

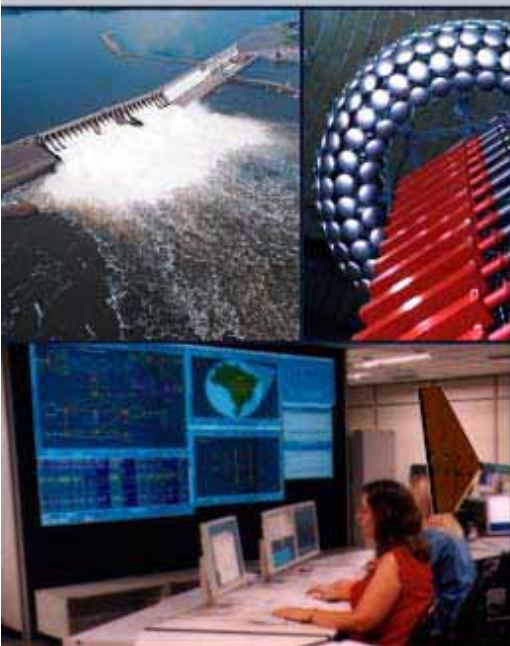
CEPEL 
Grupo Eletrobrás



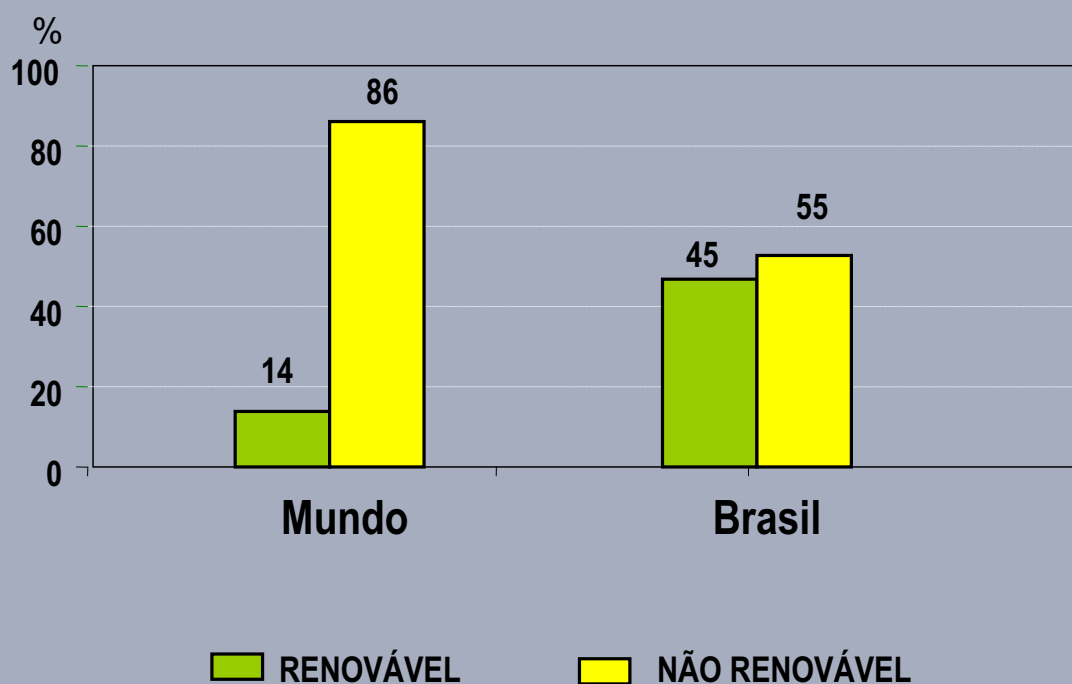
CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás

ENERGIA E DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE BRASILEIRO: ENERGIAS SOLAR E EÓLICA

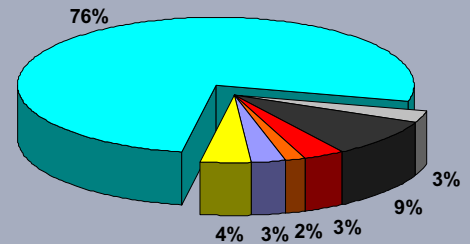
CONFEA - CREA
SALVADOR - Agosto de 2008



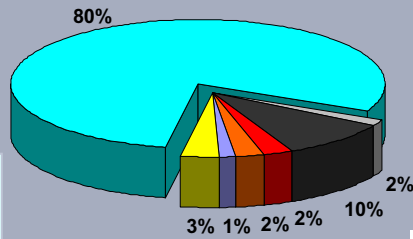
- **Evolução da matriz elétrica brasileira até 2030**
- **Considerações sobre possíveis contribuições de cada fonte**
- **Perspectivas e dificuldades para a contribuição destas fontes**
- **Conclusões**



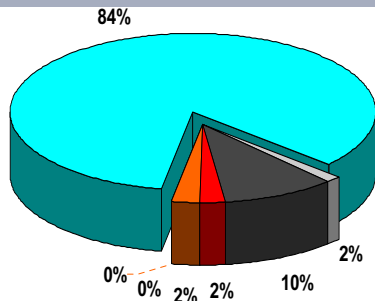
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



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

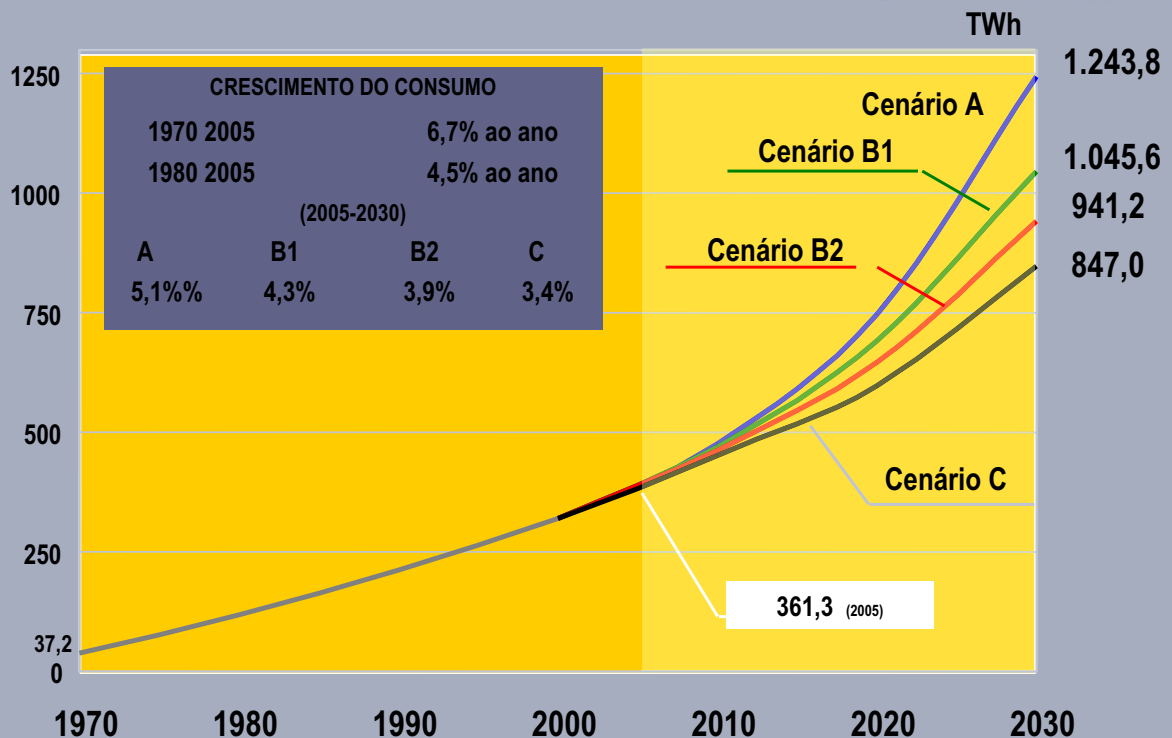


2005
(Renováveis: 84%)

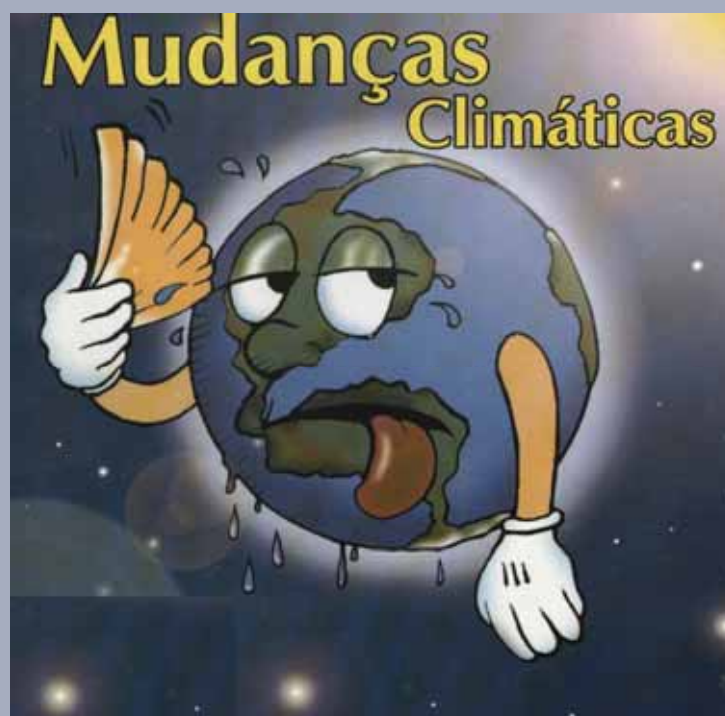


- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

Projeção de Consumo Final: Eletricidade



Obs.: inclusive autoprodução clássica/transportada e inclui conservação (progresso autônomo), excluindo contudo consumo setor energético



Source: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

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

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

Tecnologias em Foco
(energia renovável complementar)

 **Solar Fotovoltaica**

 **Solar Térmica**

 **Eólica**

Biomassa

**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

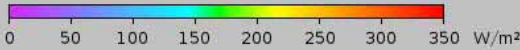
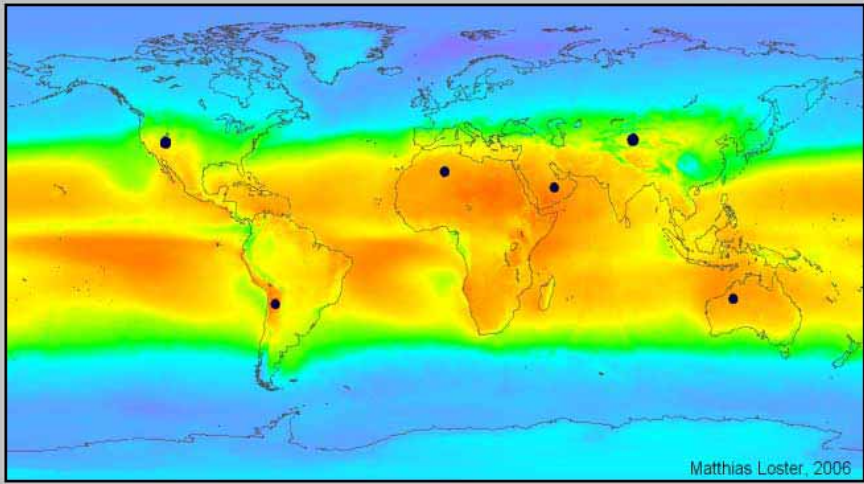
O Sol envia para a Terra energia equivalente a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia bruta



