

PLATAFORMA EMPRESAS PELO CLIMA

OFICINA DE TRABALHO IV - Agosto 2011

FONTES DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Esta cartilha foi desenvolvida pelo GVces para as Empresas Membro da Plataforma Empresas Pelo Clima (EPC), com o objetivo de servir como um guia básico de referências no contexto de energias renováveis e eficiência energética.

Todos os direitos reservados Fundação Getulio Vargas. Este material não pode ser distribuído ou copiado sem a prévia autorização do Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getulio Vargas (GVces). Para referência, citar como: Fundação Getulio Vargas. Fontes de Energia e Eficiência Energética: Oficina de trabalho da Plataforma Empresas pelo Clima. São Paulo: Fundação Getulio Vargas, 2011.

SUMÁRIO

A) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	4
1. Estratégias corporativas de eficiência energética e sua importância para a mitigação das mudanças climáticas ..	4
2. Principais Tecnologias e Ferramentas relacionadas à Eficiência Energética.....	6
2.1 Smartgrid.....	6
2.2 Decoupling.....	6
2.3 Cogeração.....	7
2.4 Geração Distribuída.....	7
2.5 Retrofit	7
3. Principais Selos de Eficiência Energética no Brasil:	7
3.1 Eletrodomésticos.....	7
3.2 Consumo de combustível	7
3.3 Edificações.....	8
4. Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO).....	8
B) ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	8
1. Energia Eólica	11
2. Energia Solar	12
3. Biomassa	13
4. Energia Hidrelétrica.....	14
5. Energia Oceânica.....	15
6. Energia Geotérmica.....	16

INTRODUÇÃO

A geração de energia a partir de fontes renováveis e a eficiência energética são componentes essenciais para a solução de questões globais fundamentais como segurança energética e mudanças climáticas.

De acordo com estudo da CNI (2011), o Brasil está em situação privilegiada quanto à segurança energética. As descobertas do pré-sal asseguram a auto-suficiência e há um amplo leque de recursos locais de geração de eletricidade, tais como energia hidrelétrica, termelétrica (gás natural, carvão, nuclear e biomassa) e eólica. Na área das mudanças climáticas, o país está bem posicionado rumo a uma sociedade de baixo carbono, pois 45% de sua matriz energética provêm de fontes que não emitem CO₂ (renováveis e energia nuclear), contra menos de 20% na média mundial.

No entanto, o crescimento acelerado do preço da energia elétrica é hoje um grande desafio para a manutenção de uma matriz energética limpa no Brasil. A tarifa de eletricidade brasileira passou a ser uma das mais caras do mundo. Caso a urgente ampliação da oferta de energia elétrica no país — até 2019 a demanda em TWh deve aumentar em cerca de 56%, considerando uma taxa de crescimento anual média de 5,1% — seja feita por meio de usinas térmicas baseadas em carvão ou óleo combustível, de elevada emissão de gases de efeito estufa (GEE), a condição favorável do país pode ser alterada (GVces, 2010).

As energias renováveis podem ser consideradas uma inovação com grande potencial de contribuição para o desenvolvimento sustentável, em razão dos amplos benefícios sociais e ambientais que em geral resultam da sua disseminação e uso em transportes ou geração de eletricidade. O Brasil dispõe de diversas opções de geração de energia limpa e competitiva para sua expansão: hidroeletricidade, biomassa, energia eólica, energia solar, e etanol e biodiesel na área de transportes. Em menor desenvolvimento, há também a energia oceânica e energia geotérmica. Mas tão importante quanto aumentar a oferta de energias renováveis é aumentar a eficiência do consumo da energia gerada a partir de fontes renováveis ou não, em indústrias, na construção civil e em transporte.

A transição para uma sociedade de baixo carbono deve ocorrer da maneira mais eficiente possível, isto é, explicitando o custo de políticas de redução de emissões, em termos de R\$/tCO₂ evitadas, e buscando a melhor relação entre os custos da energia e o montante de redução de emissões. Caso contrário, corre-se o risco de implantar políticas que aparentemente são desejáveis, mas que podem aumentar desnecessariamente o custo da energia, piorando a competitividade do país (CNI, 2011).

O avanço da eficiência energética da sociedade em escala global pode se dar em prazo mais exíguo que a transição para uma matriz energética global mais renovável, que não se dará de forma abrupta, uma vez que a dinâmica que sustenta o modelo energético não-renovável atual é difícil de ser revertida por razões como: (i) o elevado nível de consumo material e energético em países desenvolvidos, que se reflete também em maior ou menor escala em países emergentes, (ii) a infraestrutura energética não-renovável já estabelecida, planejada com vistas ao longo prazo e de forma capital-intensiva, (iii) a crescente demanda por serviços relacionados à energia em todo o mundo, e (iv) o crescimento populacional (GVces, 2010).

Esta cartilha está dividida em duas grandes seções - eficiência energética e energias renováveis – e apresenta estratégias de gestão empresarial e as principais tecnologias relacionadas à adoção de práticas que incluam eficiência e diversificação de fontes de energia.

A) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética diz respeito ao menor consumo de energia para um mesmo produto final e está geralmente associada a novas tecnologias e a melhor organização e gestão de recursos. O avanço em eficiência energética se mostra atrativo por se tratar de uma opção custoefetiva: qualquer investimento em eficiência gera retornos, neste caso por meio de economias futuras de energia. Além disso, os resultados possuem o mesmo nível e qualidade de qualquer serviço disponível para contratação, uma vez que o produto final não é alterado (mobilidade, iluminação, conforto ambiental, etc.), é apenas obtido com menor consumo energético (GVces, 2010).

