



Pesquisa em energias solar e eólica

Semana da Indústria
ETERJ, 27 de maio de 2009

Patrícia de Castro da Silva
Departamento de Tecnologias Especiais



Ministério de
Minas e Energia



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL



- Centro de P&D do Sistema Eletrobrás
- Maior centro do Brasil em P&D de energia elétrica
- Maiores laboratórios de alta tensão e potência na América Latina
- Associação sem fins lucrativos fundada em 1974
- Mais de 500 funcionários e 100 parceiros de Universidades
- Infra-estrutura de P&D de US\$ 300 milhões
- Orçamento anual de cerca de R\$ 135 milhões
- Apoio Técnico para o Sistema Eletrobrás, Governo (MME), Entidades Setoriais (ONS, CCEE, EPE e ANEEL), concessionárias e indústria



Unidade Ilha do Fundão

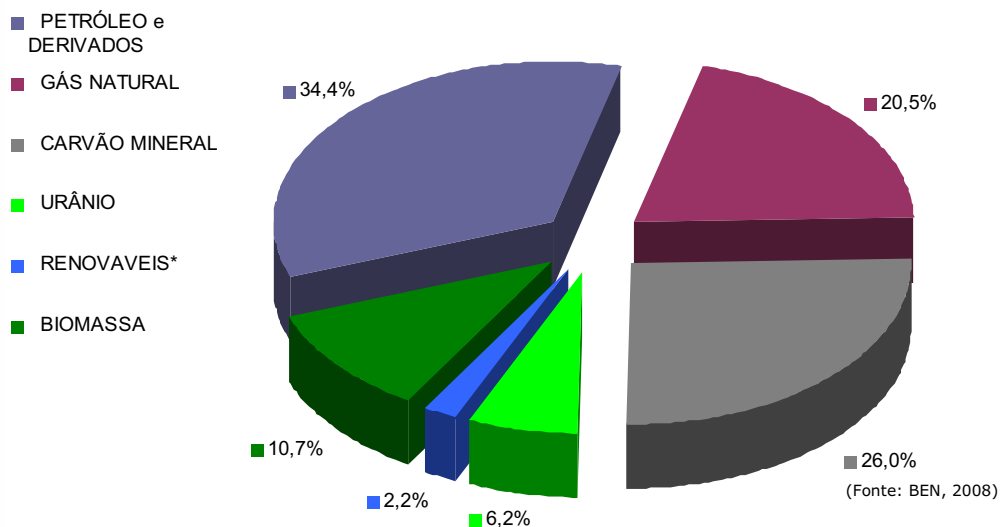


Unidade Adrianópolis

- **Introdução**
- **Contexto Nacional e Internacional da Energia Eólica**
- **Contexto Nacional e Internacional da Energia Solar**
- **Projetos do CEPEL em Energias Solar e Eólica**

Matriz Energética Mundial (2006)

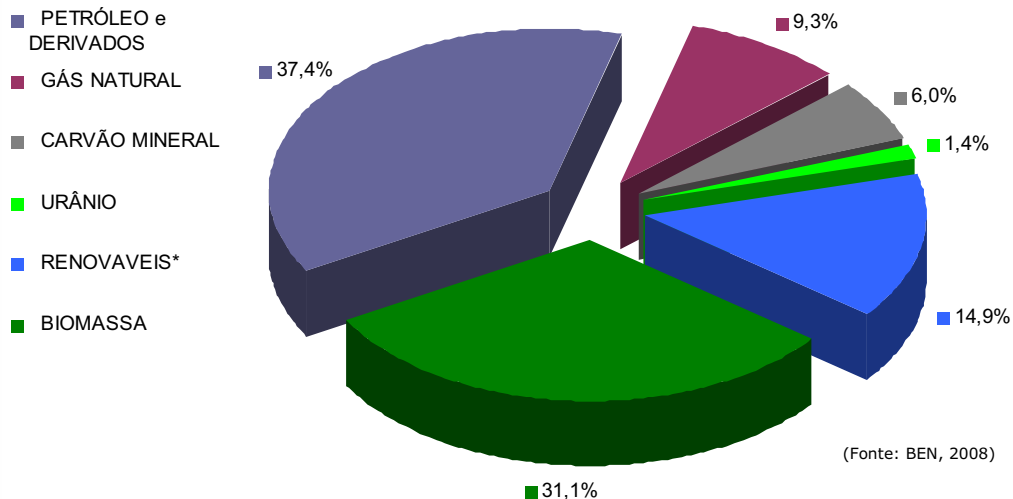
Participação de energia renovável no mundo: 12,9%



* Utilização das fontes renováveis para geração de energia elétrica tais como hidráulica e eólica

Matriz Energética Brasileira (2007)

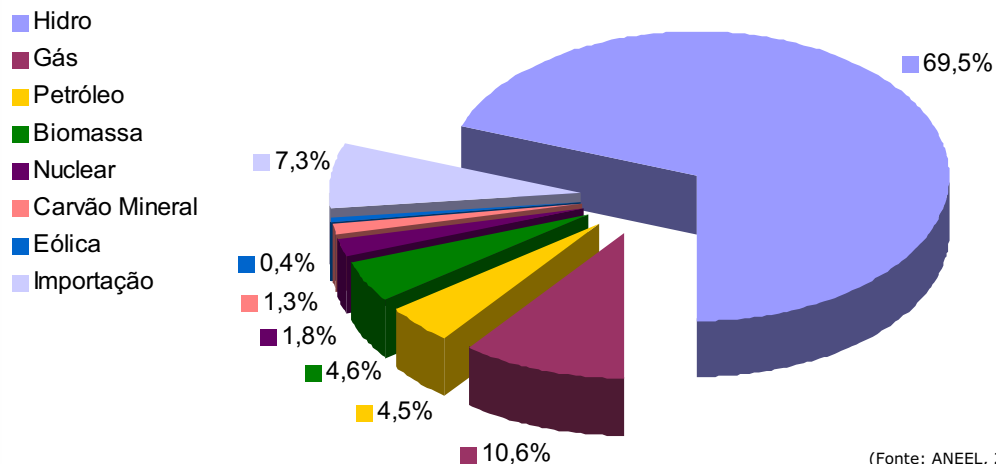
Participação de energia renovável no Brasil: 46%



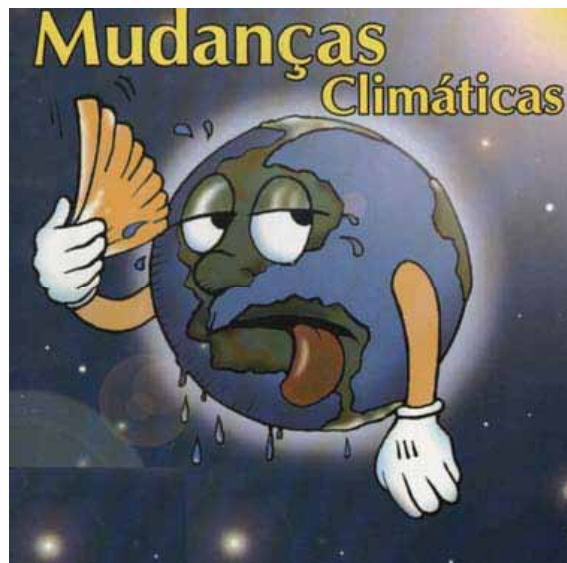
(Fonte: BEN, 2008)

* Utilização das fontes renováveis para geração de energia elétrica tais como hidráulica e eólica

Capacidade de Geração Elétrica no Brasil Total: 111,76 GW



(Fonte: ANEEL, 2009)



FONTE: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

7

Maturidade e custos das tecnologias

TECNOLOGIA	POTENCIAL (GW)	TAMANHO TÍPICO (kW)	APLICAÇÃO	MATURIDADE DA TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA	CUSTO INVESTIMENTO (US\$/kW)	CUSTO O&M (US\$/MWh)	CUSTO COMBUSTÍVEL (US\$/MWh)	CUSTO GERAÇÃO (US\$/MWh)	EFICIÊNCIA
SOLAR FOTOVOLTAICA	-	0.05 a 10	- INTERMITENTE - GRID E - OFF-GRID	COMERCIAL (GRID)	ALTA (GRID)	4.000 a 9.000	4 a 20	0.	250 a 500	10 a 18
				COMERCIAL (OFF-GRID)	ALTA (OFF-GRID)					
HELIOTÉRMICA	-	30.000 a 200.000	- BASE - GRID	PRÉ-COMERCIAL	ALTA	5000 a 8500	4 a 23	0.	220 a 310	15 a 30
				COMERCIAL	ALTA	1.700 a 5.500	4 a 23	0.	80 a 150	15 a 30
						10.000 a 22.000	15 a 23	0.	200 a 500	15 a 30
EÓLICA	30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E -OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1.500 a 2.000	4 a 12	0.	110 a 150	25 a 45
BIOMASSA	27.7	10 a 50.000	-BASE -GRID E -OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	500 a 2.500	6 a 12	20 a 100	38 a 78	25 a 35
		50 a 1.000	-VARIÁVEL -GRID E -OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1.000 a 3.000	6 a 15	0.	35 a 102	60 a 85

(Fonte: CEPEL/CRESESB)

