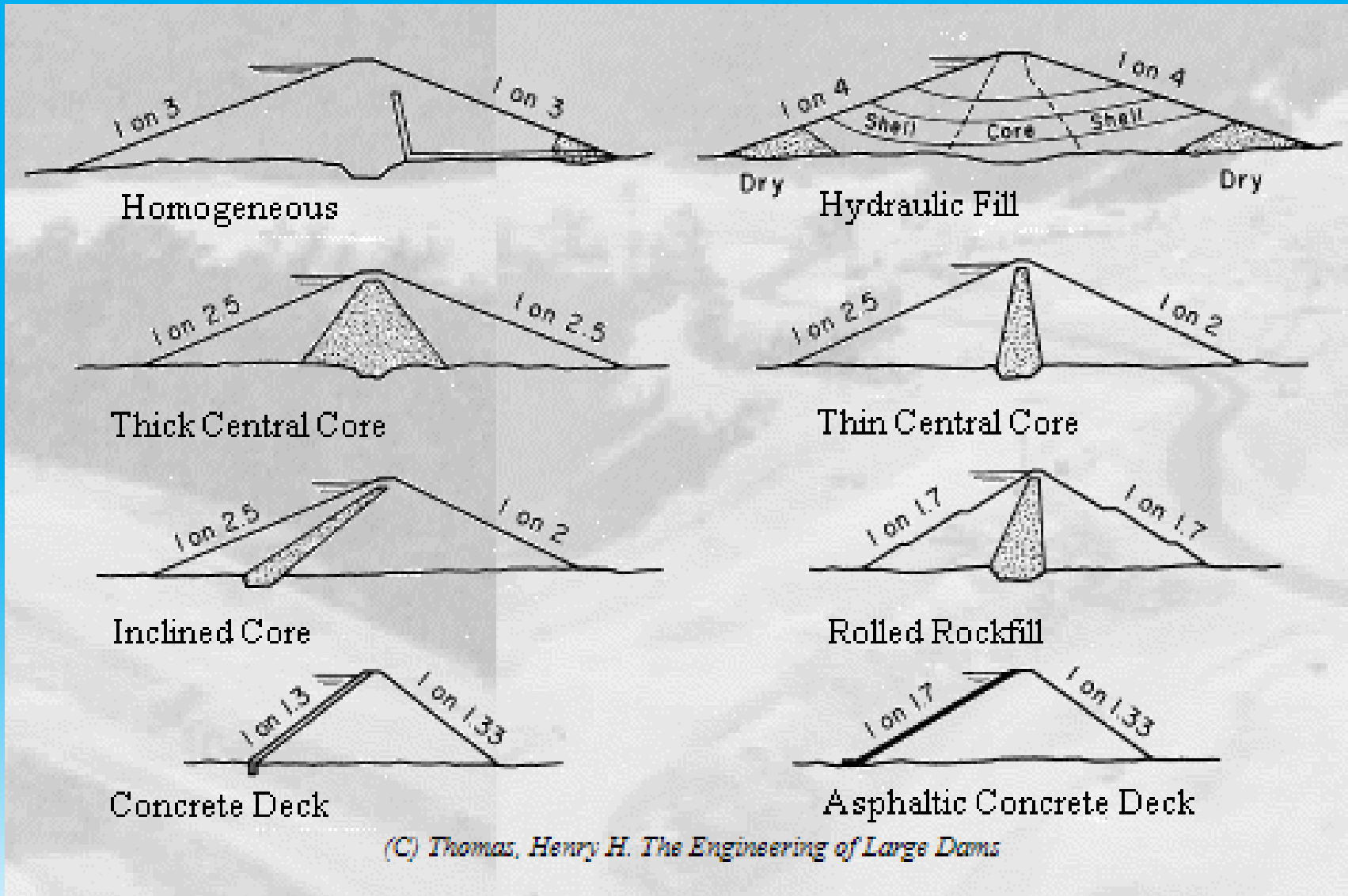


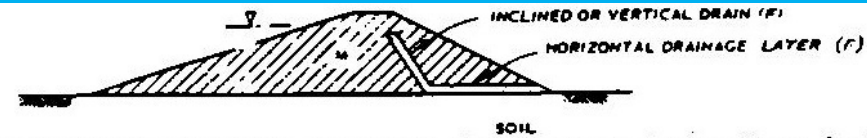
Tipos de Barragens, diques e ensecadeiras

Fernando A. M. Marinho

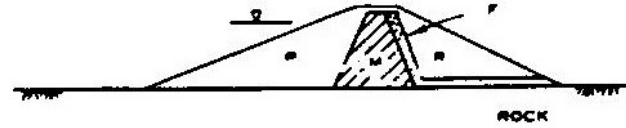
2019

Alguns tipos de Barragens de Terra

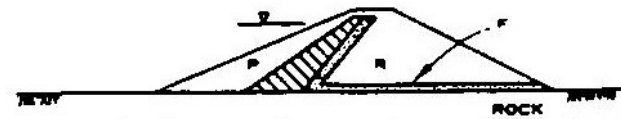




a. Homogeneous dam with internal drainage on impervious foundation



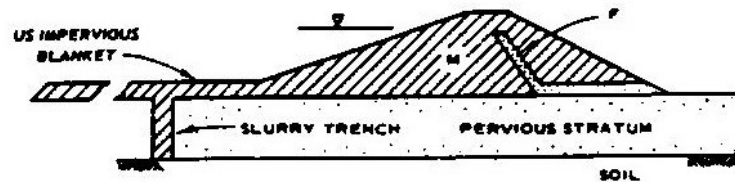
b. Central core dam on impervious foundation



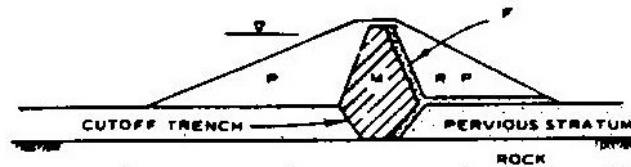
c. Inclined core dam on impervious foundation

LEGEND

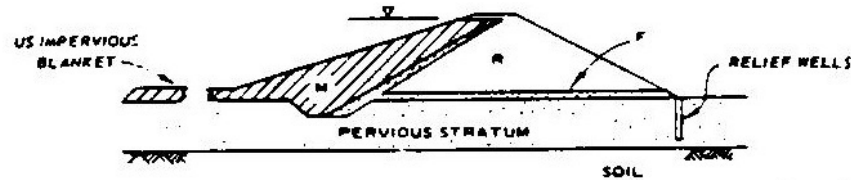
- M = IMPERVIOUS
- P = PERVIOUS
- R = RANDOM
- F = SELECT PERVIOUS MATERIAL
- US = UPSTREAM



d. Homogeneous dam with internal drainage on pervious foundation



e. Central core dam on pervious foundation



f. Dam with upstream impervious zone on pervious foundation

Barragem “Homogênea”

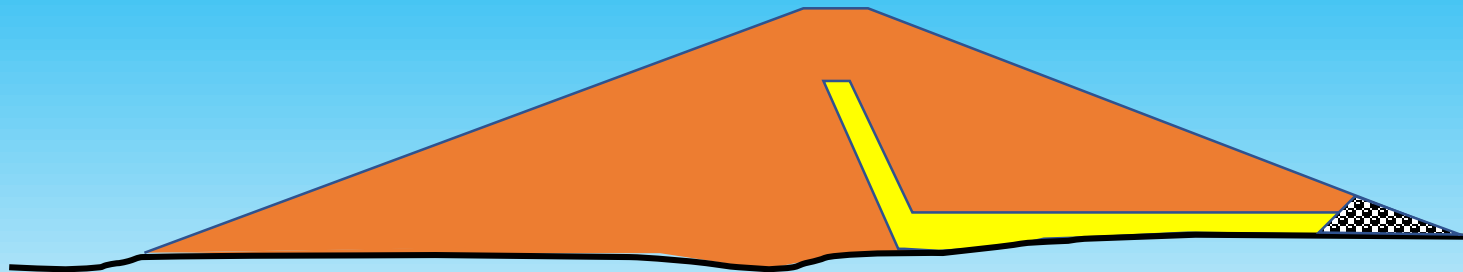
Este tipo de aterro é feito preponderantemente com um único tipo de material ou material da mesma fonte. Podem ser colocados das seguintes formas:

- Aterro hidráulico
- Solo compactado

- As propriedades necessárias do material para um aterro homogêneo ou para o núcleo de uma barragem de enrocamento são:
- Ser suficientemente impermeável para impedir a perda excessiva de água através da barragem,
- Ser capaz de ser lançado e compactado para dar uma massa praticamente homogênea
- Não possui caminhos potenciais de percolação, seja através do enchimento ou ao longo de seu contato com a fundação
- O solo deve apresentar resistência ao cisalhamento adequada em todas as fases
- O material não deve apresentar adensamento significativo
- Não pode está sujeito a liquefação.

O talude de jusante deve se manter não saturado

Os drenos internos são fundamentais para garantir a drenagem e estabilidade da barragem.



Barragem com núcleo “impermeável”



Los Vaqueros Dam (USA)



Barragem com núcleo “impermeável”

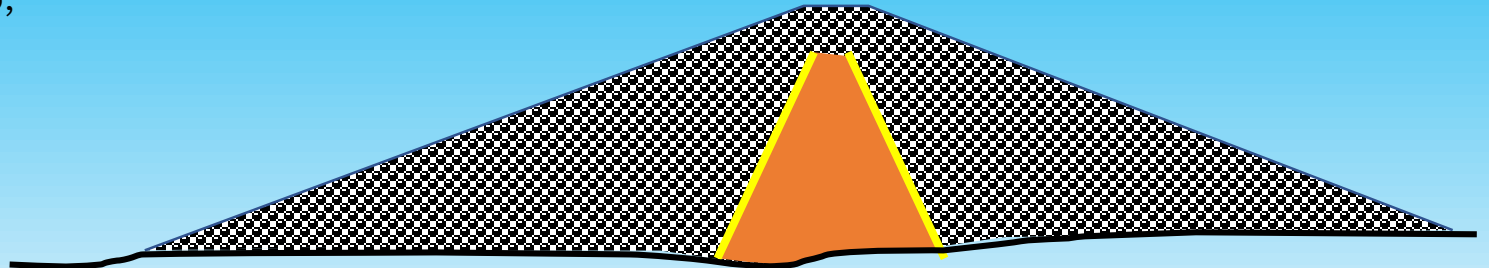
Em locais com pouco suprimento de solo “impermeável”, mas muito material “permeável” opta-se por uma barragem com núcleo impermeável.

Quando se tem abundância dos dois materiais a opção por uma barragem de núcleo impermeável pode ser feita por questões econômicas, pelos seguintes motivos:

- O custo unitário de colocar materiais impermeáveis pode ser maior do que o custo unitário da colocação de materiais permeáveis.
- A quantidade de volume de aterro pode ser reduzida em uma barragem de núcleo fino de forma mais eficaz do que em qualquer outro tipo de barragem.
- O tempo de construção disponível e as condições meteorológicas podem não permitir o uso de um núcleo impermeável de grande espessura.

A espessura mínima do núcleo depende de vários fatores, tais como:

- Perda por infiltração;
- Largura mínima que permitirá a construção adequada;
- O tipo de material escolhido para o núcleo;
- Projeto do filtro;
- Experiência do projetista e empreiteira;



Barragem com núcleo “impermeável”

Estabilidade do núcleo

O material do núcleo geralmente tem menos resistência ao cisalhamento do que o restante do aterro, portanto, do ponto de vista da estabilidade, um núcleo mais fino é melhor.

No entanto, um núcleo mais espesso pode induzir trincas aumentando a possibilidade de “piping”.

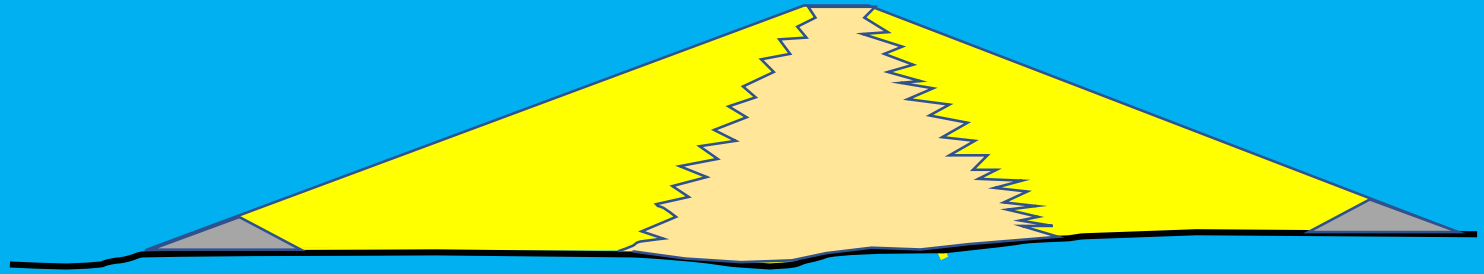
Características dos núcleos verticais:

Núcleos com uma largura de 30% a 50% da carga hidráulica mostraram-se satisfatórios em muitas barragens

Núcleos com uma largura de 15% a 20% da carga hidráulica são considerados finos, mas podem estar associados um sistema de drenagem adequado.

Larguras do núcleo de menos de 10% da carga hidráulica não são recomendados.

