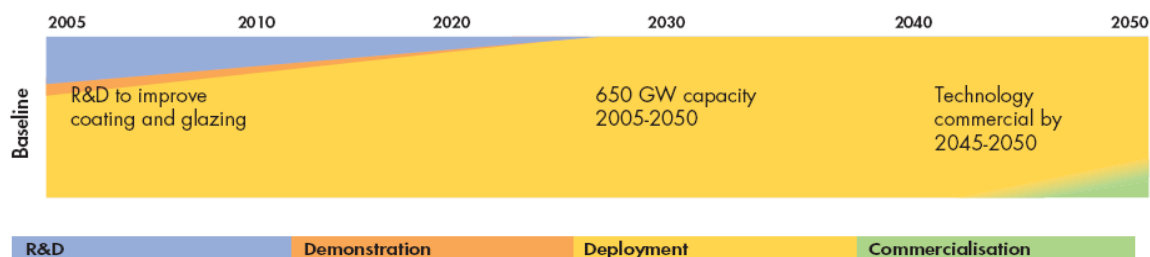


Figura 19: Linha do tempo para energia solar térmica de baixa temperatura

Fonte: IEA (2008)

6.13.2. A situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

O país domina a tecnologia dos coletores solares planos mais simples, seja fechado ou aberto, e possui também o domínio, por algumas empresas, de coletores com maior conteúdo tecnológico embarcado. Mas ainda não possui domínio em relação aos tubos a vácuo, tecnologia dominante no mercado internacional, sendo todos os produtos recebidos pelo país importados da China.

As áreas mais frágeis que merecem um esforço de P&D e capacitação interna são, segundo a Profa. Elizabeth Marques Duarte Pereira⁴², do Grupo Anima, refrigeração e condicionamento de ar, superfícies seletivas, processos de fabricação automatizados. O país não possui centros de pesquisa que trabalham com o tema e existe atualmente esforços individuais.

O país conta com instituições de P&D atuantes como UFCE, UFPE, UFPB, UFPA, Grupo Anima, USP, UNESP, UNICAMP, UFSC, UFRS, PUC-RS, PUC-MG, CETEC-MG, GENPES, dentre outros. Há infra-estrutura laboratorial para testes de componentes e sistemas, mas dada a dimensão continental brasileira, maiores investimentos são necessários.

Há uma rede de tecnologias incipiente, em processo de formação, no MCT de baixa e média temperatura e média e alta temperatura. A Profa. Elizabeth Marques Duarte Pereira encabeça a primeira e o Prof. Naum Fraidentraich (UFPE) a segunda.

⁴² Contato pessoal em 10/11/2009.

Capacitação industrial

Na área dos coletores solares planos, fechados ou abertos, de acordo com a Profa. Elizabeth Marques Duarte Pereira (2009), do Grupo Anima, o país possui cerca de 120 empresas com produtos etiquetados, mas apenas 4 dessas empresas têm solda de ultrassom e utilizam superfícies seletivas. Solda laser, utilizada internacionalmente para aletas de alumínio, o país ainda não possui.

As empresas instaladas são predominantemente nacionais e fabricam os coletores e componentes do sistema.

Potencial e mercado

O uso de energia solar para aquecimento a baixas temperaturas é feito com tecnologias comerciais em todo o mundo, especialmente para o aquecimento de água. É também utilizado 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.

De 2001 até 2006, o Brasil duplicou a área de coletores solares: de 1,5 milhão de m² para 3,1 milhões de m² (Goeking, 2008; Macedo, 2003).

Para o caso brasileiro, a tecnologia de sistemas solares para aquecimento de água sanitária com coletores planos fechados ou abertos é madura tecnologicamente e comercialmente competitiva considerando a vida útil do sistema.

Há a necessidade de continuação de atividades de P&D para as tecnologias comercialmente existentes e para as novas, assim como demonstração de novos sistemas/conceitos. São necessárias, em especial, maiores pesquisas em aquecedores solares de baixo custo (durabilidade, segurança, desempenho energético e fitossanitário, por exemplo).

Há barreiras para a penetração da tecnologia no mercado, sendo elas essencialmente econômicas, de informação e de transformação de mercado.

A dificuldade de sua adoção (maior penetração no mercado) é o alto investimento inicial no sistema, em obras de infra-estrutura, engenharia e instalação frente aos chuveiros elétricos e sistemas de acumulação com gás natural.

O poder público e o mercado vêm criando mecanismos para garantia da qualidade dos equipamentos (etiquetagem de coletores solares e reservatórios térmicos⁴³), do fornecimento,

⁴³ Respectivamente, os programas de etiquetagem foram criados em 1997 e 1999. Em 2000 passaram a receber o Selo Procel.

instalação e pós-venda (Programa Qualisol), de alterações nos códigos de obras municipais⁴⁴. Essas são algumas atividades que vêm promovendo a transformação de mercado para o uso da tecnologia de aquecimento solar de água, principalmente nos dois últimos anos.

Seus impactos ambientais são bastante positivos, pois evita o pico de demanda (construção de usinas e provavelmente térmicas) e emissões da geração provenientes da geração. Por outro lado, as matérias-primas utilizadas produzem impactos, como na mineração do cobre e alumínio, por exemplo.

6.14. Produção de carvão vegetal

6.14.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

Em 2005 foram consumidas no mundo cerca de 800 milhões de toneladas de madeira, das quais 46% para fins energéticos. Índia, China e Brasil são os principais consumidores (Bellote & Silva, 2007). No mesmo ano foram produzidas 45 milhões de toneladas de carvão vegetal, sendo que metade dessa produção ocorre na África e é voltada para uso doméstico. Já o Brasil é responsável por 28% da produção mundial, sendo 90% voltada para uso siderúrgico (Rezende, 2007).

As tecnologias de conversão da madeira em carvão vegetal são caracterizadas por sua baixa eficiência, variando de 8% a 12% para as tecnologias tradicionais, comumente mais utilizadas mundialmente. Tecnologias melhoradas e mais modernas, inclusive de uso industrial, que controlam variáveis importantes de processo, como umidade e oxigênio, apresentam ganhos relativos de eficiência altos (

⁴⁴ Até o final de 2007, o país possuía 12 leis municipais aprovadas de incentivo à tecnologia e 49 projetos de leis em tramitação nas câmaras municipais brasileiras (Goeking, 2008).

Tabela 2).

Um processo desenvolvido na Universidade do Havaí chegou a apresentar rendimentos superiores a 43% e com propriedades semelhantes aos tipos de carvão vegetal comercializados (Bezzon e Rocha, 2005).