1. Estratégias corporativas de eficiência energética e sua importância para a mitigação das mudanças climáticas

Segundo estudo preparado para o Pew Center (PRINDLE, 2010) que analisou estratégias e práticas de eficiência energética de empresas líderes americanas engajadas em soluções para as mudanças climáticas (em sua maioria, participantes do *Business Environmental Leadership Council* do Pew Center), os benefícios sociais da eficiência energética podem ser resumidos em 4 pontos:

- **Eficiência é a maior oportunidade de curto prazo de redução de gases de efeito estufa**

Estudos têm mostrado que a magnitude dos recursos de eficiência energética, em instalações industriais e comerciais, bem como edifícios residenciais e veículos, é maior em ganhos do que qualquer fonte de energia não emissora que pode ser implantada no curto prazo. Uma pesquisa da McKinsey & Company mostra que não só as tecnologias e práticas de eficiência energética levadas em conjunto constituem o maior potencial de redução de emissões, mas também que medidas de eficiência tendem a estar entre as opções de menor custo, normalmente produzindo benefícios econômicos líquidos durante a sua vida útil.

- **Eficiência "ganha tempo" para a descarbonização no fornecimento de energia**

As soluções de longo prazo para o desafio climático dependem em grande parte da conversão de sistemas de fornecimento de energia para tecnologias não-emissoras de GEE. Mas a eficiência energética pode produzir uma redução de emissões de forma rápida, dando tempo para tecnologias de longo prazo amadurecerem e se difundirem no mercado. Além disso, a menos que a demanda de energia reduza-se substancialmente comparada às previsões atuais, a implementação suficiente de tecnologias de fornecimento de energia não-emissoras de GEE mostra-se inatingível ou extremamente cara.

- **Eficiência é a opção de redução de GEE de custo mais baixo**

Em uma base de custo de ciclo de vida nivelado, eficiência custa menos que as fontes de energia convencionais, muitas vezes criando uma poupança líquida enquanto se reduz emissões de GEE. Investimentos significativos em eficiência energética também reduzem o custo econômico total das regulações de redução de emissões (onde aplicáveis).

- **Eficiência é frequentemente um investimento "sem arrependimentos"**

Devido à eficiência normalmente ser um investimento custo-efetivo com ou sem os benefícios de redução de GEE, tem sido chamada de política "sem arrependimentos" que geraria benefícios econômicos mesmo sem as considerações sobre mudanças climáticas.

No mesmo estudo (PRINDLE, 2010), foram resumidos os elementos centrais das melhores estratégias corporativas de eficiência energética em “7 Hábitos das Empresas Altamente Eficientes”:

1. Eficiência energética é uma estratégia central

- Eficiência é uma parte integral no planejamento estratégico corporativo e avaliação de risco e não apenas mais uma questão de gestão de custos ou uma ação pontual de sustentabilidade.
- Eficiência é uma parte permanente das aspirações e métricas próprias da organização.

2. Liderança e suporte organizacional são um processo real e contínuo

- Pelo menos uma pessoa da equipe em tempo integral é responsável pelo desempenho de energia da empresa.
- A liderança empresarial na gestão de energia interage com equipes em todas as unidades de negócios.
- A eficiência energética é parte da cultura da empresa e de suas operações centrais.
- Funcionários são empoderados e recompensados por inovação em energia.
- Os resultados de desempenho energético afetam as avaliações individuais de desempenho e trajetórias de progressão de carreira.

3. A empresa tem metas de eficiência energética específicas, mensuráveis, responsáveis, realistas, e com prazos

- As metas são atualizadas e reforçadas ao longo do tempo.
- As metas são traduzidas em objetivos operacionais e das unidades de negócios.
- As metas tem prazos determinados específicos.
- As metas são específicas o bastante para serem mensuradas.
- As metas estão ligadas a planos de ação em todas as unidades de negócios.

4. A estratégia se baseia em um monitoramento robusto e em um sistema de mensuração

- O sistema coleta dados regularmente de todas as unidades de negócios.
- A coleta de dados e relatórios é o mais precisa possível.
- Os dados de desempenho são visíveis para a gerência sênior, de forma que ela pode compreender e agir com relação a estes.
- O sistema está ligado a um compromisso de melhoria contínua.
- Os dados são normalizados e comparados a uma linha de base.
- O sistema acompanha o desempenho em relação às metas por meio de um ciclo regular de relatórios.
- Os dados de desempenho energético são compartilhados interna e externamente.

5. A organização investe recursos substanciais em eficiência energética

- O gestor/equipe de energia possui recursos operacionais adequados.
- As empresas investem em capital humano.
- Os líderes de negócios encontram capitais para financiar projetos.

6. A estratégia de eficiência energética demonstra resultados concretos

- A empresa cumpriu ou bateu sua meta de desempenho energético.
- Recursos são sustentados por um período de vários anos.
- Funcionários que obtêm sucesso ao inovar em energia são recompensados e reconhecidos.

7. A empresa comunica efetivamente os resultados de eficiência energética

- Um plano de comunicação interna sensibiliza e envolve os funcionários.
- Sucessos são comunicados externamente.

2. Principais Tecnologias e Ferramentas relacionadas à Eficiência Energética:

2.1 Smartgrid

“Smart Grid” ou rede inteligente é a aplicação de tecnologia da informação no sistema elétrico integrada a sistemas de comunicação. Esta tecnologia envolve a instalação de sensores nas linhas da rede de energia elétrica, embutidos com chips que detectam informações sobre a operação e desempenho da rede – parâmetros, tais como tensão e corrente. Os sensores, então, analisam essas informações para determinar o que é significativo – por exemplo, se a tensão está muito alta ou muito baixa. Quando os sensores detectam informações significativas ocorre a comunicação dos dados para um sistema analítico central que irá analisá-los e determinar o que está errado e o que deve ser feito para melhorar o desempenho da rede. Por exemplo, em caso de voltagem muito alta, o software irá instruir um dos dispositivos já instalados na rede para reduzir a voltagem, economizando assim a energia gerada.

