



25 a 28 de outubro de 2011  
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro

## **II SIBE** **Simpósio Internacional de** **Barragens de Enrocamento**

27 e 28 de outubro de 2011  
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro

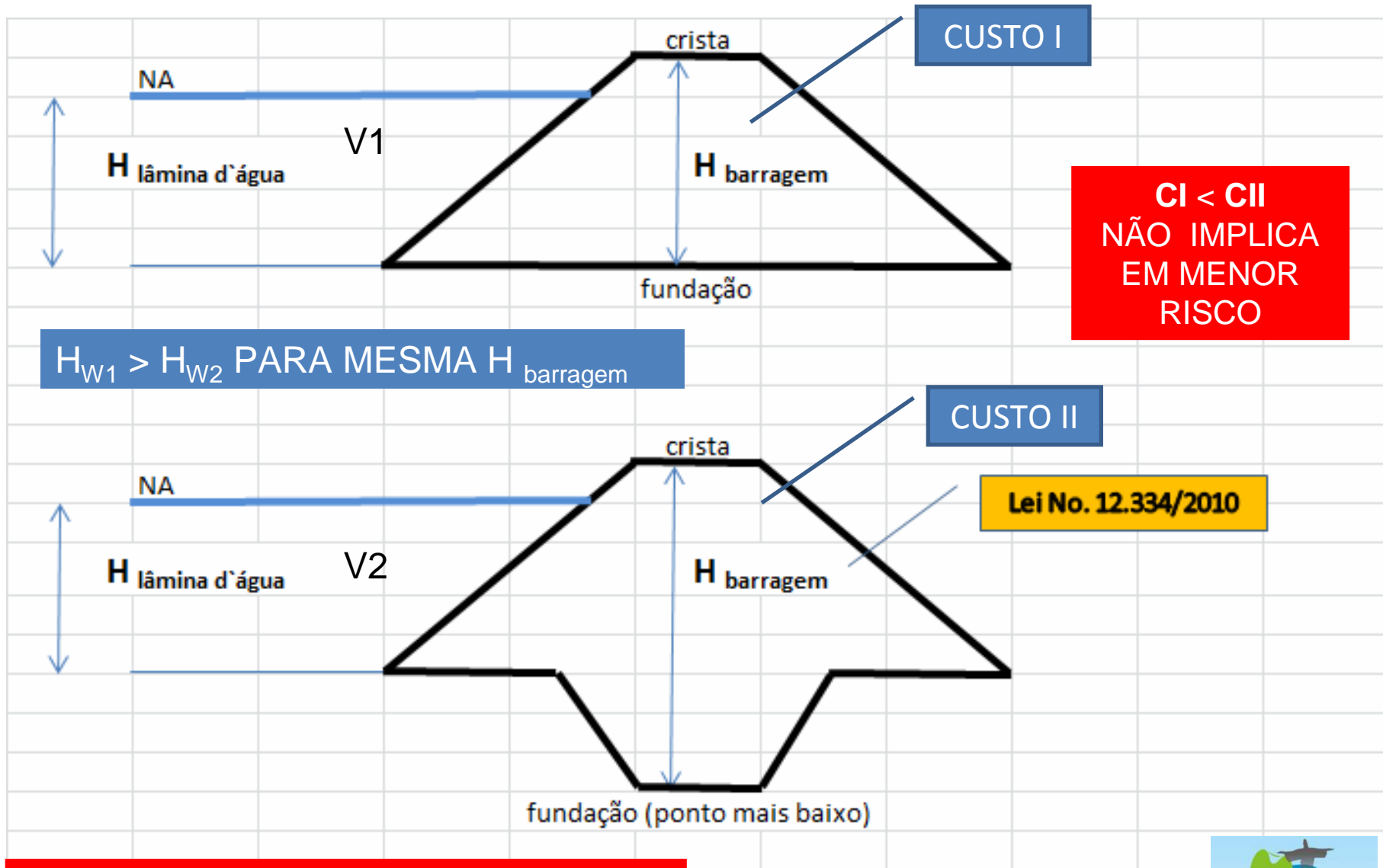


# **O RISCO DA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS POR CATEGORIA DE RISCO, COM BASE EM MÉTODO DE PONDERAÇÃO DE FATORES**

**Carlos Henrique MEDEIROS**  
Eng<sup>o</sup>. Civil, M.Sc., Ph.D.

**Maria da Graça M. LOPES**  
Eng<sup>a</sup>. Civil, Esp. Meio Ambiente

# ATENÇÃO!



O QUE POTENCIALIZA O RISCO?

