

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.2. Barragens - Aspectos Gerais



Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.2.1

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.2. HISTÓRICO / FINALIDADES >

3.000 AC / Jordânia
Barragem JAWA
Abastecimento de Água

2.600 AC / Egito
Barragem SAD-el-KAFARA
Abastecimento; Controle Cheias;
Irrigação

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.2.2

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.2. HISTÓRICO / FINALIDADES >


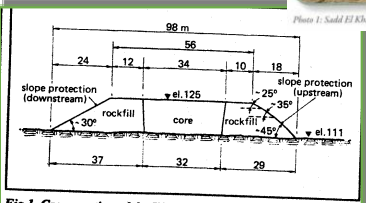


Photo 1: Sadd El Khafra (Courtesy, Jean-Luc Perrotte)



2.600 AC / Egito
Barragem
SAD-el-KAFARA

Fig.1. Cross-section of the El Kafara dam.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.2.3

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV NOVO AMBIENTE EMPRESARIAL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.2. HISTÓRICO / FINALIDADES

Barragens de Usos Múltiplos Servem Para:

- Abastecimento de Água (Humano/Industrial/Animal)
- Irrigação / Aquicultura
- Regularização de Vazões / Prevenção de Cheias
- Navegação / Lazer e Turismo
- Geração de Energia Elétrica
- Deposição de Rejeitos e Resíduos

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.2.4

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV NOVO AMBIENTE EMPRESARIAL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS

Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.1. Tipos - Materiais:

- **Aterro (enrocamento/terra/mistas)**
- **Alvenaria - Cantaria**
- **Concreto (CCV / CCR)**
- **Mistas**
- **Aço / Madeira / Inflável.**


Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.1

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV NOVO AMBIENTE EMPRESARIAL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 1 – Componentes Básicos de uma Barragem de Aterro Homogênea



Fonte: Nota do autor. Euzébio José Gil

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia


Projeção 1.3.2

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS Instituto de Engenharia

ANA Agência Nacional de Águas

Figura 5 – Barragem de Terra Homogênea



Fonte: CEMIG GT
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.3

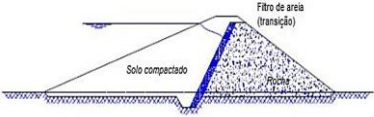
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS Instituto de Engenharia

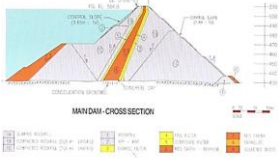
ANA Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 5 – Barragem Mista, com Seção de Montante em Terra e Seção de Jusante de Enrocamento



Fonte: Lança, 1997.



Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.4

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS Instituto de Engenharia

ANA Agência Nacional de Águas


Figura 6 – Barragem de Enrocamento



Fonte: CEMIG GT
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.5

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
Historic concrete Number 59 (CS Sheet 116 (1:50 000) 95629)



At Cambridge, west of Corvallis in North Wales, massive precast concrete blocks dating from about 1900 are a feature of a 160 ft high and 400 ft long concrete gravity dam which retains the water of the 3-to-6-inch Alamogordo Reservoir. The blocks, which are something like 5 ft long by 2 ft wide by 3 ft high, have been used to face both the downstream and upstream sides of the dam. They have an exposed granite aggregate finish, and great pains have been taken to achieve an appearance of dressed natural stone, obviously in the case of the upstream with the somewhat ragged and irregularity in which they stand. In fact, however, it is a concrete that was cast and then dressed. The sloped face of the downstream side, and the soft and scabrous water face in fact, cannot come within the blocks. An engineer who has recently inspected the dam has commented that "this dam is a fine example of the skill and ability of the Edwardian civil engineers and is of a quality that we could not reproduce today." An interesting addition to that the reservoir was used during the war by the RAF for its training and practice runs in the 1940s. The dam was built by the German Mohler and Eber Dames. One of the main aims of the downstream face and the stone, above concrete, and was water during a school visit. The consulting engineers for the dam (which although owned by the North West Water Authority, is administered by the Northern Division of the North West Water Authority) were the Alexander Brown, Son and Dixon, and the contractors were Sir Robert McAlpine and Sons Ltd.

Concrete October 1979

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 1.3.6

Figura 2 – Barragem de soleira vertente de Marmelos gravidade de alvenaria.

