

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás



**FONTES RENOVÁVEIS,
MEIO AMBIENTE E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**II Congresso Brasileiro de
Eficiência Energética**

Vitória - 18 de Setembro de 2007

PROMETO / QUE NO EXERCÍCIO DA PROFISSÃO DE ENGENHEIRO / HONRAREI OS DEVERES QUE ELA IMPÕE / E CONTRIBUIREI COM O PODER DO MEU ESPÍRITO / PARA O DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA / PROGRESSO E GLÓRIA DE NOSSO PAÍS / COM DIGNIDADE E RESPEITO AOS DIREITOS HUMANOS / PRESERVANDO O MEIO AMBIENTE / POIS DELE DEPENDE O NOSSO FUTURO / E O DE NOSSOS DEPENDENTES

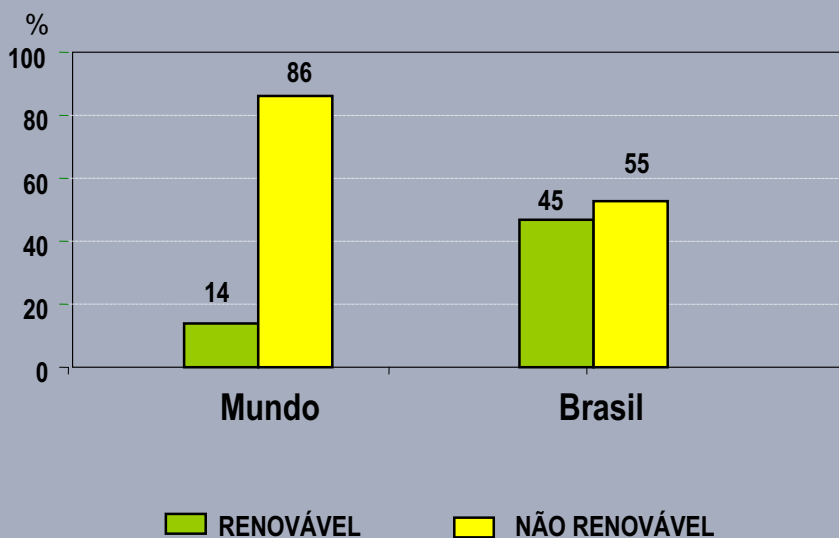
Energia: Brasil e Mundo

- **Evolução da matriz elétrica brasileira até 2030**

Energia no novo século: impactos ambientais

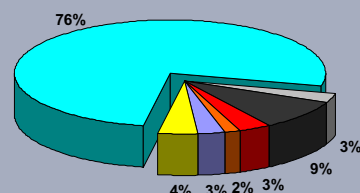
Novas fontes renováveis

Conclusões

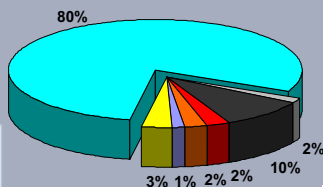


Matriz Elétrica

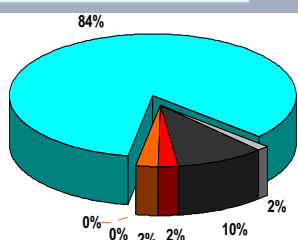
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



2015 (Plano Decenal de EE)
(Renováveis: 83,7%)

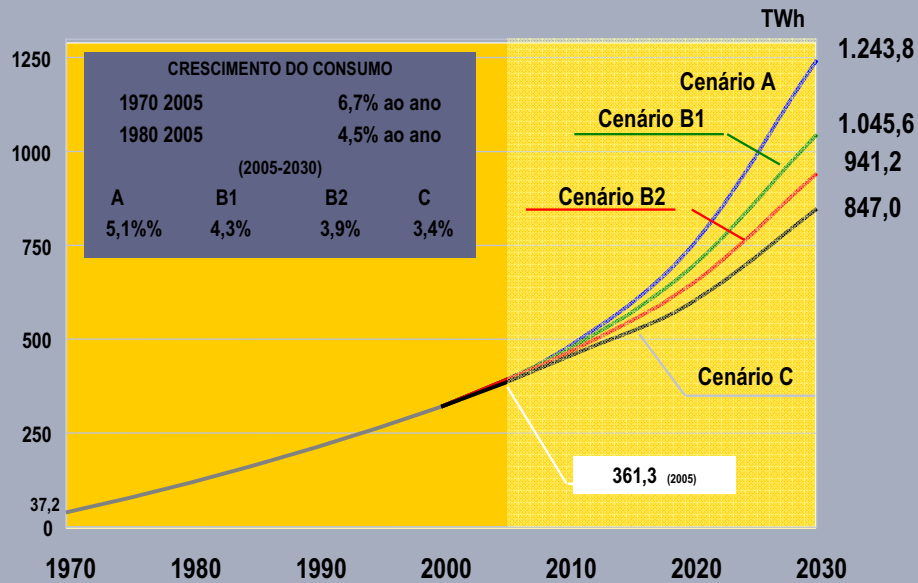


2005
(Renováveis: 84%)



- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

Projeção de Consumo Final: Eletricidade

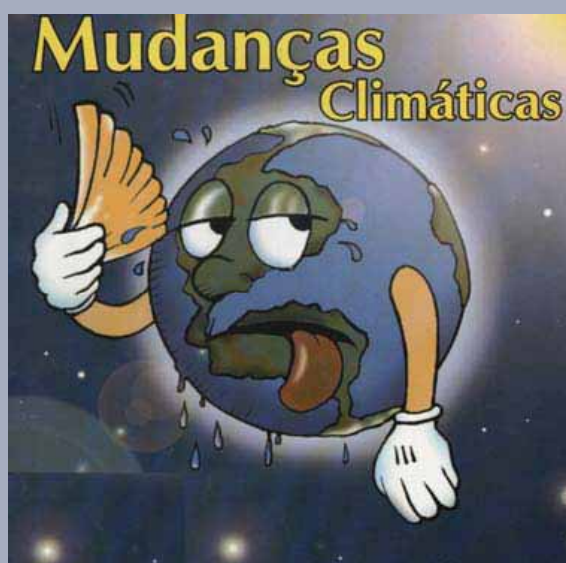


Emissão de CO₂ de Diversas Tecnologias



Tecnologias	Emissões de CO ₂ nos estágios de produção de energia (ton/GWh)			
	Extração	Construção	Operação	Total
Planta convencional de queima de carvão	1	1	962	964
Planta de queima de gás	0	0	484	484
Pequenas hidrelétricas	-	10	-	10
Energia eólica	-	7	-	7
Solar fotovoltaico	-	5	-	5
Grandes hidrelétricas	-	4	-	4
Solar térmico	-	3	-	3
Lenha (Extração programável)	-1.509	3	1.346	-160

Fonte: "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020" - World Energy Council - 1993



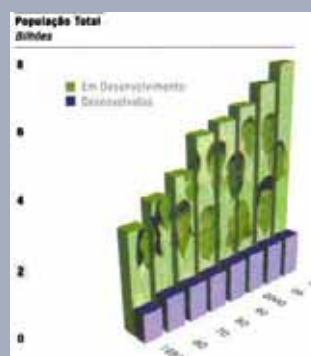
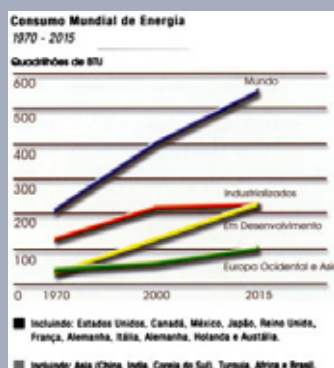
FONTE: Instituto de Pesquisa ambiental da Amazônia

Carvão:	1,94 a 14,60
Turbina a gás:	0,97 a 3,89
Nuclear:	0,19 a 0,58
Fazenda Eólica:	0,05 a 0,24

*Estimativa de custos para a sociedade e para o ambiente decorrentes de uso de combustíveis fósseis e nucleares, não incluindo lixo nuclear e custos de desativação.

