

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

Inspecção e segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS



Coordenação: Nelson José Ramos Cardia

Projeção 2.8.1

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

Inspecção e segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

RUPTURA:

QUALQUER OCORRÊNCIA NA ESTRUTURA DA BARRAGEM, FUNDAÇÃO, ÓRGÃO DE SEGURANÇA, RESERVATÓRIO, QUE PROVOQUE (PARA JUSANTE), LIBERAÇÃO NÃO CONTROLADA DE ELEVADO VOLUME D'ÁGUA

Coordenação: Nelson José Ramos Cardia

Projeção 2.8.2

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

Inspecção e segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Definição (RSB, artigo 3º) :

Segurança de Barragem

Capacidade Para Satisfazer Exigências de Comportamento, Visando Evitar Ocorrência de Acidentes e/ou Incidentes

Coordenação: Nelson José Ramos Cardia

Projeção 2.8.3

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS
Definição (ICOLD, 1983)
ACIDENTE:
Qualquer situação que possa afetar a SEGURANÇA do AHE.
INCIDENTE:
Qualquer situação que possa afetar a FUNCIONALIDADE do BARRAMENTO

Coordenador: Ribem José Ramos Cardia

Projeção 2.8.4

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS
Causas variam em função de: >
•Características da Barragem, *Tipo, Materiais e Fundação*
•Qualidade Projeto/Construção - *Percolação Excessiva p/Fundação ou Corpo da Barragem*

Coordenador: Ribem José Ramos Cardia

Projeção 2.8.5

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS
Causas variam em função de: >
ESTUDO HIDROLÓGICO e/ou DIMENSIONAMENTO com graves deficiências (*Galgamento*)
•QUALIDADE PROJETO/CONSTRUÇÃO - *VERTEDOR INSUFICIENTE*

Coordenador: Ribem José Ramos Cardia

Projeção 2.8.6

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. AMÉRICO BRASIL EMPRESABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Critério Rapidez de Subida

Fator Q/S > 1 ou 2 m/h

“VERTEDOUROS COM COMPORTAS E OS RISCOS DE GALGAMENTO”

(VIII-SPMCH-CBDB- Porto Alegre, RS, 01 a 04 de Maio de 2012)

ipea - Ruben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.7

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. AMÉRICO BRASIL EMPRESABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

“VERTEDOUROS COM COMPORTAS E OS RISCOS DE GALGAMENTO”

Nome	Rio	Projetista	Início Operação	Período de Reconstrução	Classe de Projeto (m³)	Área S Reservatório (km²)	Fator Q/S (m/h)
Itaipu Vermelha	Grande	Protopol/Itaipu	1.978	Decembrariano	30.000	580,00	0,11
Alfonse	Boca	SPEC	2.006	PMF	15.000	36,60	1,48
Estação da Cunha	Pardo	Milcovargas/IESA	1980/1979	Decembrariano	5.100	1,20	4,72
Paraná do Sul	Uruguai	USP	1.950	PMF	10.000	3,00	18,00
Jacua	Jacui	Engelux	1.978	Decembrariano	8.130	8,60	3,48
Paraná	Paraná	IESA	1.980	PMF	15.000	378,00	0,03
Imoim	Pardo	DMEE/IESA	1.958/1.973	Decembrariano	3.000	3,00	3,00
Alcandino	Paraná	CNEC	2.002	PMF	37.800	70,00	1,70
Alcandino	Uruguai	FAVES/USP	1.976	PMF	15.000	4,00	12,00
Paulo Morito	São Francisco	Schnecko/Thomas	1.976	Decembrariano	35.000	17,00	7,41
Paulo Morito	Paraná	CNEC	1.980	PMF	17.400	100,00	0,17
Paulo Morito	São Antonio	SPEC	2.001	Decembrariano	5.200	4,20	5,37
Paulo Morito	Paraná	Thomas	1.986	Decembrariano	52.800	1.480,00	0,10
Paulo Morito	da Cunha	Hidromecânica/USP	1.973	PMF	1.200	0,30	12,00
Serra do Falcão	São Marcos	CNEC	2.010	Decembrariano	2.400	232,00	0,04
Paraná	Paraná do Sul	Engelux	1.970	Decembrariano	8.400	30,00	2,80
Paraná	Paraná	SPVIX	1.971	Decembrariano	3.200	400,00	0,03
Paraná	São Francisco	Promon	1.984	Decembrariano	33.000	60	1,98

ipea - Ruben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.8

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. AMÉRICO BRASIL EMPRESABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Principais Formas de Ocorrências BRT /BRE: >

