

## 2. USINAS HIDROELÉTRICAS

- Recursos hidráulicos
- Potencial hidroeléctrico.
- Turbinas hidráulicas
- Usinas hidroeléctricas.

# ORIGEM



# O Ciclo Hidrológico



# Moinho

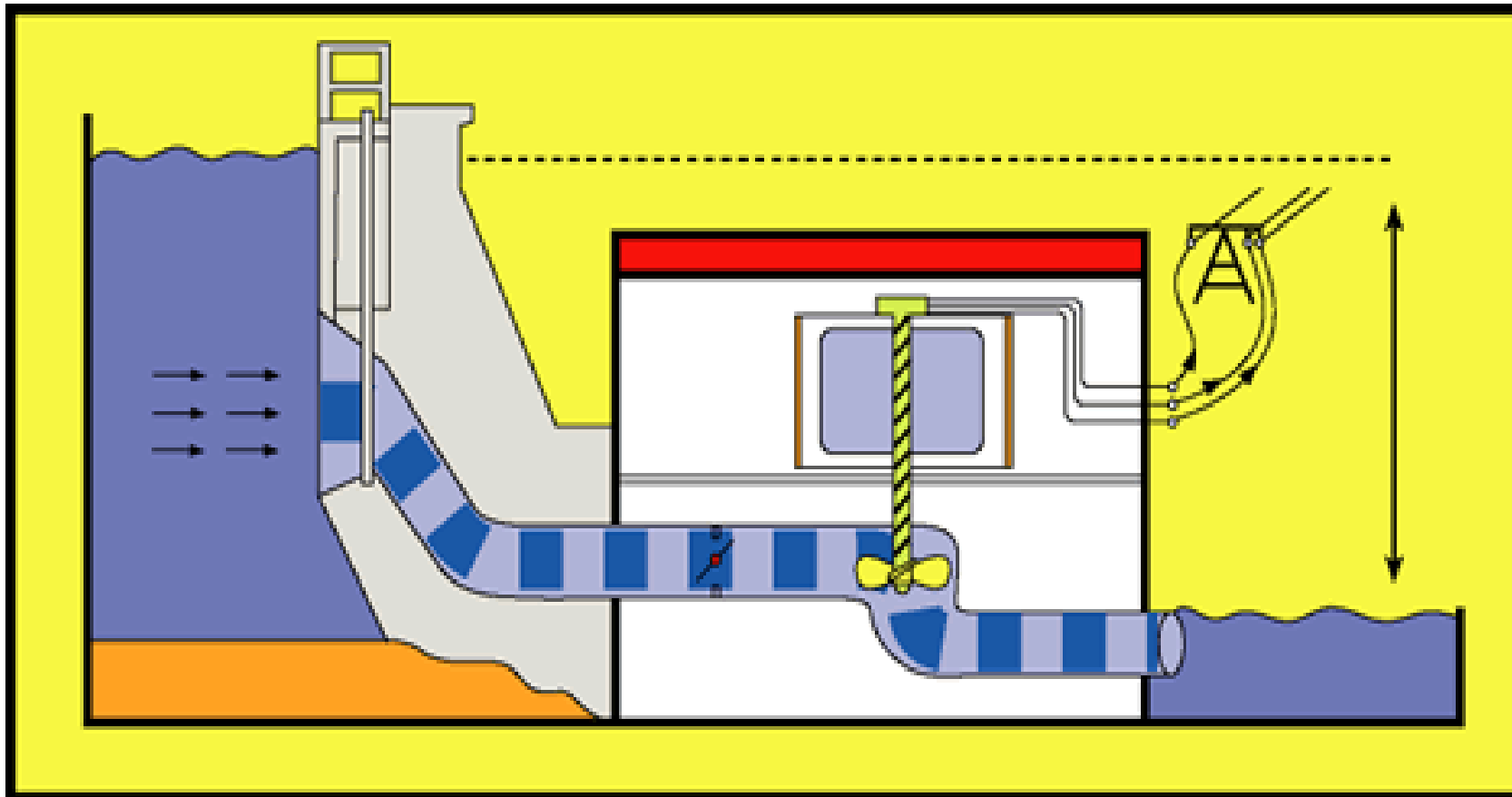


# Hidrelétricas

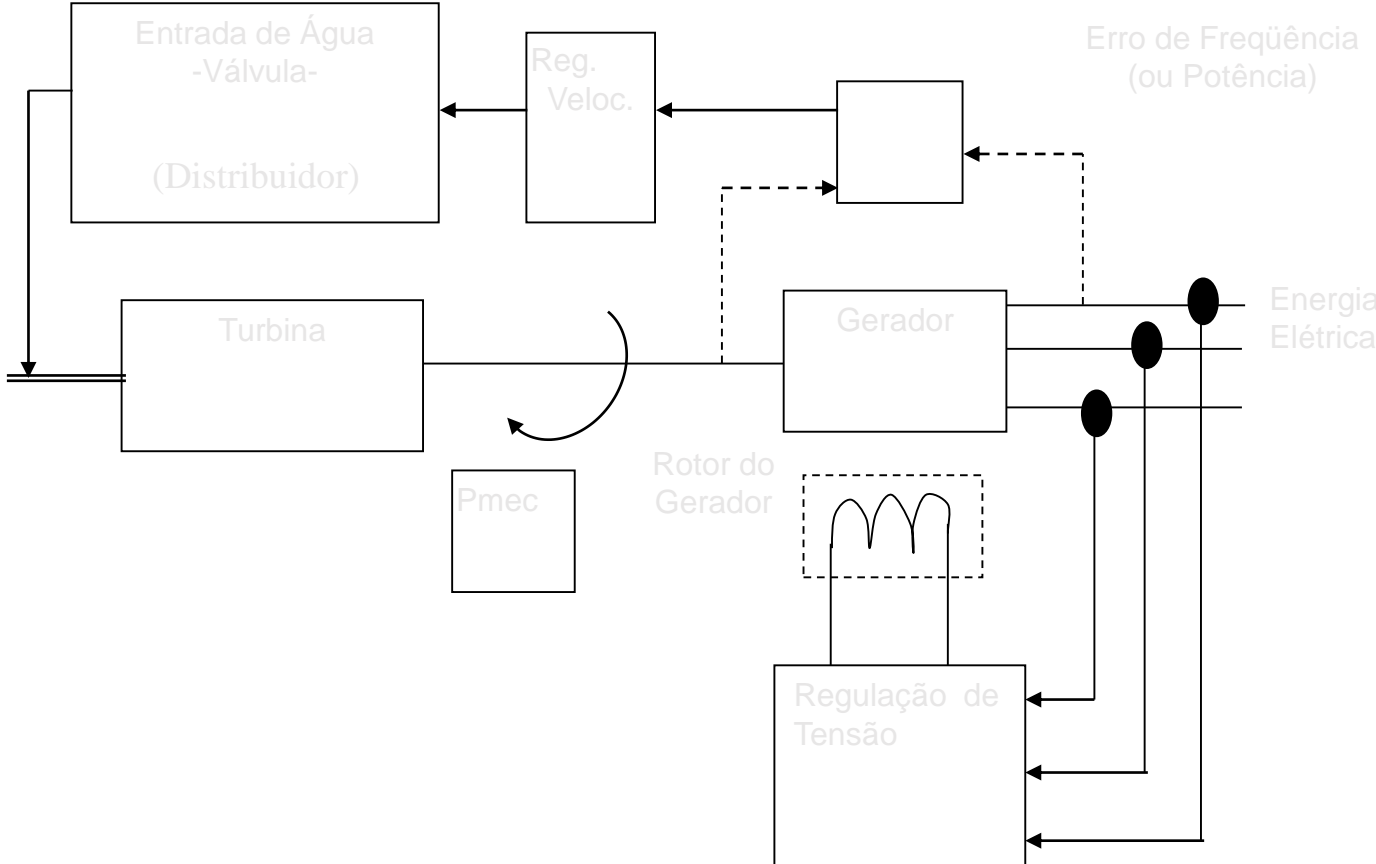
- Em cada país essa energia varia consideravelmente, em função do relevo, das precipitações e também do nível de desenvolvimento do país, devido aos grandes investimentos necessários para sua instalação.
- O custo desta energia depende do tipo de rios em que se é instalado as usinas.



