

BIJ0207-15

Bases Conceituais da Energia

Prof. Dr. José Antonio Souza

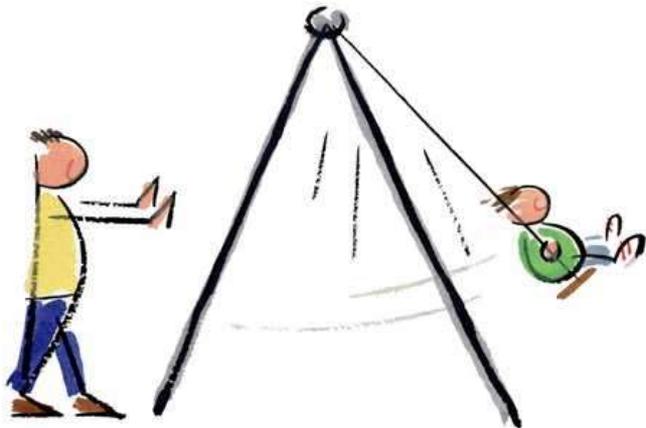
Aula 4



Movimentos recíprocos (vai-vem)

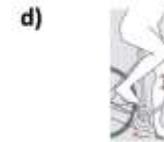
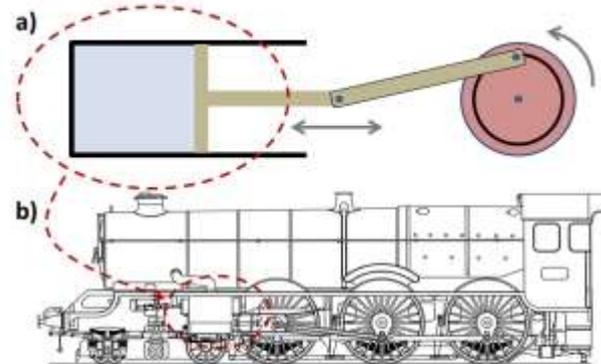
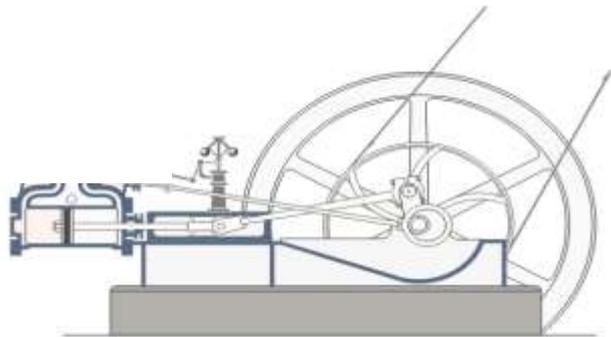
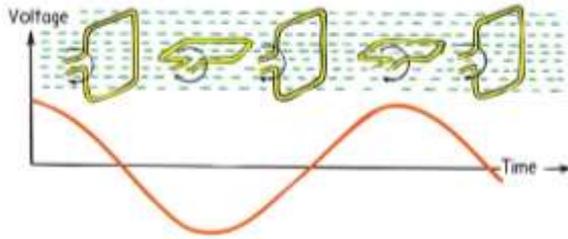
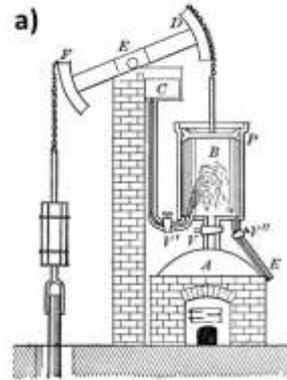
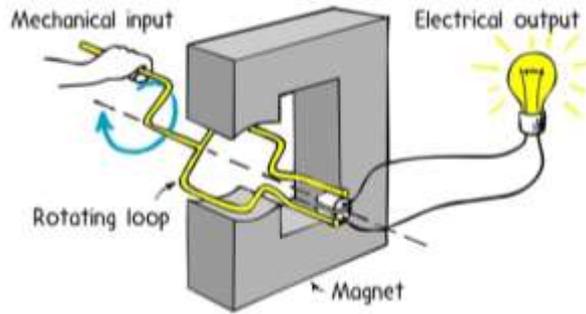
Movimentos recíprocos são importantíssimos em física e engenharia pois fazem parte de muitas soluções tecnológicas, dentre elas, os motores que são o foco dessa aula. Mas também relógios (osciladores harmônicos) por exemplo.