$H$  lâmina d'água ou  $H$  barragem?

# GRAU DE PERICULOSIDADE (P)

DIMENSÃO DA BARRAGEM (a)	VOL. TOTAL DO RESERVATÓRIO (b)	TIPO DE BARRAGEM (c)	TIPO DE FUNDAÇÃO (d)	VAZÃO DE PROJETO (e)
$H \leq 10m$ e $L \leq 200m$ (1)	Pequeno < 20 hm <sup>3</sup> (9)	Concreto	Rocha (1)	TR = 10.000 anos
$10m < H < 20m$ e $L \leq 200m$ (3)	Médio até 200 hm <sup>3</sup> (8)	Pedra / concreto	Rocha Alterada ou saprolito (4)	TR = 1.000 anos (2)
$20 \leq H \leq 50m$ e ou $L = 200m$ a 300m (6)	Regular 200 a 800 hm <sup>3</sup> (7)	Terra Enrocamento (6)	Solo residual / Aluvião até 4m (5)	TR = 500 anos (4)
$H < 50m$ e $L > 500m$ (10)	Muito Grande < 200 hm <sup>3</sup> (10)	Terra (10)	Aluvião Arenoso espesso / solo orgânico (10)	TR < 500 anos ou Desconhecida (2)

CCV/CCR + Terra / Terra-Enrocamento?

NATUREZA DO MATERIAL ACUMULADO?

EXISTE TRATAMENTO?

QUALIDADE DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS / DADOS, ETC.

# GRAU DE PERICULOSIDADE (P)

**NOTA:** Se a vazão for desconhecida, deverá ser reavaliada, independentemente da pontuação.

$P > 30$ - Elevado
$20 < P \leq 30$ - Significado
$10 \leq P \leq 20$ - Médio

QUAL O ALCANCE DA ONDA DE CHEIA?  
BENFEITORIAS / INFRAESTRUTURA AFETADA (NA ÁREA DE INUNDAÇÃO) ... ?

# IMPORTÂNCIA (I)

VOL. ÚTIL (hm <sup>3</sup> ) (m)	POPULAÇÃO A JUSANTE (No. de habitante) (n)	CUSTO DA BARRAGEM (R\$) (o)	
Grande (2) > 800	Grande (2,5)	Elevado (1,5)	$I = \frac{m + n + o}{3}$
Mé 20	Média	Médio (1,2)	VALOR ESTRATÉGICO?
Baixo (1) < 200	Pequena (1,0)	Pequeno (1,0)	

NATUREZA DO MATERIAL ACUMULADO?

QUAL A RELAÇÃO COM RISCO?

MENOR CUSTO IMPLICA EM MENOR RISCO?

# GRAU DE VULNERABILIDADE (V)

TEMPO DE OPER. (f)	EXISTÊNCIA DE PROJETO (as built) (g)	CONF. DA EST. VERT. (h)	TOMADA D'ÁGUA (i)	PERCOLAÇÃO (j)	DEFOR. AFUNDA. / ASSENT. (k)	DETERIO- RAÇÃO DOS TALUDES / PARAMENT.
< 30 anos (a)	Existem "as built", Projetos e Avaliação do desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Controle a montante (1)	pele sistema de drenagem (1)	Inexistente (0)	Inexistente (1)
De 10 a 30 anos (1)	Projetos e "as built" (3)	Satisfatória (3)	Satisfa- tória Controle a jusante (3)	Sinais de umede- cimento nas áreas de jusante, taludes e ombreiras (4)	Pequenos abatimentos da crista (2)	Falhas no "rip-rap" e na proteção de jusante (3)

**QUALIDADE DO PROJETO?**

**INACEITAVEL NO CASO DE REJEITOS**

**NEM SEMPRE PERMITEM DEPLECIONAMENTO**

# GRAU DE VULNERABILIDADE (V)

TEMPO DE OPER. (f)	EXISTÊNCIA DE PROJETO (as built) (g)	CONF. DA EST. VERT. (h)	TOMADA D'ÁGUA (i)	PERCO- LA ÇÃO (j)	DEFOR. AFUNDA. ASSENT. (k)	DETERIO- RAÇÃO PARAMENT. (l)
< 30 anos (a)	Existem "as built", Projetos e Avaliação do desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Controle a montante (1)	Sistema de drenagem (1)	Inexistente (0)	Inexistente (1)
< 5 anos (3)	Não Existe Projeto (7)	Insatisfatório (10)		Surgência de água em taludes, e áreas jusante (10)	Depressão na crista, afundamentos nos taludes, ou na fundação / trincas (10)	Depressão no "rip rap", escorregamento, sulcos profundos de erosão, vegetação (10)

LOCALIZAÇÃO DE RISCO? /

PERFIL DO PROJETISTA E CONSTRUTOR?

