ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

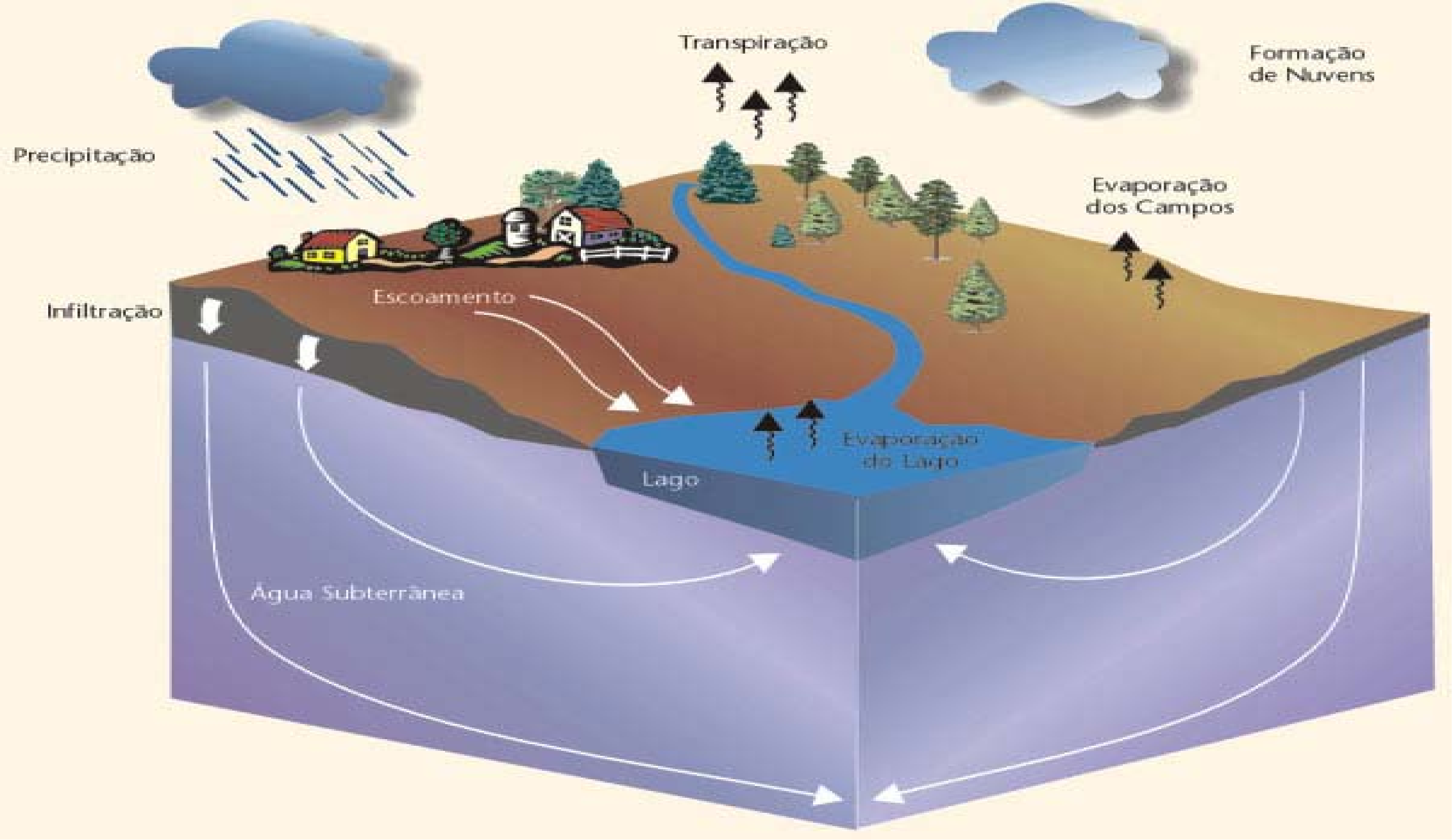
Aspectos Tecnológicos das Fontes de Energia Renováveis

(Hidrelétrica)

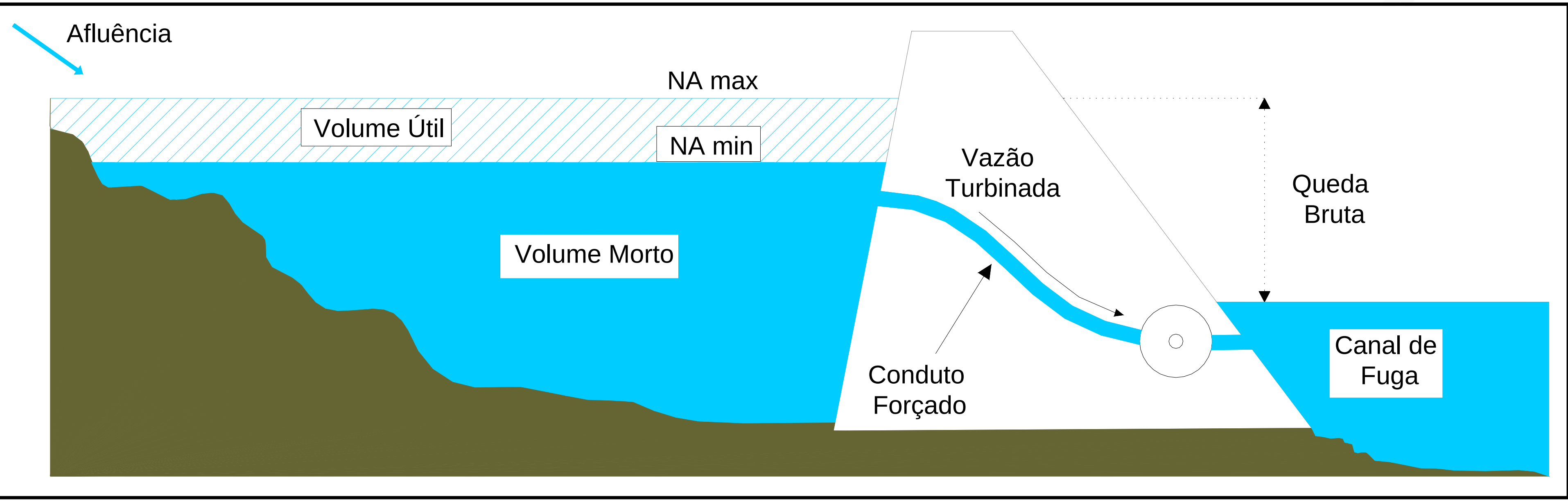
Aymoré de Castro Alvim Filho
Eng. Eletricista, Dr.
Especialista em Regulação, SRG/ANEEL