Tabela 2: eficiências de vários tipos de fornos de produção de carvão vegetal

Tecnologia de produção	Produção de 1 kg de carvão vegetal a partir de:	Eficiência
Fornos tradicionais	8-12 kg de madeira	8-12%
Fornos tradicionais melhorados	6-8 kg de madeira	12-17%
Tecnologias industriais de produção	5-7 kg de madeira	20-14%
Novos sistemas de alta produtividade e baixas emissões	3-4 kg de madeira	25-33%

Fonte: <http://www.hedon.info/CEC:CharcoalProductionChain>

6.14.2. Situação no Brasil

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal. O carvão vegetal é utilizado no país principalmente como agente redutor e térmico nas aplicações industriais, como, por exemplo, na produção de ferro-gusa, aço e cimento, por exemplo. A madeira utilizada para a produção de carvão vegetal se dá no Brasil através de florestas nativas ou plantadas.

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

Graças à siderurgia nacional, o Brasil, como maior produtor mundial de carvão vegetal, possui posição de destaque no domínio tecnológico de produção de carvão vegetal a partir da madeira, apesar de ainda necessitar de maiores avanços tecnológicos.

O Brasil destaca-se atualmente como “um dos poucos países que realizam P&D na área de produção e uso de carvão vegetal em escala significativa e que representa uma eficiência de cerca de 35%, muito alta se comparada à de vários outros países, em que o nível de eficiência varia entre 10% e 15%” (Bezzon e Rocha, 2005). A preocupação com a eficiência e os custos do carvão vegetal no país surgiu a partir da década de 90 através de alguns industriais e profissionais da indústria.

Nesse sentido, o país possui capacitação e domínio suficientes para promover maiores esforços em transferência de tecnologia ou difusão para outros países, principalmente nas

regiões da América Latina e África, que, segundo José Dílzio Rocha (Embrapa Agroenergia)⁴⁵, devem ser encaradas como prioritárias e desejáveis por ainda serem países consumidores de carvão vegetal produzido com baixo input tecnológico.

Por outro lado, segundo relatório preliminar do CGEE (2009), “um dos pontos fracos da cadeia produtiva envolvendo o carvão vegetal encontra-se nas tecnologias de carbonização, ainda ineficientes, agravado pelo fato de serem poucos os grupos de pesquisa no país envolvidos com desenvolvimentos tecnológicos que permitam aumentar o rendimento carvão/lenha e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões na carbonização”.

Algumas tecnologias arcaicas e ineficientes são usadas e bastante difundidas no Brasil, como, por exemplo, os fornos de carbonização para formação de carvão, chamados de rabos-quentes. Estes fornos são energeticamente ineficientes, apresentam baixa taxa de conversão, desperdiçam os finos de carvão, a moinha, e também os vapores da pirólise, licor pirolenhoso. Além da perda de produtos que poderiam aumentar a rentabilidade do processo, esta tecnologia não é ambientalmente amigável.

A fabricação de carvão vegetal em escala comercial freqüentemente compreende tecnologias sofisticadas e caras, como as retortas, com alta eficiência de conversão, geralmente usadas nos países industrializados. No Brasil a Acesita utilizou esse tipo de tecnologia (retorta de carbonização contínua), mas a abandonou no início da década de 90 com a sua privatização. Em 2008 a V&M pôs em operação uma retorta contínua com capacidade de produção de 7.500 toneladas por ano.

Segundo José Dílzio Rocha, “a produção brasileira de carvão vegetal é de 10 milhões de toneladas conforme os dados do Balanço Energético Nacional (2008), consumindo 40 milhões de toneladas de lenha com rendimentos da ordem de 25% em massa. A perda de massa nesse processo se dá na forma de emissões atmosféricas. Isso pode ser evitado com mudanças tecnológicas no setor produtivo”.

Outro fator que demanda maiores avanços tecnológicos de aumento da eficiência de conversão da biomassa em carvão vegetal é que a demanda industrial por madeira atual, segundo Bellote & Silva (2007), já é maior do que a oferta e o déficit de madeira já instalado é preocupante. Esse quadro impõe limites de crescimento dos setores envolvidos e maior pressão sobre florestas naturais. Segundo José Dílzio Rocha, de acordo com dados dos produtores (IEF/ASICA/ABRAFE/AMS/SINDIFER), o uso de lenha nativa em 2007 foi de 50%, sendo que “o avanço da fronteira agropecuária disponibiliza lenha nativa que é transformada em carvão vegetal”.

⁴⁵ Contato pessoal em 20/11/2009.

De acordo com José Dilcio Rocha, as áreas mais frágeis, ou seja, que merecem um maior esforço de P&D e capacitação interna, seja ele realizado internamente ou através de cooperação internacional, são:

- Uso de tecnologias para a recuperação da fumaça emitida pelos fornos de carbonização. Realizar o levantamento da quantidade de fornos e ter lei estadual para deixar de emitir na carbonização;
- Apoiar a logística na carbonização de forma que os pequenos e médios produtores tenham possibilidade de produzir sustentavelmente e escoar suas produções de carvão e co-produtos;
- Desenvolver tecnologia de gaseificação de alcatrão para produção de gás de síntese, usando inclusive os finos de carvão vegetal e o alcatrão como misturas;
- Criar uma rede de desenvolvimento da tecnologia de carbonização e aproveitamento integral da biomassa florestal;
- Incentivar as guseiras a produzirem sua própria energia e cuidarem da cadeia produtiva do carvão vegetal incorporando a rastreabilidade do produto;
- Desenvolver e testar em escala industrial tecnologias como a pirólise rápida de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais na produção de briquetes de carvão vegetal siderúrgico usando os co-produtos do processo como forma de substituir parte do carvão vegetal de lenha.

De acordo com José Dilcio Rocha, universidades como UFMG, UFV, UFPA, UFMS, ESALP/USP nos principais estados produtores de carvão vegetal têm pesquisas pontuais e grupos de pesquisa sobre o tema da carbonização. A pirólise rápida, que também é fonte de carvão vegetal, tem grupos na UNICAMP e atualmente começam aparecer grupos na UFRN, UFPE, UFSM, UFF. O CETEC-MG e o IPT-SP já tiveram muita produção nessa área. Um estudo Pró-carvão realizado no estado de São Paulo foi uma iniciativa importante para conhecer o mercado de carvão vegetal e suas vertentes.

Também segundo José Dilcio Rocha, ainda não existe uma rede formal de P&D dedicada ao tema do carvão vegetal, carbonização e pirólise no Brasil, com a PyNE da IEA. O que existem são trabalhos isolados e grupos de trabalho do MIDIC para melhorar os índices de desempenho do setor. Aos moldes da Rede Nacional de Combustão (RNC) deveria ser criada uma dedicada ao tema da pirólise/carbonização. Uma tentativa está em curso em Brasília-DF envolvendo o Serviço Florestal Brasileiro, SFB, do MMA, a UnB e a Embrapa-Agroenergia.