POSIÇÃO NA CRISTA?

# GRAU DE VULNERABILIDADE (V)

## AVALIAÇÃO

<b>NOTA:</b> Pontuação (10) em qualquer coluna implica intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.	<b><math>V &gt; 35</math> - Elevado</b>	<b><math>V = \sum (f \text{ a } l)</math></b>
	<b><math>20 \leq V \leq 35</math> - Moderada a Elevada</b>	
	<b><math>5 \leq V \leq 20</math> - Baixa a Moderada</b>	
	<b><math>V &lt; 5</math></b>	

**RISCO DE AVALIAÇÕES IMPRECISAS**

# POTENCIAL DE RISCOS (PR)

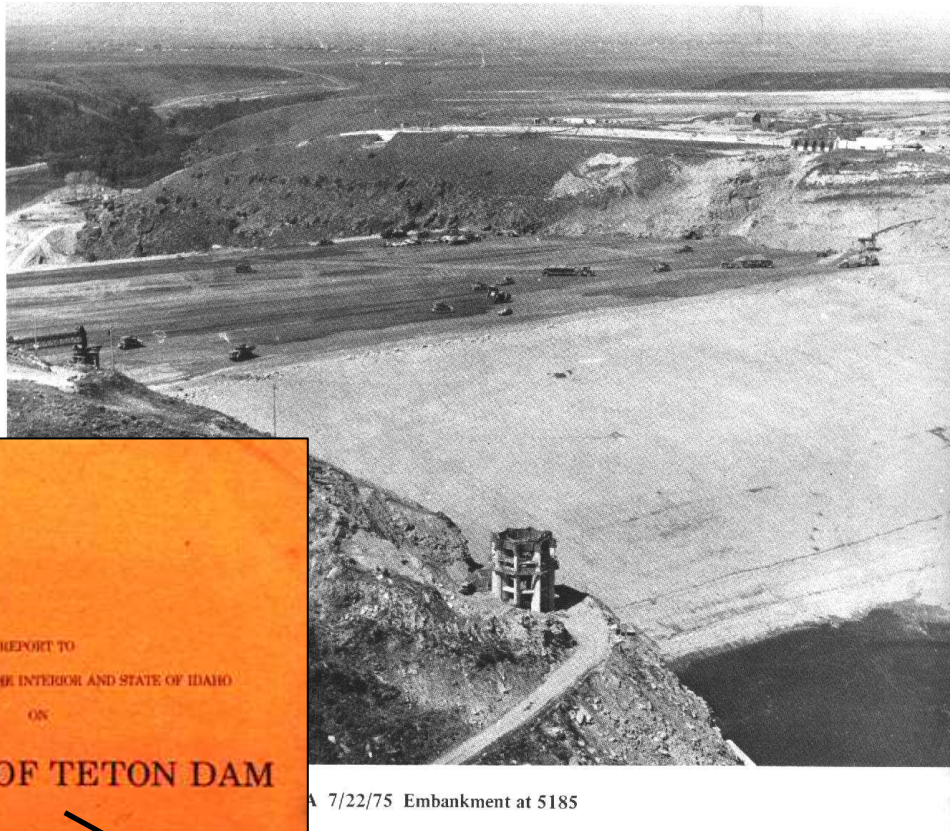
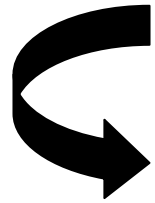
CLASSE	POTENCIAL DE RISCO - PR	PR	PR
A	> 65 (ou V = 10)	$PR = \frac{(P + V)}{2} \times I$	ALTO
B	40 a 65		MÉDIO
C	25 a 39		NORMAL
D	15 a 24		BAIXO
E	< 15		MUITO BAIXO

## NOTAS:

- Barragens com PR > 55 devem reavaliadas por critérios de maior detalhe.
- Barragens incluídas na Classe A exigem intervenção, a ser definida com base em inspeção visual.