RUPTURA

Erosão Interna por Fraturamento Hidráulico do Núcleo com Transição e Filtros Sub-dimensionados

Liquefação do Aterro, Ruptura da Membrana Impermeável ou Subsistência da Crista, Devido a Sismo

ipea - Ruben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.9

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **IRS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Principais Formas de Ocorrências BRT /BRE: >

RUPTURA

- Alívio no Contato / Colapso / Desconfinamento /
- Perda de Resistência / Ravinas / Rebaixamento Rápido /
- Ruptura de Talude / Saturação / Trincas / etc

ipea - Roben José Ramos Cardia 10

Projeção 2.8.10

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **IRS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Principais Formas de Ocorrências BRT /BRE: >



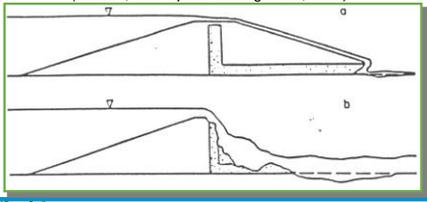
ipea - Roben José Ramos Cardia 11

Projeção 2.8.11

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **IRS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Processo de GALGAMENTO e RUPTURA em BRT e/ou BRE:
(Silveira, 1999 apud Powledge et al, 1989)



ipea - Roben José Ramos Cardia 12

Projeção 2.8.12

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Processo de GALGAMENTO e RUPTURA em BRT e/ou BRE:
(Silveira, 1999 apud Powledge et al, 1989)

ipea - Roben José Ramos Cardia 13

Projeção 2.8.13

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Mecanismo de Formação da Brecha, provocado por erosão interna ("piping") ou galgamento, depende de:.

- Tempo de Formação da Brecha;
- Tamanho e Natureza da Brecha;
- Volume de Água Liberado.

ipea - Roben José Ramos Cardia 14

Projeção 2.8.14

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. DO RIO GRANDE DO SUL **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Formação da Brecha para Aplicações Práticas Pertinentes, Considerada (aproximadamente) **TRAPEZOIDAL** para Barragem de Aterro

(Silveira, 1999 apud Sing & Scariatos, 1988)

ipea - Roben José Ramos Cardia 15

Projeção 2.8.15

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Tempo até Ruptura >

Tempo de Ruptura para 33 Casos Variou entre 0,5 h e 12 h.

Maioria dos Casos Inferior a 3,0 h

Valor Médio em torno de 1,0 h.

(Silveira, 1999 apud Sing & Scarlatos, 1988)

ipea - Roben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.16

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

2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Ao longo da história já foram registrados diversos tipos de problemas, causando Incidentes e Acidentes (Ruptura) com barragens. Isso, desde a segunda barragem registrada = Sad-el-Kafara.

• South Fork (Johnstown, Pen/31MAIO1889)

- Terra/Enrocamento / 21,9 m
- Galgamento / 2.209 mortos

ipea - Roben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.17

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Saint Francis (Los Angeles 12MAR28).

ipea - Roben José Ramos Cardia

Projeção 2.8.18

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

Aterro
123 m



• Teton Dam
(Newdale, Idaho, EUA/05JUN76)
11-14 mortos.

ipea - Robson José Ramos Cardia

19

Projeção 2.8.19

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

2.8. A BARRAGEM

BARRAGEM PAMPULHA
(MG/1954)



ipea - Robson José Ramos Cardia

20

Projeção 2.8.20

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS



Rio PARDO (SP/20JAN77).

