

# Energia Renovável – Fontes Alternativas de Energia

## Energias: Eólica e Solar.

Prof. Dr. Luiz Roberto Carrocci

Universidade Estadual Paulista

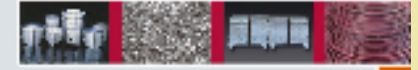
Júlio de Mesquita Filho

Campus de Guaratinguetá





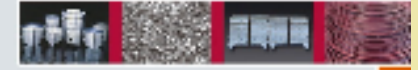
- a) *Energia Renovável*: é aquela originária de fontes naturais que possuem a capacidade de regeneração (renovação), ou seja, não se esgotam.
  
- b) *Fonte Alternativa de Energia*: o termo fonte alternativa de energia não deriva apenas de uma alternativa eficiente, ele é sinônimo de uma energia limpa, pura, não poluente, a principio inesgotável e que pode ser encontrada em qualquer lugar.



- c) **Shakespeare** no Livro - **Comédia dos Erros**, disse:  
**“Existe alguma coisa interessante nos ventos.”**

*Energia Eólica:* 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 emprego de turbinas eólicas, hoje mais conhecidas como aerogeradores.

- d) *Energia Solar :* Fonte de luz e calor. A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica (aquecimento) ou indiretamente como fonte de energia elétrica (fotovoltaica).



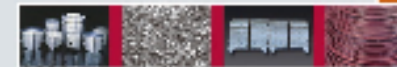
Variação no consumo de energia por Setor (Brasil).

	2009 (tep)	2010 (tep)	$\Delta$ 10/09
Industrial	76.413	86.333	<b>13,0 %</b>
Transporte	62.687	69.451	<b>10,8 %</b>
Energético	24.415	26.136	<b>7,0 %</b>
Residencial	23.227	23.673	1,9 %
Agrícola	9.453	9.911	4,8 %
Comercial	6.314	6.777	<b>7,3 %</b>
Público	3.717	3.814	2,6 %



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
**METAIS NÃO FERROSOS** 2011



Recebe atenção especial, para viabilidade econômica:

*Final do Século XIX – (1973 – Crise do Petróleo).*

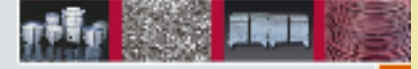
Dinamarca – 1976 → 1ª Turbina eólica produzindo eletricidade comercialmente.

Metas na Europa	Instalação de 4.000 MW Instalação de 11.500 MW	Até 2.000 Até 2.005
Realização	Instalação de 4.000 MW Instalação de 11.500 MW	Até 1.996 Até 2.001
Agora → Novas Metas	Instalação de 40.000 MW	Até 2.010
USA	Instalados 9.500 MW	Crescimento em torno de 10% ao ano



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



- *Mundo* → Previsão: de 12 – 15 % de toda energia gerada será eólica (médio prazo).
- *Hoje em dia* → novos estudos para o desenvolvimento de tecnologia para geração de energia eólica. Isso tem reduzido os custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade de equipamentos e dos sistemas de produção.



# Energia Solar

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



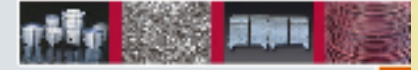
Quase todas as fontes de energia (hidráulica, biomassa, combustível fóssil e energia dos oceanos) → são formas indiretas de energia solar.

Obs.: A energia eólica é também uma forma indireta de manifestação da energia solar (formação dos ventos → Zonas de alta pressão).



# Energia Solar

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



## Arquitetura Bioclimática

### Objetivos:

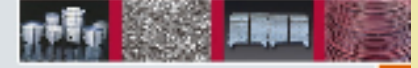
- Visa harmonizar as construções civis ao clima e às características locais;
- Promover bem estar das pessoas, através das condições naturais apenas, sem uso de energia externa.

Obs.: O sol irradia anualmente algo em torno de 4 mil a 10 mil vezes a energia consumida pela população mundial no mesmo período.



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



- Século XI – desenvolvimento dos moinhos de vento após as Cruzadas;
- Século XVII – Diversificação dos usos dos moinhos em toda a Europa;
- Século XIX – Revolução Industrial – Máquina a vapor (declínio dos moinhos de vento).
  
- A energia eólica recebe atenção especial com viabilidade econômica após a crise do petróleo de 1973.