RISCO DE AVALIAÇÕES IMPRECISAS

# ACIDENTE BARRAGEM DE TETON (EUA) - 1976



7/22/75 Embankment at 5185

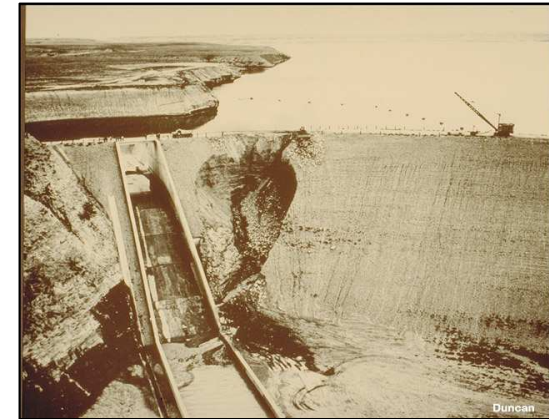
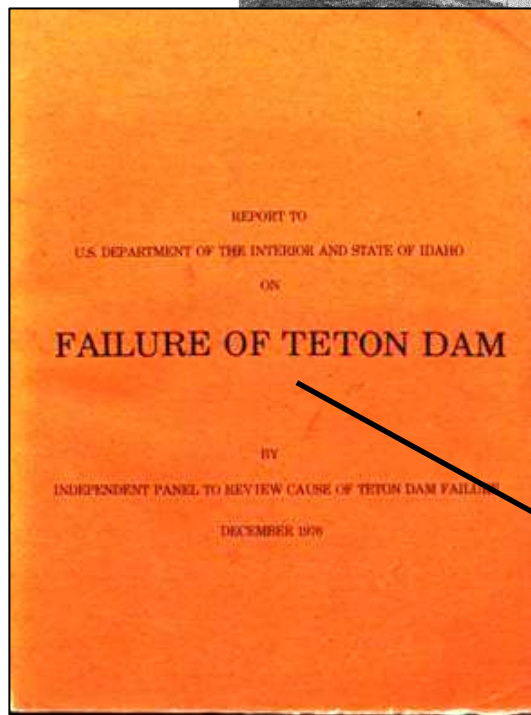


Fig. 2-15. Early afternoon June 5, 1976.



Fig. 2-16. Late Afternoon June 5, 1976.



PRATICAMENTE UMA  
VULNERABILIDADE E  
UM GRAVE  
ACIDENTE

# BARRAGEM DE TETON (EUA) - 1976

BARRAGEM DE TETON				
1.1 - PERICULOSIDADE ( P )				
DIMENSÃO DA BARRAGEM (a)	VOLUME TOTAL DO RESERVATÓRIO (b)	TIPO DE BARRAGEM (c)	TIPO DE FUNDAÇÃO (d)	VAZÃO DE PROJETO* (e)
Altura menor que 10m e Comprimento menor que 200m ( 1 ponto )	Pequeno menor que 20 hm <sup>3</sup> ( 3 pontos )	Concreto ( 4 pontos )	Rocha ( 1 ponto )	Decamilenar ( 1 ponto )
Altura entre 10 e 20 m e Comprimento menor que 200m ( 3 pontos )	Médio entre 20 e 200 hm <sup>3</sup> ( 5 pontos )	Alvenaria de Pedra ou Concreto Rolado ( 6 pontos )	Rocha Alterada Saprolito ( 4 pontos )	Milenar ( 2 pontos )
				<b>X</b>
Altura entre 20 e 50m e Comprimento entre 200 e 3000m ( 6 pontos )	Grande entre 200 e 800 hm <sup>3</sup> ( 7 pontos )	Terra Enrocamento ( 8 pontos )	Solo Residual ou Aluvião ( 5 pontos )	500 anos ( 4 pontos )
			<b>X</b>	
Altura maior que 50m e Comprimento maior que 500m ( 10 pontos )	Muito Grande maior que 800 hm <sup>3</sup> ( 10 pontos )	Terra ( 10 pontos )	Aluvião arenoso espesso ou solo orgânico ( 10 pontos )	Inferior a 500 anos ou desconhecida ( 10 pontos )
<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>* se a vazão é desconhecida, deverá ser reavaliada, independente da pontuação.</b>				
<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>37</b>			
<b>SITUAÇÃO :</b>	<b>ELEVADO</b>			

Elevado maior que 30 ; Significativo entre 20 e 30 e Baixo a Moderado entre 10 e 20.

