

GT SEGURANÇA DE BARRAGENS

Relatório das Vistorias de Nível I



Integrantes:

Eng. Civ. Paulo Renato Paim (Diretor do DRHS/SEMA-RS);

Geól. Francisco Paulo Garcia (Coordenador Titular);

Eng.-Agr. Francisco Antonello Marodin (Coordenador Suplente);

Geól. Augusto Furtado de Souza;

Geól. Carlos José Sobrinho da Silveira;

Eng.-Agr. Daiana Althaus;

Geól. Ellen Bassan Beneduzzi;

Geól. Flavia Avila Dias;

Geól. Ingo Schneider;

Geóg. Luciano Brasileiro Cardone;

Geól. Mariana Maturano Dias Martil;

Eng.-Agr. Rogério Chimanski da Fontoura.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Preâmbulo.....	3
1.2. Grupo de Trabalho.....	3
2. PLANO DE TRABALHO	4
2.1. Fonte de Dados.....	5
2.2. Filtragem e Classificação dos Dados.....	5
2.3. Cronograma.....	6
2.4. Campanha de Vistorias.....	7
2.5. Resultados.....	7
3. ANOMALIAS	10
3.1. Anomalias no Talude de Montante.....	12
3.1.1. Presença de árvores e arbustos.....	13
3.1.2. Erosões no talude.....	14
3.1.3. Falha no enrocamento.....	15
3.1.4. Erosões no encontro das ombreiras.....	16
3.1.5. Presença de formigueiro.....	17
3.2. Anomalias no Talude de Jusante.....	18
3.2.1. Presença de árvores e arbustos.....	19
3.2.2. Erosões no talude.....	20
3.2.3. Presença de formigueiro.....	21
3.3. Anomalias na crista.....	22
3.3.1. Presença de árvores e arbustos.....	23
3.3.2. Presença de formigueiro.....	24
3.3.3. Afundamentos e buracos.....	25
3.3.4. Erosões na crista.....	26
3.4. Anomalias no vertedouro.....	27
3.4.1. Presença de árvores e arbustos.....	28
3.4.2. Erosões no vertedouro.....	29
4. CONCLUSÕES	30

1. INTRODUÇÃO

1.1. Preâmbulo

Em virtude dos recentes acidentes em barragens no Brasil e da Moção nº 72, de 29 de Janeiro de 2019, na qual o Ministro do Desenvolvimento Regional, Sr. Gustavo Canuto, recomenda a adoção de medidas necessárias à imediata fiscalização de todas as barragens classificadas com "risco alto" ou com "dano potencial alto", o Estado do Rio Grande do Sul criou um Plano de Trabalho para enfrentar este tema.

No dia treze de fevereiro de 2019, o Estado do Rio Grande do Sul, por meio do seu Governador, Sr. Eduardo Leite, lançou o Plano de Trabalho visando ações de aperfeiçoamento da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no Estado do Rio Grande do Sul. Este Plano de Trabalho contém tópicos e ações de curto, médio e longo prazo que vem sendo efetivados pelo Poder Executivo Estadual com o intuito de minimizar riscos de acidentes com barragens e promover mais segurança à população.

Dentre as ações de curto prazo, definiu-se implementar uma rotina de vistorias técnicas das barragens com portarias de outorga emitidas pela Divisão de Outorga (DIOUT) do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS) da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS), além de vistorias de outras barragens que eventualmente são demandas por órgãos públicos diversos.

1.2. Grupo de Trabalho

Considerando o Plano de Trabalho instituído pelo Governador do Estado, a SEMA-RS, por meio da DIOUT do DRHS criou um Grupo de Trabalho (GT) para atuar na vistoria técnica de barragens outorgadas no Estado.

No dia 04 de junho de 2019, a SEMA-RS, por meio do Secretário Sr. Artur de Lemos Júnior, assinou a Portaria SEMA nº 168, na qual ficou instituído o Grupo de Trabalho Segurança de Barragens com o objetivo de conduzir as ações relativas ao aperfeiçoamento da implementação da Política de Segurança de Barragens no Estado do Rio Grande do Sul.