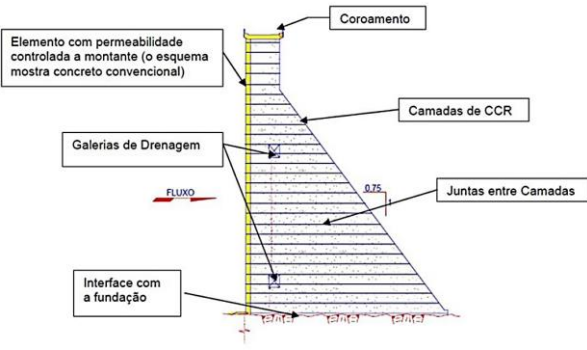


IBDB (2011)

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 1.3.7

Figura 14 - Seção Transversal Típica de uma Barragem de Gravidade com CCR.



Fonte: Marques Filho, 2005

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 1.3.8

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 4 – Barragem de Concreto Compactado a Rolo (CCR)



Fonte: Internet

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.9

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

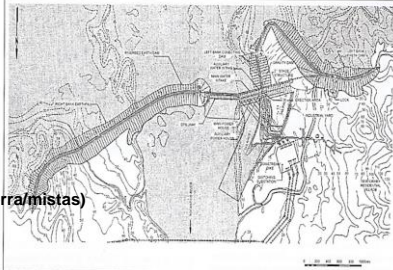
Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS

Nomenclatura Depende da Classificação: Figura 47 – Arranjo geral da UHE Tucuruí

1.3.1. Tipos - Materiais:

- Alvenaria - Cantaria
- Aterro (enrocamento/terra/mistas)
- Concreto (CCV / CCR)
- **Mistas**
- Aço / Madeira / Inflável.



Fonte: Main Brazilian Dams II CBDB, 2000.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.10

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS

Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.1. Tipos – Materiais:

- Alvenaria - Cantaria
- Aterro (enrocamento/terra/mistas)
- Concreto (CCV / CCR)
- Mistas
- **Aço / Madeira / Inflável.**



Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.11

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.2. Condição Estrutural - Terra:

- Aterro Hidráulico
- Compactada
- Homogênea
- Zoneada

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.12

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** Agência Nacional de Águas

de Usos Múltiplos

Upstream

Figure 2: Construction of Diversion Dam; note hydraulic fill sluice pipes sides of the embankment and puddle core adjacent to the corewall

- Aterro Hidráulico
- Barragem de Rejeitos

1 – Métodos construtivos de barragens de rejeito (Araujo, 2006)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.13

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 2 - Barragem Homogênea Modificada

Fonte: Eletrobrás, 2000.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.14

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 3 – Seção Tipo Barragem de Terra Zoneada

Fonte: Lança, 1997.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.15

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.3. Condição Estrutural – Enrocamento:

- Núcleo Argiloso
- Núcleo Asfáltico
- Face Concreto
- Face Asfáltica / Manta / Madeira

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.16

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 4 – Barragem de Enrocamento

Fonte: Tariq, 2008

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.17

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS INSTITUTO DE PESQUISA E INFRAS-ESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

m Barragens de Usos Múltiplos


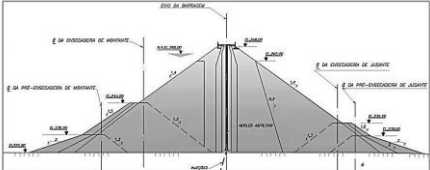


Figura 19 - Barragem de enrocamento com núcleo impermeável de asfalto UHE Foz do Chapecó.



Fonte: CBDB (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.18

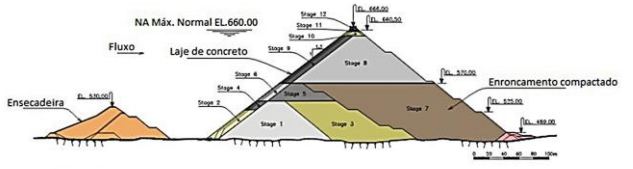
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS INSTITUTO DE PESQUISA E INFRAS-ESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 18 – Barragem de enrocamento com face de concreto UHE Campos Novos



Fonte: CBDB (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.19

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

GOV RS INSTITUTO DE PESQUISA E INFRAS-ESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 8- Usina Campos Novos, rio Canoas, SC