Capacitação industrial

Existem empresas de capital nacional e internacional no país. Segundo José Dilcio Rocha, a principal tecnologia sendo implantada hoje no Brasil é da empresa Vallorec & Mannesmann Tubes (V&M Tubes) de capital francês, tratando-se da carbonização contínua.

Essa empresa é a que tem as tecnologias mais eficientes de carbonização. Existem empresas brasileiras com bons desenvolvimentos tecnológicos.

No caso da V&M Tubes, a instalação da retorta de carbonização contínua (na verdade transferência de tecnologia) não garante o know-how de fabricação da tecnologia. Caso a empresa deixasse o país, perderia-se esse conhecimento.

Potencial e mercado

Há forte potencial e mercado para a siderurgia nacional em um mercado internacional e interno crescentes e com as pressões ambientais cada vez maiores. O Brasil pode aproveitar suas vantagens competitivas e fortalecer sua posição internacionalmente.

Segundo estudo ainda em fase de elaboração do CGEE⁴⁶, é no contexto da sustentabilidade que se encontra a razão mais forte para uma nova visão da siderurgia brasileira a carvão vegetal: a possibilidade real de reduzir a participação dos gases de efeito estufa na produção de aço, numa configuração que pode neutralizar a geração líquida de CO₂. Essa capacidade de reduzir fatores que levam às mudanças climáticas pode trazer para o aço brasileiro um diferencial que terá impacto positivo na sua competitividade internacional, por meio da consolidação real do que pode ser denominado “aço verde”.

6.15. Produção de biodiesel

6.15.1. Estágio de desenvolvimento no mundo e expectativa de implementação comercial

No cenário base do IEA (2008), a demanda energética no setor de transporte aumenta em 120% entre 2005 e 2050. Derivados de petróleo atendem 75% dessa demanda e combustíveis líquidos sintéticos produzidos a partir do gás natural e carvão mineral cerca de 22%. Os biocombustíveis, tanto biodiesel e etanol, somente contribuirão com 3%.

⁴⁶ Estudo sobre o incremento do carvão vegetal renovável na siderurgia brasileira.

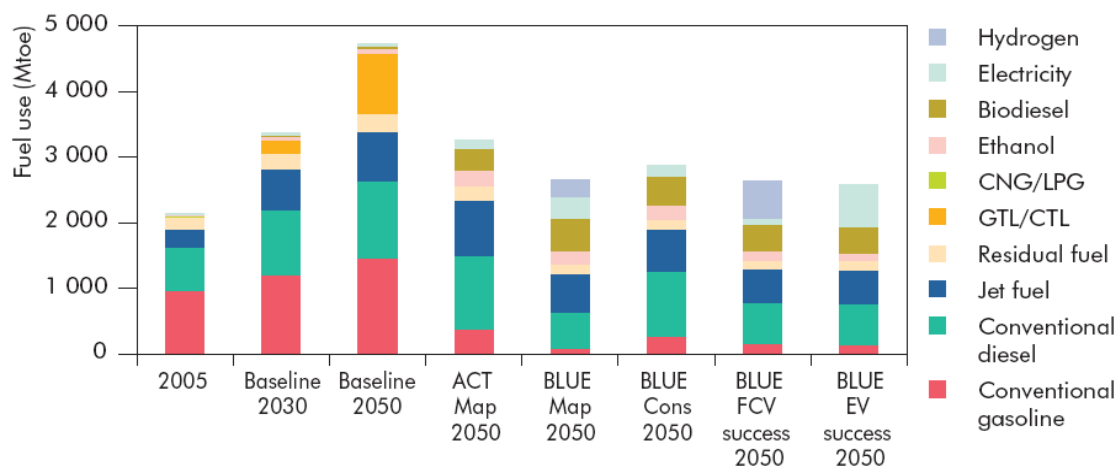


Figura 20: Demanda por combustível no setor mundial de transporte

Fonte: IEA (2008)

No cenário ACT Map, a participação dos biocombustíveis aumenta para 17% do total da demanda por combustível para transporte em 2050, sendo metade etanol e a outra metade biodiesel a grosso modo. Biocombustíveis de segunda geração dominam, sendo que a cana-de-açúcar continua sendo a única matéria-prima de primeira geração que continua a fornecer significativa produção de combustível após 2030.

No cenário BLUE Map, 26% da demanda total por combustível para transporte é atendida por biocombustíveis, requerendo até 4% das terras aráveis e de pastagem mundial.

O IEA (2008) considera somente o processo Fischer-Tropsch como tecnologia de segunda geração para produção de combustível líquido a partir da biomassa (BTL – Biomass to Liquid). Sobre o estágio da tecnologia de produção de gasolina e diesel a partir da biomassa, o cenário base do IEA (2008) prevê que se tornará comercial em 2040.

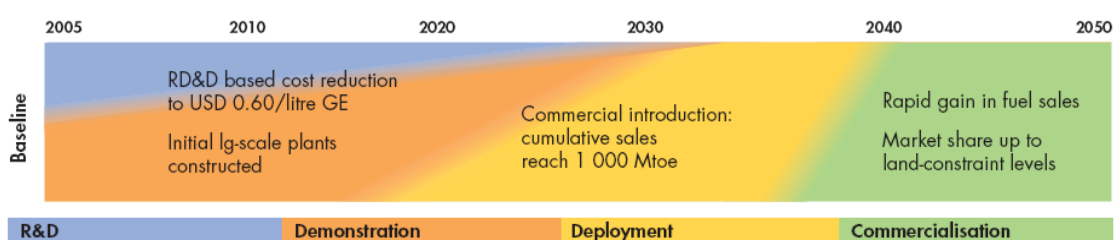


Figura 21: Linha do tempo para segunda geração de gasolina e diesel a partir de biomassa

Fonte: IEA (2008).

A previsão dos cenários ACT Map e BLUE Map é que a tecnologia de segunda geração para produção de gasolina e diesel a partir de biomassa tornar-se-á comercial em 2035 e 2030, respectivamente.

6.15.2. Situação no Brasil

Grau de domínio nacional e Centros de Excelência

De modo geral, pode-se afirmar que o biodiesel é um produto comercial, mas ainda precisa de subsídios para sua produção, ou seja, está em um estágio de inserção no mercado (deployment). O custo não é competitivo com o diesel mineral, mas há contínuo avanço das tecnologias para a sua produção (Macedo e Nogueira, 2005).

Os processos de conversão de óleos vegetais em combustíveis mais usuais são a transesterificação e o craqueamento térmico, consideradas tecnologias de primeira geração quando não se baseiam no uso de resíduos da biomassa. O Brasil domina as duas rotas tecnológicas.

Há plantas experimentais e comerciais em operação no país impulsionadas pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).

A rota de transesterificação etílica é a mais empregada no país por causa da disponibilidade de etanol. No mundo é a rota metílica.