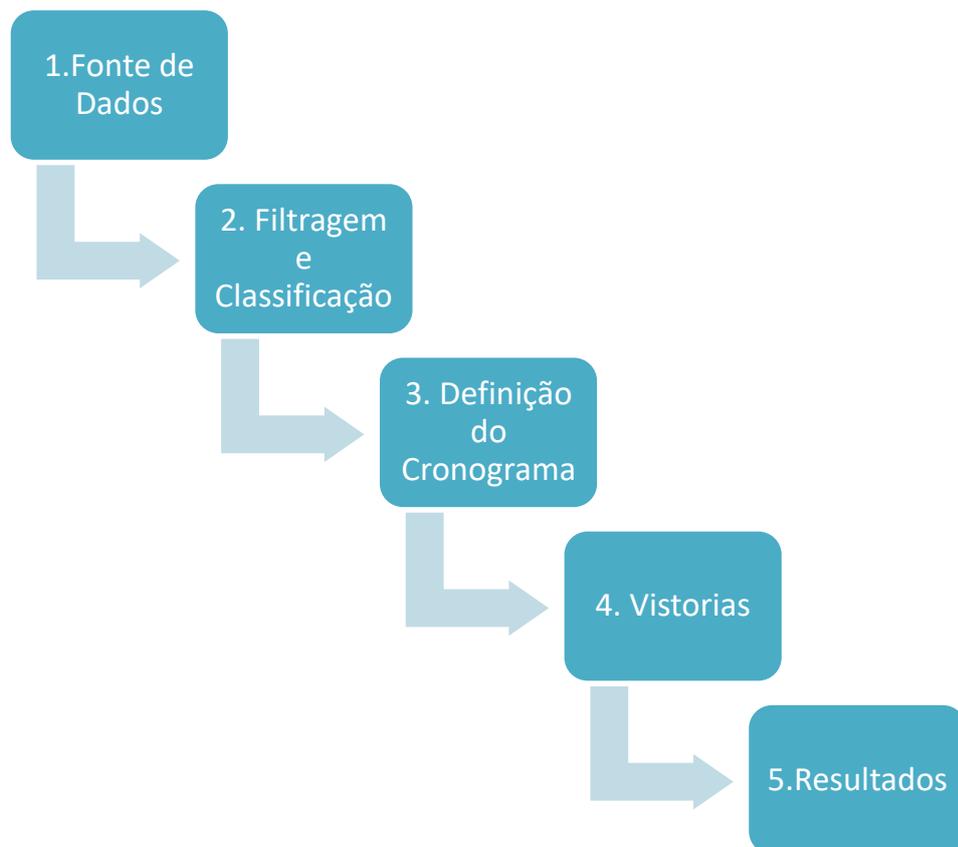
Contudo, cabe salientar que antes mesmo da publicação da referida portaria, o Grupo de Trabalho já tinha iniciado suas atividades no mês de março de 2019. O GT Segurança de Barragens é composto pelos seguintes integrantes:

- Eng. Civ. Paulo Renato Paim – Diretor do DRHS/SEMA-RS;
- Geól. Francisco Paulo Garcia – Coordenador Titular (Lotação DIOUT/DRHS);

- Eng.-Agr. Francisco Antonello Marodin – Coordenador Suplente (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Augusto Furtado de Souza (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Carlos José Sobrinho da Silveira (Lotação DIOUT/DRHS);
- Eng.-Agr. Daiana Althaus (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Ellen Bassan Beneduzzi (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Flavia Avila Dias (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Ingo Schneider (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geóg. Luciano Brasileiro Cardone (Lotação DIOUT/DRHS);
- Geól. Mariana Maturano Dias Martil (Lotação DIOUT/DRHS);
- Eng.-Agr. Rogério Chimanski da Fontoura (Lotação DIOUT/DRHS).

2. PLANO DE TRABALHO

O presente Plano de Trabalho foi estruturado em cinco etapas que estão demonstradas no fluxograma abaixo:



2.1. Fonte de Dados

A primeira tarefa deste Grupo de Trabalho consistiu em selecionar a fonte de dados que seria utilizada para realizar o Plano de Trabalho. Para tanto, utilizou-se das informações das barragens outorgadas com Dano Potencial Associado (DPA) Alto, enviadas para a Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) () no ano de 2018, referente a 2017.