Estudo da UE, ExtermE - WSJ - 2002

Uso da Energia: Tendência



FONTE: Informativo da Eletronuclear - agosto 2001

Uso de Energia: Panorama

A busca de soluções para a problemática energética passa atualmente por três caminhos:

- *Busca de fontes renováveis de energia menos agressivas ao meio ambiente.*
- *Melhoria da eficiência energética dos diversos equipamentos transformadores de energia.*
- *Combate ao desperdício energético.*



Uso de Energia: Conclusão

“Do ponto de vista ambiental, a sustentabilidade do desenvolvimento depende, entre outras medidas, da contenção das emissões de gases poluentes, da conservação das condições agricultáveis do solo, da não contaminação das águas, da exploração racional dos recursos fósseis e da melhor utilização dos recursos renováveis”

→ Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

→ Eólica

→ Biomassa

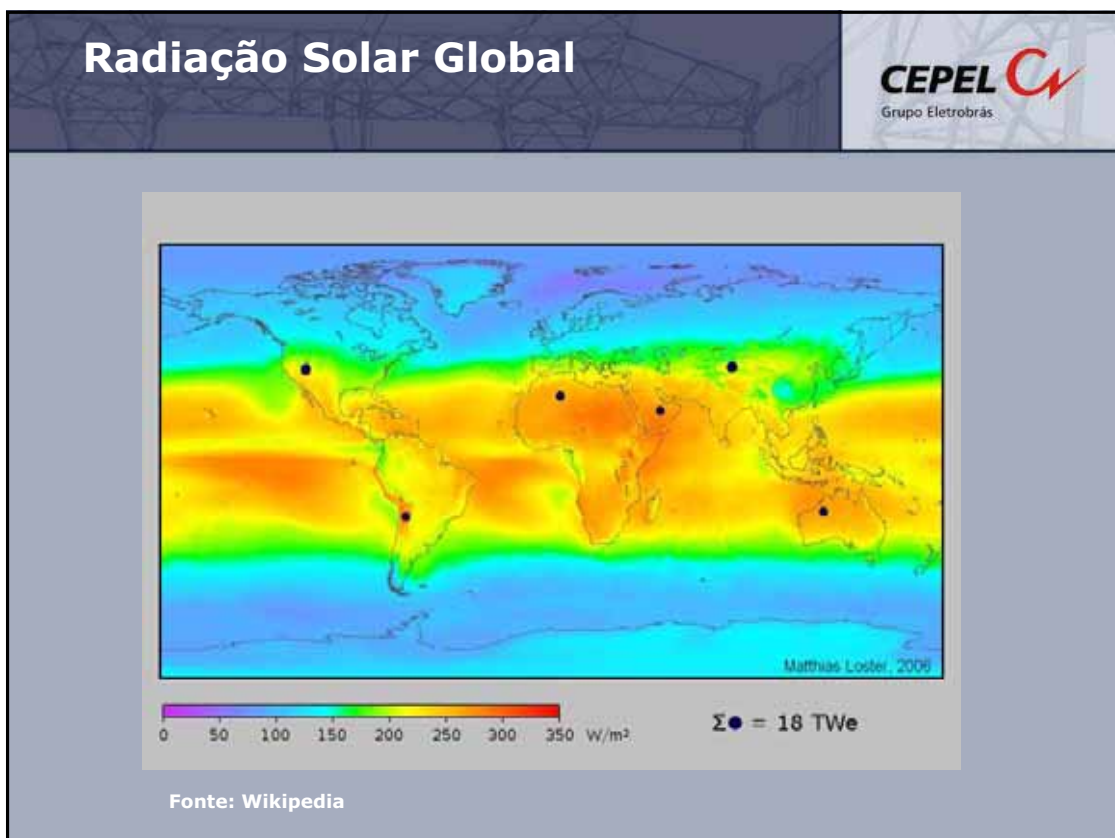
→ Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Maturidade e Custos das Tecnologias

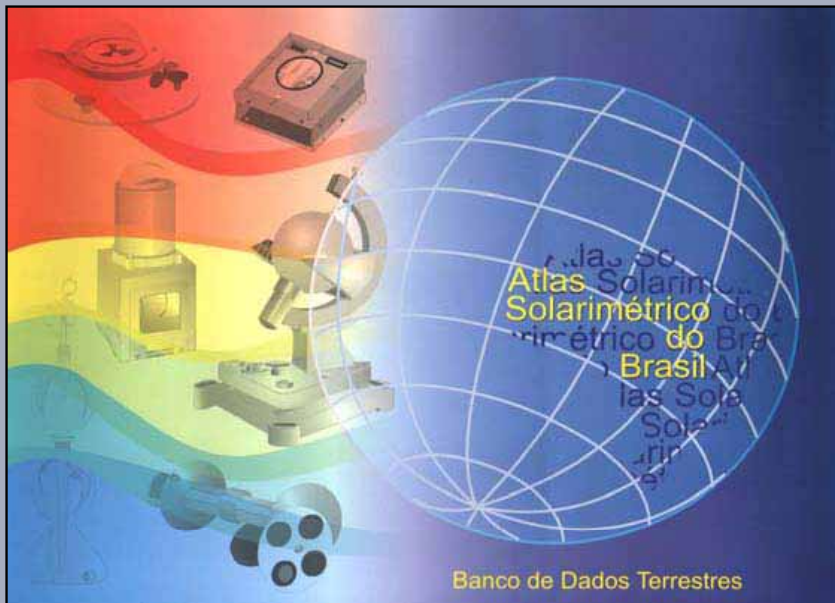
TECNOLOGIA	POTENCIAL (GW)	TAMANHO TÍPICO (KW)	APLICAÇÃO	MATURIDADE DA TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA	CUSTO INVESTIMENTO (US\$/KW)	CUSTO O&M (US\$/MW/h)	CUSTO COMBUSTÍVEL (US\$/MW/h)	CUSTO GERAÇÃO (US\$/MW/h)	EFICIÊNCIA
SOLAR FOTOVOLTAICA	-	0.05 A 10	- INTERMITENTE - GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA (GRID)	MÉDIA (GRID)	4.000 a	4 a	0.	250 a	10 a
				COMERCIAL (OFF-GRID)	ALTA (OFF-GRID)	9.000	20	500	18	
HELIOTÉRMICA	-	30.000 A 200.000	- BASE - GRID	PRÉ COMERCIAL	ALTA	1.000 a	4 a	0.	100 a	15 a
				COMERCIAL	ALTA	4.800	23	250	30	
				COMERCIAL	ALTA	2.600 a	4 a	130 a	15 a	
DISCOS	-	20 a 50	- BASE -GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA	MÉDIA	5.000 a	23 a	0.	250 a	30 a
				DEMONSTRADA	MÉDIA	800 a	15 a	100 a	15 a	
EÓLICA	30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	700 a	4 a	0.	35 a	25 a
				COMERCIAL	ALTA	1.200	12	120	45	
BIOMASSA	27.7	10 a 50.000	-BASE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	500 a	6 a	20 a	38 a	25 a
				COMERCIAL	ALTA	2.500	12	100	78	35
PCH's		50 A 1.000	-VARIÁVEL -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1.000 a	6 a	0.	35 a	60 a
				COMERCIAL	ALTA	3.000	15	102	85	