Radiação Solar Global



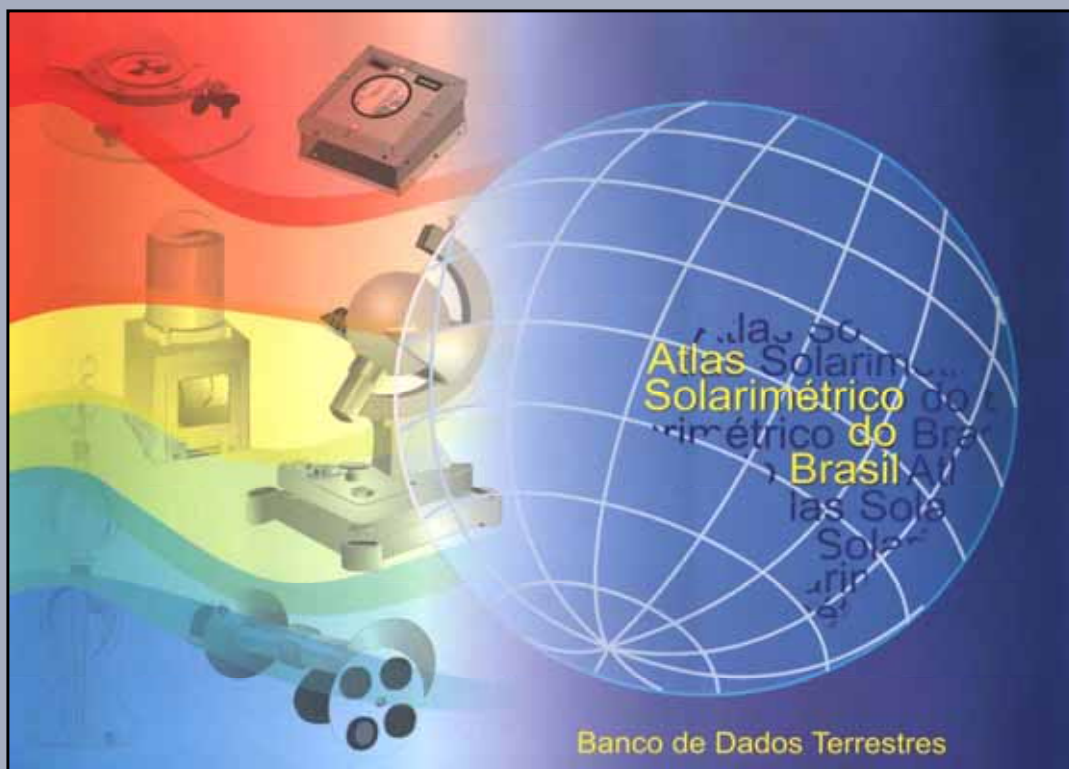
40 N →
O "Cinturão" Solar
35 S →



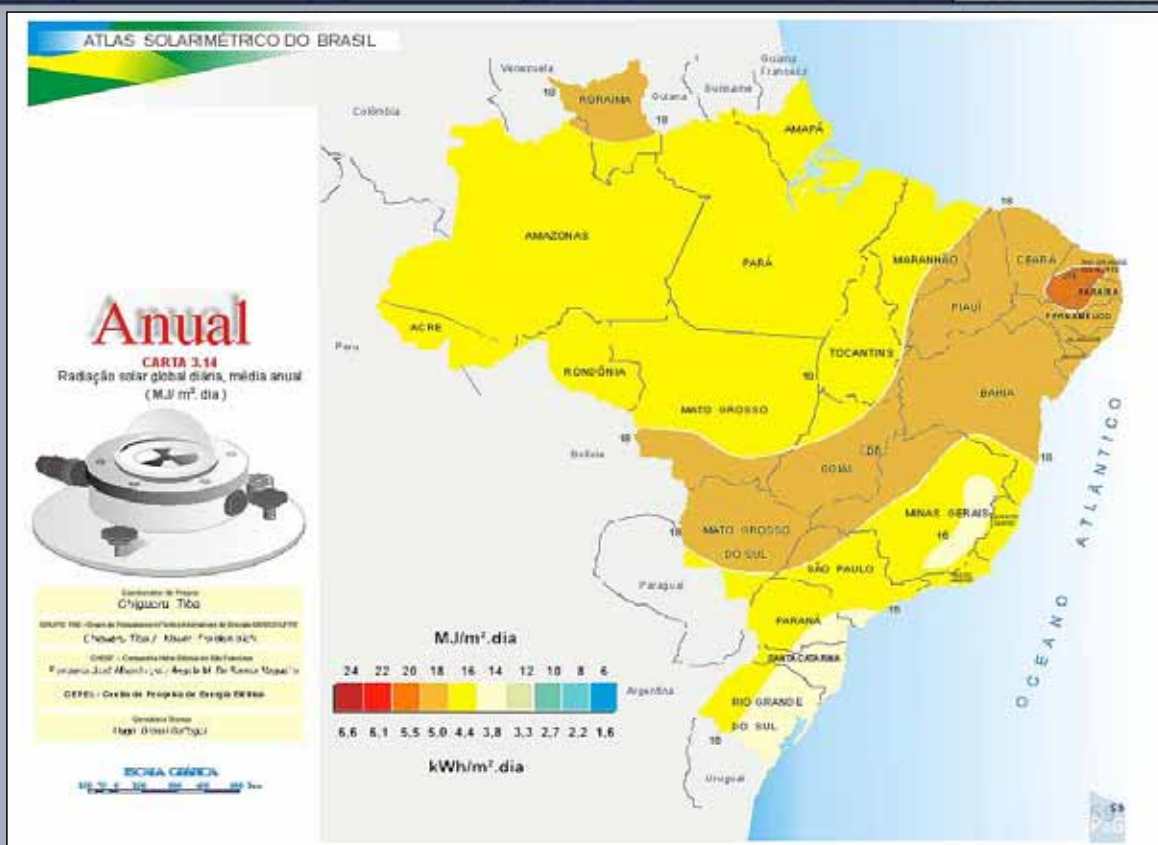
$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Fonte: Wikipedia

Atlas Solarimétrico do Brasil UFPE

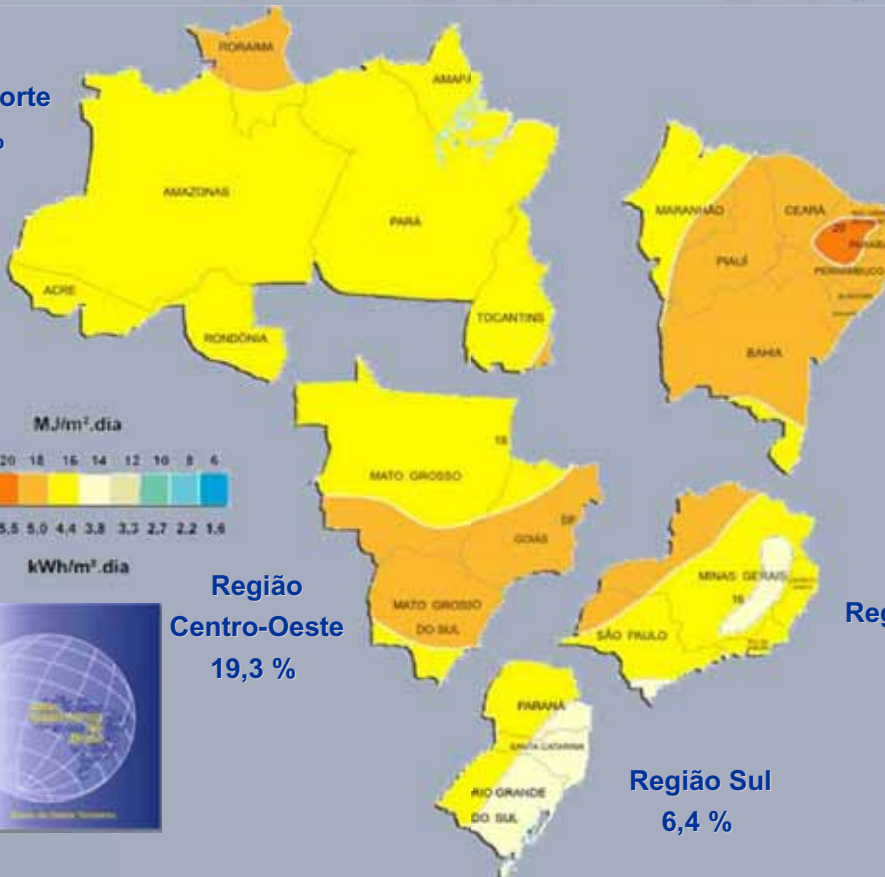


Radiação Solar Global Média Anual



Potencial Solar por Região

Região Norte
43,3 %

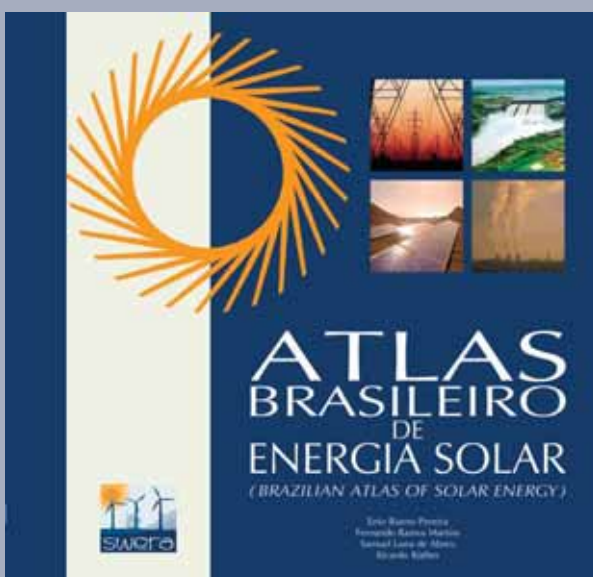
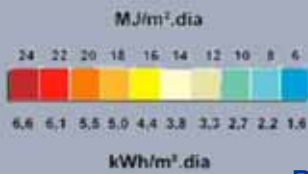


