

Apresentação de Itaipu e Furnas

Wilson Komatsu

Abril de 2017

Organização da Apresentação

- * Introdução
 - * Itaipu
 - * Barragem
 - * Geração
 - * Furnas
 - * Transmissão CA
 - * Transmissão CC
- * Observação: dados e imagens desta apresentação são dos sites de Itaipu, Furnas, ABB etc.

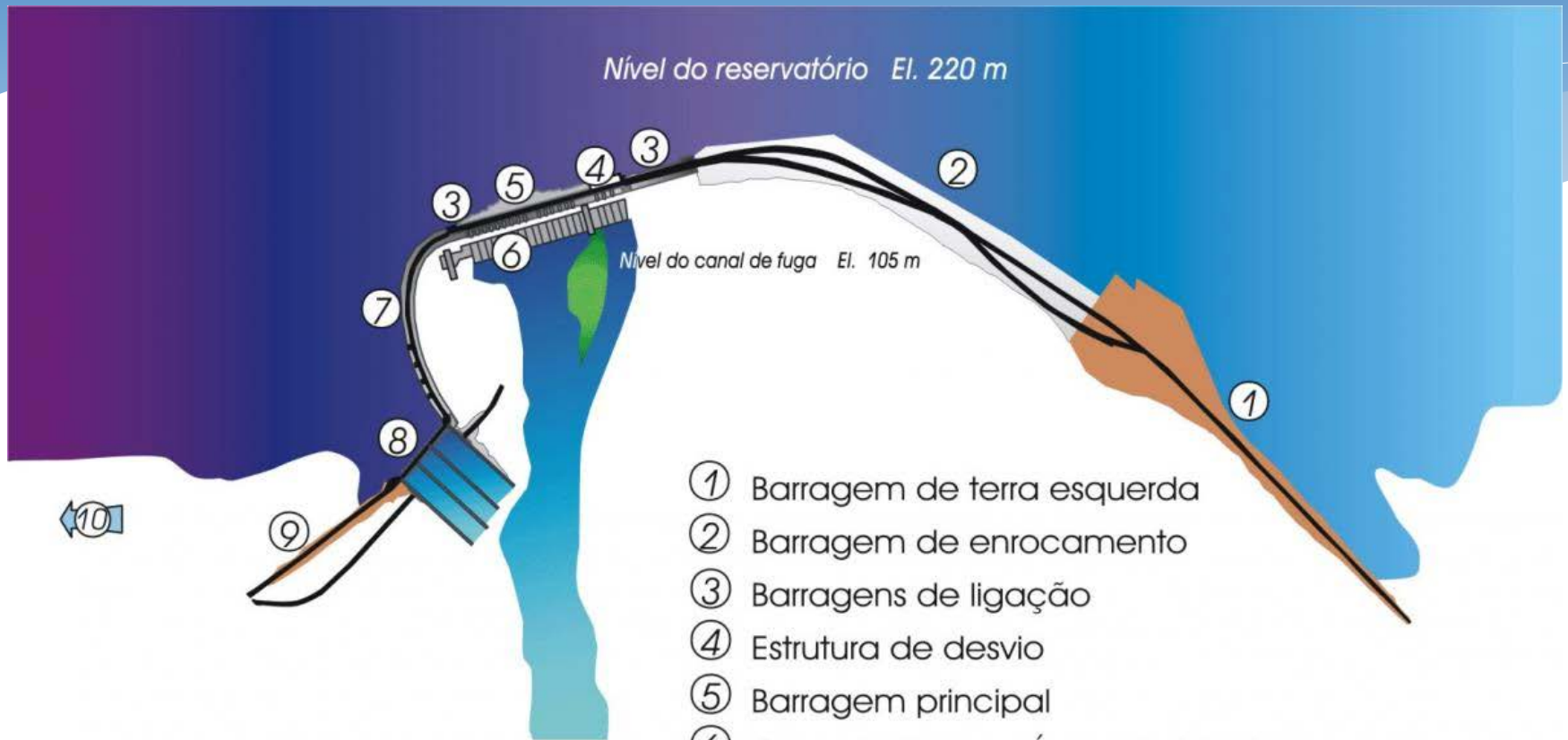
Introdução

- * Itaipu - Barragem
- * Itaipu – Geração
 - * 14 GW de potência instalada
 - * 20 unidades geradoras de 700MW
 - * Angra 1: 640MW
 - * Angra 2: 1350MW
- * Furnas – Transmissão
 - * Sistema CA – 60 Hz
 - * Sistema CC – 50 Hz/60Hz

Itaipu - Barragem

- * Usina a fio d'água: provê altura de coluna d'água para as turbinas, mas capacidade de armazenamento é limitada, levando em conta a vazão
- * Barragem:
 - * 7.919 metros de extensão e altura máxima de 196 metros
 - * Concreto de gravidade aliviada
 - * 12,6 milhões de metros cúbicos de concreto ou 31.500.000 t
 - * Enrocamento (basalto)
 - * $15.000 \times 10^3 \text{ m}^3$
 - * Terra
 - * $6.482 \times 10^3 \text{ m}^3$

Itaipu - Barragem

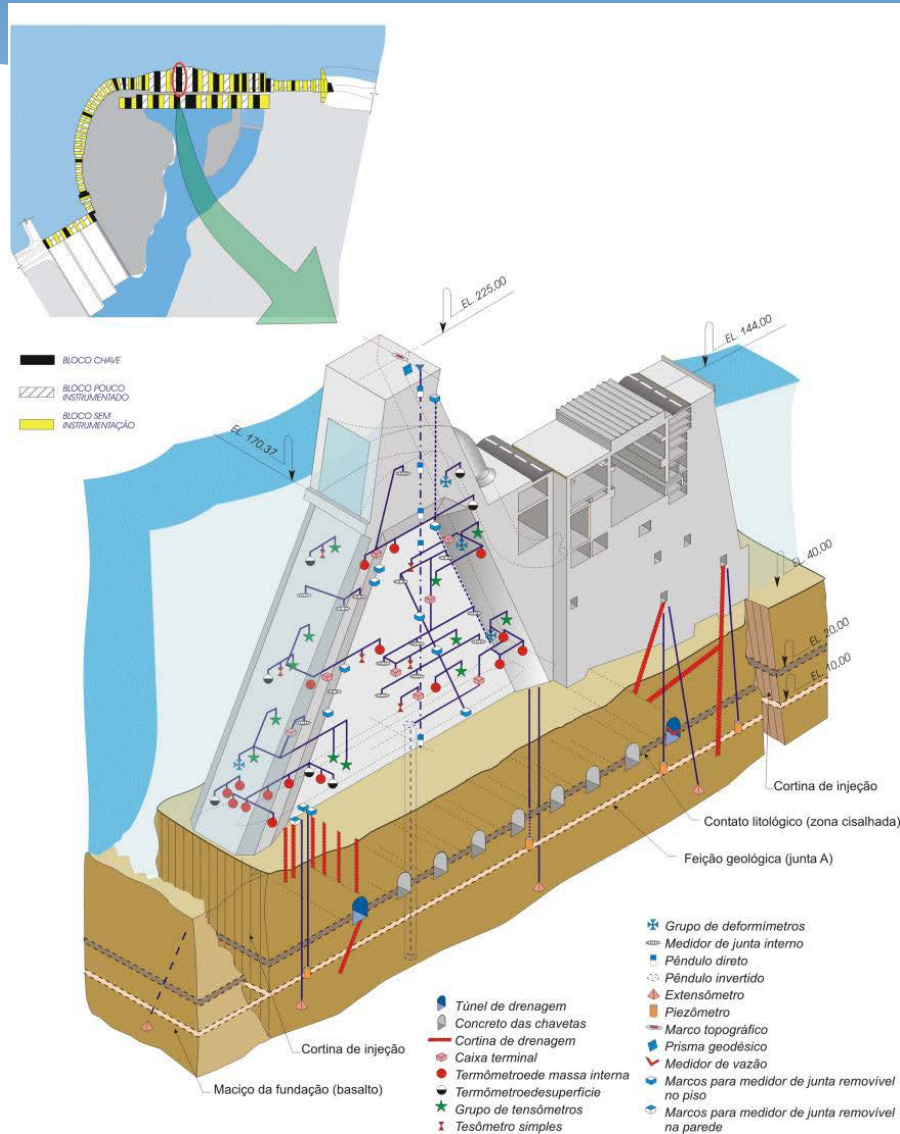


- ① Barragem de terra esquerda
- ② Barragem de enrocamento
- ③ Barragens de ligação
- ④ Estrutura de desvio
- ⑤ Barragem principal
- ⑥ Casa de Força e Áreas de Montagem
- ⑦ Barragem lateral direita
- ⑧ Vertedouro
- ⑨ Barragem de terra direita
- ⑩ Dique de Hernandarias

Itaipu - Barragem



Itaipu - Barragem



Itaipu - Geração

- * Maior usina hidrelétrica do mundo em geração de energia (e Três Gargantas??)
- * 20 unidades geradoras e 14.000 MW de potência instalada
- * fornece 16,6% da energia consumida no Brasil e abastece 75,6% do consumo paraguaio.

Itaipu - Geração

Itaipu e Três Gargantas

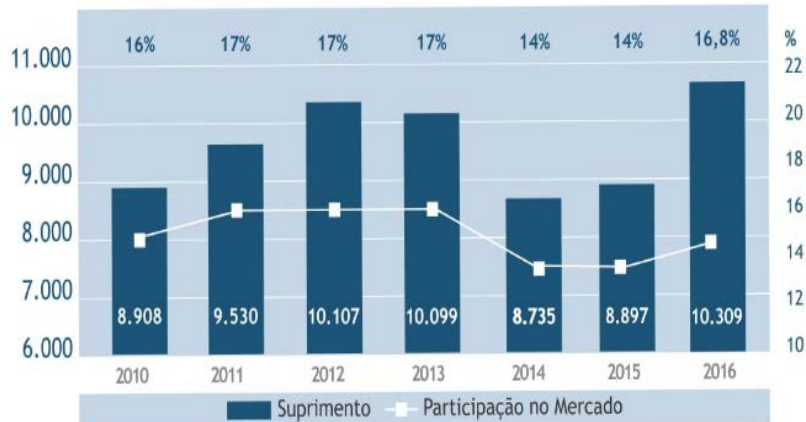
Usina	Itaipu	Três Gargantas
Turbinas *	20	32 (6 subterrâneas)
Potência nominal	700 MW	700 MW
Potência instalada	14.000 MW	22.400 MW
Recorde de produção anual	103 bilhões kWh/ano (2016)	98,8 bilhões kWh/ano (2014)*
Produção anual	92,2 bilhões kWh/ano (2011)	78,2 bilhões kWh/ano (2011)*
Concreto utilizado	12,57 milhões m ³	27,94 milhões m ³
Altura	196 metros	181 metros
Comprimento da barragem	7.744 metros (concreto, enrocamento e terra) 175 metros (dique de Hernandárias)	4.149 metros (concreto 2.309 m e dique Maoping 1.840 m)
Vertedouro - capacidade de vazão	62.200 m ³ /s	120.600 m ³ /s
Escavações	63,85 milhões m ³	134 milhões m ³
Número de pessoas reassentadas	40 mil	1,13 milhão

Itaipu - Geração

* Para o Brasil

Participação no mercado brasileiro - Anual

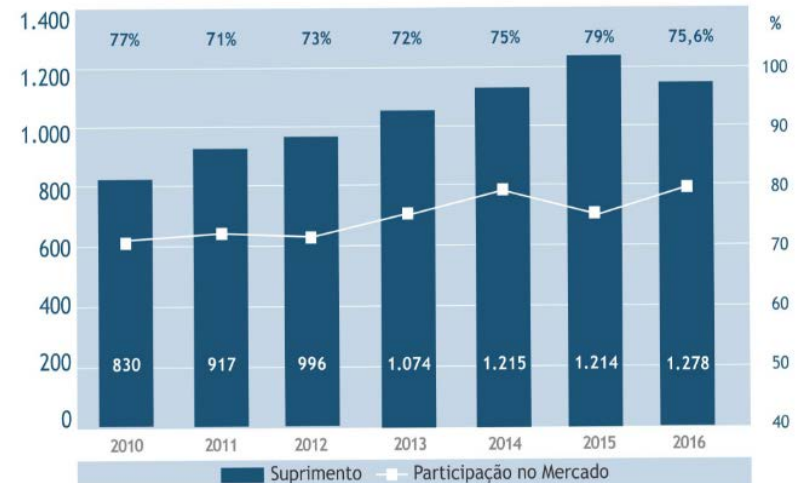
MW Médio



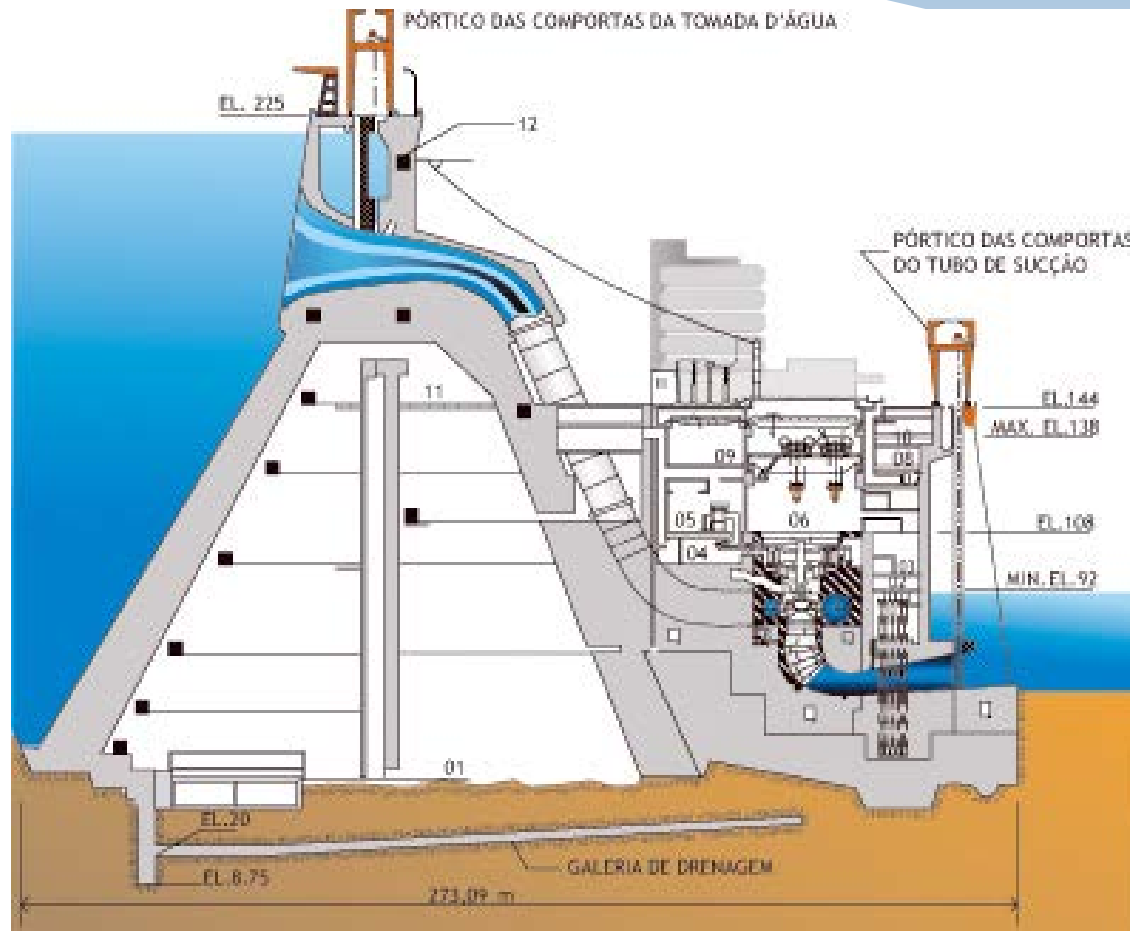
* Para o Paraguai

Participação no mercado Paraguaio - Anual

MW Médio

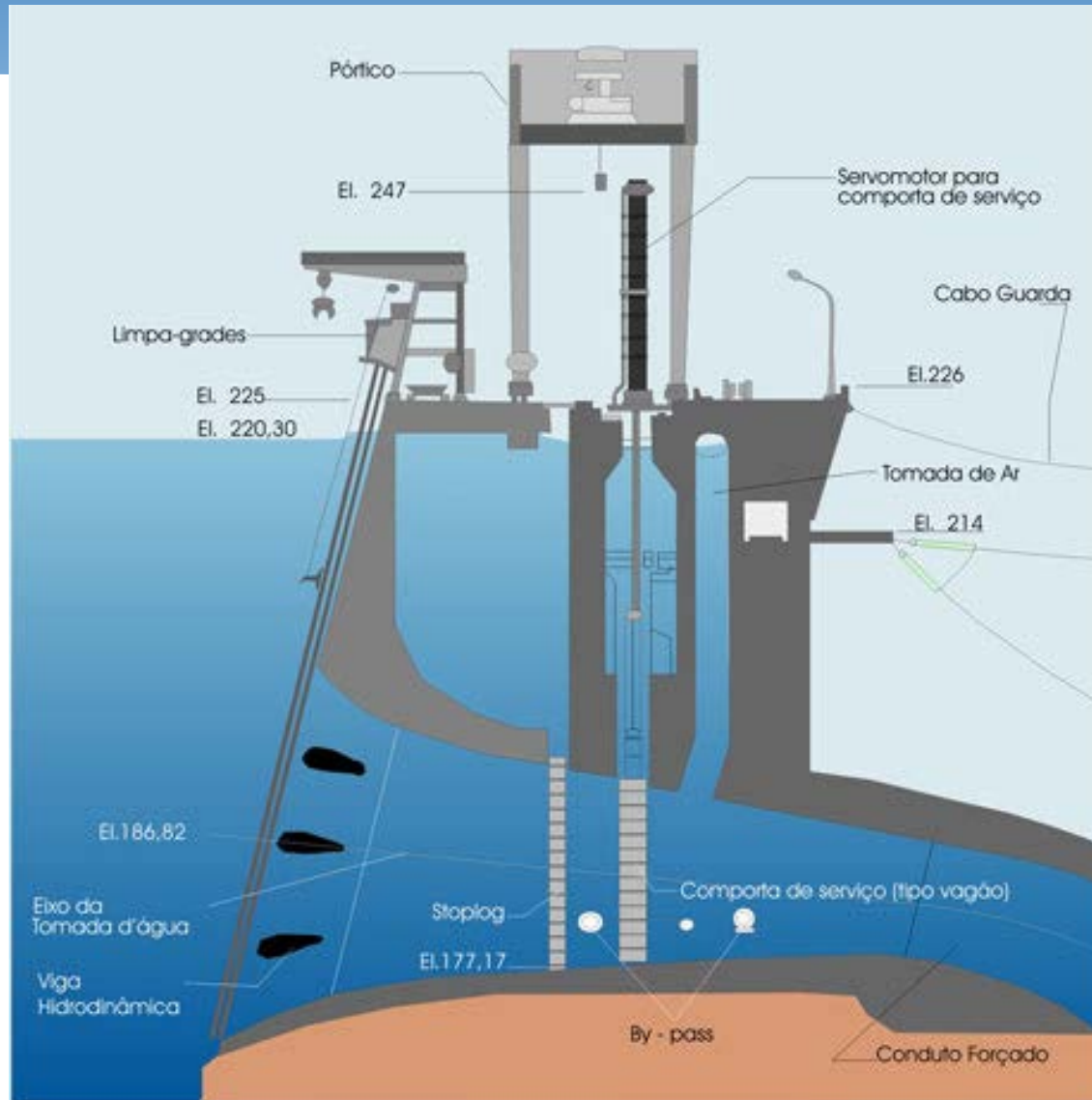


Itaipu - Geração



- * 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.

Itaipu - Geração



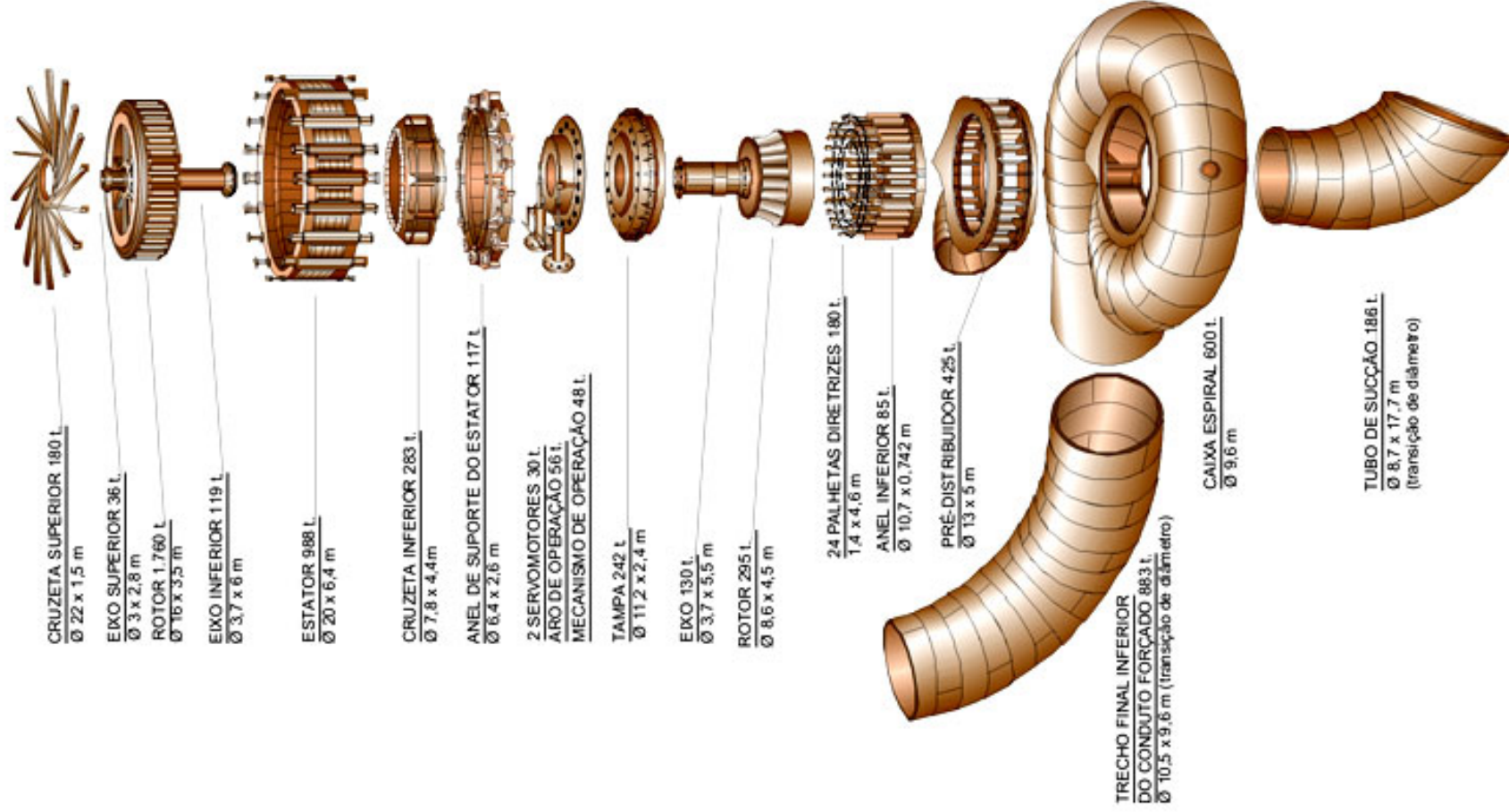
Itaipu - Geração



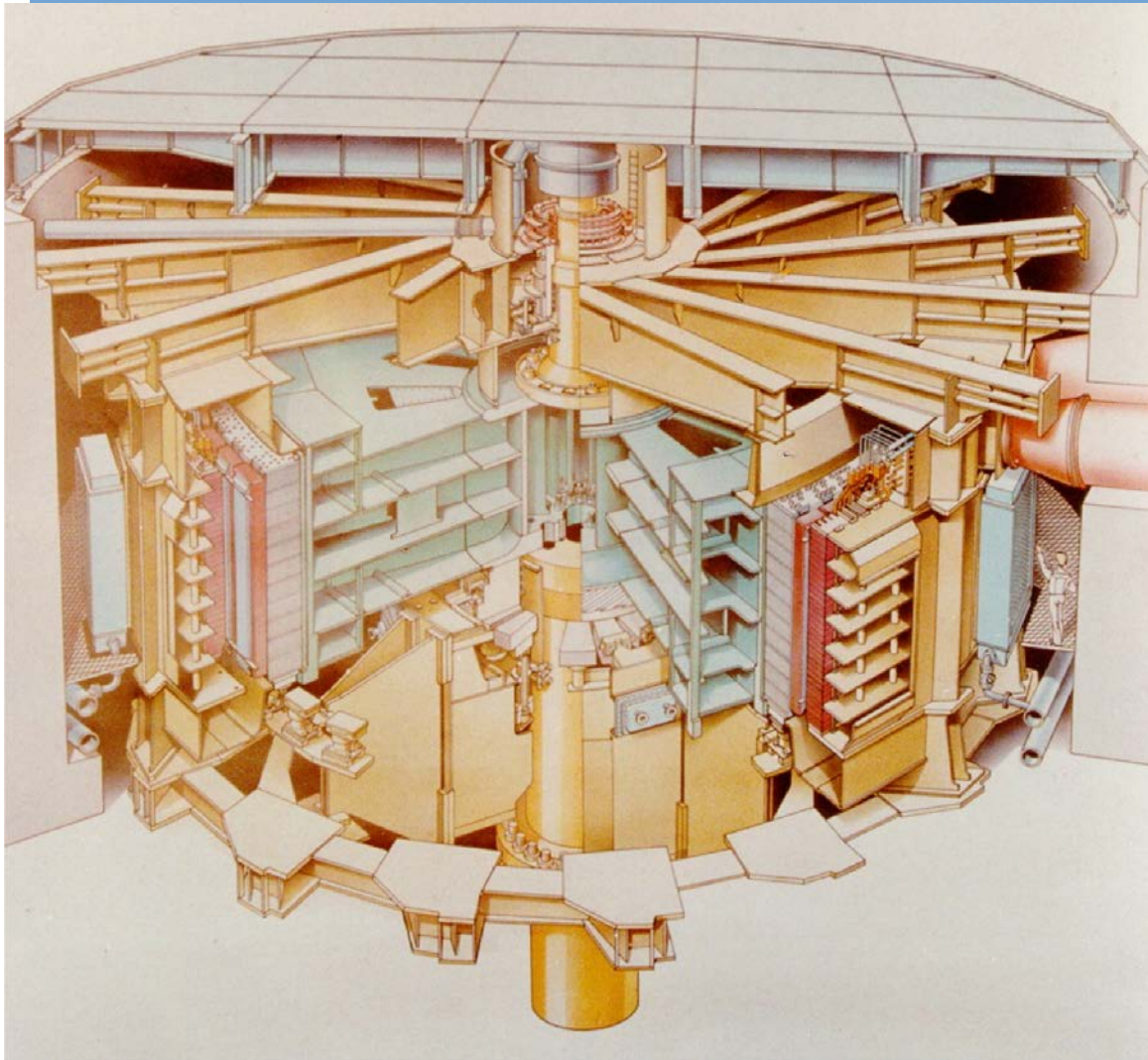
Itaipu - Geração



Itaipu - Geração



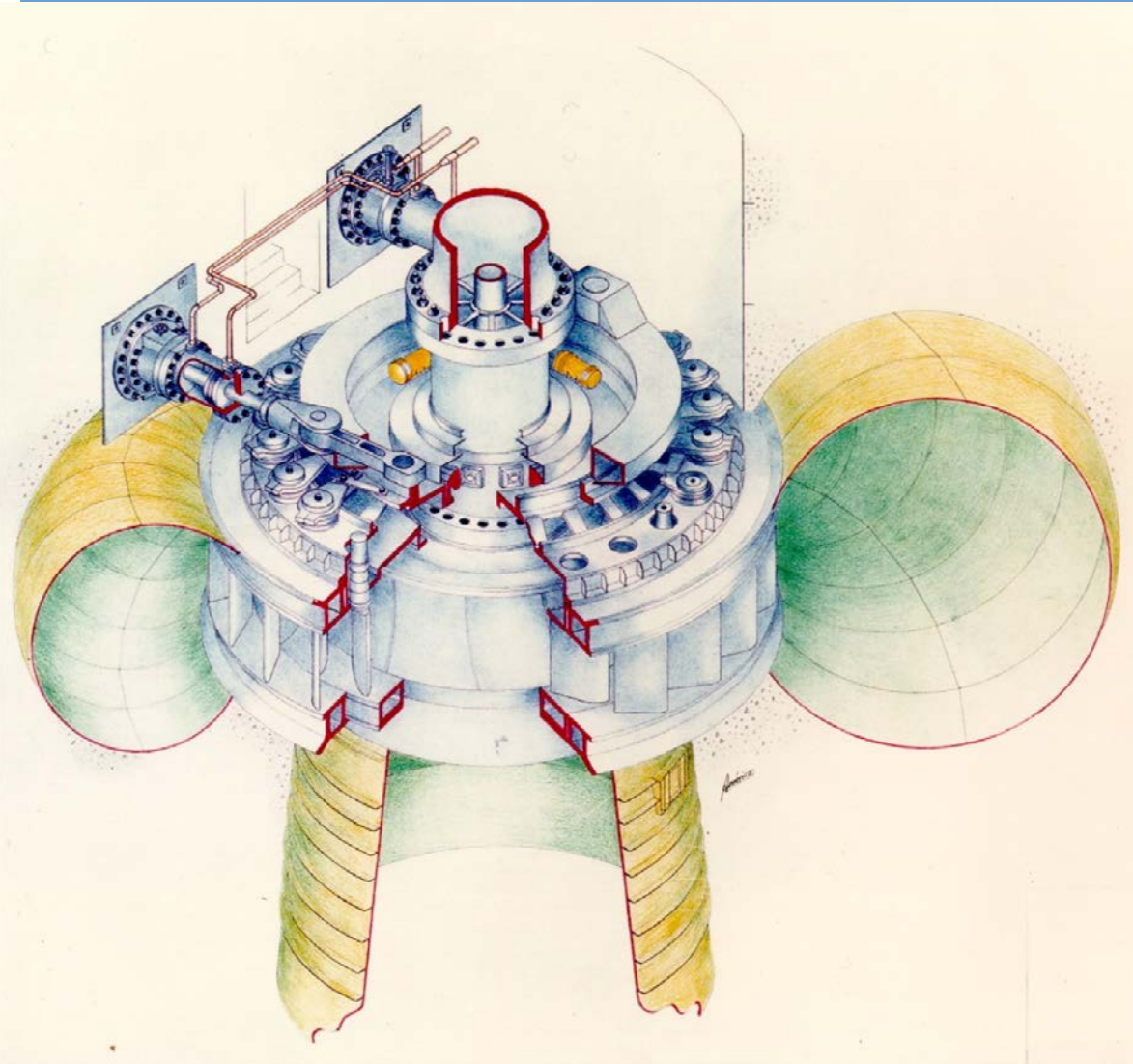
Itaipu - Geração



* GERADORES

- * Quantidade 20 unidades
- * Frequência 60 Hz
10 unidades
- * Frequência 50 Hz
10 unidades
- * Potência nominal 50/60 Hz
823,6/737,0 MVA
- * Tensão nominal 18 kV
- * Número de pólos 50/60 Hz
66/78
- * Momento de inércia - GD2
320.000 t.m²
- * Fator de potência 50/60 Hz
0,85/0,95
- * Peça mais pesada – rotor
1.760 t
- * Peso de cada unidade 50/60 Hz
3.343/3.242 t

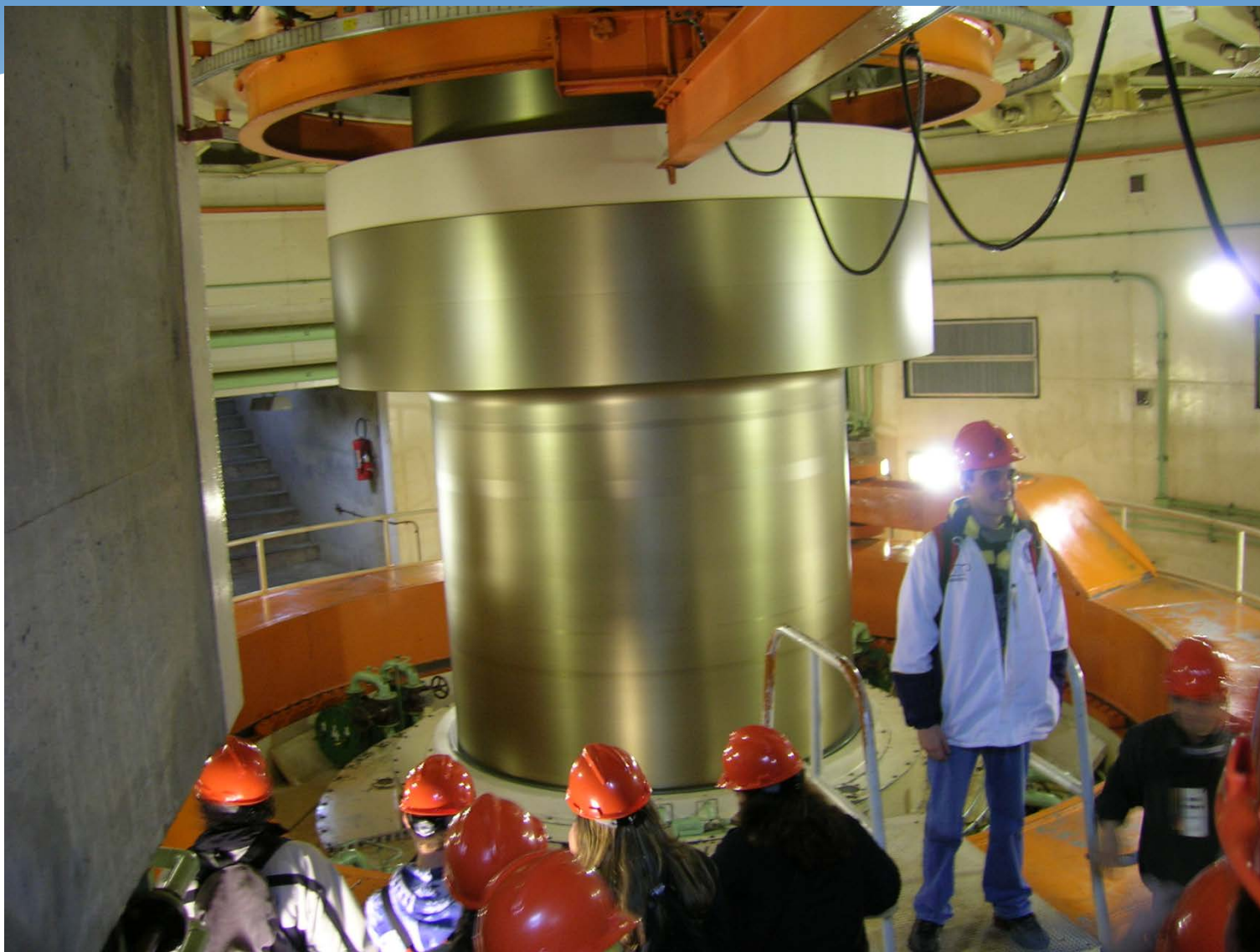
Itaipu - Geração



* TURBINAS

- * 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 645 m³/s
- * Peça indivisível mais pesada – rotor 296 t
- * Peso de cada unidade 3.360 t

Itaipu - Geração



Itaipu - Geração

* BANCOS DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

* Quantidade

- * 50 Hz 9 + 2 Unidades Reservas
- * 60 Hz 9 + 2 Unidades Reservas

* Potencial nominal de cada banco

- * 50/60 Hz (MVA) 825/768

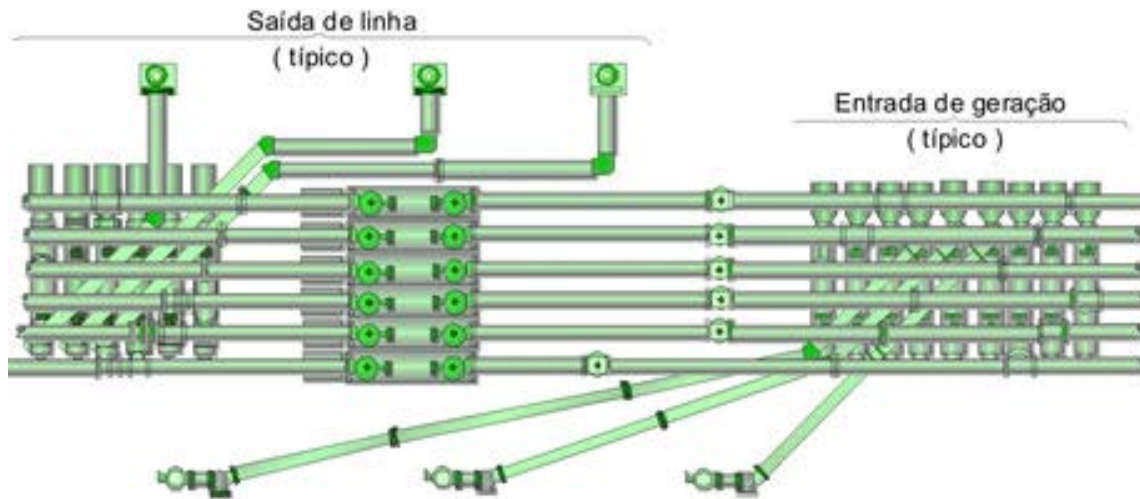
* Nível de Impulso (Fase/Neutro)

- * Tensão Superior 1.550/110 kV
- * Tensão Inferior 125 kV
- * Tipo de Ligação Y

* Peso de cada transformador (kg)

- * 50 Hz 217×10^3
- * 60 Hz 189×10^3

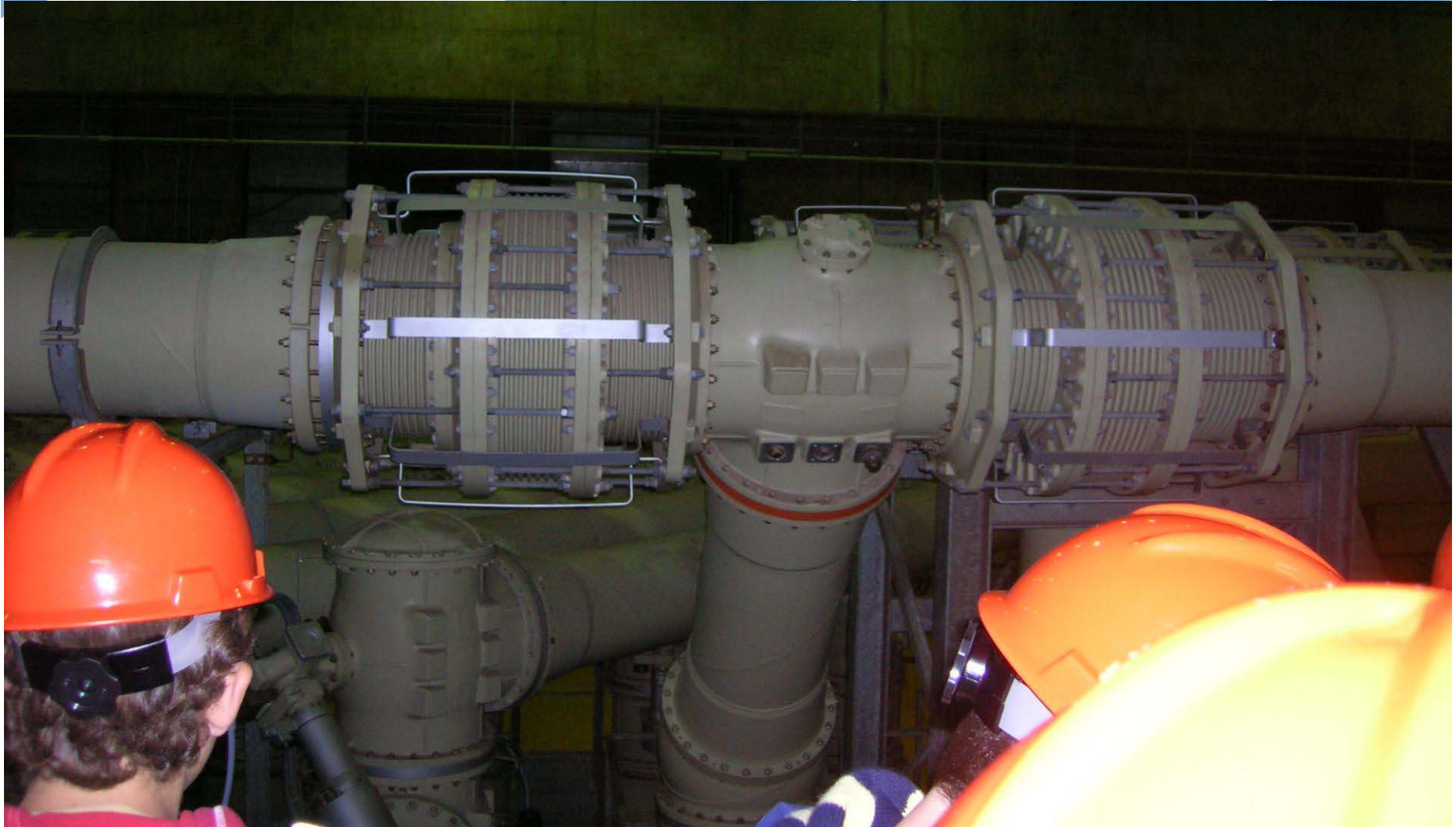
Itaipu - Geração



- * SUBESTAÇÃO SF6
- * Tensão Nominal Máxima 550 kV
- * Corrente Nominal 4.000 A
- * Corrente de Interrupção Nominal 63 kA
- * Quantidade de Disjuntores 54
- * Comprimento de Barramentos Blindados e Isolados a Gás SF6 7.500 m
- * Pressão de SF6 nos Disjuntores 620 kPa
- * Quantidade de Chaves Seccionadoras 128
- * Quantidade de Transformadores de Corrente 414
- * Quantidade de Transformadores de Potencial 24
- * Quantidade de pára-raios 132
- * Massa de Gás SF6 110×10^3 kg

Itaipu - Geração

* SUBESTAÇÃO SF₆



Itaipu - Geração

* SUBESTAÇÃO SF₆



Itaipu - Geração

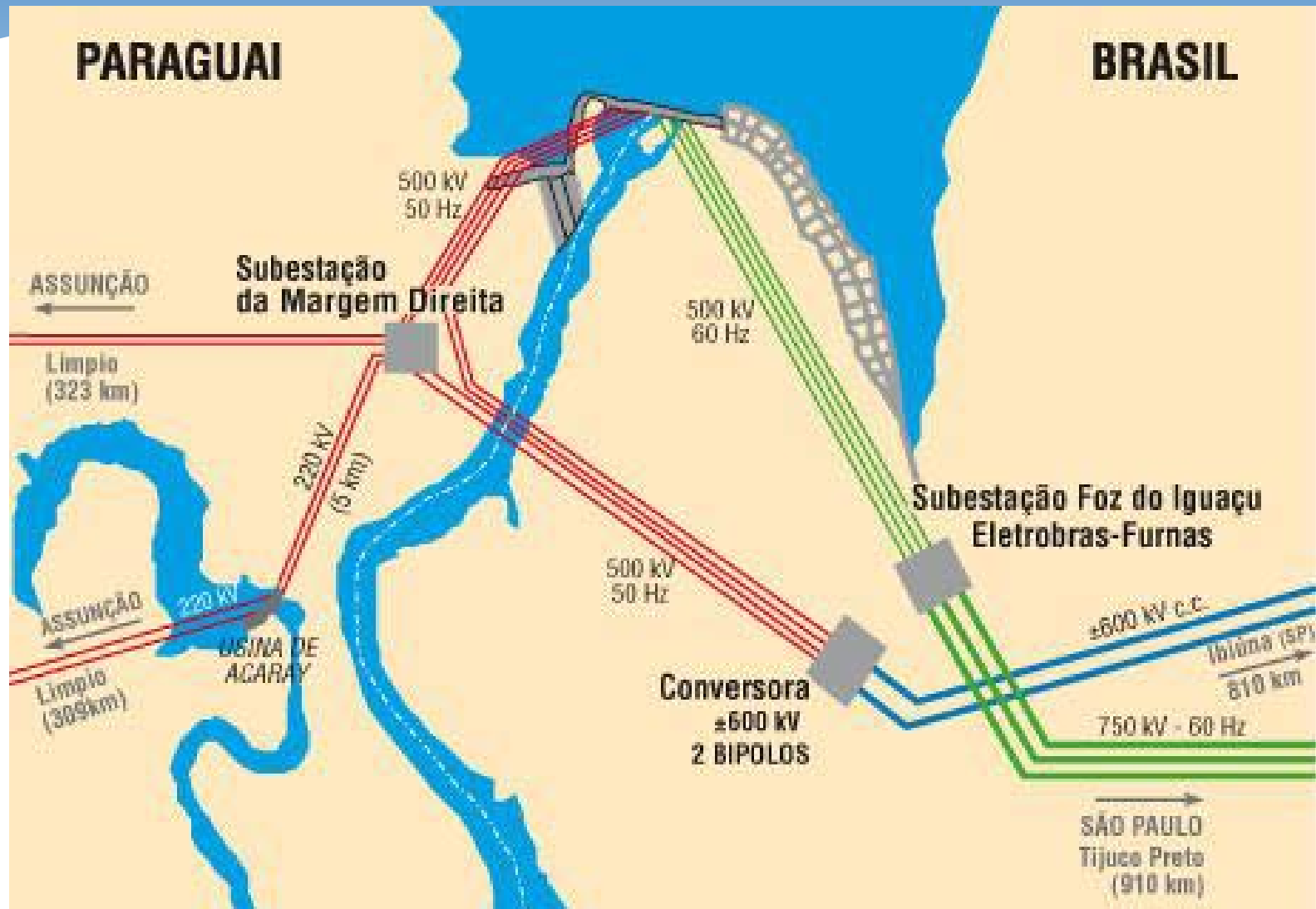
* SUBESTAÇÃO SF₆



Furnas - Transmissão

- * Metade das máquinas em 50Hz e metade em 60Hz
- * Transmissão CA
 - * Três linhas de 765kV
- * Transmissão CC
 - * Duas linhas de $\pm 600\text{kV}$

Furnas - Transmissão



Furnas - Transmissão

* LINHAS EM CORRENTE ALTERNADA E CORRENTE CONTÍNUA



Itaipu

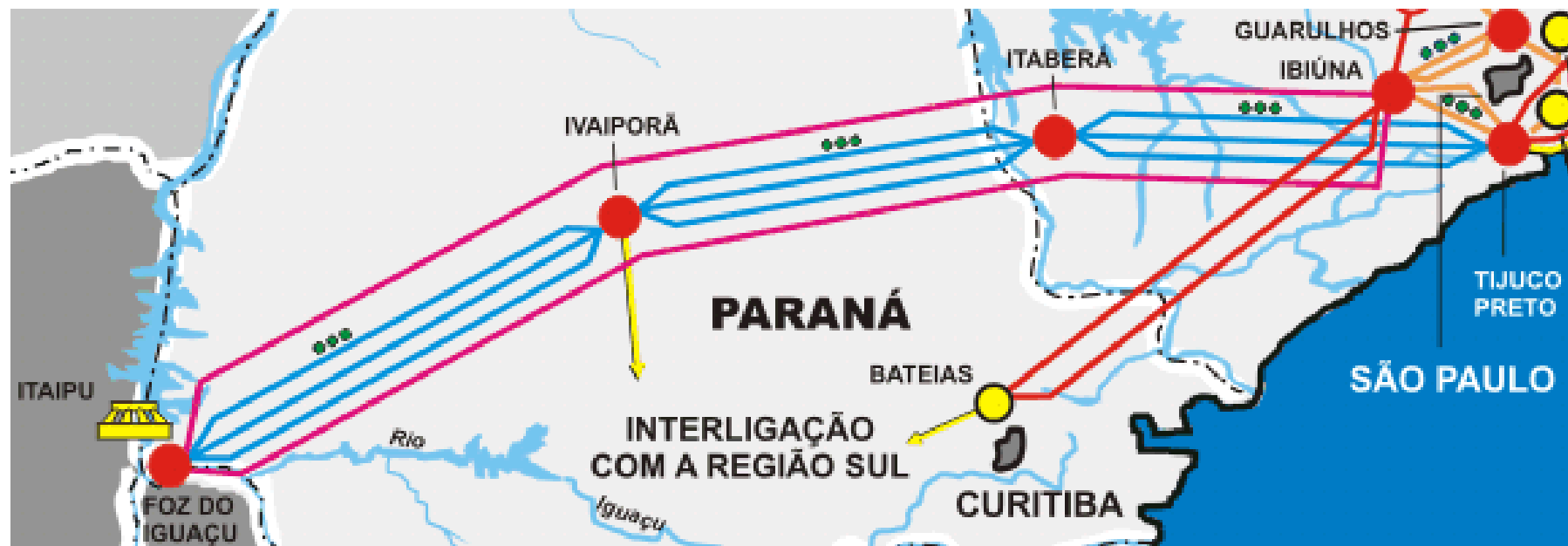
FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

SUBESTAÇÃO DE FOZ DO IGUAÇU





Furnas - Transmissão

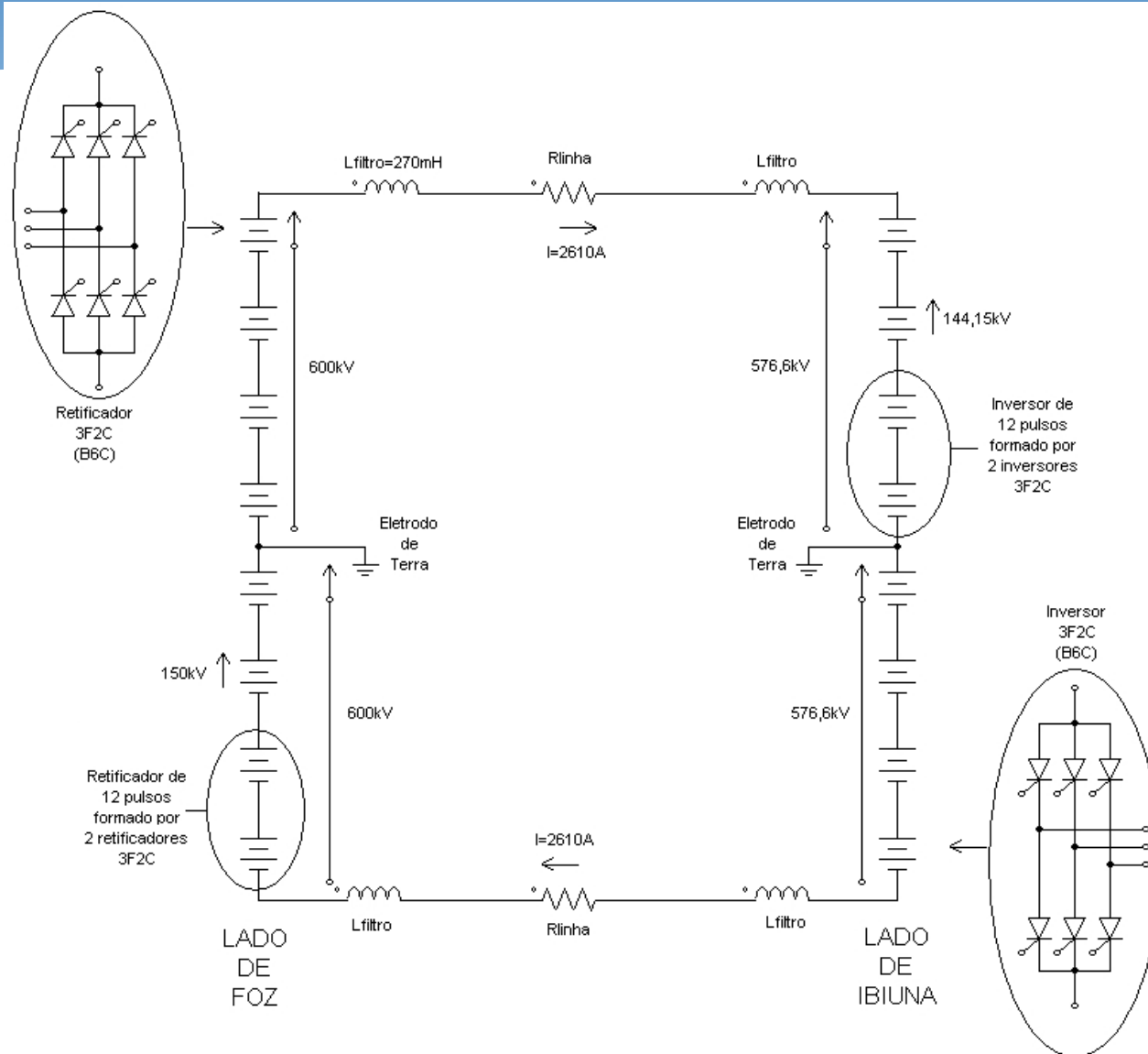


Furnas - Transmissão

- * Dois bipolos:

- * Tensão nominal DC: ± 600 kV (cada bipolo)
- * Corrente nominal DC: 2610 A (cada bipolo)
- * Potência: 3132 GW (cada bipolo)
- * Potência Total transmitida em CC: 6264 GW (6300 GW nominal)
- * Distância Foz do Iguaçu – Ibiúna:
 - * Bipolo 1: 792 km
 - * Bipolo 2: 820 km

Configuração de um Bipolo



Eletrodo de Terra



Eletrodo de Terra



Eletrodos de Terra



Eletrodos Itaipu

Eletrodo de Terra



Eletrodo 1 Itaipu

Eletrodo de Terra

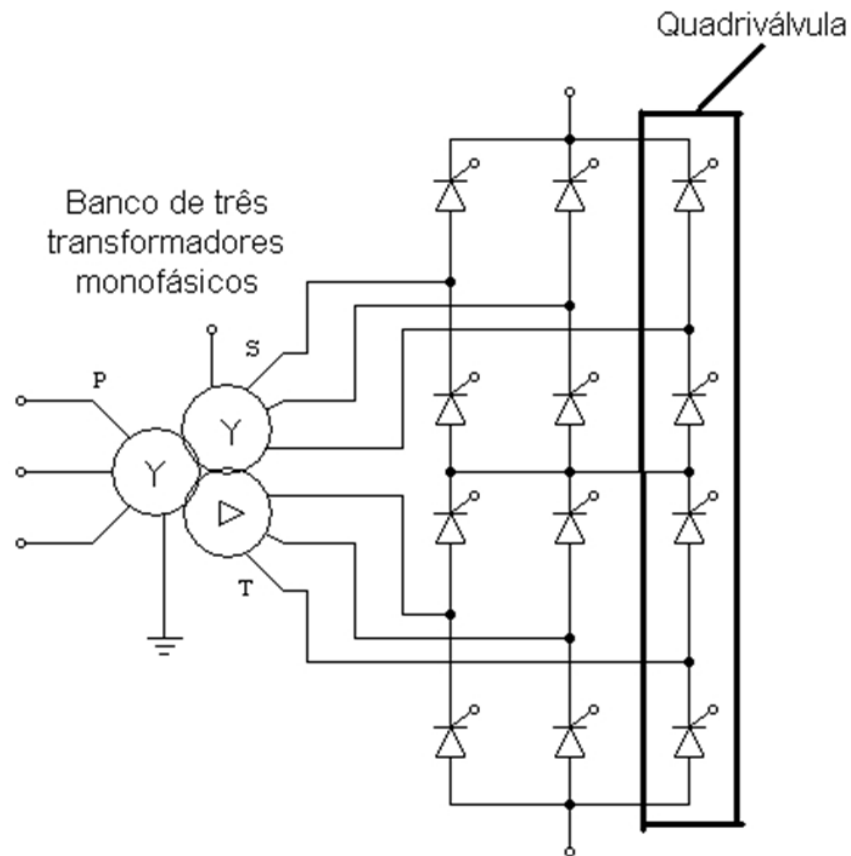


Eletrodo 2 Itaipu

Furnas - Transmissão

- * Configuração de um conversor 12 pulsos do sistema HVDC Furnas:

- * 96 tiristores série em cada válvula (valores nominais do tiristor:
- * tensão bloqueio 3kV, corrente média 2,6kA, corrente surto 29kA)
- * 384 tiristores por quadriválvula
9216 tiristores no bipolo (retificador + inversor)



Furnas - Transmissão

Quadriválvula, transformador, indutor CC

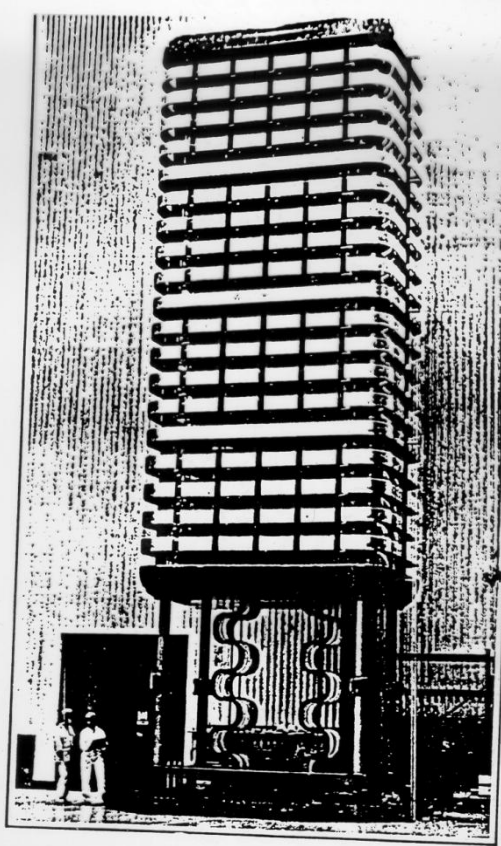


FIGURE 12

ITAIPU HVDC QUADRUPLE VALVE
ERECTED FOR PROTOTYPE TESTS

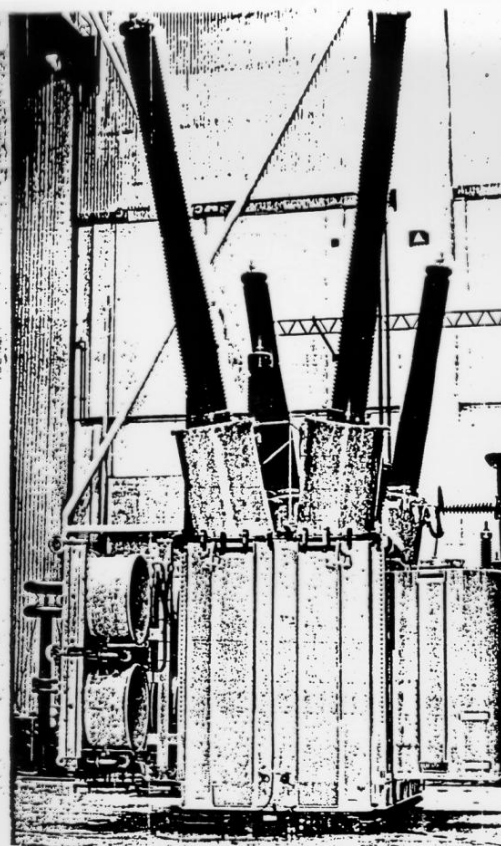


FIGURE 13

CONVERTER TRANSFORMER
FOR SÃO ROQUE CONVERTER
STATION DURING FACTORY TESTS



FIGURE 14

DC SMOOTHING REACTOR FOR
FÓZ DO IGUAÇU AND SÃO ROQUE
CONVERTER STATIONS DURING
FACTORY TESTS

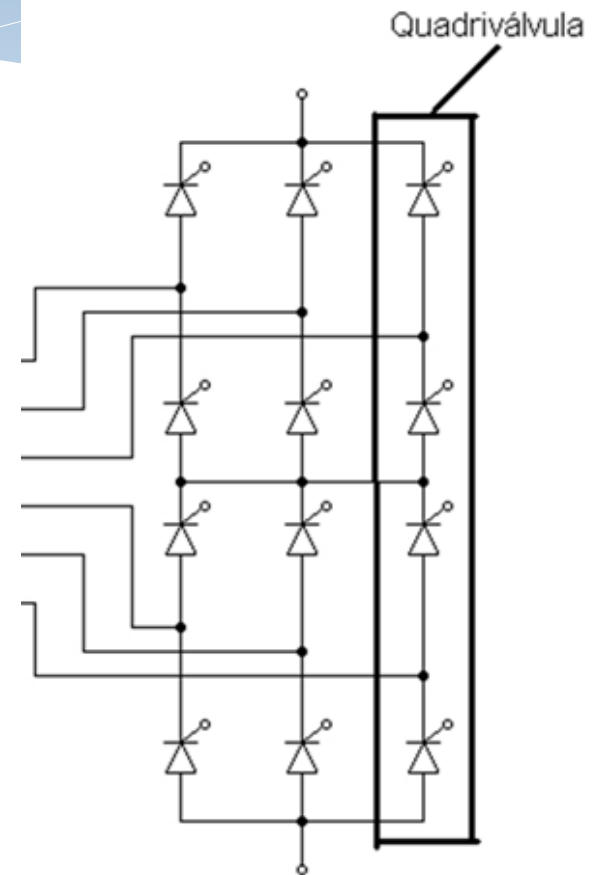
Furnas - Transmissão

Dados de um conversor de seis pulsos

DADOS NOMINAIS	Foz do Iguaçu	Ibiúna
Tensão nominal U_{dN} [kV]	150	150
Tensão em vazio U_{dioN} [kV]	172	164,7
Ângulo de atraso α_N (operação como retificador)	15°	15°
Ângulo de extinção γ_N (operação como inversor)	17°	17°
Queda de tensão direta total reativa d_{xN}	8,9%	8,6%

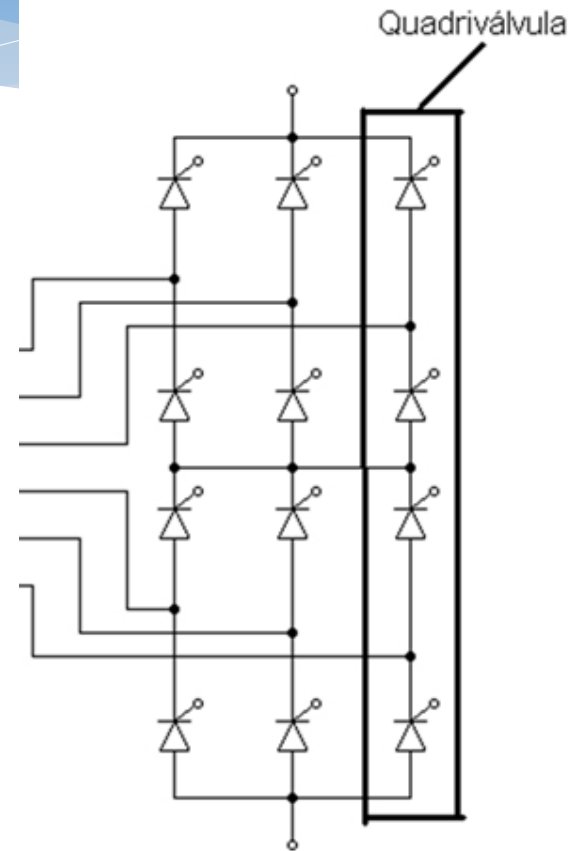
Furnas - Transmissão

Casa das válvulas



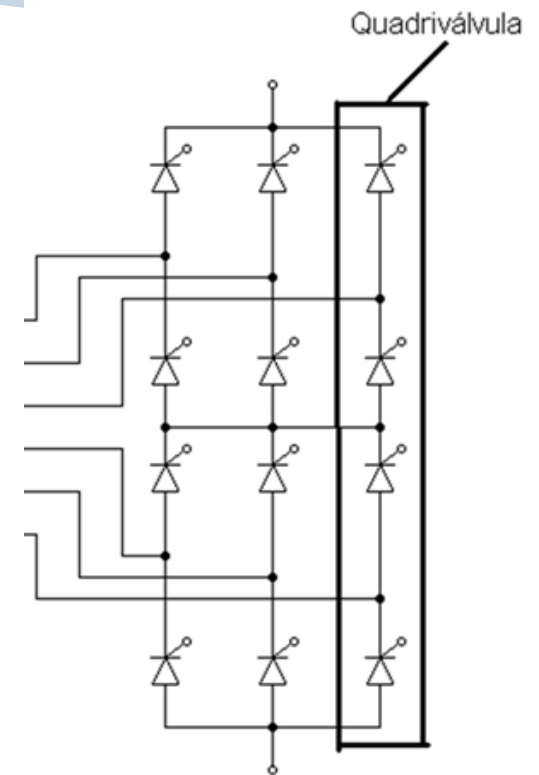
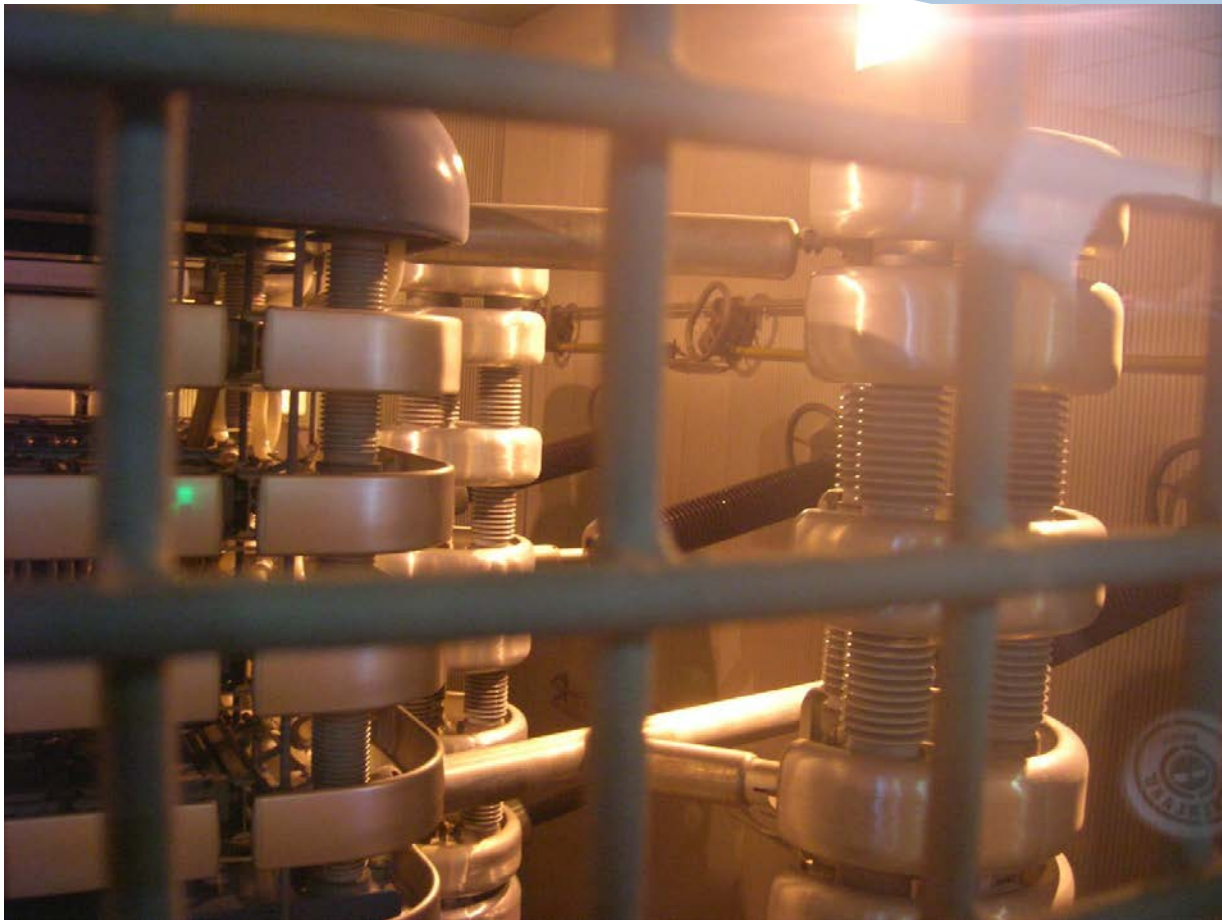
Furnas - Transmissão

Casa das válvulas



Furnas - Transmissão

Casa das válvulas



Furnas - Transmissão

Dados dos bancos de transformadores monofásicos de um conversor de doze pulsos do sistema HVDC Furnas

DADOS NOMINAIS		Foz do Iguaçu	Ibiúna
Potência nominal por fase [MVA]		314	300
Tensões de linha [kV]	Primário	500	345
	Secundário	127	122
	Terciário	$127/\sqrt{3}$	$122/\sqrt{3}$
Reatância nominal d_{xN}		8,9%	8,6%

Furnas - Transmissão

Bancos de transformadores monofásicos de um conversor de doze pulsos do sistema HVDC Furnas



Furnas - Transmissão

Saídas lado CC ($\pm 600\text{kV}$)



Finalização

Dúvidas?
Perguntas?