Como é gerada essa energia ?



# Diagrama Geral de uma Hidrelétrica

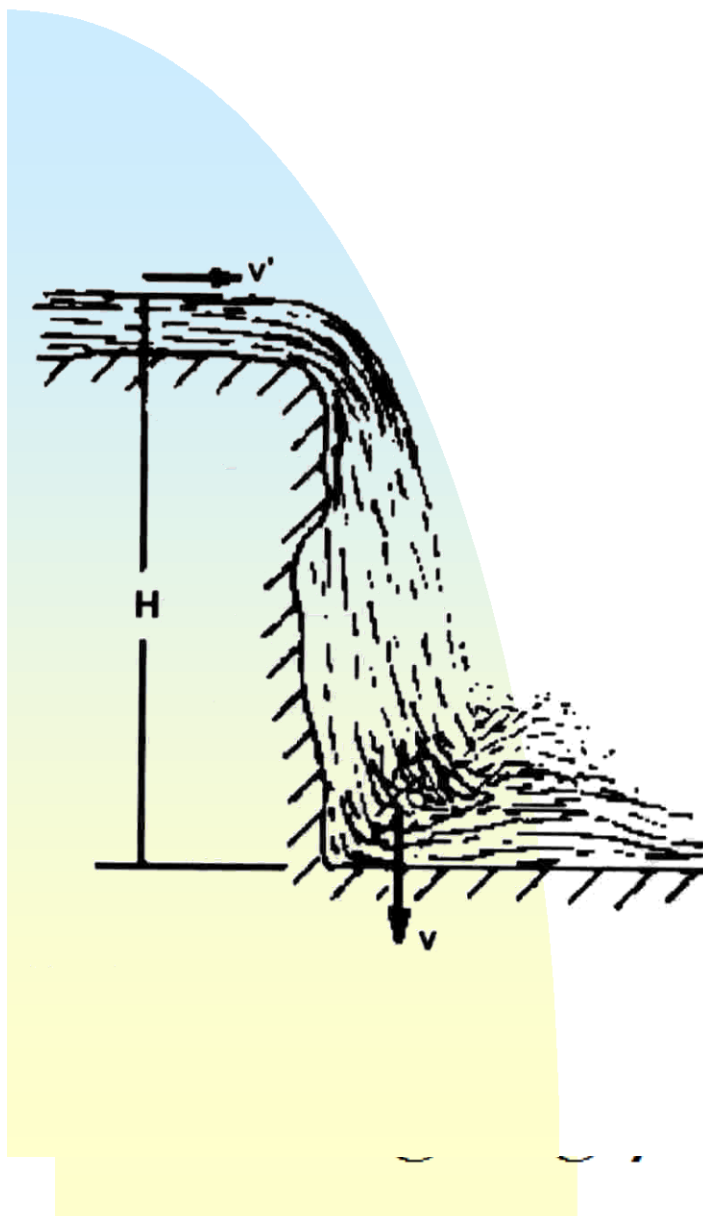


## **Vazão em um Curso d' Água**

**O volume de água que passa em uma seção reta do curso d' água na unidade de tempo. Essa variável, usualmente medida em  $m^3/s$ , em conjunto com a queda d' água disponível no local, determinará a potência elétrica que pode ser obtida.**



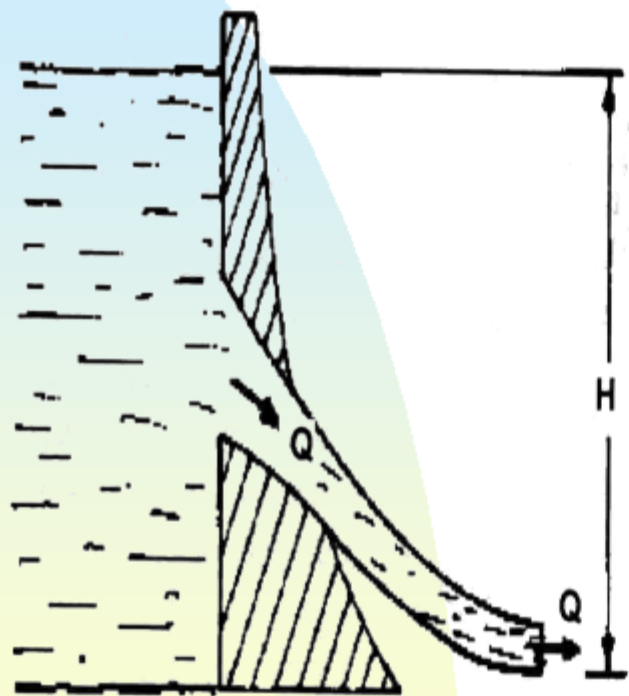
# Princípio de Funcionamento



- Potência =  $m.g.H_Q$
- $m$  = massa que cai / seg
- $g$  = aceleração da gravidade
- $H_Q$  = queda bruta
- Se a água que cai, vem de um rio com velocidade  $v'$
- $P = m.g.H + 1/2 m.v'^2$
- Obs:  $1/2 m.v'^2$  em geral pode ser desprezada pois  $v'$  é muito pequena