Barragem em Aterro Hidráulico



Uma barragem feita com aterro hidráulico é aquela em que o material é transportado em suspensão em água para o aterro onde é colocado por sedimentação.

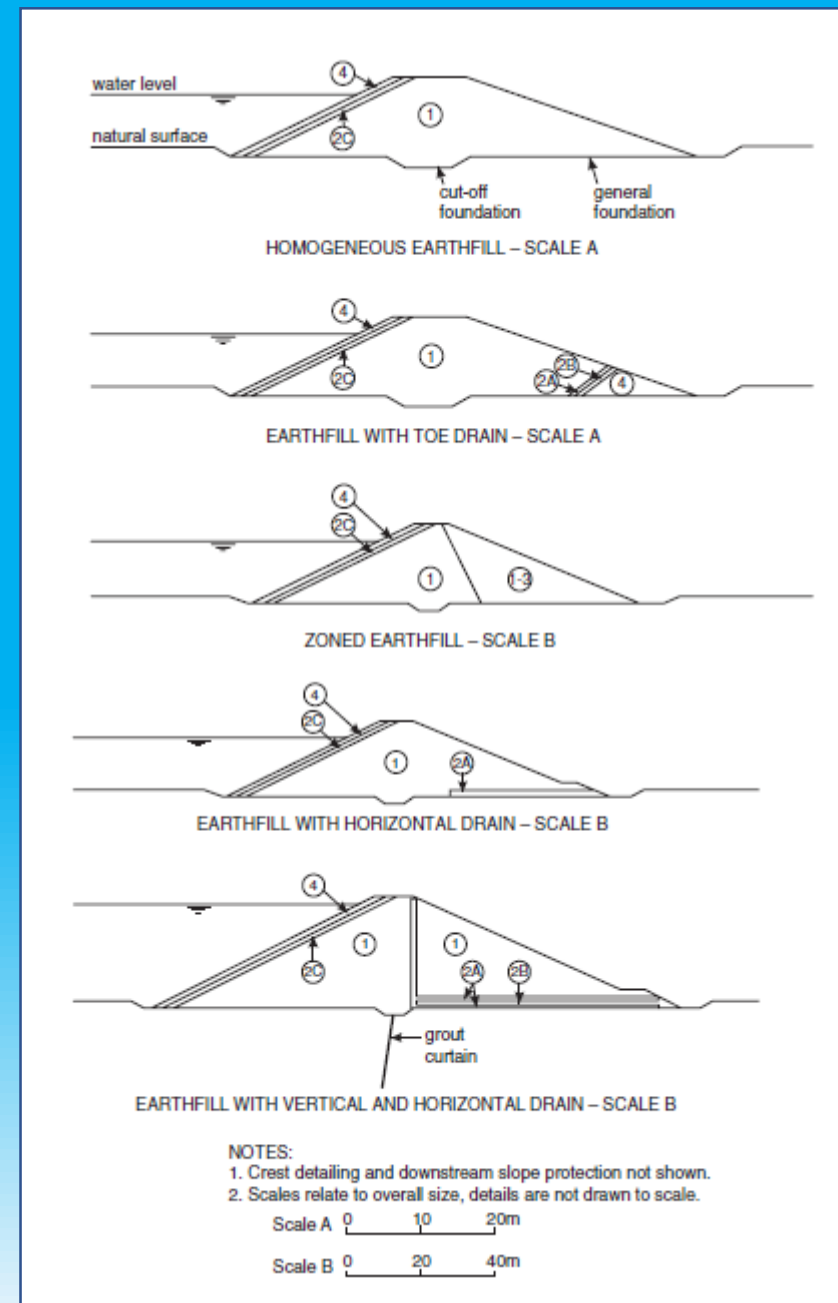
O efeito de separação da água lançada com o material segrega os grãos e cria um núcleo mais fino no centro do aterro.

É importante destacar os seguintes aspectos:

- O material lançado hidraulicamente pode ficar sujeito a liquefação
- Pode haver a formação de planos mais permeáveis horizontalmente

Regiões da barragem, descrição e função

Zone	Description	Function
1	Earthfill ("core")	Controls seepage through the dam
2A	Fine filter (or filter drain)	(a) Controls erosion of Zone 1 by seepage water, (b) Controls erosion of the dam foundation (where used as horizontal drain), (c) Controls buildup of pore pressure in downstream face when used as vertical drain
2B	Coarse filter (or filter drain)	(a) Controls erosion of Zone 2A into rockfill, (b) Discharge seepage water collected in vertical or horizontal drain
2C	(i) Upstream filter (ii) Filter under rip rap	Controls erosion of Zone 1 into rockfill upstream of dam core Controls erosion of Zone 1 through rip rap
2D	Fine cushion layer	Provides uniform support for concrete face; limit leakage in the event of the concrete face cracking or joints opening
2E	Coarse cushion layer	Provides uniform layer support for concrete face. Prevents erosion of Zone 2D into rockfill in the event of leakage in the face
1-3	Earth-rockfill	Provides stability and has some ability to control erosion
3A	Rockfill	Provides stability, commonly free draining to allow discharge of seepage through and under the dam. Prevents erosion of Zone 2B into coarse rockfill
3B	Coarse rockfill	Provides stability, commonly free draining to allow discharge of seepage through and under the dam
4	Rip rap	Controls erosion of the upstream face by wave action, and may be used to control erosion of the downstream toe from backwater flows from spillways



Percolação em Barragens homogêneas

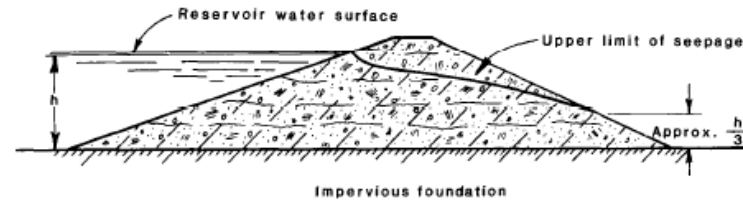
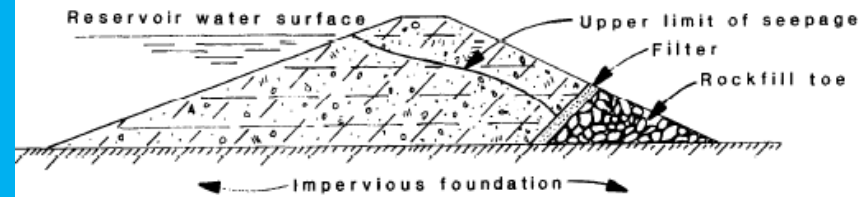
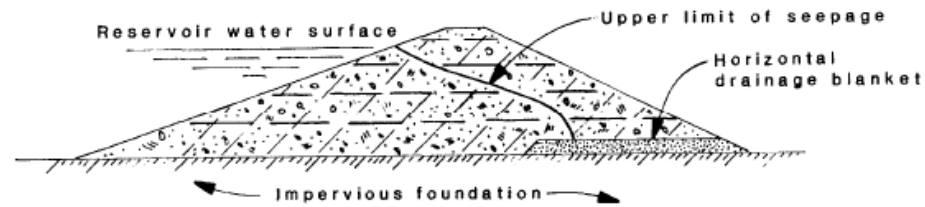


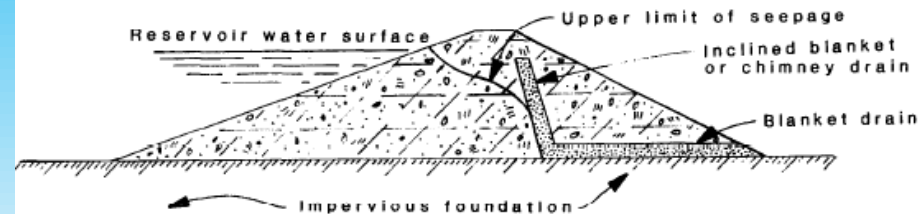
Figure 6-4.—Seepage through a completely homogeneous dam. 288-D-2479.