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011

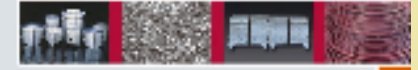


- A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. O levantamento do potencial eólico requer trabalho sistemático de coleta e análise estatística de dados, sobre velocidades e regime de ventos.
- É preciso uma base de dados com qualidade para a determinação e ter confiabilidade dos resultados fornecidos pelos modelos numéricos (que levam em conta fatores complexos como direção mudando a todo instante e de um local para o outro).
- Padrão mundial de Agronomia: 10m de altura para leitura da anemometria. Ou para implantação de aerogerador, medir de 5 em 5 m → até onde deve ser colocada a turbina (usual 50 m).



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



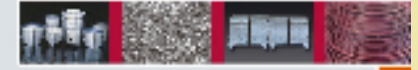
Hoje uma hélice (pás com perfis) pode ser considerada um motor a vento, cuja quantidade de energia que pode ser gerada depende de 4 fatores:

- Quantidade de vento que passa pela hélice;
- Diâmetro da hélice;
- Dimensão e capacidade do gerador;
- Rendimento dos sistemas (mecânicos e elétricos).



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



## Cálculo da Potência

Uma regra geral para cálculo da potência para turbinas eólicas, que na prática, não se consegue converter toda potência calculada em potência útil.

Obs.: A taxa de conversão otimizada: gira em torno de 59% (tecnologias atuais).

$$P = \frac{W}{t}$$

sendo

$$W = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$P = \frac{m \cdot V^2}{2t}$$

$$\dot{m} = \rho VA$$

$$P = \frac{\rho V^3 A}{2}$$

$$10 \text{ m/s} \rightarrow P = \frac{1000 \cdot \rho \cdot A}{2}$$

$$11 \text{ m/s} \rightarrow P = \frac{1331 \cdot \rho \cdot A}{2}$$

$$\Delta P = 33,1\%$$

$\rho$  = massa específica do ar.

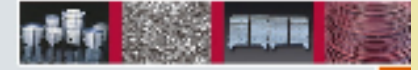
$V$  = velocidade do vento.

$A$  = área varrida pela hélice do rotor.



# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



Maneira para verificar a importância da velocidade e da escolha do local para instalação de um aerogerador, sobre tudo do diâmetro.

1º) Exemplo: Velocidade do Vento: 10 – 11 km/h ( $\Delta V = 10\%$ )

Velocidade fator elevado à 3ª potencia → logo  $\Delta P \sim 33\%$

2º) Exemplo: Área Varrida pelo Rotor:  $\varnothing h = 3$  m e  $V_v = 32$  km/h

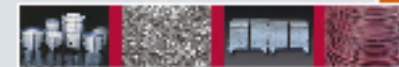
$\varnothing h = 6$  m e  $V_v = 32$  km/h

