UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Docente: Rildo Afonso de Almeida

Máquinas Térmicas e Hidráulicas

ITAIPU

ITAIPU

A Usina de Itaipu é resultado de intensas negociações entre os dois países, que ganharam impulso na década de 60. Em 22 de junho de 1966, os ministros das Relações Exteriores do Brasil, Juracy Magalhães, e do Paraguai, Sapena Pastor, assinaram a "Ata de Iguaçu", uma declaração conjunta que manifestava a disposição para estudar o aproveitamento dos recursos hidráulicos pertencentes em condomínio aos dois países, no trecho do Rio Paraná "desde e inclusive o Salto de Sete Quedas até a foz do Rio Iguaçu".

ITAIPU

Em fevereiro do ano seguinte, foi criada a Comissão Mista Brasil - Paraguai para a implementação da "Ata de Iguaçu", na parte relativa ao estudo sobre o aproveitamento do Rio Paraná. Em 1970, o consórcio formado pelas empresas IECO (dos Estados Unidos da América) e ELC (da Itália) venceu a concorrência internacional para a realização dos estudos de viabilidade e para a elaboração do projeto da obra.

ITAIPU

O início do trabalho se deu em fevereiro de 1971. Em 26 de abril de 1973, Brasil e Paraguai assinaram o Tratado de Itaipu, instrumento legal para o aproveitamento hidrelétrico do Rio Paraná pelos dois países. Em maio de 1974, foi criada a entidade binacional Itaipu, para gerenciar a construção da usina. O início efetivo das obras ocorreu em janeiro do ano seguinte.

ITAIPU

Localização

A Usina Hidrelétrica de Itaipu está localizada no Rio Paraná, no trecho de fronteira entre o Brasil e o Paraguai, 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 Guairá (Paraguai), ao norte.

Construção

O dia 14 de outubro de 1978 foi um grande marco na construção de Itaipu. Nesse dia, foi aberto o canal de desvio do Rio Paraná, que permitiu secar um trecho do leito original do rio para ali ser construída a barragem principal, em concreto.