# Função de Produção

Troca-se m/seg por Q (vazão)  $\rightarrow$  m<sup>3</sup>/s



$$\rho = m/Q$$

Q = volume de água que escoar por segundo através do tubo (vazão)

$$P = \rho g.H.Q$$

g = aceleração da gravidade - 9,81m/s<sup>2</sup>

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Potência = 9,81 HQ (kW)

sendo H - metros e Q - m<sup>3</sup>/s

$$Pg = g.\rho.10^{-3}.\eta_t.\eta_g.\eta_H.Q.h [kW]$$

## Hidrelétrica - Características

Rendimento ou eficiência:  $\eta_{TOT} = \eta_H \cdot \eta_T \cdot \eta_g$  onde

$\eta_H$  - Rendimento do sistema hidráulico

$\eta_T$  - Rendimento da turbina

$\eta_g$  - Rendimento do gerador

Valores típicos são:  $0,76 \leq \eta_{TOT} \leq 0,87$  com  $\eta_H \geq 0,96$   
 $0,94 \geq \eta_T \geq 0,88$   
 $0,97 \geq \eta_g \geq 0,90$

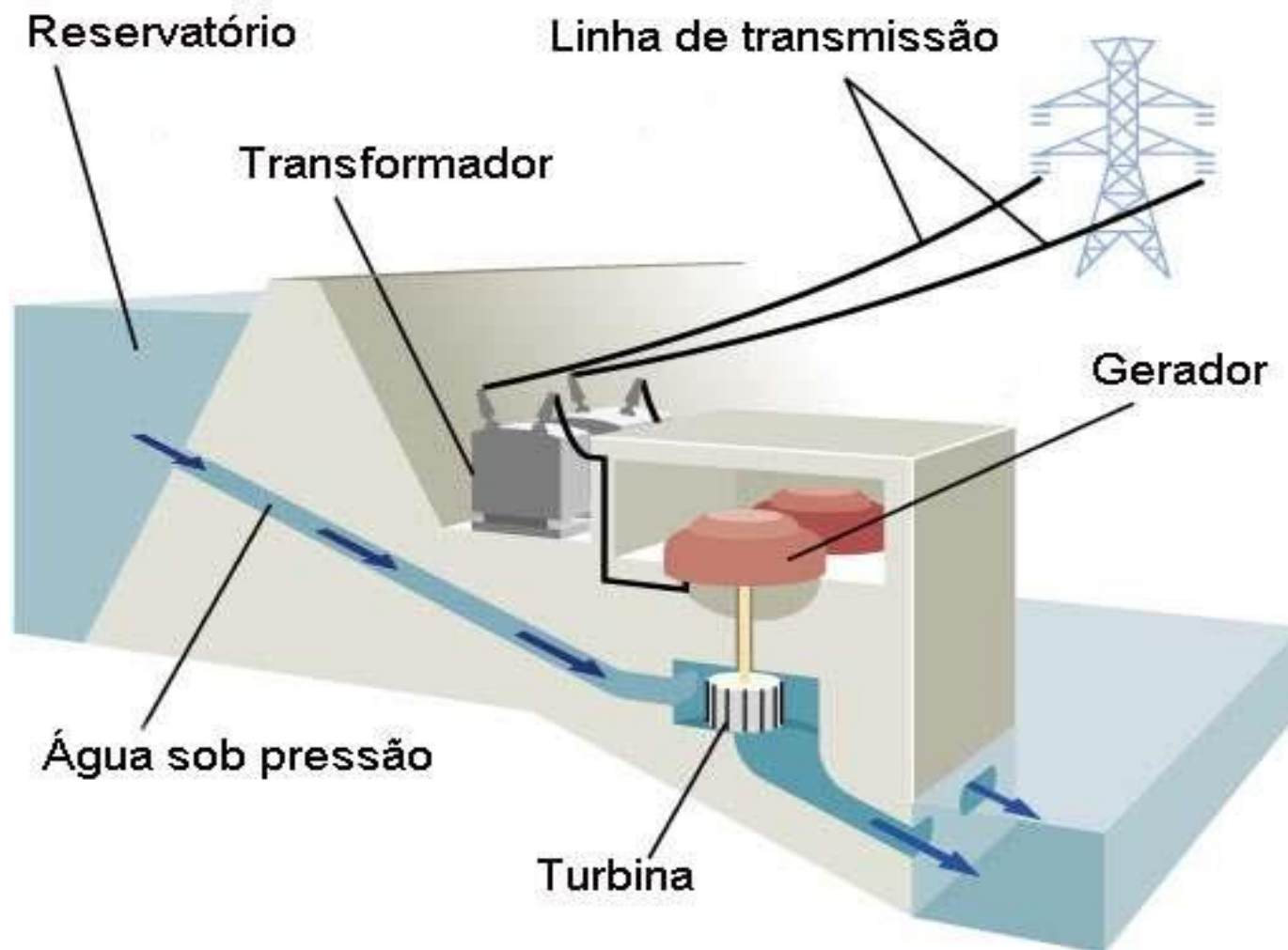
$$P = \eta_{TOT} \cdot g \cdot QH$$

$$E = P \times FC \times 8760 \text{ horas} \quad \text{onde}$$

E - Energia produzida no ano

FC - Fator de capacidade da usina

# Partes de uma hidrelétrica



# Turbina

- A turbina é constituída por pás responsáveis por transformar o movimento linear da água em movimento circular (semelhante à roda d'água dos gregos).
- A turbina por sua vez é acoplada a um gerador elétrico responsável por converter a energia mecânica em energia elétrica.
- Contudo a tensão gerada por esse gerador é baixa sendo necessária uma elevação de tensão para reduzir as perdas durante a transmissão.

# Turbina



## TURBINA DE ITAIPÚ



# partes de uma hidrelétrica

- barragem: que tem por função barrar o fluxo da água do rio, represando-a;
- comportas e o vertedouro, que controlam o nível de água da represa, evitando transbordamentos;
- casa de máquinas, onde estão instalados os geradores acoplados às turbinas.