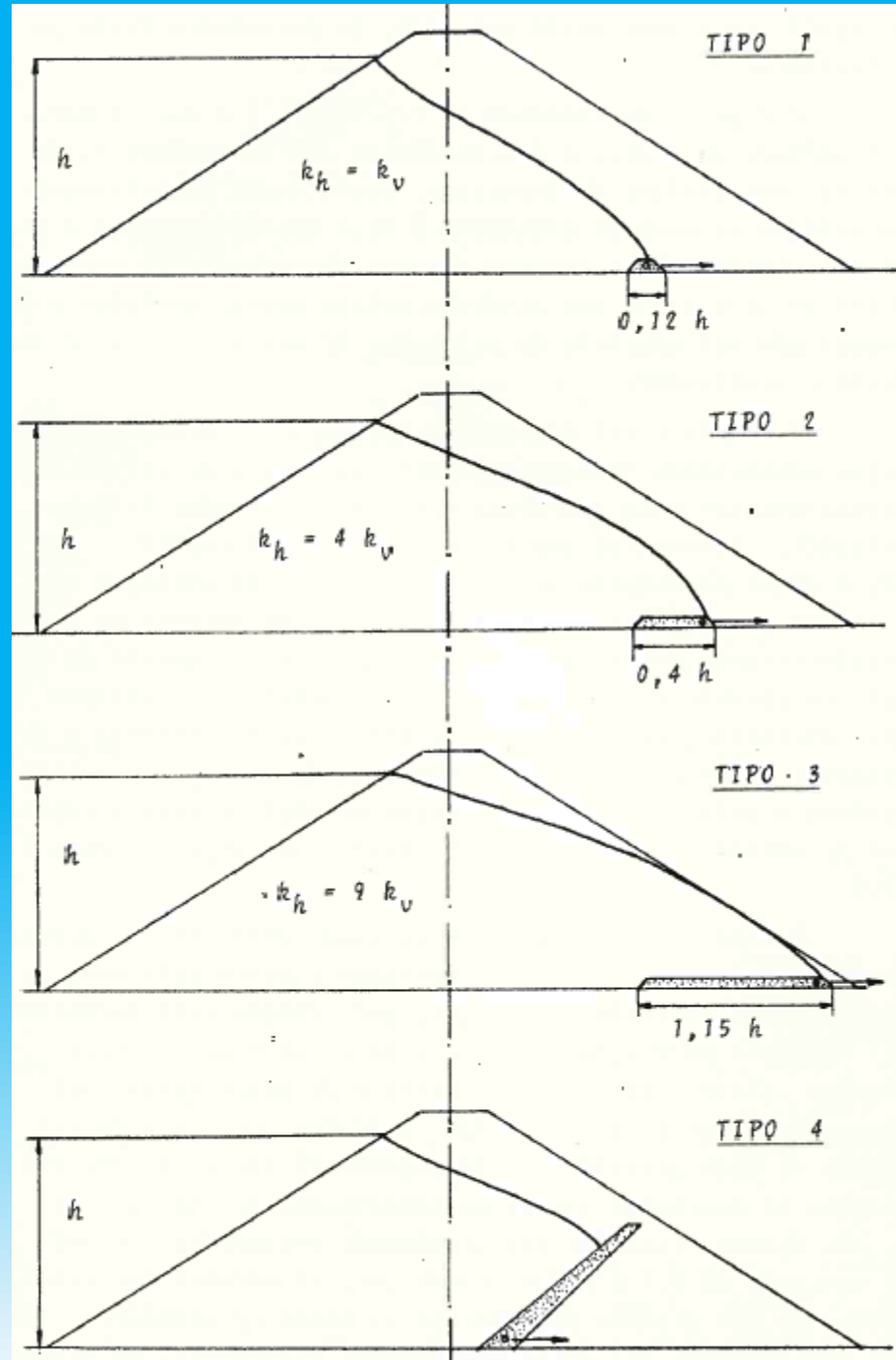
(A) WITH ROCKFILL TOE



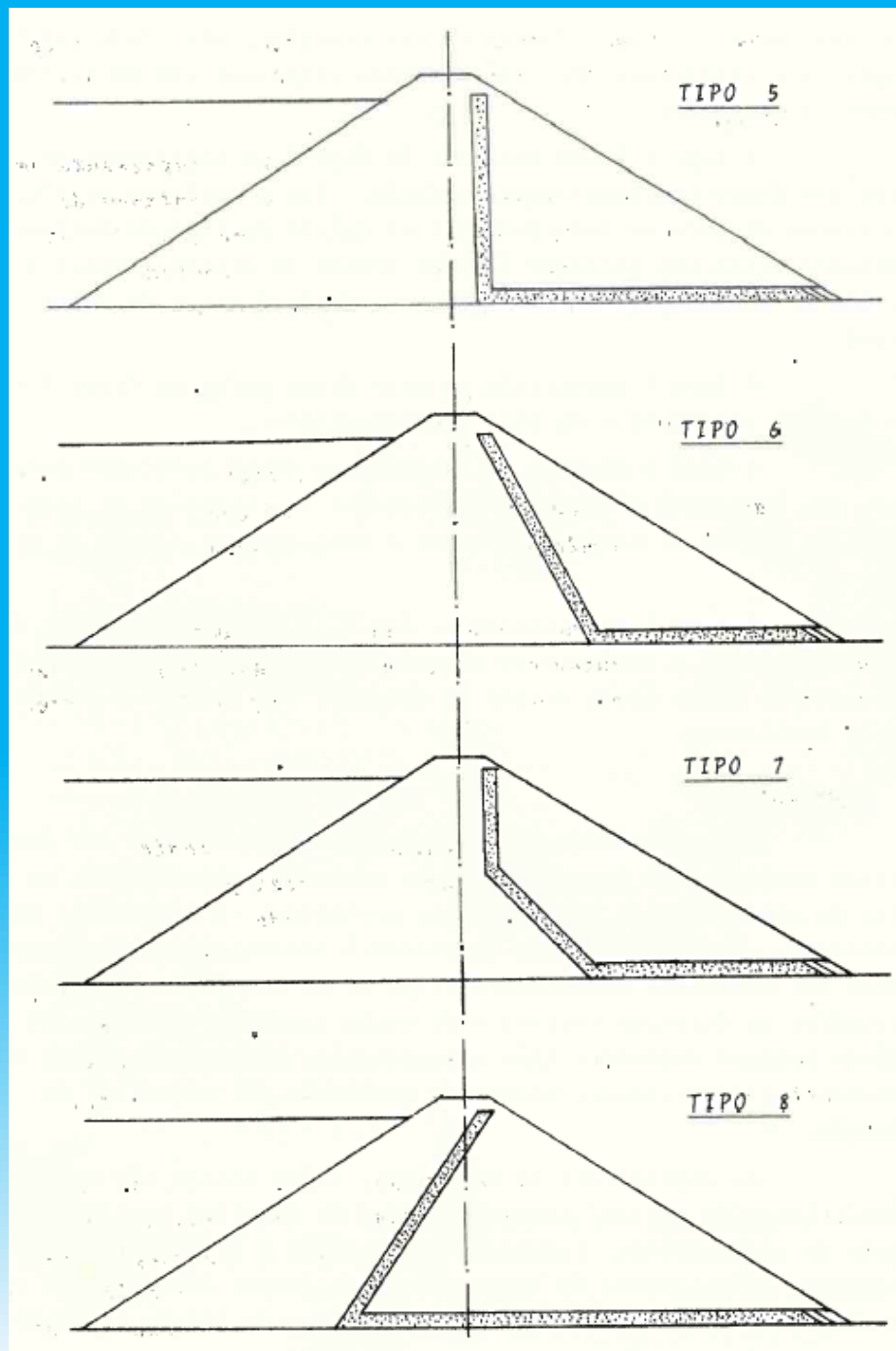
(B) WITH HORIZONTAL DRAINAGE BLANKET



(C) WITH CHIMNEY DRAIN

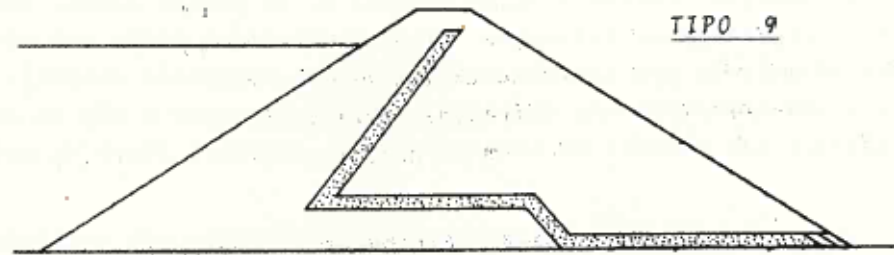


Pouco eficiente e inapropriado para maciços anisotrópicos

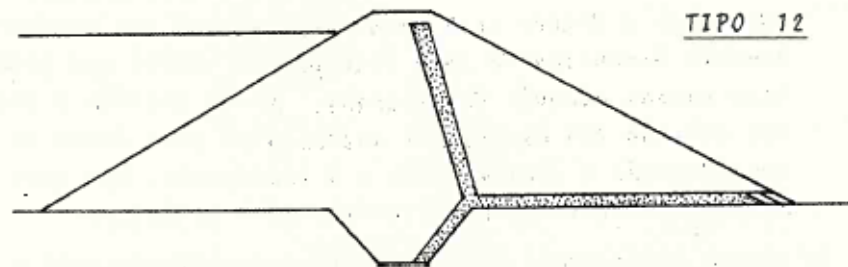
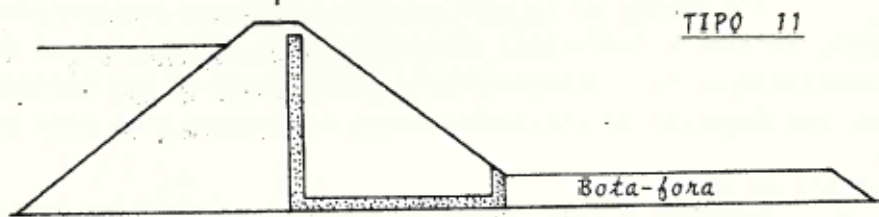
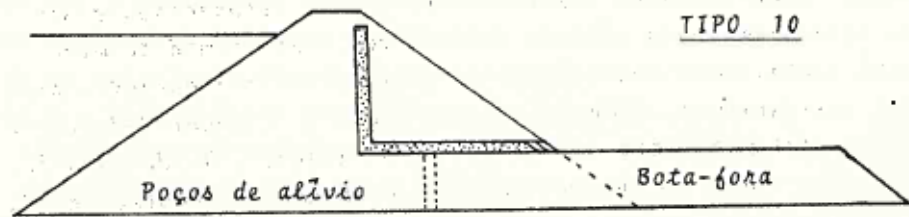


Eficientes para o caso de
haver fissuras no maciço.

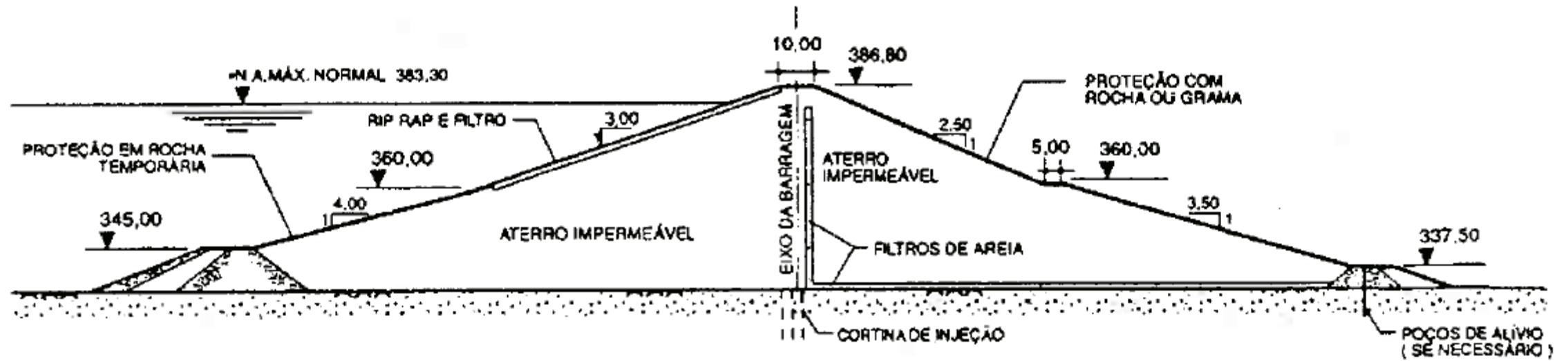
Melhora as condições
de estabilidade do
talude de jusante



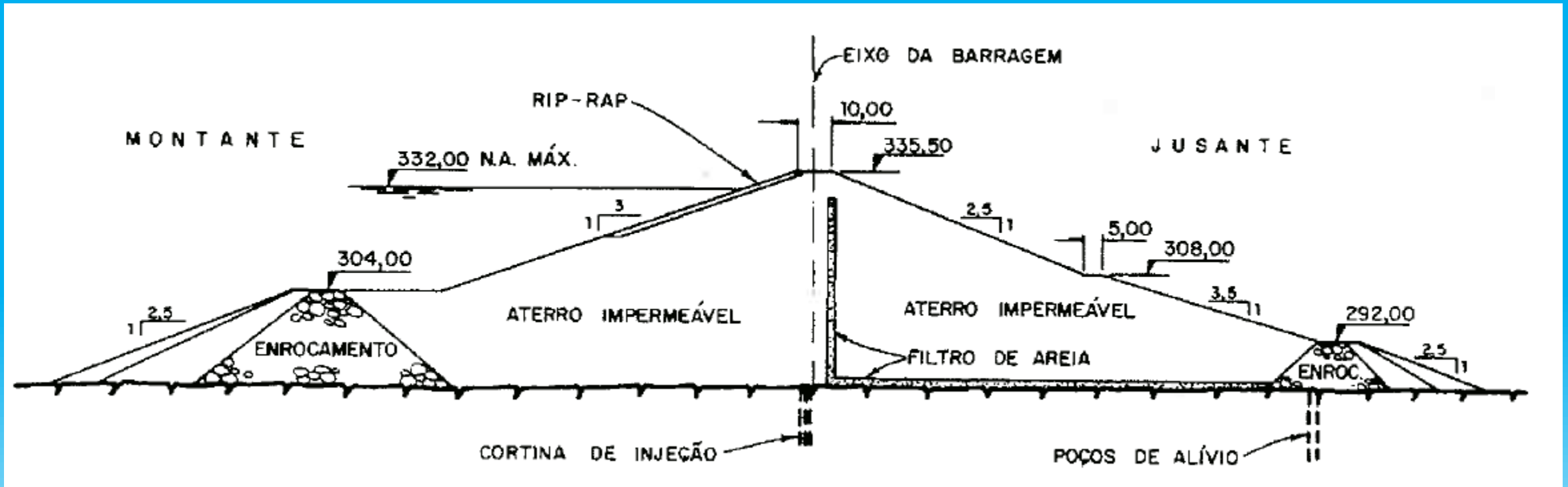
Aumenta o caminho de percolação de água pela fundação.



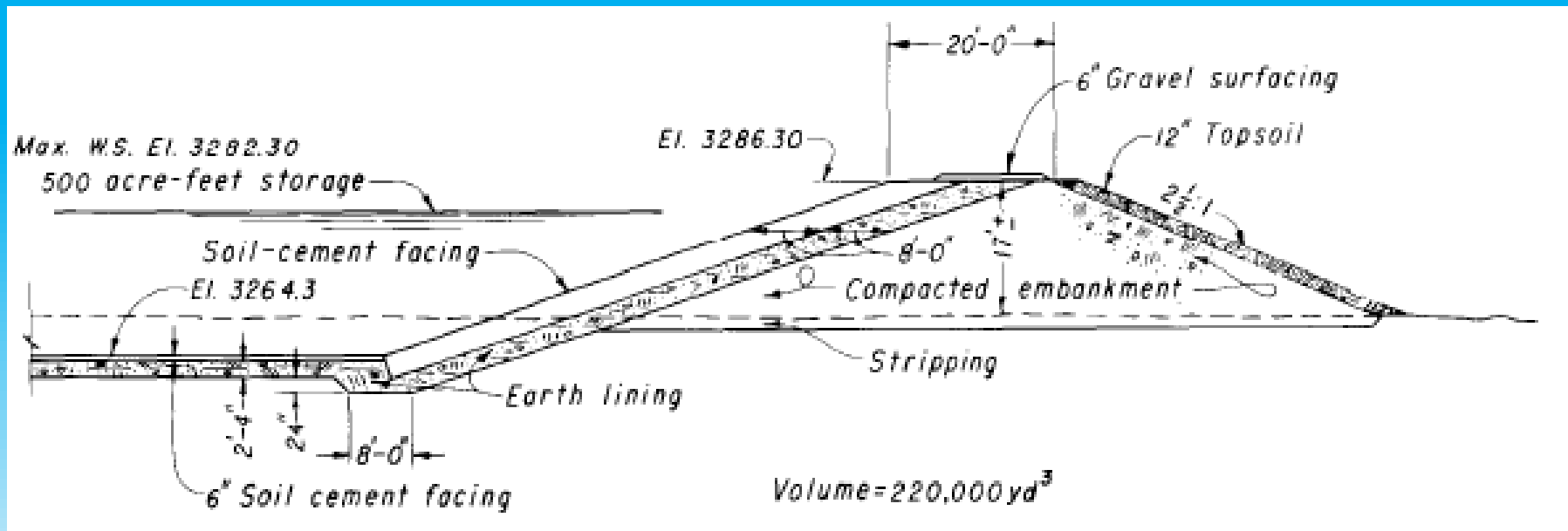
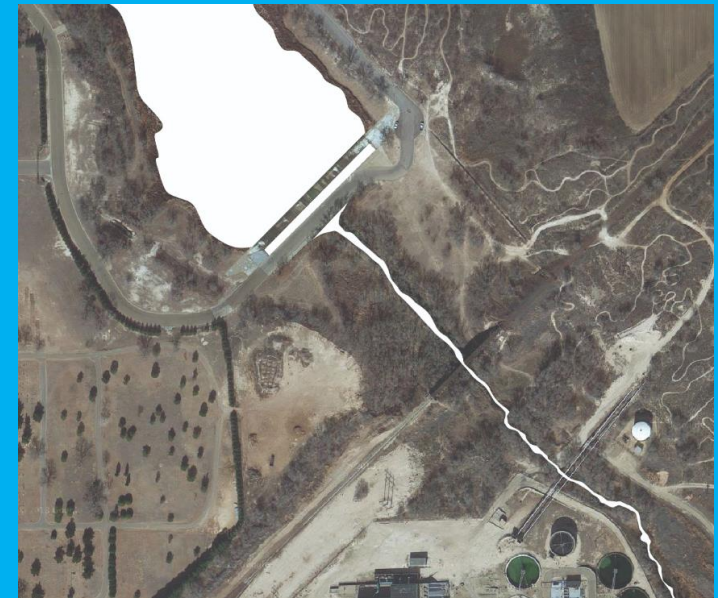
Barragem de Água Vermelha (MG)