No ensino médio se ensina muito sobre senos e cossenos. E eles estão intimamente relacionados com motores (geradores), relógios etc. Senos e cossenos tem tudo a ver com vai-vem (recíprocos).

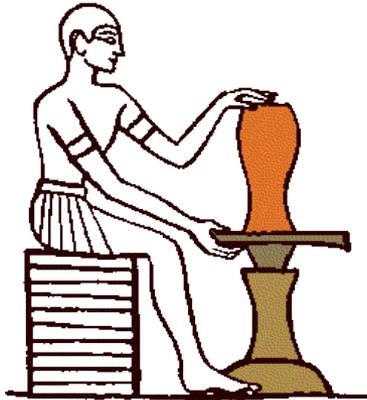


Note que este é um oscilador harmônico forçado e amortecido.

Movimentos recíprocos e Engenharia....



Aqui é importante o conceito de “volante de inércia” (flywheel). Isso existe há muito tempo. Aqui exemplos em produção de vasos de cerâmica.

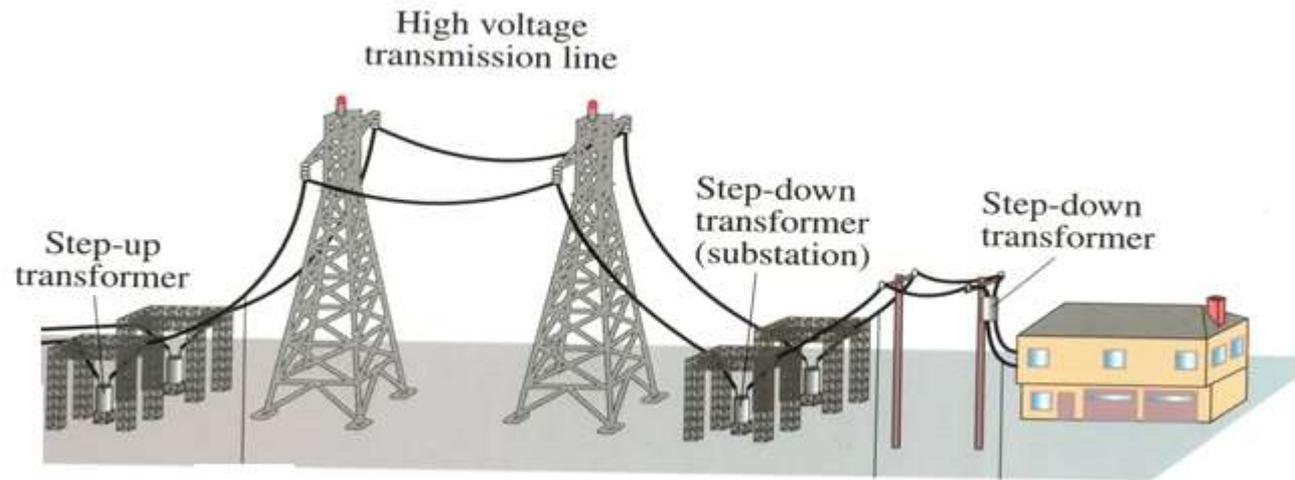


Egito antigo

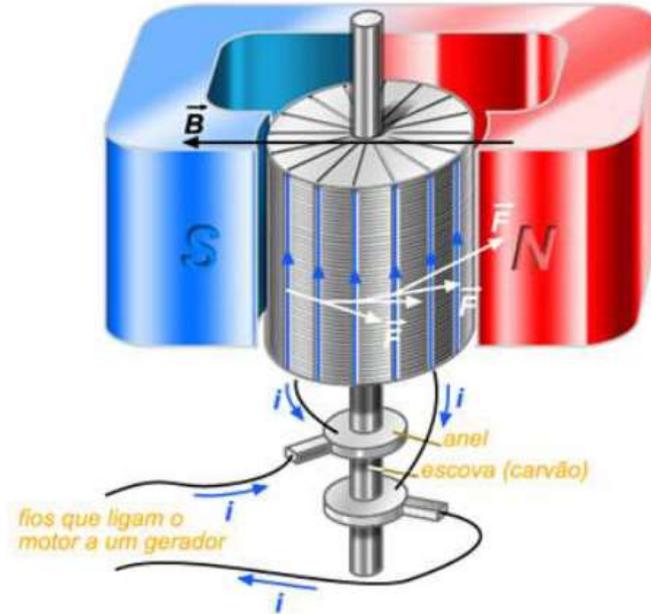