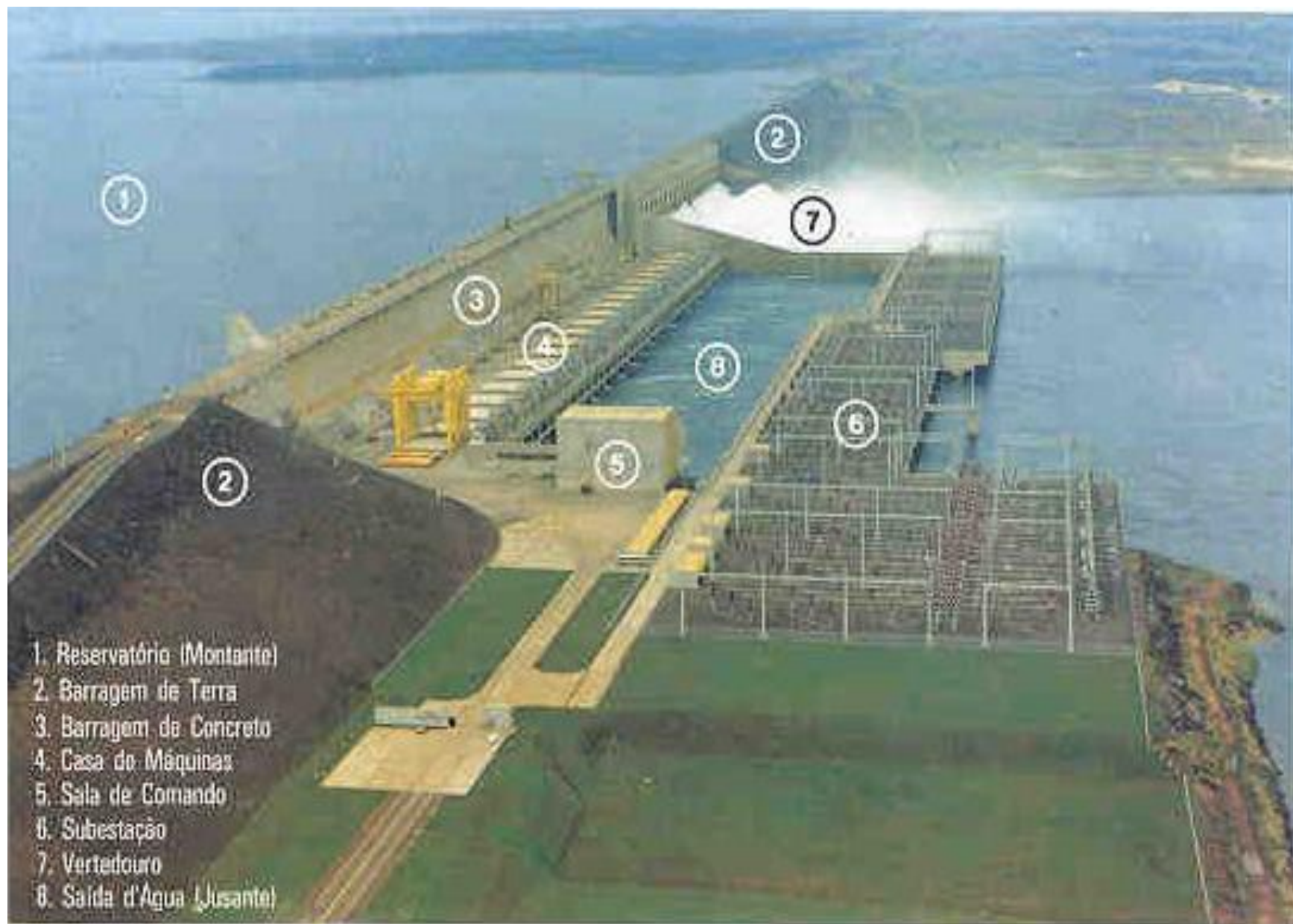


# Funcionamento

- Para transformar a força das águas em energia elétrica, a água represada passa por dutos forçados, gira a turbina que, por estar interligada ao eixo do gerador, faz com que este entre em movimento, gerando a eletricidade.
- Antes de se tornar energia elétrica, a energia primária deve ser convertida em energia cinética de rotação.

# Funcionamento

- O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina.
- Ela consiste basicamente em uma roda dotada de pás, que é posta em rápida rotação ao receber a massa de água.
- O último elemento dessa cadeia de transformações é o gerador, que converte o movimento rotatório (a energia cinética) da turbina em energia elétrica.



Usina Hidrelétrica Ilha Solteira e suas principais partes.

# Tipos de Centrais Hidrelétricas

- Quanto ao uso das vazões naturais
  - Centrais a fio d'água
    - Centrais de acumulação
    - Centrais reversíveis