10/02/2009
Cartagena de Indias, Colombia

Ciclo Hidrológico


Transpiração
Formação de Nuvens
Precipitação
Evaporação dos Campos
Infiltração
Escoamento
Evaporação do Lago
Lago
Água Subterrânea

Esquema Básico


Afluência
NA max
Volume Útil
NA min
Vazão
Turbinada
Volume Morto
Queda
Bruta
Conduto
Forçado
Canal de
Fuga

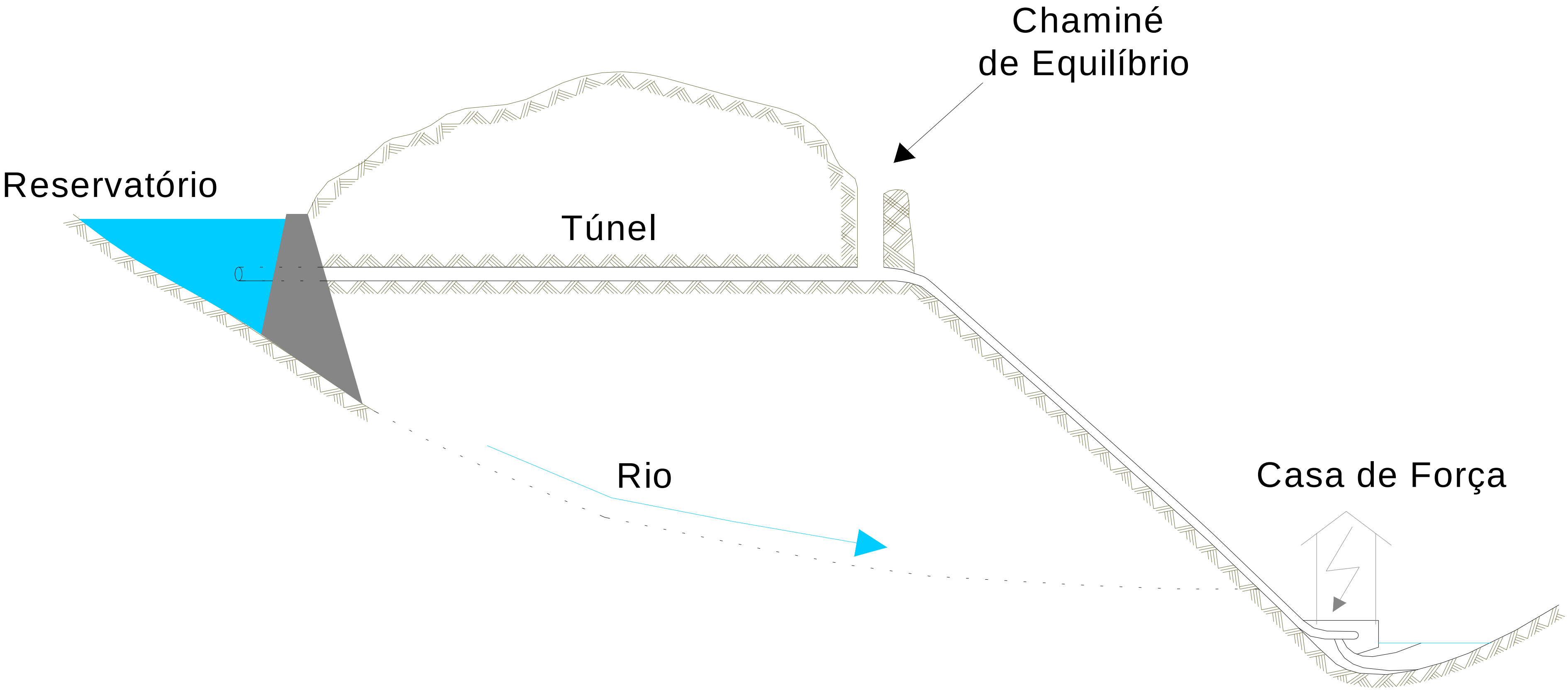
$$P = g \times \eta \times Qtu \times HL$$

Martinez, 2008

- P = Potência [kw] ;
- g = 9,81 , aceleração da gravidade [m/s^2];
- η = Rendimento do conjunto Turbina e Gerador [%];
- Qtu = Vazão Turbinada [m^3/s];
- ph = Perda de Carga [m];
- (Hb – ph) = HL = Altura de Queda Líquida .