Transmissão de Eletricidade

Usinas de geração
de Eletricidade:
Hidrelétrica,
Eólica,
Térmica e
Outras
????
O que mais???



Geradores de Eletricidade



Precisa-se rotacionar um eixo:
Energia cinética de rotação!

Energia cinética de rotação

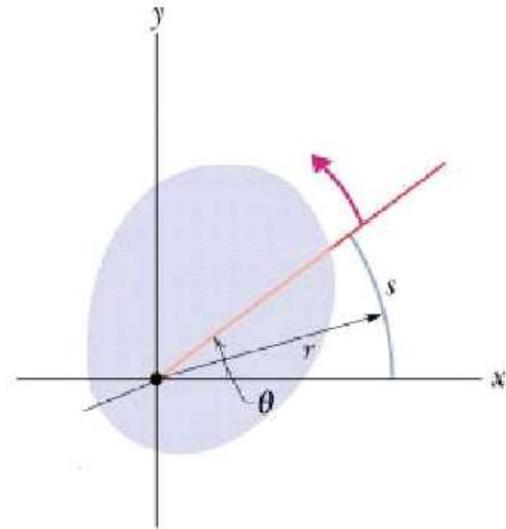
- Um movimento circular de um eixo com raio constante

$$s = \theta r$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d}{dt}(\theta r) = r \frac{d\theta}{dt} = r\omega$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mr^2\omega^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$

