



Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

ACH1014 Fundamentos de Física

Aula 2: Usinas hidrelétricas

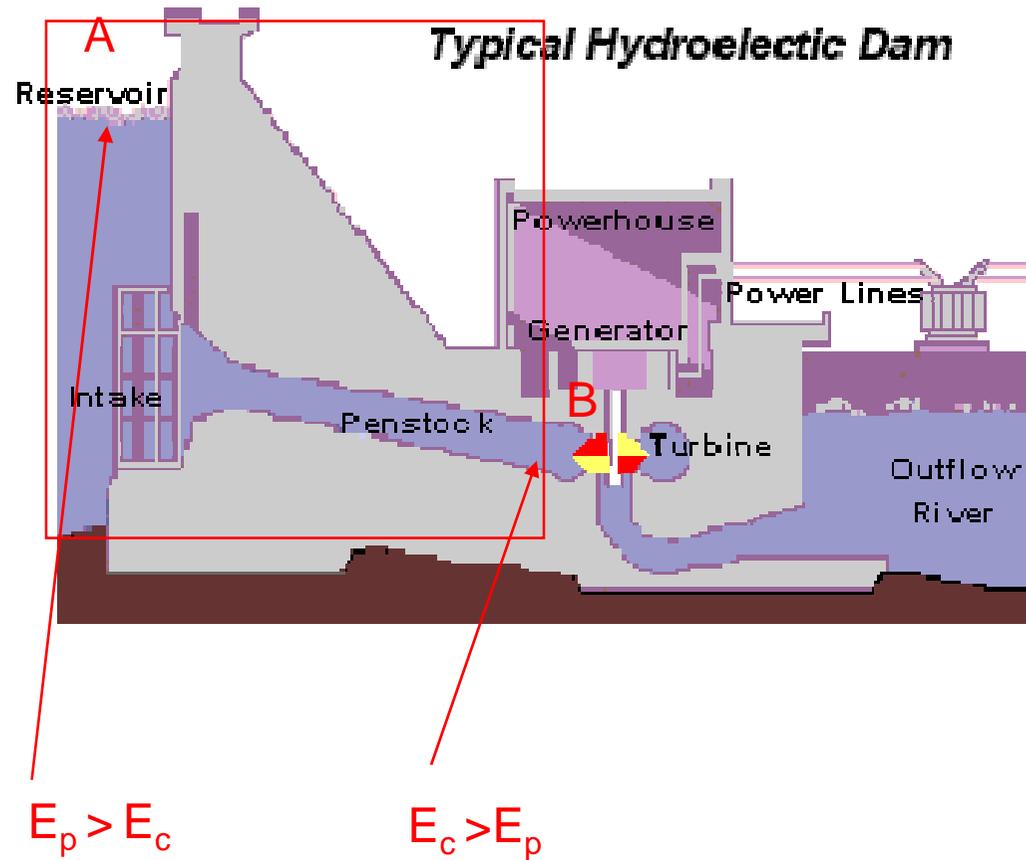
Profa Dra Patricia Targon Campana

2013

1. Aula 1: Usina hidrelétrica
 - 1.1 conservação de energia

2. Aula 2: Usina hidrelétrica
 - 2.1 energia cinética de rotação
 - 2.2 o torque e a variação da energia cinética
 - 2.3 pressão da água e a força resultante nas pás

Conservação de energia
Tipos de energia
Trabalho



O que ocorre durante a queda d'água?

Transformação de energia potencial gravitacional em outras formas de energia



Devido à existência de forças não conservativas (atrito, p.e.) a energia mecânica não se conserva

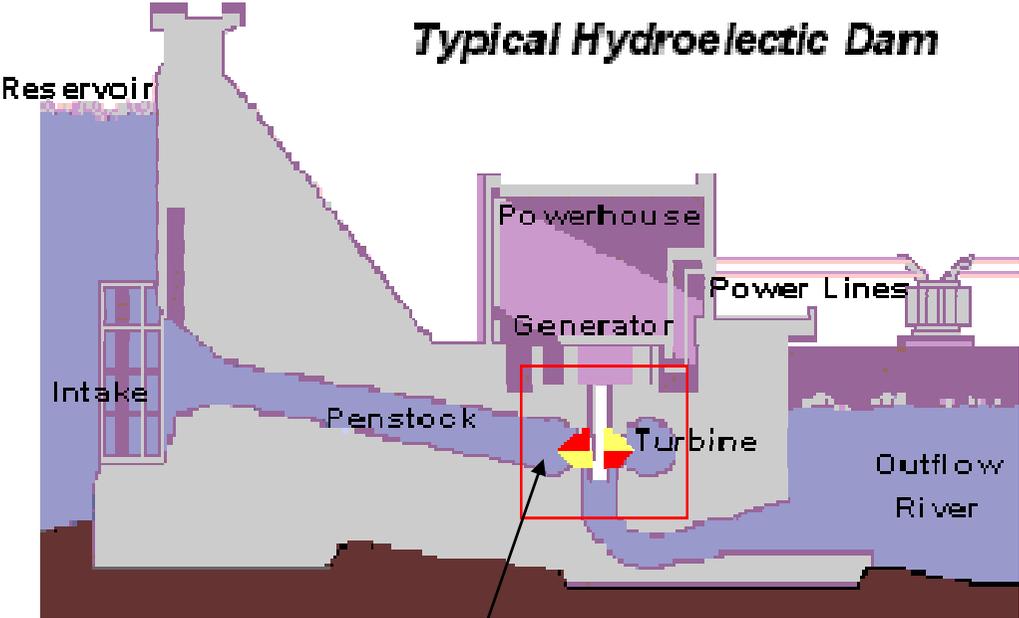
Se considerarmos desprezíveis as forças dissipativas, podemos calcular o trabalho realizado pela queda d'água