8

→ Eólica

Solar Térmica

Solar Fotovoltaica

Energia Cinética dos Ventos

Potência extraída do vento

$$P = 1/2 \rho A V^3$$

Potência Máxima Aproveitada (Teórica)

$$P = C_p 1/2 \rho A V^3$$

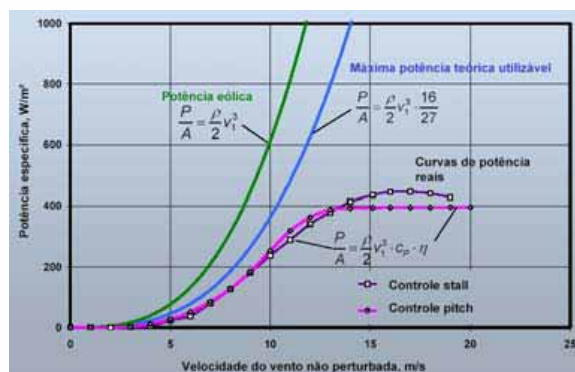
Máxima potência teórica aproveitável:

$$C_p = 16/27 \text{ aprox. } 0,59$$

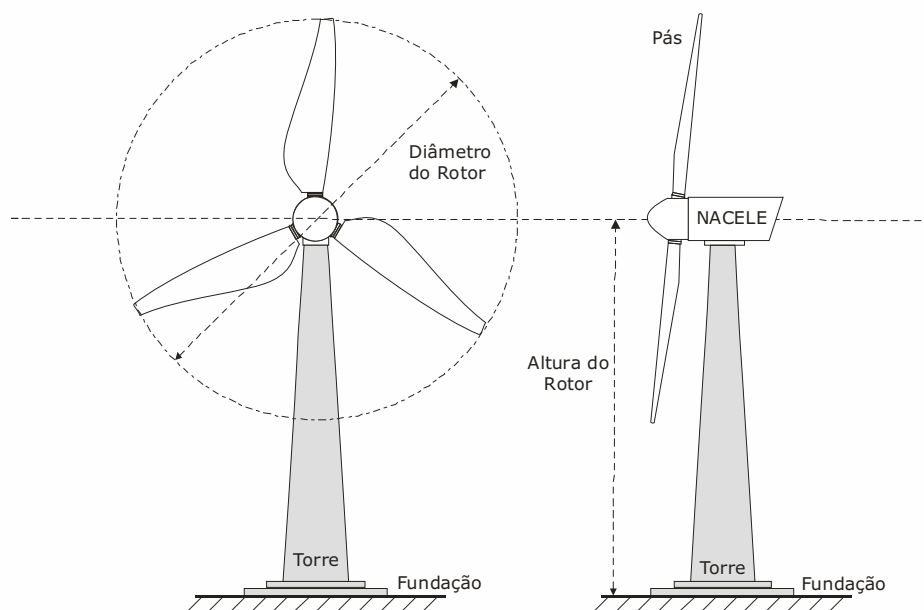
Potência Máxima Aproveitada (Real)

$$P = \eta C_p 1/2 \rho A V^3$$

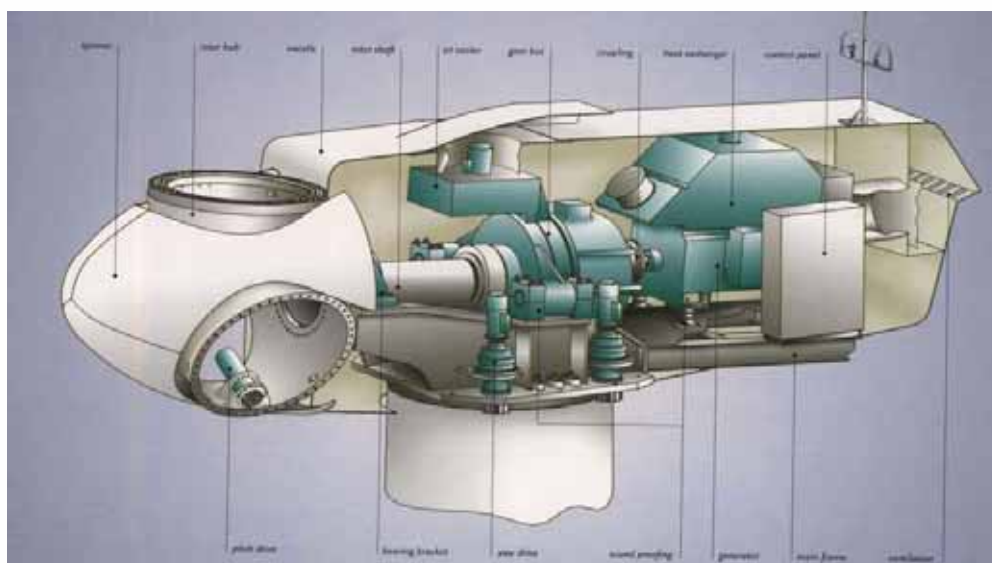
Eficiência da Máquina Eólica: η



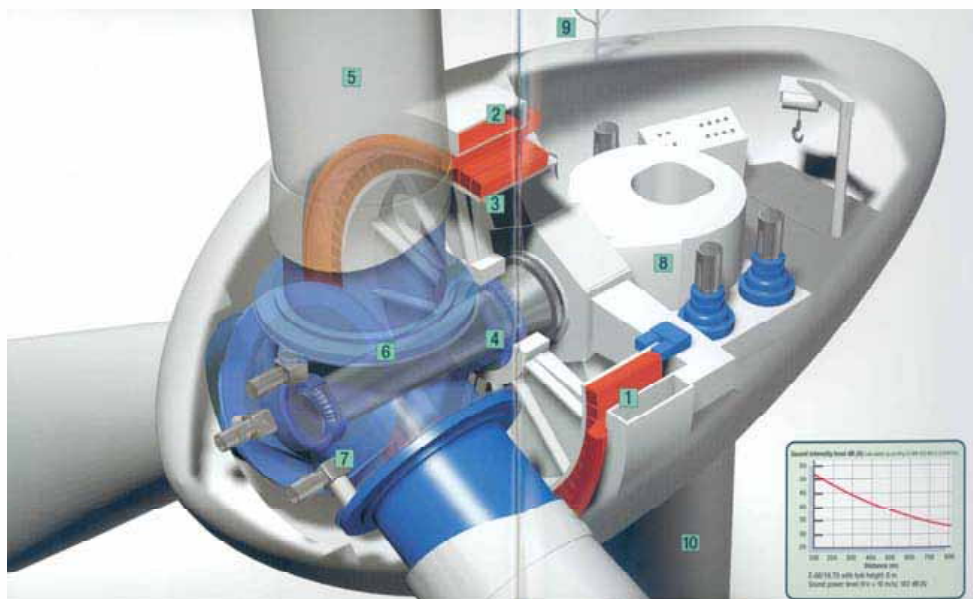
Elementos do Aerogerador de Eixo Horizontal



Concepção Dinamarquesa (com caixa de engrenagem)

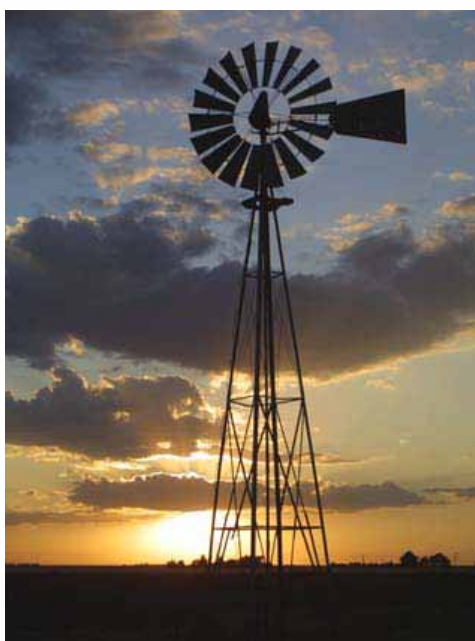


Concepção Enercon Sem Caixa de Engrenagens



13

Aplicações da Energia Eólica



Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas

14

Aplicações da Energia Eólica



Pequeno Porte ($\leq 10\text{kW}$)

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



Intermediário (10 - 250kW)

- Mini-grid
- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída



Grande Porte (250 kW - +2MW)

- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída

15

Instalações Off-Shore

Horns Rev Offshore Wind Farm (2002) (2MW x 80 = 160 MW) 14-20km da costa

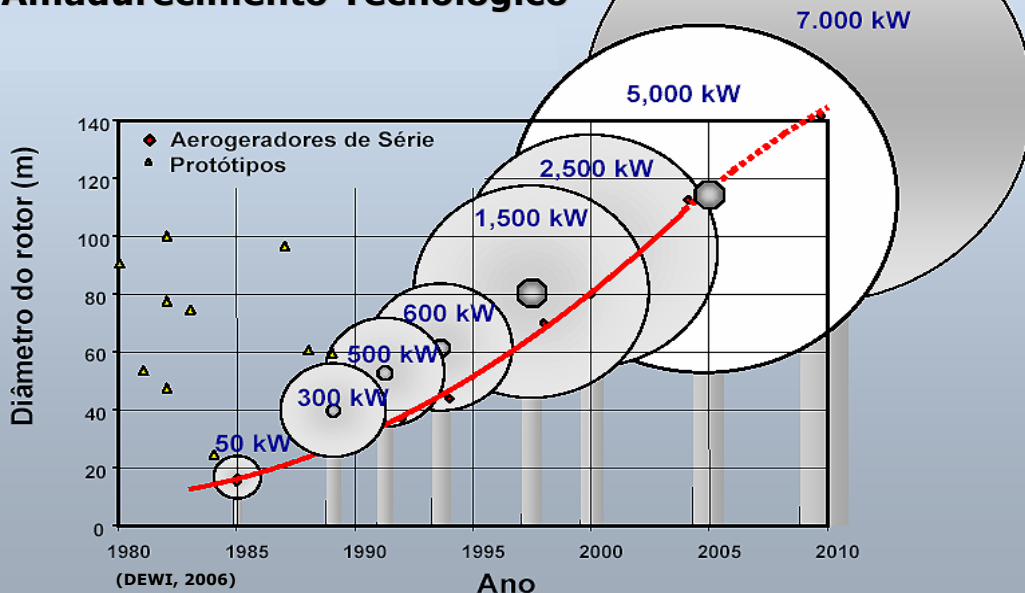


http://www.vattenfall.com/www/vf_com/vf_com/index.jsp

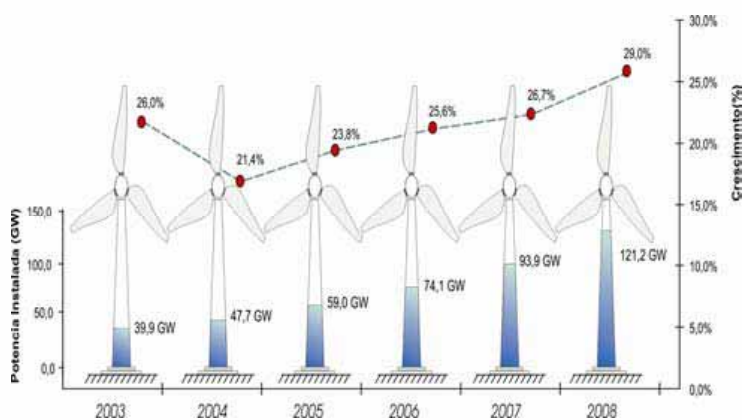
16

Evolução da potência dos aerogeradores

Amadurecimento Tecnológico



Potência Eólica Instalada no Mundo



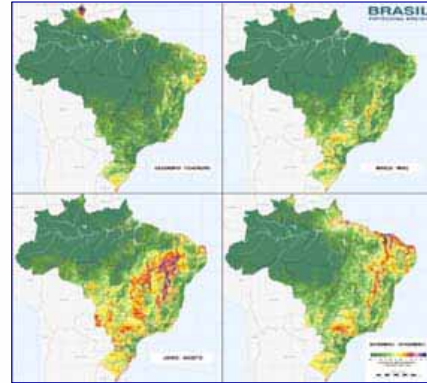
121,2 GW instalados no mundo em 2008

10 mercados mais importantes em 2008

#	País	MW
1	USA	25170
2	Alemanha	23093
3	Espanha	16740
4	China	12210
5	Índia	9587
6	Itália	3736
7	França	3404
8	Reino Unido	3298
9	Dinamarca	3160
10	Portugal	2862

(Fonte: WWEA 2009)

Potencial Eólico Brasileiro



Potencial Bruto: 143GW
Altura de Referência: 50m

Usinas eólicas em operação no Brasil

Usina	Potência Instalada (MW)	Proprietário	Município
Eólica de Praia	10 000	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	Aguaçá - CE
Eólica de Talha	6 000	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	São Gonçalo do Amarante - CE
Eólica Eólica Experimental do Mar do Canalinho	1 000	100% para CEMIG Geração e Transmissão S/A	Goiânia - MG
Eólicas Eólicas de Palmas	2 100	100% para Central Eólicas do Paraná Ltda	Palmas - PI
Eólica de Fernando de Noronha	225	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FACE/UFPE	Fernando de Noronha - PE
Parque Eólico de Beberibe	20 500	100% para Usina Eólica Econergy Beberibe S.A.	Beberibe - CE
Mucitupi	2 400	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	Fontalba - CE
RN 15 - Rio do Fogo	45 200	100% para Energias Renováveis do Brasil S.A.	Rio do Fogo - RN
Eólica de Bom Jardim	800	100% para Parque Eólico de Santa Catarina Ltda	Bom Jardim da Serra - SC
Faz de Rio Choro	20 200	100% para SIB Cléo Geração e Comercialização de Energia S.A.	Beberibe - CE
Eólica Orinda	225	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FACE/UFPE	Orinda - PE
Eólica Casa Quebrada	10 500	100% para Rosa dos Ventos Geração e Comercialização de Energia S.A.	Aracati - CE
Lagoa do Mate	3 233	100% para Rosa dos Ventos Geração e Comercialização de Energia S.A.	Aracati - CE
Parque Eólico do Horizonte	4 800	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Agua Doce - SC
Eólica Paracuru	23 400	100% para Eólica Paracuru Geração e Comercialização de Energia S.A.	Paracuru - CE
Pedra do Sal	18 000	100% para Econergy Pedra do Sal S.A.	Panamá - PI
Maracá	2 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Maracá - PB
Eólica Água Doce	2 500	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce - SC
Parque Eólico de Orlândia	50 000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Orlândia - RS
Parque Eólico Serigodães	50 000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS
Taliba Albatroz	16 500	100% para Bons Ventos Geradora de Energia S.A.	São Gonçalo do Amarante - CE
Parque Eólico dos Índios	50 000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS
Milênium	10 200	100% para SPE Milênium Central Geradora Eólica S/A	Mataracá - PB
Presidente	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Camurim	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Albatroz	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Coutões I	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Coutões III	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Atlântica	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Caravela	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Coutões II	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Coutões IV	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Mataracá	4 500	100% para Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataracá - PB
Total: 33 Usinas		Potência Total: 414.350 kW	

(Fonte: ANEEL, 2009)

PROINFA – Eólica (Potência)

Contratado	1.422,96 MW
Em Operação	386,63 MW
Em Obras	369,50 MW

PROINFA – Eólica (nº de empreendimentos)

Contratado	54
Em Operação	24
Em Obras	8

(Fonte: ANEEL, 2009)

414,5 MW Instalados (0,37%)
33 Usinas em Operação

Usina Eólica de Taíba - CE



5 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

21

Usina Eólica de Prainha - CE



10 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

22

Usina Eólica de Mucuripe - CE



2,4 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

23

Parque Eólio-Elétrica de Palmas - PR



2,5 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

24

Usina Eólica de Bom Jardim - SC



0,6 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

25

Usina Eólica de Macau - RN



1,8 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

26

Usina Eólica de Água Doce - SC



4,8 MW

(www.ecodebate.com.br)

27

Parque Eólico do Horizonte - SC



9 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

28

Usina Eólica de Rio do Fogo - RN



49,3 MW

(CRESESB, 2006)

29

Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS



50 MW
50 MW
50 MW

(CRESESB, 2006)

30

Central Geradora Eólica Millennium - PB



10,2 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

31

Usina Eólica de Beberibe - CE



25,6 MW

(<http://fotos.passaura.com.br/main.php>)

32

Eólica Paracuru - CE



23,5 MW

(http://flickr.com/photos/evelin_lima/2897091979/)

33

Energia eólica - perspectivas

- **Perspectivas de crescimento e de ser uma alternativa a expansão de geração térmica contribuindo para evitar aumento de emissões.**
- **O grande potencial eólico brasileiro e a evolução tecnológica dos aerogeradores apontam a energia eólica como uma alternativa viável econômica e ambientalmente.**
- **O PNE 2030 indica uma inserção, até 2030, de aproximadamente 5.000 MW da tecnologia eólica.**
- **Os Valores Econômicos da geração eólica variam de 210 a 240 R\$/MWh, para fatores de capacidade entre 0,42 e 0,32, respectivamente, sendo superiores à média de preços dos leilões de energia nova.**
- **Necessidade de continuidade – Leilões anuais para contratação de 1GW de eólica ao longo de 10 anos (proposta ABEEÓLICA, 2009).**

Energia Eólica
X
Energia de Fonte Hídrica → Complementares

34

Eólica

→ Solar Térmica

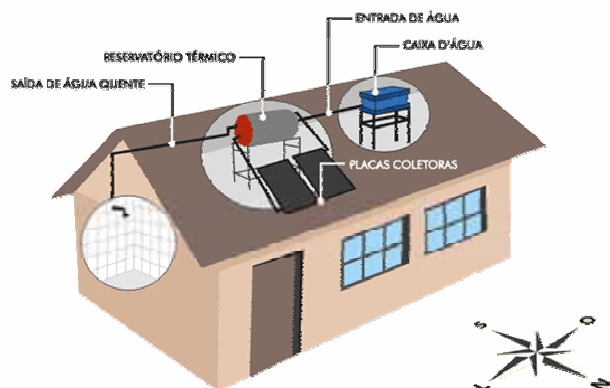
Solar Fotovoltaica

35

Solar Térmico Aquecimento solar residencial

Grande oportunidade de crescimento da utilização de coletores solares planos para aquecimento de água.

É desejável que uma legislação adequada e a disponibilidade de financiamento estimulem sua utilização.