# Central a Fio d'água

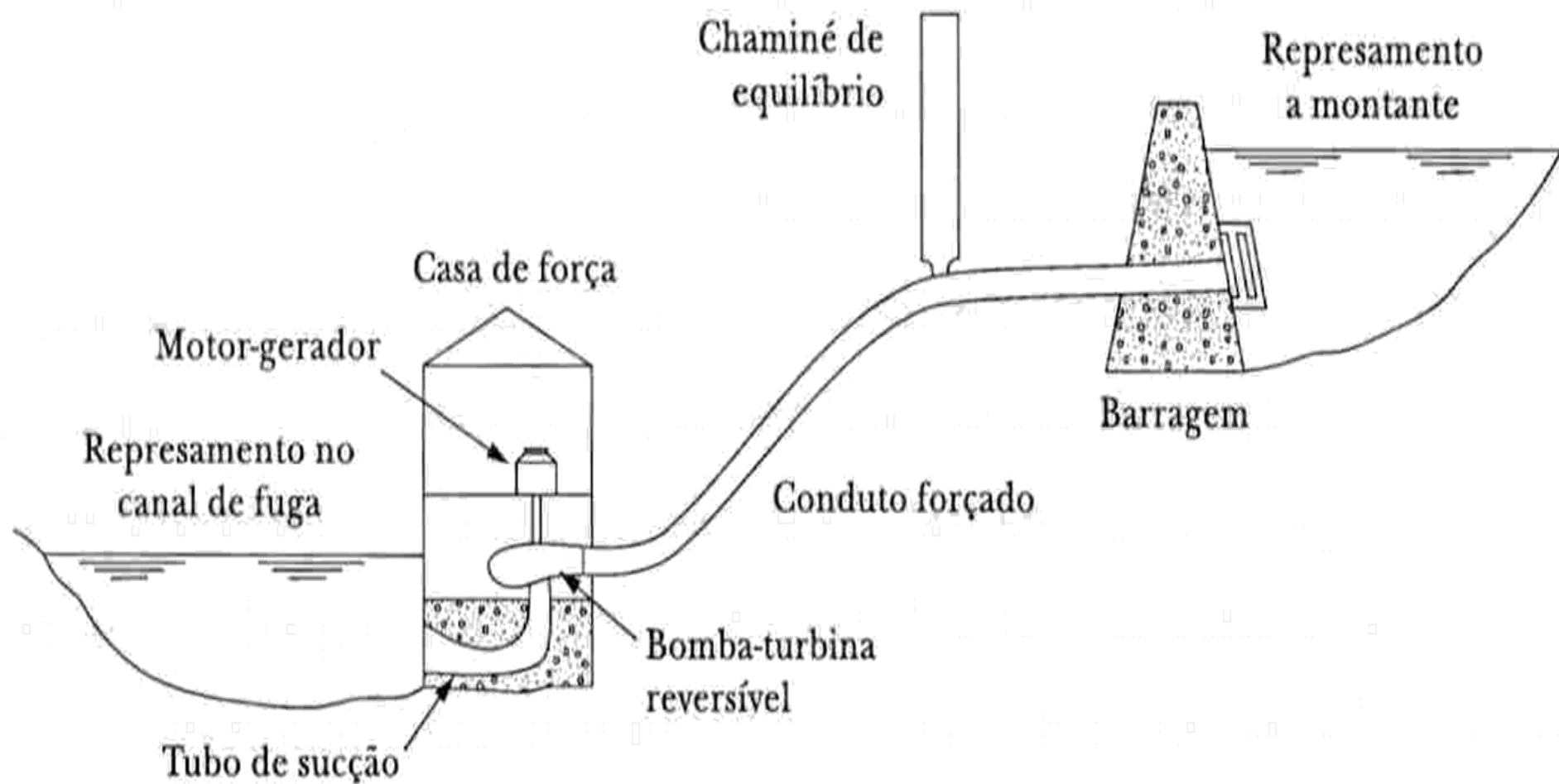
- Tem uma capacidade de armazenamento muito pequena e, em geral, dispõe somente da vazão natural do curso d'água



# Central de Acumulação



# Central Reversível



# Tipos de Centrais Hidrelétricas

## ◆ Quanto à potência

- micro  $P < 100$  kW
- mini  $100 < P < 1.000$  kW
- pequenas  $1.000 < P < 30.000$  kW
- médias  $30.000 < P < 150.000$  kW
- grandes  $P > 150.000$  kW