# BARRAGEM DE TETON (EUA) - 1976

<b>BARRAGEM DE TETON</b>						
<b>1.2 - VULNERABILIDADE ( V )</b>						
<b>TEMPO DE OPERAÇÃO (f)</b>	<b>PROJETOS ( AS BUILT ) (g)</b>	<b>CONFIABILIDADE DA ESTRUTURA VERTEDORA (h)</b>	<b>TOMADA DE ÁGUA (i)</b>	<b>PERCOLAÇÃO (j)</b>	<b>DEFORMAÇÕES AFUNDAMENTOS ASSENTAMENTOS (k)</b>	<b>DETERIORAÇÃO DOS TALUDES / PARÂMETROS (l)</b>
Menor que 30 anos (0 ponto)	Existe As Built, Projetos e Aval. de Desempenho (1 ponto)	Muito satisfatória (2 pontos)	Satisfatória Controle a Montante (1 ponto)	Totalmente Controlada pelo sistema de drenagem (1 ponto)	Inexistente (0 ponto)	Inexistente (1 ponto)
		<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>
Entre 10 e 30 anos (1 ponto)	Existe As Built e Projetos (3 pontos)	Satisfatória (3 pontos)	Satisfatória Controle a Jusante (2 pontos)	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes e ombreiras (4 pontos)	Pequenos abatimentos na crista (2 pontos)	Falhas no RIP RAP e na proteção de Jusante (3 pontos)
	<b>X</b>		<b>X</b>			
Entre 5 e 10 anos (2 pontos)	Só Projeto Básico (5 pontos)	Suficiente (6 pontos)	Aceitável (3 pontos)	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreiras, áreas alagadas a jusante devido o fluxo (6 pontos)	Ondulações pronunciadas, fissuras (6 pontos)	Falha nas proteções, drenagem insuficiente e sulco nos taludes (7 pontos)
Menor que 5 anos (3 pontos)	Não existe Projeto (7 pontos)	Não satisfatório (10 pontos)	Deficiente (5 pontos)	Surgência de água em taludes, ombreiras e áreas de jusante (10 pontos)	Depressão na crista, afundamentos nos taludes, ou na fundação / trincas (10 pontos)	Depressão no RIP RAP escorregamento, sulcos profundos de erosão, vegetação (10 pontos)
<b>X</b>				<b>X</b>		
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>NOTA : pontuação (10) em qualquer coluna implica em intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.</b>						
<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>21</b>					
<b>SITUAÇÃO :</b>	<b>MODERADA A ELEVADA</b>					
Elevada maior que 35 ; Moderada a elevada entre 20 e 35 ; Baixa a Moderada entre 5 e 20 e Muito Baixa menor que 5.						

# BARRAGEM DE TETON (EUA) - 1976

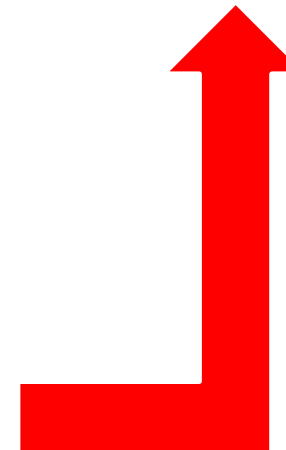
<b>BARRAGEM DE TETON</b>		
<b>1.3 - IMPORTÂNCIA ( I )</b>		
* Volume útil do reservatório (população beneficiada)		
* População a jusante		
* Custo da barragem		
<b>VOLUME ÚTIL hm<sup>3</sup> (m)</b>	<b>POPULAÇÃO A JUSANTE (n)</b>	<b>CUSTO DA BARRAGEM (o)</b>
Grande maior que 800 hm <sup>3</sup> ( 2 pontos )	Grande ( 2,5 pontos )	Elevado (1,5 pontos )
<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Médio entre 200 e 800 hm <sup>3</sup> ( 1,5 pontos )	Médio ( 2 pontos )	Médio ( 1,2 pontos )
Baixo menor que 200 hm <sup>3</sup> ( 1 pontos )	Pequeno ( 1 ponto )	Pequeno ( 1 ponto )
<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>
<b><math>I = \frac{(m + n + o)}{3}</math></b>		<b>2</b>