O smartgrid apresenta três grandes benefícios. O primeiro é a eficiência, que implica consumir menos energia da empresa concessionária de energia para fornecer igual ou melhor qualidade do serviço aos seus clientes, reduzindo também custos e emissões de carbono. A segunda categoria é a confiabilidade. A rede inteligente irá detectar quando os ativos de uma rede estão começando a falhar ou estão com desempenho em declínio, irá identificá-los para a concessionária poder repará-los ou substituí-los antes que haja uma interrupção de energia real. O smartgrid também permite isolar o impacto de uma falha aos clientes, de forma que menos clientes são afetados quando há uma falha de energia. Por último está a integração de ponta, que vai desde a leitura de um medidor inteligente para interagir com o sistema de gestão do cliente em casa, para painéis solares e para veículos elétricos, que exigem a interação com a rede para obter êxitos (LUIZ, 2010).

2.2 Decoupling

Sob estruturas tradicionais de mercados de energia, as receitas das concessionárias dependem da quantidade de energia que produzem e entregam aos consumidores. Este tipo de sistema torna as empresas de energia avessas a medidas de conservação e eficiência, porque a sua implementação, em última análise, resulta em cortes nos lucros através da diminuição das vendas. O *decoupling* (“descasamento” ou “dissociação”) elimina a relação entre receitas e volume de vendas. Sob tal regime, os lucros são “dissociados” das vendas e, em vez disso, as empresas se ajustam para receber uma compensação justa, independentemente de flutuações nas vendas.

No âmbito das políticas de *decoupling* nos EUA, por exemplo, uma comissão reguladora determina os requisitos de rendimentos para uma dada empresa de energia com base em um “ano-teste” usando os métodos tradicionais de regulamentação. Diferentemente de uma regulação tradicional, a empresa é autorizada a recolher os rendimentos independentemente do volume de vendas reais. Um tipo de abordagem é conectar a receita ao número de clientes, ao invés da quantidade de vendas, acompanhado de ajustes periódicos. Assim, as empresas não são mais incentivadas a maximizar o volume de vendas e, aquelas que reduzem os custos através de medidas de eficiência, se beneficiarão com um aumento nos lucros a curto prazo, porque o fluxo de receita é em grande parte fixo.

Metas de desempenho ou de incentivos de eficiência são normalmente incluídas em regimes de *decoupling*, incentivando a redução da demanda de energia, através do incentivo para a empresa melhorar a eficiência de sua infraestrutura e empregar práticas de gestão no lado da demanda (medidas de eficiência energética para o consumidor) (PEW CENTER,2011).

2.3 Cogeração

Cogeração é a produção simultânea e de forma sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. O processo mais comum é a produção de eletricidade e energia térmica (calor ou frio) a partir do uso de gás natural e/ou de biomassa, entre outros (COGEN, 2011). Os primeiros sistemas de cogeração instalados ao redor do mundo datam da primeira década do século XX. Com o avanço da tecnologia surgiram novos conceitos de geração e de interligação de sistemas elétricos, otimizados de forma centralizada que, com o apoio das centrais de grande porte conseguiram fornecer energia abundante e de baixo custo, minimizando a participação dos sistemas de cogeração no mercado.

2.4 Geração Distribuída

De acordo com a definição da INEE, a geração distribuída é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. A geração distribuída inclui tecnologias como: co-geradores, geradores que usam resíduos combustíveis de processo como fonte de energia (bagaço de cana, por exemplo); geradores de emergência; geradores para operação no horário de ponta; painéis fotovoltaicos; e pequenas centrais hidrelétricas. A principal vantagem dos sistemas de geração distribuída é a economia de investimentos em transmissão e redução em perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica e aumentando a eficiência energética.

2.5 Retrofit

Retrofit é um termo que se refere genericamente a reformas em equipamentos e sistemas resultando em seu uso mais eficiente. No contexto energético, *retrofit* é utilizado para definir alterações e modernizações em sistemas geradores e consumidores de energia elétrica visando a sua conservação. Este tipo de aplicação ocorre em usinas de energia com a reforma ou adição de equipamentos para aumentar sua eficiência, produção e vida útil. Um caso comum é o *retrofit* de caldeiras em usinas termoeletricas. Outro exemplo está em edificações, com a alteração em sistemas de iluminação, instalações elétricas e hidráulicas, através de tecnologias energeticamente eficientes e de qualidade avançada. Além de melhorar a eficiência energética, o *retrofit* contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

3. Principais Selos de Eficiência Energética no Brasil:

3.1 Eletrodomésticos: o Selo Procel de Economia de Energia, concedido pelo Inmetro e pela Eletrobrás, indica os eletrodomésticos de melhor desempenho energético, por categoria. Entre os níveis de eficiência de A a G, os produtos acompanhados pelo selo comprovam o melhor desempenho, o que estimula a competição na indústria. Com a mesma intenção, os aparelhos domésticos movidos a gás recebem o Selo Conpet (Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural).

3.2 Consumo de combustível: A Ence - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para veículos é semelhante ao selo do Inmetro utilizado em eletrodomésticos, graduada de A a E. O selo indica o desempenho do carro em relação ao consumo de combustível, na estrada e na cidade, sendo A o grau mais econômico. O selo faz parte do PBE Veicular - Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular. O objetivo é permitir ao consumidor comparar a eficiência energética dos carros antes da compra e contribuir para uma reforçar a cultura antidesperdício.