Fonte: Disponível em: <http://www.camposnovos.sc.gov.br/turismo/item/detalhe/1482>

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.20

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov **RS** INSTITUTO DE PESQUISA E APPLICAÇÃO

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos



Manta Recupera Placa de Madeira
(100 anos) em BRE

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.21

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov **RS** INSTITUTO DE PESQUISA E APPLICAÇÃO

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

- Gravidade
- Gravidade Aliviada
- Contraforte
- Contraforte Aliviado
- Arco
- Arcos Múltiplos

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.22

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov **RS** INSTITUTO DE PESQUISA E APPLICAÇÃO

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em

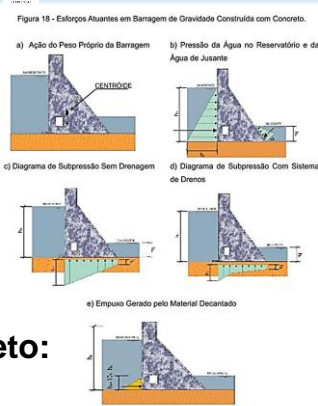
1.3. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

- Gravidade

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Fonte: KETZER e SCHAFER, 2010



Projeção 1.3.23

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 3 – Barragem de Concreto Gravidade



Fonte: CEMIG GT
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.24

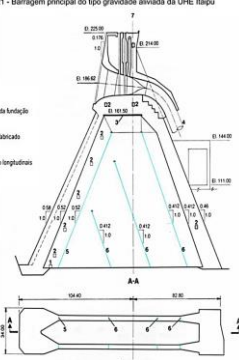
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em B

Figura 21 - Barragem principal do tipo gravidade aliviada da UHE Itaipu



- 1 Planta no EL 45
- 2 Galeria de divergem da fundição
- 3 Galeria de acesso
- 3 Laje de concreto pré-fabricado
- 4 Concreto lançado
- 5.5 Bacia de correção longitudinal
- 7 Eixo da barragem

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

➤ Gravidade Aliviada

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia (2009)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.25

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

gov RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 22 - Barragem principal do tipo gravidade aliviada da UHE Itaipu - 3D



Fonte: Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens - CEASB
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.26

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 24 - Barragem de contrafortes Figura 11 - Barragem em Contraforte Trecho D - UHE Itaipu Binacional, PR.

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

➤ **Contrafortes**

Fonte: Nota do autor, Novembro de 2010 Edna Possan

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.27

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segura Figura 15 - Barragem em arco - Lumiei (Itália) – Barragens de arco-gravidade Hoover (EUA) e Sottocastello (Itália)

Fonte: Implantidroelettrici G. Evangelisti, 1964.

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

➤ **Arco**

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.28

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

➤ **Arcos Múltiplos = Contrafortes**

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.29

Inspecção e S.

Figura 9: Barragem em arco de Funil – Seção

1.3.4. Condição Estrutural - Concreto:

➤ **Abóbada**

Fonte: CBDB (1982)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.30

Figura 8 - Barragem em arco de Funil sobre o Rio Paraíba – altura 86 m, comprimento na crista 360 m.

Fonte: CBDB (1982)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.31

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

1.3.5. Utilização:

- Armazenamento / Regularização de Vazões
- Controle de Cheias
- Desvio / Derivação
- Contenção de Rejeitos e/ou Resíduos.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.3.32

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE PESQUISA EM ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

1.3. ESTRUTURAS DE BARRAGENS
Dependendo da Utilização, a Composição pode ter:

- Barramento (Barragem Principal / Auxiliar / Dique)
- Tomada d'Água
- Vertedouro ou Descarregador
- Calha ou Rápido / Bacia de Dissipação
- Canal de Adução / Adutora / Conduto Forçado / Túnel
- Canal de Restituição / Túnel / Válvula Dispersora
- Eclusa; etc

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.1

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE PESQUISA EM ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 20 - Arranjo geral da UHE Itaipu.