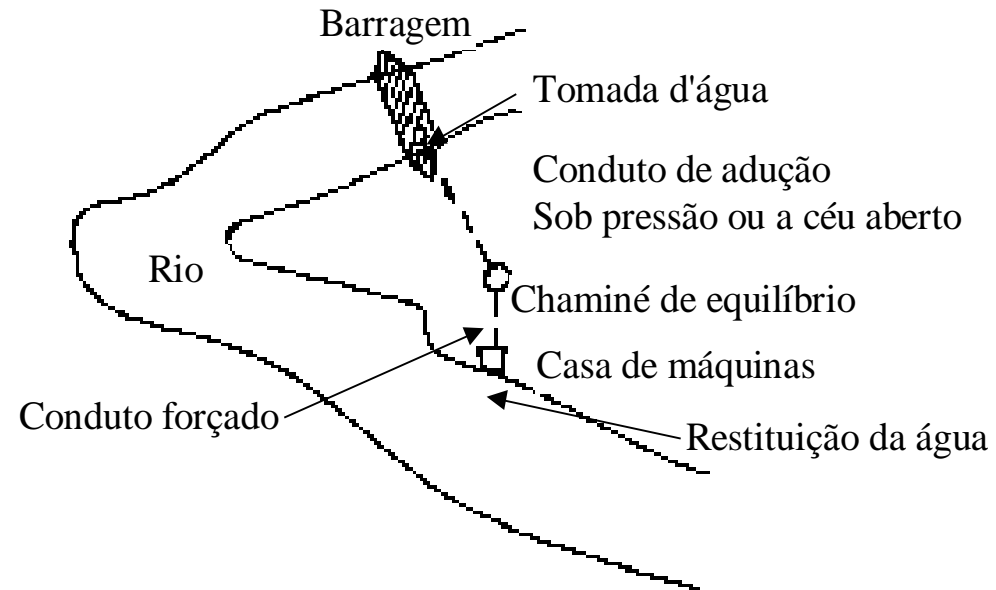
# Tipos de Centrais Hidrelétricas

## ◆ Quanto à altura de queda d'água:

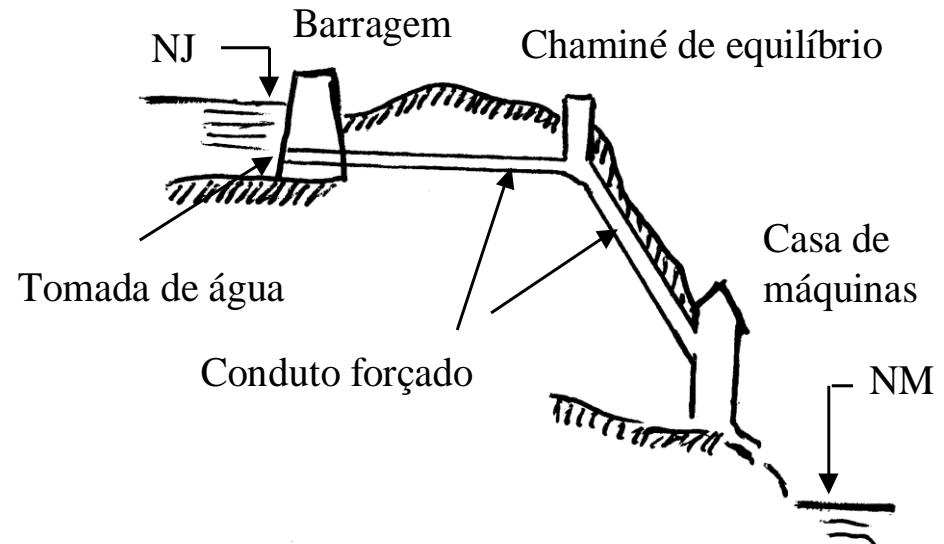
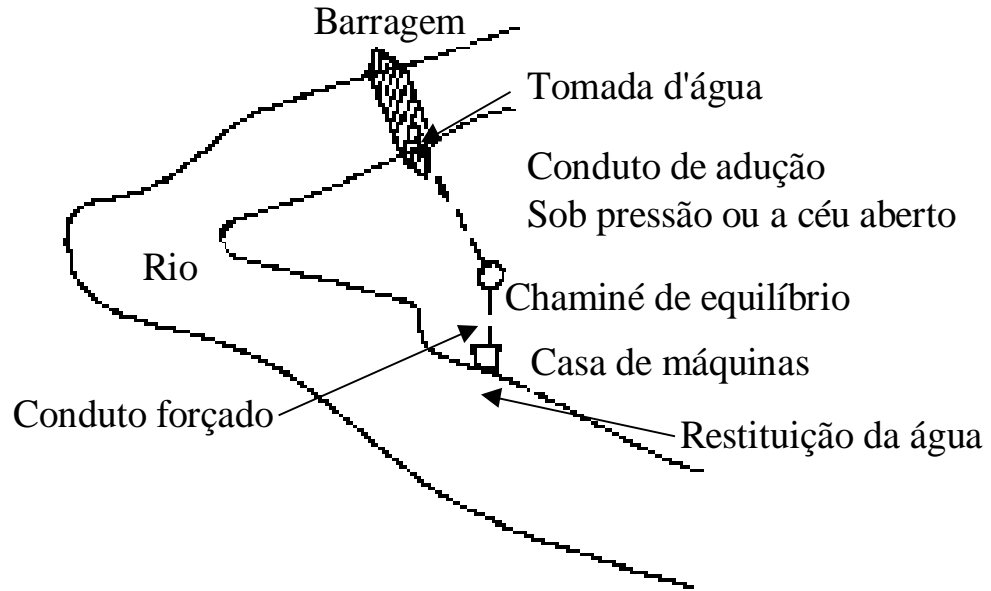
- baixíssima  $H < 10$  metros
- baixa  $10 < H < 50$  metros
- média  $50 < H < 250$  metros
- alta  $H < 250$  metros

# Tipos de Centrais Hidrelétricas

- Quanto à forma de captação da água
  - leito de rio ou de barramento
  - desvio ou em derivação



# Central em desvio



## Pontos a serem analisados quando da instalação de uma Central Hidrelétrica

- Potência mecânico –hidráulica disponível
- Potência utilizável
- Possibilidade de transporte dos componentes ao parque gerador
- Custo das obras civis
- Custos dos equipamentos de ação direta e dos equipamentos auxiliares
- Custo de manutenção
- Rendimento dos equipamentos de ação direta (turbina e gerador)
- Custo das áreas inundáveis
- Valores da áreas no entorno do reservatório
- Aspectos ligados à geologia e à localização do reservatório e da barragem

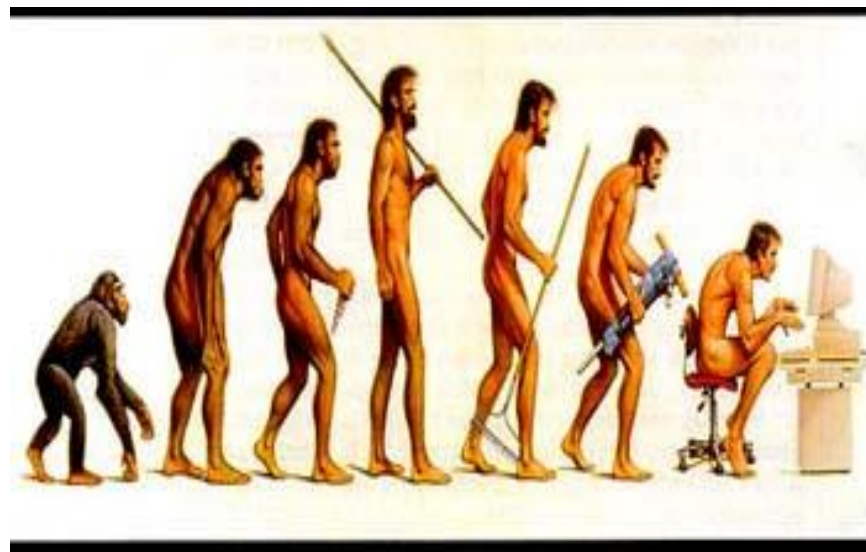
# Desvantagens da energia hidrelétrica

- Mudanças radicais no ecossistema local.
- Alteração do nicho ecológico dos animais da região.
- Transferência dos habitantes da área para outros locais (caso de Nova Ponte).



# Vantagens da energia hidrelétrica

- Nos países com grande potencial hídrico, as usinas hidrelétricas podem abastecer toda, ou a maior parte da energia utilizada pelos mesmos.
- É considerada uma fonte limpa. Não emite substâncias nocivas ao meio ambiente. Fonte barata e renovável.