Em comparação de custos deve-se levar em conta o da rede de distribuição



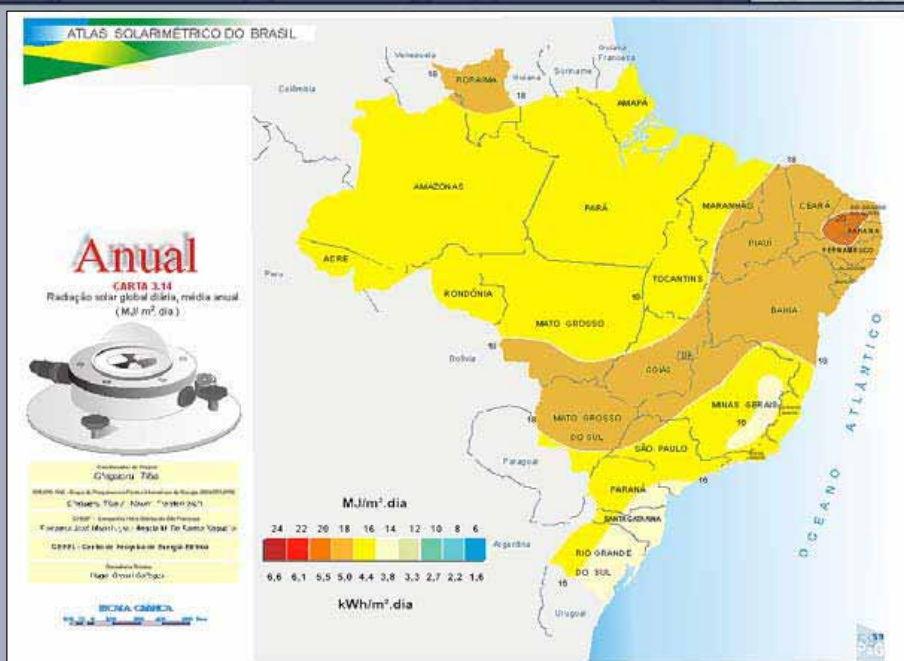
Atlas Solarimétrico do Brasil UFPE

CEPEL 
Grupo Eletrobrás

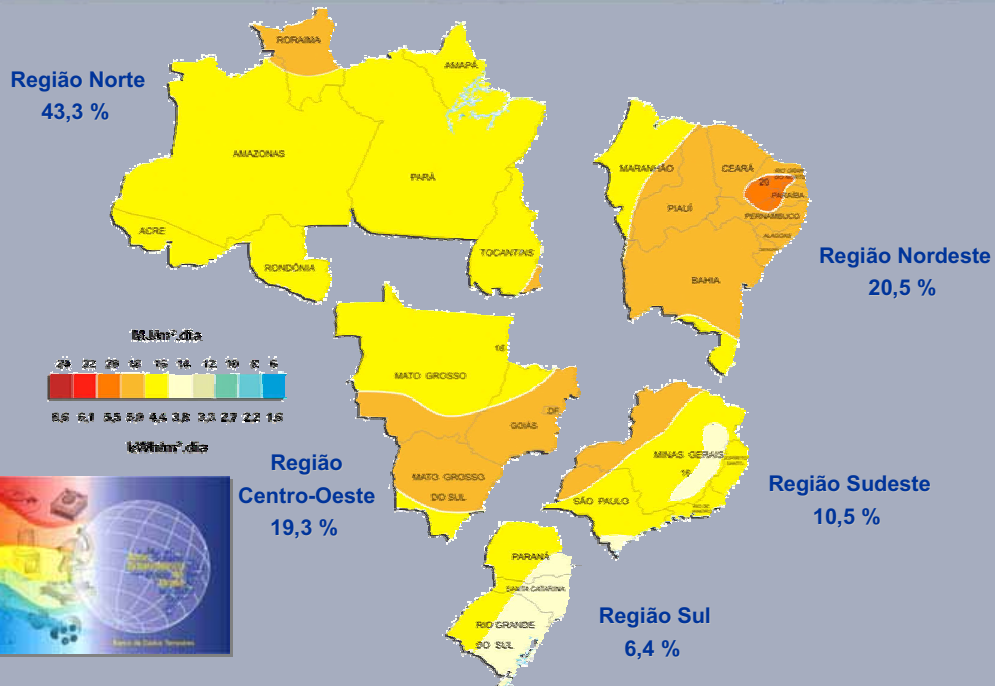


Radiação Solar Global Média Anual

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Potencial Solar por Região



Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

➡ **Solar Fotovoltaica**

Solar Térmica

Eólica

Biomassa

**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



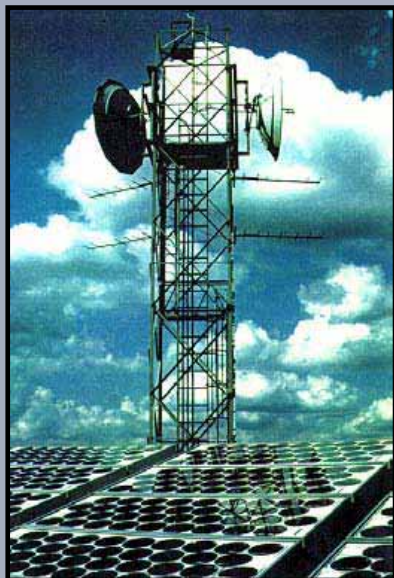
Tecnologia Fotovoltaica - Aplicações

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Satélites de comunicação, sensoriamento, pesquisa etc

Tecnologia Fotovoltaica - Aplicações



Estações repetidoras de micro-ondas, rádio VHF/UHF ou TV

Avião Solar

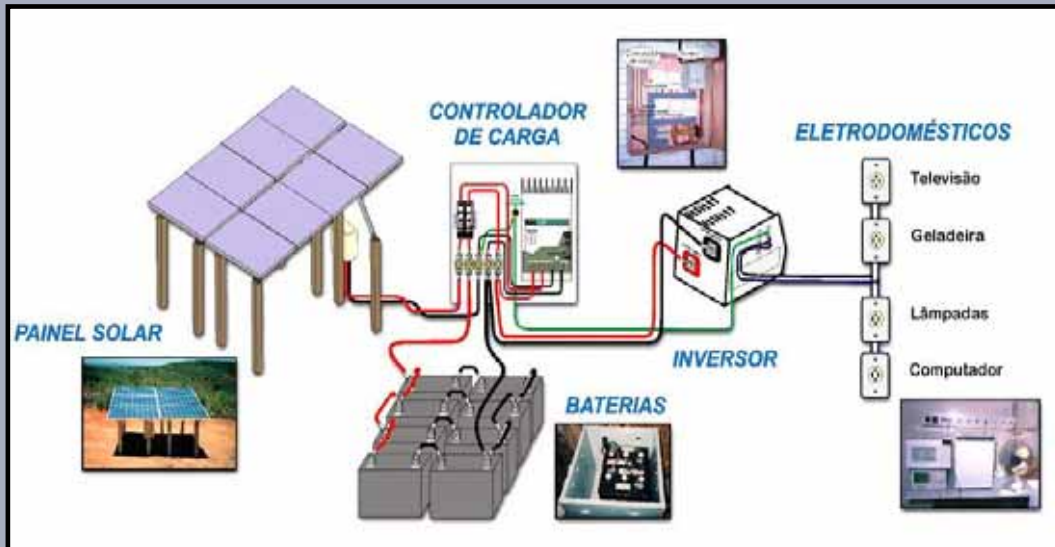
PV rises to the challenge

A new world record altitude of 96,500 feet (29,400 metres) was reached by the prototype of the solar-powered Helios Flying Wing on 13 August. This is the first time that non-rocket powered craft have maintained this altitude. The test flight was made from the US Navy's Pacific Missile Range Facility on the Hawaiian island of Kauai. Flying at around 25 mph (40 km/h), Helios was in the air for almost 17 hours.