Segundo Macedo e Nogueira (2005: p.85), “Não obstante parecer ainda necessário um esforço para o pleno desenvolvimento da rota etílica, alguns afirmam que o processo etílico já estaria pronto para operar comercialmente”. No caso de uma grande indústria de base nacional, afirma-se ser capaz de atuar no fornecimento de plantas de média e grande escala, em processamento contínuo e rota flexível (etílica e metílica) (Olivério, 2006).

O país deu um importante salto na área de catalisadores para o processo de transesterificação. Pesquisas realizadas na UNICAMP culminaram no desenvolvimento de um catalisador capaz de aumentar sensivelmente o rendimento da transformação de óleos vegetais e gordura animal em biodiesel se comparado com as técnicas disponíveis⁴⁷⁴⁸. A tecnologia foi licenciada para produção de biodiesel.

A catálise enzimática, que promete algumas vantagens como menos subprodutos, está em fase inicial de desenvolvimento (Macedo e Nogueira, 2005). Apresenta ainda altos custos. A pesquisa pela rota enzimática no Brasil vem sendo realizada desde os anos 80.

No entanto, a viabilidade para a produção massiva de biodiesel no Brasil dependerá fortemente de alguns fatores científicos, tecnológicos, de normalização e políticos importantes

⁴⁷ As técnicas disponíveis apresentam rendimentos inferiores a 95% e testes realizados com o novo catalisador apresentaram um rendimento de 99%, além de reduzir em 10% a formação de resíduos como sabão ou emulsão, os quais demandam a realização de processos de “lavagem” e posterior “secagem” do biodiesel produzido, aumentando custos.

⁴⁸ http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2007/ju355pag03.html;
<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/04/16/materia.2007-04-16.1722452822/view>.

e que deverão ser implementados por iniciativa de todos os componentes da cadeia produtiva reproduzidos a seguir a partir de Khalil (2006):

- “Aumento da produtividade agrícola de grãos (melhoramento genético e técnicas de manejo)
- Ampliação das fronteiras agrícolas e de modelos produtivos (Semiárido e reforma agrária privada)
- Aumento da eficiência da extração de óleo (maior rendimento e menor custo)
- Adequação das tecnologias atuais de produção de biodiesel aos insumos locais (óleo; álcool e catalisador)
- Reaproveitamento racional dos co-produtos (reuso e reciclagem de farelo e glicerina)
- Adequação da logística nos setores de grãos; óleo e biodiesel (produção; armazenamento, mistura e venda)
- Monitoramento e controle da qualidade dos insumos e produtos (Agências reguladoras e Laboratórios regionais).”

Segundo CNI (2007), “A longo prazo, para produzir a matéria-prima mais adequada em cada região e em quantidade suficiente para atender à indústria do biodiesel, impõe-se grande investimento em pesquisa e desenvolvimento. A pesquisa deve buscar maior adensamento energético das espécies oleaginosas, passando o rendimento em óleo do nível médio atual de 600 kg/ha para aproximadamente 5.000 kg/ha”.

Na área de termoquímica houve o surgimento do hidrocraqueamento, mais conhecido por H-Bio, processo patenteado pela Petrobras, que promove a quebra da molécula do óleo vegetal por hidrogenação intensa em unidades de hidrotreatamento (HDT) instaladas em refinarias, simultaneamente com o tratamento do diesel de petróleo. Essa é uma possibilidade de transferência de tecnologia nacional para outros países.

Segundo Brieu (2009), a Petrobras havia previsto para o biênio 2006-2007 a produção por H-Bio do equivalente a 15% do diesel importado nos mesmos anos e um aumento de 66% dessa produção em 2008, equivalendo 25% do diesel importado. No entanto, o aumento do preço dos óleos vegetais acima do preço do barril do petróleo culminou na decisão da Petrobras de suspender sua produção ainda em 2007.

Também surgiu o craqueamento termocatalítico, no qual não se emprega o álcool e, com isso, oferecem alternativas tecnológicas para a produção industrial de biodiesel, com a redução de investimento em novas plantas e a descentralização da produção para áreas isoladas.

As tecnologias ditas não-convencionais (transesterificação com solvente supercrítico e a transesterificação in situ) são dois exemplos de inovação tecnológica de alto impacto para a produção de biodiesel. O emprego de solvente em condições supercríticas, como o gás carbônico líquido, favorece o processo de transesterificação que ao final da reação tem a remoção do solvente a partir de uma simples descompressão controlada do reator. O grau de pureza do produto final (biodiesel) é elevado. No entanto, o custo operacional dessa tecnologia não permite ainda sua aplicação em escala industrial.

A tecnologia de transesterificação in situ (a Petrobras possui uma patente) promove toda a reação de alcóolise do óleo, ainda dentro das estruturas dos grãos, que uma vez triturada e filtrada libera a totalidade do conteúdo de óleo já na forma de biodiesel. Por esse avanço, permite-se uma extração plena do óleo, sem comprometer a qualidade do produto. Eliminam-se assim as etapas de extração e refino do óleo vegetal e tendo como matéria-prima o grão de menor valor de compra. Os co-produtos do processo, como a casca e a polpa, têm destinações valoradas, respectivamente na produção de fertilizante orgânico e na produção de etanol e ração animal. Em consequência desses fatores, ter-se-ia uma significativa redução do custo de produção do biodiesel. Esta pode ser uma outra tecnologia nacional que pode ser transferida para outros países.

O Brasil possui grupos e núcleos de pesquisa atuantes em toda cadeia do biodiesel em inúmeras instituições, tanto públicas quanto privadas. A maioria delas faz parte da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB) formada no âmbito do MCT, da qual fazem parte: INT, EMBRAPA, UFLA, INPA, UFPB, INT, TECPAR, UFG, INPA, UFRJ, UFRJ, UPE, UnB, UESC, UFAL, UFPR, UFCG, UFRN, UFM, UFC, UFRGS, UFPI, UFPE, Unicamp, UFP, UENF, USP, UFMA, UFF, ITEP, IPA, UFV, UFPA, PUC-PE, PUC-MG, IPT-SP, CETEC-MG, ITP-SE, UFMS, UFMT, UFAM, UNESP, CIENTEC-RS, UNIFACS-BA, UFSCar, UFSE, UFAC, UNIRRO, ANP, Petrobrás, INMETRO, ABNT, IBP, SECTI-BA, OPALMA-BA e AMUBS-BA, TECBIO, BRASIL ECODIESEL.

A coordenação temática para produção de biodiesel especificamente está a cargo da UnB, UESC e UFAL.

Capacitação industrial

O Brasil detém parque industrial capacitado para produção de biodiesel, com empresas de capital nacional consolidadas.

Avanços tecnológicos ainda são necessários para o melhor aproveitamento de outros tipos de oleaginosas que não as mais tradicionais como a soja, por exemplo.