Região Nordeste
20,5 %

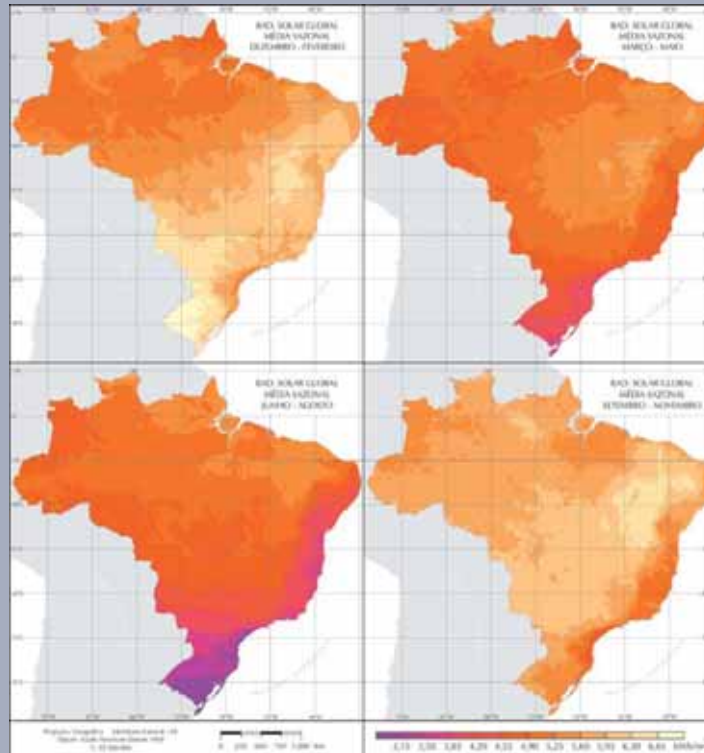
Região
Centro-Oeste
19,3 %

Região Sudeste
10,5 %

Região Sul
6,4 %



**SWERA:
Solar and Wind Energy
Resource Assessment**



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

 **Solar Fotovoltaica**

Solar Térmica

Eólica

Biomassa

**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



PV Neurather See (Alemanha) 360kWp

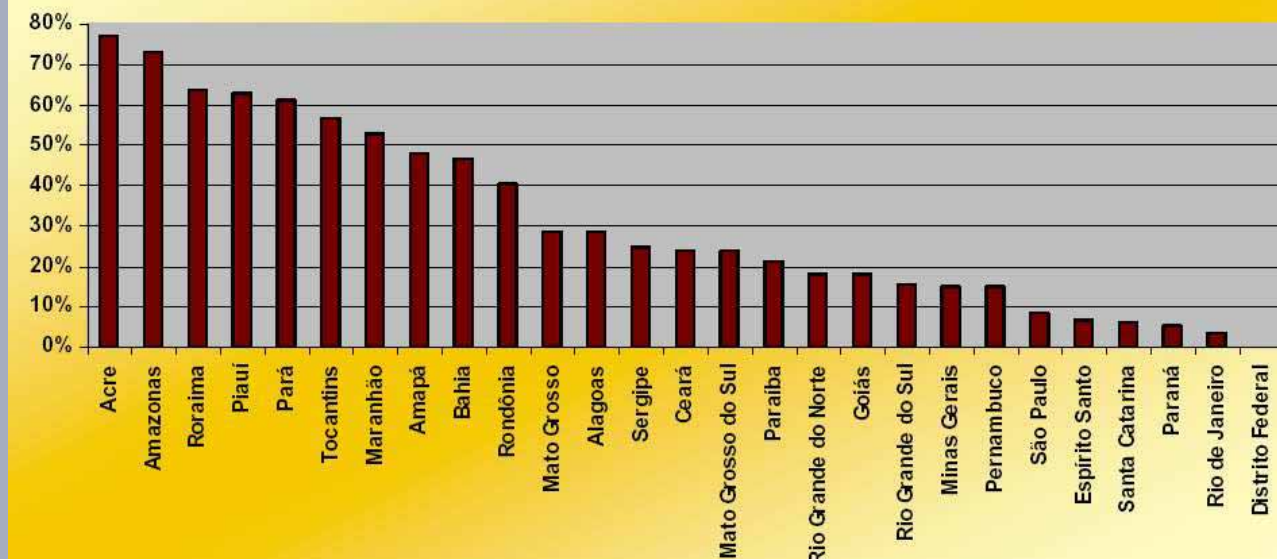
Telhado Solar Fotovoltaico

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



Universalização: metas e desafios

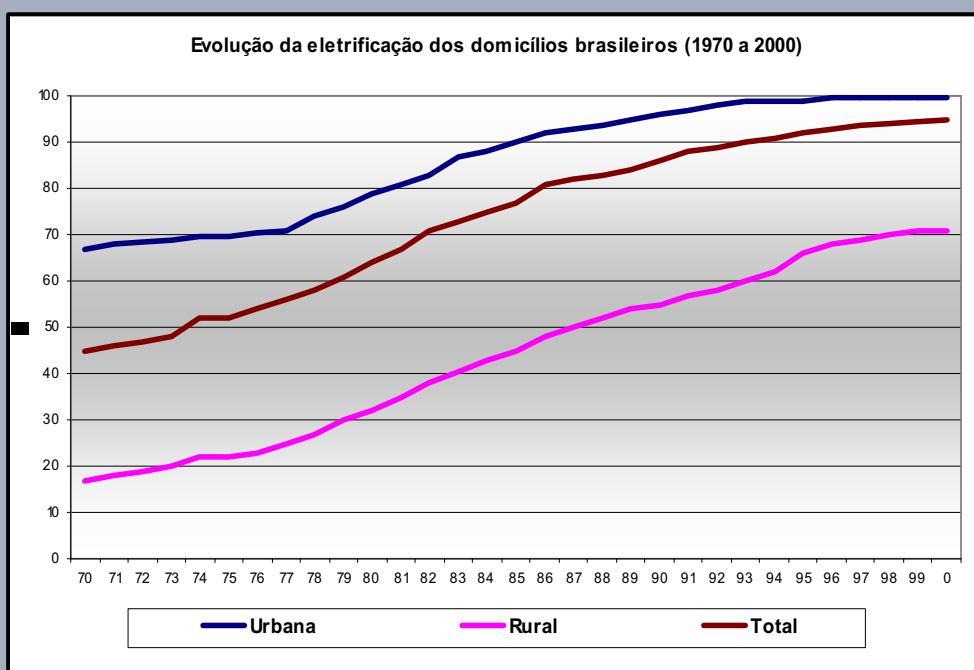
Índice de exclusão elétrica rural



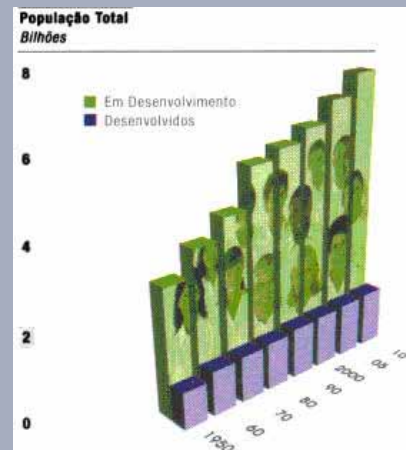
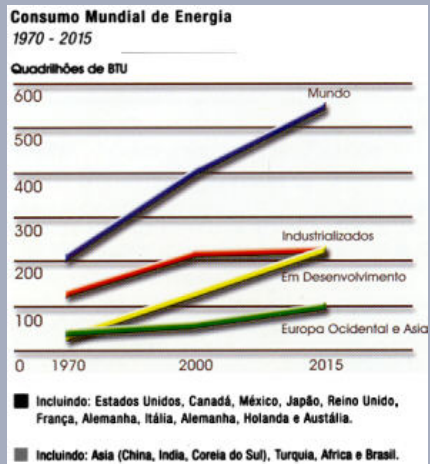
MME - 2004

Universalização: metas e desafios

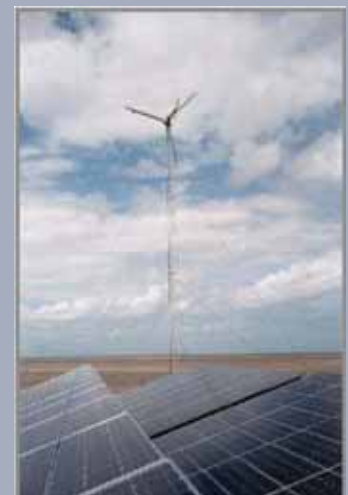
Evolução da eletrificação dos domicílios brasileiros (1970 a 2000)



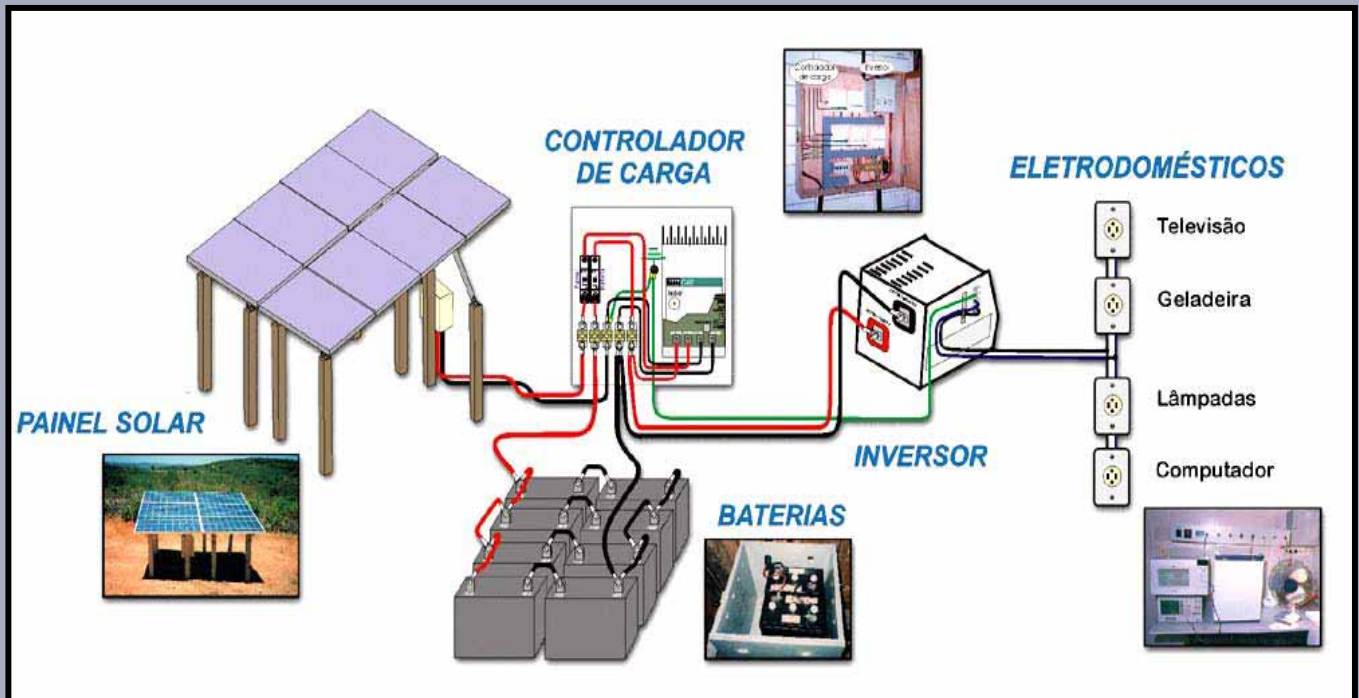
Uso da Energia: Tendência



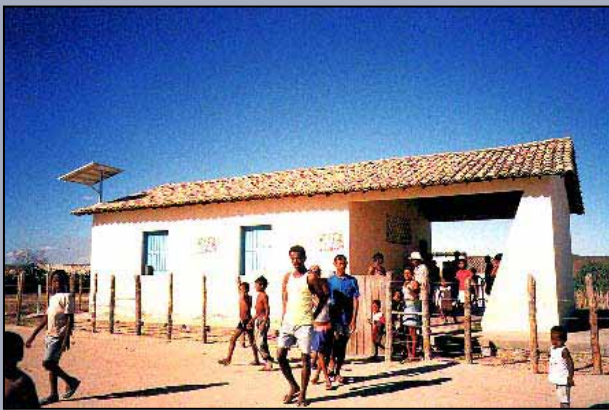
FONTE: Informativo da Eletro nuclear - agosto 2001



Sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica



Energia e Inclusão Social



Escola da comunidade de Baixão do Archanjo Município de Barra



Sistema Fotovoltaico
N.S.P. Socorro - Manacapuru

Instalações Fotovoltaicas Tocantins

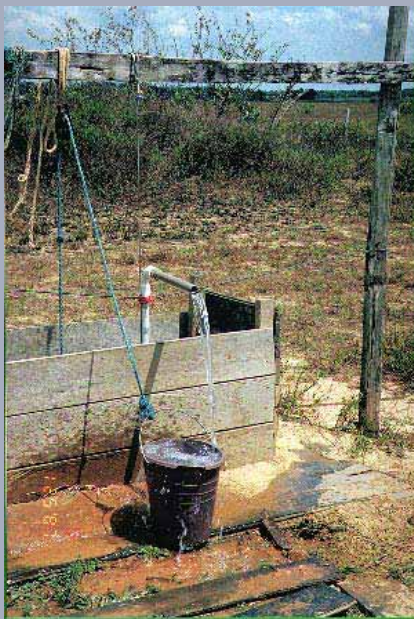


Crianças assistindo à TV pela primeira vez na comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis



Sistema de bombeamento da comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis

Sistema de Bombeamento Fotovoltaico



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)

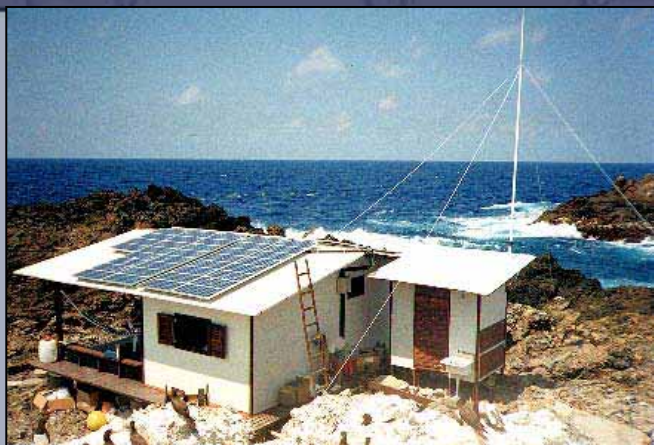


Transporte dos equipamentos
fotovoltaicos



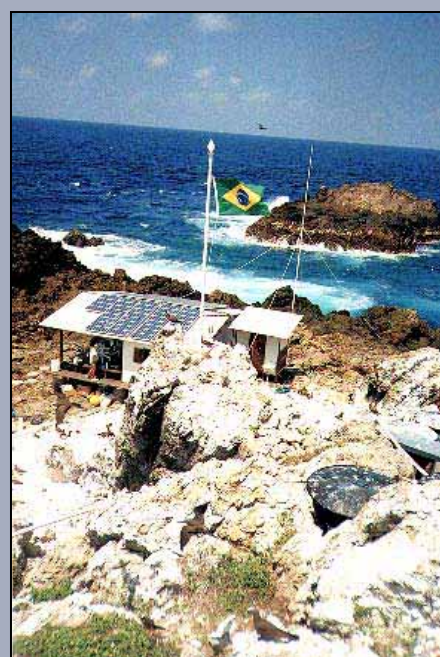
Sistema solar fotovoltaico
instalado em N.S.P. Socorro –
Manacapuru

Arquipélago de São Pedro e São Paulo



Estação Científica Arquipélago São Pedro e São Paulo

- painel fotovoltaico de 3.6kWp
- dessalinização de água
- em operação desde jun/98
- projeto do CEPEL para a CIRM



Vista aérea da Estação Científica



CASA SOLAR EFICIENTE

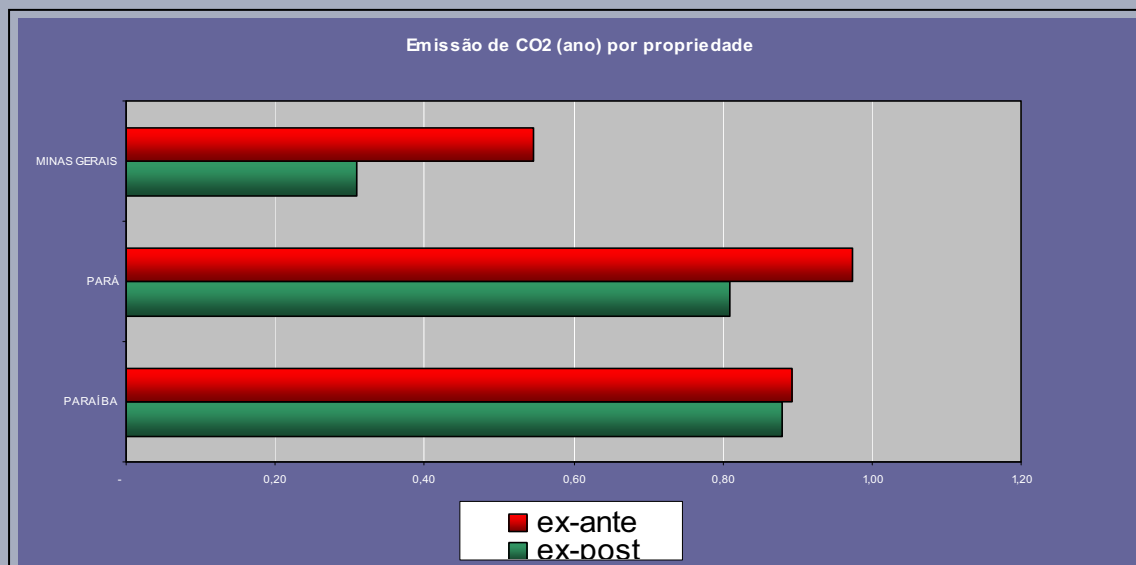
“É COMO GUARDAR O SOL DE DIA PARA ACENDER À NOITE DENTRO DE CASA”

Cepel – Eletrobrás
Pesquisa sobre eletrificação rural

Quase 9000 propriedades rurais analisadas após eletrificação

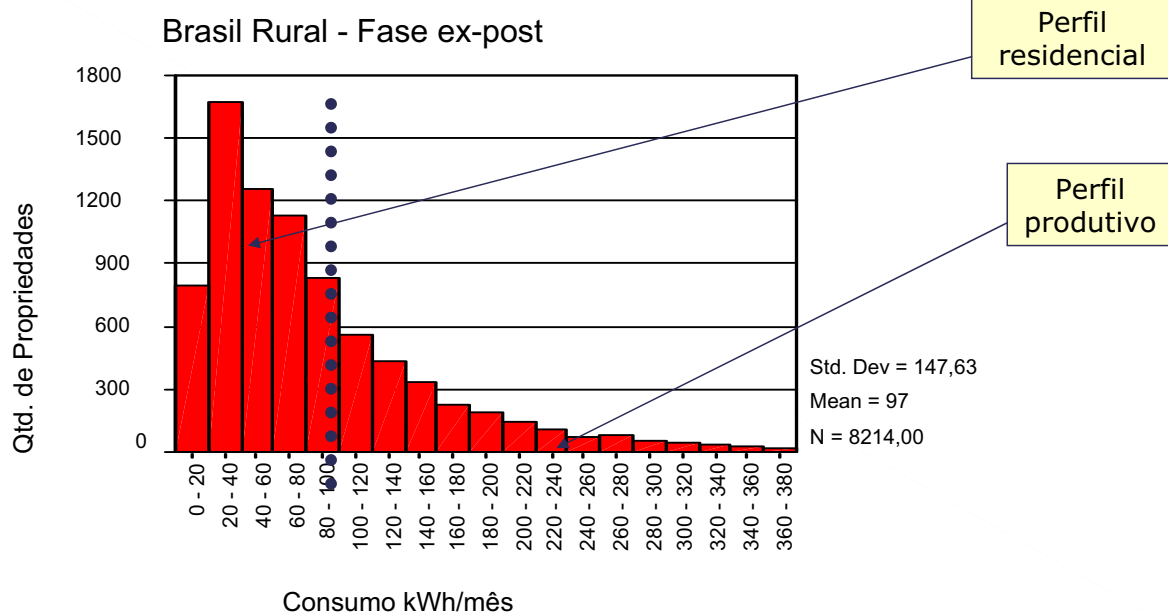
Rural Electrification and CO2 Emission

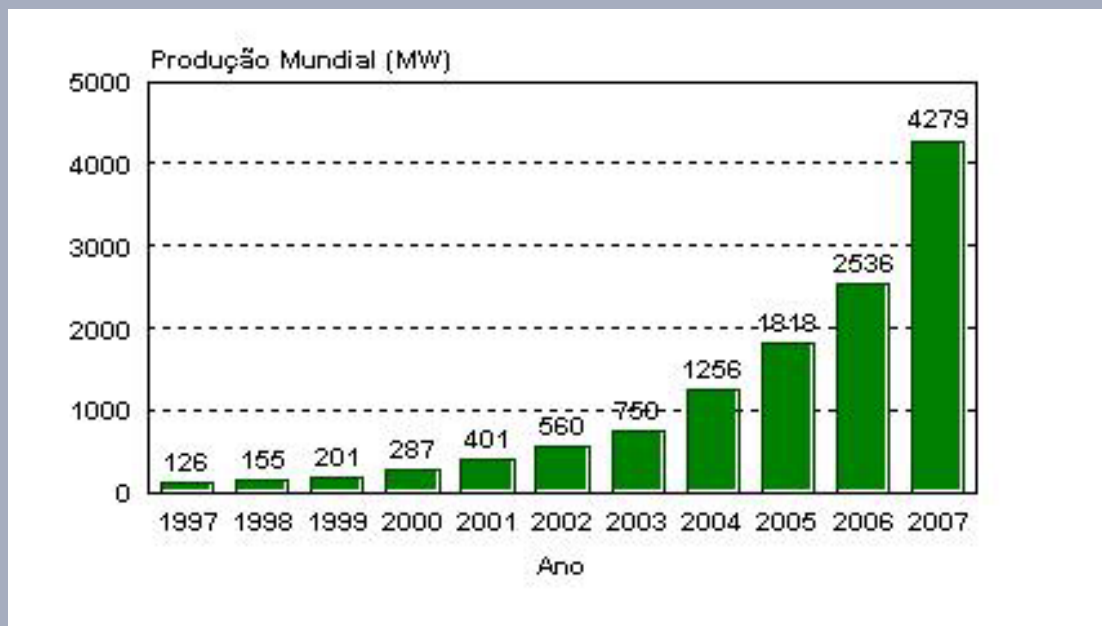
- Drop of the emission in the majority of states
- **PARAÍBA: 2%** , **PARÁ: 17%** e **MINAS GERAIS: 43%** de indigentes