The span of the Helios Prototype is 247 feet (75.3 metres). The craft has been developed for NASA's Dryden Flight Research Center by AeroVironment Inc., under the former's Environmental Research Aircraft and Sensor Technology, with the eventual aim of carrying scientific payloads. Future missions, involving a regenerative fuel system, will permit months-long flights.



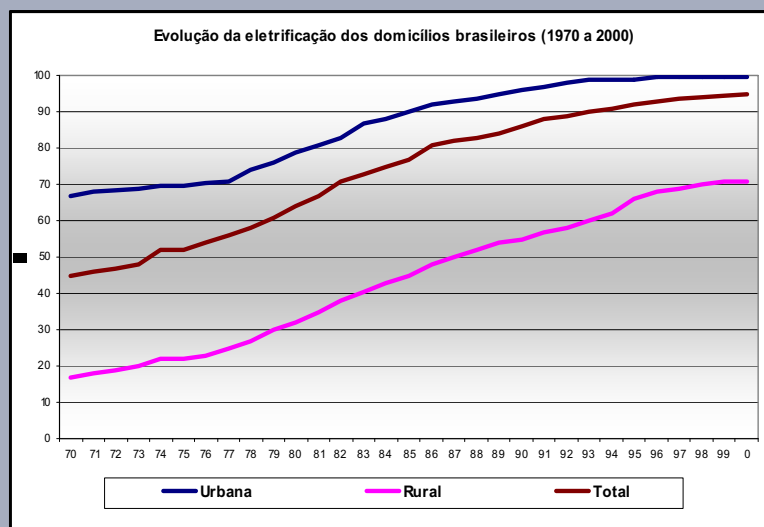
Sistema Fotovoltaico de Geração de Energia Elétrica



Universalização: metas e desafios



Universalização: metas e desafios



Fonte: Relatório CEPEL-DTE 211035/2003 - giannini@cepel.br

Energia e Inclusão Social



Escola da comunidade de Baixão do Archanjo Município de Barra



Sistema Fotovoltaico
N.S.P. Socorro - Manacapuru

A Exclusão Urbana



Instalações Fotovoltaicas Tocantins



Crianças assistindo à TV pela primeira vez na comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis



Sistema de bombeamento da comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis

Sistema de Bombeamento Fotovoltaico

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Abastecimento comunitário de água da comunidade de Amapá Grande
Município de Amapá - AMAPÁ



Sistema energético no posto de saúde e bombeamento da comunidade de Lago Novo
Município de Tartarugalzinho - AMAPÁ

Instalações Fotovoltaicas Projeto Ribeirinhas – Amazonas (Parceria Eletrobrás)

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Transporte dos equipamentos fotovoltaicos



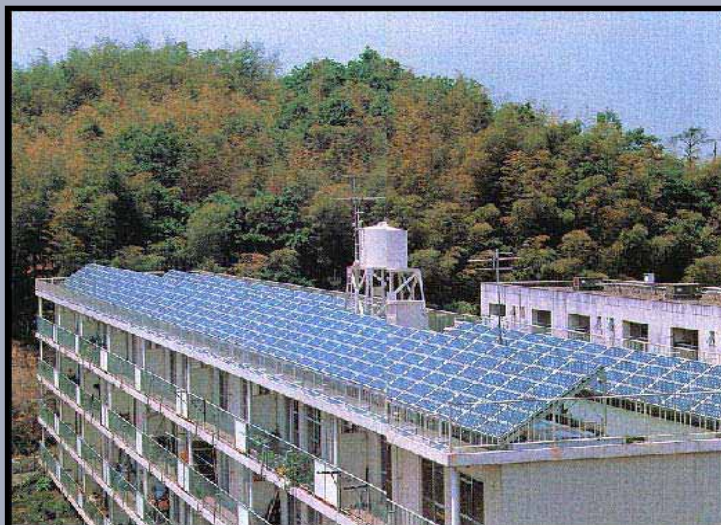
Sistema solar fotovoltaico instalado em N.S.P. Socorro – Manacapurú

Telhado Solar Fotovoltaico

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



Tecnologia Fotovoltaica Sistemas Conectados à Rede



*Sistema fotovoltaico sobre o telhado
de um condomínio residencial - Japão*

Tecnologia Fotovoltaica Sistemas Conectados à Rede

Painel fotovoltaico de a-Si
integrado ao revestimento
da fachada de vidro em um
prédio no Japão





SOLAR FOTOVOLTAICO

- **Pode contribuir, num primeiro momento, em aplicações distantes da rede, em particular na região amazônica**
- **Caso haja uma significativa redução de custos, aplicações interligadas podem contribuir num cenário em que substitua fontes térmicas**
- **Produção de equipamentos no Brasil tem vantagem de utilizar a base hidráulica (menor emissão na produção de equipamentos)**
- **Melhorando condições de vida no campo pode ajudar a fixar populações na área rural diminuindo a pressão sobre os grandes centros**

Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

Eólica

Biomassa

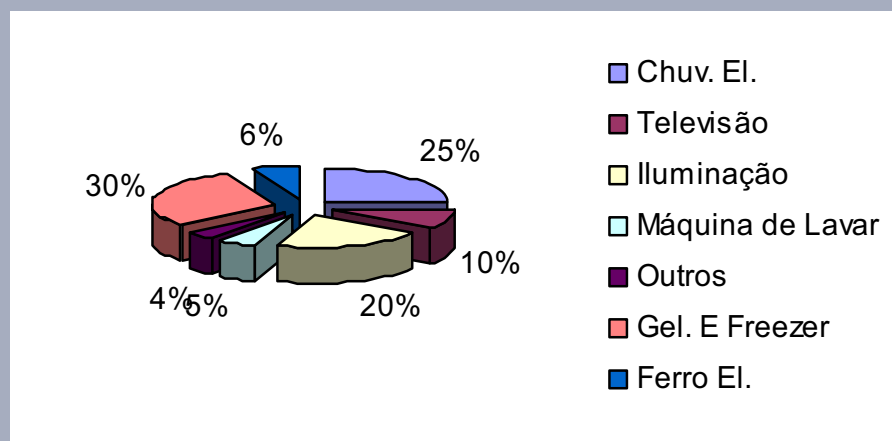
Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Aquecimento Solar



Como as pessoas usam a energia de um modo geral:



Aquecimento Solar

- 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 39%, na França e Grécia, 34%.