Potencial e mercado

O mercado potencial de biodiesel no Brasil é de 840 milhões de litros/ano para a mistura B2 (2% do consumo previsto de 42.000 milhares de metros cúbicos de diesel em 2008) e de 2,4 bilhões de litros/ ano para a B5 (CNI, 2007).

O Brasil pode deter o domínio de produção de biodiesel a partir de inúmeras variedades de oleaginosas conforme o potencial de cada região, diferentemente dos países europeus e dos EUA, cuja disponibilidade de matéria-prima e restrições edafoclimáticas restringem suas opções. No entanto, serve de alerta para o Brasil na corrida tecnológica de que é exatamente por causa dessas restrições que esses países vêm investindo maciçamente em tecnologias de primeira e segunda gerações, o que determinará seu posicionamento estratégico como fornecedores de tecnologias para países com grande disponibilidade de biomassa, notadamente os países em desenvolvimento. Um dos importante direcionadores dos países desenvolvidos detentores de tecnologia é a busca por mercados para seus produtos. Muitos dos aspectos relacionados à transferência de tecnologia possuem esse viés.

Há um grande potencial interno e externo para o biodiesel com vantagens competitivas que poucos países possuem. O país também conta com capacitação científica, tecnológica e industrial para expandir suas atividades para outros países, seja através de transferência tecnológica e/ou para produzir biodiesel em países com disponibilidade de matéria-prima.

No entanto, vale observar que, segundo o estudo “Mapeamento Tecnológico do Biodiesel e Tecnologias Correlatas sob o enfoque dos pedidos de patentes” (Mendes, 2008), no ranking mundial dos pedidos de patentes ligados ao combustível mostra que o país ainda está longe de países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e China. No entanto, apresenta crescimento acima da média internacional⁴⁹.

O resultado desta evolução é que, no ranking internacional, o Brasil passou da 13ª posição em 2003 para o 5º lugar, em 2006, atrás apenas dos quatro países citados acima. O crescimento coincide com o lançamento do Programa Nacional da Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), do Governo Federal, que lançou uma série de ações para fomento da pesquisa, desenvolvimento e produção do biodiesel.

⁴⁹ Segundo o estudo, os pedidos brasileiros de patentes relacionados ao biodiesel cresceram dez vezes, passando de dois para 20, entre 2003 e 2006. No mesmo período, o total de depósitos no mundo subiu menos de cinco vezes, saindo de 90 para 427 no mesmo período.

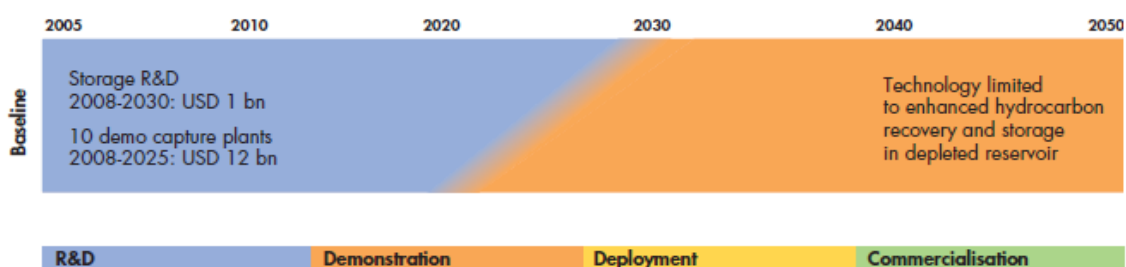
6.16. Tecnologias de seqüestro e armazenamento de carbono

6.16.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

O seqüestro de carbono se inicia com a separação e captura de CO₂. A captura pode ser realizada através dos processos de pós-combustão, pré-combustão e também oxicomustão. Esta tecnologia tem sido amplamente estudada visando integrar esta tecnologia com as tecnologias de geração a carvão pulverizado supercrítica com oxicomustão, gaseificação integrada em ciclo combinado de carvão e gás natural em ciclo combinado, principalmente (CGEE, 2008).

O armazenamento de carbono é realizado dentro de um repositório em que o CO₂ permanecerá armazenado por tempo indeterminado. Tanto o seqüestro geológico e terrestre é possível, sendo as principais linhas de pesquisa de países como os Estados Unidos e Europa (CGEE, 2008).

De acordo com IEA (2008), a tecnologia de armazenamento e captura estará ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento até os anos 2020-2030, com a construção de 10 plantas piloto, para posteriormente entrar numa fase de demonstração da tecnologia até 2050. No cenário ACT, a implementação comercial ocorreria já a partir da década de 2020, com a comercialização na década de 2030. No cenário BLUE, a comercialização já começaria a partir de 2020 (IEA, 2008).



6.16.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

Em 2006, Petrobrás lançou a Rede Temática de Seqüestro de Carbono e Mudanças Climáticas, formada por 18 instituições de pesquisa nacionais. A Rede busca compreender os fenômenos das mudanças climáticas, identificar seus possíveis impactos sobre a sociedade brasileira e desenvolver alternativas tecnológicas de seqüestro de carbono para a implantação de uma infra-estrutura que contribua com a redução da emissão de CO₂, além de capacitar profissionais que atuarão neste setor. A Rede já produziu alguns resultados, entre eles a construção do Centro de Excelência em Pesquisas sobre o Armazenamento do Carbono para a indústria do petróleo (Cepac), sediado no campus da PUC do Rio Grande do Sul, e a implantação de um laboratório de Desenvolvimento da Tecnologia de Combustão para a

captura de CO₂, localizado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em São Paulo. Estes dois centros de pesquisas estão em funcionamento desde o primeiro semestre de 2008.

O CEPAC é um centro interdisciplinar para Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação, Demonstração e Transferência (PDID&T) de tecnologia em armazenamento de carbono para fins de mitigação de mudanças climáticas e produção de energia. Constitui uma iniciativa conjunta da PETROBRAS e da PUCRS. A maior parte dos projetos de pesquisa no CEPAC estão inseridos em quatro programas principais: PRORESERVA (Programa de avaliação de integridade, caracterização e previsão de qualidade de reservatórios de petróleo e aquíferos salinos), PROCARBO (Programa para uso energético limpo e não convencional de carvão), PROINPO (Programa de integridade de poços) e CARBMAP (Mapa Brasileiro de Captura, Transporte e Armazenamento Geológico de CO₂). Financiamentos da Petrobrás, CNPq e da própria PUCRS⁵⁰.

De acordo com a Petrobrás, as atividades de injeção de CO₂ conduzidas pela empresa foram iniciadas no final da década de 1980, motivadas pela oportunidade de recuperação avançada de petróleo (EOR - Enhanced Oil Recovery). Esta experiência tem habilitado e facilitado a PETROBRAS na condução dessa tecnologia no país. Além disso, a PETROBRAS vem se capacitando e conduzindo pesquisas na cadeia do CCS através do seu centro de pesquisa CENPES. Este processo de capacitação acelerada, e a transferência deste conhecimento tanto para as unidades de negócio da Companhia, quanto para a Comunidade Científica do país, vem sendo desenvolvida através de projetos de P&D na Rede de Seqüestro de Carbono e Mudanças Climáticas, projetos multiclientes e JIPS.