$$P = \frac{(1,2)(8,89)^3 \left( \frac{\pi(3)^2}{4} \right)}{2} = 2978,3W$$

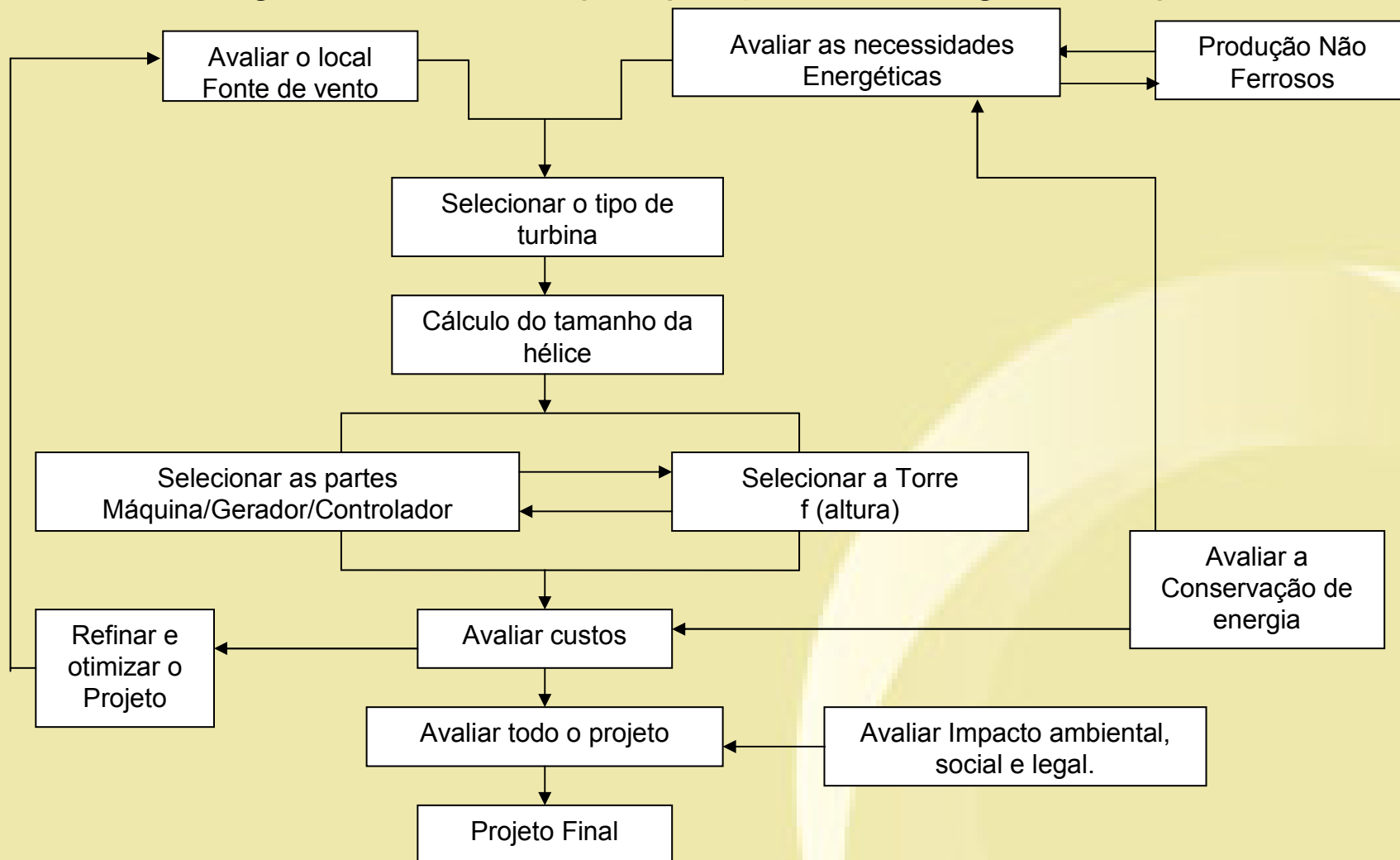
$$P = \frac{(1,2)(8,89)^3 \left( \frac{\pi(6)^2}{4} \right)}{2} = 11913W$$

4 vezes  
 $D^2$   
 $\Delta P = 300\%$

Tipos de Hélices: { Eixos Verticais → Savonios e Darrius.  
Eixos Horizontais



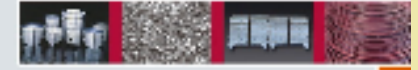
Fluxograma usado na prospecção da Energia a ser produzida.





# Energia Eólica

12º SEMINÁRIO DE  
**METAIS NÃO FERROSOS** 2011



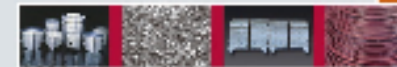
## Algumas Matrizes Energéticas (Participação da Energia Eólica)

- Dinamarca – 20%
- Espanha – 9%
- Portugal – 7%
- Alemanha – 7%
- Índia – 1,5%
- Inglaterra – 1,5%
- Itália – 1,3%
- USA – 0,8%
- França – 0,8%

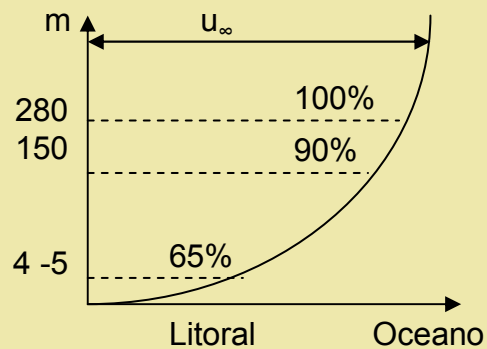
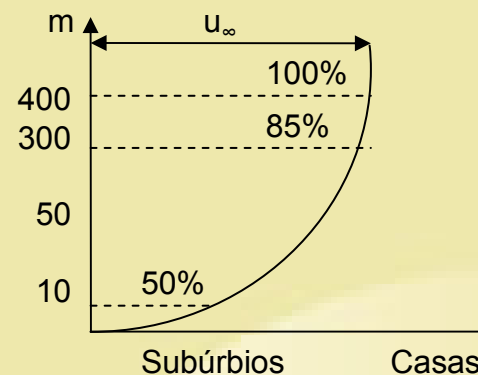
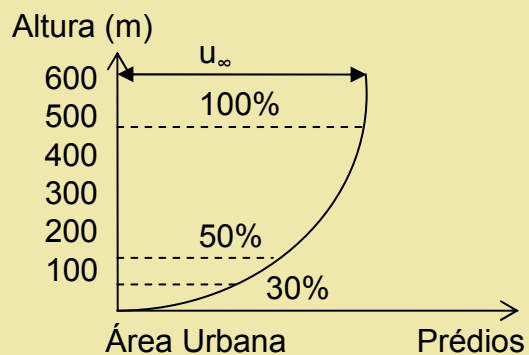
**Brasil**