Consumo de Eletricidade em Áreas Rurais

Consumo de Energia Elétrica

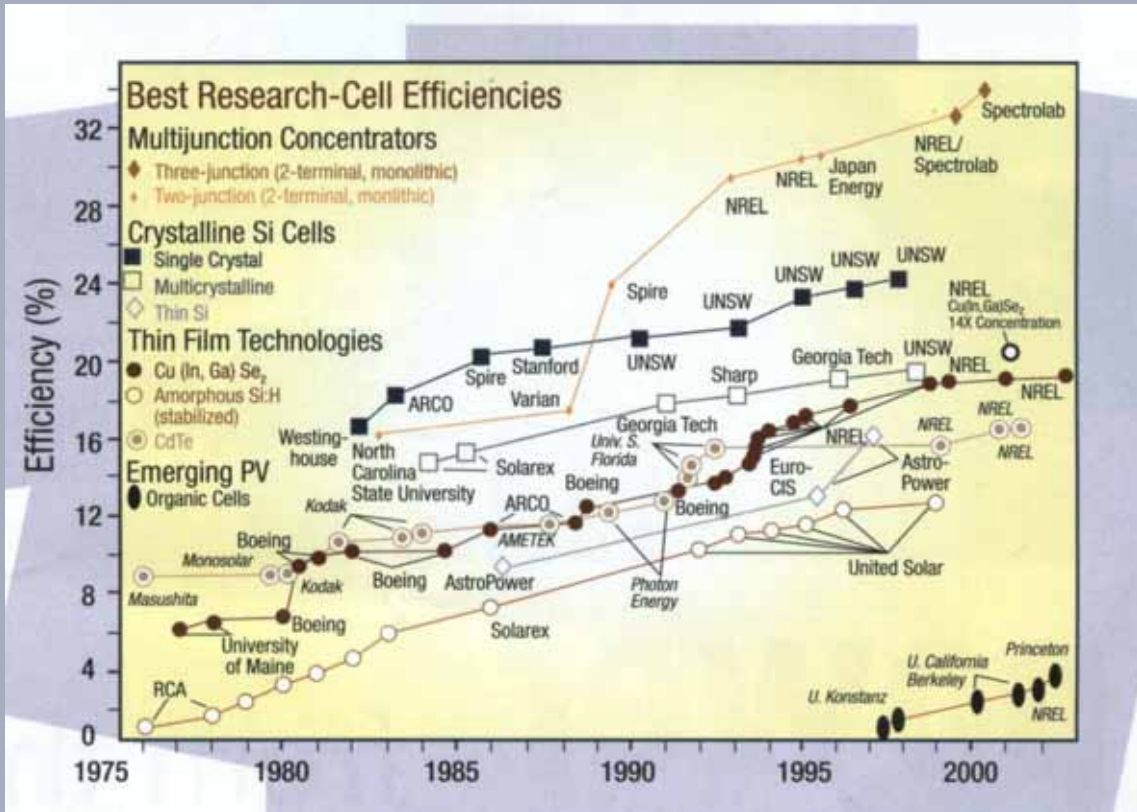




Eficiência das células

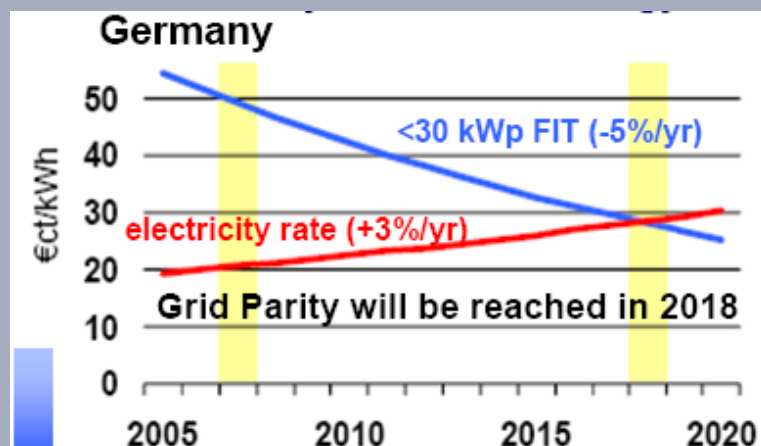
	Laboratório	Comercial	Máximo teórico
mono-Si	24%	12 - 15%	~30%
poli-Si	20%	11 - 14%	
a-Si	14%	6 - 8%	

Evolução das células



- 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

- Geração descentralizada: cada consumidor uma empresa de geração de energia?





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

Solar Fotovoltaica

 **Solar Térmica**

Eólica

Biomassa

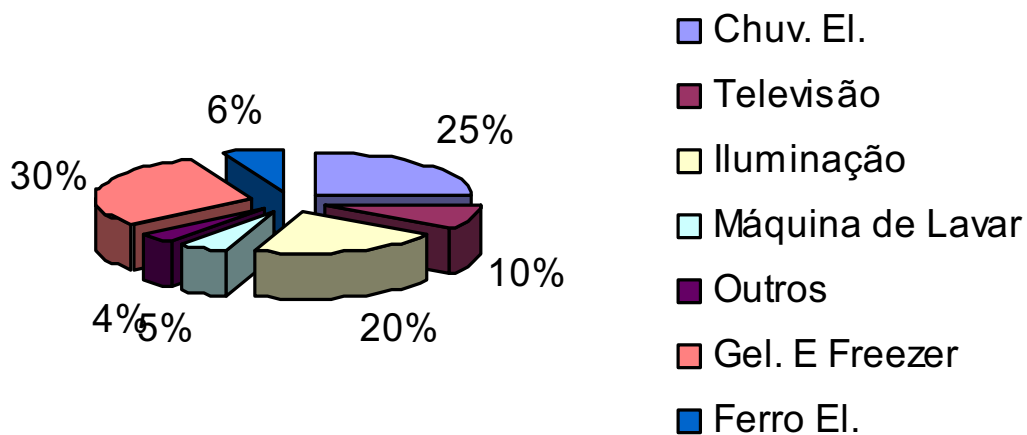
**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



Uso Energia Elétrica Brasil (Residencial)

Como as pessoas usam a energia de um modo geral:



- 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%.

Conceituação

- **Geração Heliotérmica**
 - Produção de energia elétrica a partir da conversão da energia solar em calor com alta temperatura com emprego sistemas de concentração de energia.
- **Sistemas de Concentração de Energia Solar (Concentrated Solar Power – CSP)**
 - Arranjos de espelhos e de concentradores da radiação solar direta.
- **Tecnologias básicas**
 - Cilindros parabólicos, Torre central e Discos parabólicos.

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia

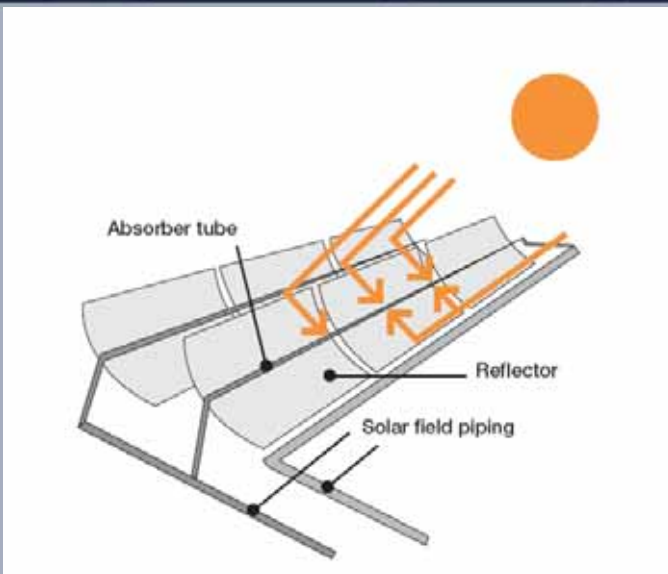


Discos

Cilindros



Tecnologias Cilindro Parabólico



Concepção básica da tecnologia de cilindros parabólicos



Nevada Solar One, 64 MW (construção).



Solar Electric Generation Station – SEGS
354 MW (9 unidades), Deserto de Mojave, USA
0,65 km²/100MW, 2300 a 2900 kWh/m².ano

Tecnologia Cilindro Parabólico



**SEGS, Kramer Junction, California, USA
354 MW.**



Tecnologia Cilindro Parabólico

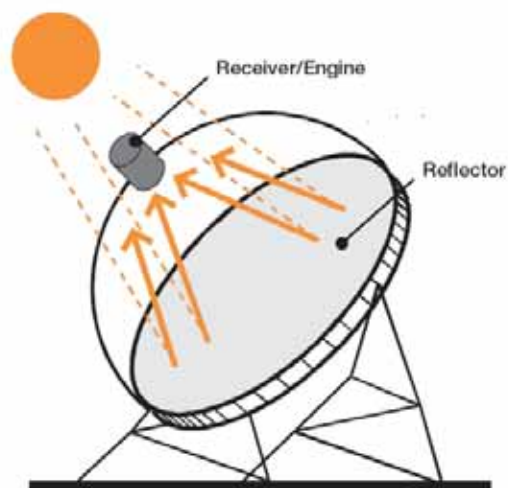


SEGS, Kramer Junction, California, USA – 354 MW; 2,3 km²



Híbrido Solar-Diesel

Tecnologias Disco Parabólico



Concepção básica da tecnologia de disco parabólico.



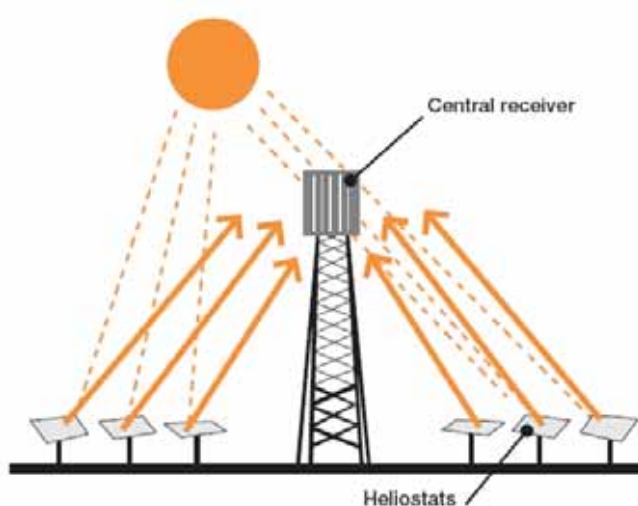
Duas concepção de discos parabólicos com potência nominal de 10 kW

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia

Torre Central



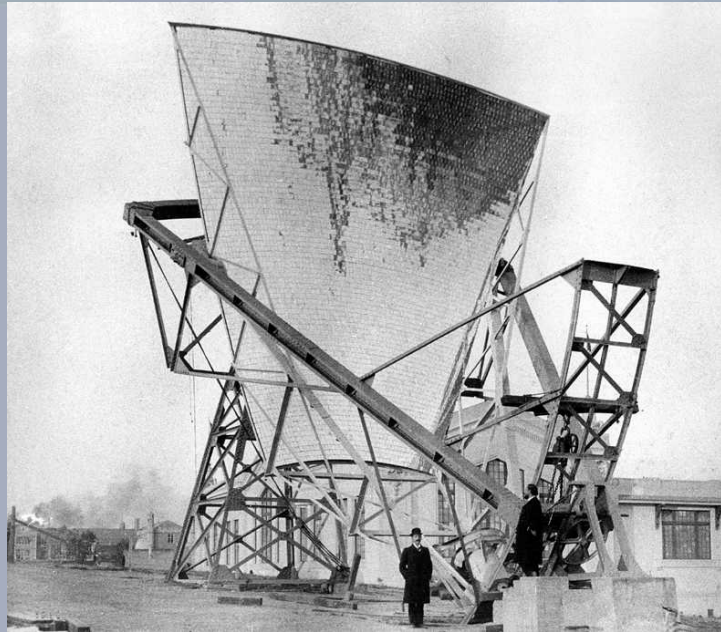
Tecnologias Torre Central



Concepção básica da tecnologia de torre central (5 a 7 km²/100MW)



Planta PS10 (11 MW, com armazenagem de energia), Espanha, Sevilla.