Todas as tecnologias que compõe o CCS (captura, transporte, armazenamento e monitoramento) precisam de desenvolvimento de competência e tecnologia nacional. No entanto, as tecnologias de captura de CO₂ têm recebido especial atenção devido a necessidade de redução de custos, aumento da eficiência do processo e redução de peso (no caso de instalações offshore).

Pode-se concluir que o Brasil possui certo conhecimento na área de seqüestro e armazenamento de carbono, e que existem centros de pesquisa no país. Com relação a capacitação industrial, não se aplica por se tratar de tecnologia em estágio inicial de desenvolvimento.

Existe a expectativa no Brasil do desenvolvimento do chamado de seqüestro e armazenamento de carbono através de fontes renováveis (RCCS). Esta tecnologia pretende seqüestrar e armazenar CO₂ proveniente de tanques de fermentação de etanol.

⁵⁰ <http://www.pucrs.br/cepac/>

6.16.3. Potencial e mercado

Por se tratar de tecnologia incipiente, não há ainda um mercado existente no país e no mundo. Contudo, a tendência de maiores restrições com relação as emissões no mundo, o mercado potencial mundial é enorme, principalmente em plantas de geração de eletricidade a carvão e gás natural.

No Brasil, o mercado tende a ser menor, já que a matriz de geração elétrica brasileira é predominantemente hidrelétrica (EPE, 2007). Contudo, de acordo com o PNE 2030, há uma tendência crescente na participação do gás natural na geração de eletricidade até 2030, podendo ser um mercado para este tipo de tecnologia.

6.17. Smart Grids

As redes inteligentes (“Smart Grids”) buscam incorporar ao tradicional sistema elétrico tecnologias de informação digital, sensoriamento, monitoramento e telecomunicações para um melhor desempenho da rede, bem como maior controle da gestão pelo lado do consumidor. O gerenciamento das redes inteligentes podem ser executados por controle digital, análise dos problemas em tempo real e chaves automatizadas. Essas tecnologias possibilitarão os equipamentos da rede tomar decisões e resolver os problemas, cujas soluções estarão previamente programadas. O gerenciamento do uso final de energia e a operação mais econômica da rede possibilitam uma economia no horário de ponta e conseqüente redução de investimentos no crescimento do sistema elétrico. A rede inteligente utiliza várias tecnologias que podem ser instaladas na rede de transmissão e distribuição à medida que as exigências dos consumidores ou regulatórias direcionem para necessidades de melhor qualidade de energia e maior confiabilidade do sistema elétrico. Essas tecnologias podem ser mais sofisticadas na medida em que vai se agregando sistemas de controle digitais e seus custos geometricamente agregados. Desta forma, acrescenta-se a importância de pesquisas nas áreas de sensoriamento e automação.

6.17.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Países como a Austrália, Estados Unidos e a União Européia estão investindo em projetos pilotos, que englobam tanto elementos técnicos como aspectos regulatórios, vitais no desenvolvimento desta tecnologia.

As tecnologias que estão sendo desenvolvidas no mundo e que poderiam ser objeto de pesquisas e projetos de cooperação entre o Brasil e países do norte são:

- Interconexões para Geração Distribuída;

- Integração das redes com tecnologias de armazenagem de energia solar, eólica, flywheels, sistema com o uso de baterias comuns lead-acid, baterias sodium sulfur e reversible flow batteries.

- Equipamentos que permitam gerenciamento da rede em tempo real;

- Automação da Transmissão e Distribuição: permite operações remotas; permite sistemas de isolamento de defeitos e restauração automática.

- Duplo sentido de comunicação entre concessionária e consumidores: corte de carga dos consumidores nos horários de pico ou por necessidade da rede.

6.17.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

De acordo com o CENPES, da Petrobrás, o país possui certo conhecimento na área, quando comparado com outros países do mundo. A capacitação nacional é pulverizada, apesar de ser uma tecnologia interessante para o país.

Ainda de acordo com o CENPES, a Lactec e o LNLS podem ser considerados centros de pesquisa que realizam trabalhos com smart grids. Com relação a grupos de pesquisa, a UFSCAR e a UFRJ são os principais.

6.17.3. Potencial e mercado

Existe potencial para utilização dos smart grids no Brasil. Esta é uma tendência mundial, que caminha em conjunto com o desenvolvimento de tecnologias renováveis descentralizadas, como a energia solar fotovoltaica, eólica e hidrogênio.

6.18. Carros elétricos com armazenamento a bateria

6.18.1. Estágio de desenvolvimento e perspectiva de implementação comercial no mundo

Bateria Li-Ion -Lithium Ion

Recentemente há grande interesse no desenvolvimento de baterias a lítio para fins automotivos. Diversas empresas como a Chrysler, LG Chemicals, Mitsubishi, Renault-Nissan, por exemplo, prevêem aumento da participação de carros elétricos híbridos através da tecnologia de baterias de íons de lítio nos próximos 10 a 20 anos. O brasileiro Carlos Ghosn, presidente da aliança Renault-Nissan, afirma que 10% dos veículos novos vendidos no mundo em 2020 serão movidos a bateria de lítio.

De acordo com CGEE (2008), as principais vantagens das baterias de Li-ion quando comparada com outras baterias são:

- Alta densidade energética (300 - 400 kWh/m³, 130 kWh/ton)

- Alta eficiência (próxima a 100%)
- Longo ciclo de vida (3000 ciclos a 80% de descarga)

De acordo com CGEE(2008), A bateria de Li-ion dominará 50% do mercado de portáteis em poucos anos, existe desafios para essa bateria em larga escala. O maior deles é o custo (aproximadamente US\$600/kWh) feita com empacotamentos especiais e com circuitos de proteção de sobrecarga.

Algumas empresas estão trabalhando na redução dos custos de fabricação para atingir um mercado de energia de multi-kW, kWh de capacidade suficientes para o setor residencial e comercial. A indústria automobilística tem sido a principal desenvolvedora (Electricity Storage Association, sd).

A tecnologia já está em fase de demonstração e implementação comercial, já que em 2010 algumas empresas automotivas já prevêem o lançamento de modelos movidos com baterias a lítio.

Bateria Metal-Air

De acordo com CGEE, a Bateria de *metal-air* é a mais compacta e potencialmente a mais barata entre as disponíveis, além de ser ambientalmente correta. A maior desvantagem é que o seu re-carregamento é muito difícil e ineficiente. O recarregamento em desenvolvimento é para poucas centenas de ciclos e com eficiência de 50%.