# BARRAGEM DE TETON (EUA) - 1976

BARRAGEM DE TETON		
1.4 - POTENCIAL DE RISCO ( PR )		
<b>CLASSE</b>	<b>POTENCIAL DE RISCO - PR</b>	
<b>A</b>	ALTO - maior que 65 ( ou V = 10 )	
<b>B</b>	MÉDIO - entre 40 e 65	
<b>C</b>	NORMAL - entre 25 e 39	
<b>D</b>	BAIXO - entre 15 e 24	
<b>E</b>	MUITO BAIXO - menor que 15	
<b>PR = ((P+V)/2)*I</b>	<b>P - PERICULOSIDADE</b>	<b>37</b>
	<b>V - VULNERABILIDADE</b>	<b>21</b>
	<b>I - IMPORTÂNCIA</b>	<b>2</b>
	<b>CLASSE</b>	<b>B</b>
<b>POTENCIAL DE RISCO</b>	<b>58</b>	<b>MÉDIO</b>



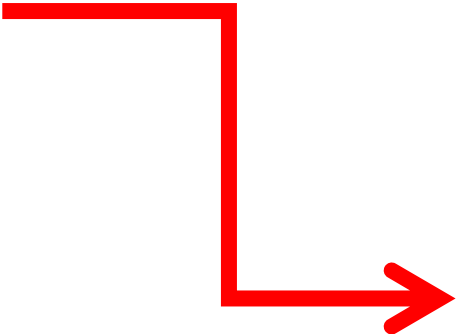
Fig. 2-15. Early afternoon June 5, 1976.



<b>POTENCIAL DE RISCO - PR</b>
ALTO - maior que 65 ( ou V = 10 )
MÉDIO - entre 40 e 65
NORMAL - entre 25 e 39
BAIXO - entre 15 e 24
MUITO BAIXO - menor que 15

OU QUALQUER OUTRA ESCALA

**QUAL O RISCO POTENCIAL ENVOLVIDO?**



UM NÚMERO E UMA DECISÃO?

MUITO BAIXO	BAIXO	NORMAL	MÉDIO	ALTO
15	25	40	65	
		39	64	

## CONCLUSÕES:

- ✓ OS CRITÉRIOS DE DETERMINAÇÃO DE **CATEGORIAS DE RISCO** DEVEM SER ESTABELECIDOS COM FOCO, ÚNICO E EXCLUSIVO, NA DEFINIÇÃO SOBRE A EXIGÊNCIA DE ELABORAÇÃO DO **PAE**.
- ✓ DIFICULDADES NO DETALHAMENTO DE TODOS OS ASPECTOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS, ORGANIZACIONAIS, RECURSOS HUMANOS E CIRCUNSTÂNCIAS QUE SEJAM RELEVANTES PARA O PROBLEMA A SER ANALISADO.

## QUESTÕES DO RELATOR

“Risco Hidrológico: É comum a constatação de bacias hidrográficas com deficiência de dados, ausência absoluta de dados e inoperância de estações hidrometeorológicas”

- Essa afirmação me parece que não deveria ser generalizada para todo o país, mas sim para as regiões ainda em desenvolvimento, nas quais se observa a carência de dados. Seria importante ouvir dos autores alguns exemplos práticos desse problema e suas implicações práticas no dimensionamento do Vertedouro.

**RESPOSTA:** Concordo que tal afirmativa se adequa melhor as condições do semiárido brasileiro, o que não exclui sua extensão para as regiões de grandes precipitações, mas, sem redes hidrometeorológicas que registrem esses dados.

## QUESTÕES DO RELATOR

“Os acidentes são antecedidos por sinais de alerta”.  
Nem sempre (ruptura for junta do tipo frágil, piping através da fundação de barragem de terra, por exemplo).

RESPOSTA: Não existe uma causa e uma consequência, em termos de acidentes com barragens. Mesmo o “*piping*”, sabemos que infelizmente se manifesta quando já em estágio final (visualização), mas, os fatores que convergem para a predisposição do evento podem ser antecipados: tipo de material, condição de interfaces, etc.



# MUITO OBRIGADO!

Carlos Henrique MEDEIROS

e

Maria da Graça Maia LOPES

Esta apresentação estará disponível para download, a partir do dia 03/11/2011, no site:

[www.cbdb.org.br](http://www.cbdb.org.br)