$$W = E_{cB} - E_{cA}$$

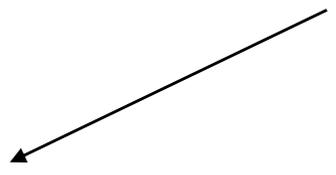
Ou seja, a água se movimenta através de transformações de energia!

Typical Hydroelectric Dam



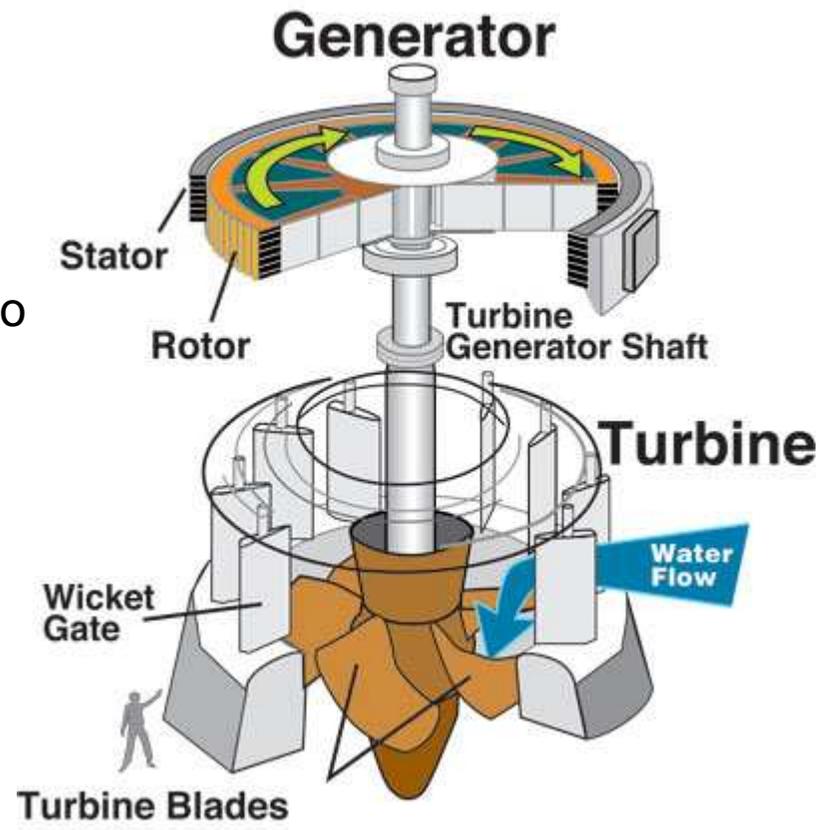
$$E_c > E_p$$

pás → também adquirem movimento através de transformações de energia



energia cinética → movimentará a pá

associada → à rotação do eixo

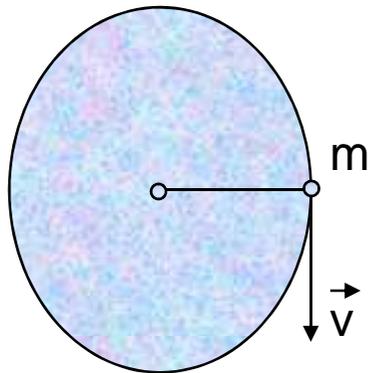


1. Aula 1: Usina hidrelétrica
 - 1.1 conservação de energia

2. Aula 2: Usina hidrelétrica
 - 2.1 energia cinética de rotação
 - 2.2 o torque e a variação da energia cinética
 - 2.3 pressão da água e a força resultante nas pás

Calculando a energia de rotação de um objeto em torno de um eixo

Cada pedaço tem uma E_c de translação



Se o objeto é rígido \longrightarrow Todo o sistema gira com $\vec{\omega}$

Dividindo o disco em n partes:

$$E_{cn} = (1/2) m_n (v_n)^2$$

$$v_n = \omega \cdot r_n$$

$$E_{cn} = (1/2) m_n (\omega \cdot r_n)^2$$

$$I_n = m_n \cdot r_n^2 \quad \text{Momento de inércia}$$

$$E_{cn} = (1/2) I_n (\omega)^2$$

De cada pedaço n

O disco todo terá:

$$E_{c_disco} = (\Sigma)_n E_{cn} = (\Sigma)_n (1/2) I_n (\omega)^2 = (1/2) (\omega)^2 (\Sigma)_n I_n$$