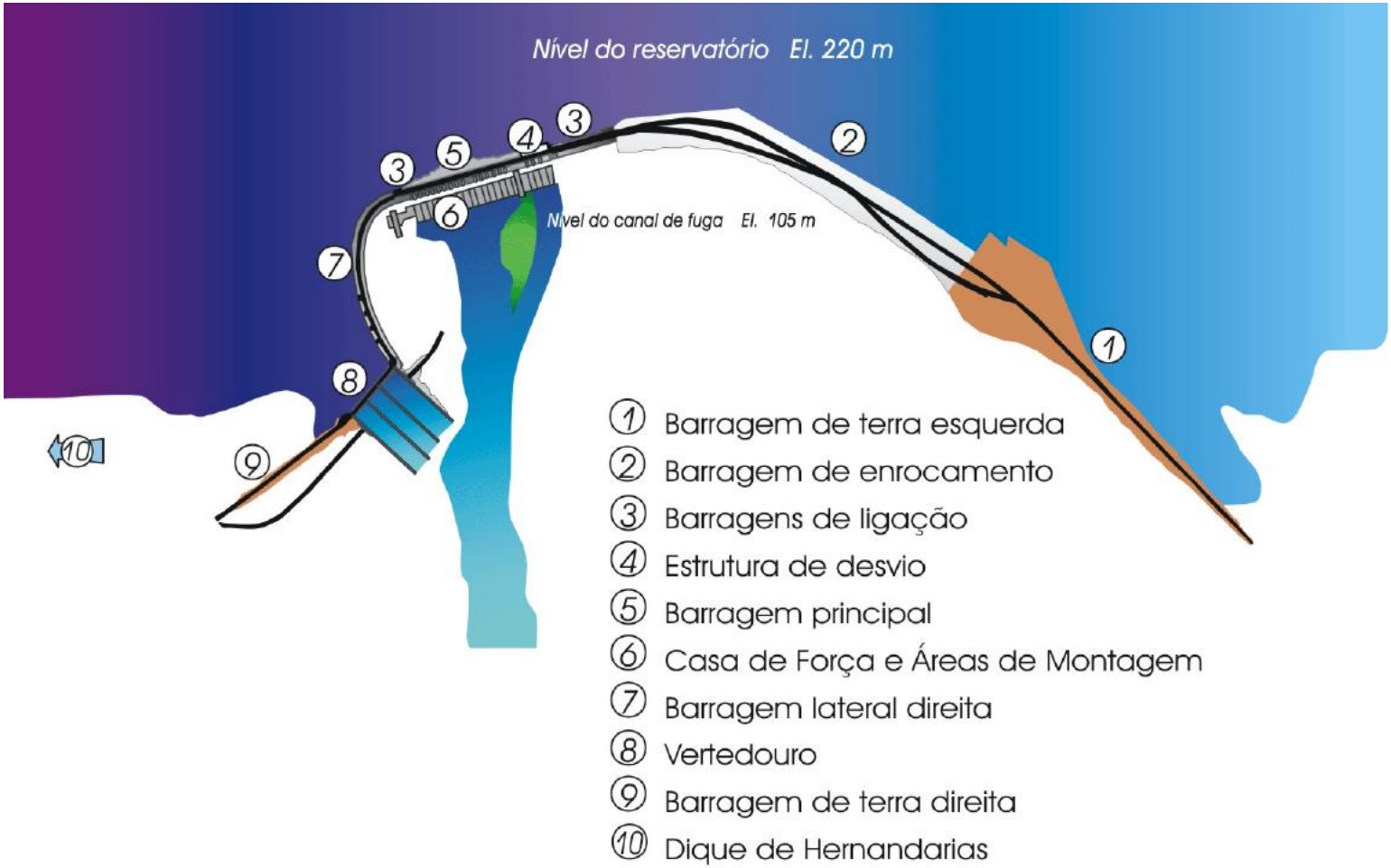
ITAIPU

O desvio aproximadamente 2.000m de comprimento tem aproximadamente 90 m de profundidade e 150 m de largura. A represa principal é de gravidade e consiste essencialmente em 30 reforços de blocos de concreto com 34m de largura, 195 m de altura e comprimento de 190m. Os blocos individuais são ocos, suas paredes têm 4,5m a 6,0m de espessura. Em 13 de outubro de 1982, com a conclusão das obras da barragem de Itaipu, as comportas do canal de desvio foram fechadas e começou a ser formado o reservatório da usina.

ITAIPU

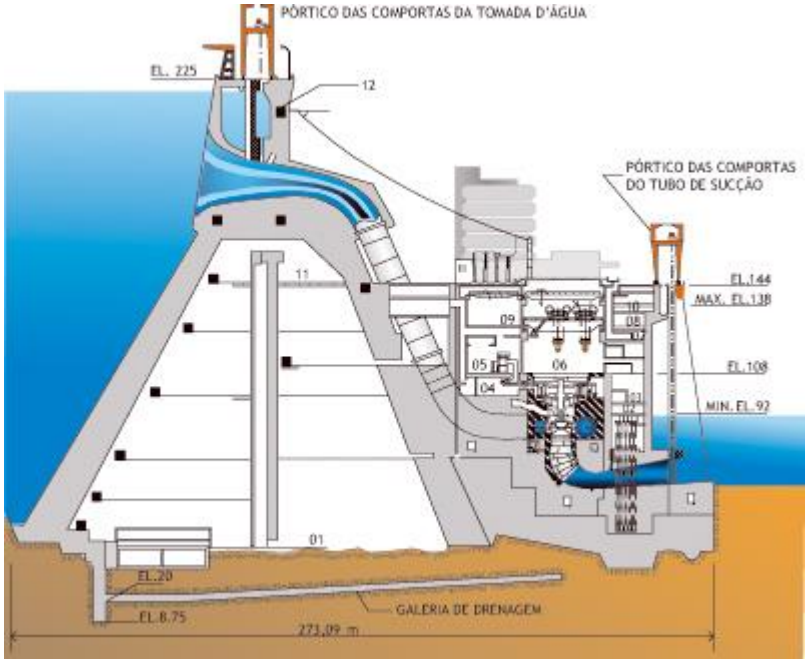
O Lago de Itaipu, com área de 1.350 Km², foi formado em apenas 14 dias. Nesse período, as águas subiram 100 metros e chegaram às comportas do vertedouro às 10 horas do dia 27 de outubro. Durante a formação do reservatório, equipes do setor ambiental de Itaipu percorreram em barcos e lanchas toda a área que seria alagada, salvando centenas de espécies de animais da região, em uma operação conhecida como Mymba Kuera (que em tupi-guarani quer dizer “pega-bicho”).

ITAIPU


Nível do reservatório El. 220 m
Nível do canal de fuga El. 105 m
① Barragem de terra esquerda
② Barragem de enrocamento
③ Barragens de ligação
④ Estrutura de desvio
⑤ Barragem principal
⑥ Casa de Força e Áreas de Montagem
⑦ Barragem lateral direita
⑧ Vertedouro
⑨ Barragem de terra direita
⑩ Dique de Hernandarias

ITAIPU

Casa de Força e Barragem Principal



Veja a localização dos equipamentos e as principais cotas:

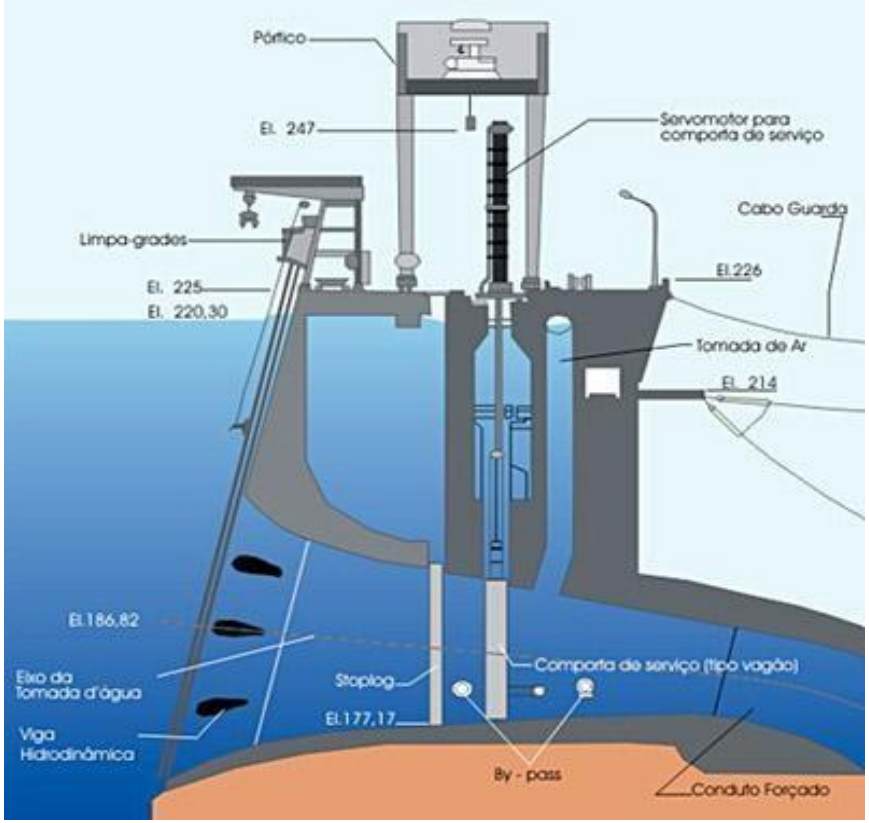
01 - Cota 40 - Fundação da barragem.
02 - Cota 92,4 - Acesso ao poço da turbina.
03 - Cota 98,5 - Serviço auxiliar da unidade - Sistema de água pura.
04 - Cota 98,5 - Sistema de excitação, acesso ao "housing" do gerador e regulador de velocidade.
05 - Cota 108 - Transformadores elevadores.
06 - Cota 108 - Piso dos geradores e salas de controle local.
07 - Cota 122 - Sistema de ventilação.
08 - Cota 127,6 - Galeria de cabos.
09 - Cota 128,2 - GIS - SF6.
10 - Cota 133,2 - Painéis principais do serviço auxiliar AC e sala dos geradores diesel.
11 - Cota 144 - Serviço auxiliar da barragem.
12 - Cota 214 - Central hidráulica das comportas.

Localização dos Equipamentos e Principais Cotas

ITAIPU

Casa de Força (20 unidades inclusive áreas de montagem) - m	
Comprimento	968
Largura	99
Altura	112
Nível de cobertura	148
Nível do piso dos geradores	108
Espaçamento entre unidades	34

ITAIPU



Tomada D"Água	
Caminho de rolamento (m)	
Distância entre eixos	10,00
Comprimento total	857,6
Cota do topo dos trilhos	225

Condutos Forçados	
Quantidade	20
Peso de cada conduto (t)	883
Diâmetro interno (m)	10,5
Comprimento desenvolvido (m)	142,2
Descarga nominal (m^3 / s)	690

ITAIPU

Grades para Tomada D"Água	
Quantidade	20
Painéis de grade por tomada	24 (m) 4,7 x 5,5

Guindastes Limpa-Grades	
Quantidade	2
Capacidade do gancho (kN)	200
Curso vertical do rastelo (m)	61,5
Capacidade do rastelo (m^3 / kN)	2/2,5

Comportas de Serviço (tipo vagão)	
Quantidade	20
Vão livre (m)	8,2
Altura livre total (m)	19,3
Cota da soleira (m)	177,6
Vazão máxima pela comporta (m^3/s)	750

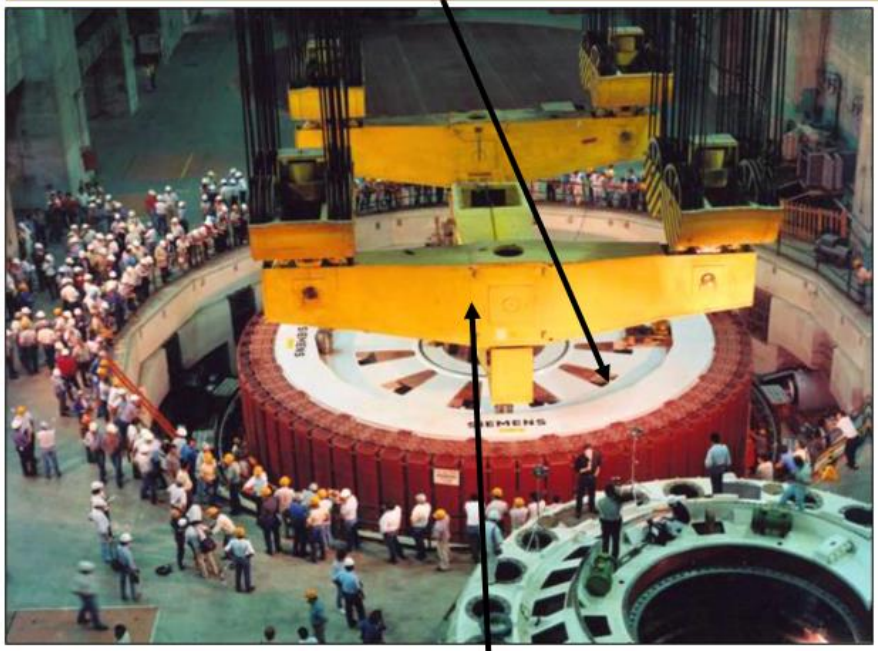
ITAIPU

Stop-logs	
Cota da soleira (m)	177,2
Vão livre (m)	7,5
Altura livre (m)	17,5
Quantidade	7