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia



Discos

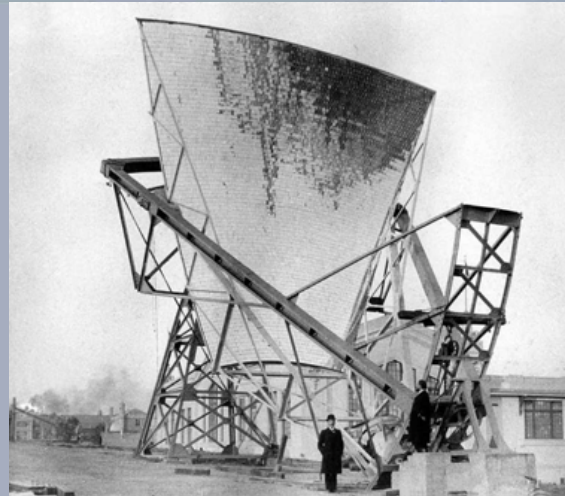


Cilindros

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia

Torre Central





Padre Manuel A. Gomes junto ao seu Pirelióforo apresentado na Exposição Universal de Saint Louis, em 1904, onde foi galardoado com o Grande Prémio. (50 m²; ~3800°C).

SOLAR TÉRMICO

- **Grande oportunidade de crescimento da utilização de coletores solares desde que legislação e financiamento estimulem sua utilização**
- **Desde que haja diminuição de custos, geração heliotérmica poderá dar sua contribuição, em particular na Região Nordeste**

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica



Biomassa

Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



**Pequeno Porte
(≤ 10 kW)**

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



**Intermediário
(10-250 kW)**

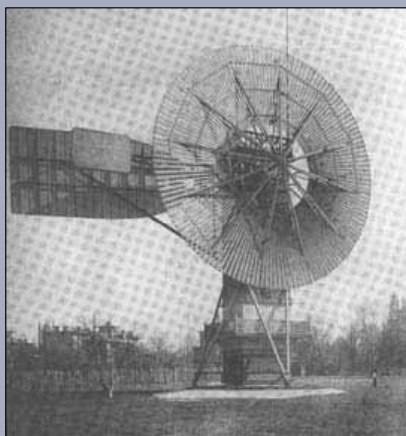
- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída



Grande Porte (250 kW - 2+MW)

- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída



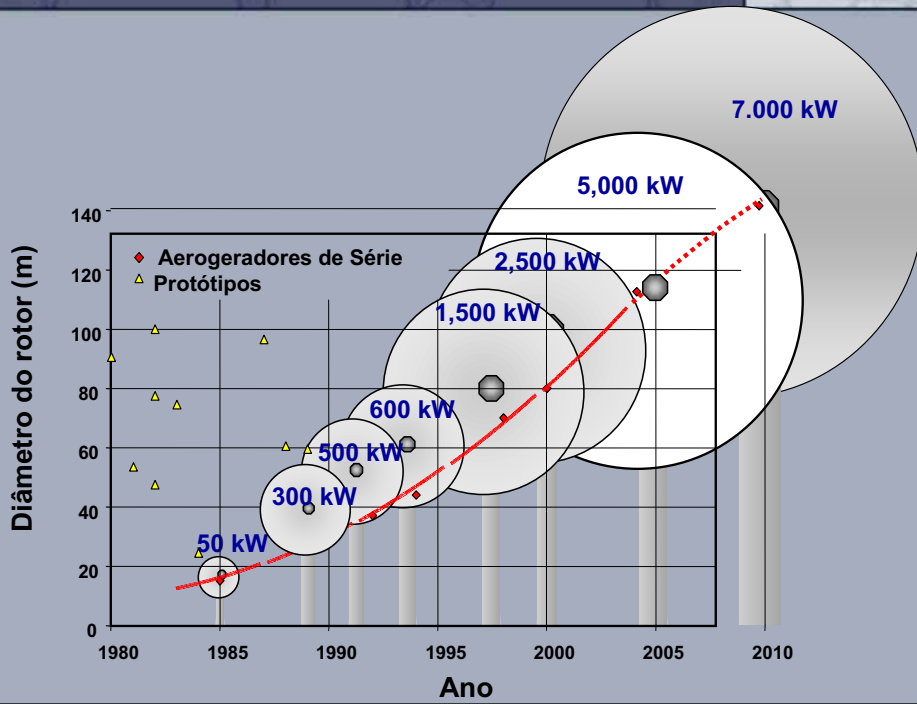


**Turbina Eólica de Brush
(1888) - 12 kW**

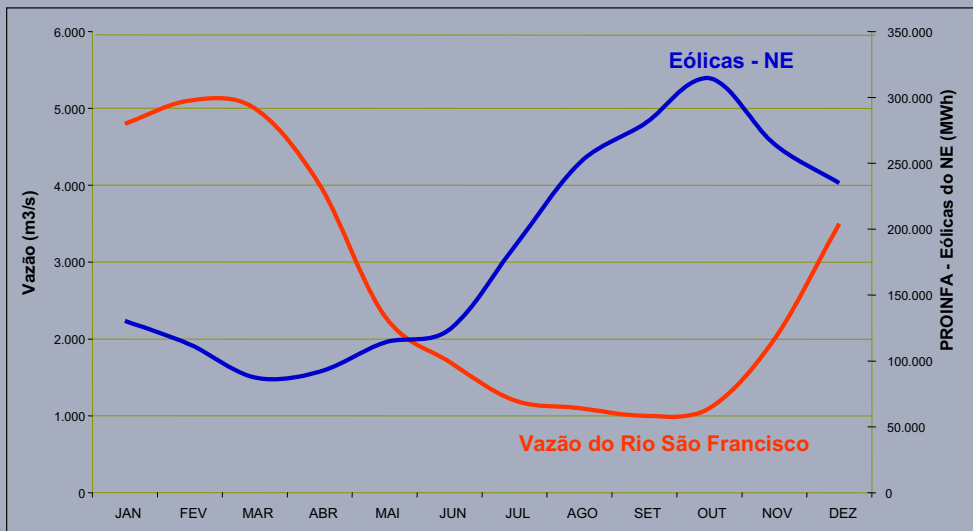
**Turbina Eólica Balaclava
(1931) – 100 kW**