3.3 Edificações: No Brasil, o Green Building Council dissemina o selo LEED (Leadership in energy and environmental Design) que certifica edificações que minimizem seus impactos no meio ambiente, durante a construção e depois de finalizado. Já o selo Aqua, da Fundação Vanzolini, é o primeiro a levar em conta as especificidades do Brasil ao atestar processos sustentáveis no planejamento, construção e operação do edifício. Um pouco mais específica é a Etiqueta de Eficiência Energética que se aplica a edifícios comerciais, de serviços e públicos e integra o PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem). O selo foi desenvolvido pela Eletrobrás em parceria com o Inmetro e foi criado para valorizar construções que utilizem o máximo de iluminação e de ventilação natural as chamadas energias passivas. A estimativa é de que a economia de eletricidade alcançada por esse tipo de arquitetura chegue a 30% em edificações já existentes, por meio de modernização (retrofit) e a 50% em prédios novos, que contemplem essas tecnologias (OLIVEIRA, 2009).

4. Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO)

As Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO, *Energy Services Companies* na sigla em inglês) oferecem serviços para melhorias em termos de eficiência energética, inclusive garantias financeiras, aos demais agentes da sociedade. A remuneração de uma ESCO, em geral, é diretamente ligada à quantidade de energia conservada, por meio de contratos de desempenho energético (*Energy Performance Contracting, EPC*). Alguns dos serviços ofertados são: desenvolvimento e desenho de projetos de eficiência energética; instalação e manutenção de equipamentos eficientes; e mensuração, monitoramento e verificação das economias obtidas com tais projetos.

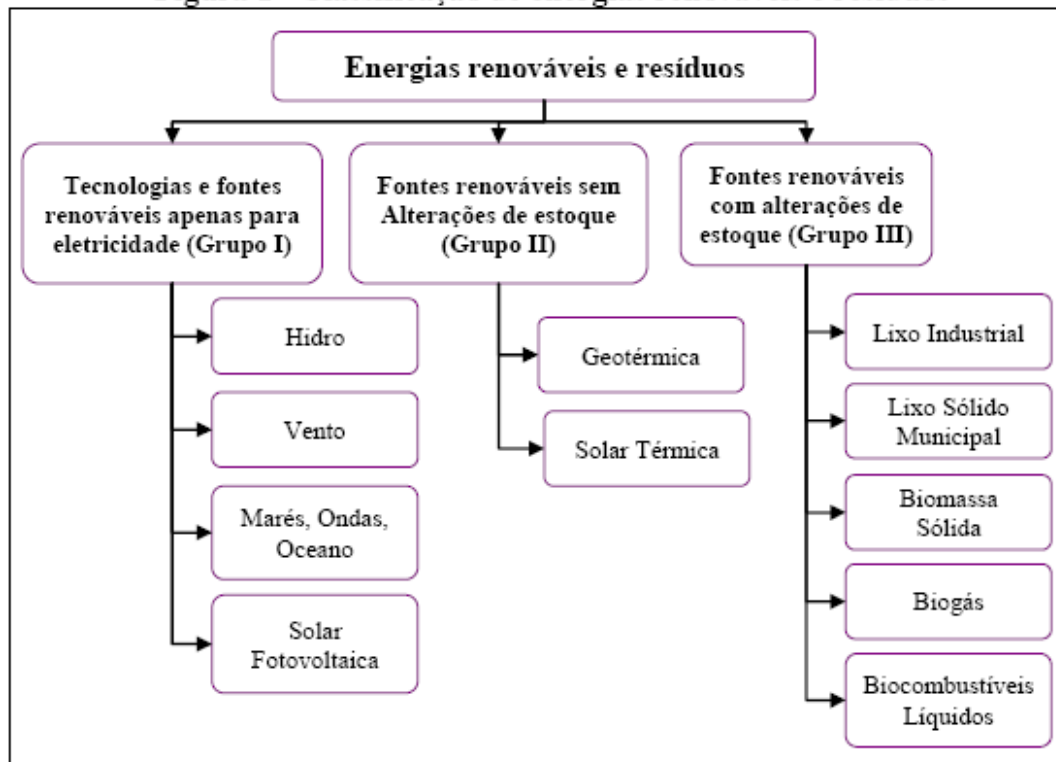
Em países em desenvolvimento, o setor comercial é o cliente principal das ESCO e a falta de financiamento é um dos principais obstáculos para expansão dos contratos de desempenho energético. Um desafio para a implementação dos contratos de desempenho energético, especialmente no setor industrial, é o tempo necessário para o *pay-back* de muitos projetos das ESCO, que podem ser superiores a três anos em muitos casos.

No Brasil, as ESCO caracterizam-se por serem pequenas e médias empresas, geralmente firmas de engenharia ou consultoria. Projetos de iluminação são os mais comuns, havendo também espaço para projetos relacionados ao controle de processos, ao uso de motores industriais e à cogeração. Iniciativas governamentais na área, ainda que tímidas, merecem ser ressaltadas como a linha de crédito de apoio a projetos de eficiência energética (PROESCO), criada em 2006 com recursos da ordem de R\$ 100 milhões, e o Plano Nacional de Eficiência Energética, anunciado no final de 2010 (GVCES & IEDI, 2010a).

B) ENERGIAS RENOVÁVEIS

Energias renováveis são aquelas derivadas de processos naturais que são regularmente renovados. Embora essa definição seja uma fonte de controvérsias em razão da definição pouco rigorosa acerca do horizonte de tempo necessário para que se dê tal renovação, ela é amplamente utilizada pelas organizações que pesquisam o setor energético em escala global, dando suporte às metodologias de cálculo e aos questionários de coletas de dados enviados periodicamente para todos os países. A classificação “energias renováveis” diz respeito a todas as formas de energia obtidas direta ou indiretamente do sol ou do calor gerado nas profundezas da Terra, incluindo quaisquer energias a partir do sol, vento, biomassa, geotérmica, e recursos hídricos (GVCES & IEDI, 2010b). A IEA classifica as energias renováveis em três grupos como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Classificação de energias renováveis e resíduos



Fonte: Energy Statistics Manual - IEA (2005)

Combustíveis fósseis como carvão mineral, petróleo, gás natural não são considerados fontes de energia renovável. Estes são resíduos de plantas fossilizadas, que foram enterradas na crosta da terra e chegaram a seu estado atual através de reações químicas ocorridas durante longos períodos de tempo. A sua produção é extremamente lenta, muito mais lenta do que a taxa de consumo atual e, portanto, não são renováveis na escala de tempo humana. (IPAM, 2011)

No caso das energias renováveis, apesar de serem consideradas benéficas ao meio ambiente, é necessário analisar a cadeia completa destas fontes de energia para verificar se não há desperdício ou ineficiência durante o processo de geração e fornecimento energético. Ao fazer isso, podem-se determinar os benefícios reais e sua contribuição para uma economia de baixo carbono.