# Sistema Elétrico Brasileiro - Estrutura Regional

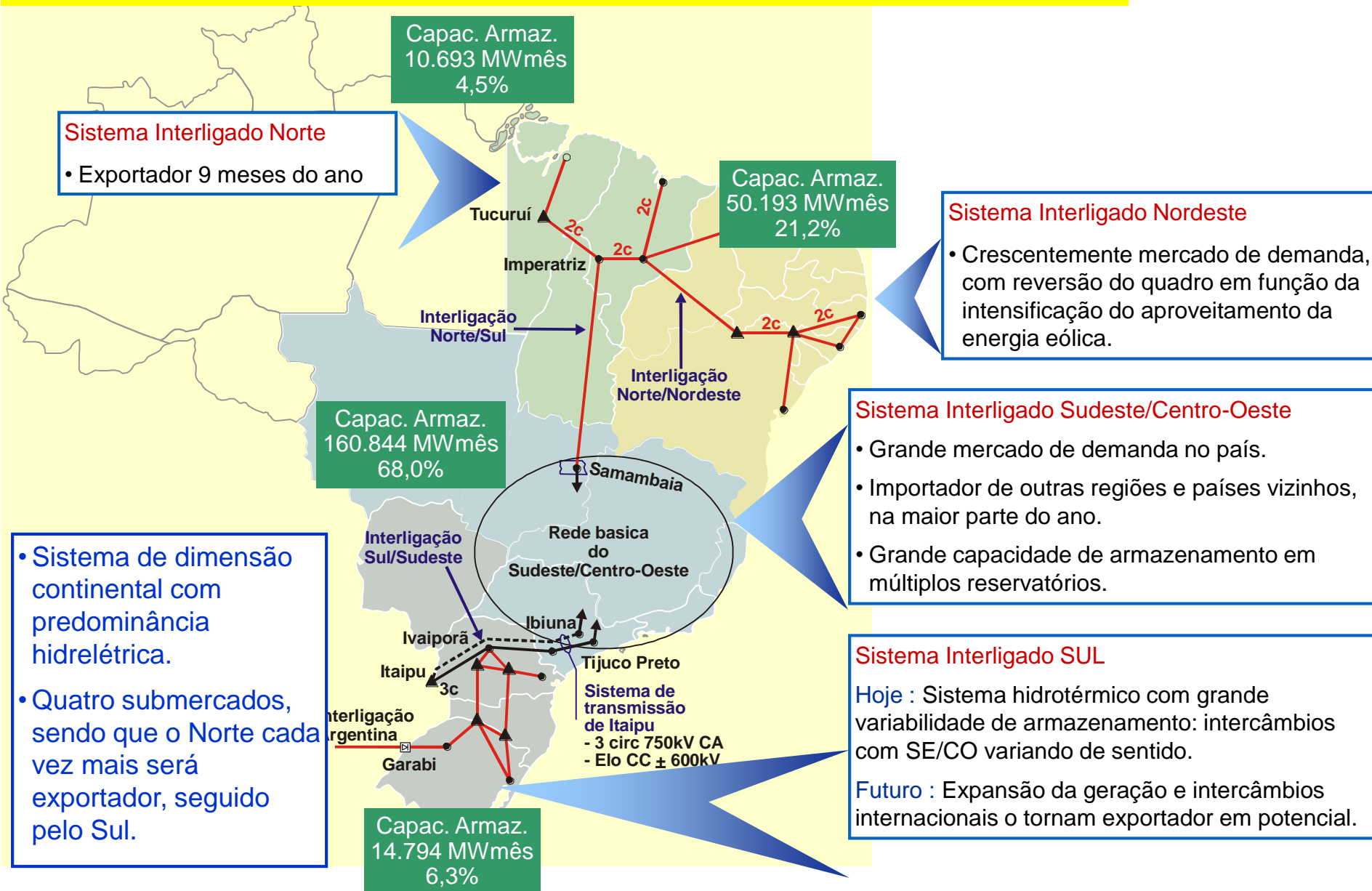


# Bacia Hidrográfica do Paraná





# Características dos Subsistemas



# Bacia do Paraná

- Maior potencial hidrelétrico instalado do país: 70% de toda potência instalada no Brasil.
- Potencialidade natural (clima tropical e relevo de planalto) e localização estratégica (proximidade com os grandes centros urbanos e industriais).
- Possui a maior Usina Hidrelétrica do mundo: Itaipu (binacional).
- É a espinha dorsal do Mercosul.

# Potencial

- O Brasil está entre os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo, sendo sócias de uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo.
- A usina de Itaipu é considerada uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo, sua capacidade de produção de energia é de cerca de 13.000Mw, a obtenção de tamanha potencia elétrica é devido as 19 turbinas que constituem a usina, cada turbina tem capacidade de cerca de 700Mw.

# Potencial

- A usina de Itaipu esta localizada na divisa entre o Brasil e o Paraguai, seu reservatório é abastecido pelo Rio Paraná e seus afluentes.
- Itaipu é responsável por gerar cerca de 20% da energia consumida no Brasil e 95% da energia consumida no Paraguai.

# Itaipú



# Itaipu



# Bacia Amazônica

- Maior potencial hidrelétrico disponível.
- A construção de usinas hidrelétricas na região é uma ameaça ao ecossistema.
- Rio Amazonas: planície e navegável.
- Afluentes do rio Amazonas: planalto e potencial hidrelétrico.
- Dificuldade nas obras de engenharia devido a grandiosidade dos rios.

# Belo Monte – Xingu - Pará



\*Foto simulação de como ficará a usina

**USINA DE BELO MONTE**

**CAPACIDADE INSTALADA DE : 11.233 MW**

**ÁREA DO RESERVATÓRIO: 516 KM2**

**39.089 GWh/ano de energia (suficiente para iluminar  
cerca de 27 milhões de residências brasileiras).**

**FONTE: Eletrobras**



# Tucuruí rio Tocantins - Pará



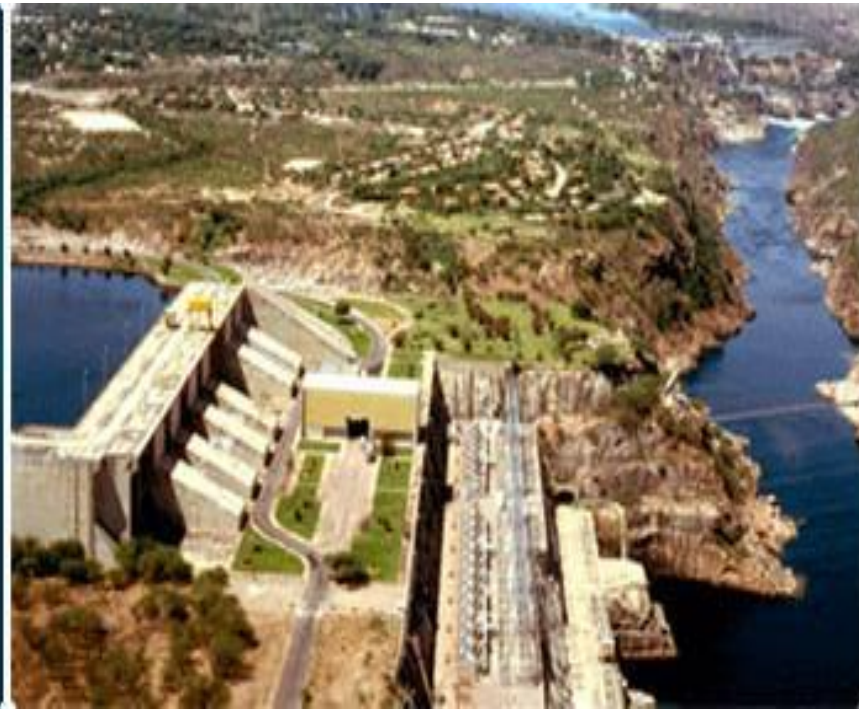
# Bacia do Tocantins

- Maior bacia hidrográfica genuinamente brasileira.
- Possui a segunda maior usina hidrelétrica do Brasil: Tucuruí.
- Rios de planalto: potencial hidrelétrico.
- Abastece o Projeto Carajás, a Albrás e fornecimento energético para a região Norte.