Pórticos	
Quantidade	2
Capacidade (kN)	1.100/400
Veloc. máx. levant. do gancho 50/60 Hz (m/min.)	4,6/5,5
Veloc. mín. levant. gancho 50/60 Hz (m/min.)	1,7/2,0
Veloc. nominal de translação 50/60 Hz (m/min.)	25/30

ITAIPU

ROTOR QUE É ACOPLADO À TURBINA - ITAIPU

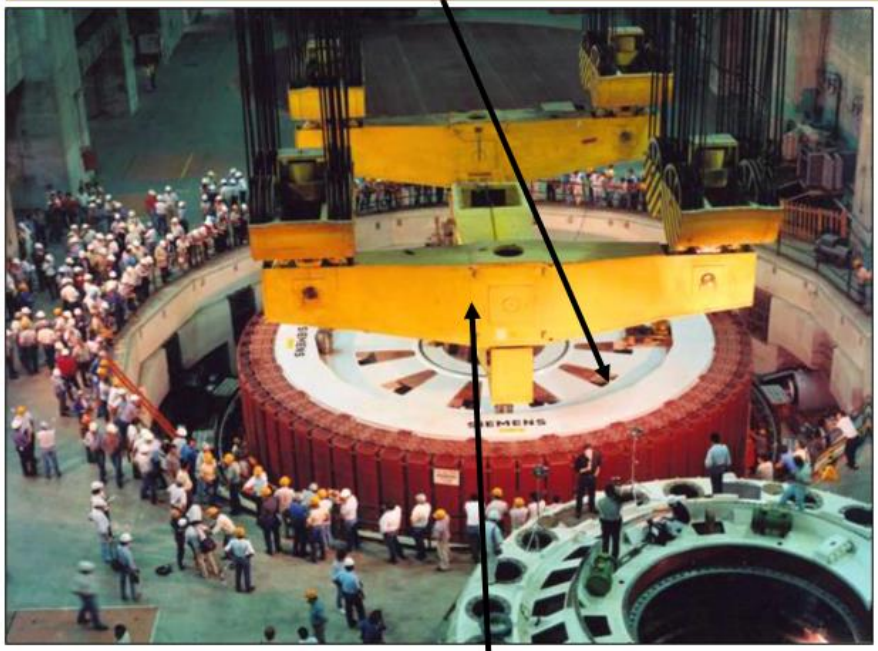


PONTE ROLANTE-CAP.1000TON-BARDELLA

Gerador	
Quantidade	20
Frequência	60 Hz (10 unidades) / 50 Hz (10 unidades)
Potência nominal	50 / 60 Hz (MVA) 823,6 / 737,0
Tensão nominal (kV)	18

ITAIPU

ROTOR QUE É ACOPLADO À TURBINA - ITAIPU



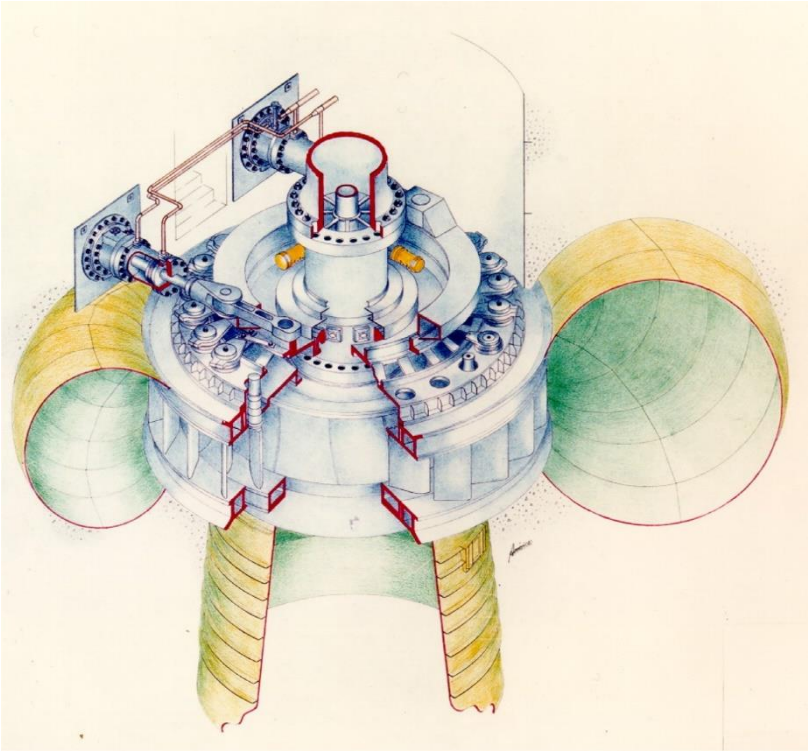
PONTE ROLANTE-CAP.1000TON-BARDELLA

Nº de polos	50 / 60 Hz 66 / 78
Momento de inércia - GD2 (t.m²)	320.000
Fator de potência	50 / 60 Hz 0,85 / 0,95
Peça mais pesada - rotor (t)	1.760
Peso de cada unidade 50 / 60 Hz	3.343/3.242 (t)