Contexto Brasileiro

Em 2008, o Brasil apresentou aproximadamente 45% de sua oferta total de energia – que inclui eletricidade, combustíveis e demais fontes – proveniente de recursos renováveis. É um valor expressivo no contexto internacional, mas que apresenta tendência de baixa se comparado com 2007. Restringindo a análise apenas para oferta de energia elétrica, o modelo adotado pelo Brasil no século XX, lastreado na geração a partir de hidrelétricas faz com o que país apresente um componente renovável elevado: 85,4% da oferta de eletricidade, em 2008 foram provenientes de fonte limpa. Na oferta de energia elétrica, fica claro o foco nas grandes hidrelétricas, responsáveis por 80% da geração, e na biomassa, sobretudo a partir do bagaço de cana-de-açúcar em projetos de cogeração, em detrimento das demais formas de energia renovável, como eólica e solar.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2010-2019, prevê-se a redução das fontes renováveis para 82,7% da oferta de energia elétrica e a manutenção das grandes hidrelétricas como

fonte principal, ainda que com menor relevância – respondendo por cerca de 70% da oferta de eletricidade no país até 2019. Vale mencionar o crescimento previsto da capacidade instalada no país para pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) (4,2%), biomassa (5,1%) e eólica (3,6%), que passarão a responder por 12,9% em 2019, ante 9,7% em 2010. Essas três fontes foram as contempladas pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), iniciativa do Ministério de Minas e Energia para fomento de tecnologias alternativas instituída em 2002, e que deixou de fora outros tipos de renováveis, como a energia solar (GVces & IEDI, 2010b).

Quadro 6 - Capacidade instalada por fonte de geração de energia elétrica (MW) 2010-19

Energias não-renováveis								
Ano	Óleo Diesel	Urânio	Gás Natural	Óleo Combustível	Carvão	Gás de Processo	Total	
2010	1.728	2.007	8.860	3.380	1.765	687	18.427	16%
2013	1.356	2.007	11.327	8.864	3.205	687	27.446	21%
2016	1.149	3.412	11.533	8.864	3.205	687	28.850	20%
2019	1.149	3.412	11.533	8.864	3.205	687	28.850	17%
Energias renováveis							Total Geral	
Ano	Hidro	PCH	Biomassa	Eólica	Total			
2010	83.169	4.043	5.380	1.436	94.028	84%	112.455	
2013	88.499	4.516	6.671	3.641	103.327	79%	130.773	
2016	100.476	5.816	7.621	4.841	118.754	80%	147.604	
2019	116.699	6.966	8.521	6.041	138.227	83%	167.077	

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2010-2019, EPE 2010.

1. ENERGIA EÓLICA

O que é: Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água (ANEEL, 2008).

Nos últimos 20 anos, a energia eólica se tornou a fonte de energia que mais cresce no mundo. As turbinas eólicas atuais são produzidas por uma sofisticada indústria de escala que emprega uma tecnologia eficiente, rentável e de rápida instalação. Os tamanhos das turbinas variam de poucos kW a mais de 5.000 kW, com as maiores turbinas alcançando mais de 100m de altura. Uma grande turbina eólica pode produzir eletricidade suficiente para cerca de 5 mil casas (GREENPEACE & EREC, 2007).

Design de turbinas eólicas

A maioria das turbinas comerciais atualmente opera em um eixo horizontal com três lâminas espaçadas uniformemente, anexadas a um rotor. Deste rotor, a energia é transferida através de uma caixa de câmbio para um gerador. A caixa de câmbio e o gerador ficam dentro de um suporte chamado nacela. Alguns projetos de turbina evitam a caixa de câmbio através do uso de pulsão direta. A produção de eletricidade é canalizada através da torre para um transformador e, eventualmente, dentro da rede local.

As turbinas eólicas podem operar com uma velocidade de vento de 3 a 4 metros por segundo (m/s) até cerca de 25m/s. As lâminas podem também girar a uma velocidade constante ou variável. A variável permite que a turbina acompanhe mais de perto a mudança de velocidade do vento.

Atualmente, os principais fatores para as tecnologias eólicas são: alta produtividade em locais de muito ou pouco vento; compatibilidade de rede; performance acústica; performance aerodinâmica; impacto visual e expansão costeira (GREENPEACE & EREC, 2007).

Contexto Brasileiro

Os leilões brasileiros de energia eólica em 2010 resultaram em 70 centrais eólicas, totalizando 2.048 MW. No primeiro leilão, o preço médio desta fonte foi 148 R\$/MWh. No segundo, este preço se reduziu para 131 R\$/MWh. Este patamar de preço faz com que a energia eólica brasileira seja uma das mais baratas do mundo, e a torna competitiva com outras fontes no Brasil, como a geração termelétrica a gás. As razões para este desempenho muito positivo da energia eólica incluem a forte competição dos leilões, avanço tecnológico dos projetos, aperfeiçoamento dos instrumentos de contratação e melhores condições de financiamento. As próximas contratações permitirão confirmar o patamar de estabilização destes preços (CNI, 2011).