onde I é o momento de inércia

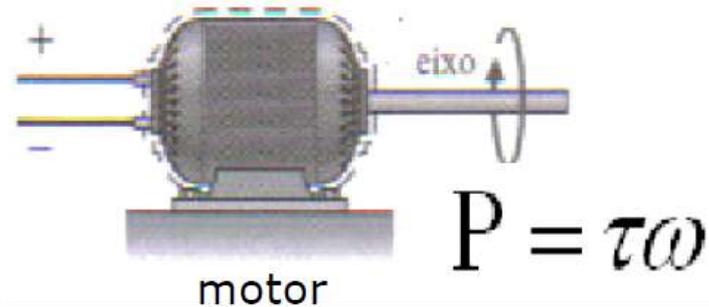


Potência de rotação

$$P = Fv = Fr\omega = \tau\omega$$

onde $\tau = (F r)$ é o torque

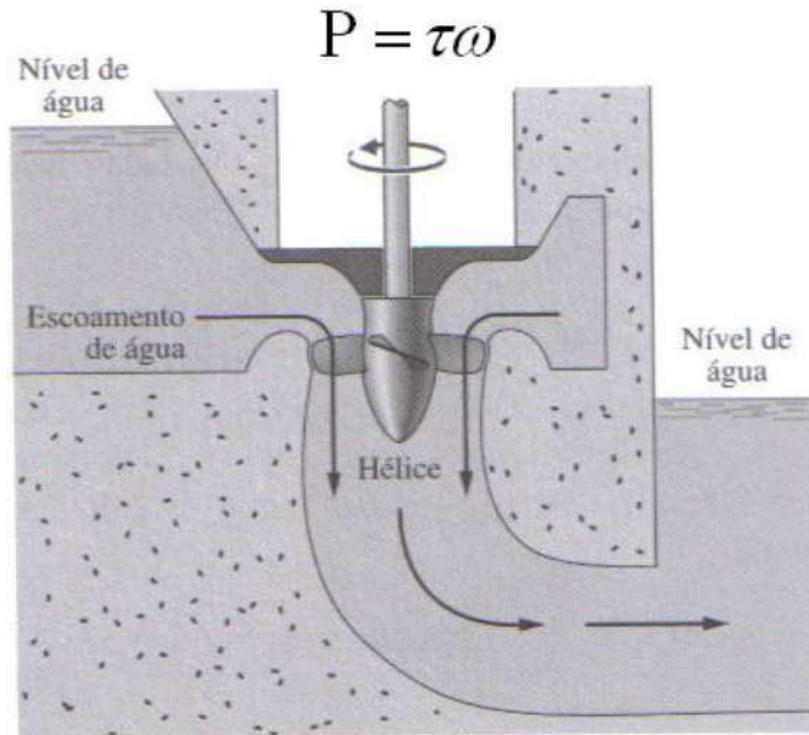
$$P = \tau\omega$$



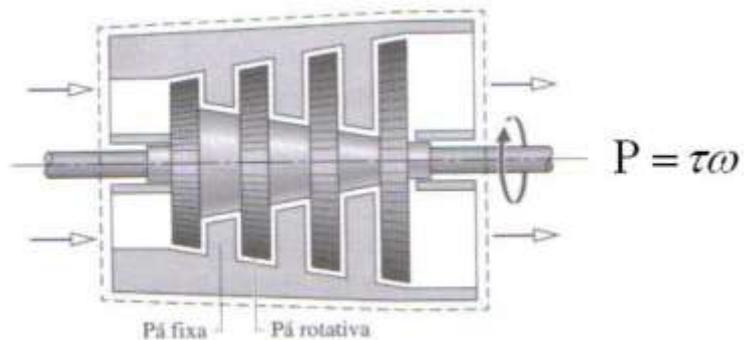
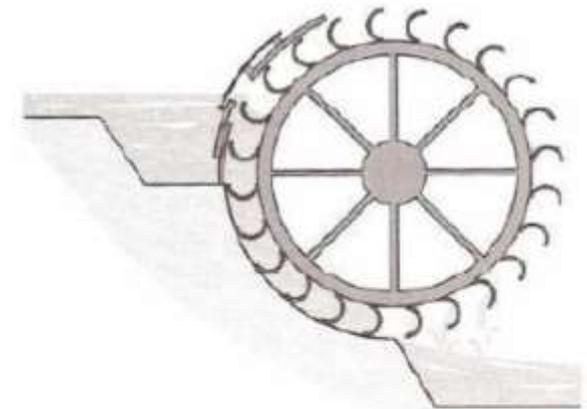
- A potência do eixo é dada pelo produto do torque e da velocidade angular.

Potência de rotação – turbina hidráulica

A água passa pela turbina, faz o hélice girar o eixo e gerar potência



Roda d'água



Roda d'água de peitoral:
Pode ser operada com grande nível d'água sobre a roda e utiliza tanto o fluxo de água quanto a altura de carga para aumentar sua eficiência (em torno de 65%)

Pode-se dizer que uma turbina aproveita do movimento circular de um elemento, normalmente equipado com aletas ou pás coletoras, para obter trabalho mecânico a partir do movimento de um fluido.

a)