Arranjos Típicos

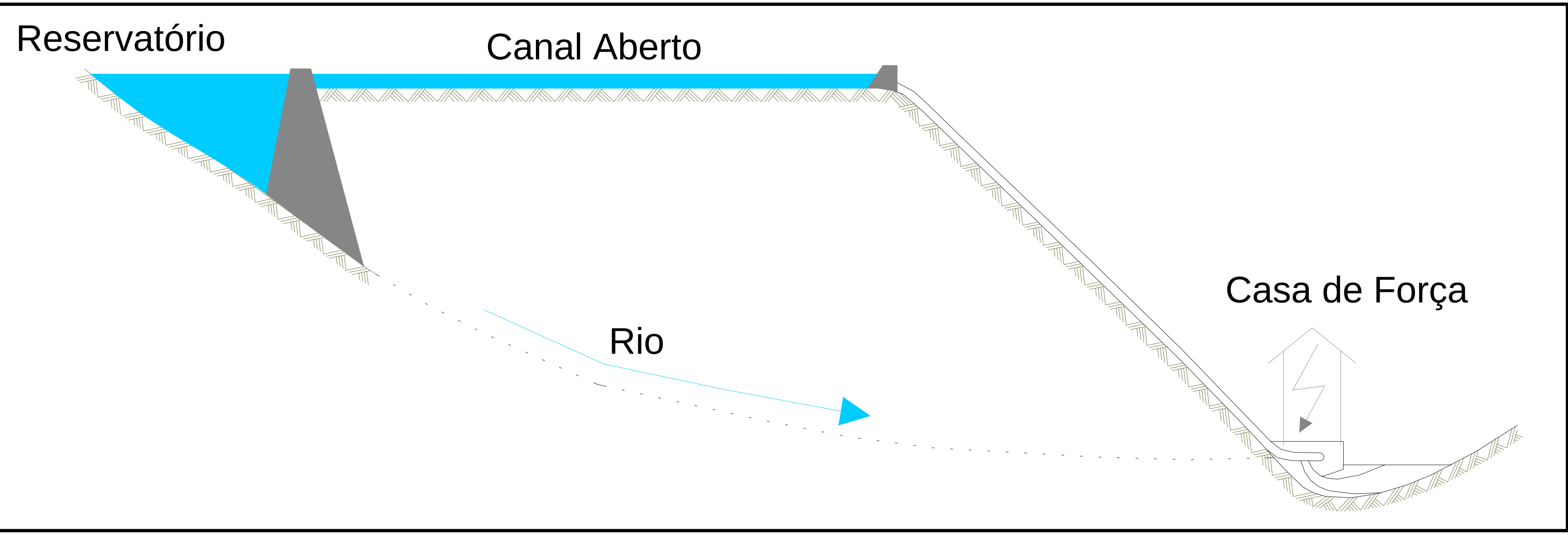
Usina de Desvio por Túnel


Chaminé
de Equilíbrio
Reservatório
Túnel
Rio
Casa de Força

Martinez, 2008

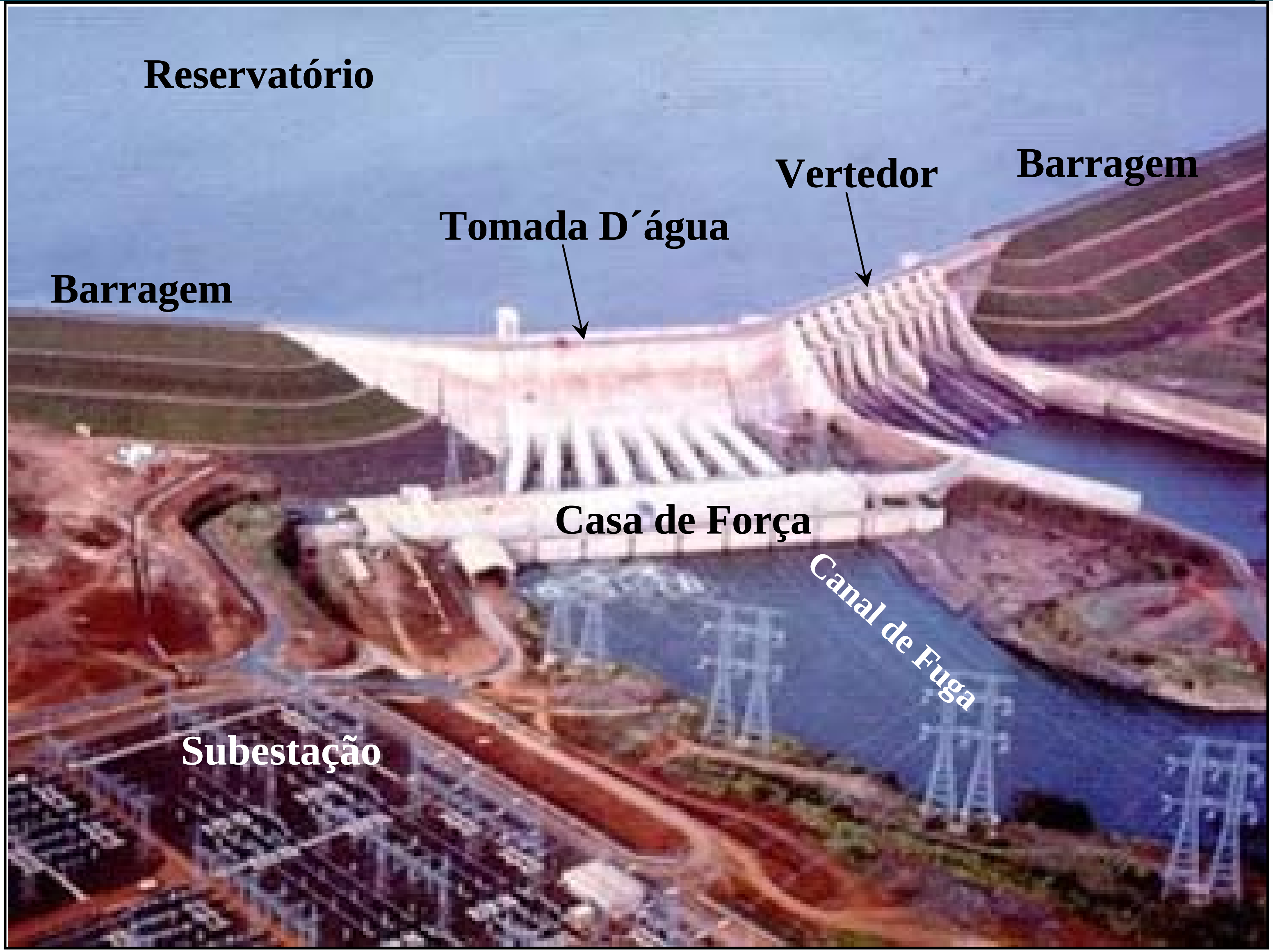
Arranjos Típicos

Usina de Desvio por Canal


Reservatório
Canal Aberto
Rio
Casa de Força

Martinez, 2008

Principais Estruturas


Reservatório
Vertedor
Barragem
Tomada D´água
Barragem
Casa de Força
Canal de Fuga
Subestação

Turbinas

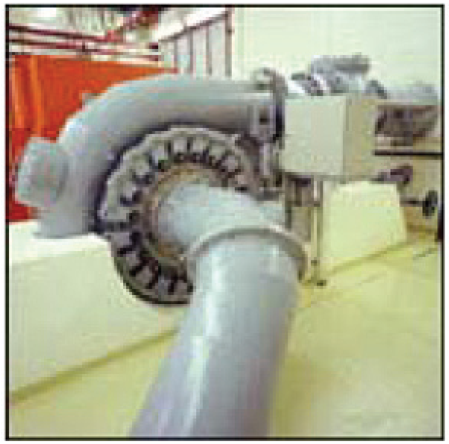
Classificação das Turbinas Hidráulicas:

- Turbina de ação: Não há queda de pressão no rotor durante o processo de conversão. Exemplos: tipo Pelton, tipo Turgo.