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.2

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS INSTITUTO DE PESQUISA EM ENGENHARIA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em B

➤ Tomada d'Água

Figura 36 - Tomada de água da barragem de Pedras para irrigação na Bahia

Figura 37 - Tomada de água da barragem de terra homogênea de Castoré para irrigação no Ceará

Fonte: Barragens no Brasil CBDB, 1982.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.3

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
Vertedouro ou Descarregador

Figura 20 - Vertedouro de Estilha antes do acionamento do resfriamento



Fonte: Nota do autor - Corrado Pissentini

Figura 8 - Barragem de Alvorito, gravidade maciça, seção no vertedouro controlado e descarga de fundo (B&A)




(Dique Fusível / Fundo / Monge ou Torre / Orifício / Superfície –Controlada ou Livre / Tulipa)
Soleira Livre: 'Bico de Pato' / **Creager**/ Labirinto / Poço / Sifão / Teclado de Piano / Tulipa

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 1.4.4

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
Vertedouro ou Descarregador

Figura 11 - Vertedouro tipo tulipa, UHE Casimira



Fonte: Nota do autor - Winston Hiashi Kanashijo

Figura 22 - Vertedouro Tulipa da UHE Quariá



Fonte: Barragem de Brasil CBDB, 1982

Figura 20 - Vertedouro em Estilha da PCH Barão do Rio Preto



Fonte: Nota do autor - Corrado Pissentini

(Dique Fusível / Fundo / Superfície –Controlada ou Livre / Tulipa) Orifício / Soleira Livre: 'Bico de Pato' / **Creager**/ Labirinto / Poço / Sifão / Teclado de Piano / Tulipa

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 1.4.5

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
Condição Hidráulica:
✓Vertente Livre
✓Vertente Controlada

Figura 28 - Configuração típica de um vertedouro em degraus



Fonte: Grandes Vertedouros Brasileiros CBDB, 2010.

Perfil 'Creager'
Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Figura 29 - Barragem de CCR, soleira vertente em arco e degraus da PCH Funil – Minas Gerais



Fonte: Brasil

Figura 21 - Comporta tipo segmento



Fonte: Nota do autor - Winston Hiashi Kanashijo

Projeção 1.4.6

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança

Perfil 'Creager'

Figura 27 – Bacia Tipo I do USBR.

Figura 29 – Bacia Tipo II do USBR.

Fonte: Peterka (1984).

Bacia de Dissipação

Fonte: Nota do autor. Winston Hiashi Kawanishi

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.7

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Bacia de Dissipação: Killer Dam

Figure 4. Schematic showing example of stranding machine elements.

In this example the length of the countercurrent zone (CZ) shows

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.8

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS NOVAS FAÇANHAS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança

Figura 45 - Barragem de terra de Capivari. Na direita hidráulica o vertedouro e a tomada de água

Fonte: A História das Barragens no Brasil CBDB, 2011.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Calha ou Rápido

Projeção 1.4.9

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA

Inspeção e Segurança

Figura 31 - Vertedouro com salto de esqui e bacia de dissipação da PCH Retiro Velho



Figura 27 – Vertedouros de Cachoeira Dourada



Calha ou Rápido

Fonte: Grandes Vertedouros Brasileiros CBDB, 2010.

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 1.4.10

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA

Inspeção e Segurança

Figura 51 – Arranjo geral da UHE Foz do Chapecó



Figura 52 – PCH Funil sobre o rio Guaribites em Minas Gerais



Canal;
Tubulação Forçada;
Túnel.

Fonte: MBD III.

Fonte: Brasil PCH.

Projeção 1.4.11

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA

Inspeção e Segurança

Figura 17 – Grade Fixa



Figura 40 – Válvula dispersora em funil



Grade;
Válvula Dispersora.

Fonte: Nota do autor. Winston Hisasi Kanashjiro

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 1.4.12

Barragens de Usos Múltiplos

Comporta.

Figura 2 – Comporta Encastreada

Figura 10 – Comporta Segmento

Fontes: (a) NBR 7259:2001 e (b) Alstom

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.13

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Tubulação Forçada; Túnel.

http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2015/10/Hidrel%C3%A1trica_DSC_1130-680x1024.jpg

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 1.4.14

Barragens de Usos Múltiplos

Eclusa

Figura 41 – Eclusas de Três Irmãos sobre o rio Tietê

Figura 42 – Seção transversal da eclusa de Três Irmãos

Fonte: Main Brazilian Dams II CBDB, 2000.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

FIM

Projeção 1.4.15