No último mês de março, a diretoria do BNDES aprovou um financiamento de R\$ 790,3 milhões para nove parques eólicos no país. Com o apoio do banco já foram assinados ou estão em processo de assinatura 51 contratos de financiamento diretos e indiretos, no valor total de R\$ 4,1 bilhões, para a implantação de 1.369 MW. Além desses, outras 44 operações estão em análise, demandando financiamentos da ordem de R\$ 3,3 bilhões (PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2011).

2. ENERGIA SOLAR

O que é: Quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2008). A radiação solar disponível é mais do que suficiente para satisfazer o grande aumento da demanda por sistemas de energia solar em todo o mundo. A luz do Sol que atinge a superfície da Terra é suficiente para proporcionar 2.850 vezes o tanto de energia que nós atualmente usamos (GREENPEACE & EREC, 2007).

Tecnologia fotovoltaica

A tecnologia fotovoltaica (PV) envolve a geração de eletricidade a partir da luz solar. Um sistema fotovoltaico não necessita de luz direta radiante para que opere, podendo gerar eletricidade mesmo em dias nublados. Entre os tipos de sistema de tecnologia fotovoltaica, estão:

- **rede conectada**, conexão à rede de eletricidade local permite que qualquer excesso de energia produzido seja vendido para a prestadora de serviços;
- **rede de apoio** Um sistema PV pode ser conectado à rede local de eletricidade ou a uma bateria de reserva. Qualquer excesso de eletricidade solar produzida após a bateria ter sido carregada é, então, vendido para a rede (ideal para ser usado em áreas onde o fornecimento de energia não é confiável).
- **fora da rede** Completamente independente da rede, o sistema PV é conectado a uma bateria por meio de um controlador de carga, que armazena a eletricidade gerada e age como o principal suprimento de energia.
- **sistema híbrido** Um sistema solar pode ser combinado com outra fonte de energia para assegurar um suprimento de eletricidade consistente. Um sistema híbrido pode ser conectado à rede, sustentando-se por si mesmo, ou com apoio da rede (GREENPEACE & EREC, 2007).

Contexto Brasileiro

Apesar das condições favoráveis do Brasil para a produção de energia fotovoltaica, o uso de energia solar não foi considerado no Plano Nacional de Energia 2030 e apenas cinco Centrais Geradoras Solares Fotovoltaicas aparecem no banco de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Como o país já possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, a melhor integração da energia solar fotovoltaica seria como uma fonte complementar, aproximando a geração do consumo e reduzindo assim perdas com transmissão. Além disso, o Brasil possui uma das maiores reservas de silício do mundo, elemento utilizado para a produção de células fotovoltaicas, sendo privilegiado para desenvolver uma indústria local de energia fotovoltaica (AMÉRICA DO SOL 2011).

O projeto Megawatt Solar envolve a implantação de um sistema fotovoltaico integrado ao edifício sede da Eletrosul em Florianópolis e conectado à rede da distribuidora de energia elétrica local. A usina solar terá a capacidade instalada de aproximadamente 1 MWp (megawatt pico). A energia produzida pelo Megawatt Solar será vendida a consumidores livres, consumidores especiais e comercializadoras de energia interessados em serem parceiros deste projeto. Um bom incentivo para estimular este tipo de geração de energia no país é a criação de um Selo de Energia Solar, que poderá ser obtido pelas empresas que comprarem eletricidade de fonte solar (AMBIENTE ENERGIA, 2011).

3. BIOMASSA

O que é: Biomassa é um termo amplo utilizado para descrever material de origem biológica recente que pode ser usado como fonte de energia, incluindo madeira, plantações, algas e outras plantas, assim como resíduos agrícolas e florestais. A biomassa pode ser usada para uma variedade de usos finais: aquecimento, geração de eletricidade ou combustível para transporte. O termo “bioenergia” é usado para sistemas de energia de biomassa que produzem aquecimento e/ou eletricidade, e “biocombustíveis”, para combustíveis líquidos para transporte. Fontes biológicas de energia são renováveis, facilmente armazenadas e, se produzidas sustentavelmente, não emitem CO₂, já que o gás emitido durante sua transferência para energia utilizável é equilibrado pelo dióxido de carbono absorvido durante o crescimento das plantas (GREENPEACE & EREC, 2007).

Combustão direta

Diferentes processos podem converter a energia da biomassa. Podem ser sistemas térmicos, que envolvem combustão direta de sólidos, líquidos ou gases através de pirólise ou gaseificação, ou sistemas biológicos, que envolvem a decomposição de biomassa sólida para combustíveis líquidos ou gasosos, através de processos como a digestão anaeróbica e a fermentação. A combustão direta é o modo mais comum de converter biomassa em energia, tanto para aquecimento quanto para eletricidade. Mundialmente, é responsável por mais de 90% da geração de energia a partir de biomassa (GREENPEACE & EREC, 2007).

Contexto Brasileiro

Atualmente, o Brasil conta com 434 usinas sucroalcooleiras, sendo todas auto-suficientes em energia. Cerca de 20% dessas usinas se tornaram provedores de energia à rede elétrica. Há ainda grande quantidade de bagaço que pode ser redirecionada à geração de eletricidade, mas com o amadurecimento da tecnologia de segunda geração, tanto o bagaço quanto a palha, que em grande parte é deixada na área de plantio, passam a ser matéria prima para produção de etanol, além de calor e eletricidade (GVces & IEDI, 2010b).

O grande potencial da cogeração com bagaço de cana de açúcar para o setor elétrico foi confirmado em 2005, com as primeiras contratações deste tipo de geração nos leilões. A superação dos entraves que afetavam a plena expansão do mercado do etanol, juntamente com o emprego da palha em conjunto com o bagaço, tornam ainda mais significativa a contribuição deste tipo de energia para o país (CNI, 2011).