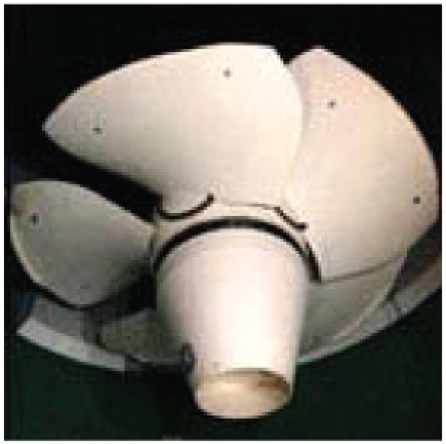
- Turbina de reação: Há queda de pressão no rotor durante o processo de conversão. Nas turbinas de reação o rotor é completamente submergido na água. Com o escoamento da água, ocorre uma variação de pressão e de velocidade no escoamento, entre a entrada e a saída do rotor. Exemplos: tipo Francis, tipo Kaplan, tipo bulbo.

Turbinas

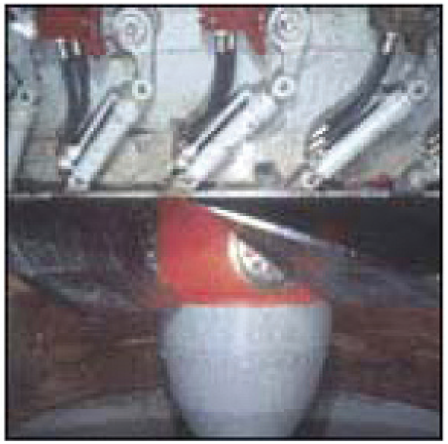
Principais tipos de Turbina Hidráulica



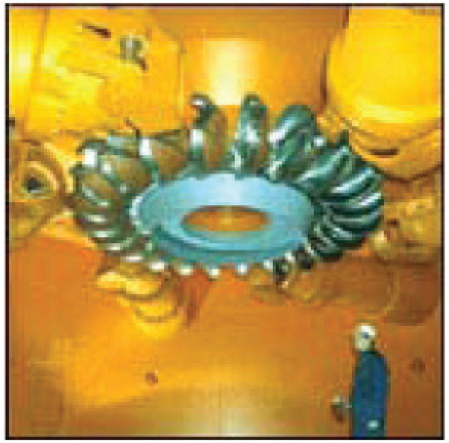
Francis



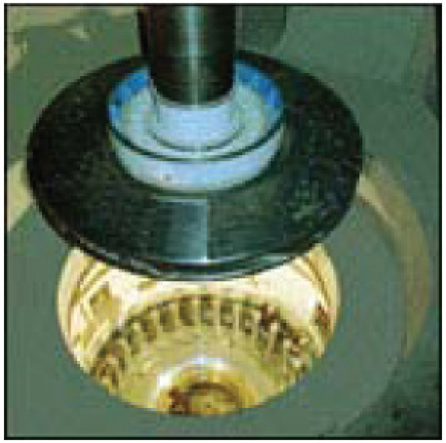
Kaplan