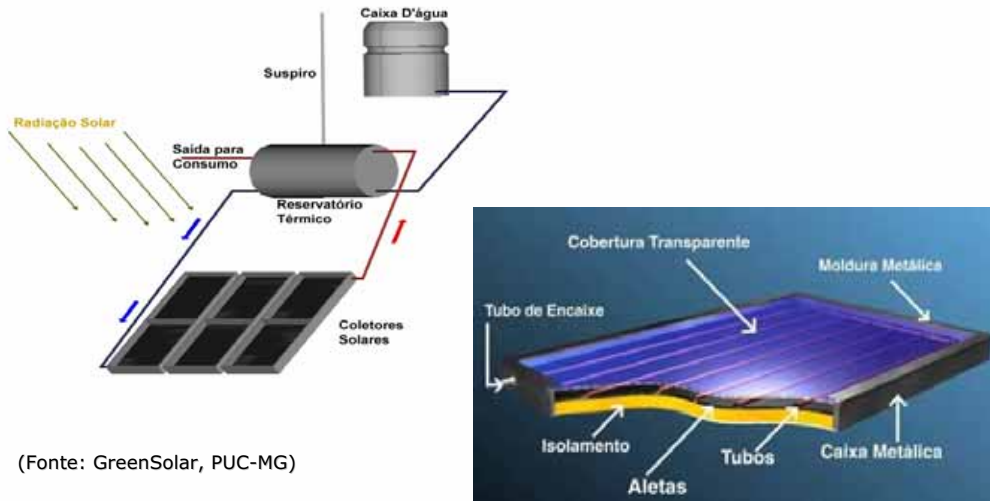


Fonte: <http://www.komeco.com.br/assets/>

36

Sistema Solar Térmico Princípio de Funcionamento

CONSTITUIÇÃO DO COLETOR SOLAR PLANO



(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

37

Solar Térmico Aquecimento solar residencial

- O Brasil possui a sétima maior área de coletores solares instalados do mundo: **3,1** milhões de m²:
 - 84% no setor residencial;
 - 15% no setor terciário (hotéis e serviços);
 - 1% no setor industrial.
- Em termos populacionais, o Brasil possui apenas **1,72** m² de área coletora instalada para cada 100 mil habitantes, muito atrás de Chipre (84,4), Barbados (26,9) e Turquia (13,5).
- A taxa média de crescimento anual da área coletora instalada no Brasil é de **14%**, enquanto no Canadá é de 50%, na Alemanha de 39% e na França e na Grécia, de 34%.

(Fonte: Solar Heat Worldwide, Edition 2008)

38

Exemplos de Aplicações

Em motéis:

Motel Millenium - Presidente Prudente, SP



Capacidade: 30500 lts
Área coletora: 410 m²

(Fonte: Transen)

Motel Dallas - Belo Horizonte, MG



(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

39

Exemplos de Aplicações

Em hotéis:

Hotel Riviera - Araçatuba, SP



Capacidade: 11000 lts
Área coletora: 146 m²

(Fonte: Transen)

Hotel em Porto Seguro, BA



(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

40

Exemplos de Aplicações

Em residências de alto padrão:



(Fonte: Transen)



(Fonte: Transen)

41

Exemplos de Aplicações

Em residências populares:

Conjunto Habitacional Sapucaias - Contagem, MG



(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

42

Em piscinas:

Minas Tênis Clube – Belo Horizonte, SP

Área da Piscina: 1500m²

Área coletora: 930 m²



(Fonte: Site da Polisol)

43

Iniciativas Nacionais:

- Cidades Solares (parceria estabelecida em 2006 entre *Vitae Civilis* e ABRAVA) - www.cidadessolares.org.br
 - ✓ rede de municípios, concessionárias, construtores, tomadores de decisão, ONGs, pesquisadores e cidadãos
 - ✓ foco no desenvolvimento de programas e legislação de incentivo ao uso do aquecimento solar
 - ✓ busca integrar o aquecimento solar no planejamento para a sustentabilidade
 - ✓ aprovação de Leis que obrigam a utilização de sistemas solares térmicos em diversas cidades (São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre e Birigui)

44

Iniciativas Nacionais:






- Substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares em residências de baixa renda realizada por algumas concessionárias de energia elétrica
- Projetos financiados pela Caixa Econômica Federal
- Certificação quanto à qualidade dos produtos através do Programa Brasileiro de Etiquetagem

45

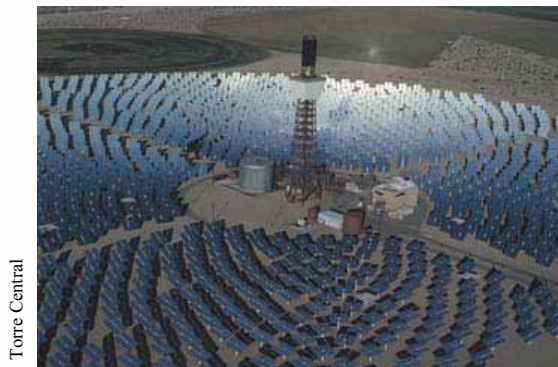
Programa Brasileiro de Etiquetagem

Ensaio em Coletores Solares Planos para Banho e para Piscina e Reservatórios Térmicos:

- ✓ INMETRO – Órgão gerenciador da etiqueta de Conservação de Energia
- ✓ Selo de Eficiência concedido pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- ✓ Testes realizados nos Laboratórios do GREEN SOLAR/PUC-MG (coletor e reservatório) e no IPT-SP (coletor)

Energia (Solar)		COLETOR SOLAR PLANO
Fabricante		ABCDEF
Marcas		XYZ(Logo)
Modelo		IPQR
Pressão de Funcionamento (kPa)	(m.c.a)	XYZ
Aplicação		banho
Mais eficiente		
Menos eficiente		
Produção Mensal de Energia:		
- Por m ² de coletor (kWh/mês.m ²)		00,0
- Por coletor (kWh/mês)		00,0
Área externa do Coletor (m ²)		0,00
Eficiência Energética Média (%)		XY.Z
<small>Regulamento Específico para Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água - RESPROSOL, Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do usuário.</small>		
 PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA		
<small>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTA EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</small>		

46



Torre Central

Potência Instalada (MW)

Concentrador Parabólico	468 MW
Torre Central	11 MW

(Fonte: Wikipedia, 2008)



Concentrador parabólico



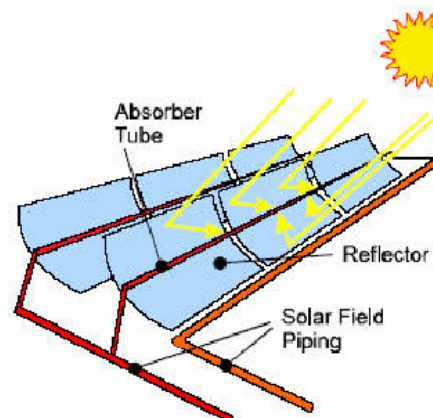
Disco parabólico

47

Heliotérmica

CONCENTRADOR - CILINDRO PARABÓLICO

- Possui uma única linha focal horizontal
- Rastreamento do sol em um eixo
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 390°C



48

CONCENTRADOR - CILINDRO PARABÓLICO

Exemplo de Aplicação – 9 Plantas na Califórnia (*Solar Electric Generating System - SEGS*) com potência instalada total de 354MWe.



49

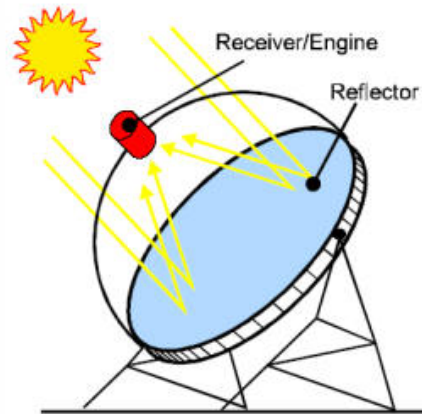
Solar Térmico – Heliotermia Cilindro Parabólico

Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor a plantas industriais. Maior potência instalada e operada atualmente: 80 MW. Existem projetos em desenvolvimento da ordem de centenas de MW.	<ul style="list-style-type: none">•Comercialmente disponível – experiência operacional superior a 10 bilhões de kWh; temperatura de operação até 500 oC (comercialmente provada até 400 oC).•Modularidade•Melhor fator de utilização do espaço físico (uso do terreno)•Possibilidade de armazenamento térmicoPlantas conectadas à rede, fornecimento de calor a plantas industriais.•Maior potência instalada e operada atualmente: 80 MW. Existem projetos em desenvolvimento da ordem de centenas de MW.	<ul style="list-style-type: none">•Menor eficiência solar/elétrica teórica em relação às outras duas tecnologias•O emprego da tecnologia com óleo térmico na transferência de calor que é a tecnologia atualmente comercial e está limitada à temperatura de operação em 400 °C.

50

CONCENTRADOR - DISCO PARABÓLICO

- Rastreia o sol em dois eixos concentrando energia em receptor no ponto focal do disco
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 750°C
- Protótipos em operação Alemanha, Espanha, França, Itália, Índia, EUA.