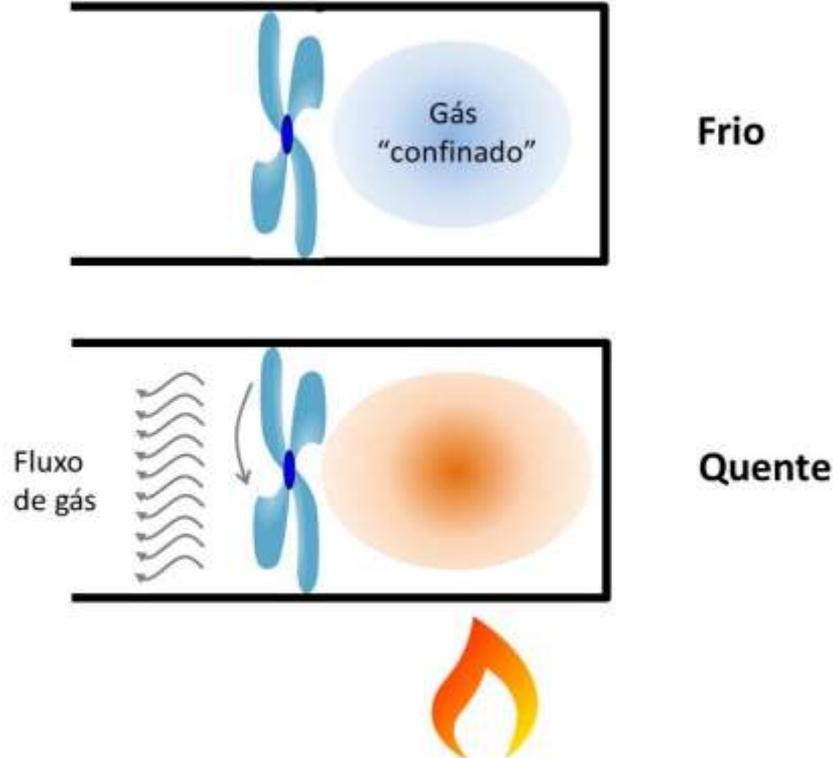
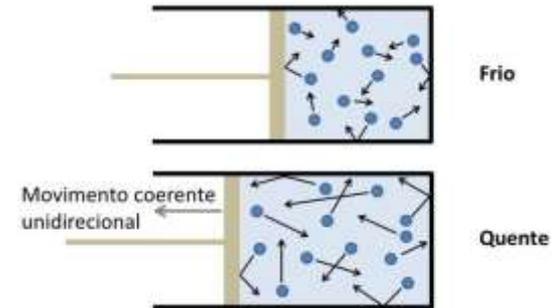
b)



A roda d'água e o moinho de vento são exemplos de turbinas antigas. Não são consideradas máquinas térmicas, (embora saibamos que o ciclo hidrológico e os ventos dependam da energia térmica do Sol) mas ilustram bem o conceito de uma turbina.

Turbinas térmicas

Em analogia ao que discutimos com relação ao motor de Stirling no sistema cilindro-pistão.



A configuração ao lado apresenta apenas o conceito. Uma máquina assim seria bastante ineficaz. Turbinas são concebidas para aproveitarem de fluxos contínuos do fluido de trabalho. Como poderíamos conseguir isso, adaptando o conceito?