ipea - Robson José Ramos Cardia

21

Projeção 2.8.21

Inspeção e Segurança em Barragens
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

ACIDENTE DA BARRAGEM ÁGUA VERMELHA

(SP/20JAN80)
Abraço Esquerdo Erosão:
40x10³ m³



ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada | ANA Agência Nacional de Águas | 22

Projeção 2.8.22

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS



Alagoa Nova
GuiaCampina

Camará (PB/17JUN04)

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada | ANA Agência Nacional de Águas | 23
<http://www.paraiba.pb.gov.br/noticias>

Projeção 2.8.23

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
BARRAGENS

Segundo Os eng.s Luiz Hernani de Carvalho e Edilberto Monteiro Vasconcelos, a falha na Barragem deveu-se à baixa resistência do concreto usado durante a construção.

Camará (PB/17JUN04)

(???)



ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada | ANA Agência Nacional de Águas | 24
<http://www.paraiba.pb.gov.br/noticias>

Projeção 2.8.24

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS Comitê de Inspeção e Segurança em Barragens

ANA Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

2.8. ACIDENTES



19/01/2008

Apertadinho

 <http://www.paraitba.pb.gov.br/noticias>

25

Projeção 2.8.25

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS Comitê de Inspeção e Segurança em Barragens

ANA Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

M BARRAGENS



30JAN08

ESPORA.

[Roberto José Ramos Cardia](#)

26

Projeção 2.8.26

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS Comitê de Inspeção e Segurança em Barragens

ANA Agência Nacional de Águas

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

S COM BARRAGENS



26MAIO09

5 mortos ?

BARRAGEM ALGODÕES

[Roberto José Ramos Cardia](#)

Barragem de Algodões I, PI (2009)

27

Projeção 2.8.27

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens
2.8. ACIDENTES

Barragem Bocauiuva
2010



BARRAGEM INXU - 2015

Deficiência de Materiais?
Junta e Manta / Subpressão?

Fonte: Roberto José Ramos Cardia

28

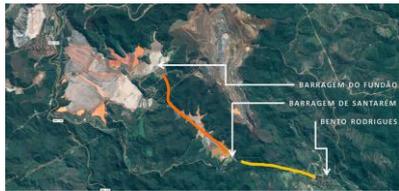
Projeção 2.8.28

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS




BARRAGEM FUNDÃO 2015

Fonte: Roberto José Ramos Cardia

29

Projeção 2.8.29

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens
2.8. ACIDENTES



Candonga.
Acidente ou Incidente?.

Fonte: Roberto José Ramos Cardia

http://www.candonga.com.br/imprensa/fotos/

30

Projeção 2.8.30

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

OROVILLE 2018

https://www.youtube.com/watch?v=5sa_Q1R7mG8&feature=youtu.be

31

Projeção 2.8.31

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

OROVILLE 2018

https://www.youtube.com/watch?v=5sa_Q1R7mG8&feature=youtu.be

32

Projeção 2.8.32

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS

OROVILLE 2018

Press conference explaining the plan to fix Oroville Spillway
Bill Coyle, acting director of Department of Water Resources, explains the current plans to fix the Oroville spillway and the emergency spillway.
Video by Randy French - Produced by Sue Morris

https://www.youtube.com/watch?v=5sa_Q1R7mG8&feature=youtu.be

33

Projeção 2.8.33

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS



21 Mile Dam (Montello, Nevada, USA FEB 08th, 2017)
Vignette V6 f2c7a593a5a1eda4ce812cbc10153a7840c77bd5 Thu Feb 09 09:17:14 2017 / By [McKenzie RomeroDeseret News@McKenzieRomero](#)

ipea - Roberto José Ramos Cardia

Projeção 2.8.34

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS



ipea - Roberto José Ramos Cardia

Projeção 2.8.35

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos
2.8. ACIDENTES COM BARRAGENS
2018/2019
Fim do Cap. 5



Dique da Tejucana **Brumadinho, MG**

ipea - Roberto José Ramos Cardia

Projeção 2.8.36