51

CONCENTRADOR - DISCO PARABÓLICO

Exemplo de Aplicação - Planta Disco/Stirling na Alemanha
10kWe (SBP)



52

Solar Térmico – Helioteria Disco Parabólico

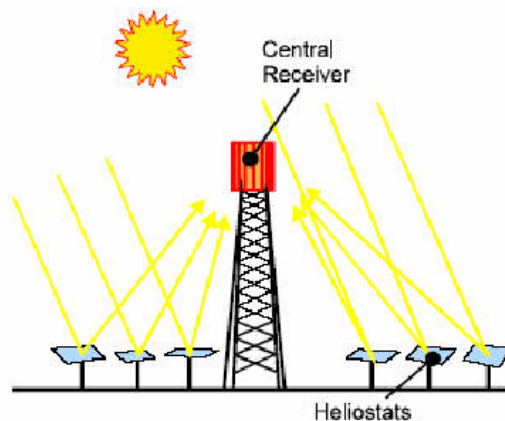
Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Aplicações com potências atualmente utilizadas na faixa de dezenas de kW.	<ul style="list-style-type: none">• Maior eficiência na conversão solar/elétrica• Modularidade• Operação provada em protótipos	<ul style="list-style-type: none">• Confiabilidade precisa ser melhorada.• Os custos projetados para produção em larga escala necessitam de validação.

53

Heliotérmica

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

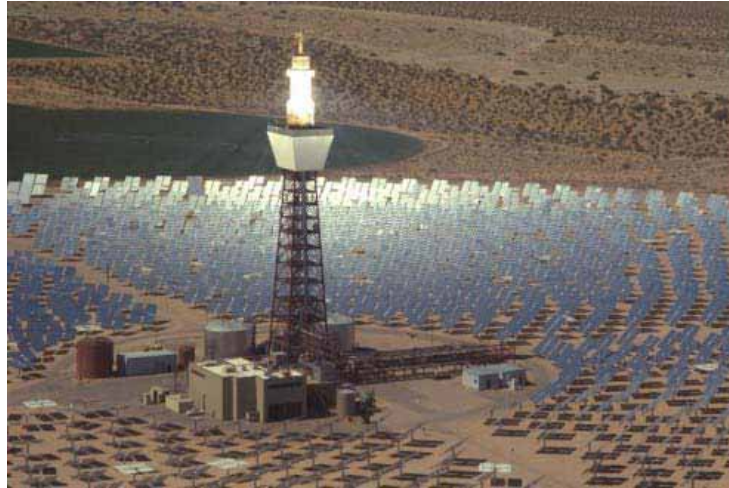
- Coletores com acompanhamento do sol em dois eixos (campo de heliostatos)
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 565°C



54

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

Exemplo de Aplicação - Planta experimental na Califórnia
(Solar One/Two 10MWe)



55

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

Exemplo de Aplicação – Plantas em Sevilha, Espanha: PS10
(em operação comercial desde jun/2007 – 11MWe) e PS20
(em construção – 20MWe)



(Fonte: SolarPACES Annual Report 2007)

56

Solar Térmico – Heliotermita Torre Central

Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor (alta temperatura) a plantas industriais. Maior potência instalada e operada atualmente: 10 MW. Existe projeto em desenvolvimento de 20 MW.	<ul style="list-style-type: none"> Boas perspectivas aumento da eficiência na captação e concentração da energia solar; temperatura de operação de até 1000 °C (provada de 565 °C na planta de 10 MW). Possibilidade de armazenamento a alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> Desempenho, custos de investimento e de operação ainda precisam ser provados em operação comercial. Exige área maior do que a tecnologia de cilindros parabólicos.

57

Solar Térmico Geração de Energia Elétrica - Heliotermita

Sistemas	Custos (US\$/kW)
Fotovoltaico	2.500 a 6.000
Cilindro Parabólico	2.000 a 3.000
Torre Central	3.000 a 6.000
Disco Parabólico	10.000 a 12.000

Desde que haja uma diminuição de custos muito significativa, a geração heliotérmica poderá ser empregada, em particular na Região Nordeste.

Iniciativa governamental de criação de grupos para estabelecimento de uma agenda de P&D.

58

PROJETO PILOTO CEMIG / CEFET-MG

- Projeto P&D ANEEL
- Implantação em junho/2008
- Planta com capacidade de geração de 10 kW
- Uso de alumínio de alta refletância ao invés de espelhos
- Custo total de implantação de R\$500 mil



59

Tecnologias em foco (energia renovável complementar)

Eólica

Solar Térmica



Solar Fotovoltaica

60

Princípio de Funcionamento

Efeito Fotovoltaico - conversão direta de energia luminosa (fótons) em energia elétrica (tensão x corrente)

Célula Fotovoltaica - construída a partir de uma junção p-n de material semicondutor, normalmente o Silício; tem a propriedade de implementar o efeito fotovoltaico

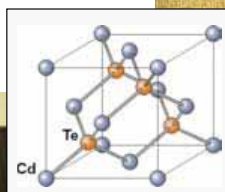
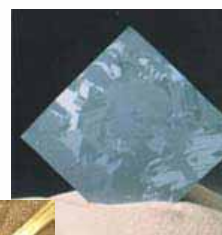
Materiais

O material mais empregado nas células fotovoltaicas atualmente é o Silício (Si), que é o material básico da indústria eletrônica (chips) e o segundo material mais abundante na crosta terrestre (o Brasil tem as maiores reservas mundiais de Silício)

61

Tipos de Células Fotovoltaicas

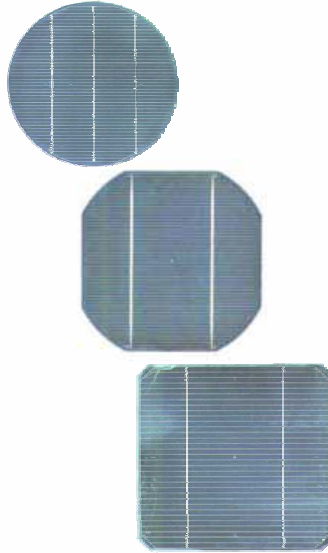
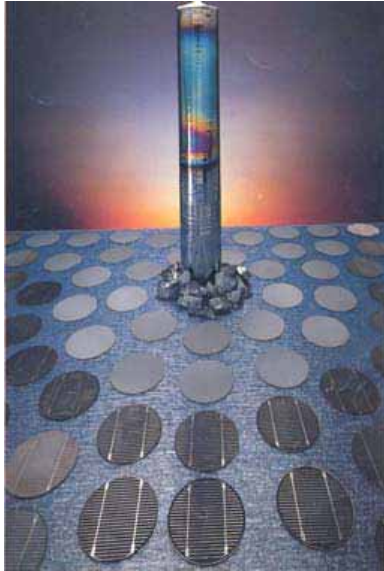
- Silício cristalino – monocristalino e policristalino
- Silício amorfo
- Telureto de Cádmio - CdTe
- Disseleneto de Cobre Índio (CIS – CuInSe₂)
- Arsenieto de Gálio – GaAs
- Células de Multi-Junção
- Corantes



62

Tipo de Módulos Fotovoltaicos

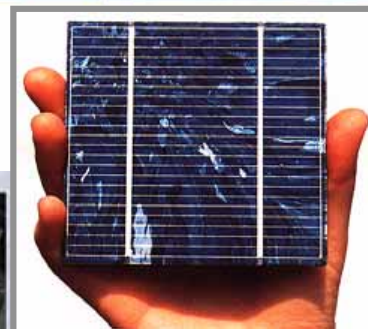
SÍLCIO MONOCRISTALINO



63

Tipos de Módulos Fotovoltaicos

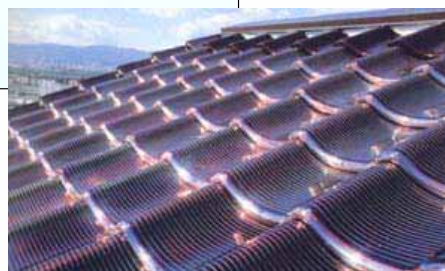
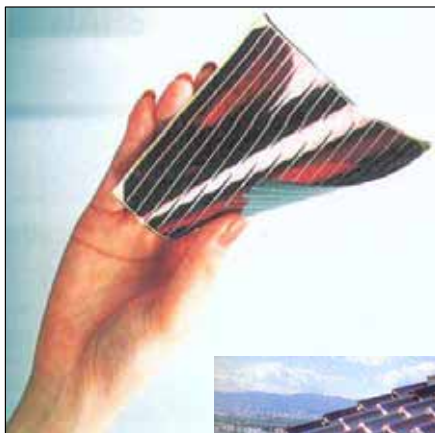
SÍLCIO POLICRISTALINO



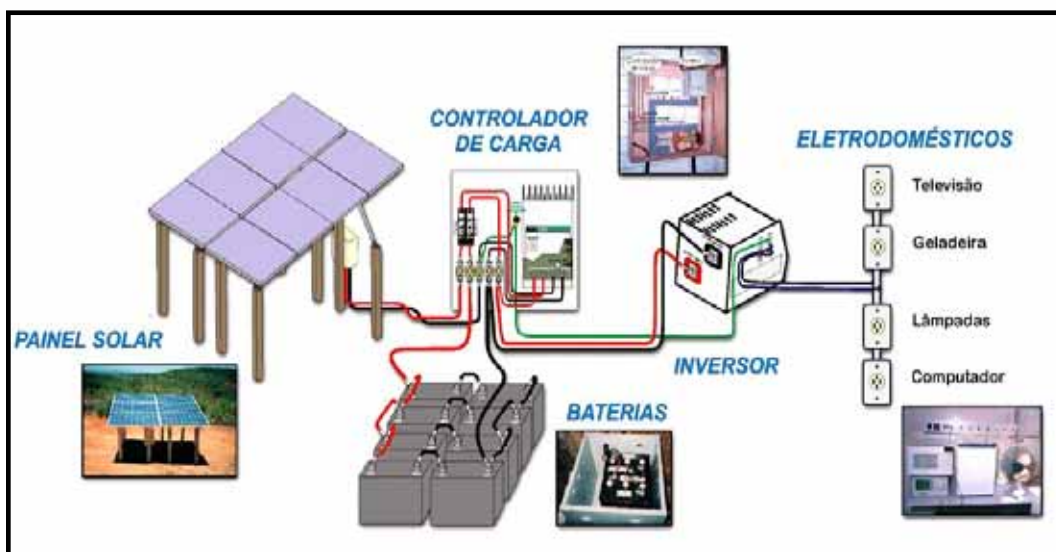
64

Tipos de Módulos Fotovoltaicos

SÍLCIO AMORFO



Sistema Fotovoltaico de Geração de Energia Elétrica



67

Projeto DoE/NREL/CEPEL



Sistemas fotovoltaicos instalados em casas geminadas no município de Pentecoste, CE