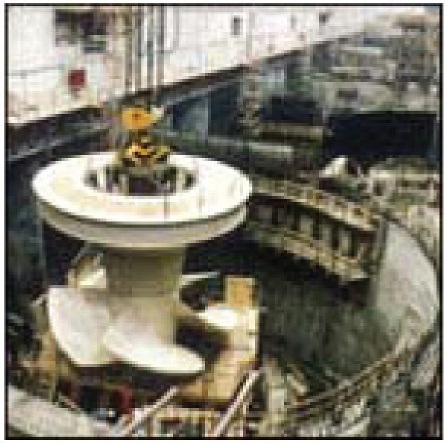
Bulbo



Pelton



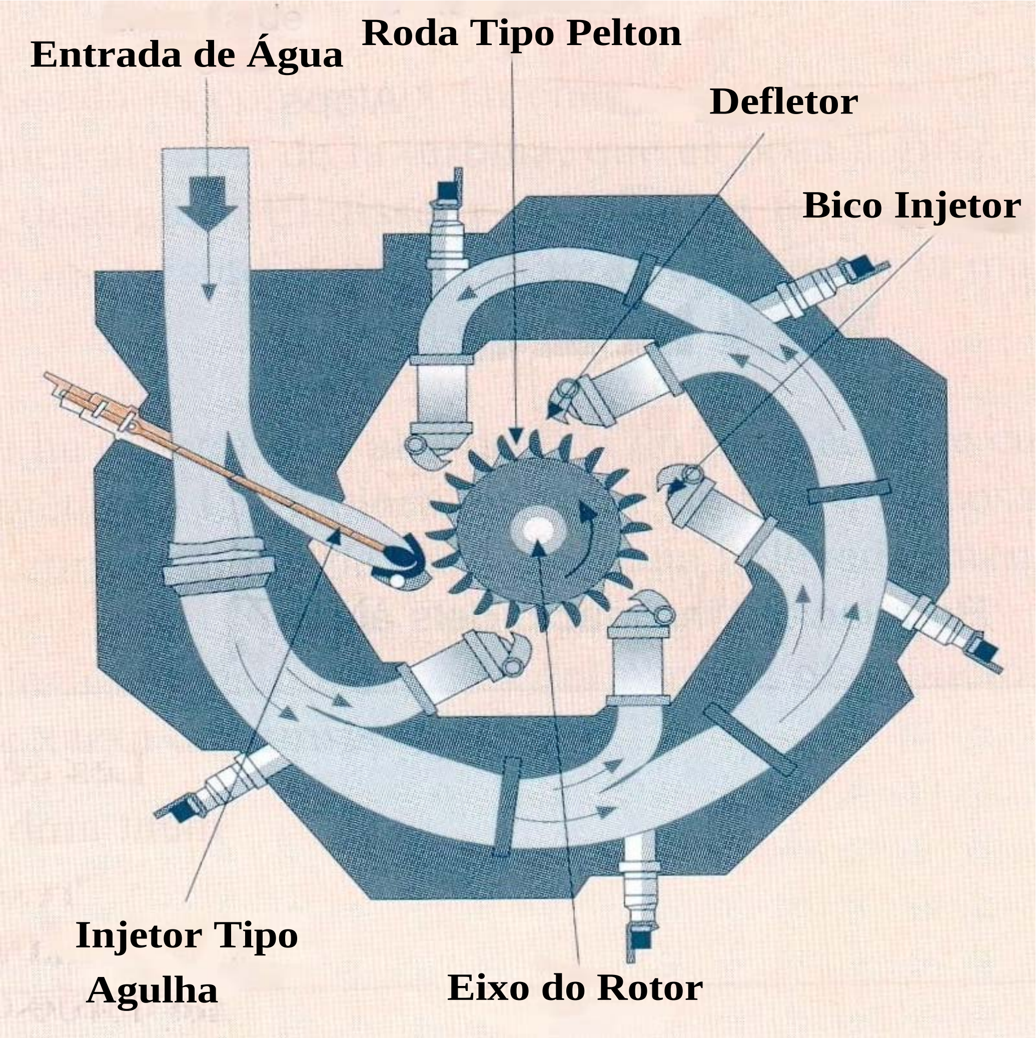
Reversíveis



Hélice

Turbinas

Tipo Pelton



Entrada de Água

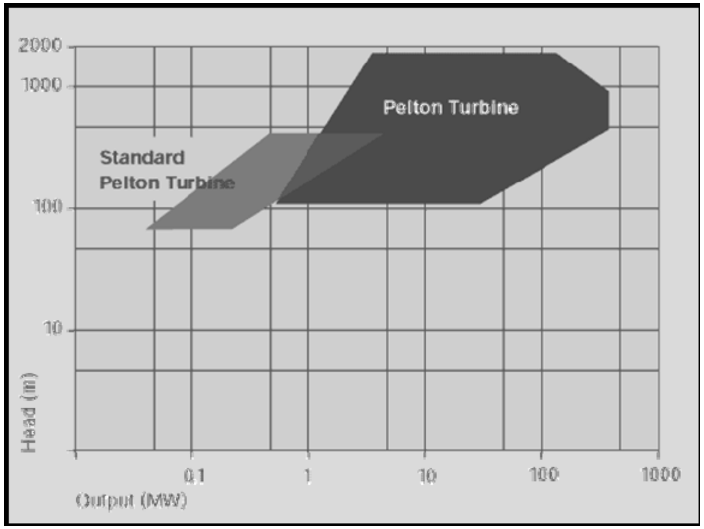
Roda Tipo Pelton

Defletor

Bico Injetor

Injetor Tipo Agulha

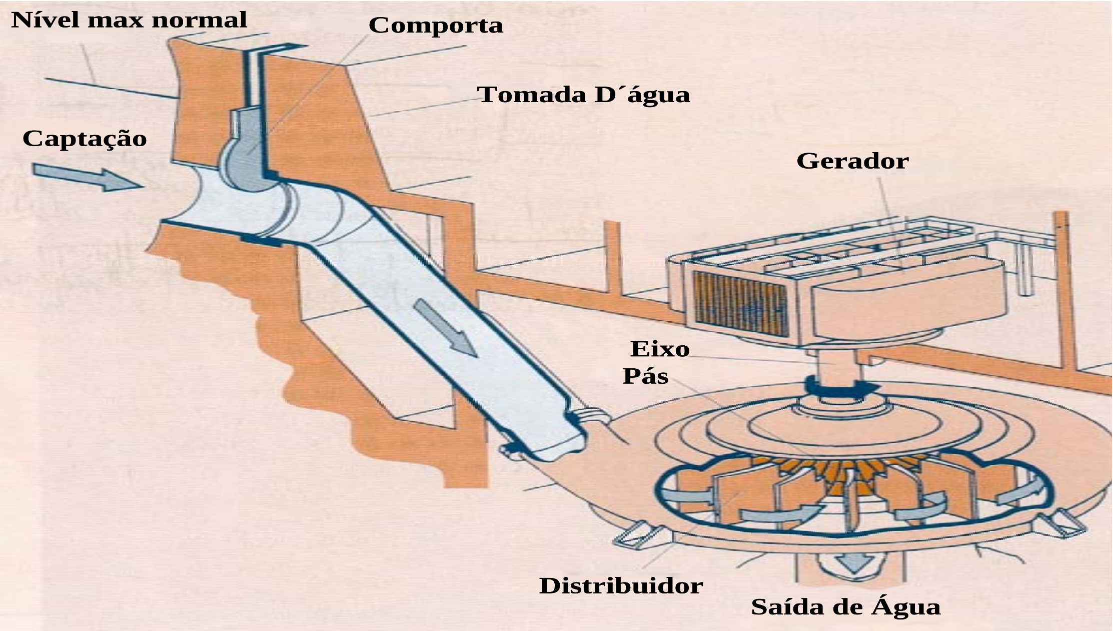
Eixo do Rotor

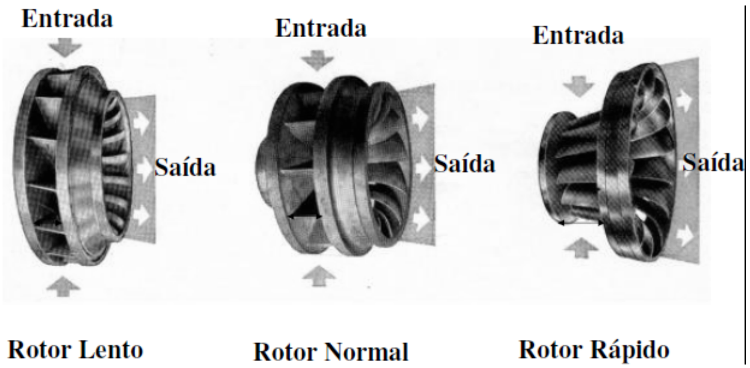


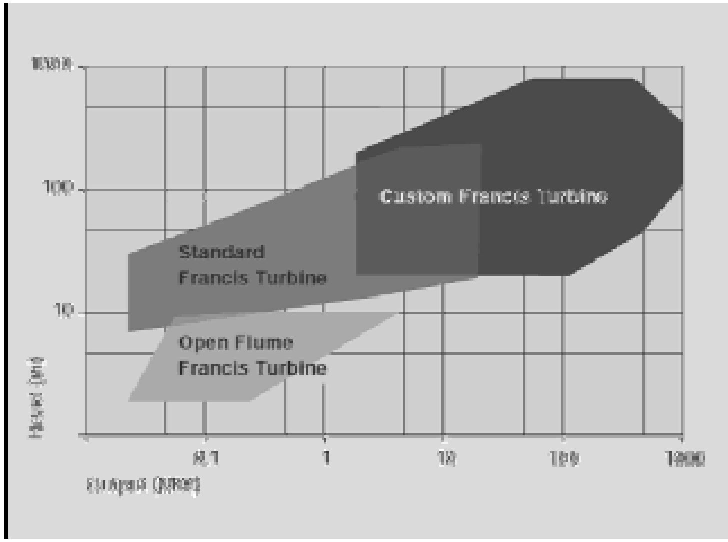
Tipicamente, uso para quedas acima de 600 m

Turbinas

Tipo Francis


Nível max normal
Comporta
Tomada D´água
Captação
Gerador
Eixo
Pás
Distribuidor
Saída de Água