ENERGIA HIDROELÉTRICA

Energia Hidráulica = Energia Potencial Gravitacional

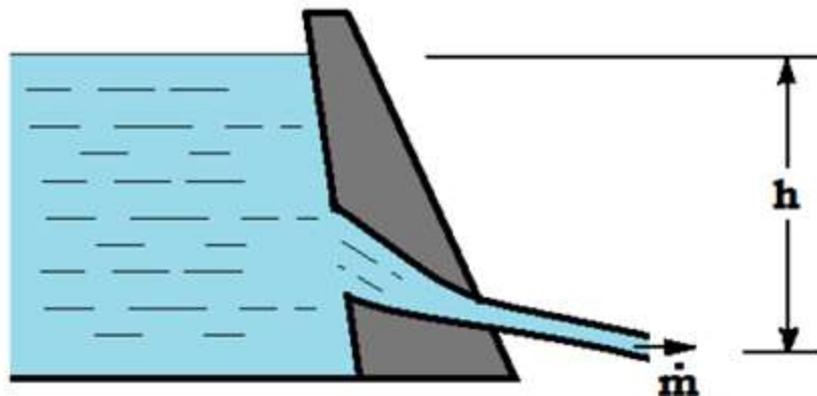
$$V = mgh$$

Ao descer pelo canal da barragem, a energia potencial se converte em energia cinética:

$$K = V = \frac{1}{2}mv^2$$

Velocidade da água, na saída do canal:

$$v = \sqrt{2gh}$$

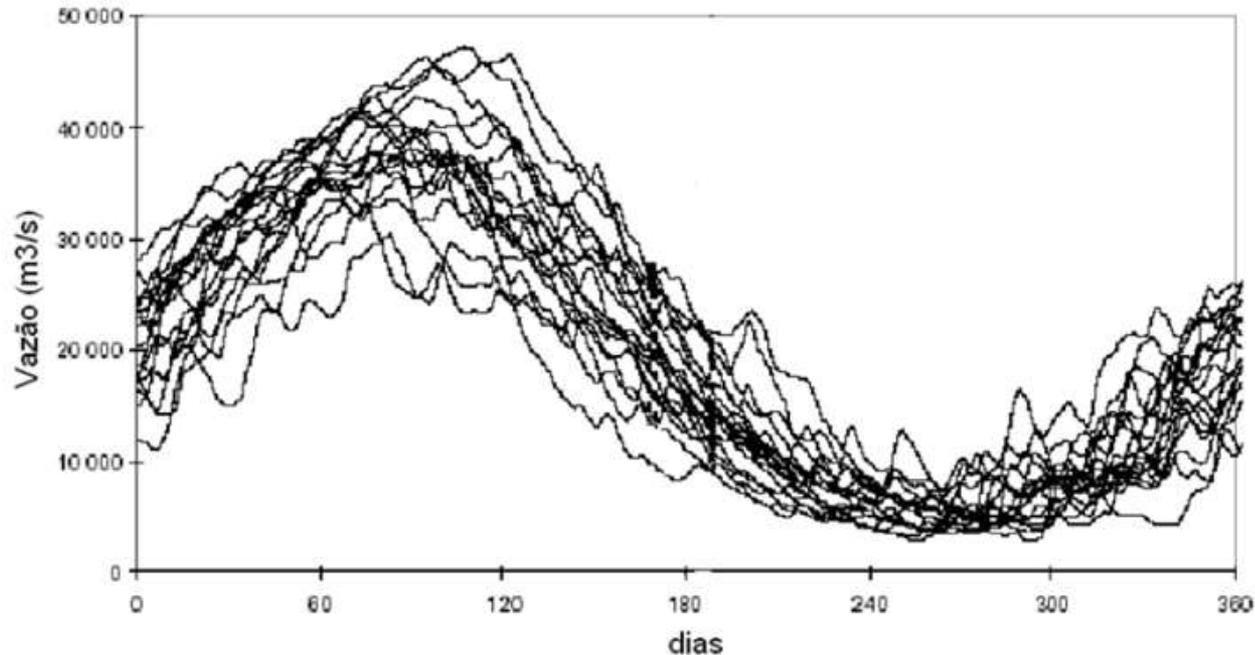


Potência hidroelétrica:

$$P = \frac{dV}{dt} = \frac{dm}{dt}gh = \dot{m}gh$$

\dot{m} = vazão em massa (Kg/s)

Vazão durante o ano rio Madeira



Usinas de reservatório: durante a estação de chuva acumula-se água no reservatório e usa-se na estação de seca.

Usinas a fio d'água: não tem reservatório. Diminui o impacto ambiental.

