

**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 **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 **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 **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** | **ANA**

**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** | **ANA**

**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 Recorrência	Classe de Projeto (m³)	Área S Reservatório (km²)	Fator Q/S (m/h)
Itaipu Vermelha	Grande	Protopol/Itaipu	1.978	Decadal/Anual	30.000	380,00	0,11
Alvorada	Boca	SPCC	2.006	PMF	15.000	36,60	1,48
Estação da Cunha	Pardo	Milcovargas/IESA	1969/1979	Decadal/Anual	5.100	1,20	4,72
Paraná do Sul	Uruguai	USP	1.950	PMF	10.000	3,00	18,00
Jacua	Jacui	Engelvv	1.978	Decadal/Anual	8.130	8,60	3,48
Paraná	Paraná	IESA	1.980	PMF	16.000	278,00	0,03
Imoim	Pardo	DMEE/IESA	1.958/1.973	Decadal/Anual	3.000	3,00	3,00
Alcobaça	Paraná	CNEC	2.002	PMF	37.800	73,00	1,78
Itaipu	Uruguai	FAZES/USP	1.974	PMF	15.000	4,00	12,00
São Marcos	São Francisco	SCHNEIDER/Thomaz	1.976	Decadal/Anual	35.000	17,00	7,41
Paraná do Sul	Paraná	CNEC	1.985	PMF	17.400	104,00	0,17
Paraná	São Antonio	SPCC	2.001	Decadal/Anual	6.200	4,20	5,37
Paraná Primavera	Paraná	Thomaz	1.995	Decadal/Anual	62.800	1.480,00	0,18
Paraná Carlos II	da Cunha	Hidromecânica/Thomaz	1.973	PMF	1.200	0,30	12,00
Serra do Falcão	São Marcos	CNEC	2.010	Decadal/Anual	2.400	232,00	0,04
Paraná do Sul	Paraná	Engelvv	1.976	Decadal/Anual	8.400	30,00	2,80
Paraná	Paraná	SPCC	1.977	Decadal/Anual	3.200	400,00	0,03
Paraná	São Francisco	Promon	1.984	Decadal/Anual	33.000	60	1,98

ipea - Ruben José Ramos Cardia

# Projeção 2.8.8

---

---

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada | **RS** | **ANA**

**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** **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** **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

---

---

---

---

---

---

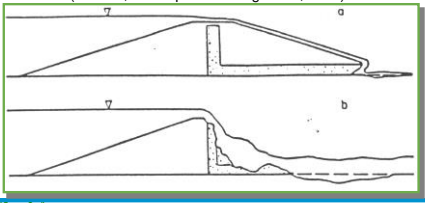
---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **IRS** **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** GOV **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 - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## Projeção 2.8.16

---

---

---

---

---

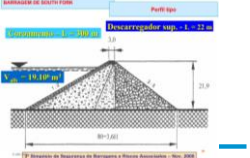
---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV **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 - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## Projeção 2.8.17

---

---

---

---

---

---

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

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



**Saint Francis (Los Angeles 12MAR28).**

ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## 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. ACIDENTES COM BARRAGENS**

**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:  
40x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>



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** **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** **ANA** Agência Nacional de Águas

**Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos**

**2.8. BARRAGENS**



**30JAN08**

**ESPORA.**

[Roberto José Ramos Cardia](#)

26

## Projeção 2.8.26

---

---

---

---

---

---

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

**Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos**

**2.8. BARRAGENS 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

**Inspecção e Segurança**  
**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

**Inspecção 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

**Inspecção e Segurança**  
**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 **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](https://www.youtube.com/watch?v=5sa_Q1R7mG8&feature=youtu.be)

31

# Projeção 2.8.31

---

---

---

---

---

---

---

---

**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**

**OROVILLE 2018**

[https://www.youtube.com/watch?v=5sa\\_Q1R7mG8&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=5sa_Q1R7mG8&feature=youtu.be)

32

# Projeção 2.8.32

---

---

---

---

---

---

---

---

**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**

**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](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](#)

Roberto José Ramos Cardia 34

## 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**



Roberto José Ramos Cardia 35

## 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**

Roberto José Ramos Cardia 36

## Projeção 2.8.36

---

---

---

---

---

---

---

---