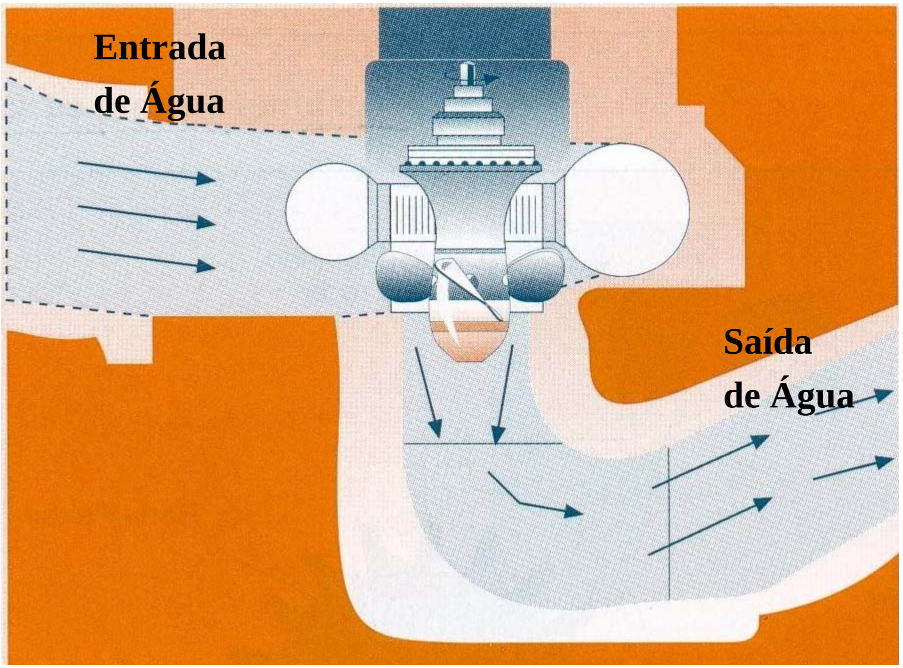

Entrada
Saída
Rotor Lento
Entrada
Saída
Rotor Normal
Entrada
Saída
Rotor Rápido

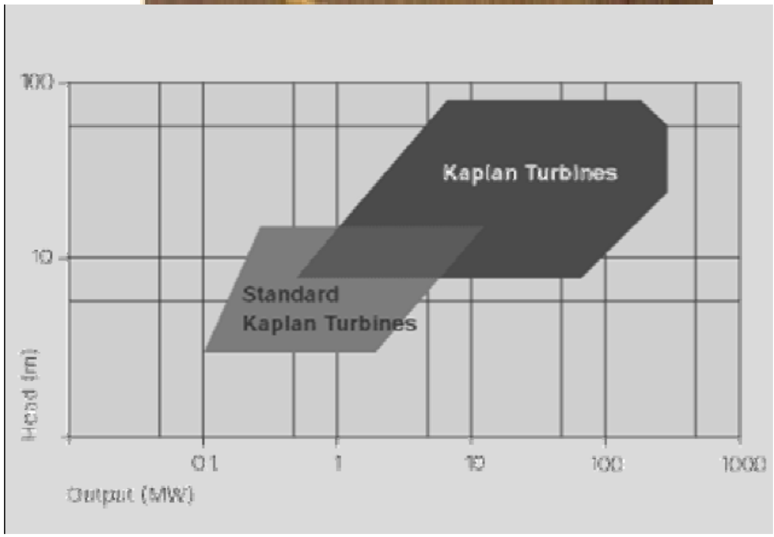


Tipicamente, uso para quedas entre 15 e 600 m

Turbinas

Tipo Kaplan

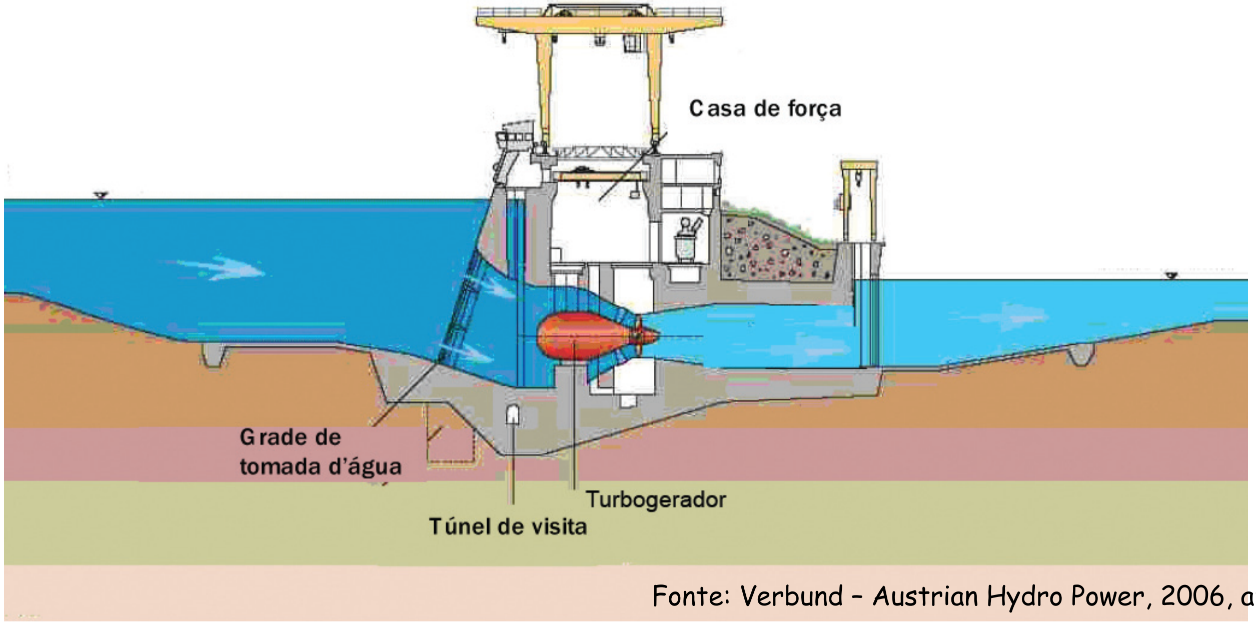

Entrada
de Água
Saída
de Água



Tipicamente, uso para quedas entre 5 e 80 m

Turbinas

Tipo Bulbo

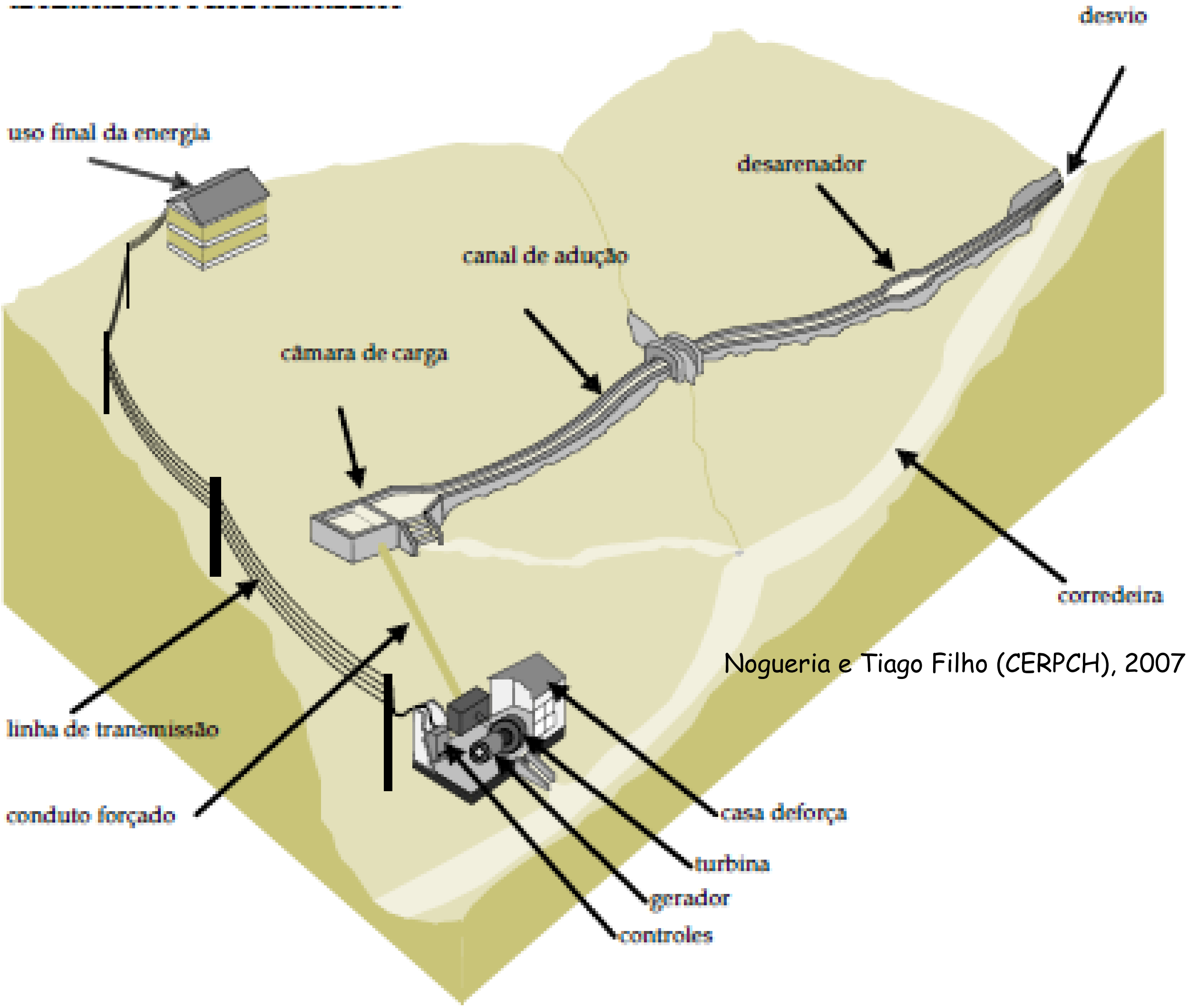

Casa de força
Grade de tomada d'água
Túnel de visita
Turbogerador

Fonte: Verbund – Austrian Hydro Power, 2006, apud EPE 2008

A turbina bulbo se caracteriza pelo arranjo compacto, denotado pelo uso de um rotor Kaplan acoplado ao gerador, que por sua vez é instalado no interior de um casulo inserido na água, daí o nome "bulbo". Parece ser a mais adequada aos aproveitamentos existentes na Amazônia, região onde a tendência é a construção de usinas a fio d'água. Tipicamente uso em quedas de 5 a 20 m.