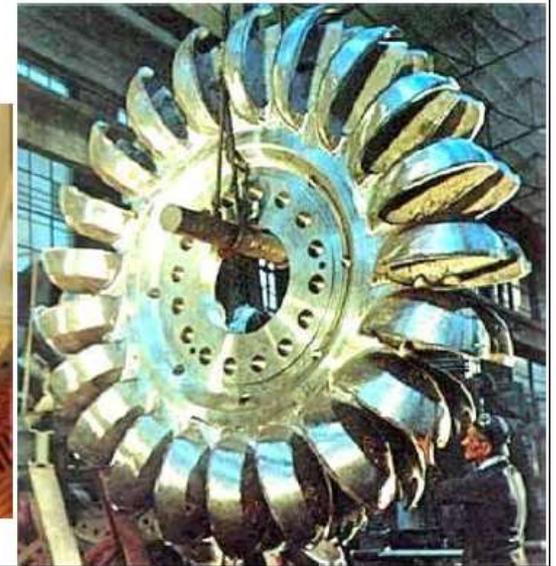
Impactos socio-econômicos:

- ❑ Inundação de grandes áreas**
- ❑ Deslocamento de populações ribeirinhas**
- ❑ Grandes distâncias dos centros de consumo**
- ❑ Regime de sazonalidade das chuvas e secas**

Tipos de turbinas

Após descer pelo canal, a água será alimentada a uma turbina hidráulica. Basicamente, a água empurra as pás da turbina, fazendo girar seu eixo. Conversão de energia cinética em energia mecânica(Máquinas de Fluxo). Três tipos principais de turbinas (existem outros tipos):

- a. Turbina de reação (Kaplan) : altas vazões de água, pequenas alturas
- b. Turbina Francis : altas vazões de água, alturas moderadas
- c. Turbina de impulso (Pelton) : baixas vazões de água, grandes alturas



Usina Subterrânea

Usina Henry Borden: (projetada para 889 MW, hoje opera com 108 MW)

- Construída em Cubatão (1926) (usinas externa e subterrânea)
- Aproveitamento da diferença de cota entre o planalto e a baixada
- Turbinas Pelton
- Altura em torno de 720 m



Potencial hidrelétrico do Brasil

- Condições privilegiadas para elevado potencial para geração hidrelétrica
 - Pequenas montanhas e plateaus (100 a 1000 m) favorecem formação de rios e quedas
 - Chuvas abundantes (exceto no NE)
 - Grandes vazões dos rios
 - Grande impacto ambiental e social
 - Necessidade de barragens
 - Grandes hidrelétricas disponíveis na região amazônica
 - Brasil – 85 % da eletricidade do Brasil
 - Mundo – 16 % da eletricidade do mundo
-

Potencial hidrelétrico no Brasil

Potencial hidrelétrico = 260 GW

Potencial utilizado (28,5%) = 74 GW

Utilização nos EUA, Japão e UE: 70% de aproveitamento \approx limite superior

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (GW)	POTENCIAL (GW)	APROVEITAMENTO (%)
Norte	9	111	8,1
Nordeste	11	26	42,3
Sudeste	24	44,6	53,8
Sul	20	43,1	46,4
Centro-Oeste	10	35,3	28,3
TOTAL	74	260	28,5

Usinas hidrelétricas

- Itaipu – 14200 MW – rio Paraná
 - Tucuruí – 8370 MW – rio Tocantins
 - Usinas hidrelétricas médias - inúmeras
 - $100 \text{ MW} < P < 2000 \text{ MW}$
 - Pequenas hidrelétricas (PCH) $P < 50 \text{ MW}$ – inúmeras
 - Em construção
 - Santo Antônio – 3150 MW – rio Madeira
 - Jirau – 3300 MW – rio Madeira
 - Belo Monte – 11233 MW – rio Xingu
-