68

PRODEEM – Paraty, RJ



Comunidade de Pouso da
Cajaíba: E.M. Pouso da Cajíba,
Centro Comunitário, Posto de
Saúde, Sistema Telefônico



Comunidade de Praia do Sono:
E.M. Martins de Sá, Posto de
Saúde, Centro Comunitário

Fonte: Gera-Sol (SEINPE/RJ)

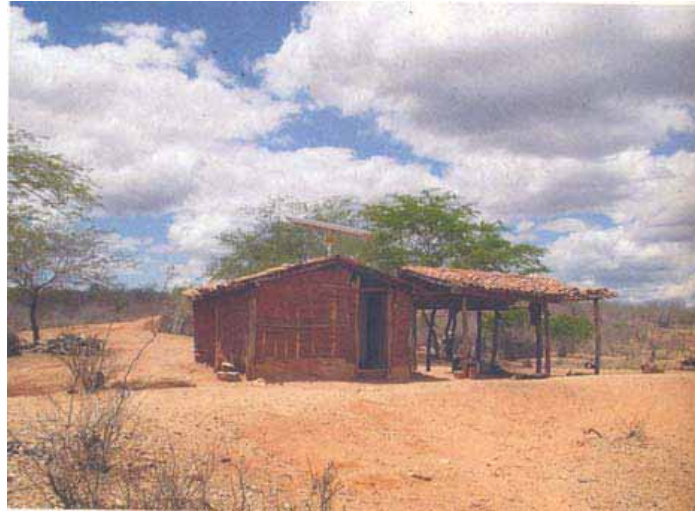
Projeto Ribeirinhas – Amazonas (Parceria ELETROBRÁS/CEPEL/CEAM)



Transporte dos equipamentos



**Sistema instalado em N.S.P.
Socorro – Manacapurú**



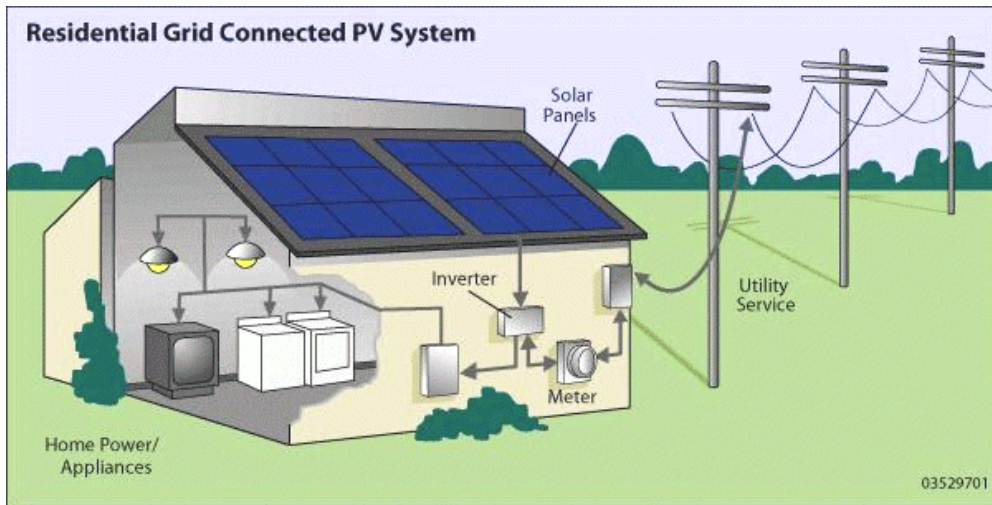
Sistema fotovoltaico instalado na Bahia (COELBA)

71



72

Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede



73

A Experiência Internacional



Sistemas fotovoltaicos residenciais "rooftop"
EUA (esquerda) e Alemanha (direita)

74

A Experiência Internacional



Solar Town

Fonte: Japão/SHARP Corporation

sistemas FV em condomínio residencial - Japão

75

A Experiência Internacional



17 kWp - Alemanha

(Fonte: Site PVDatabase)



100,4 kWp - Madri, Espanha

76

A Experiência Internacional



97 kWp - Alemanha

(Fonte: Site PVDatabase)



85 kWp - Reino Unido

77

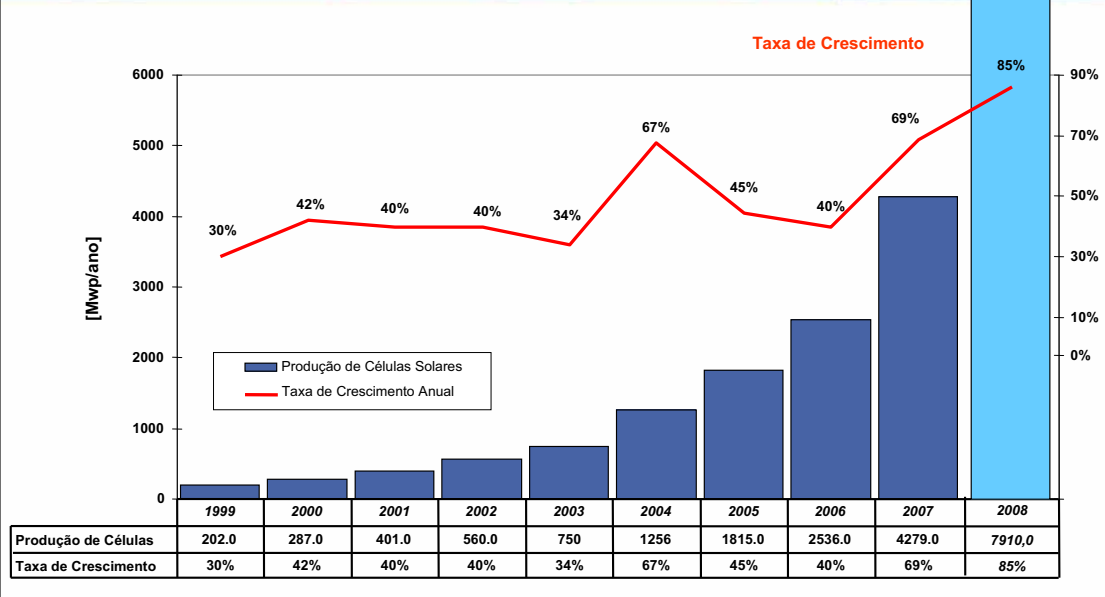
A Experiência Brasileira

Sistemas instalados	Potência (kWp)	Ano de instalação
CHESF	11,0	1995
LABSOLAR-UFSC	2,1	1997
LSF-IEE/USP	0,75	1998
UFRJ/COPPE	0,85	1999
LABSOLAR-UFSC	1,1	2000
Grupo FAE/UFPE (F. Noronha)	2,5	2000
LSF-IEE/USP	6,3	2001
LABSOLAR	10,0	2002
CEPEL	16,2	2002
H R (Porto Alegre)	3,3	2002
Grupo FAE/UFPE (F. Noronha)	2,5	2002
CELESC	4,2	2003
LSF-IEE/USP	6,0	2003
UFRGS	4,8	2004
CEMIG	3,0	2004
Escola Técnica de Pelotas	0,85	2004
LSF-IEE/USP	3,0	2004
Grupo FAE/UFPE	1,7	2005
TOTAL	80,15	

(Fonte: LSF/IEE/USP)