Microcentrais

Esquema Básico

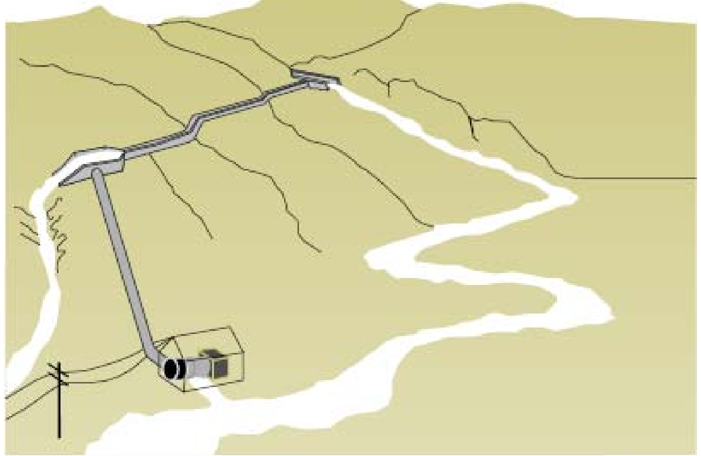

desvio
uso final da energia
desarenador
canal de adução
câmara de carga
corredeira
linha de transmissão
conduto forçado
casa deforça
turbina
gerador
controles

Nogueria e Tiago Filho (CERPCH), 2007

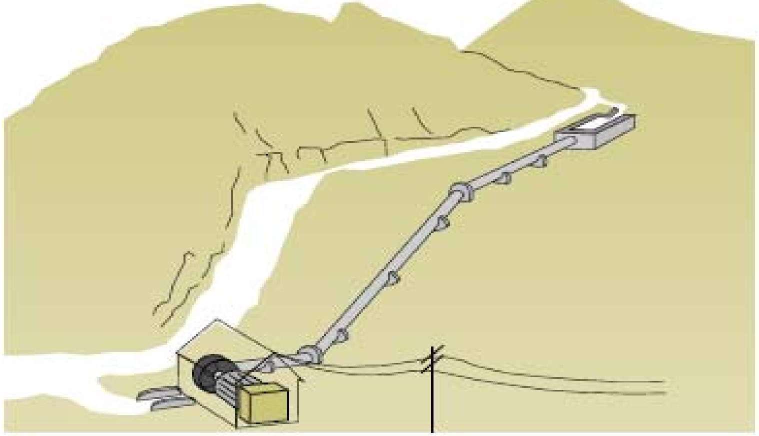
Microcentrais

Arranjos Típicos

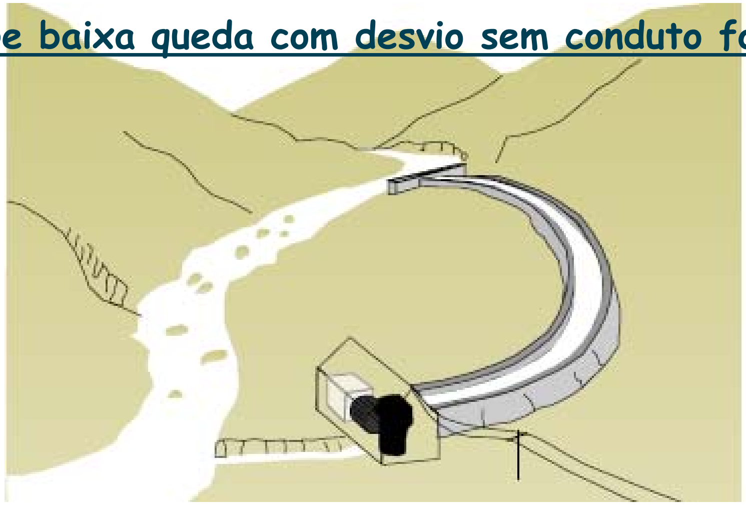
Desvio com canal de adução e conduto forçado



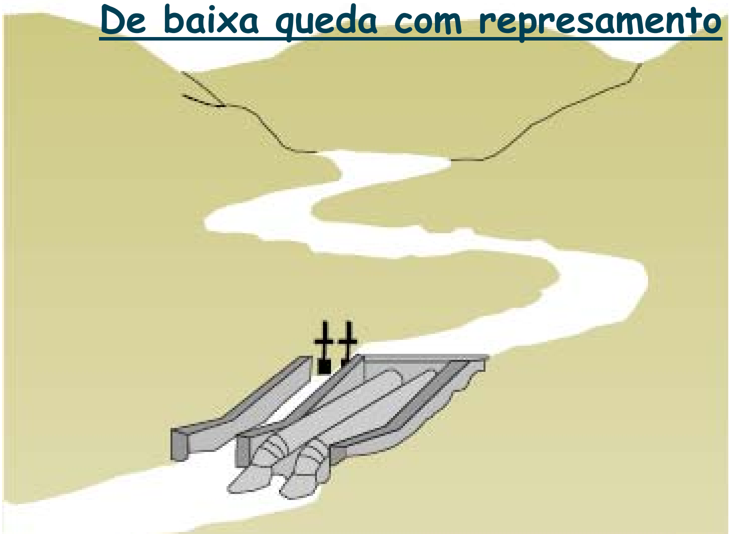
Desvio com conduto forçado



De baixa queda com desvio sem conduto forçado



De baixa queda com represamento



Todos: Nogueria e Tiago Filho (CERPCH), 2007

OBRIGADO!

Agência Nacional De Energia Elétrica - Aneel

Superintendência de Regulação dos Serviços de Geração - SRG

aymore@aneel.gov.br

55 61 2192-8853