# Bacia do São Francisco

- É a segunda maior bacia genuinamente brasileira e a maior usina genuinamente brasileira: Paulo Afonso.
- O rio drena parte do Sertão Nordestino, de clima-semi-árido.
- Problemas ligados a seca ameaçam a produção energética na região.
- A construção das hidrelétricas envolve questões econômicas, ecológicas e sociais.

# Paulo Afonso



# Usinas Hidrelétricas do Brasil



# Jirau - Rondonia



# Itaipu, a maior hidrelétrica do mundo

A Usina Hidrelétrica de Itaipu, a maior em operação no mundo, um empreendimento binacional desenvolvido pelo Brasil e Paraguai, está localizada no rio Paraná, no trecho de fronteira entre os dois países, 14 km ao norte da Ponte da Amizade. A área do projeto se estende desde Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai, ao sul, até Guaíra (Brasil) e Salto del Guaira (Paraguai), ao norte.

**A potência instalada da usina é de 12.600 megawatts, com 18 unidades geradoras de 700 megawatts cada. No ano 2000, a usina estabeleceu recorde mundial, de 93,4 bilhões de quilowatts-hora, responsável pelo suprimento de 95% da energia elétrica consumida no Paraguai e 24% de toda a demanda do mercado brasileiro.**



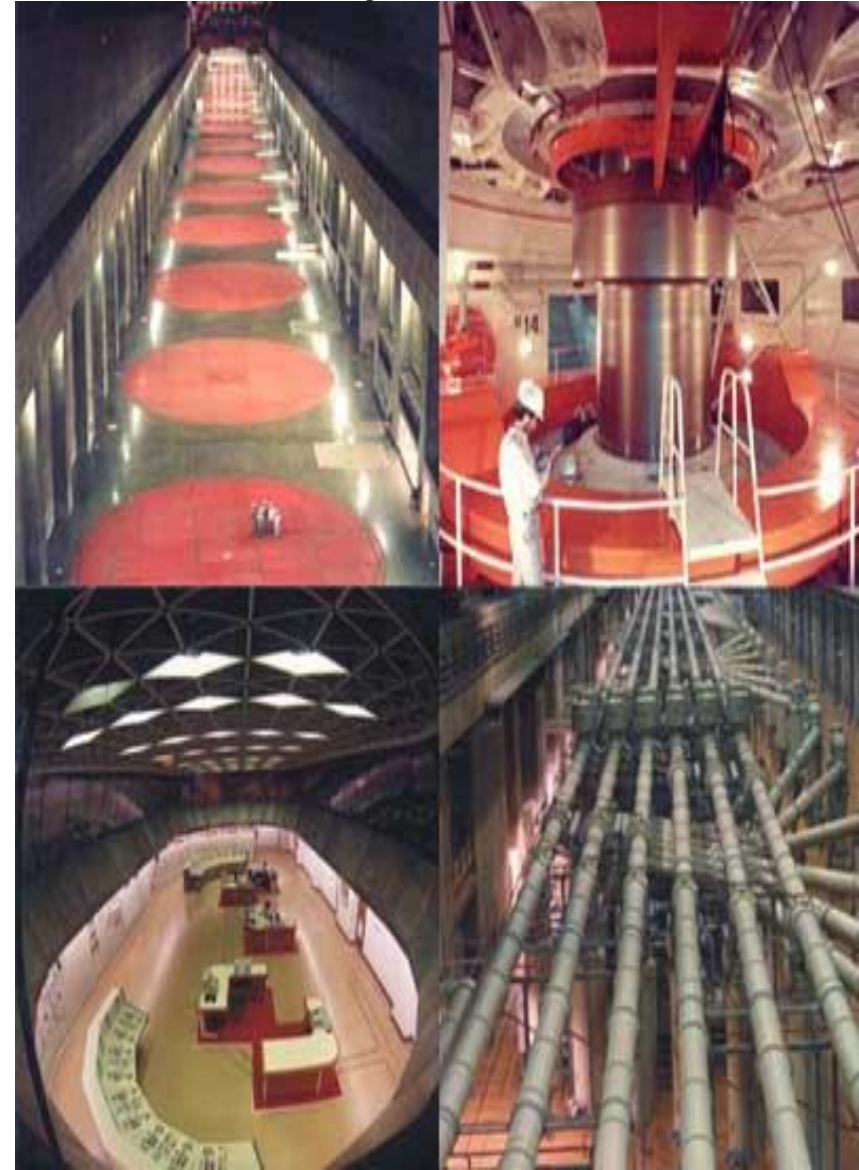


# Comparações com usina de Itaipu



# Curiosidades sobre a usina de Itaipu

- O volume total de concreto utilizado na construção de Itaipu seria suficiente para construir 210 estádios de futebol como o do Maracanã, no Rio de Janeiro.
- O ferro e aço utilizados permitiriam a construção de 380 Torres Eiffel.
- A vazão máxima de água de Itaipu ( 62,2 mil metros cúbicos por segundo) corresponde a 40 vezes a vazão média das Cataratas do Iguaçu.



# Curiosidades sobre a usina de Itaipu

- A altura da barragem principal (196 metros) equivale à altura de um prédio de 65 andares.
- O Brasil teria de queimar 434 mil barris de petróleo por dia para obter em plantas termelétricas a mesma produção de energia de Itaipu.
- O volume de escavações de terra e rocha em Itaipu é 8,5 vezes superior ao do Eurotúnel, e o volume de concreto 15 vezes maior.

# Usina de três Gargantas na China

- Construída no Rio Yang Tsé Kiang.
- 1993: início da obra.
- 2009: 26 turbinas com capacidade de 18.200 megawatts.
- Função: prevenção de enchentes, geração de energia e facilitar o transporte fluvial.
- Remanejará cerca de 1,2 milhão de pessoas.
- Custo de US\$ 25 bilhões.
- Conflitos internos para a concretização do projeto.