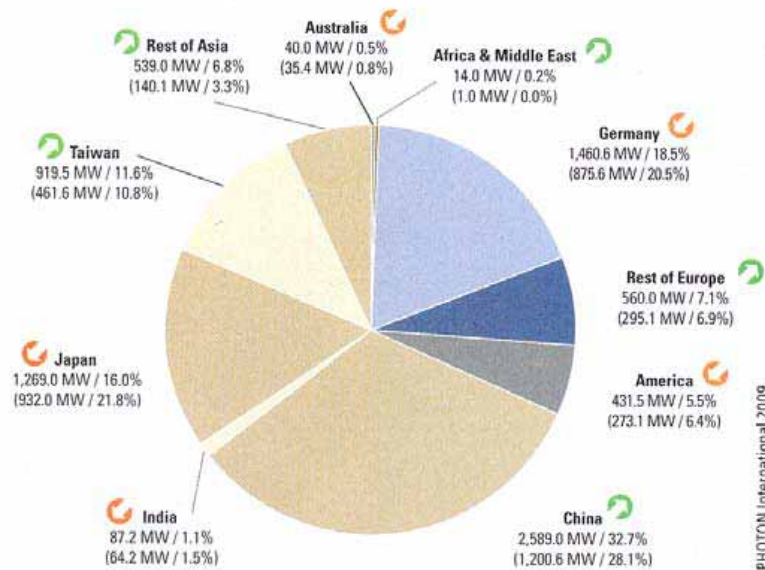
78

Produção Mundial de Painéis Fotovoltaicos



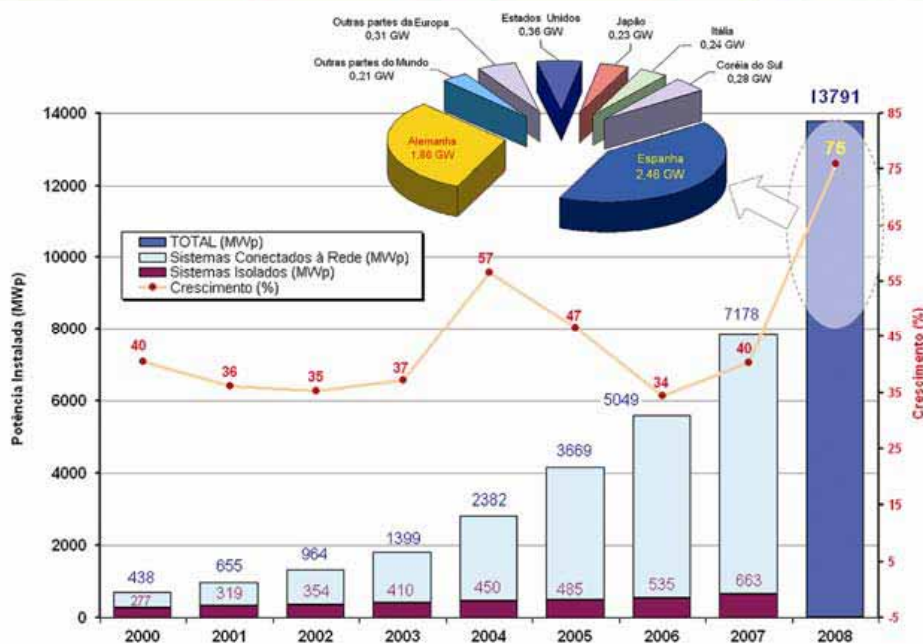
(Photon International -03/09)

Produção Mundial de Painéis Fotovoltaicos Distribuição Regional 2008 (2007)



© PHOTON International 2009

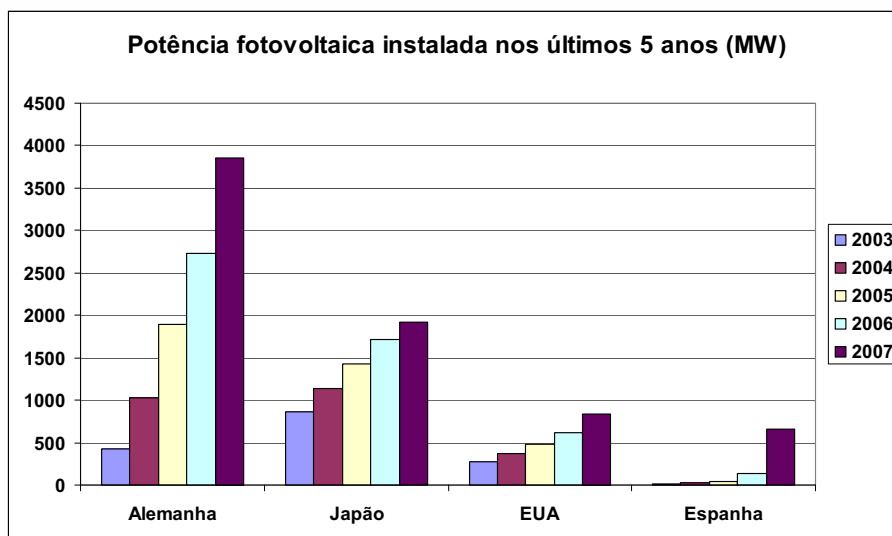
Painéis fotovoltaicos – Potência instalada em nível mundial



(Fonte: SOLARBUZZ, 2009/ PHOTON INTERNATIONAL, 2008)

81

Painéis fotovoltaicos – Potência instalada em nível mundial



(Fonte: Site IEA)

82

Mercado mundial de painéis fotovoltaicos

- Incentivos governamentais expressivos têm sido utilizados para o desenvolvimento deste mercado (*feed-in*, incentivos fiscais, linhas de financiamento especiais, etc.)
- Centenas de fabricantes de painéis fotovoltaicos no mundo
- Predominância de aplicações conectadas na rede elétrica
- Custos: US\$ 2,00/Wp (célula); US\$ 5,00/Wp (módulo completo)
- Evolução tecnológica: Si amorfo com eficiências superiores a 8%

(Fonte: PHOTON INTERNATIONAL, 2009)

83

Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

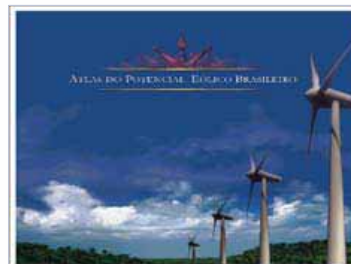
- Tem sido utilizada, no Brasil, em aplicações distantes da rede, em particular na região amazônica e no interior da região nordeste (exemplo: PRODEEM / Luz para Todos)
- Se houver uma redução de custos ainda mais significativa do que a que já está se verificando, aplicações interligadas podem contribuir num cenário distante de substituição de fontes térmicas
- Produção de equipamentos no Brasil tem vantagem de utilizar a base hidráulica (menor emissão na produção de equipamentos)
- Brasil: Maior exportador de Si grau metalúrgico do mundo

84

- Módulos FV – **Importados**. Atualmente sem fabricação expressiva no Brasil. No passado, Fone-Mat e Heliodinâmica (tecnologia 100% nacional). Várias outras empresas já demonstraram interesse em estabelecer-se no Brasil
- Baterias – **Nacionais**. Chumbo-ácido. Produção há décadas (Moura, Delphi e Tudor)
- Inversores e Controladores de Carga – **Importados/Nacionais**. Vários fabricantes no país com pequena produção (Unitron, Pronet, etc.)
- Diversos representantes e fornecedores de fabricantes internacionais
- Associação de Empresas (ABEER - Associação Brasileira de Empresas de Energias Renováveis), fundada em 1995, reúne diversas empresas do setor

85

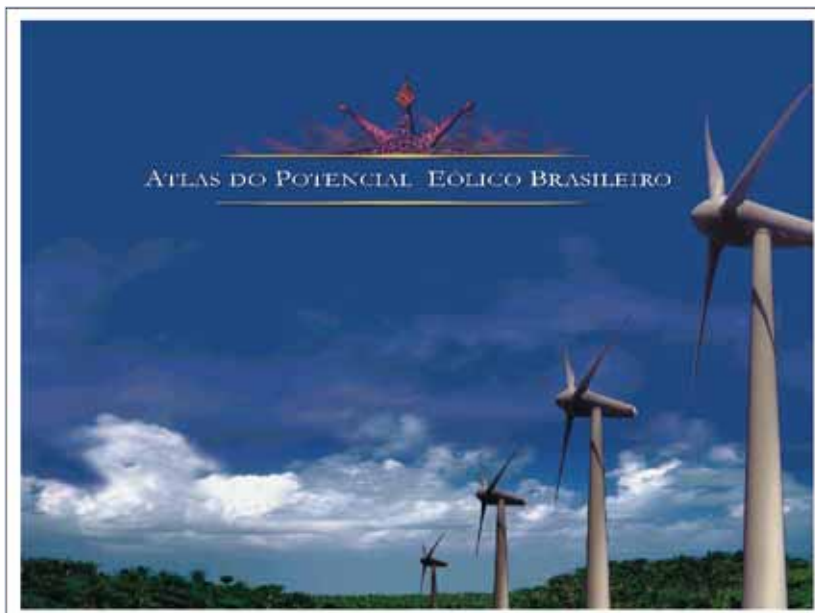
Projetos do CEPEL na área de fontes renováveis de energia



86

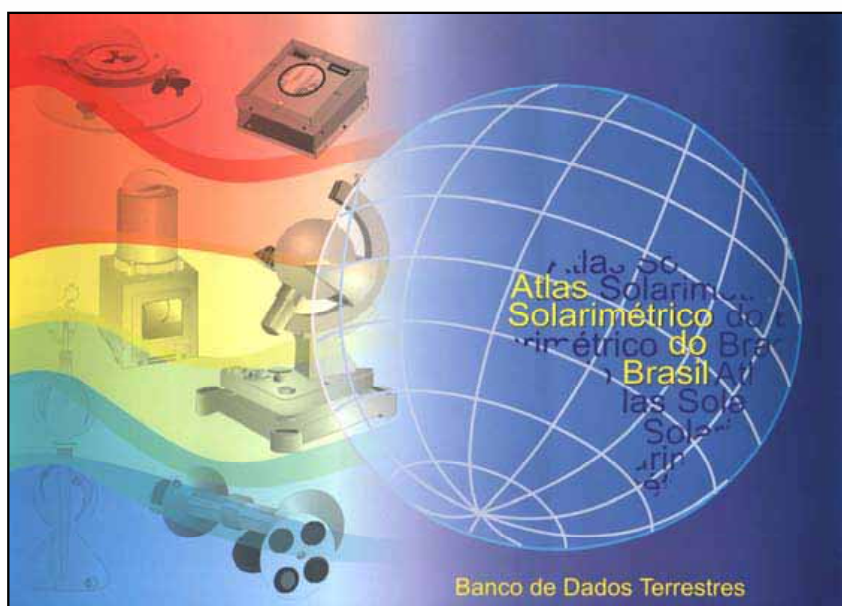
Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