A alta densidade energética e o seu baixo custo fazem da bateria de metal-air ideal para muitas aplicações em sistemas primários de bateria, no entanto o se re-carregamento precisa ser desenvolvido para poder competir com outras tecnologias de re-carregamento do mercado (Electricity Storage Association, 2008)

Bateria NaS -Sodium Sulfur

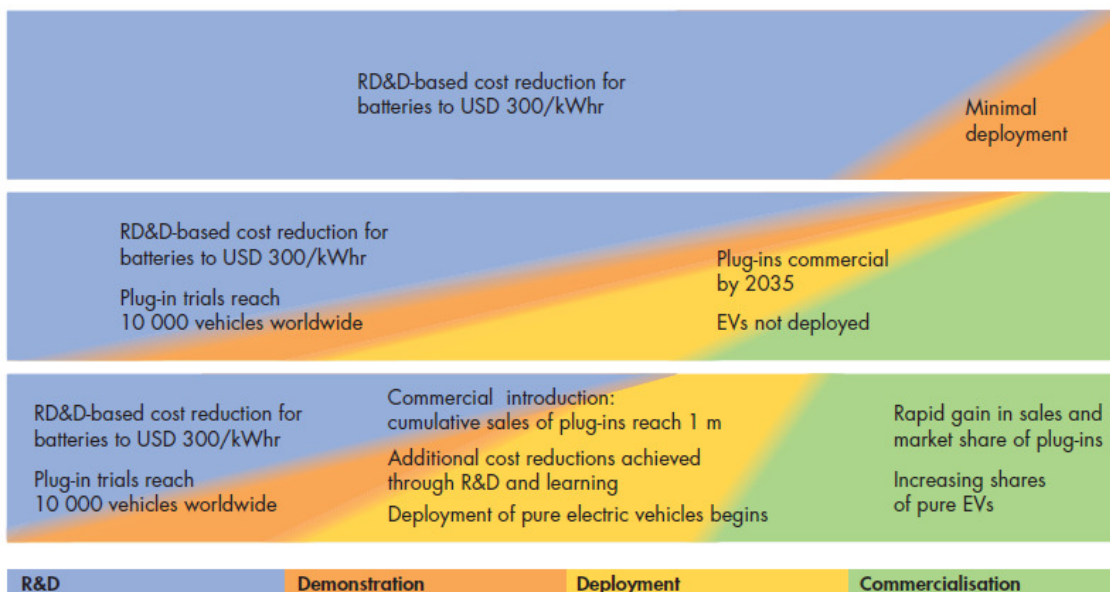
A tecnologia da bacteria de NaS tem sido experimentada em 30 locais no Japão toatizando mais de 20 MW em energia armazenada por 8 horas diárias nos picos de demanda. A maior instalação é de 6MW, 8h em uma unidade da Tokyo Electric Power Company.

Está sob avaliação no Mercado Americano a aplicação combinada de qualidade de energia com pico de demanda (Electricity Storage Association, 2008)

Carros Elétricos

Com relação ao desenvolvimento de carros elétricos (incluindo tipo plug-in), de acordo com IEA (2008), até o ano de 2050, haverá grande desenvolvimento na redução dos custos de baterias. Considerando-se o cenário ACT, a implementação comercial de carros do tipo plug-in ocorrerá até o ano de 2035. No cenário BLUE, o desenvolvimento de carros do tipo plug-in,

movidos apenas a baterias, será ainda mais rápido, alcançando 10.000 unidades já nos próximos anos.



6.18.2. Grau de domínio, centros de excelência e capacitação industrial no Brasil

No Brasil existe capacitação nacional e empresas que produzem baterias automotivas. Empresas fabricantes de carros elétricos já pretendem instalar fábricas no Brasil, como a Oxxor-Motors, que pretende construir uma fábrica em Campo Largo – PR, empregando um investimento de R\$150 milhões.

Assim como ocorre em tecnologias do tipo Smart Grids, de acordo com o CENPES, da Petrobrás, o país possui certo conhecimento na área, contudo a capacitação nacional é pulverizada, apesar de ser uma tecnologia interessante para o país.

Ainda de acordo com o CENPES, a Lactec e o LNLS podem ser considerados centros de pesquisa que realizam trabalhos com armazenamento de eletricidade. Com relação a grupos de pesquisa, a UFSCAR e a UFRJ são os principais.

Existe no país empresas nacionais e multinacionais fabricantes de baterias convencionais, e que poderiam se capacitar facilmente para a construção de outros tipos de baterias.

6.18.3. Potencial e mercado

O potencial de desenvolvimento de mercado para carros elétricos é enorme no Brasil e no mundo, dadas as recentes pesquisas e tendências de mercado.

6.19. Tecnologias sociais

Este tópico foi inserido uma vez que o país tem tido experiências exitosas de desenvolvimento, deployment e comercialização de tecnologias de energia para segmentos de baixa renda.

O caso da introdução do GLP em substituição a lenha é um exemplo disso (assim como o etanol). Houve uma preocupação em se transformar o mercado existente criando fornecedores, empresas distribuidoras e pontos de vendas para os novos fogões e posteriormente uma consolidação desse mercado. No mundo existe cerca de 2 bilhões de pessoas que ainda utilizam lenha para cocção, a maior parte delas na África e Ásia⁵¹. É uma oportunidade para levar esse know-how para esses países e ainda possibilidade de outros combustíveis mais limpos para esse uso final, como é o caso do etanol que poderia ser também produzido em pequenas destilarias (outra tecnologia dominada pelo país).

O Brasil tem investido cerca de R\$ 100 milhões anualmente em programas de eficiência energética para população de baixa renda. Esses programas tem sido conduzidos pelas concessionárias de eletricidade e tem contribuído para fomentar o mercado interno de fornecedores de equipamentos mais eficientes como lâmpadas, refrigeradores, e aquecedores solares para uso residencial. Esses programas vêm sendo desenvolvidos para a população urbana e peri-urbana em situações de muita dificuldade logística e conflitos. Existe, portanto um know-how para implementação de programas desse tipo em larga escala e que pode ser colocado como itens a serem transferidos para outros países em desenvolvimento.