**+/- 0,23%**

**520 tep**



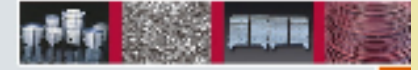
## Estudo do Desempenho do escoamento dos Ventos nas Regiões





# Energia Solar

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



- Sol – Fonte de luz e calor (*Fonte de Vida*)
  - ***Fonte promissora para abastecimento de energia desse milênio.***
- Tipos de aproveitamento:
  - \* Direto → fototérmica.
  - \* Indireto → Arquitetura bioclimática;
    - Combustíveis fósseis, etanol, etc;
    - fotovoltaica.
- Porto Alegre: tempo de sol – de 10h e 13 min até 13h e 47 min por dia (período de 20 de junho à 25 de setembro).



# Energia Solar

12º SEMINÁRIO DE  
METAIS NÃO FERROSOS 2011



- Desvantagens:
  - \* Alto custo de investimento;
  - \* Baixa eficiência na captação;
  - \* Grandes áreas de captação.
- Vantagem:
  - \* Cada  $m^2$  de coletor solar instalado equivale a aproximadamente a  $56m^2$  de terras férteis inundadas (Usina Hidrelétrica);
  - \* Brasil → País Tropical (muito sol).



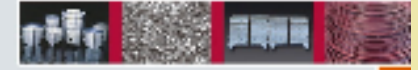
# Energia Solar

12º SEMINÁRIO DE  
**METAIS NÃO FERROSOS** 2011



- Idade do Sol → em torno de 5 bilhões de anos.
- Futuro do Sol → aproximadamente mais 6 bilhões de anos para brilhar.

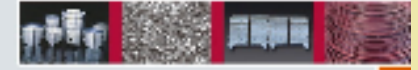
- Coletores {
  - Planos
  - Concentradores



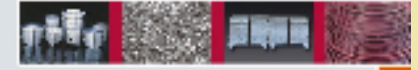
Melhoria na eficiência na produção de energia alternativa:

- \* Sistemas Híbridos:
  - biogás;
  - energia solar fotovoltaica;
  - energia solar térmica;
  - energia eólica.
  - \* *Coletores*
  - \* *Produção de frio*
- \* Sistemas de Controle:
  - Lógica Fuzzy;
  - Ponto de melhor rendimento.

# Considerações Finais



- **Energia Eólica:** Fazendas eólicas não são totalmente desprovidas de impactos ambientais. Elas alteram as paisagens, ameaçam pássaros (rotas de migração), emitem níveis razoáveis de ruídos (baixa frequência – incomodo), influem em transferência de difusão (interferência eletromagnética - rádio e televisão) e provocam ainda uma certa poluição visual. A energia eólica deve suprir cerca de 10% das necessidades mundiais de eletricidade até 2.020.
- **Energia Solar:** Depois de 1.995 – Instituição do Atlas Solarimétrico do Brasil, (UFPE), (UFSC), (INPE), (GTES). Aplicação e adaptação para o Brasil de um modelo alemão, utilizando imagens de satélite (geoestacionário) para radiação solar puntual.
- **Obs.:** Futuro mundial → A matriz energética mundial é movida atualmente por poucas fontes energéticas, deverá em curto prazo modificar-se para um cenário diversificado (Energia eólica e solar vêm se despontando).
- Outros países traçaram seus objetivos em relação a geração de energia e estão seguindo de maneira fiel os calendários, enquanto que o Brasil por não ter metas precisas e por não optar por um planejamento claro e objetivo, está se atrasando nesse setor em relação ao desenvolvimento e a outros países.



# Obrigado!

## Luiz Roberto Carrocci.

Departamento de Energia – DEN

Feg – Unesp

Tel (12) 3123-2835

[carrocci@feg.unesp.br](mailto:carrocci@feg.unesp.br)