Em São Paulo, o governo estadual prepara o lançamento de um selo verde para empresas que consumirem apenas energia renovável em sua cadeia de produção, em especial aquela proveniente de biomassa de bagaço de cana-de-açúcar e outros resíduos sólidos (FOLHA DE S. PAULO, 2011).

4. ENERGIA HIDRELÉTRICA

O que é: Atualmente, cerca de um quinto da eletricidade mundial é produzida por energia hidrelétrica. Contudo, grandes usinas hidrelétricas com barragens de concreto e grandes lagos coletores acarretam sérios impactos negativos para o meio ambiente como a inundação de áreas habitáveis. Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), que são turbinas impulsionadas por uma seção de água corrente em um rio, podem produzir eletricidade de modo ambientalmente sustentável (GREENPEACE & EREC, 2007).

Tecnologia Hídrica

A maior exigência para a energia hidrelétrica é criar uma nascente artificial, de modo que a água, desviada através de um canal ou cano de influxo em uma turbina, é descarregada de volta no leito do rio. A corrente de um rio não coleta quantidades significativas de água armazenada, requerendo a construção de grandes represas e reservatórios. Há duas grandes categorias de turbinas: turbinas de impulsão, em que um jato de água atinge as pás em rotação para reverter a direção do jato e, por meio disso, extraem energia da água. Esse tipo de turbina é adequado para altas nascentes e “pequenas” descargas. Turbinas de reação funcionam cheias de água e, de fato, geram forças “ascensoras” hidrodinâmicas para acionar as pás em rotação. Esse tipo é adequado para médias e baixas nascentes e médias a grandes descargas (GREENPEACE & EREC, 2007).

Contexto Brasileiro

A contribuição da energia hidráulica na matriz energética nacional, segundo o Balanço Energético Nacional (2003), é da ordem de 14%, participando com quase 83% de toda a energia elétrica gerada no País. Apesar da tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e aos avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica (ANEEL, 2008).

As políticas de estímulo à geração descentralizada de energia elétrica promovem uma crescente participação de fontes alternativas na matriz energética nacional, e nesse contexto, as pequenas centrais hidrelétricas terão certamente um papel importante a desempenhar. (Aneel) As pequenas centrais hidrelétricas são usinas de potência inferior a 30 MW e área inundada inferior a 3 km². Esses empreendimentos têm menos restrições ambientais, potencial energético elevado e tiveram um grande crescimento desde a regulamentação da chamada contratação incentivada, que permite que consumidores regulados acima de 500 kW contratem diretamente fontes renováveis, recebendo em contrapartida reduções em suas tarifas de transporte de energia (CNI, 2011).

5. ENERGIA OCEÂNICA

O que é: As ondas do mar possuem energia cinética devido ao movimento da água e energia potencial devido à sua altura. Energia elétrica pode ser obtida se for utilizado o movimento oscilatório das ondas (AMBIENTE BRASIL, 2011).

Aproveitamento da energia cinética das marés, ondas e correntes, e utilização de gradientes térmicos

A energia das marés pode ser aproveitada pela construção de represas ou barragens em um estuário ou baía com uma maré de extensão de pelo menos cinco metros. Aberturas na barragem permitem que a entrada da maré forme uma bacia atrás delas. As aberturas, então, se fecham, de modo que, quando a maré volta, a água pode ser canalizada através de turbinas para gerar eletricidade.

A geração de energia a partir de ondas do mar é feita com uma estrutura que interage com a maré alta, convertendo a energia em eletricidade através de sistemas hidráulicos, mecânicos ou pneumáticos. A estrutura é fixada com um sistema de ancoragem ou fundada diretamente no solo oceânico ou no litoral. A energia é transmitida para o fundo do mar por um cabo elétrico flexível submerso e chega até a costa por um cabo submarino. Conversores de energia de ondas podem ser feitos de grupos de unidades de geradores menores de 100 – 500 kW conectados entre si, ou por vários módulos mecânicos ou hidráulicos interconectados, que podem suprir uma única unidade de gerador de turbina maior de 2 – 20 MW. Contudo, as ondas maiores necessárias para fazer a tecnologia mais rentável são mais facilmente encontradas a grandes distâncias da costa, exigindo a instalação de cabeamento submarino a altos custos para transmitir a energia. Os próprios conversores também ocupam grandes áreas. A energia das ondas tem a vantagem de proporcionar um fornecimento mais previsível que a energia eólica e pode ser estabelecida no oceano sem forte interferência visual (GREENPEACE & EREC, 2007).

A tecnologia para produção de eletricidade a partir de gradientes térmicos ao longo da profundidade dos oceanos consiste em explorar a diferença de temperatura entre a água do fundo do mar, mais fria, e a da superfície, mais quente. A água da superfície é colocada numa câmara de vácuo, onde entra em ebulição, produzindo o vapor que movimenta uma turbina para gerar eletricidade. Em seguida, a água mais fria trazida do fundo do mar condensa o vapor, transformando-o novamente em líquido (AMBIENTE ENERGIA, 2011).

Contexto Brasileiro

No Brasil a energia dos oceanos ainda é uma área incipiente. Existem poucos investimentos e prioridade no setor, mas há importantes iniciativas seminais em andamento, como, por exemplo, a instalação de uma usina maremotriz no quebra-mar do Terminal de Múltiplas Utilidades do Pecém, no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (Ceará) com capacidade instalada prevista de 100 kW. A usina deverá funcionar por três anos para avaliação da tecnologia que aproveita a regularidade dos ventos e frequência das ondas do mar no litoral cearense para a geração de energia. O setor pode ainda se aproveitar do conhecimento transversal do setor de petróleo e gás nacional. Contudo ainda não se sabe o potencial brasileiro de aproveitamento dos recursos energéticos na costa nacional, o que existem são valores preliminares, que é de 114 GW para a energia das ondas, mas não há estimativas para o Brasil do potencial de energia das correntes (JANNUZZI ET AL., 2008).