Barragem de Capivara (SP-PR)

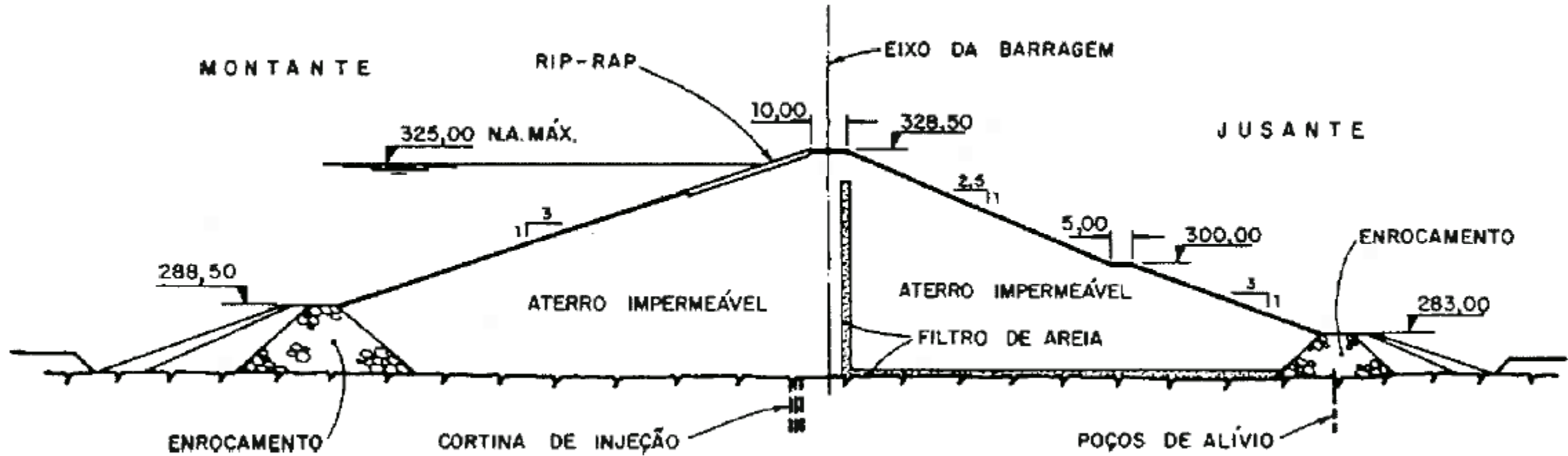


Barragem de regulação de Lubbock (TX)

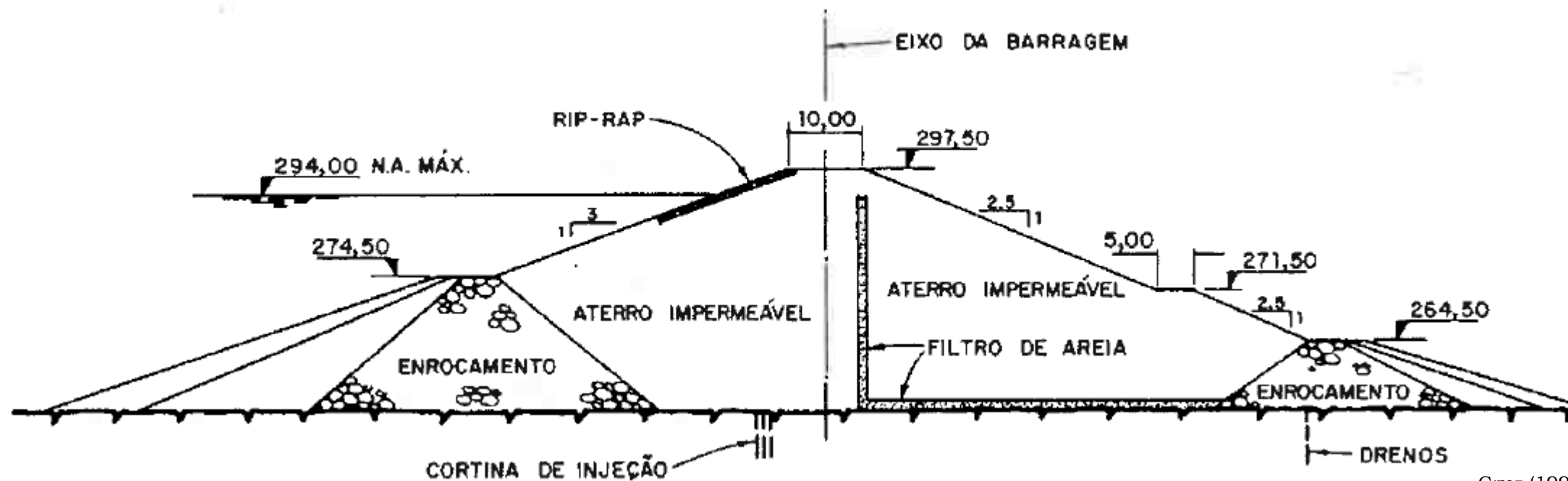
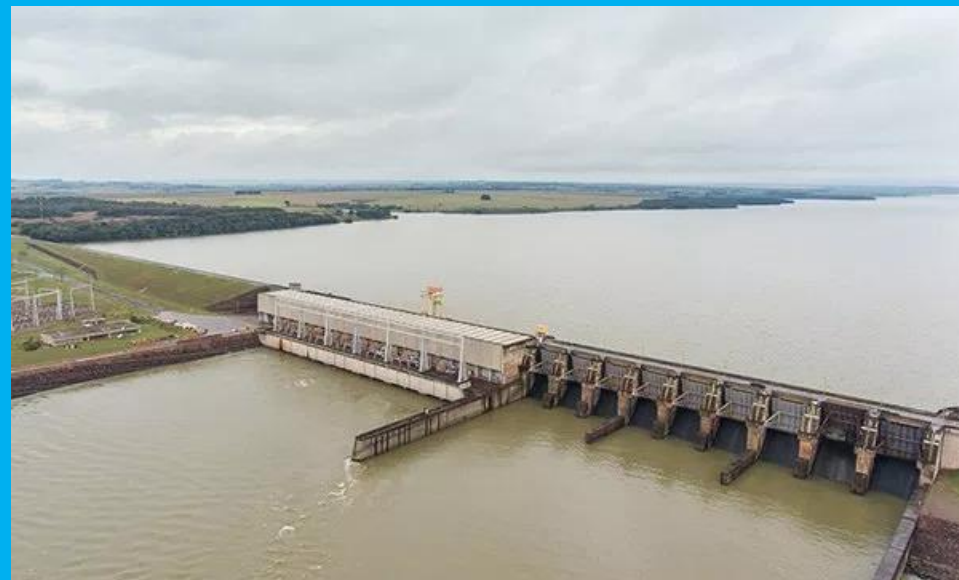


USBR (1987)

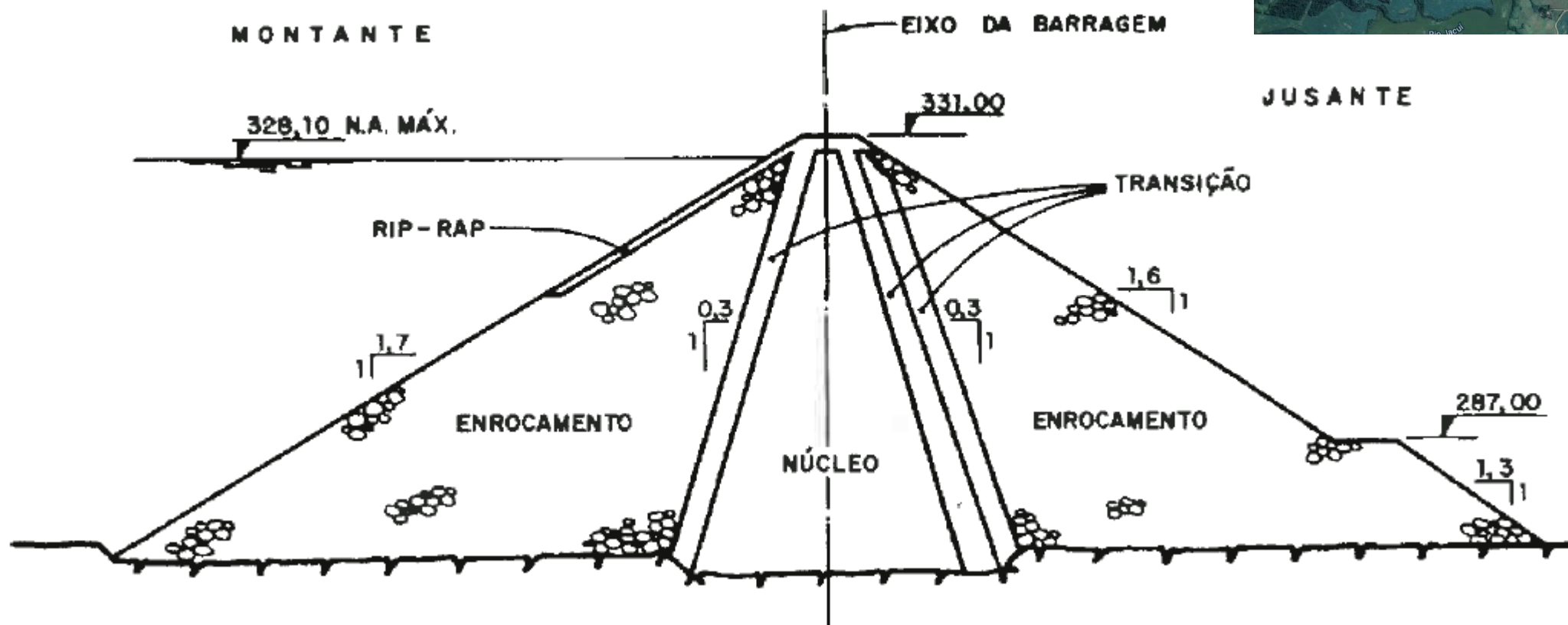
Barragem de Três Irmãos (SP)



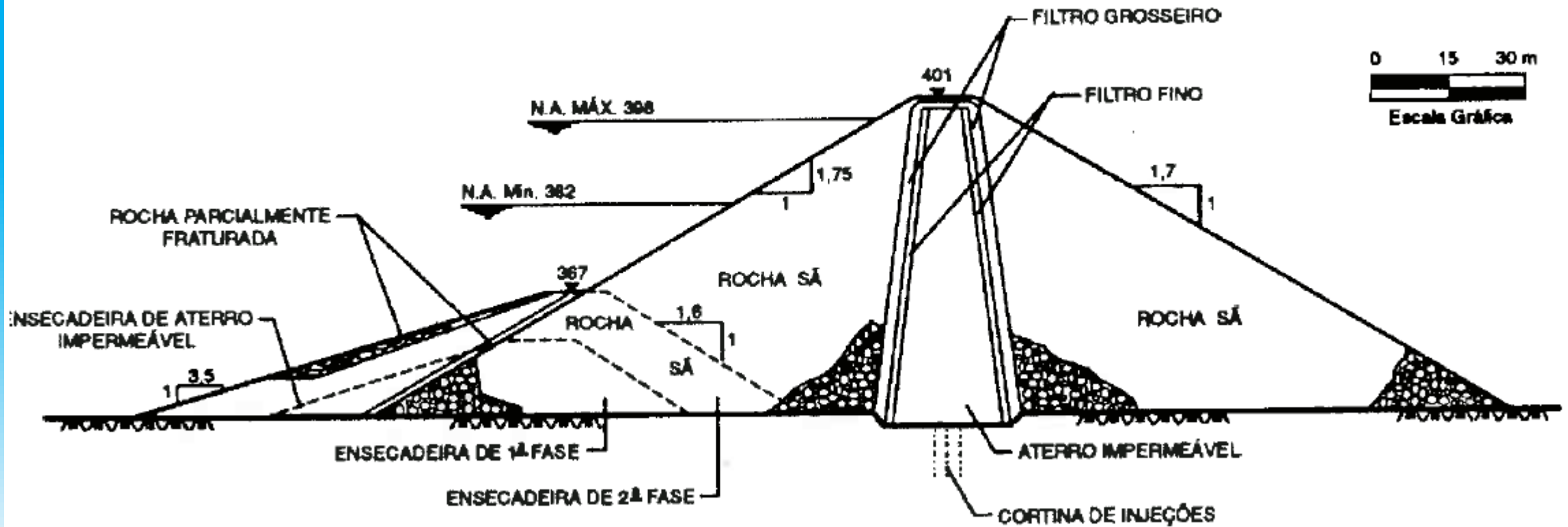
Barragem de Taquaruçu (SP-PR)