Energía Eólica

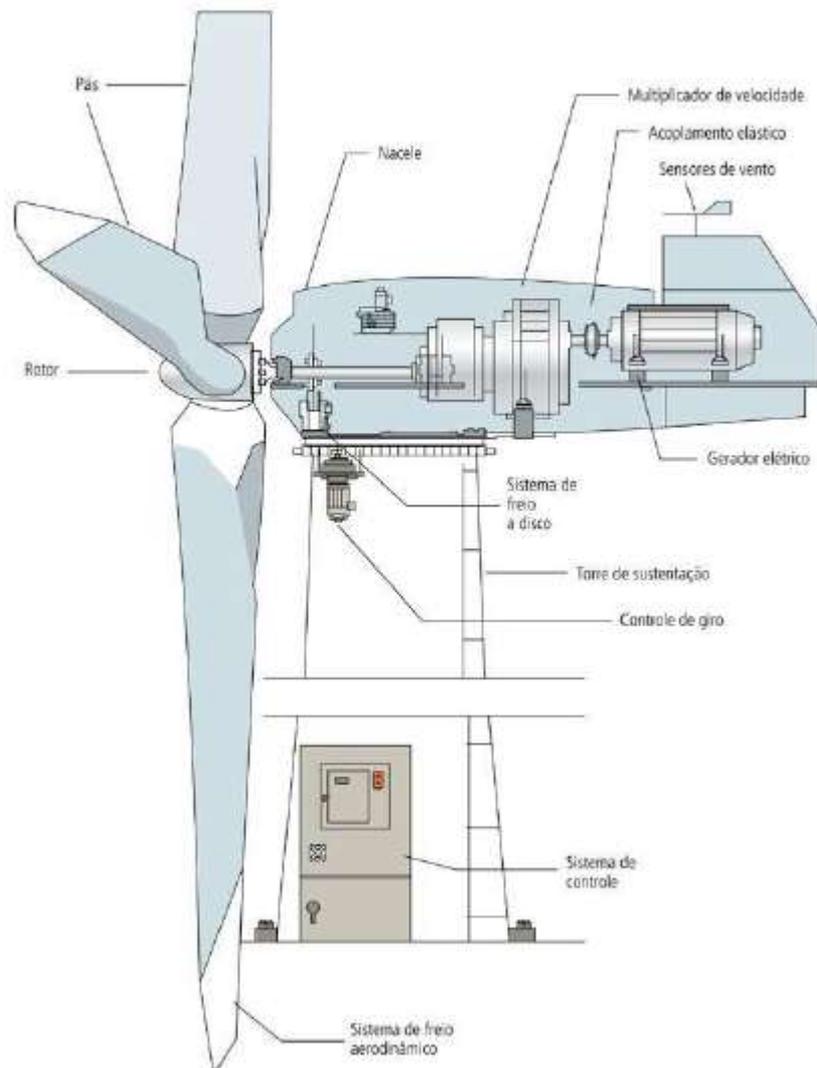


Uso da velocidade dos Ventos

- Desde a antiguidade a energia dos ventos é usada na navegação (transporte), na Agricultura. No século XVII, tornaram-se populares nos famosos moinhos de vento para moagem de grãos.



Turbina



Potência eólica

$$P = F \cdot v$$

$$F = \frac{1}{2} C_D A \rho v^2$$

onde

C_D é o coeficiente de arraste

A é a área frontal exposta ao fluxo do fluido

ρ é a densidade do fluido

v é a velocidade relativa entre o objeto e o fluido

$$P = \frac{1}{2} C_D A \rho v^3$$

Potência eólica

- A potência eólica varia com o cubo da velocidade do vento.
 - A potência gerada é fortemente dependente da velocidade do vento
 - Quando a velocidade do vento dobra, a potência é multiplicada por 8.
 - Quando a velocidade do vento cai pela metade, a potência cai 12,5 % da potência anterior.
-

Potencial eólico Brasileiro