6. ENERGIA GEOTÉRMICA

O que é: Energia geotérmica é o calor derivado das camadas profundas do interior da Terra. Na maioria dos casos, o calor do interior do planeta atinge a superfície em um estado bastante difuso. Porém, devido à variedade de processos geológicos, algumas áreas, como a parte ocidental dos EUA, o oeste e centro da Europa Oriental, Islândia, Ásia e Nova Zelândia, são sustentadas por fontes geotérmicas relativamente rasas, classificadas como baixas temperaturas (menos de 90°C), temperaturas moderadas (90° - 150°C) e altas temperaturas (maiores que 150°C). O uso que cada uma dessas fontes pode ter depende da temperatura. As temperaturas mais altas são quase que exclusivamente usadas para a geração de energia elétrica. A atual capacidade global de geração geotérmica totaliza cerca de 8.000 MW. Usos para as fontes de temperaturas baixas e moderadas podem ser divididos em duas categorias: bombas de aquecimento de uso direto e com base no solo (GREENPEACE & EREC, 2007).

Tecnologias Utilizadas

Usinas geotérmicas utilizam o calor natural da Terra para evaporar água ou um meio orgânico. Esse vapor impulsiona uma turbina que produz eletricidade. Usinas de calor geotérmico requerem temperaturas mais baixas e a água aquecida é usada diretamente (GREENPEACE & EREC, 2007).

Contexto Brasileiro

No Brasil as fontes geotérmicas são encontradas entre 400 e 1500 metros de profundidade e que a ausência de regiões vulcânicas no território brasileiro explica as baixas temperaturas das fontes. Um levantamento feito pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) mostra que o Brasil esconde no subsolo um potencial energético estimado em 3 GW. Uma fonte como a de Presidente Prudente (63 °C a 1400 metros de profundidade) pode atingir 5MW (ICA, 2010).

REFERÊNCIAS

- AMÉRICA DO SOL. *Potencial Brasileiro*. Último acesso: Julho, 2011. Disponível em: <http://www.americadosol.org/potencial-brasileiro/>.
- ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Brasília, 2008.
- AMBIENTE BRASIL. Energia Maremotriz. Último acesso: Julho, 2011. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/maremotriz/energia_mareomotriz.html
- AMBIENTE ENERGIA. “Energia solar: preparando terreno para licitação”. Publicado em 20-06-2011. Disponível em: <http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2011/06/energia-solar-preparando-terreno-para-licitacao/11905>
- AMBIENTE ENERGIA. “IPCC: Brasil marca presença em energias renováveis”. Publicado em 16-05-2011. Disponível em: <http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2011/05/ipcc-brasil-marca-presenca-em-energias-renovaveis/11427>
- BNDES. “BNDES aprova R\$ 790 milhões para geração de energia eólica”. Publicado em 03-03-2011. Disponível em: http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=699&Itemid=310
- CNI. *A indústria e o Brasil: energia e competitividade na era do baixo carbono*. Brasília, 2011.
- COGEN, Associação da Indústria de Cogeração de Energia *Conceito e Tecnologias*. Disponível em: http://www.cogensp.org.br/cog_conceito.asp. Último acesso: Julho, 2011.
- FOLHA DE S. PAULO. “São Paulo terá selo verde para empresas”. Caderno Mercado, Folha de S. Paulo. 15-05-2011
- GREENPEACE & CONSELHO EUROPEU DE ENERGIA RENOVÁVEL (EREC). *[r]evolução energética – Perspectivas para uma energia global sustentável*. 2007. Disponível em: http://www.greenpeace.org.br/energia/pdf/cenario_brasileiro.pdf
- GVCS. *Propostas empresariais de políticas públicas para uma economia de baixo carbono no Brasil: Energia, Transportes e Agropecuária*. 2010. Disponível em: http://intranet.gvces.com.br/cms/arquivos/recomendacoes_epc.pdf
- GVCS & IEDI (a). *Tendências e Oportunidades na Economia Verde: Eficiência Energética*. 2010. Disponível em: <http://retaguarda.iedi.org.br/midias/artigos/4d093af22db8abca.pdf>
- GVCS & IEDI (b). *Tendências e Oportunidades na Economia Verde: Energias Renováveis*. 2010. Disponível em: <http://retaguarda.iedi.org.br/midias/artigos/4d08cf1b015e1c28.pdf>
- ICA. *Energias renováveis para geração de eletricidade na América Latina: mercado, tecnologias e perspectivas*. 2010.
- IPAM. *Combustíveis Fósseis*. Glossário. Disponível em: <http://www.ipam.org.br/abc/glossario>. Último acesso: Julho, 2011.
- JANNUZZI, Gilberto De Martino; SANT'ANA, Paulo Henrique de Mello; GOMES, Rodolfo; PACCOLA, José Angelo. *Energias do Futuro*. CGEE: Brasília, 2008.
- LUIZ, F. *O que é Smart Grid?* smartgridnews: 2010. Disponível em: <http://smartgridnews.com.br/o-que-e-smart-grid/>
- OLIVEIRA, Manoella. *Aumenta a variedade de selos de eficiência energética*. Planeta Sustentável: 2009. Acessado em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/selos-verdes-eficiencia-energetica-503927.shtml>
- PAGLIARI, P. C. “Biomassa já representa 5% da oferta interna de energia no país”. Portal Brasileiro de Energias Renováveis: 2009. Disponível em: http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=645&Itemid=180
- PEW CENTER. *Decoupling in Detail*. Pew Center on Global Climate Change. Último acesso: Julho, 2011. Disponível em: http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_states/decoupling_detail.
- PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Último acesso: Julho, 2011. Disponível em: http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=306
- PRINDLE, W. *From Shop Floor to Top Floor: Best Business Practices in Energy Efficiency*. Pew Center: Abril, 2010.