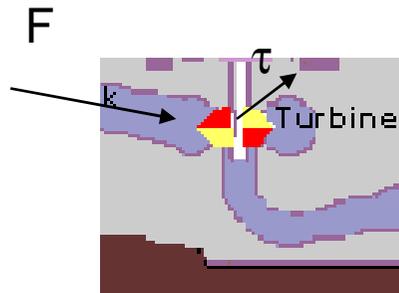
$(\Sigma)_n I_n$ \longrightarrow Momento de inércia total do disco em relação ao eixo

$$E_c = (1/2) I (\omega)^2$$

O torque e a variação da energia cinética

inicialmente, para movimentar a turbina:

a força da água sobre as pás provoca um torque em relação ao eixo da turbina



$$\tau = F \cdot r$$

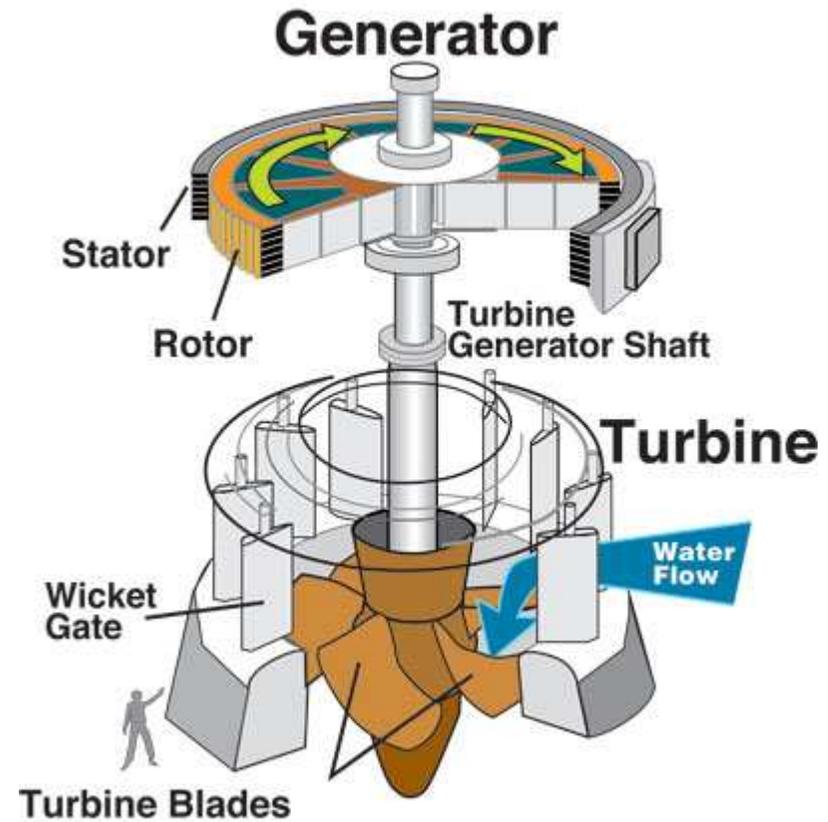
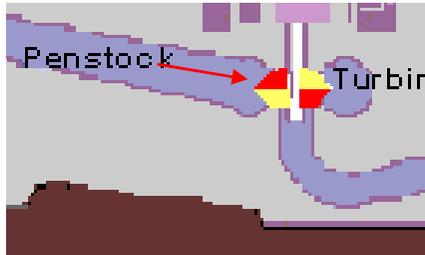
Depois deste primeiro momento, os torques são dados pela variação do volume de água

Os torques provocam uma variação no número de voltas ($\Delta\phi$)

$$\tau \cdot \Delta\phi = \Delta E_c$$

$$\tau \cdot \Delta\phi = W_{F_resultante} \longrightarrow W_{F_resultante} = \Delta E_c$$

A $F_{\text{resultante}}$ nas pás



$$P = \frac{F}{A}$$

$$F_{\text{resultante}} = P \cdot A$$

$$W = F \cdot d$$

$$W = P \cdot (A \cdot d)$$

$$W = P \cdot (\text{dimensão de volume}) \longrightarrow \tau \cdot \Delta\phi = W_{F_{\text{resultante}}}$$

Por que a pá é tão grande?

Créditos

www.nutsbike.com/transportation/police-lookin...

<http://www.cemig.com.br/cemig2008/media/imagens/UHE%20Salto%20Grande%20VA%203%20IT.jpg>

<http://ga.water.usgs.gov/edu/hyhowworks.html>