Atlas Solarimétrico do Brasil

CEPEL - UFPE



Telhado solar fotovoltaico

- Painel fotovoltaico de 16,2kWp em operação desde 2002
- Avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede



89

Projetos do CEPEL na área de fontes renováveis de energia

- Prospecção de sítios eólicos (PETROBRAS e FURNAS)
- Certificação de empreendimentos eólicos
- Atualização do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (solicitação do MME e do MCT)
- Ferramentas para planejamento energético – CHESF
- Sistema WebGIS Renováveis
- Sistema híbrido de geração de energia elétrica para a Ilha da Trindade (ELETROBRÁS – Marinha)
- Sistema híbrido de geração de energia elétrica para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Marinha)
- Apoio ao PRODEEM
- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB

90

- Áreas promissoras (Atlas, SIG)
- Avaliação do local
- Acesso
- Subestações
- Disponibilidade das áreas (restrições técnicas)
- Interferência acústica
- Flexibilidade de negociação das áreas promissoras
- Campanha de medição - análise dos resultados
- Restrições para o transporte do material do porto até o local

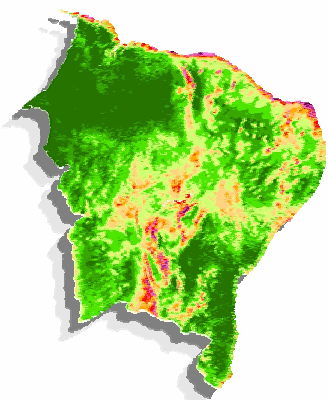


Participação contínua nos grupos de trabalho para tradução da família de normas IEC 61400.

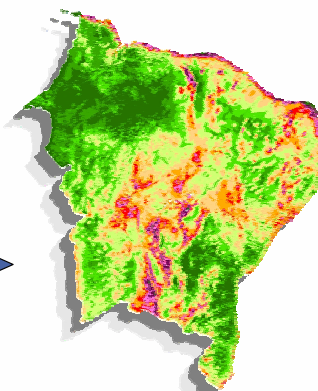
Tradução e publicação da primeira norma IEC em português: Norma ABNT NBR IEC 61400-1.

Atualização do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

Desenvolvimento de uma plataforma que permita a atualização permanente do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro e disponibilize previsões de vento para a sociedade, visando principalmente o desenvolvimento da energia eólica no país.



Dados de Vento a 50 m de altura



Dados de Vento a 100 m de altura

Arquitetura do Atlas Dinâmico do Potencial Eólico Brasileiro



Ferramenta GIS para identificação de áreas promissoras para empreendimentos de energias renováveis - CHESF

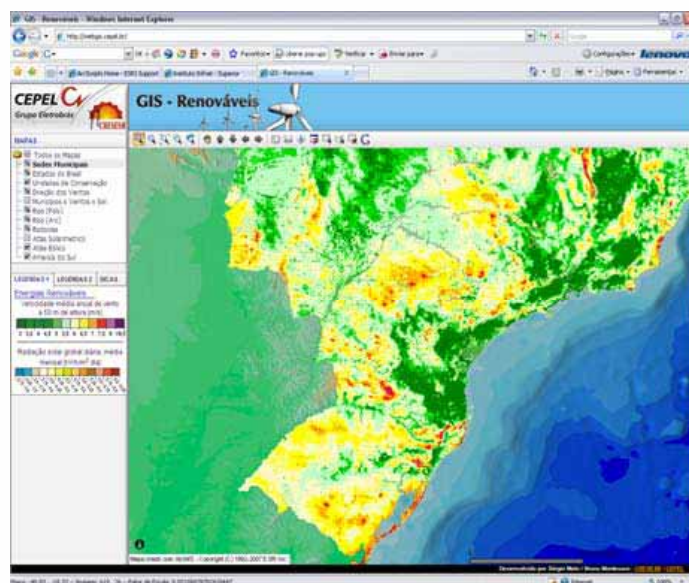


Ferramentas de Navegação.

Visualização do potencial de ventos da Região Nordeste.

Temas disponíveis no Banco GIS do Sistema.

WebGIS Renováveis



Ferramenta web que disponibilizará consultas aos dados de energia eólica e solar de maneira fácil e dinâmica em um *browser* (Internet Explorer, por exemplo) de qualquer computador conectado à Internet.

Projetos CEPEL – MARINHA

- *Arquipélago São Pedro e São Paulo*
- *Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade*



Arquipélago de São Pedro e São Paulo

- Localizado a cerca de 1.010km do ponto mais extremo do RN
- Parceria entre o MME, o CEPEL e a Marinha do Brasil
- Sistema fotovoltaico instalado em jun/1998
- Painel fotovoltaico de 3,6kWp
- Dessalinização de água



Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

- Nova ECASPSP inaugurada em junho de 2008
- Painel fotovoltaico de 7,8kWp
- Equipamentos mais modernos
- Dessalinização de água



Nova Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo

99

Arquipélago de São Pedro e São Paulo



100

Desenvolvimento de estudos de viabilidade para implantação de um projeto de geração de energia elétrica, através de fontes renováveis, que substitua, no todo ou em parte, o sistema gerador existente, buscando o uso eficiente de energia e a sustentabilidade ambiental da Ilha da Trindade.



101

Benefícios do projeto

- Redução da carga do navio, com a consequente redução do consumo de óleo Diesel do mesmo.
- Redução do consumo de combustível para geração de energia elétrica de cerca de 60.000 para 5.000 litros anuais.
- Redução dos impactos negativos causados ao meio ambiente decorrentes do derramamento de óleo, durante o seu embarque e desembarque e durante o abastecimento dos geradores Diesel.
- Redução da emissão de CO₂ (cerca de 260 toneladas/ano).

102

Apoio técnico ao PRODEEM desde 1995.

Atividades concluídas:

- instalação de sistemas fotovoltaicos durante a primeira fase;
- apoio técnico para confecção dos editais de licitação de compra de equipamentos;
- apoio na elaboração do Plano de Revitalização e Capacitação do PRODEEM.

Atividades atuais:

- desenvolvimento do Sistema Gerencial do PRODEEM;
- apoio na análise dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento instalados no campo.

103

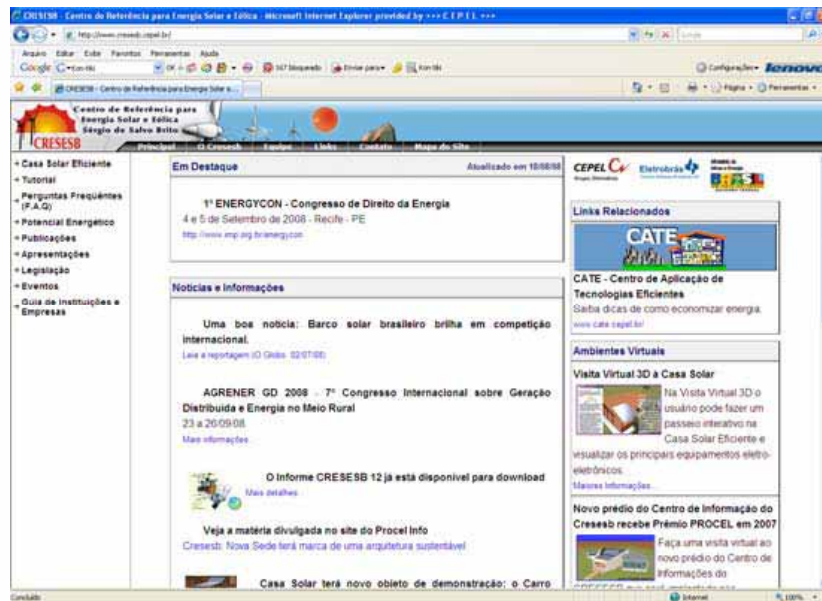
Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB

Promover o desenvolvimento das energias solar e eólica através da difusão de conhecimentos, da ampliação do diálogo entre as entidades envolvidas e do estímulo à implementação de estudos e projetos.



104

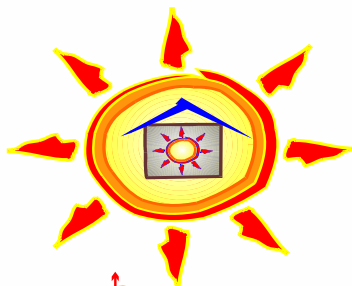
Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB



www.cepel.br/cresesb

105

Casa Solar Eficiente



CASA SOLAR EFICIENTE



106



Foram tomados cuidados com relação à orientação do prédio, integração dos painéis, iluminação eficiente, cobertura e fachada verdes, ventilação cruzada, laje e parede com colchão de ar, reutilização de água de chuva, equipamentos de economia de água e proteção solar das esquadrias.

Obrigada por sua atenção!

www.cepel.br/cresesb

patricia@cepel.br

Telefone: (21) 2598-6174