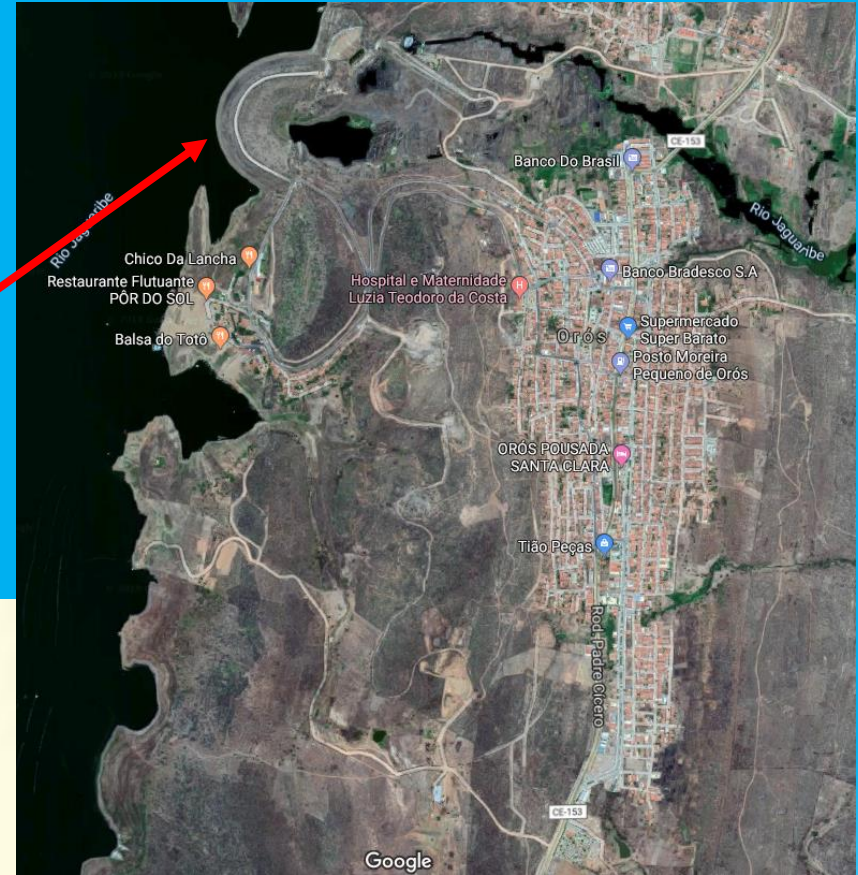


Barragem de Paço Real (RS)

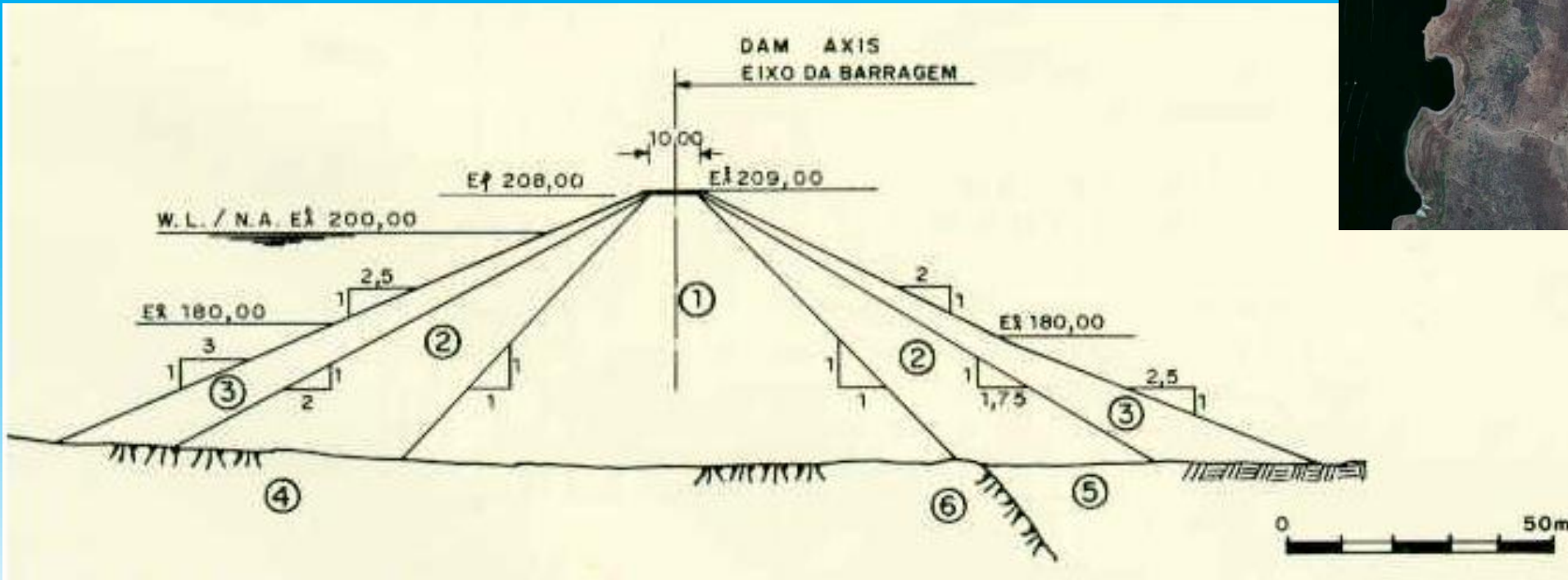


Barragem de Salto Osório (PR)

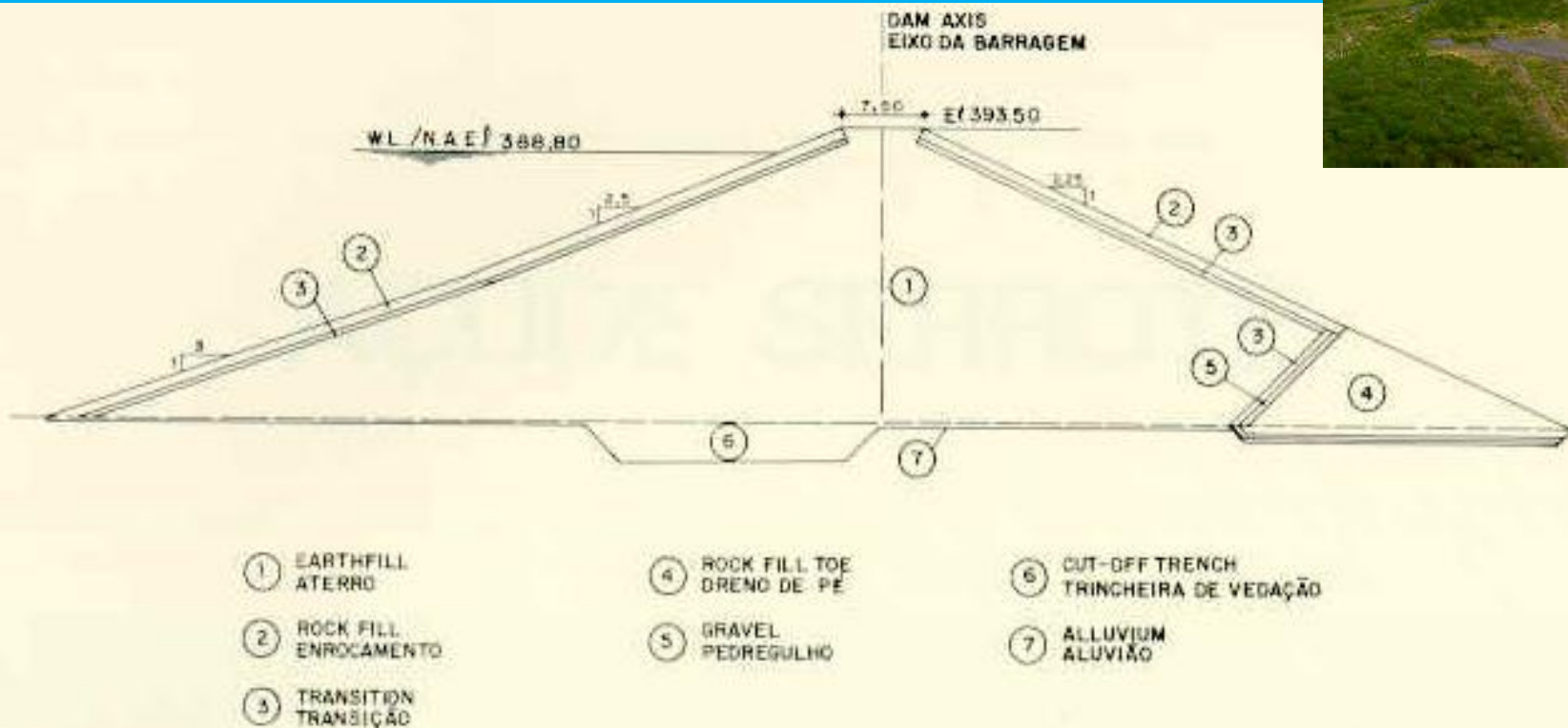




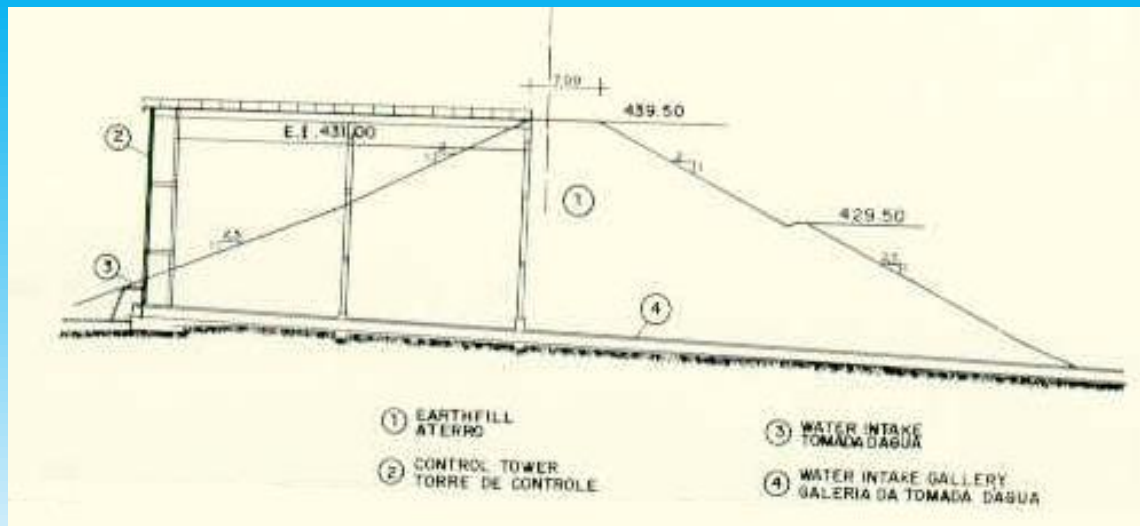
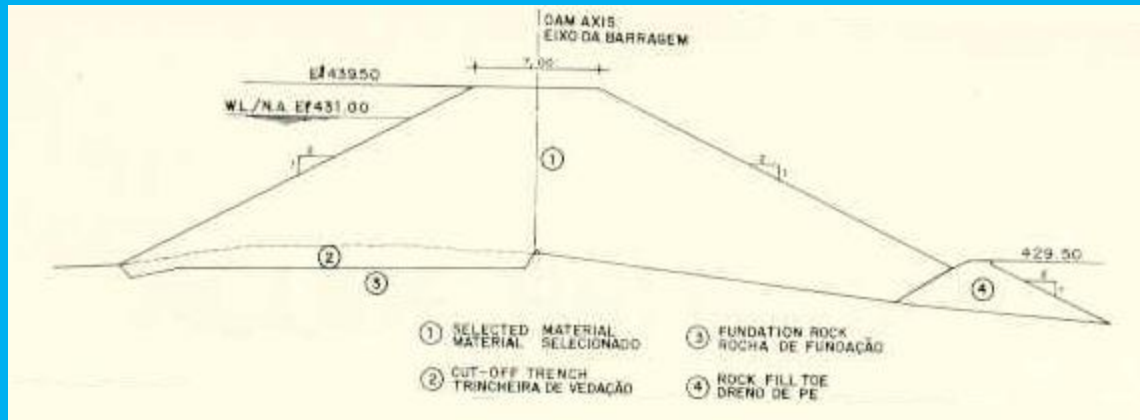
Barragem de Orós (CE)