Desenvolvimento da Tecnologia



SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA



Energia Eólica e o Meio Ambiente

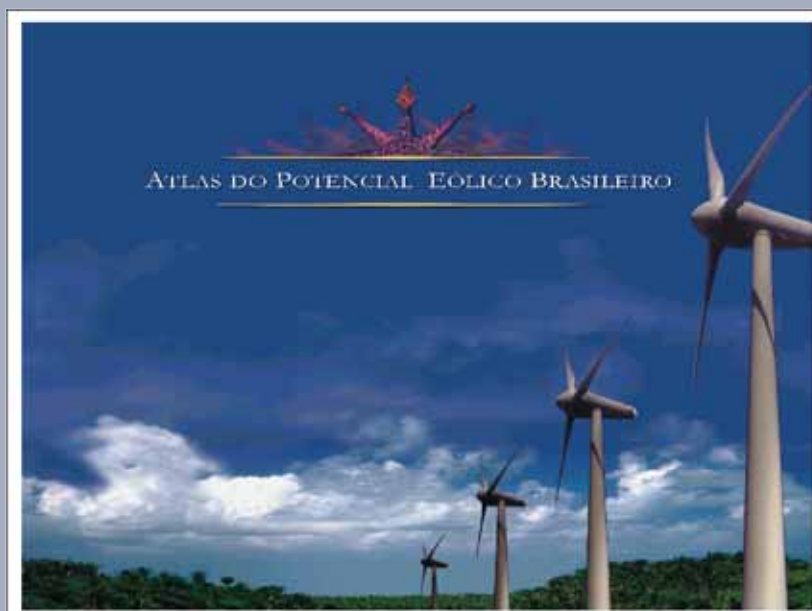
CEPEL 
Grupo Eletrobrás

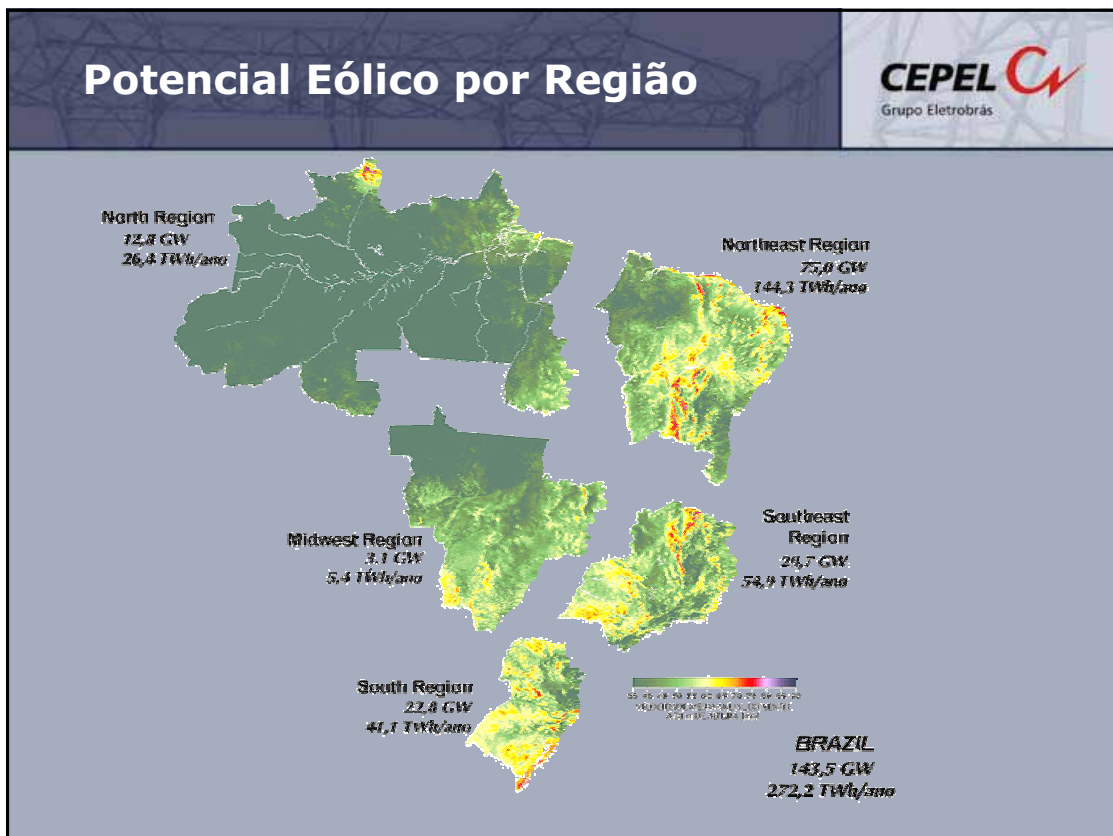
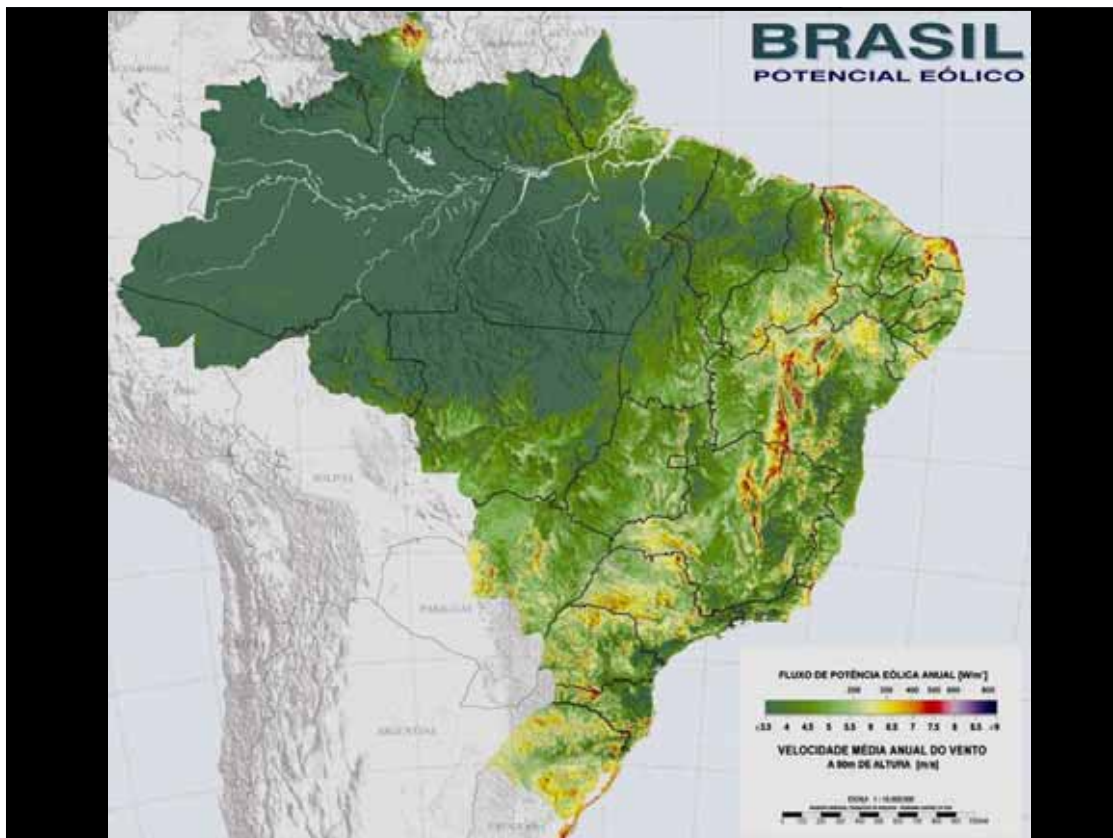


- Utilização do Solo para Atividades Agrícolas
- Emissão de Gases
- Emissão de Ruído
- Impacto Visual
- Impacto sobre a Fauna

Potencial Eólico *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*

CEPEL 
Grupo Eletrobrás





ENERGIA EÓLICA

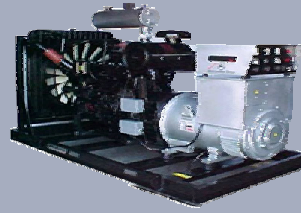
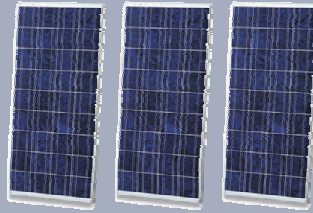
- **Perspectivas de crescimento e de ser alternativa a uma expansão de geração térmica contribuindo para evitar aumento de emissões**
- **O grande potencial eólico brasileiro e evolução tecnológica apontam a eólica como uma alternativa viável econômica e ambientalmente**
- **Compartilhamento de áreas com outras atividades e também uma característica positiva a ser ressaltada**
- **O PNE 2030 indica uma inserção, até 2030, de aproximadamente 5.000 MW da tecnologia eólica. Este número pode ser encarado como conservador, devendo ser revisto à medida que essa tecnologia se firmar no Brasil**
- **Os Valores Econômicos da geração eólica variam de 203 a 231 R\$/MWh, para fatores de capacidade entre 0,42 e 0,32, respectivamente, sendo superior à média de preços dos leilões de energia nova, de R\$ 139,00/MWh.**

Substituindo Usina Nuclear por Energia Solar Fotovoltaica e Energia Eólica

Áreas Equivalentes Necessárias – 10 TWh/ano



Sistemas Híbridos



Unidade de Controle e
Condicionamento de Potência

Armazenamento

Carga

Sistema Híbrido de Joanes



**Ilha de Marajó (PA), Município de
Salvaterra; Fotovoltaico/Eólico**

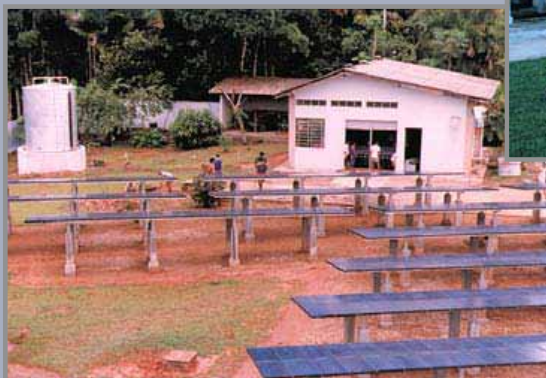
- Convênio CEPEL/CELPA e o National Renewable Laboratory
- 10kWp FV; 40kW eólico
- Operando desde maio/98

Sistema Híbrido de Campinas - AM

CEPEL 
Grupo Eletrobrás

Vila de Campinas; margem do
Rio Solimões; 120km Manaus

• Convênio CEPEL/CEAM e
National Renewable Laboratory



Fotovoltaico/Diesel

• 50kWp FV

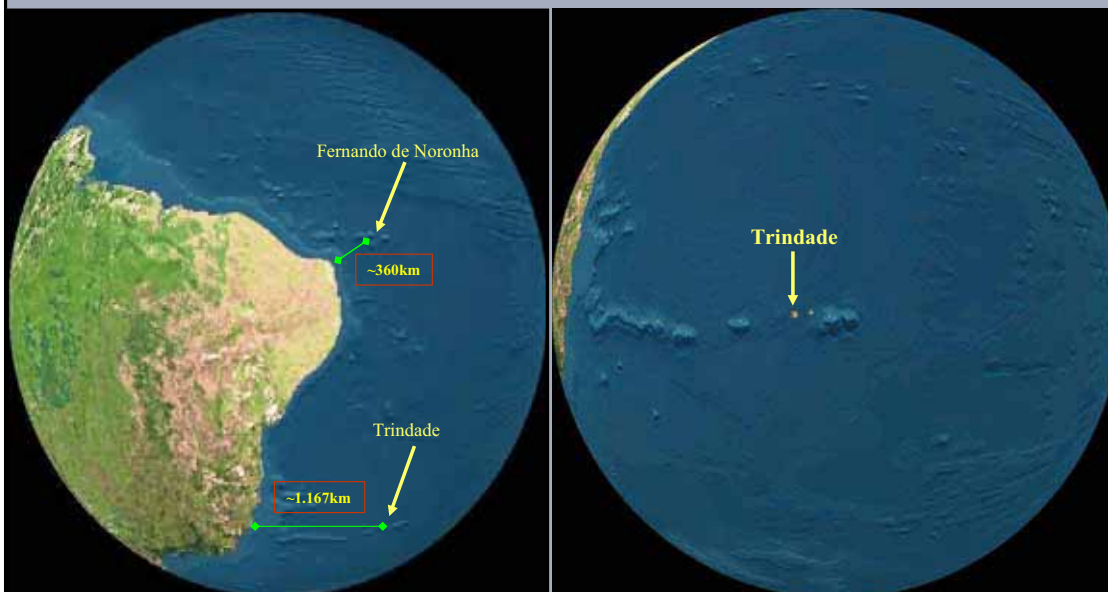
• Em operação desde
maio/97

ILHA DE TRINDADE

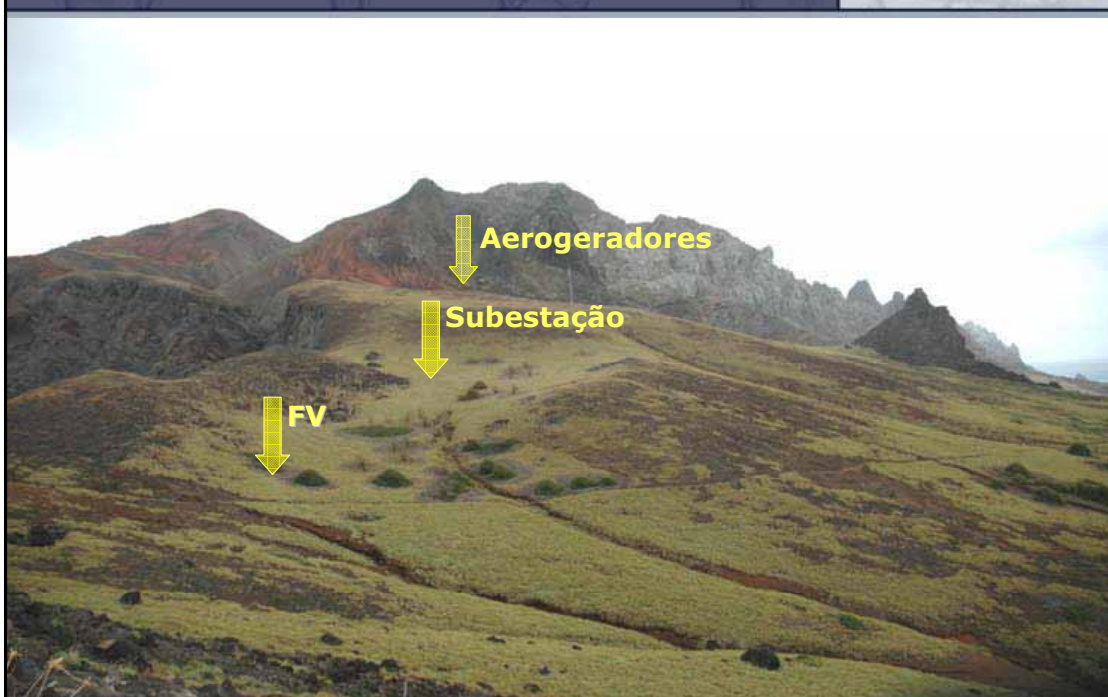
CEPEL 
Grupo Eletrobrás



LOCALIZAÇÃO



Localização prevista para o sistema de geração



LOCALIZAÇÃO DA GERAÇÃO




**Tecnologias em Foco
(energia renovável complementar)**

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Eólica

 **Biomassa**

 **Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



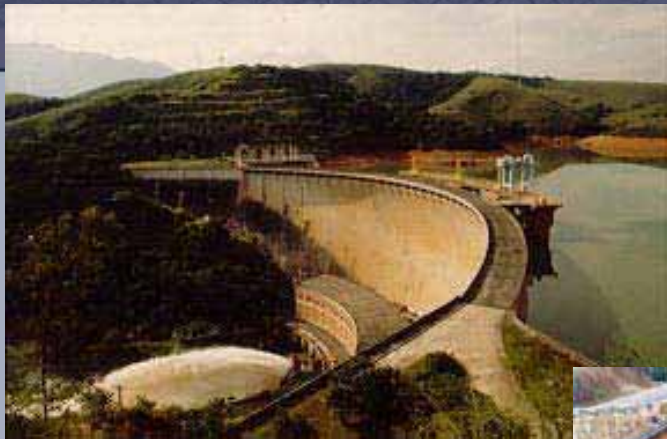
Biomassa

Biomassa: Energia e Materiais



Biomassa

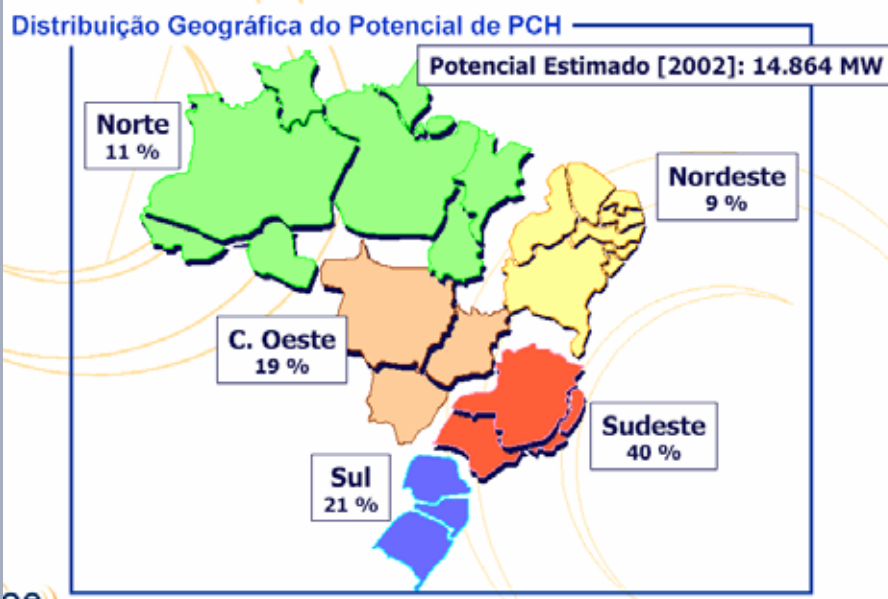
- ✓ O aproveitamento do bagaço como combustível é competitivo com as demais opções térmicas do sistema.
- ✓ Estima-se que valores adicionais de geração elétrica por bagaço de cana da ordem de 6.400 MW sejam inseridos na matriz elétrica brasileira até 2030.
- ✓ No caso dos segmentos madeireiro e arrozeiro, embora o potencial identificado seja de pequena importância do ponto de vista nacional, é preciso ter clareza que o mesmo é de grande relevância nos contextos regional e local. Estima-se um potencial de 1.300 MW nesses 2 segmentos.
- ✓ O custo de geração com resíduos de arroz está em torno de R\$ 117,00/MWh e o de madeira R\$ 114,00/MWh.



PCHs



Potencial Estimado - PCH



PCHs

- ✓ Para todo o Brasil tem-se identificado um potencial da ordem de 15.000 MW, em aproximadamente 3.000 aproveitamentos de 1 a 30 MW. Até 2030, prevê-se uma capacidade instalada de 7800 MW.
- ✓ No PROINFA serão acrescentados 1.191 MW, perfazendo 63 empreendimentos. Os leilões acrescentaram mais 200,88 MW em 2005/2006.
- ✓ O custo de geração é da ordem de R\$ 135,00/MWh, a depender das condições financeiras do projeto.
- ✓ Dificuldades com licenciamento ambiental

FONTE: MME



**Usina Hidroelétrica
Marmelos Zero – MG - 1889**



EÓLICO

Potencial Indicativo : 143.000 MW
Projetos autorizados : 6.601 MW*

SOLAR

Potencial de Aplicação: 100 MWp

PCH

Inventariado : 15.000 MW
Projetos autorizados : 3.936 MW *

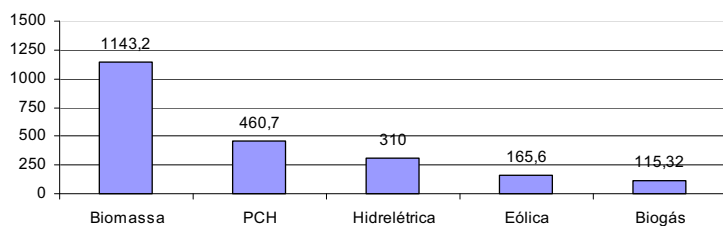
BIOMASSA

Potencial Técnico sucro-alcooleiro : 8.000 MW
Arroz e papel celulose : 1300 MW
Projetos autorizados : 1.772 MW



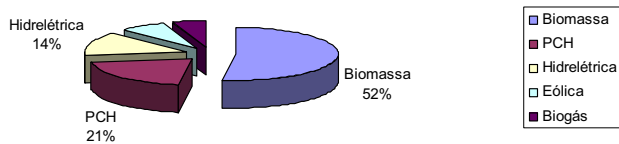
(Fonte: EMME,2004)

Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto aprovadas na CIMGC



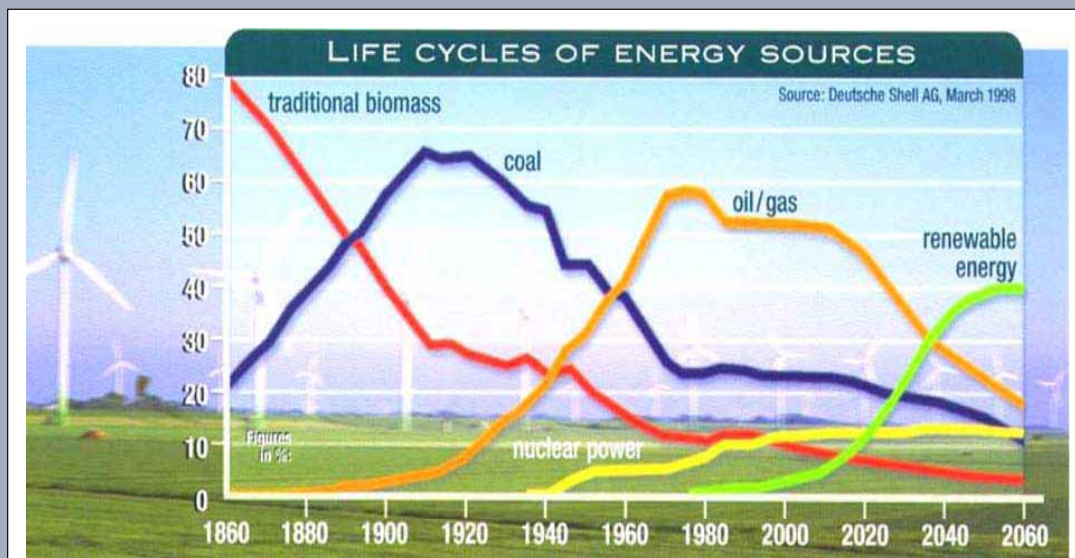
Ministério da
Ciência e Tecnologia

Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto aprovadas na CIMGC
Total: 2194,82





O Futuro das Fontes Renováveis de Energia



Energia e Inclusão Social



Conclusões: últimas notícias

“O carvão, e o petróleo não serão os reis da energia mundial para sempre. Não é mais uma tolice olhar o sol, o vento e para as ondas do mar”

The Economist

“A idade da pedra não acabou porque acabaram as pedras; não é necessário que o petróleo acabe para entrarmos em uma nova era de energia”

SHELL

Conclusões: últimas notícias

CEPEL
Grupo Eletrobrás

“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB www.cresesb.cepel.br

CEPEL
Grupo Eletrobrás

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.