⁵¹ Goldemberg, J., T.B. Johansson, A.K.N. Reddy, and R.H. Williams, 2004, "A Global Clean Cooking Fuel Initiative," *Energy for Sustainable Development*, VIII(3): 5-12

REFERÊNCIA

- ANEEL 2009 Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª edição. Brasília. 2009
- Bellote, A.F., Silva, H.D. FLORESTAS ENERGÉTICAS NA MATRIZ DE AGROENERGIA BRASILEIRA. Apresentação Embrapa Florestas Energéticas, 2007.
- Bezzon, Guilherme, e José Dilcio Rocha. 2005. Pirólise. Em Uso da Biomassa para produção de energia na indústria brasileira, Ed. Frank Rosillo-Calle e Sérgio Valdir Bajay, 397-411, Campinas: Editora da Unicamp.
- BP, British Petroleum, 2007. "BP Annual Review 2007."
- Brakmann, Georg, Rainer Aringhoff, Michael Geyer, e Sven Teske. 2005. Concentrated Solar Thermal Power - Now! Greenpeace International, European Solar Thermal Industry Association, IEA SolarPACES <http://www.greenpeace.org/international/press/reports/Concentrated-Solar-Thermal-Power> (Acessado Março 18, 2008).
- Brieu, T.P. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: um balanço da primeira fase até 2008. Programa de Pós-graduação em Energia – PPGE. Dissertação (Mestrado). São Paulo: PPGE, 2009. 160p.
- CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2007. "Estudos Temáticos e de Futuro."
- CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008. "Energias do Futuro."
- CNI – Confederação Nacional das Indústrias. O mercado de Biodiesel no Brasil. Fevereiro de 2007.
- Da Silva, Ennio Peres. 2007. Hidrogênio e Etanol. <http://www.portalh2.com.br/prtlh2/entrevista.asp?id=12> (Acessado Março 24, 2008).
- DOE, U.S. Department of Energy, 2006c. "Coal and Power Systems: innovations for existing plants."
- DOE, U.S. Department of Energy, 2007c. A Plan for the Integrated Research, Development, and Market Transformation of Solar Energy Technologies. http://www1.eere.energy.gov/solar/solar_america/pdfs/sai_draft_plan_Feb5_07.pdf (Acessado Fevereiro 22, 2008).
- DUTRA, Ricardo Marques. Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 2007. Tese (Doutorado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. 415 p.
- Eletronuclear. Panorama da Energia Nuclear no Mundo. Relatório técnico, junho de 2009.
- Empresa de Pesquisa Energética. 2007a. Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030. Rio de Janeiro: EPE- Empresa de Pesquisa Energética <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>.
- Empresa de Pesquisa Energética. 2007b. Balanço Energético Nacional. Rio de Janeiro: EPE- Empresa de Pesquisa Energética.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007. <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>.

EuRenDel, European Energy Delphi, 2004. "Energy related Delphi statements in comparison – Expert responses from earlier foresight surveys sorted by relevant problem fields."

Goeking, Weruska. 2008. Um mercado em busca de seu lugar ao sol. Revista GTD, Fevereiro.

GUERREIRO, Amilcar. Diversificação e a Aposta Nacional nas Energias Renováveis. In: SEMINÁRIO FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: PLANEJAMENTO, DIVERSIFICAÇÃO E OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 1., 2008, São Paulo. Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos da Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Apresentação.

IEA, International Energy Agency, 2006. Energy Technology Perspectives 2006. Scenarios & Strategies to 2050. . Paris: OECD/IEA.

IEA, International Energy Agency, 2007a. "IEA Energy Technology Essentials. Nuclear Power."

IEA, International Energy Agency, 2008. Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios & Strategies to 2050. Paris: OECD/IEA

IEA, International Energy Agency, 2008. Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios & Strategies to 2050. Paris: OECD/IEA

IEA, International Energy Agency, 2008. Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios & Strategies to 2050. . Paris: OECD/IEA.

IEA, International Energy Agency, 2008. Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios & Strategies to 2050. Paris: OECD/IEA.

Khalil, Carlos Nagib. 2006. As tecnologias de produção de biodiesel. Em O futuro da indústria: biodiesel - coletânea de artigos, Ed. José Rincon e Carlos Manuel Pedroso Neves Cristo, Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – 14, 83-90, Brasília: MDIC-STI/IEL <http://www.biodiesel.gov.br/docs/ofuturodaindustria%20-%20Biodiesel.pdf>.

Lipman, Timothy E.; Edwards, Jennifer L.; Kammen, Daniel M. "Fuel cell system economics: comparing the costs of generating power with stationary and motor vehicle PEM fuel cell systems". Energy Policy, 32 (2004) 101–125.

Macedo, Isaías de Carvalho, e Luiz Augusto Horta Nogueira. 2005. Biocombustíveis. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cadernos_NAE_v.2.pdf (Acessado Março 18, 2008).

Macedo, Isaías de Carvalho. 2003. Estado da Arte e Tendências das Tecnologias para Energia. Brasília: CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

MARQUES, Sergio. As reais possibilidades de utilização da energia eólica no Brasil. In: SEMINÁRIO FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: PLANEJAMENTO, DIVERSIFICAÇÃO E OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 1., 2008, São Paulo. Apresentação.

Mendes, C. Mapeamento Tecnológico do Biodiesel e Tecnologias Correlatas sob o enfoque dos pedidos de patentes. Volumes I, II e III. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Rio de Janeiro: INPI, 2008.

Olivério, José Luiz. 2006. O programa brasileiro de biodiesel na visão da indústria de equipamentos. Em O futuro da indústria: biodiesel - coletânea de artigos, Ed. José Rincon e Carlos Manuel Pedroso Neves Cristo, Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – 14, 105-125, Brasília: MDIC-STI/IEL <http://www.biodiesel.gov.br/docs/ofuturodaindustria%20-%20Biodiesel.pdf>.

Petrobrás. Questionário sobre transferência de tecnologia respondido pelo Centro de pesquisa da Petrobrás. 2009

PV TECHNOLOGY PLATFORM. A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007.

Rezende, M.E. Carvão vegetal: biocombustível sólido. In: Encontro PROSUL 2007 Bioenergia, 8 a 9 de maio de 2007. Apresentação. São Paulo. 2007.

Scientific American Brasil. 2007. Abastecendo com hidrogênio. Scientific American Brasil, Maio http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/abastecendo_com_hidrogenio.html (Acessado Março 21, 2008).

SUN & WIND ENERGY. Review. Sun & Wind Energy, Bielefeld (Germany), issue 1, p.6, 2008.

Varella, F.K.O, Gomes, R.D.M. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação. Campinas: IEI - International Energy Initiative, 2009.

WEC, World Energy Council, 2006. Energy Policy Scenarios to 2050. Technological options for Electricity Generation. India.

WEC, World Energy Council, 2006. Energy Policy Scenarios to 2050. Technological options for Electricity Generation. India.

Zervos, Arthouros. "Status and perspectives of wind energy". In: Proceedings of the IPCC Scope Meeting on Renewable Energy Sources. Lübeck, Germany, 20-25 January 2008. p.103-125.

ZILLES, Roberto. Geração distribuída com sistemas fotovoltaicos em edificações e centrais fotovoltaicos conectadas à rede. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL: SEMI-ÁRIDO, ENERGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 7, 2008, Fortaleza. Mesa redonda Geração de Energia Elétrica a partir de Fontes Alternativas. Fortaleza: NIPE/UNICAMP, 2008.