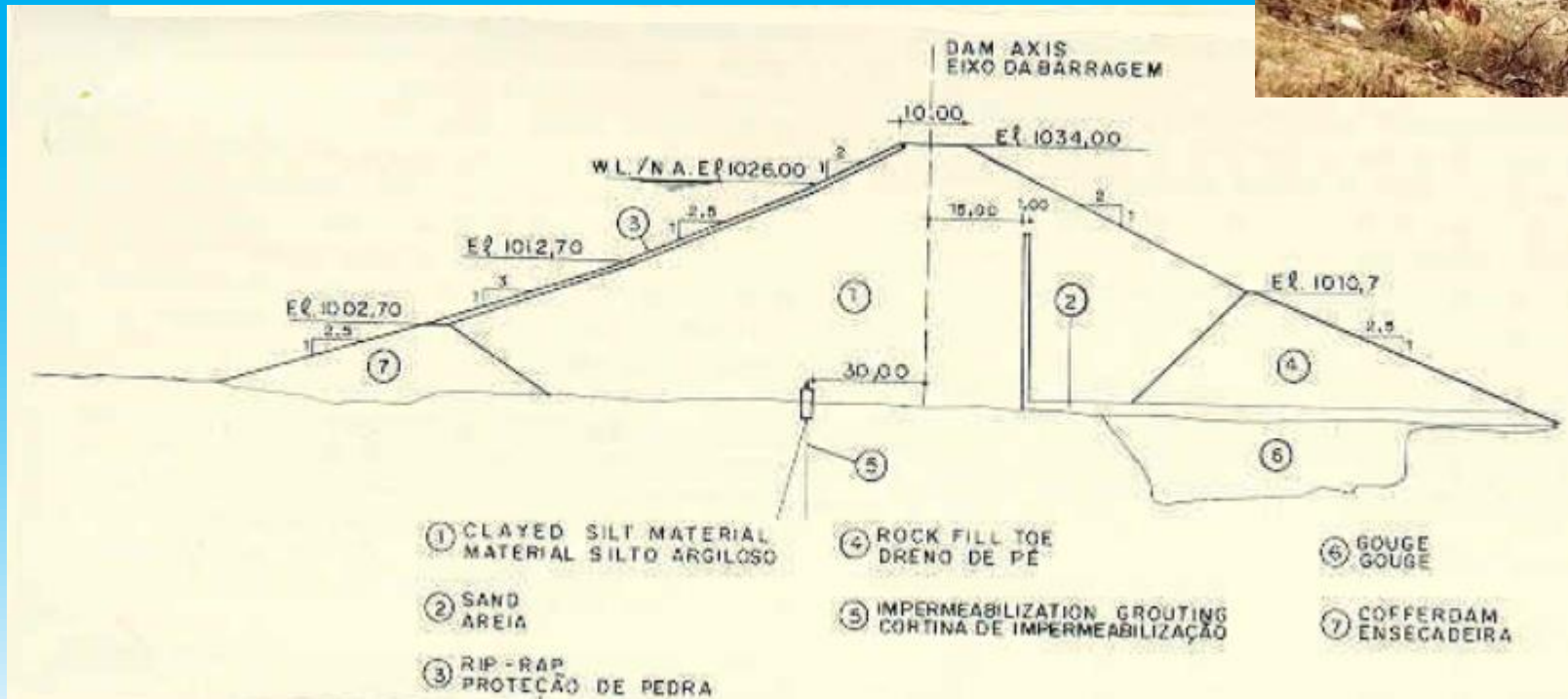
Barragem Entremontes (PE)



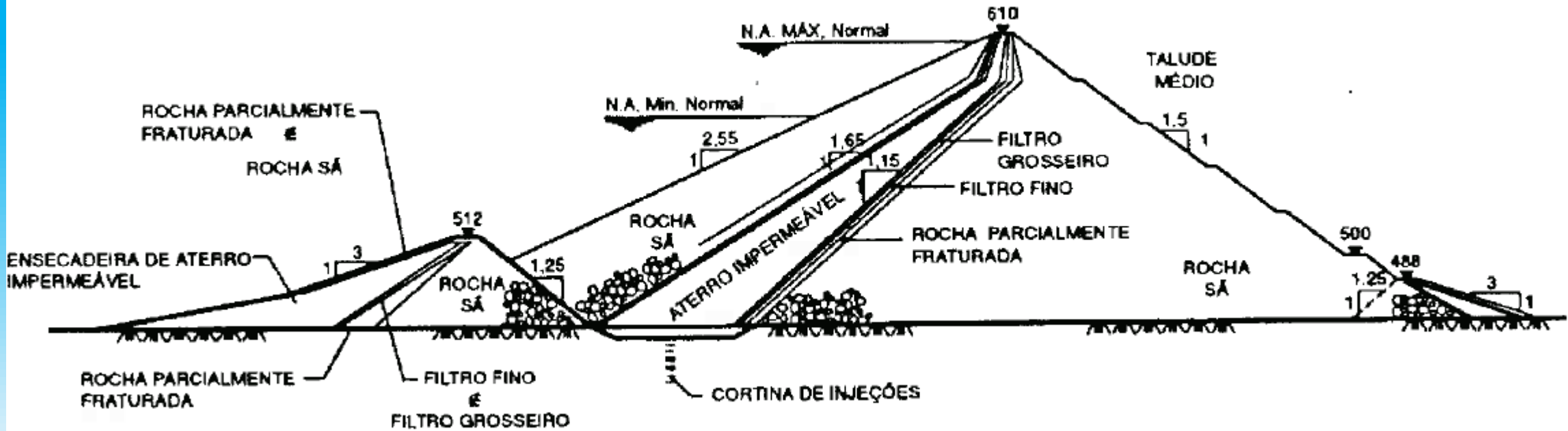
Barragem Açude Saco II (PE)



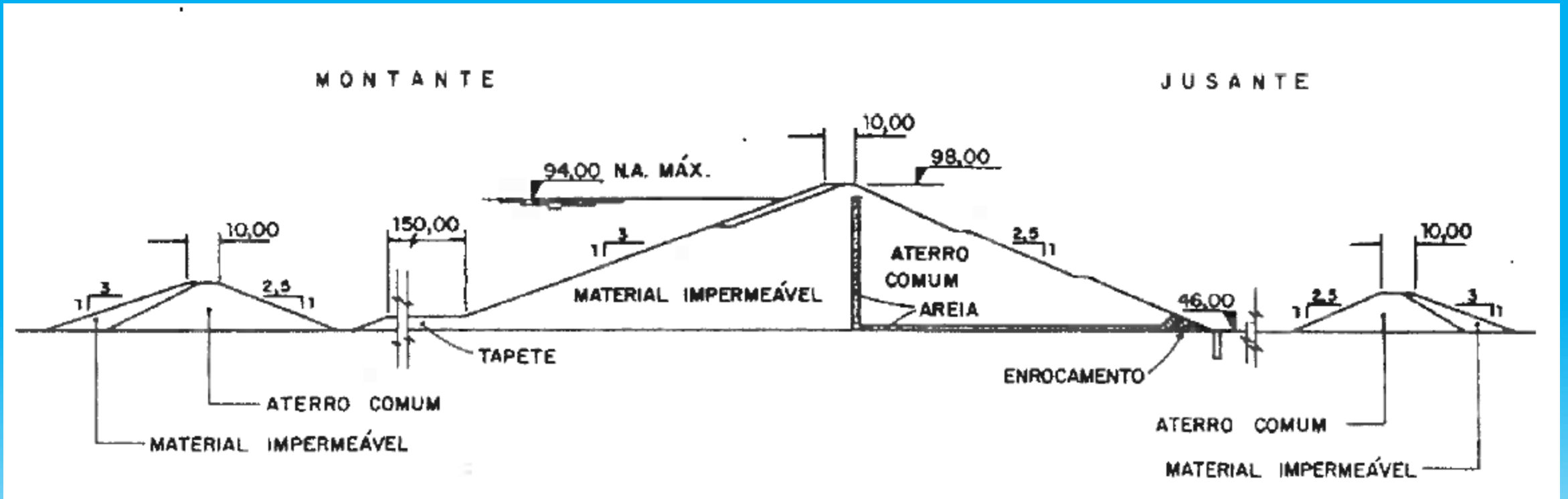
Barragem Açude Brumado (BA)



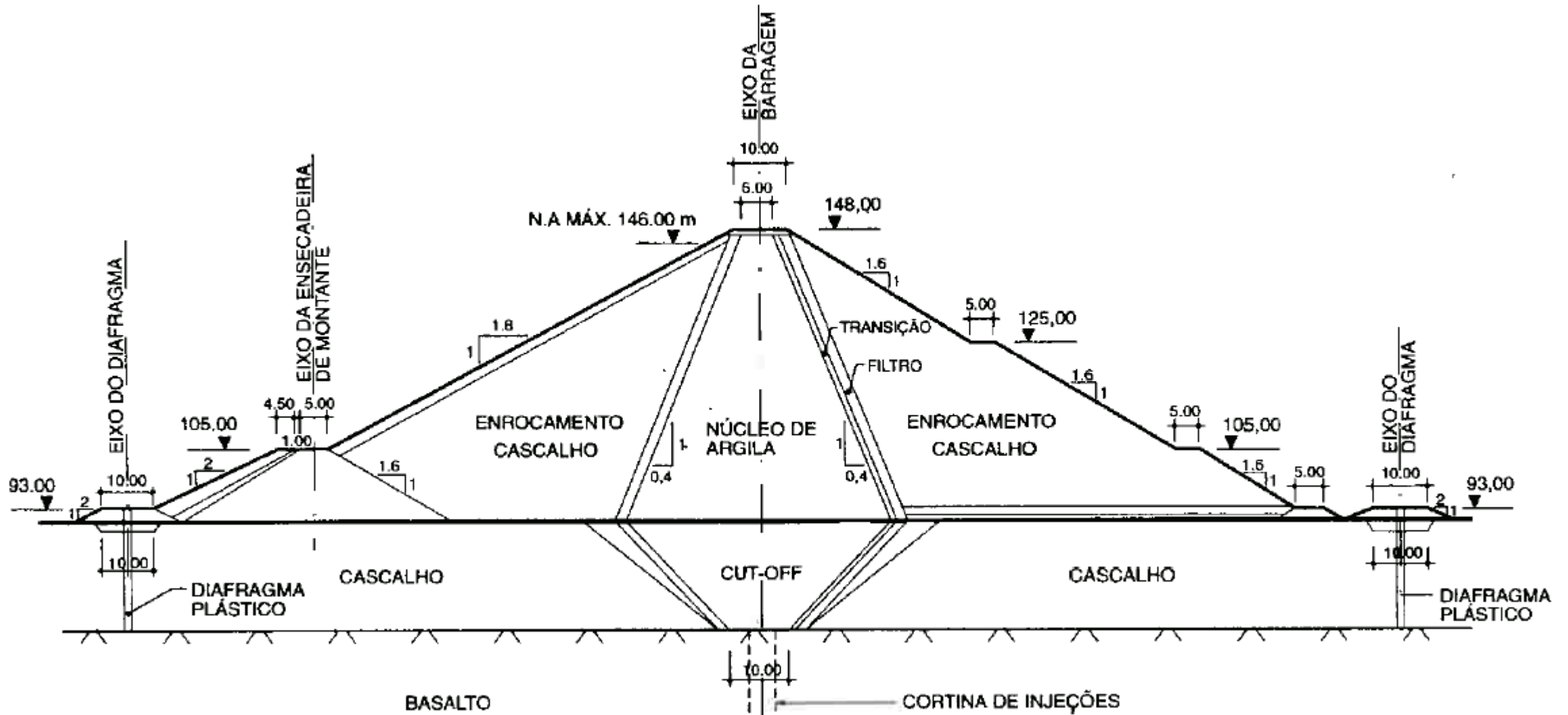
Barragem de Segredo (PR)



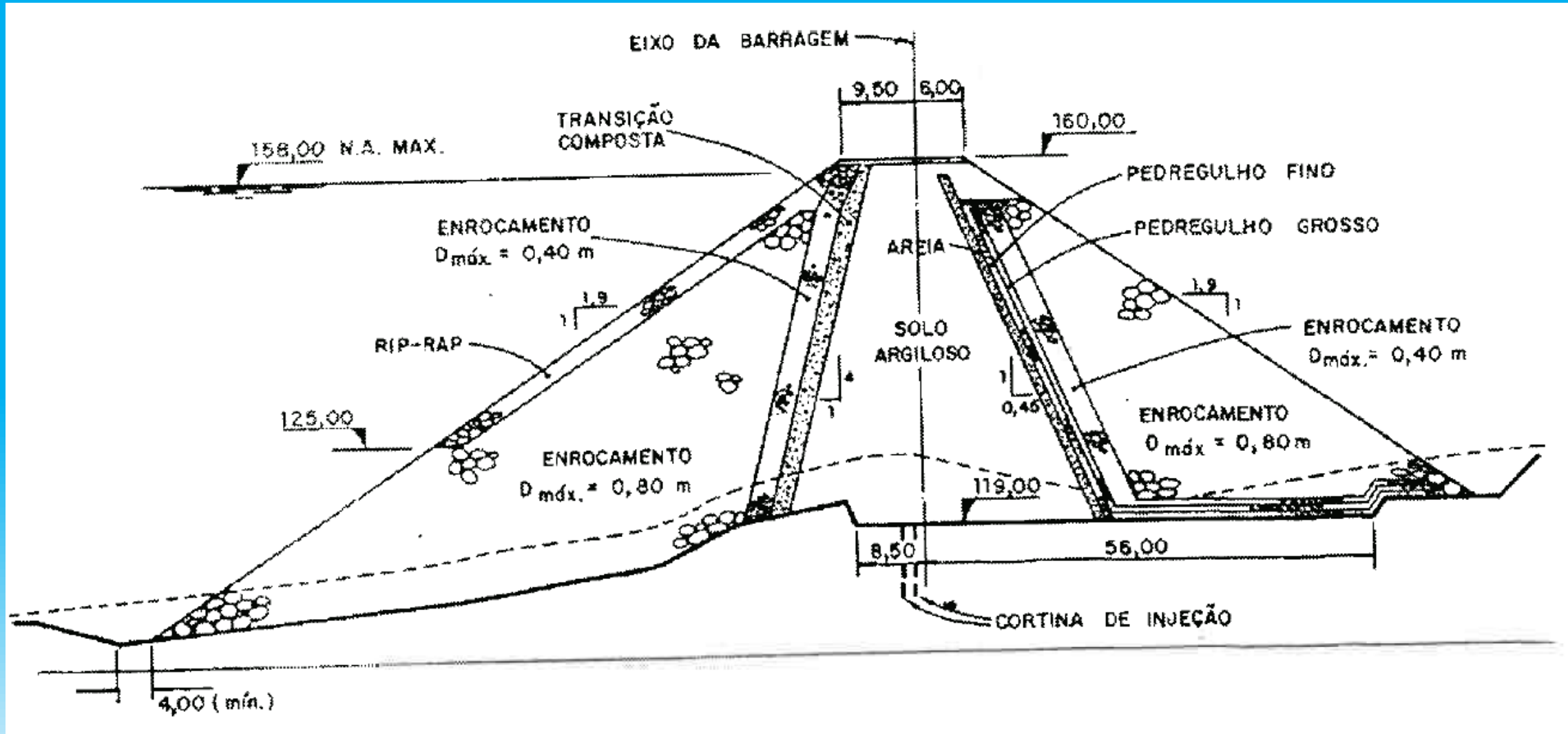
Barragem de Dona Francisca (RS)