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).

Custos

Tecnologia	Investimento	Eletricidade
Cilindro parabólico (30 a 200 MW)	3.800 a 5.425 \$/kW	Atual: 0,12 a 0,15 \$/kWh (SEGS/Califórnia, USA)
Cilindro parabólico ISCC (130 MW, com 30 MW solar)	1.705 \$/kW	Futuro: \$ 0,08 a 0,09 /kWh
Torre Central	5.425 a 8.525 \$/kW (dependendo da capacidade do sistema de armazenagem e da potência nominal)	Nas instalações comerciais recentes o custo está na faixa de \$ 0,22 a 0,31 /kWh . O Banco Mundial prevê um uma redução de custo para a faixa de \$ 0,11 a 0,12 /kWh para plantas de 100 MW com armazenagem e de \$ 0,08 /kWh para plantas de 200 MW (longo prazo), todas para um nível de radiação solar direta acima de 2700 kWh/m²/ano .
Discos parabólicos	Atual: 15 mil a 22 mil \$/kW (com motor Stirling) Futuro: 10.800 \$/kW para produção de 100 unidades/ano, 5.700 \$/kW para produção de 1000 unidades/ano e 3.700 \$/kW para produção de 3000 unidades/ano. Unidades de 10 a 25 kW/ano.	

- 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

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	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	TORRE CENTRAL	-	30.000 A 200.000	- BASE - GRID	PRÉ COMERCIAL	ALTA	5000 a 8500	4 a 23	0.	220 a 310	15 a 30
	CILINDROS	-	50.000	- BASE - GRID	COMERCIAL	ALTA	.1700 a 5.500	4 a 23		80 a 150	15 a 30
	DISCOS	-	20 a 50	- BASE -GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA	MÉDIA	10000 a 22000	15 a 23		200 a 500	15 a 30
EÓLICA		30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1500 a 2000	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
PCH's			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

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

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica



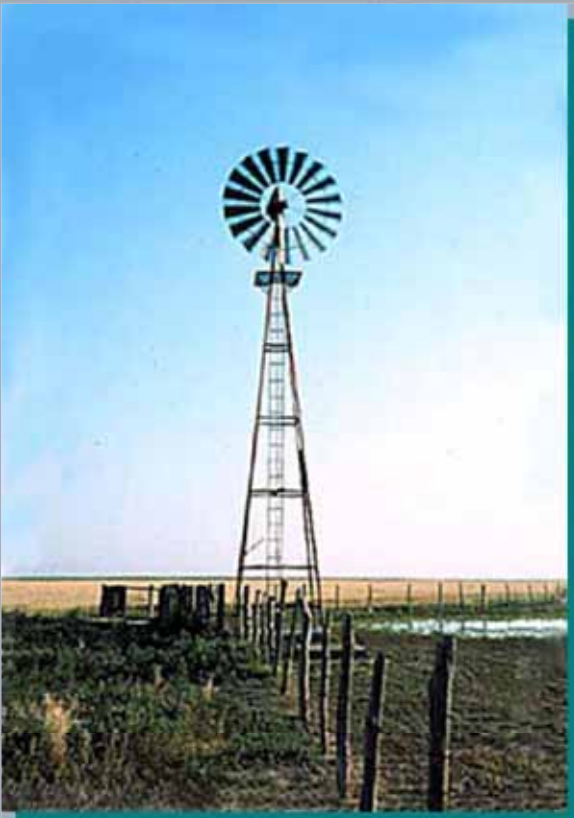
Eólica

Biomassa

Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Aplicações da Energia Eólica



Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



Pequeno Porte (≤ 10 kW)

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



Intermediário (10-250 kW)

- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída

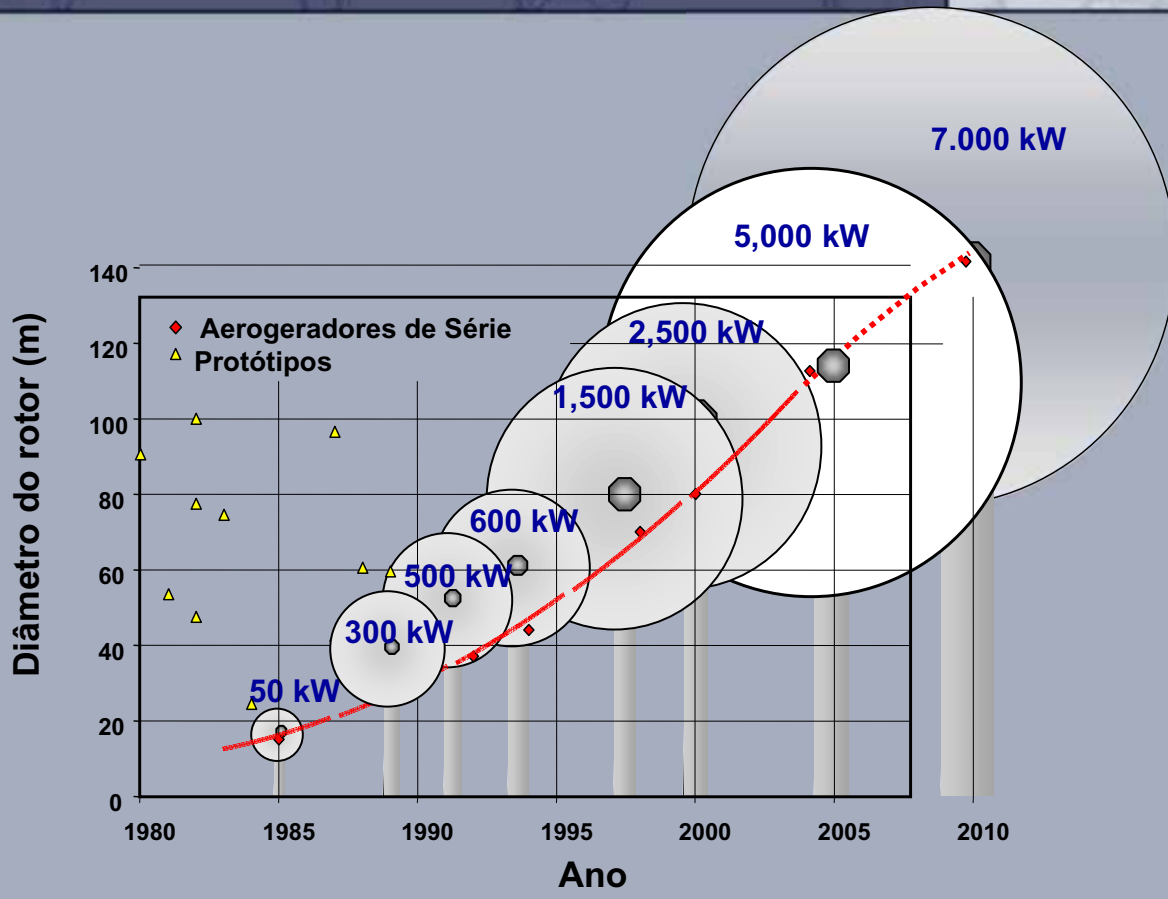


Grande Porte (250 kW - 2+MW)

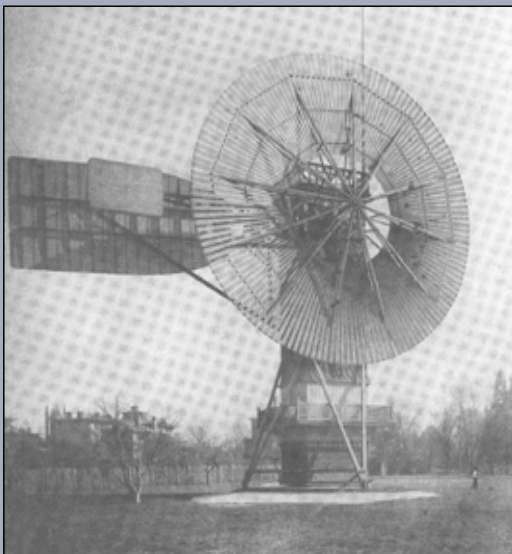
- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída

Sistemas de Grande Porte





Aerogeradores de grande porte



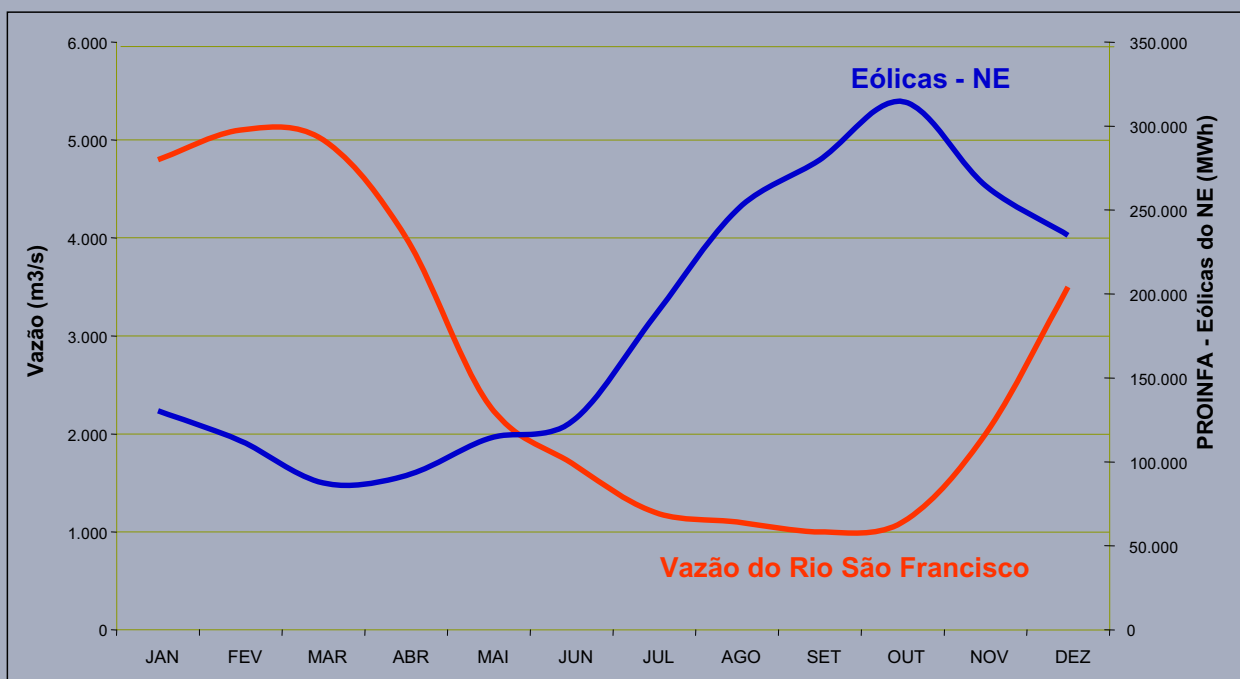
Turbina Eólica de Brush (1888) - 12 kW

Turbina Eólica Balaclava (1931) – 100 kW



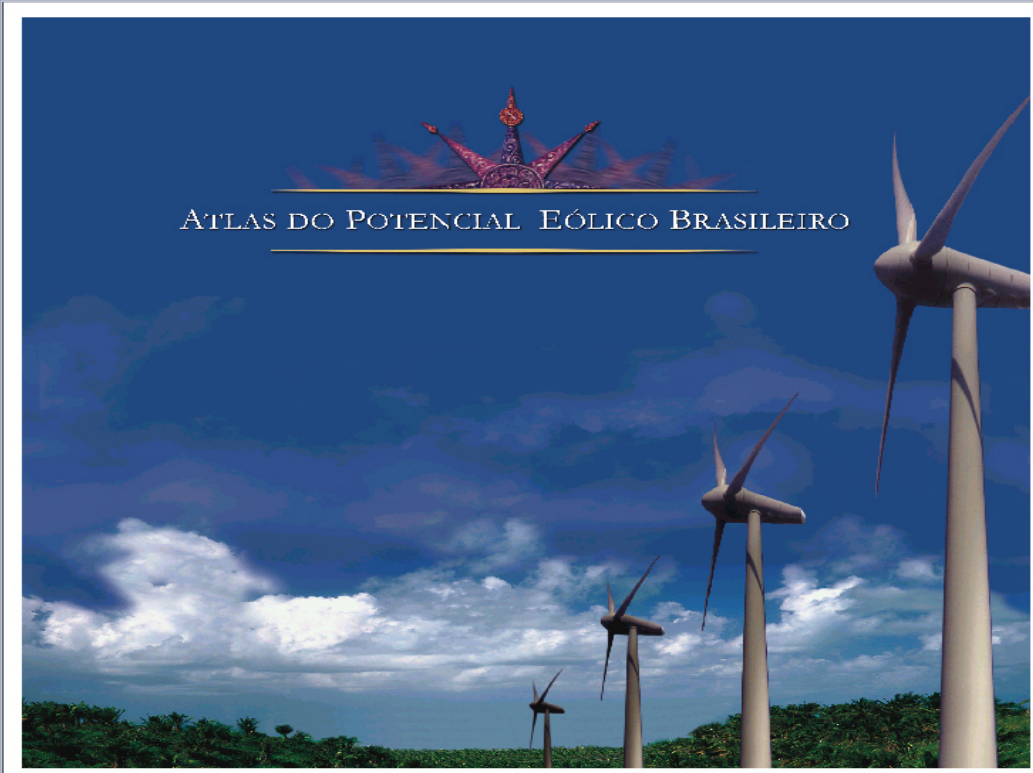


SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA

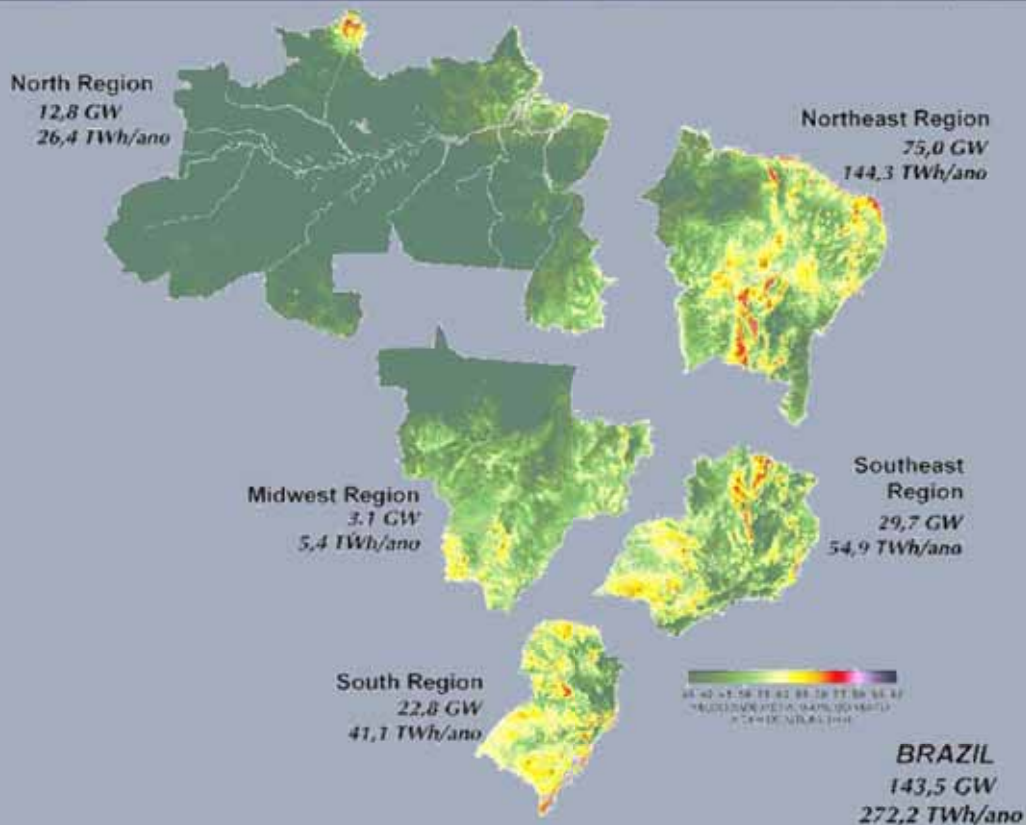


Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



Potencial Eólico por Região



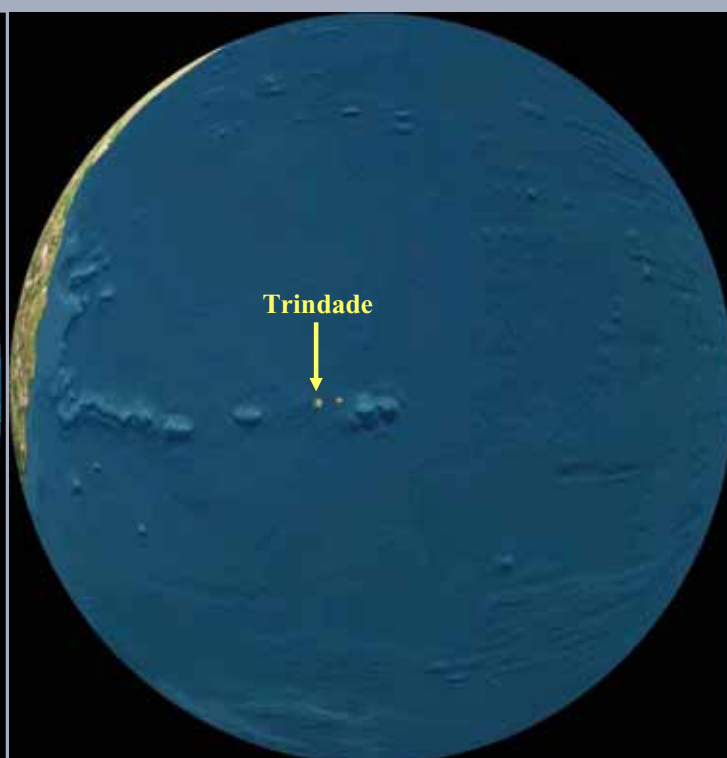
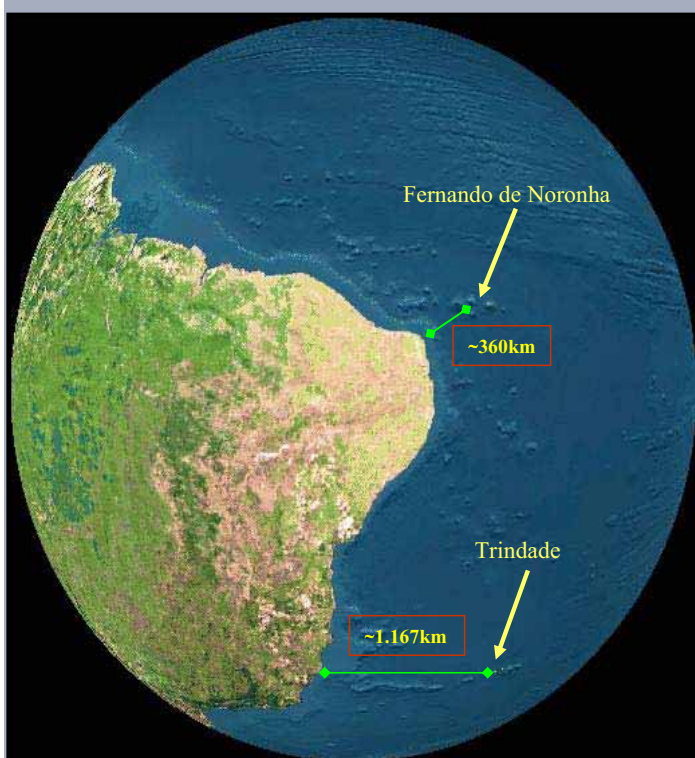
ENERGIA EÓLICA