ITAIPU

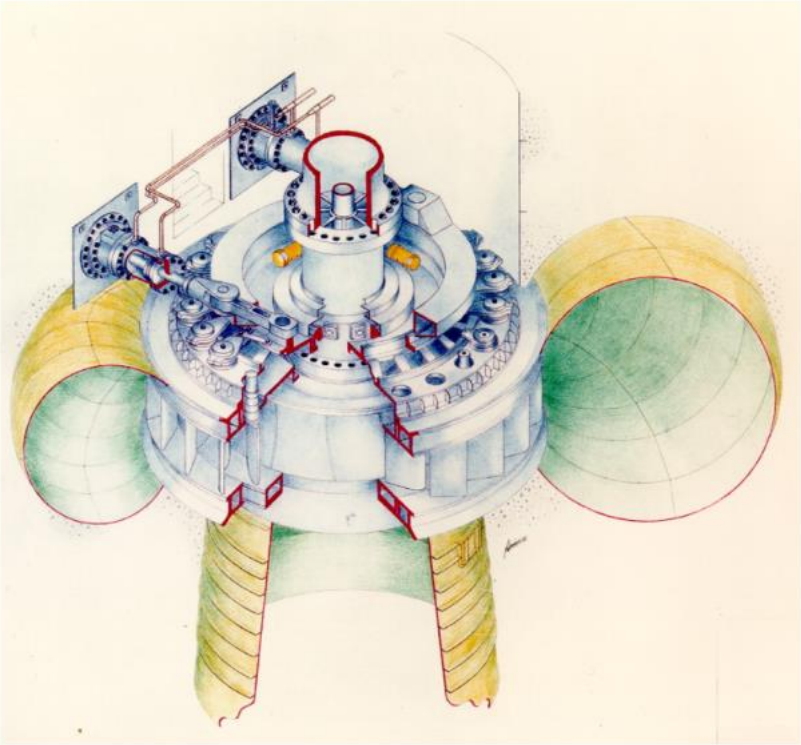
Turbina Hidráulica

As turbinas hidráulicas são basicamente de dois tipos: turbinas de impulsão e turbinas de reação. As turbinas de impulsão (também conhecidas como Pelton) são usadas para alturas maiores que 300 m. Para alturas inferiores a 360 m são utilizadas as turbinas de reação (Francis).



ITAIPU

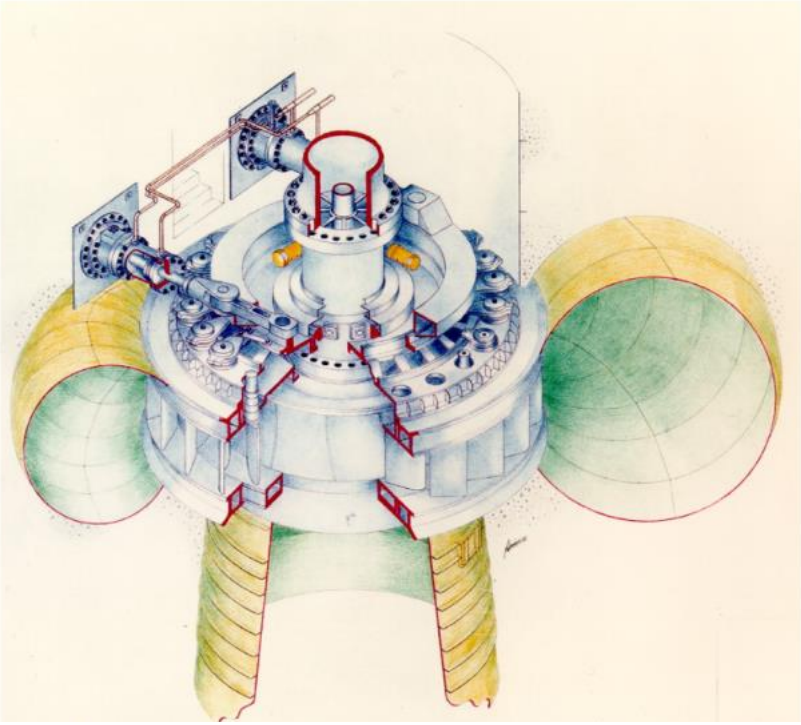
Turbina



Quantidade	20
Tipo	Francis
Potência nominal unitária	715 MW
Velocidade de projeto - 50/60 Hz	90,9/92,3 rpm
Queda líquida de projeto	118,4 m
Vazão nominal unitária	690 m^3/s
Peça indivisível mais pesada - rotor	296 t
Peso de cada unidade	3.360 t

ITAIPU

Turbina

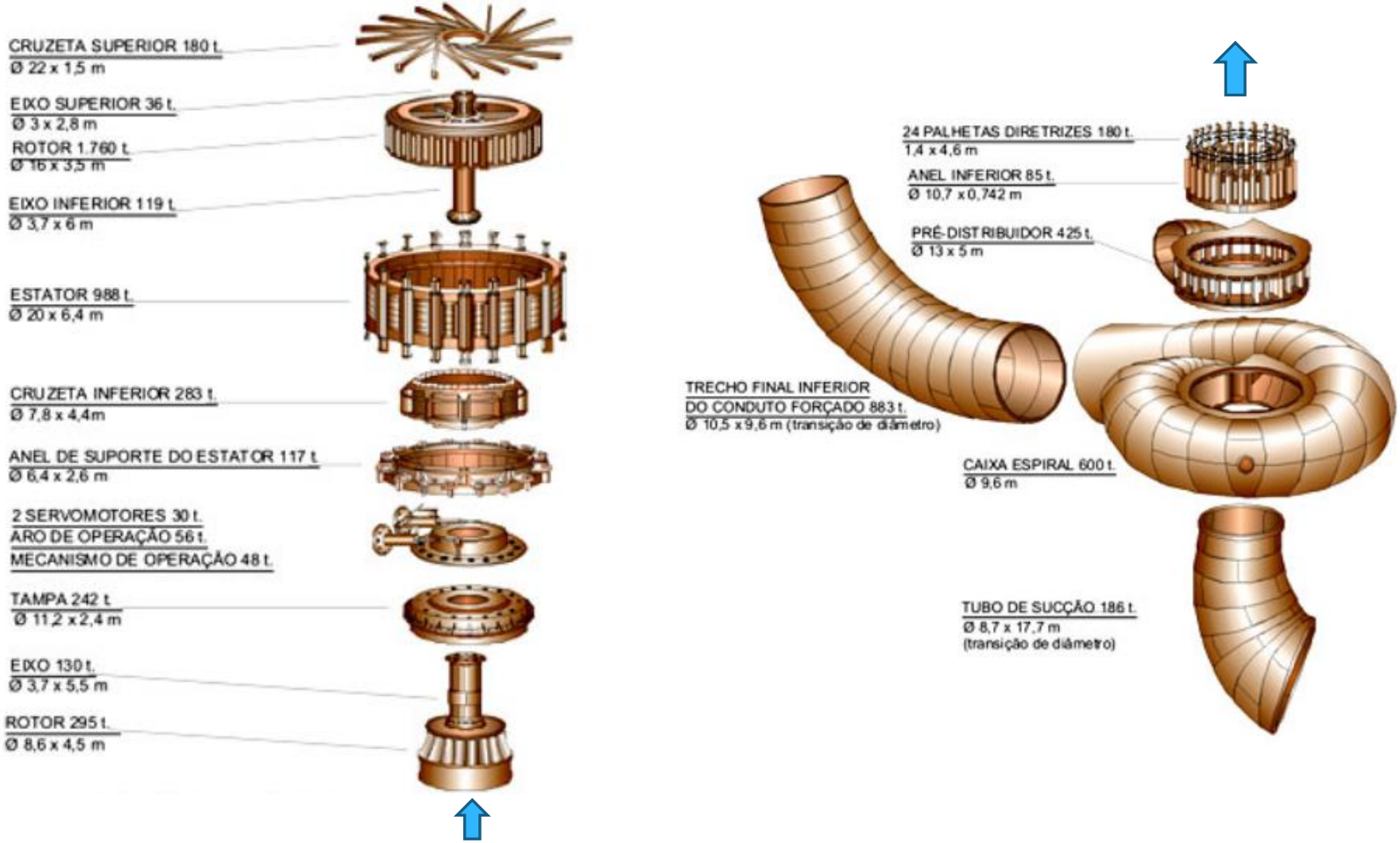


Eixo da turbina

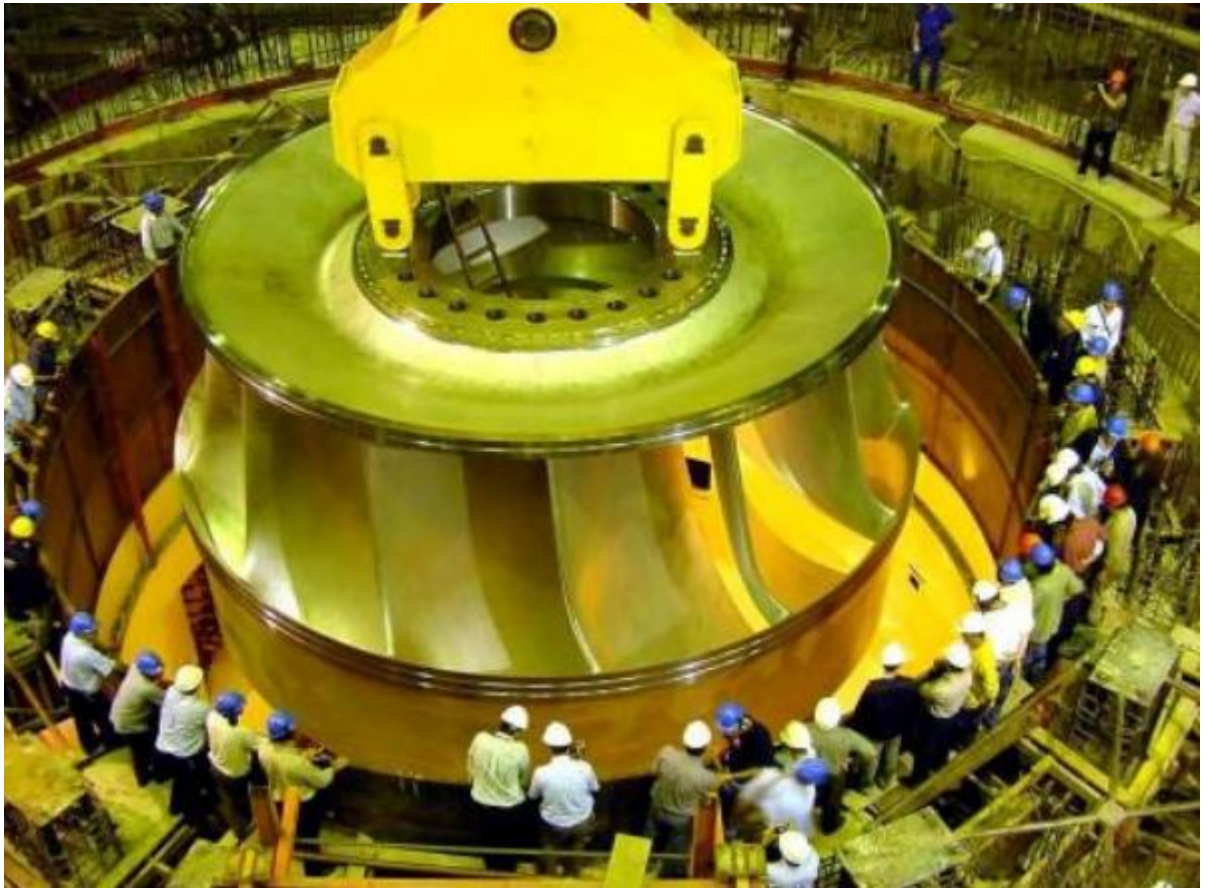
Diâmetro no corpo:	2.100 mm
Diâmetro no acoplamento:	3.700 mm
Comprimento total:	5.520 mm

Obs: O comprimento indicado acima é exclusivamente do eixo da turbina, ou seja, não considera o eixo do gerador ao qual o eixo da turbina trabalha acoplado.

ITAIPU


CRUZETA SUPERIOR 180 t.
Ø 22 x 1,5 m
EIXO SUPERIOR 36 t.
Ø 3 x 2,8 m
ROTOR 1.760 t.
Ø 16 x 3,5 m
EIXO INFERIOR 119 t.
Ø 3,7 x 6 m
ESTATOR 988 t.
Ø 20 x 6,4 m
CRUZETA INFERIOR 283 t.
Ø 7,8 x 4,4m
ANEL DE SUPORTE DO ESTATOR 117 t.
Ø 6,4 x 2,6 m
2 SERVOMOTORES 30 t.
ARO DE OPERAÇÃO 56 t.
MECANISMO DE OPERAÇÃO 48 t.
TAMPA 242 t.
Ø 11,2 x 2,4 m
EIXO 130 t.
Ø 3,7 x 5,5 m
ROTOR 295 t.
Ø 8,6 x 4,5 m
24 PALHETAS DIRETRIZES 180 t.
1,4 x 4,6 m
ANEL INFERIOR 85 t.
Ø 10,7 x 0,742 m
PRÉ-DISTRIBUIDOR 425 t.
Ø 13 x 5 m
TRECHO FINAL INFERIOR
DO CONDUTO FORÇADO 883 t.
Ø 10,5 x 9,6 m (transição de diâmetro)
CAIXA ESPIRAL 600 t.
Ø 9,6 m
TUBO DE SUCÇÃO 186 t.
Ø 8,7 x 17,7 m
(transição de diâmetro)

ITAIPU



ITAIPU

ITAIPU

Sistemas de Regulação

O desempenho de uma turbina hidráulica é influenciado pelas características da coluna de água que alimenta a turbina, incluindo os efeitos da inércia da água, a compressibilidade da água e a elasticidade da parede do tubo no conduto forçado.

ITAIPU

Regulador para turbinas hidráulicas

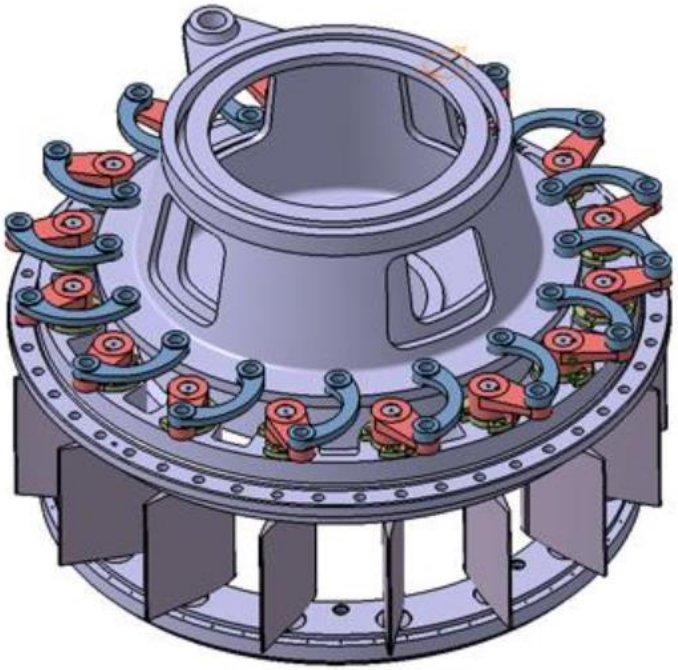
A função básica de um regulador é controlar a velocidade. Esta função primária é exercida através da realimentação do desvio da velocidade para controlar a posição do distribuidor. Para garantir a operação satisfatória e estável de várias unidades geradoras interconectadas, o regulador de velocidade possui uma característica de estatismo, cuja finalidade é a distribuição equitativa da carga entre as unidades geradoras.

ITAIPU

Regulador para turbinas hidráulicas

Na turbina Francis, a vazão é controlada pelo distribuidor, que é um conjunto de pás móveis em forma de aerofólio.

O ângulo das pás é controlado por servomotores hidráulicos, estes recebem comandos do microprocessador do amplificador hidráulico que determina a posição para controlar a velocidade.

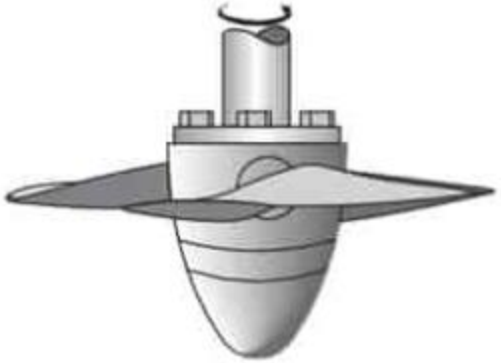


ITAIPU

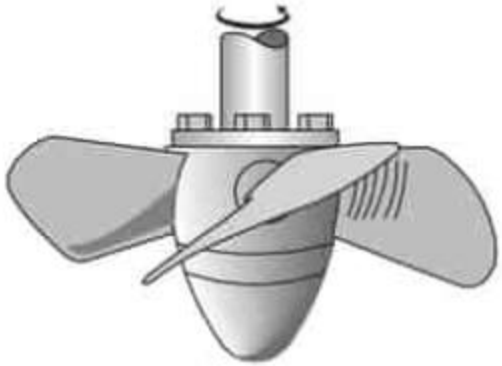
Regulador para turbinas hidráulicas

As turbinas Kaplan também usam distribuidores. As pás da turbina Kaplan em si também podem ter o ângulo ajustado para controle de velocidade, a figura abaixo mostra fluxo baixo na esquerda e fluxo alto na direita.

Baixa Vazão



Alta Vazão



ITAIPU

Sistema de Itaipu e do tipo SCADA

O Sistema SCADA é um sistema de supervisão e controle baseado em computadores. O propósito geral deste Sistema é fornecer aos operadores da Usina, informações detalhadas e automáticas de forma centralizada (disponível em mais de 1.500 painéis nas diversas galerias ao longo da usina) e organizado. Isto possibilita a análise permanente da situação por parte dos operadores em uma Sala de Comando Centralizada e facilita a tomada de decisões corretas e apropriadas dentro dos tempos necessários para manter o processo de geração, transformação e da transmissão da energia elétrica.

ITAIPU

Sistema de Itaipu e do tipo SCADA

Considerações Finais sobre Itaipu

A Usina Hidrelétrica de Itaipu, considerada hoje a segunda maior em produção de energia no mundo, perdendo apenas para a usina de Três Gargantas localizada na China. Itaipu é um empreendimento binacional desenvolvido pelo Brasil e pelo Paraguai no Rio Paraná. A potência instalada da usina é de 14.000 MW (megawatts), com 20 unidades geradoras de 700 MW cada.

As 20 unidades geradoras de Itaipu entraram em operação, de acordo com o cronograma, ao ritmo de dois a três por ano, a contar de maio de 1984. A 20ª entrou em operação comercial em 2007.

ITAIPU

CURIOSIDADE:

Matriz elétrica brasileira	
Fonte de energia	**Participação**
Hidráulica	56,8%
Gás natural	12,8%
Eólica	10,6%
Biomassa	8,2%
Carvão e derivados	3,9%
Derivados de petróleo	3%
Solar	2,5%
Nuclear	2,2%

No Brasil, temos aproximadamente 3.135 Usinas Termoelétricas e 739 Usinas Hidroelétricas.

No mundo as Termoelétricas respondem aproximadamente por 60% da geração de Energia Elétrica.

Bibliografia Básica

1 - MACINTYRE, A.J.- Bombas e Instalações de Bombeamento. Ed. Guanabara, 1980.
2 - WYLEN, G.V.&SONITAG, R>E.- Fundamentos da Termodinâmica Clássica. Editora Edigard Blücher, 1978
3 - SIMONE, G. A. – Centrais e Aproveitamentos Hidrelétricos. Ed. Érica-2003.

Bibliografia Complementar

1 - MACINTYRE, A J. – Máquinas Motrizes Hidráulicas. Ed. Guanabara, 1983.
2 - SOUZA, S. & FUCHS, R. D. & SANTOS, A. H. M. - Centrais Hidro e Termoelétricas, Editora Edgard Blücher, 1983.
3 - BISTAFA, Sylvio R. Mecânica dos fluidos noções e aplicações. Editora Blucher
4 - ORGANIZADOR JEFERSON AFONSO LOPES DE SOUZA. Transferência de calor. Pearson
5 - STROBEL, Christian. Termodinâmica técnica. Editora Intersaberes.