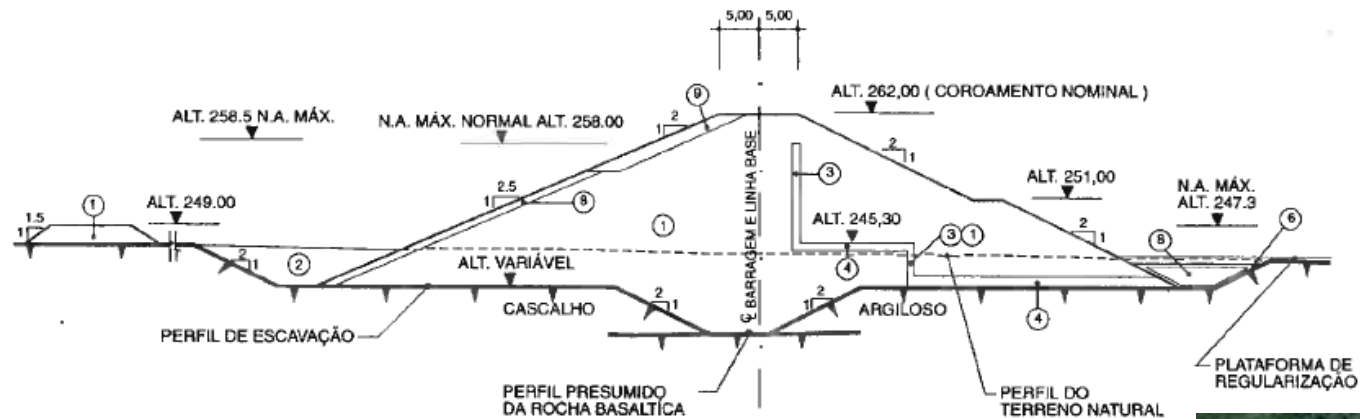
Barragem de Praia Grande (RS-SC) – Não construída



Barragem Descalvado (SP)



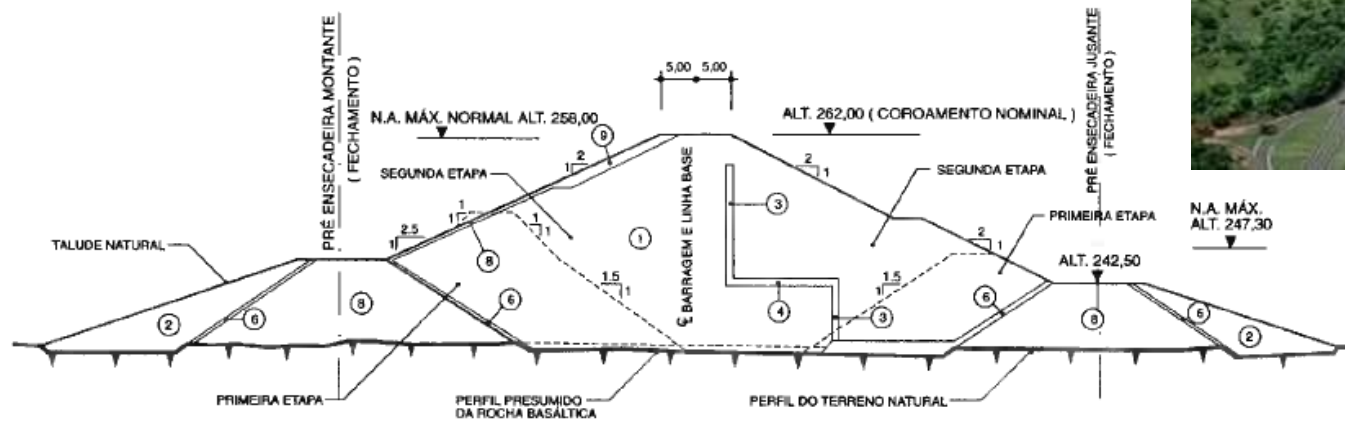
Barragem de Rosana (SP)



a) Barragem de Terra - margem direita

LEGENDA

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| ① SOLO COMPACTADO | ⑥ TRANSIÇÃO |
| ② SOLO LANÇADO | ⑦ ENROCAMENTO COMPACTADO |
| ③ FITRO VERTICAL | ⑧ ENROCAMENTO LANÇADO |
| ④ FILTRO HORIZONTAL | ⑨ RIP RAP |



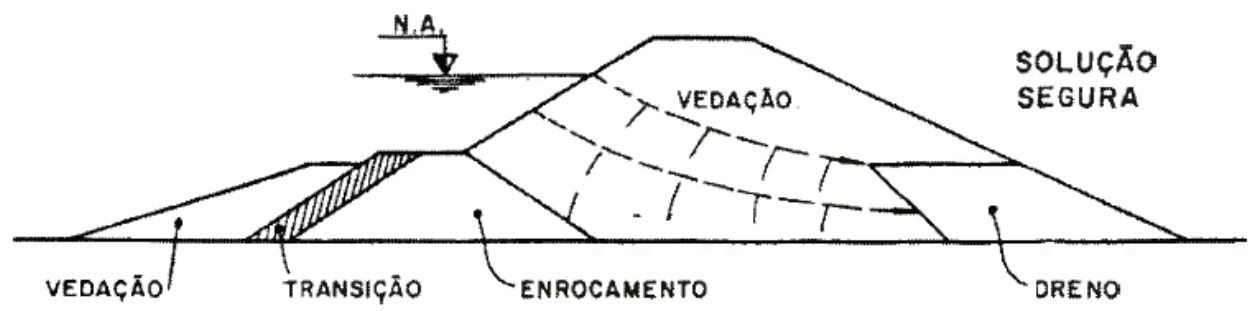
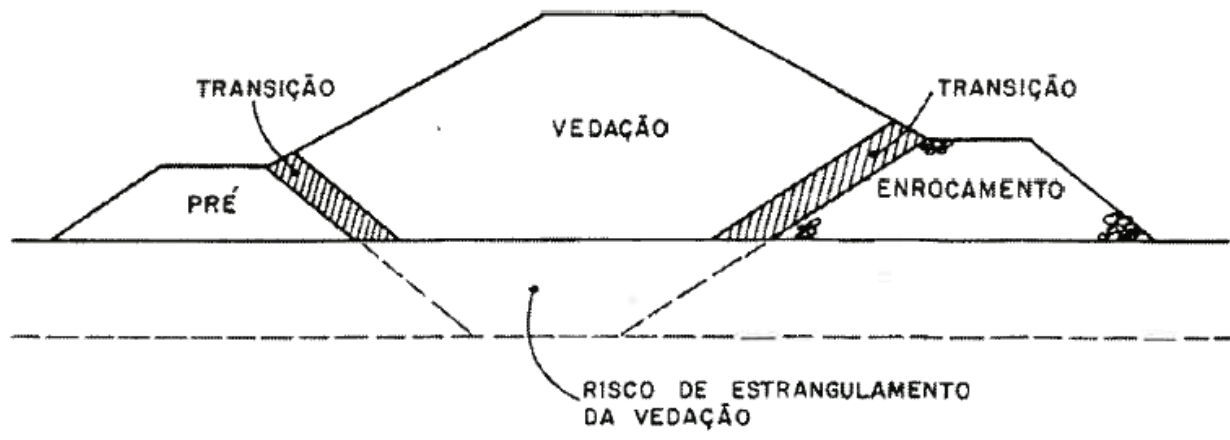
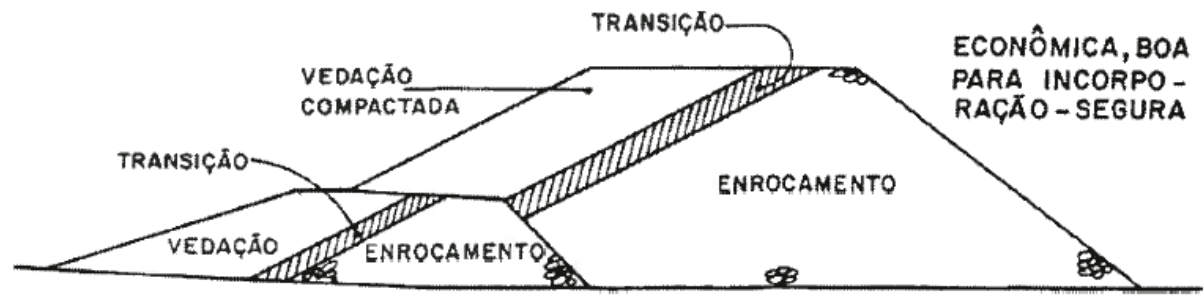
b) Barragem de Terra - leito do rio

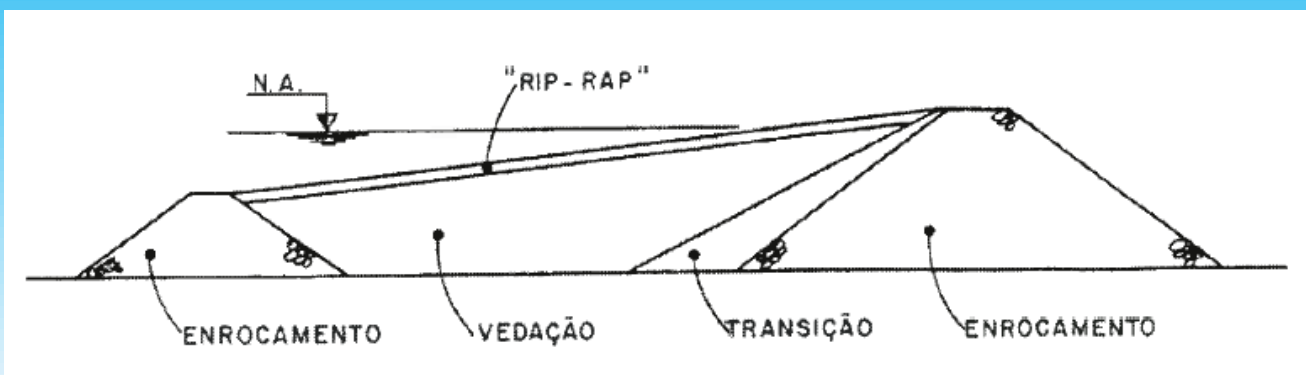
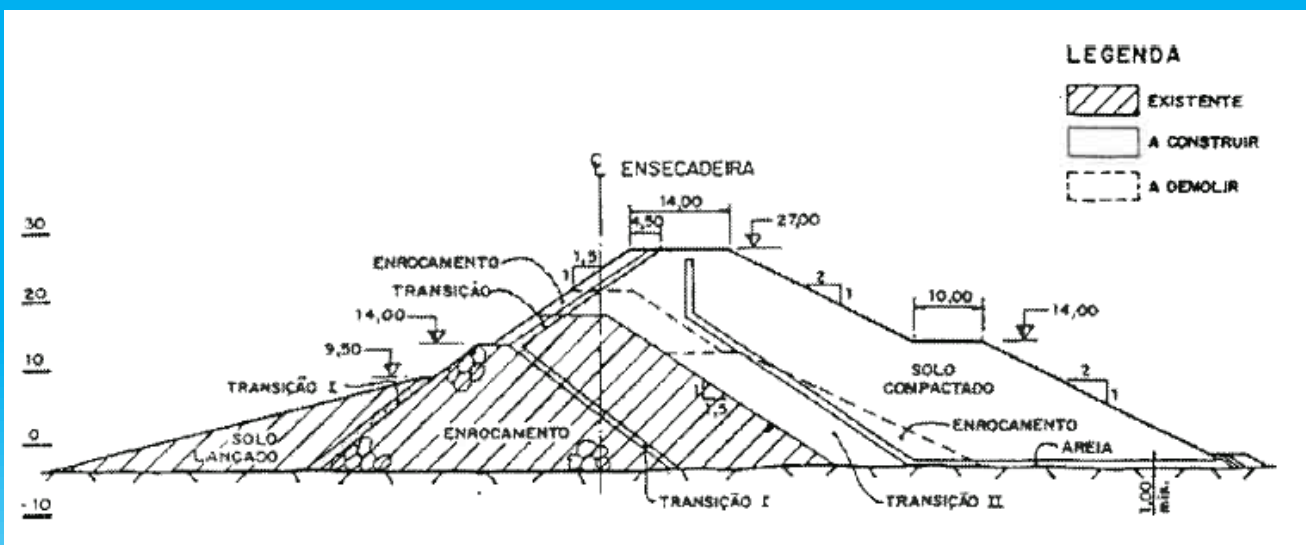
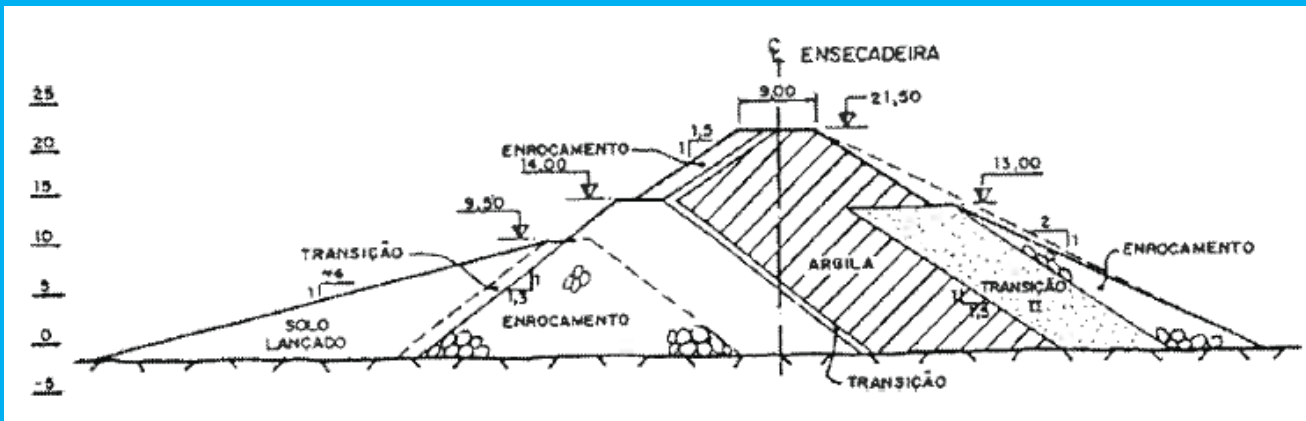


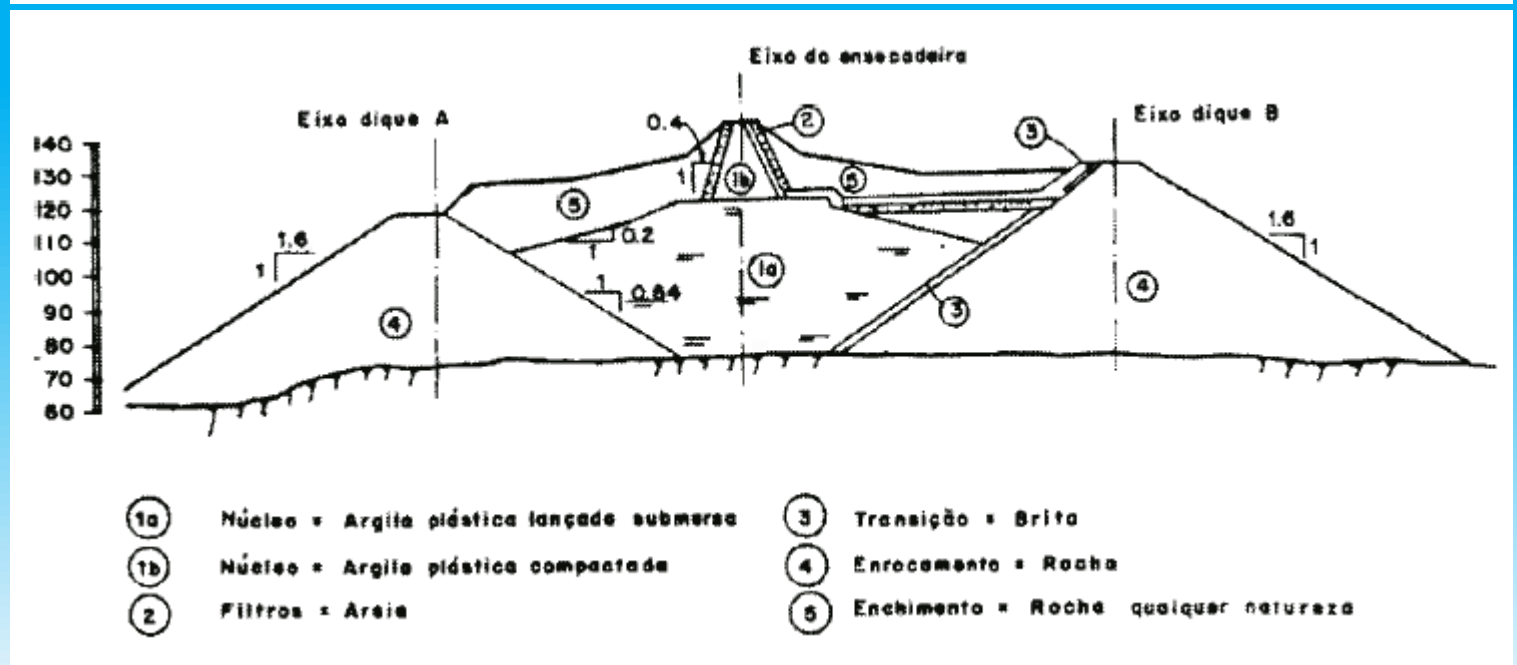
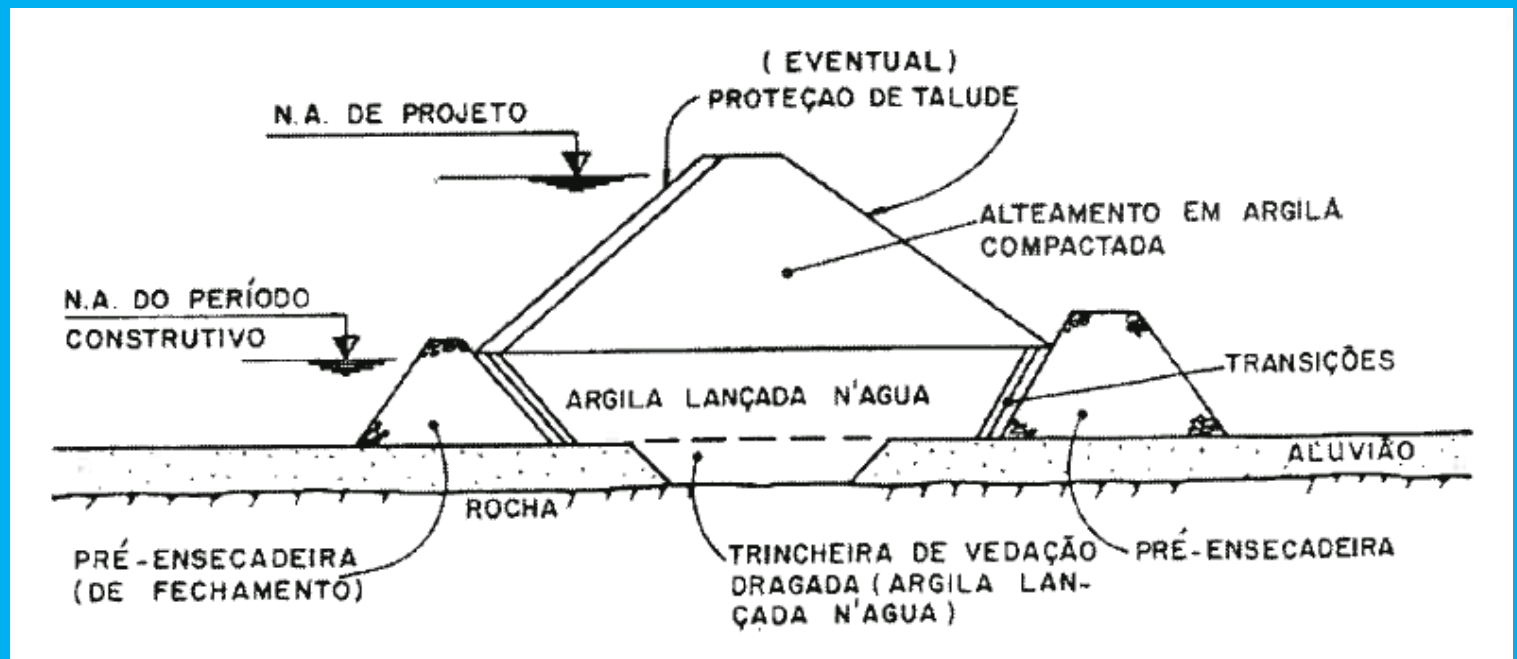
Ensecadeiras

<https://www.youtube.com/watch?v=DfpAXqPsXuQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=c5mZGi0v5Fs>







Ensecadeira principal de Itaipú

Diques



<http://www.fanpop.com>



<http://footage.framepool.com>

Enchente do Rio Columbia (1948)

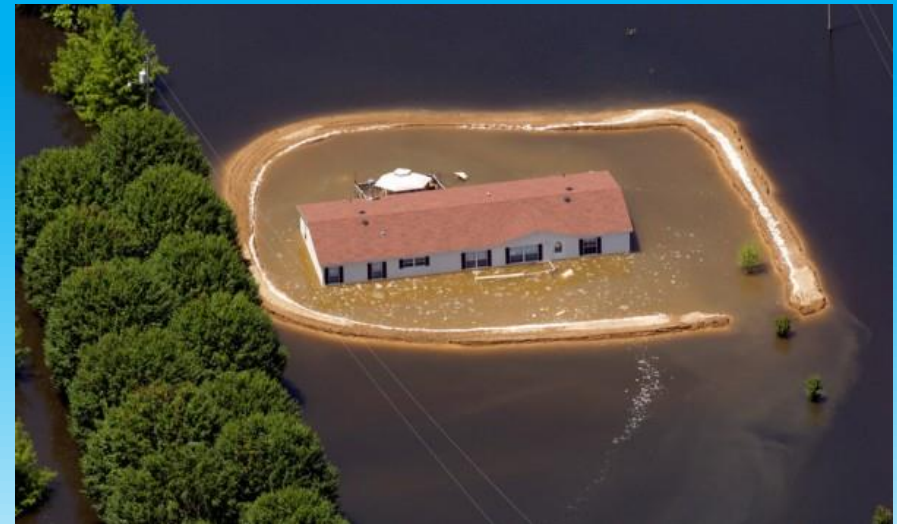


<https://exhibits.library.pdx.edu>



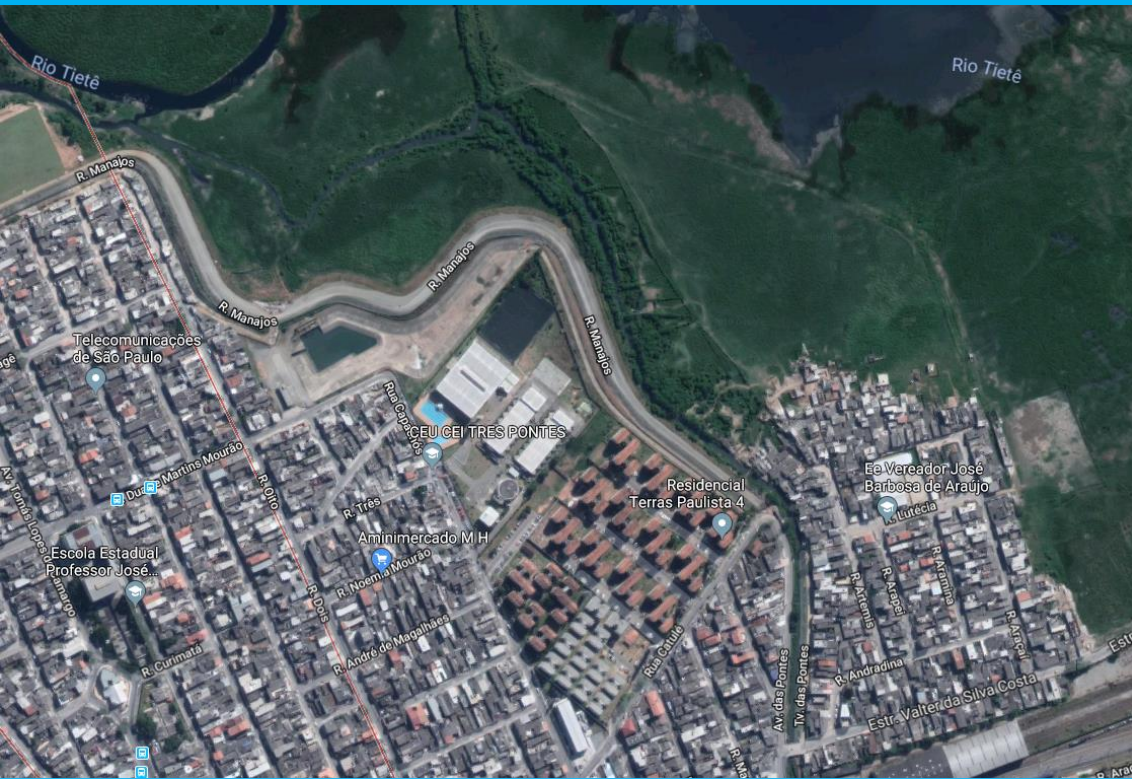
Rio Yazoo (maio de 2011). Próximo a Vicksburg, Mississippi.

<https://www.theatlantic.com>



<https://www.youtube.com/watch?v=OWI0dSQKwIE>

Jardim Romano



Condições de contorno:
Rio – cota máxima
Canal – vazio