- **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.**

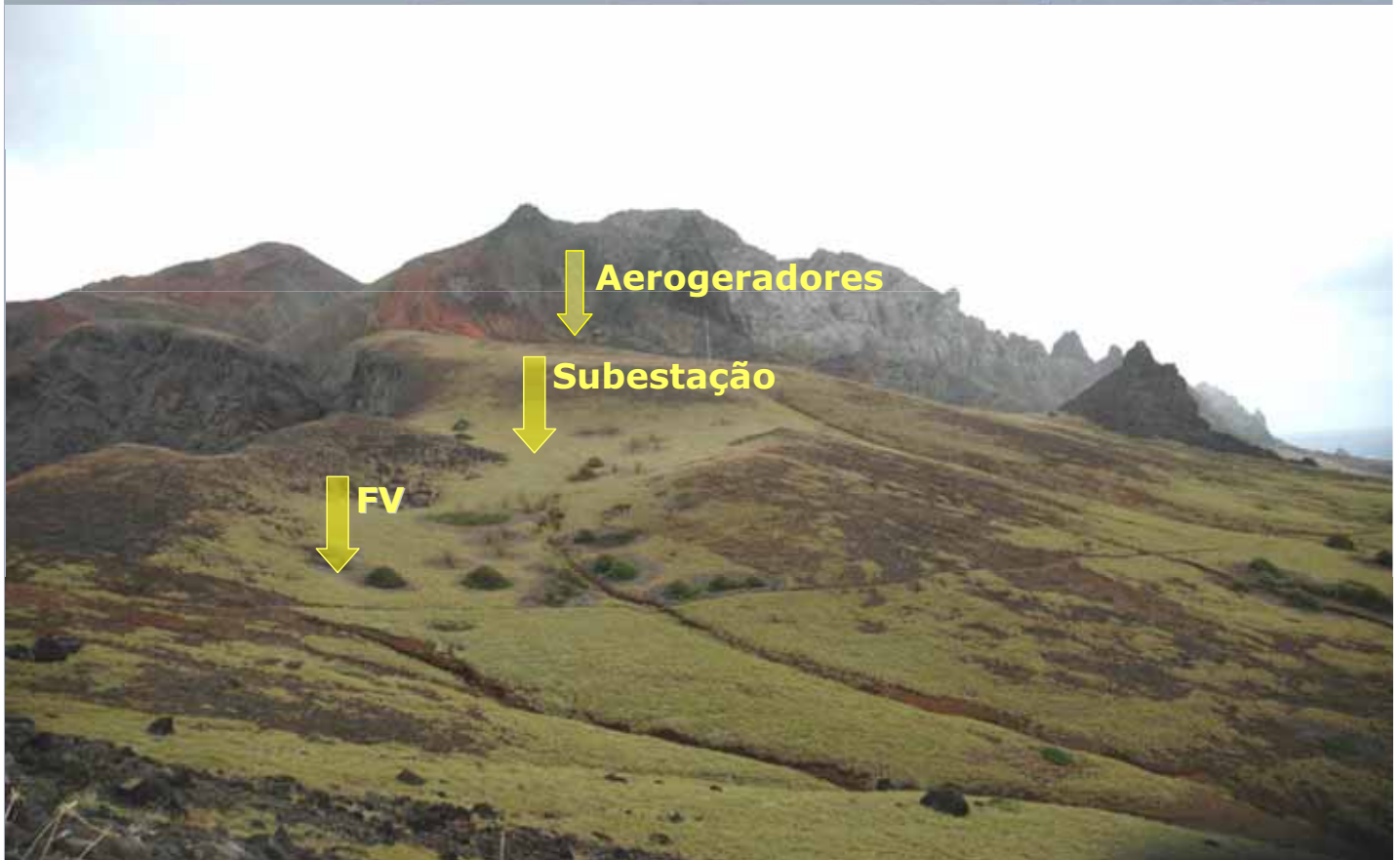
ILHA DE TRINDADE



LOCALIZAÇÃO



Localização prevista para o sistema de geração

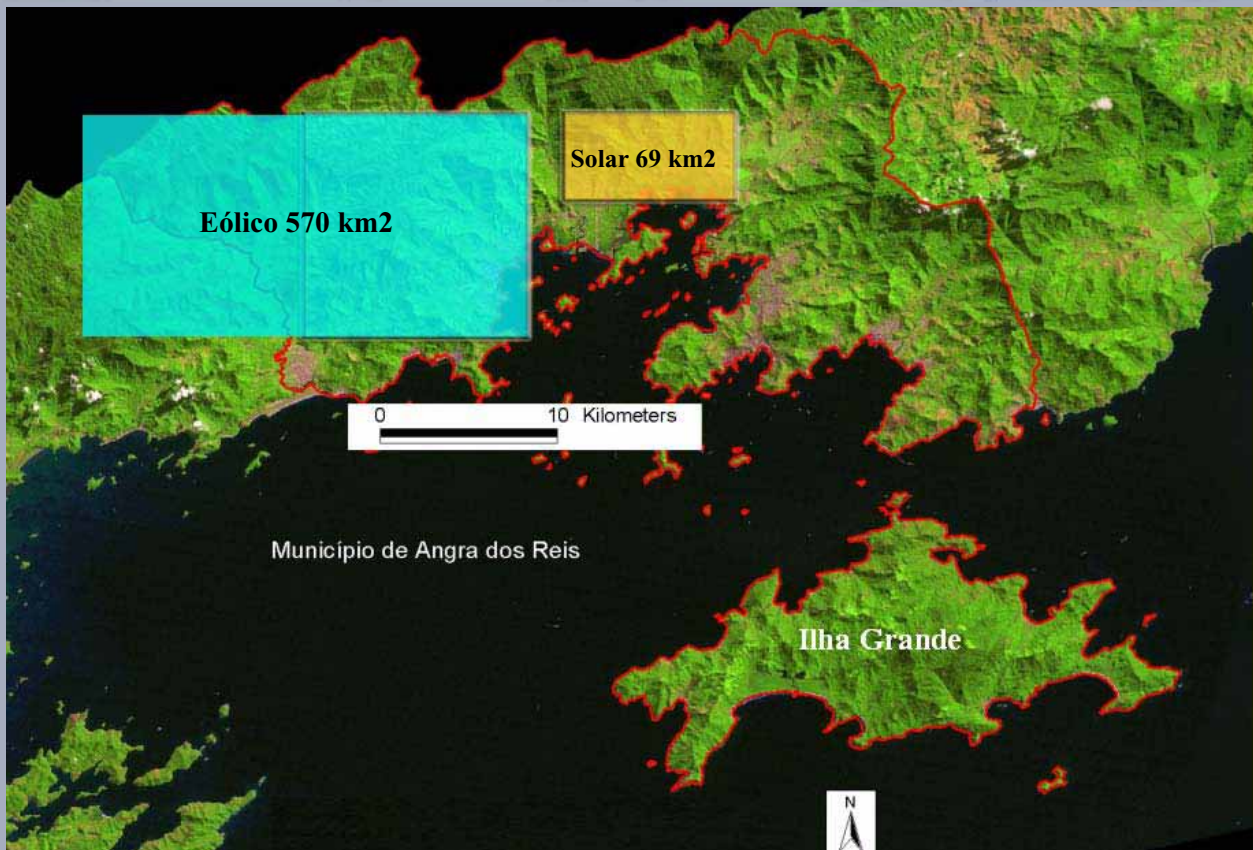


LOCALIZAÇÃO DA GERAÇÃO

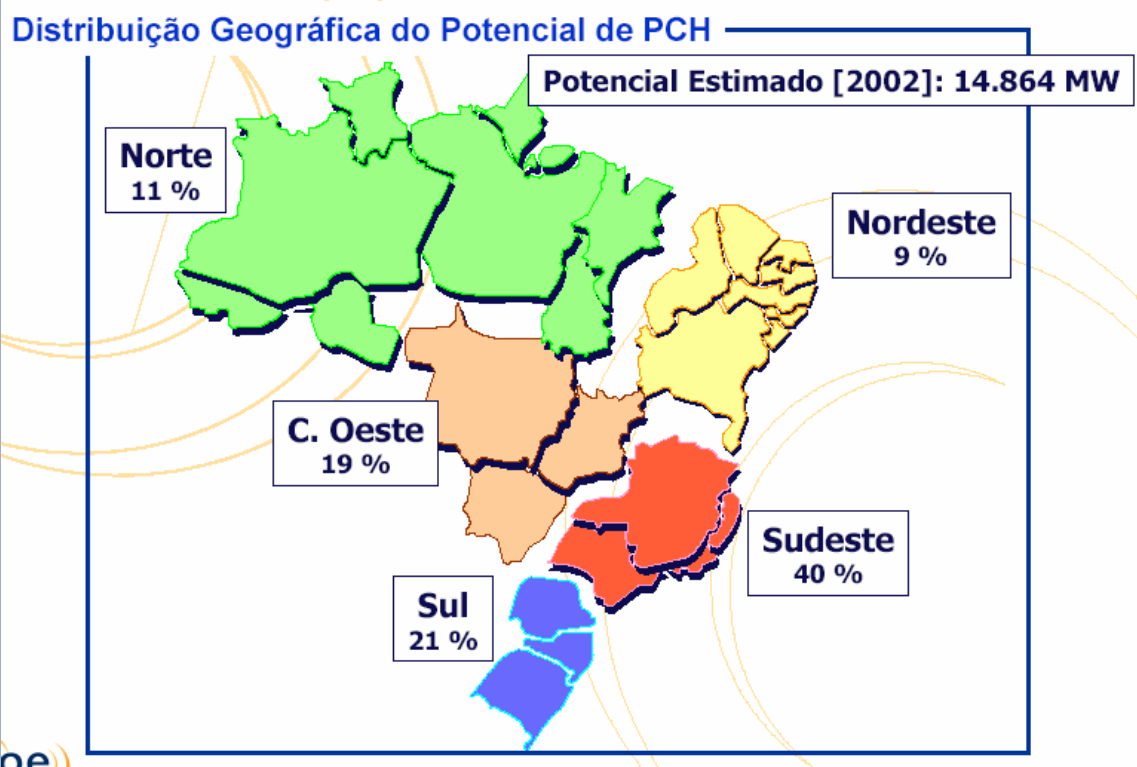


Substituindo Usina Nuclear por Energia Solar Fotovoltaica e Energia Eólica

Áreas Equivalentes Necessárias – 10 TWh/ano



Potencial Estimado - PCH

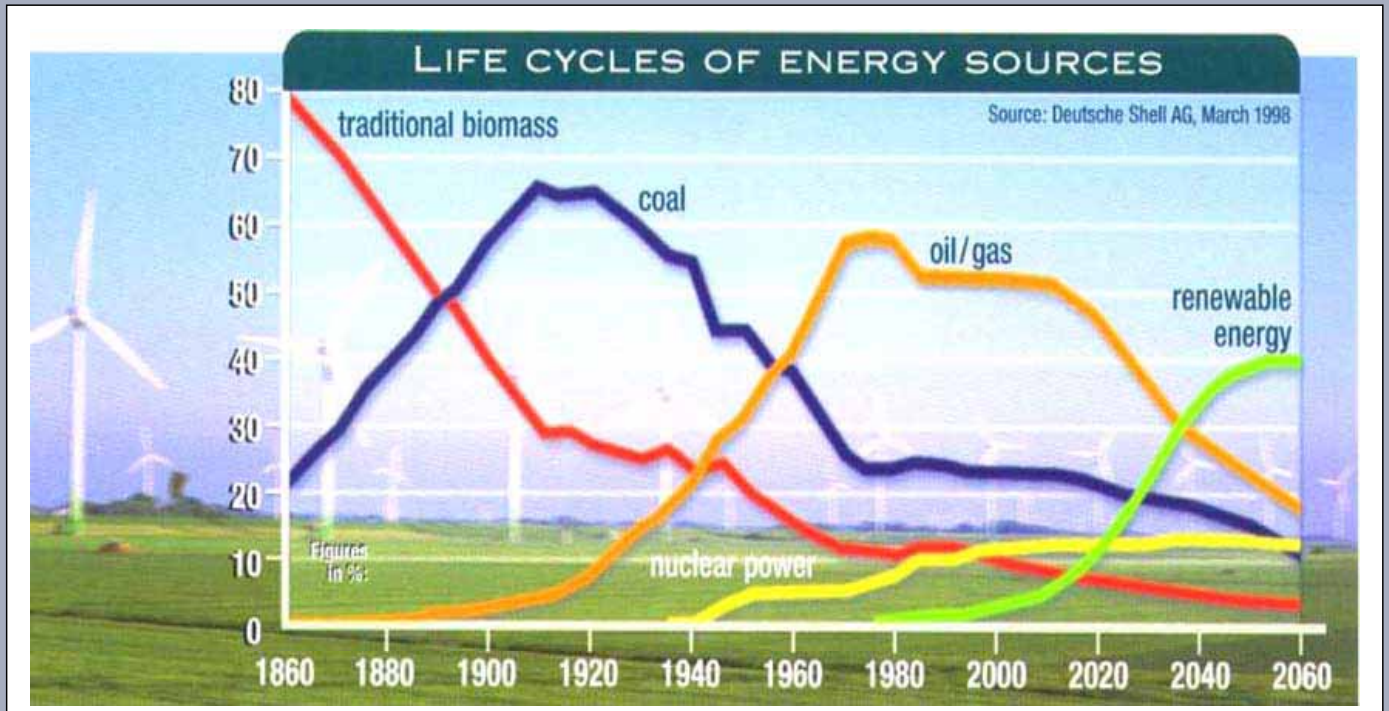




**Usina Hidroelétrica
Marmelos Zero – MG - 1889**



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

“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil

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.



Conclusões: últimas notícias

“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil