



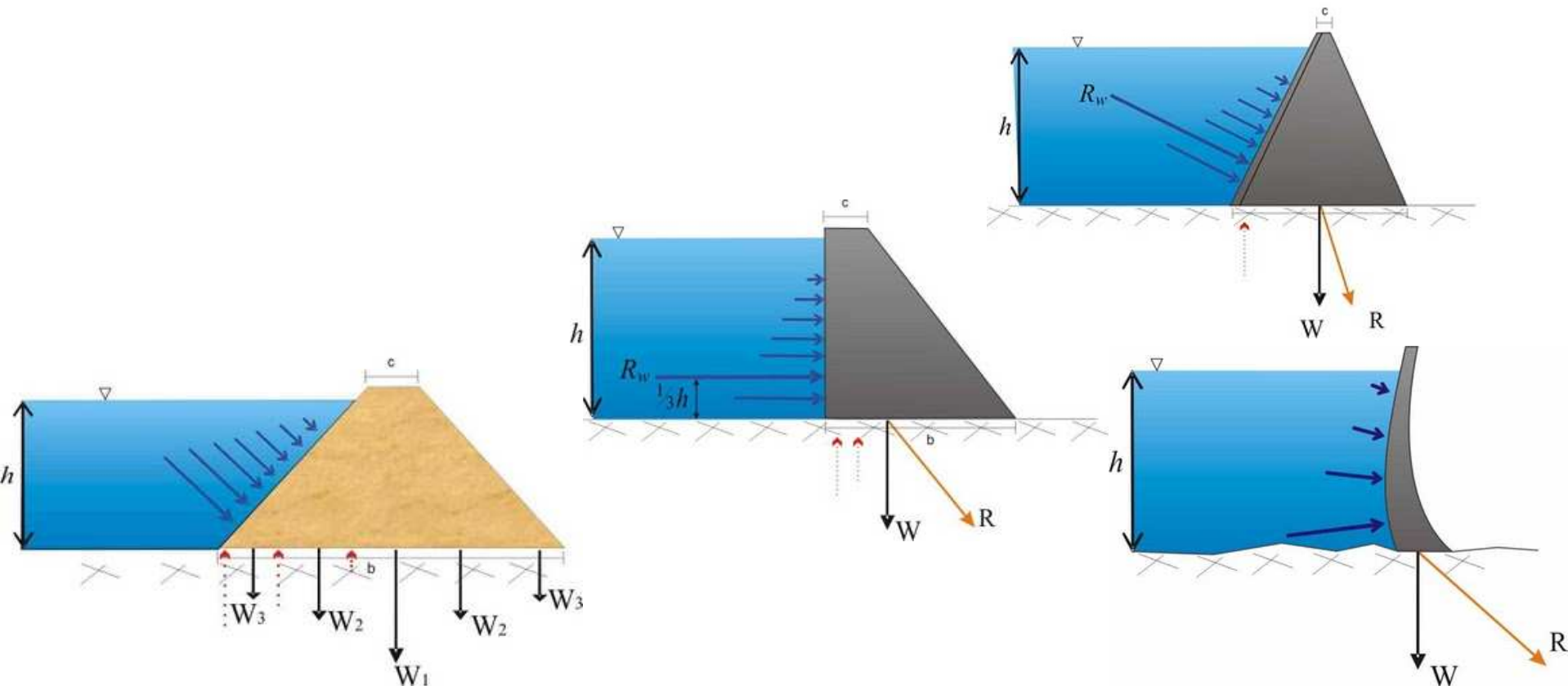
Classificação das Barragens

Prof. Dr. João Luiz Armelin
Prof. M.Sc. Ricardo Ferreira



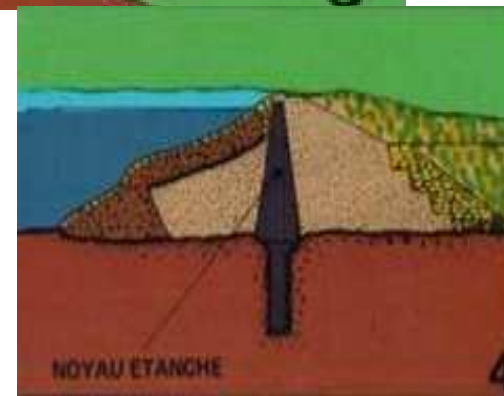
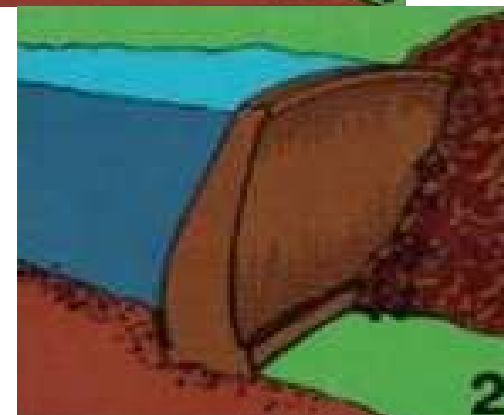
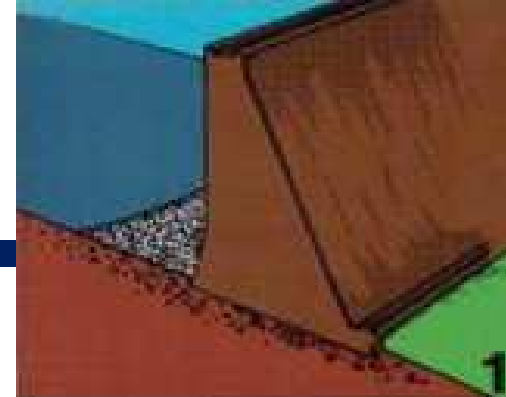
Classificação das Barragens

- A classificação das barragens pode ser feita em função dos seguintes **condicionantes**:
 - **Tipologia das estruturas de retenção**
 - Função no sistema de geração
 - Materiais de construção e processos construtivos



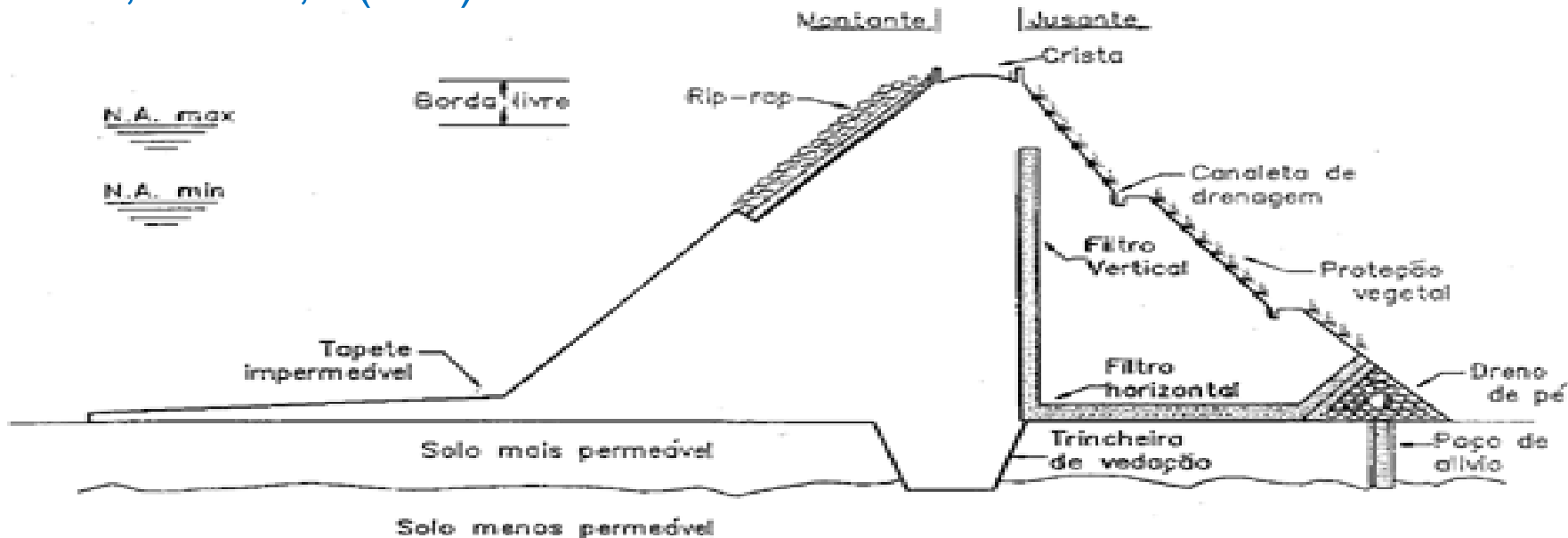
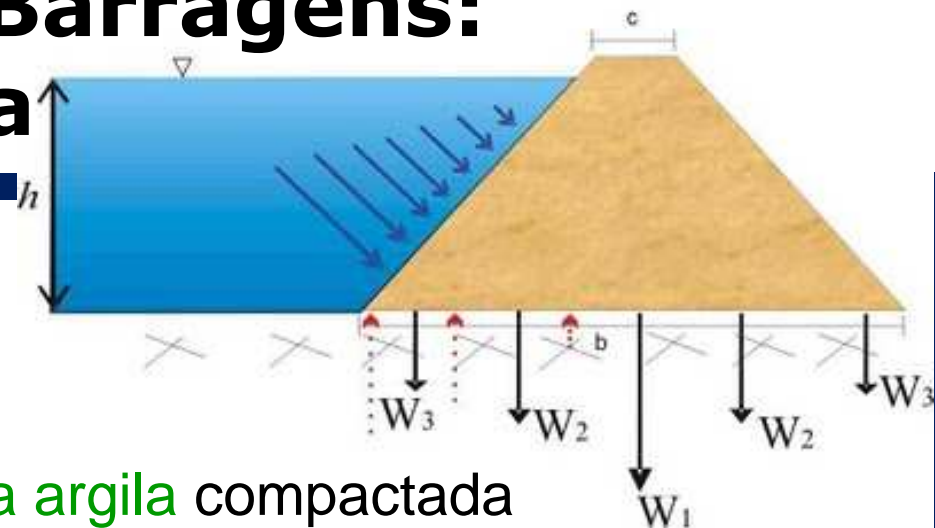
Classificação quanto a Tipologia das estruturas

- Barragens de **Terra**
 - **Solo compactado**: homogêneas ou zonadas
- Barragens de **Enrocamento**
 - **Núcleo argiloso; Núcleo asfáltico e Face de concreto**
- Barragens de **Gravidade**
 - **Alvenaria (antigas); concreto Massa e CCR**
- Barragens de **Gravidade Aliviada**
- Barragens de **Contrafortes**
 - **Lajes planas em concreto armado**
- Barragens em **Arco ou Abóbada**
 - **Arco em concreto armado (compressão)**
- Barragens **Mistas e Aterros hidráulicos**

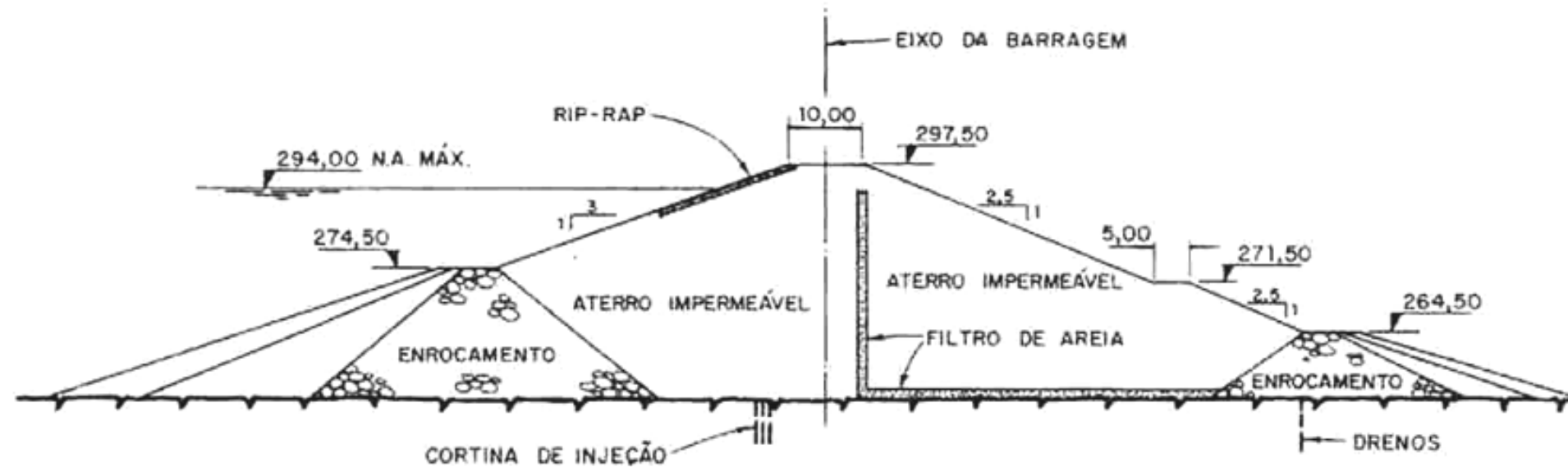


Classificação das Barragens: Barragem de Terra

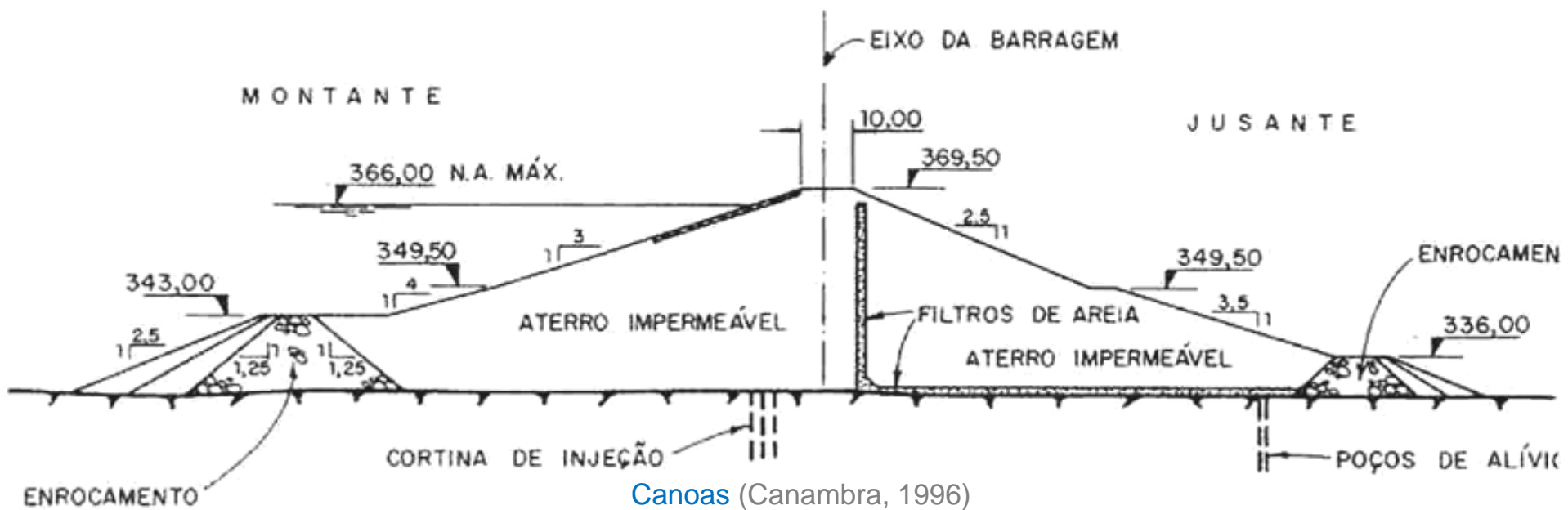
- É o material mais tradicional
- Baixa permeabilidade é dada pela argila compactada
- Seção transversal é otimizada em relação a estudos de percolação, gerando taludes com inclinação usual de 1:2,2 a 1:3,5 (V:H)



Classificação das Barragens: Barragem de Terra Homogênea



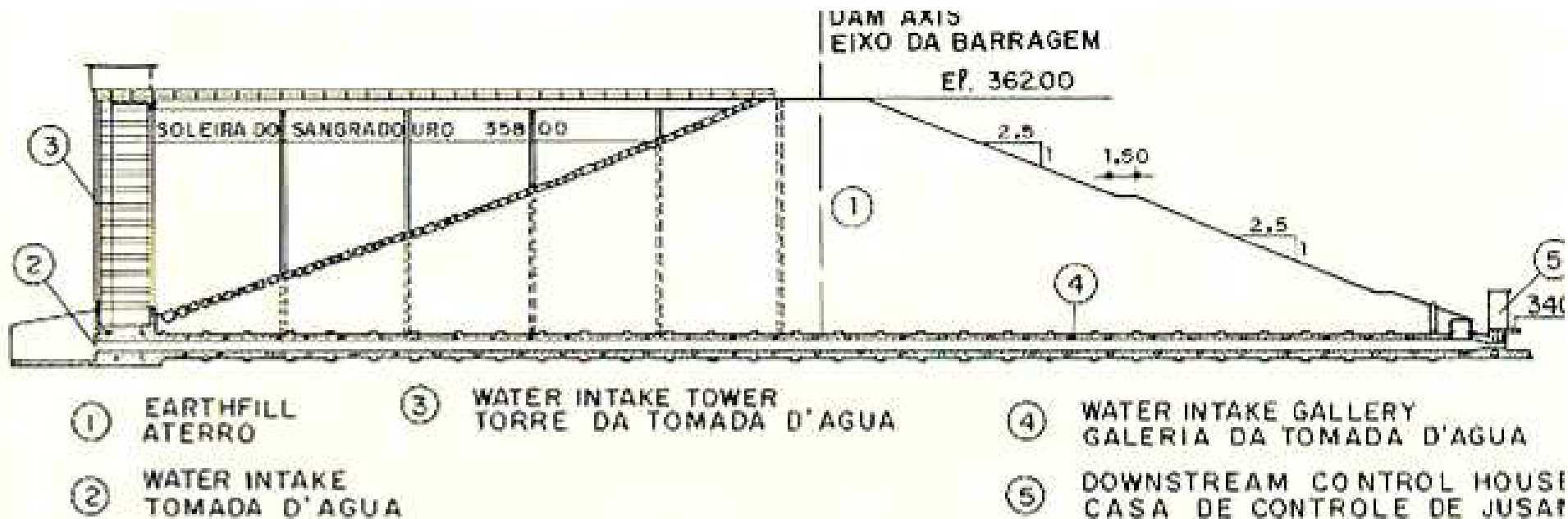
Taquaruçu (Canambra, 1996)



Canoas (Canambra, 1996)



Classificação das Barragens: Barragem de Terra Homogênea



Barragem do Açude de Cocorobó – BA, Rio Vaza Barris: **Barragem homogênea com altura máxima de 33,5m.**

A extensão do coroamento é de 643m, e a largura mede 7m, na cota 362,00.

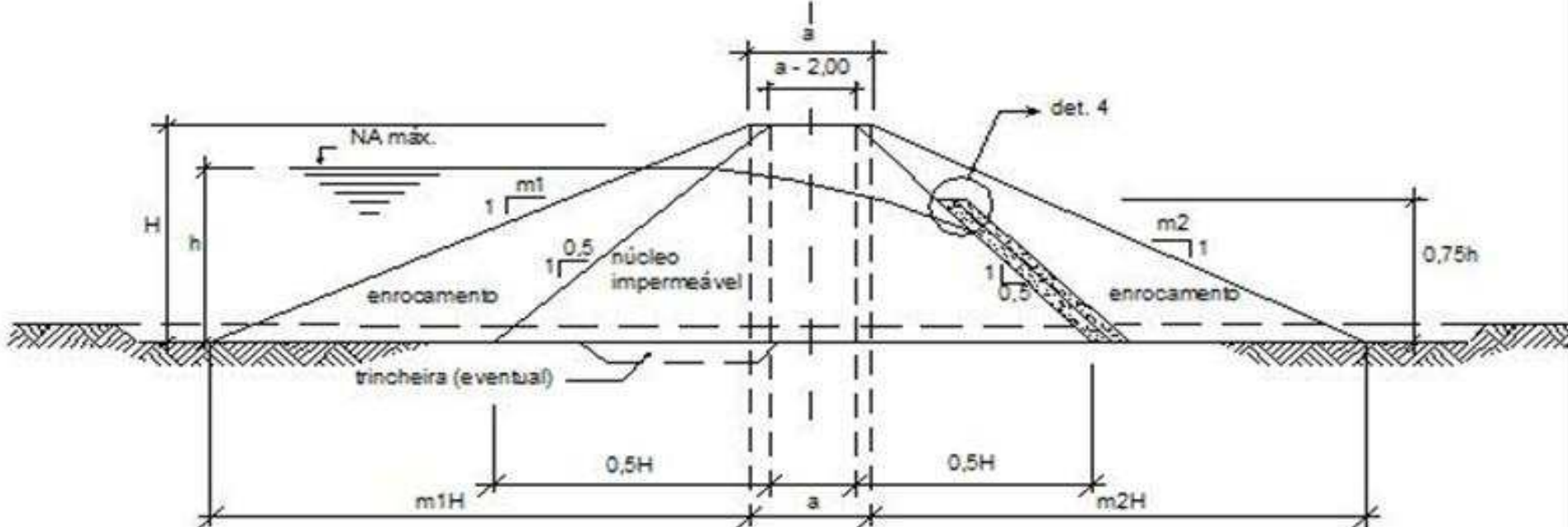
O talude de montante é protegido por um "rip-rap" convencional e sua inclinação varia de 1V:3H até 1V:10H.

O talude de jusante varia sua inclinação de 1V:2,5H até 1V:15H.

Para montante existe ainda uma berma estabilizadora, na cota 333,80m.

O controle de percolação é feito por um "cut-off", escavado a partir do eixo para montante e preenchido com material da mesma natureza do corpo da barragem.

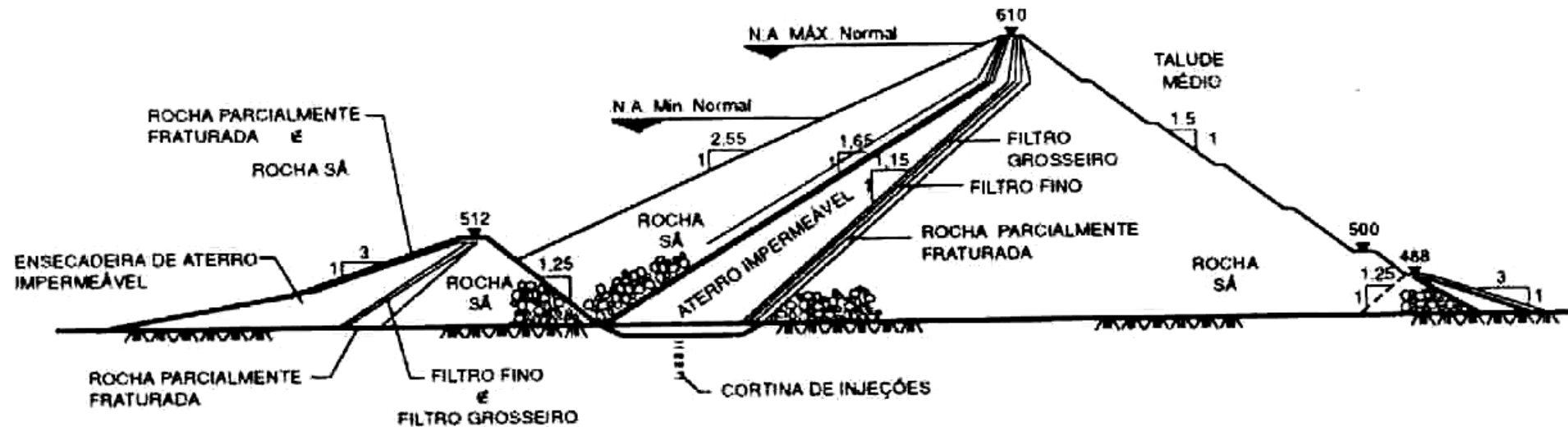
Classificação das Barragens: Barragem de Terra Zonada



Classificação das Barragens: Barragens de Enrocamento

- Impermeabilização no corpo do maciço:
 - Argila ou
 - Material asfáltico

- Impermeabilização na face de montante:
 - concreto (EFC) ou
 - polietileno de alta densidade (PEAD)



Segredo (Canambra, 1968)



Barragens de Enrocamento com núcleo argiloso



Barragens de Enrocamento com núcleo asfáltico



Núcleo asfáltico: UHE Foz do Chapecó – SC/RS (855 MW), Rio Uruguai (fev 2010)

Barragens de Enrocamento com núcleo asfáltico



Núcleo asfáltico: UHE Jirau – RO (3750 MW), Rio Madeira

Barragens de Enrocamento com face de concreto



Face de concreto: UHE Campos Novos – SC (880 MW), Rio Canoas (2004)



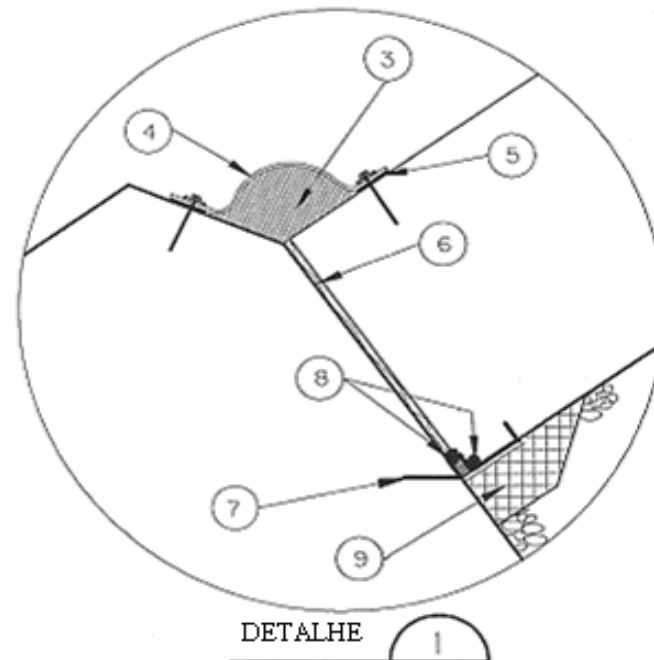
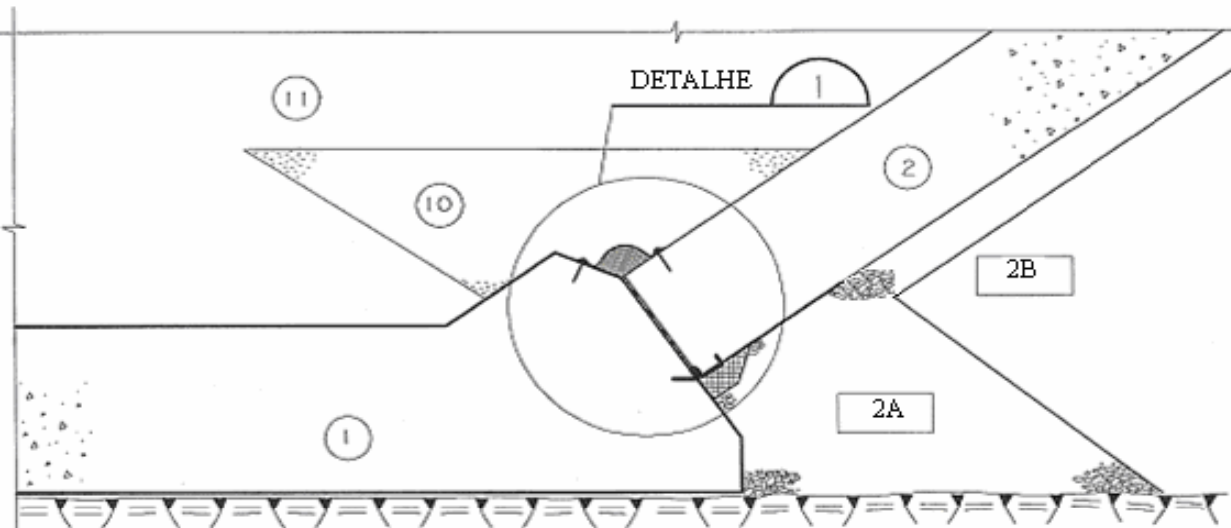
Barragens de Enrocamento com face de concreto



Face de concreto: UHE Barra Grande – SC/RS (690 MW), Rio Pelotas (2004)



Barragens de Enrocamento com face de concreto



DETALHE

1

- 1 - PLINTO
- 2 - FACE DE CONCRETO
- 3 - MASTIC - (Material betuminoso)
- 4 - MANTA DE POLIVINIL
- 5 - FIXAÇÃO DA MANTA - CHAPA DE AÇO INOX SOBRE A MANTA E EPOXI NA BASE PARA COLAGEM MANTA CONCRETO
- 6 - MADEIRA (Maderite)
- 7 - JUNTA DE COBRE CALANDRADA
- 8 - CILINDROS DE NEOPRENE
- 9 - COLCHÃO DE ARGAMASSA
- 10 - ATERRO DE SOLO ARENO SILTOSO
- 11 - ATERRO COM RANDON
- 2A - TRANSIÇÃO DE BASALTO DENSO $\Phi < 25 \text{ mm}$
- 2B - TRANSIÇÃO DE BASALTO DENSO $\Phi < 100 \text{ mm}$

Face de concreto: Apoio da face de concreto no **plinto**

Barragens de Enrocamento polietileno de alta densidade (PEAD)



Enrocamento com face revestida em PEAD: Barragem Symvoulos, Limassol, Reino Unido.
37m de altura, 200m de comprimento e área de 10,000 m² com PEAD.



Barragens de Enrocamento polietileno de alta densidade (PEAD)

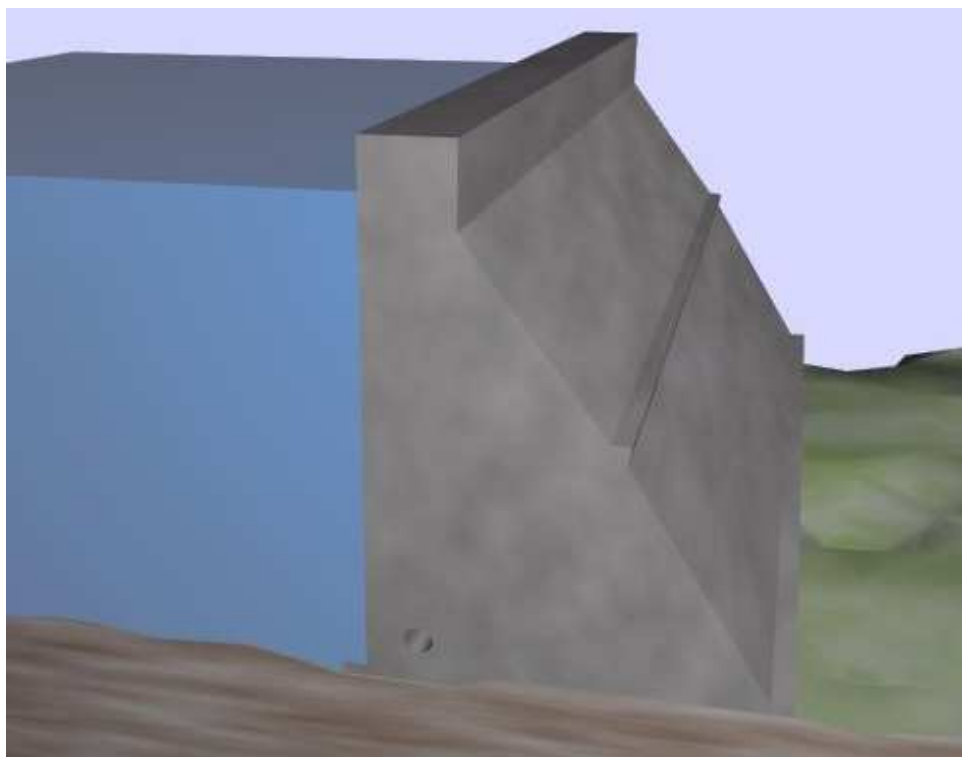


Enrocamento com face revestida em PEAD: Barragem Symvoulos, Limassol, Reino Unido.
37m de altura, 200m de comprimento e área de 10,000 m² com PEAD.

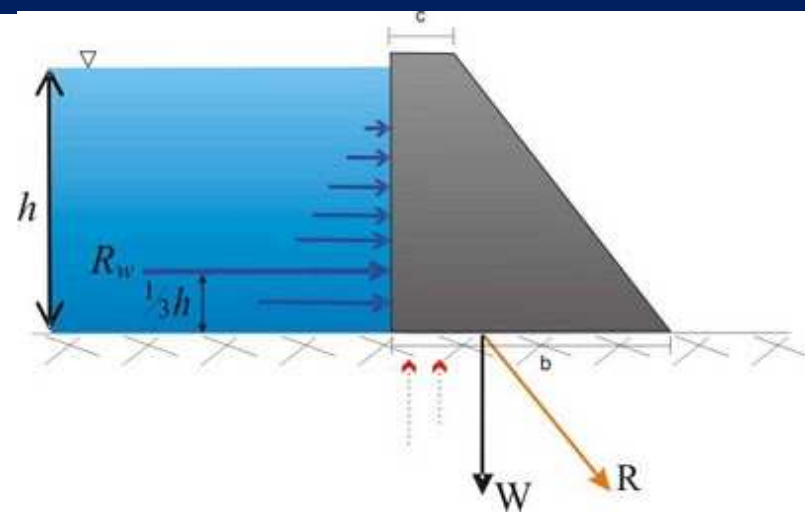
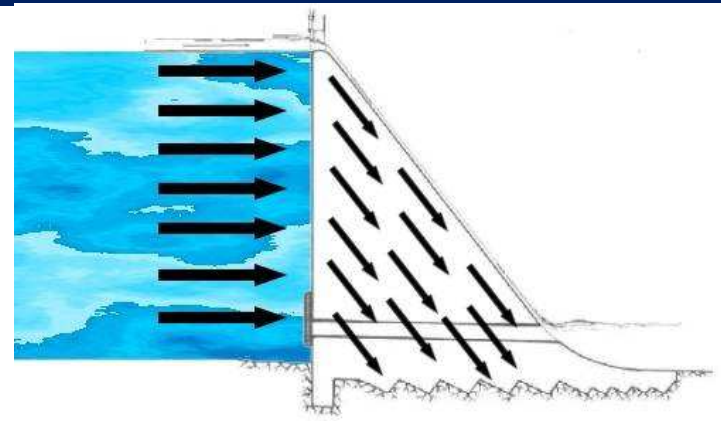


Classificação das Barragens: Barragens de gravidade

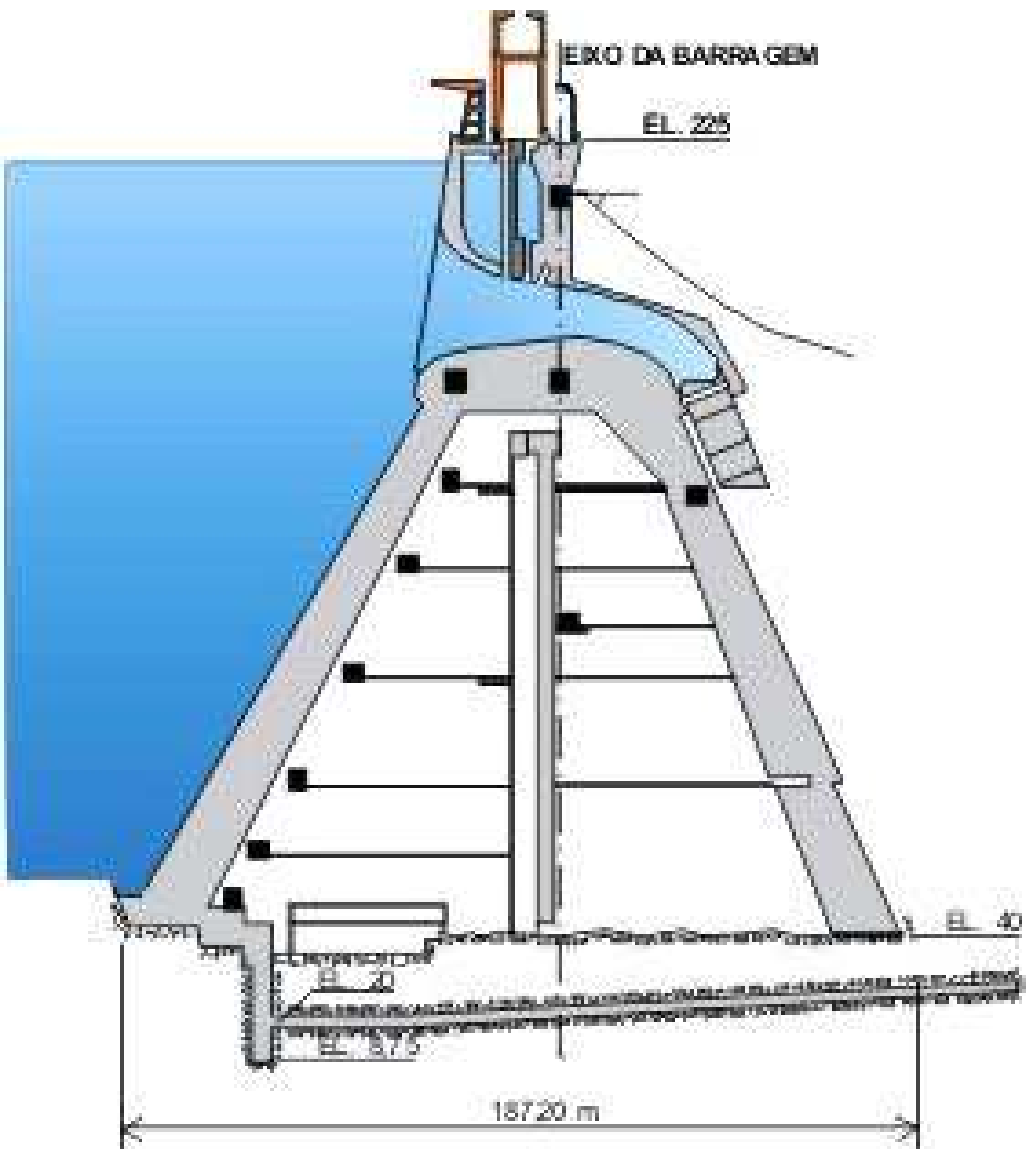
- Barragens de **gravidade** são aquelas cuja estabilidade é garantida principalmente pelos esforços de gravidade (**peso próprio**);



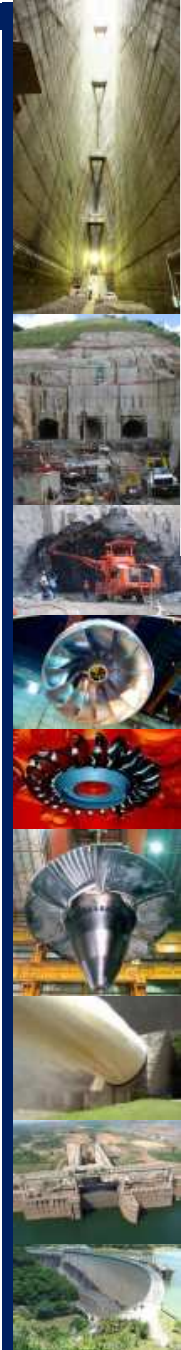
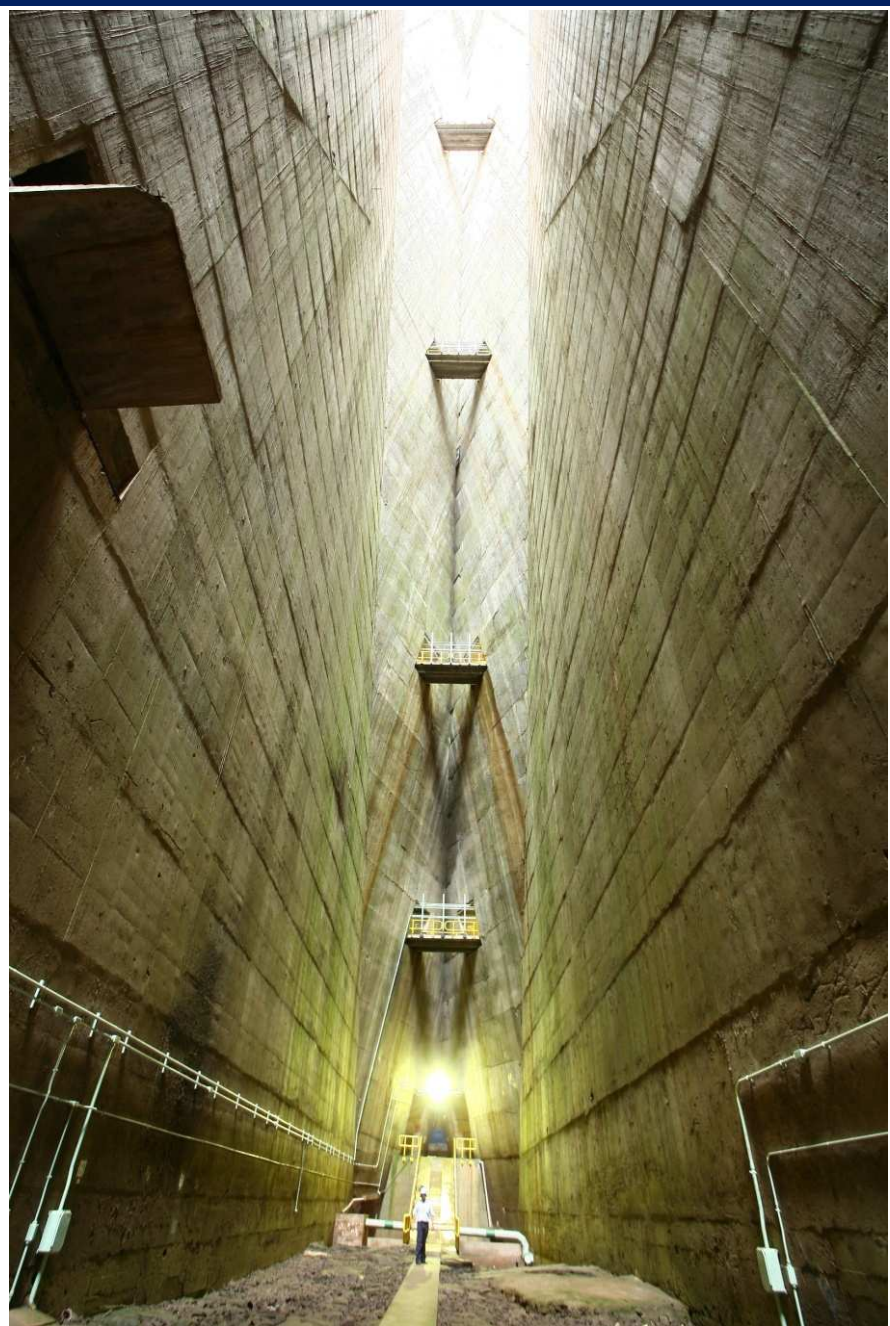
Classificação das Barragens: Barragens de gravidade



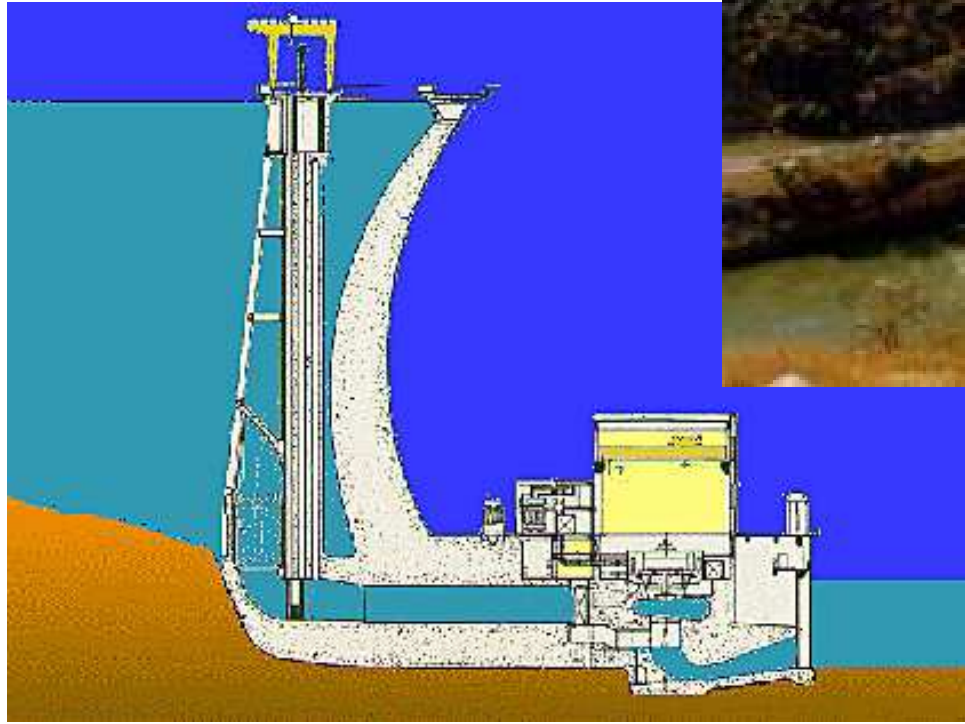
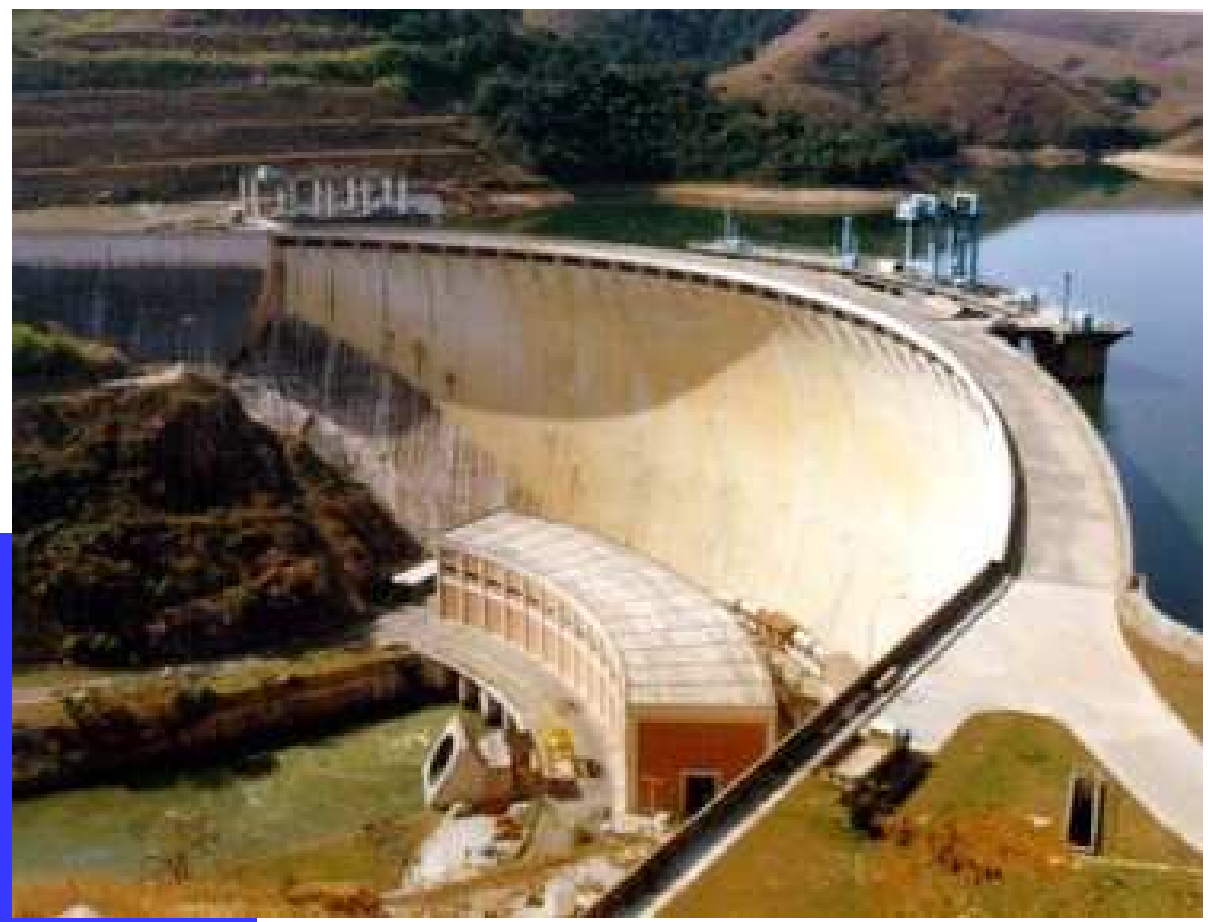
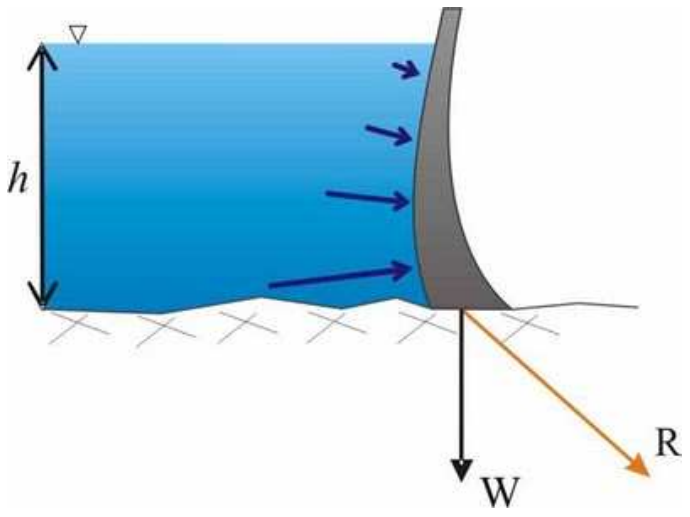
Classificação das Barragens: Barragem de gravidade aliviada



UHE Itaipu – PR, Rio Paraná (14.000 MW)



Classificação das Barragens: Barragem em Arco Dupla Curvatura



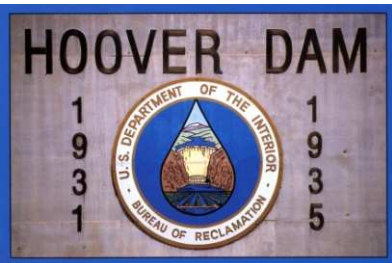
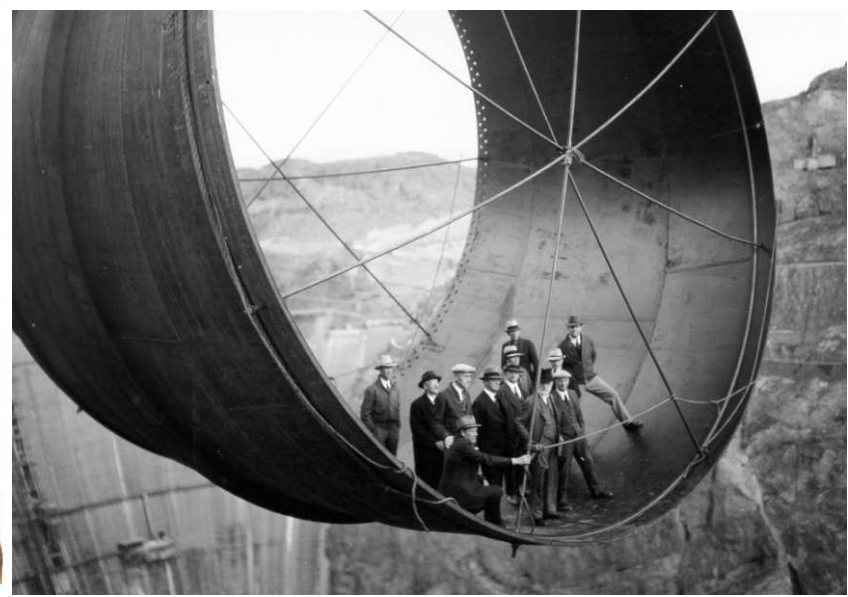
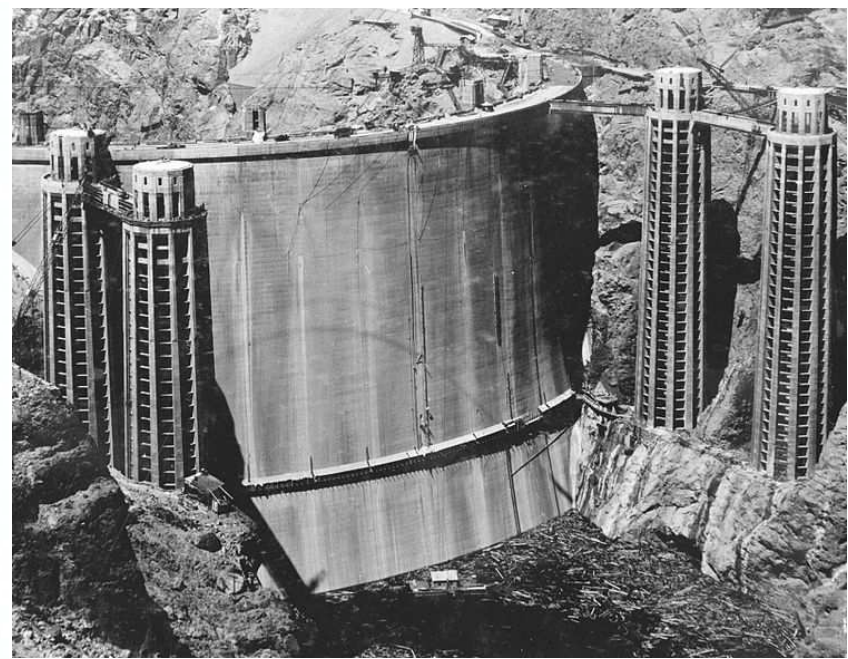
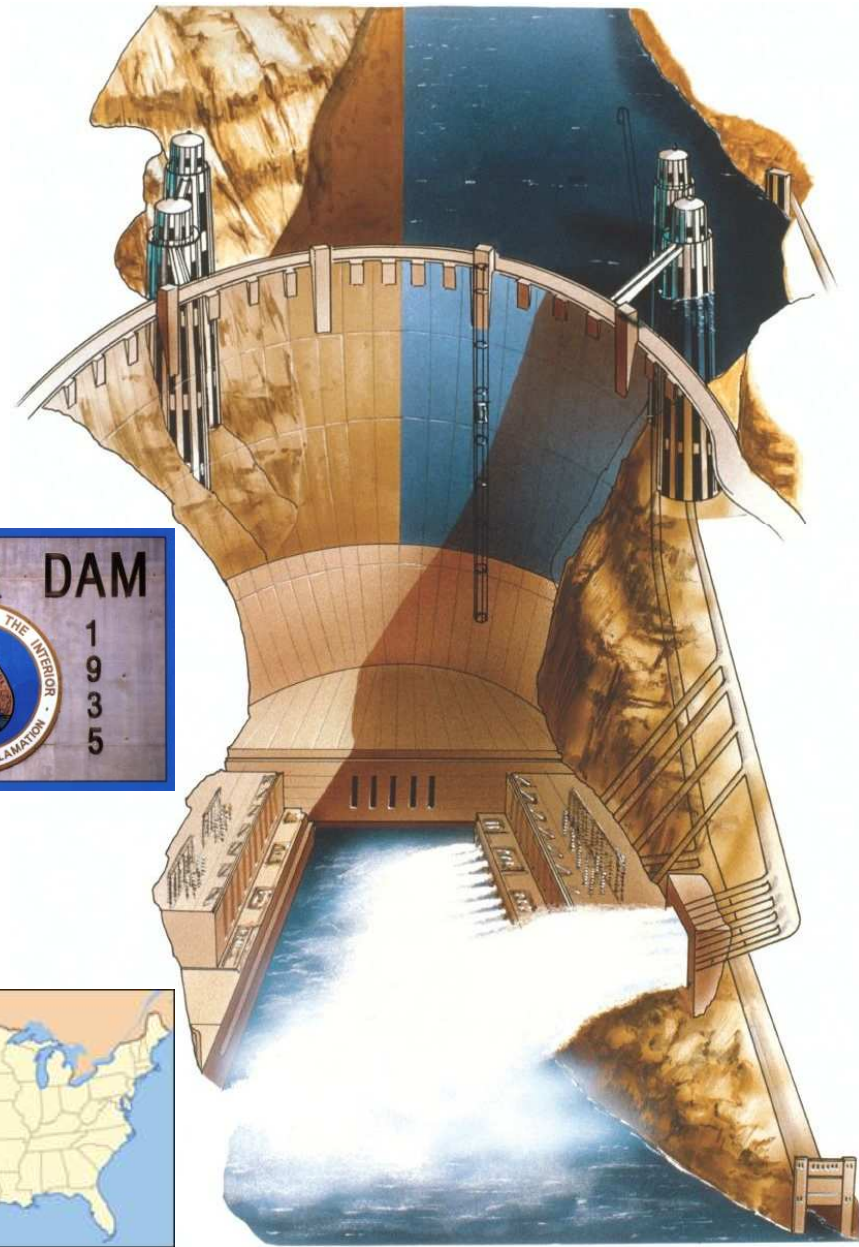
UHE Funil – RJ, Rio Paraíba do Sul (216 MW)

Classificação das Barragens: Barragem em Arco Dupla Curvatura



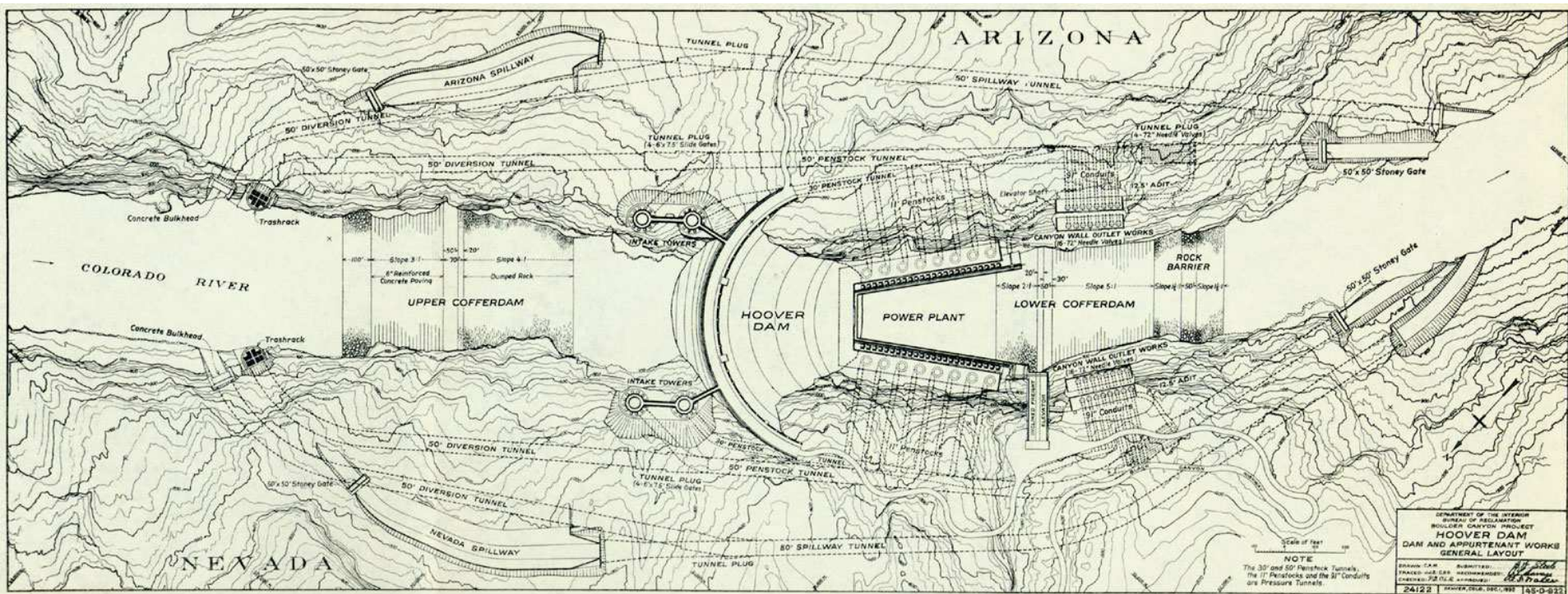
UHE Funil – RJ, Rio Paraíba do Sul (216 MW)

Classificação das Barragens: Barragem em Arco Gravidade

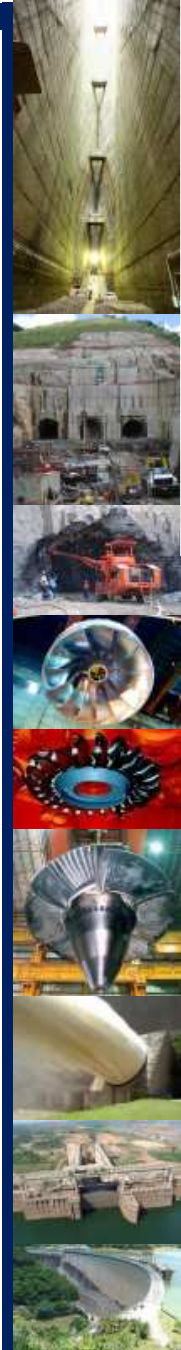


Hoover Dam – Arizona/Nevada, EUA, Rio Colorado (2.080 MW)

Classificação das Barragens: Barragem em Arco Gravidade



Hoover Dam – Arizona/Nevada, EUA, Rio Colorado (2.080 MW)

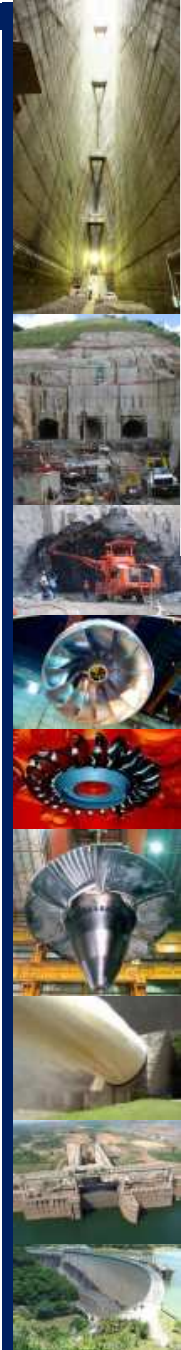
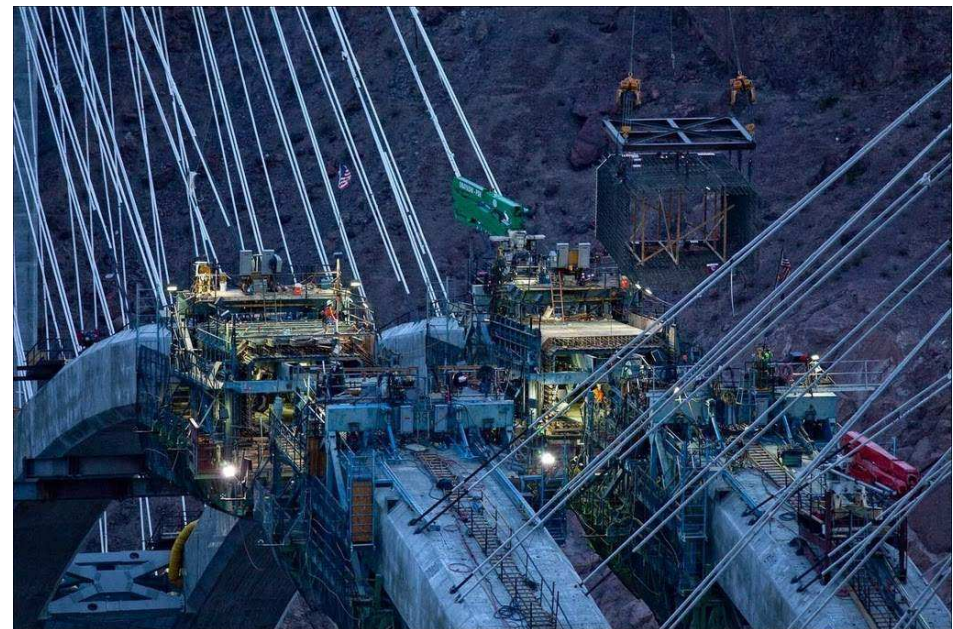


Classificação das Barragens: Barragem em Arco Gravidade



Hoover Dam – Arizona/Nevada, EUA, Rio Colorado (2.080 MW)

Classificação das Barragens: Barragem em Arco Gravidade



Hoover Dam – Arizona/Nevada, EUA, Rio Colorado (2.080 MW)

Classificação das Barragens: Barragens em abóbadas



**Reservoir surface area (Manicouagan):
1,973 km²**

- 5th largest reservoir in the world

Height: 214 metres

- Highest multiple-arch-and-buttress dam in the world
- 28th highest dam in the world (all categories)
- 2nd highest dam in Canada

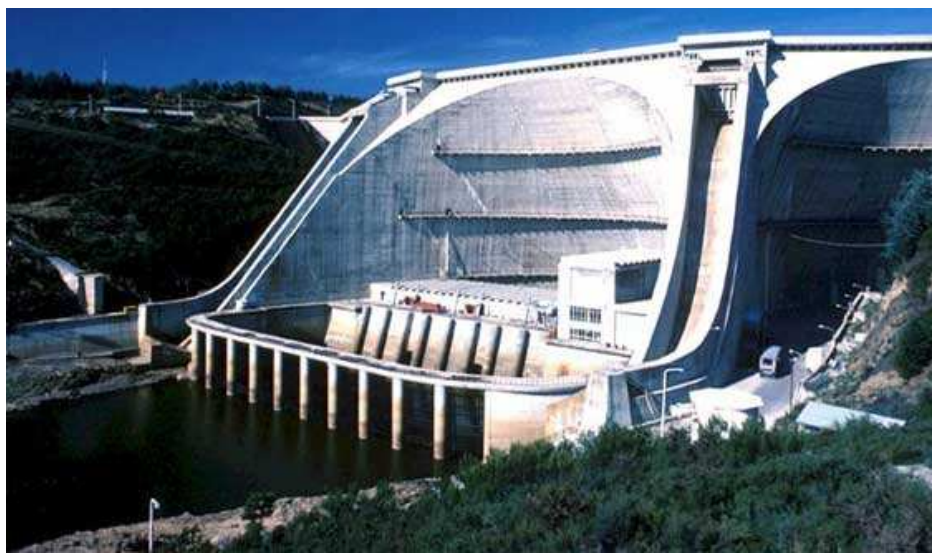
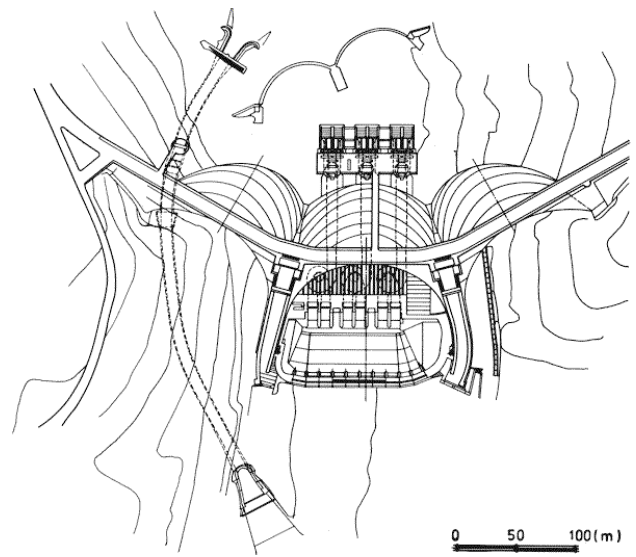
Crest length: 1.3 kilometres



Daniel- Johnson, Quebec, Canadá, Rio Manicouagan (2.656 MW)



Classificação das Barragens: Barragens em abóbadas



Barragem da **Aguieira** – Coimbra, Portugal, Rio Mondego (270 MW)



Classificação das Barragens: Barragens Mistas



UHE Itaipu – PR, Rio Paraná (14.000 MW)

Classificação das Barragens: Barragens Mistas



- 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

Dados Principais

Escavação comum (m ³)	23.628 x 10 ³
Escavação em rocha (m ³)	31.962 x 10 ³
Escavação submersa (m ³)	858 x 10 ³
Escavação subterrânea (m ³)	33 x 10 ³
Argila compactada (m ³)	6.482 x 10 ³
Enrocamento (m ³)	15.000 x 10 ³
Concreto estrutural com refrigeração (m ³)	12.600 x 10 ³ (31.500.000t)
Concreto compactado a rolo (m ³)	25 x 10 ³
Cimento (kg)	2.501 x 10 ³ (2.501.233t)
Aço (kg)	478.270 x 10 ³ (478.270t)



Barragem de Itaipu: Barragens de Terra e Enrocamento

Barragem de Terra Direita (Trecho Q)

Comprimento da Crista (m)	872
Altura Máxima (m)	25
Volume Total (m ³)	0,4 x 10 ⁶



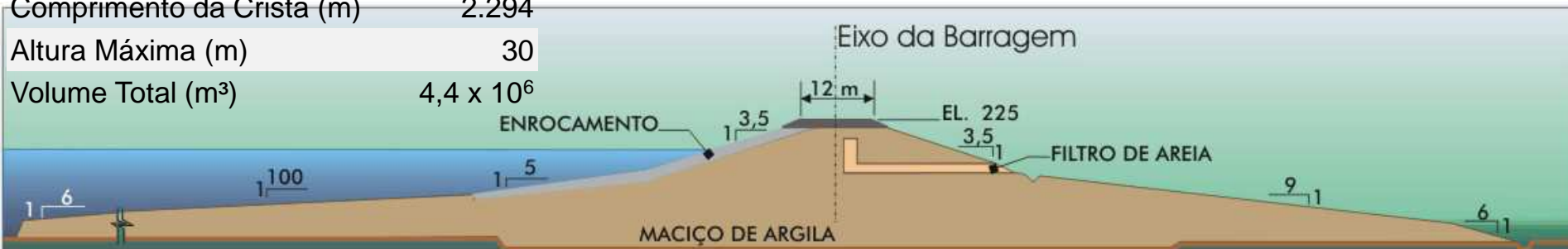
Barragem de Enrocamento (Trecho K)

Comprimento da Crista (m)	1.984
Altura Máxima (m)	70
Volume Total (m ³)	12,8 x 10 ⁶



Barragem de Terra Esquerda (Trecho L)

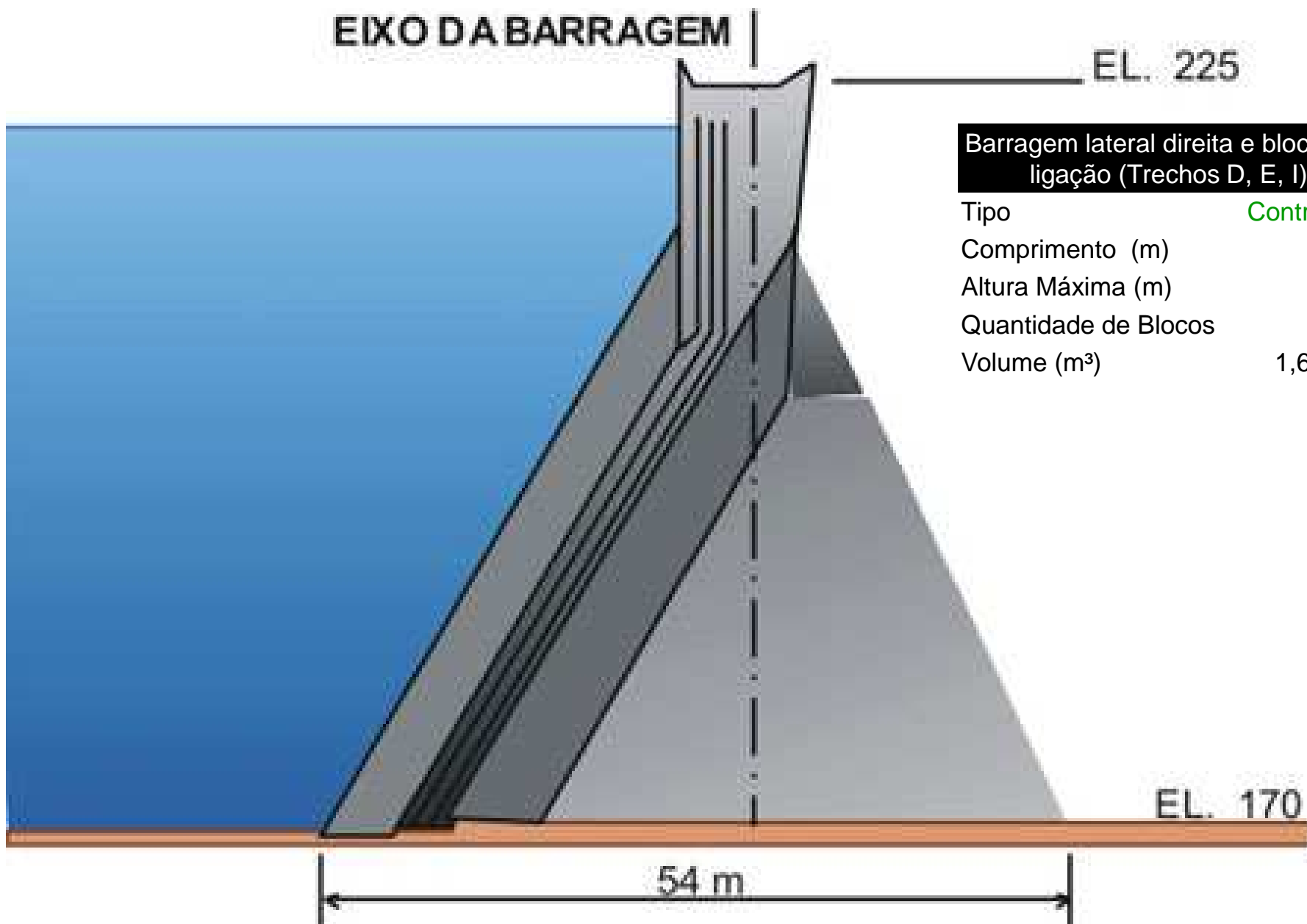
Comprimento da Crista (m)	2.294
Altura Máxima (m)	30
Volume Total (m ³)	4,4 x 10 ⁶



UHE Itaipu – PR, Rio Paraná (14.000 MW): [Barragens Auxiliares](#) - Seções Transversais Típicas



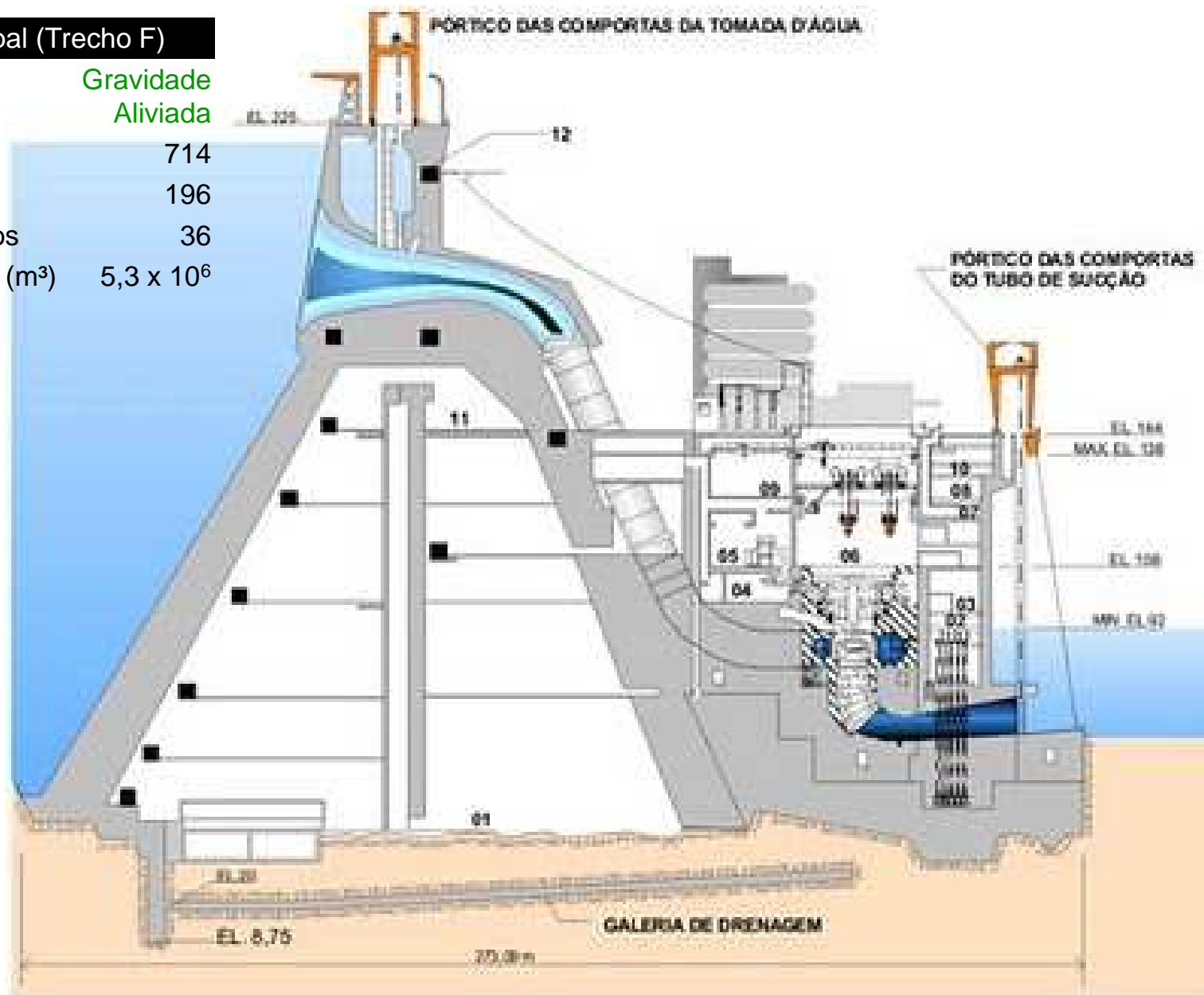
Barragem de Itaipu: Barragens de Concreto

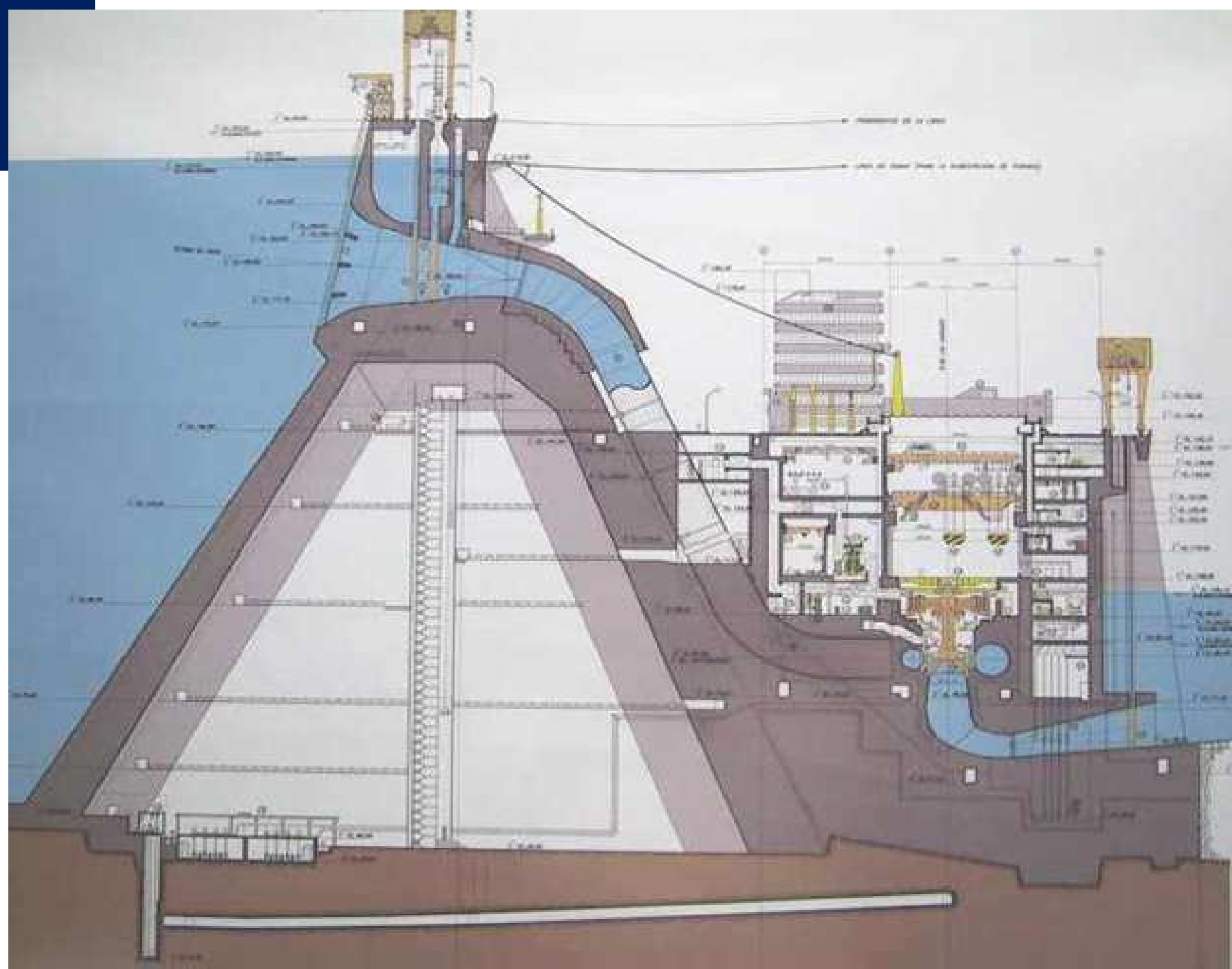


Barragem de Itaipu: Barragens de Concreto

Barragem Principal (Trecho F)

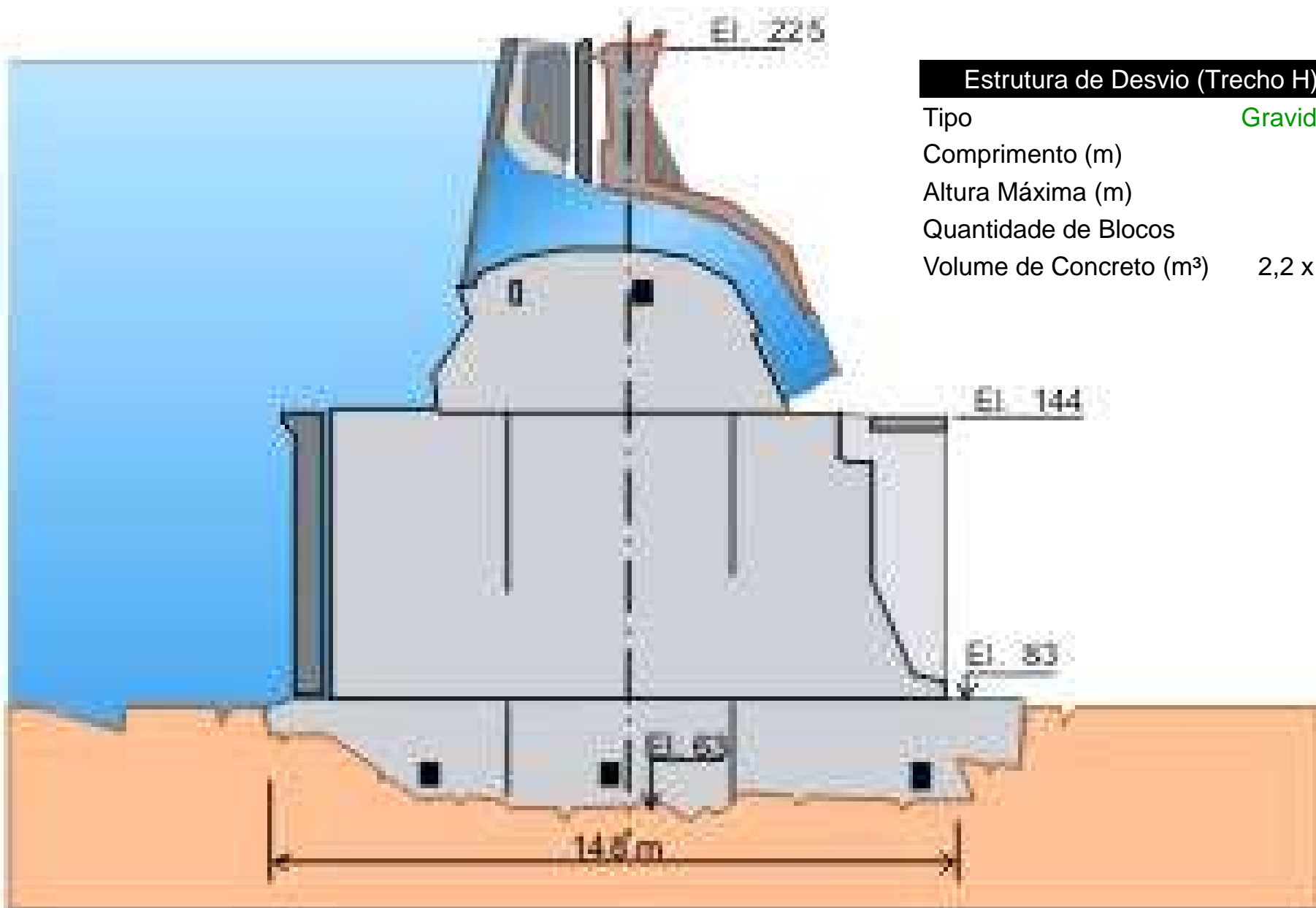
Tipo	Gravidade Aliviada
Comprimento (m)	714
Altura Máxima (m)	196
Quantidade de Blocos	36
Volume de Concreto (m ³)	5,3 x 10 ⁶





UHE Itaipu – PR, Rio Paraná (14.000 MW): **Barragens de Concreto** - Seções Transversais Típicas

Barragem de Itaipu: Barragens de Concreto



Classificação das Barragens

- A classificação das barragens pode ser feita em função dos seguintes **condicionantes**:
 - Tipologia das estruturas de retenção
 - **Função no sistema de geração**
 - Materiais de construção e processos construtivos



Classificação das Barragens: Função no sistema de geração

- Usinas de geração em base
 - Usinas de acumulação: Grandes reservatórios
- Usinas de geração em ponta
 - Usinas de derivação: usinas a fio d'água
- Usinas reversíveis
- Usinas maré motrizes



Classificação das Barragens: Função no sistema de geração



Usinas de geração em base : UHE Itaipu – PR, Rio Paraná (14.000 MW)

Classificação das Barragens: Função no sistema de geração



Usinas de geração em ponta – Usinas de derivação – Usinas a fio d'água:
AHE Simplício – RJ/MG (115m de desnível), Rio Paraíba do Sul (333,7 MW)



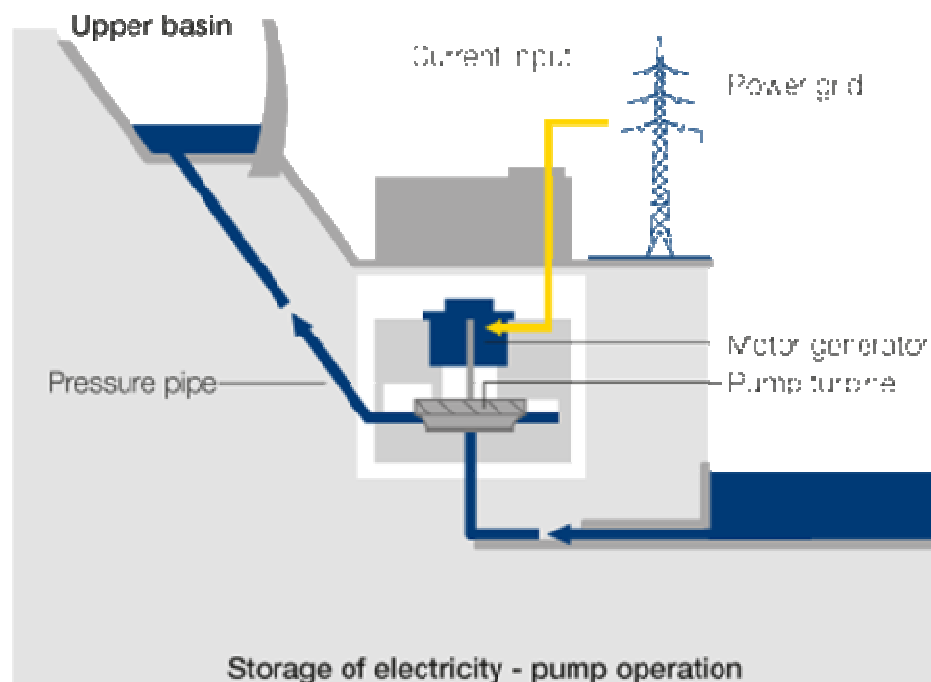
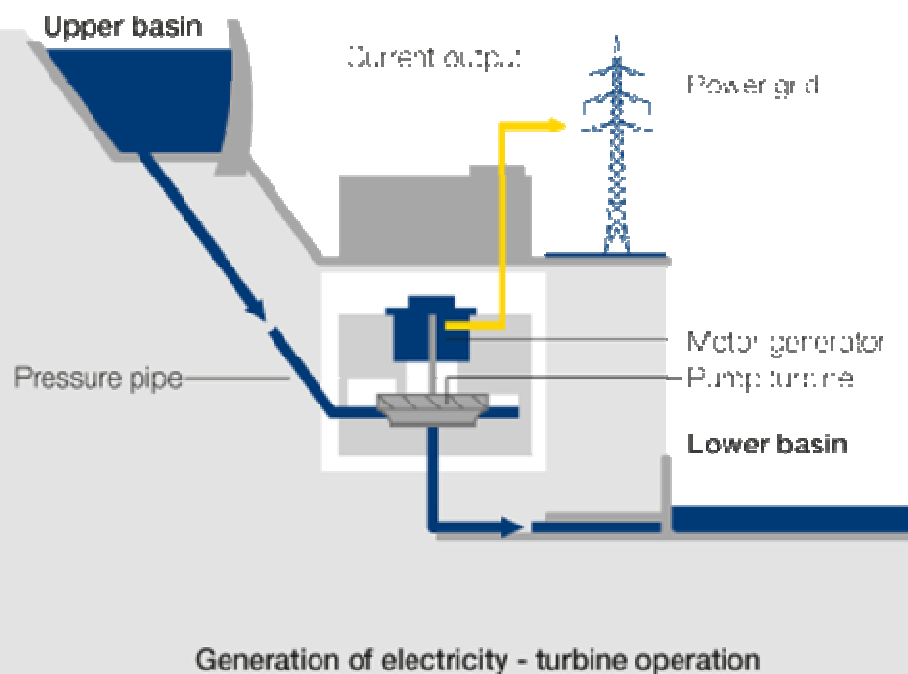
Classificação das Barragens: Função no sistema de geração



Usinas reversíveis:
Limberg II, Áustria (1.300 MW)



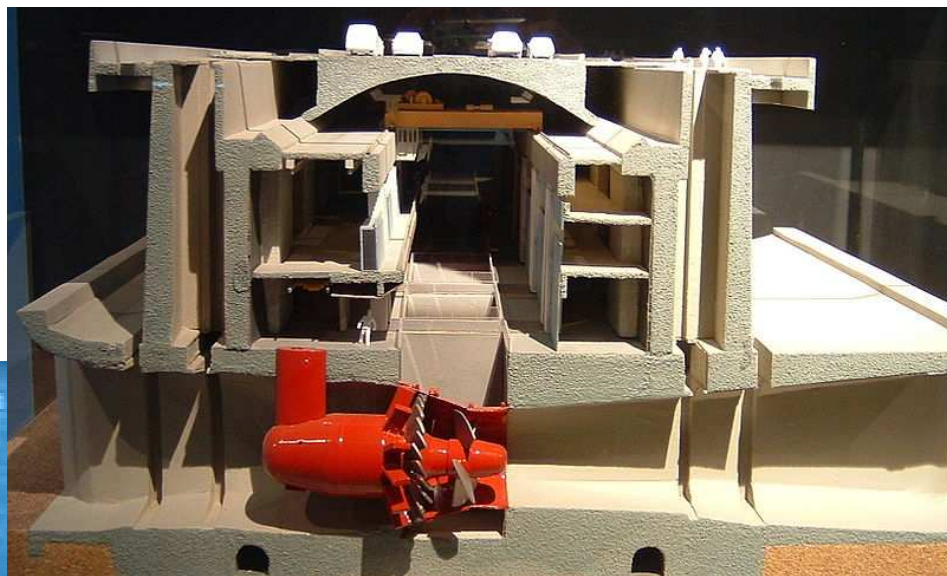
Classificação das Barragens: Função no sistema de geração



Usinas reversíveis:
Operação



Classificação das Barragens: Função no sistema de geração



Usinas maré motrizes: La Rance Barrage, France. A barragem tem 740m de comprimento e está equipada com 24 turbinas de fluxo duplo, cada uma com 10 MW de potência.



Classificação das Barragens

- A classificação das barragens pode ser feita em função dos seguintes **condicionantes**:
 - Tipologia das estruturas de retenção
 - Função no sistema de geração
 - **Materiais de construção e processos construtivos**



Classificação das Barragens: Materiais e processos construtivos

- Materiais de construção utilizados:
 - **Geomateriais**
 - Solos argilosos e arenosos
 - Materiais granulares: areia, cascalho e rocha britada
 - **Concreto**
 - Concreto massa, bombeado, auto-adensável, reforçado com fibras, projetado, calda para injeção, etc.
 - **Materiais sintéticos**
 - Aditivos para concreto, fibras, geossintéticos
 - Mantas de impermeabilização
 - **Aço de construção civil**

UHE Santo Antônio – RO (3150 MW), Rio Madeira (jul 2012): CF3



Classificação das Barragens: Materiais e processos construtivos

- Processos construtivos
 - Escavação em solos e rochas
 - Beneficiamento de materiais
 - Lançamento de materiais
 - Compactação e adensamento de materiais
 - Controle tecnológico de materiais



AHE Simplício – RJ/MG (333,7 MW), Rio Paraíba do Sul (nov 2007): Canal de desvio de Anta