A planilha de dados de barragens com DPA Alto totaliza 1.073 reservatórios. Barragens classificadas com DPA Alto automaticamente fazem parte da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), conforme a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

A Política Nacional de Segurança de Barragens é aplicada às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características, conforme o artigo 1º desta legislação:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

2.2. Filtragem e Classificação dos Dados

A segunda etapa deste trabalho foi filtrar os 1.073 dados das barragens extraídas do SNISB. Nessa etapa foram eliminados dados duplicados, bem como incluídas barragens com novas outorgas, mas que inicialmente não faziam parte da planilha de dados. A filtragem de dados resultou em 873 barragens e açudes classificadas com Dano Potencial Associado Alto e, portanto, pertencentes a Política Nacional de Segurança de Barragens.

A partir da definição do número de barragens pertencentes a este Plano de Trabalho foi possível classificá-las em níveis de prioridade de vistoria técnica. Para esta classificação adotou-se como critérios a altura da taipa da barragem e o volume de água armazenado. A Tabela 1 apresenta os critérios estabelecidos para definição dos três níveis prioritários de vistorias (I,II e III).

Tabela 1: Critérios de classificação das barragens adotados no Estado do Rio Grande do Sul para fins de definição de prioridade de vistoria técnica.

Critério (Altura e/ou Volume)	Nível	Nº de Barragens
Altura ≥ 15 m E/OU Volume ≥ 7.000.000 m³	I	31
Altura ≥ 10 e <15 m E/OU Volume ≥ 5.000.000 m³ e < 7.000.000 m³	II	61
Altura ≥ 5 e <10 m E/OU Volume ≥ 3.000.000 m³ e < 5.000.000 m³	III	323
Total (I,II e III)	-	415
Outras barragens (altura < 5 m E/OU Volume < 3.000.000 m³)	-	458

Salienta-se que as vistorias das barragens que fazem parte deste plano foram denominadas “Vistorias Internas”. Tal nomenclatura foi definida para diferenciar estas barragens das que eventualmente são vistoriadas por demanda de outros órgãos públicos, as quais são denominadas “Vistorias Externas”.

2.3. Cronograma

Com base na definição do número de barragens por níveis de prioridade, foi possível estabelecer um cronograma de vistorias. A construção do cronograma, demonstrado na Tabela 2, permitiu definir as atividades de campo. Para o atendimento do Nível I, foram necessárias seis campanhas de vistorias. Salienta-se que, dependendo da localização de cada campanha, outras vistorias foram adicionadas às atividades de campo.

Tabela 2: Cronograma de vistorias das barragens de Nível I vistoriadas de 01/04/2019 a 25/05/2019. Na coluna “barragens visitadas” estão em vermelho as Vistorias Externas e em verde as vistorias do Nível III.

NÍVEL	CAMPANHA	Nº DE BARR.	Nº DE BARRAG. DE NÍVEL I	BARRAGENS VISITADAS	MUNICÍPIOS	DATA DAS VISTORIAS
NÍVEL I	1-A	7	7	IB01, IB06, IB07, QR01, QR02, QR03, NG01	Barra do Quaraí, Quaraí e Uruguaiana	20/05/2019 a 25/05/2019
	1-B	7	6	IB02, IB03, IB04, IB08, IB09, IB10 + E001	Alegrete, Uruguaiana e Itaqui	15/04/2019 a 19/04/2019

	2-A	5	4	CQ01, CQ02, VM01, VM02 + E002	Camaquã, Dom Pedrito e São Gabriel	01/04/2019 a 05/04/2019
	2-B	4	3	SM01, SM02, SM03, SM06	Bagé, Dom Pedrito, Rosário do Sul e Santana do Livramento	13/05/2019 a 19/05/2019
	3-A	7	6	BI01, BI02, BI03, IB05, IB11, IB12 + E003	Itaqui, Maçambará, São Borja, São Pedro do Sul e São Vicente do Sul	08/04/2019 a 12/04/2019
	3-B	6	5	SG01, SG02, SG03, SG04, SG05 + E008	Arroio Grande, Jaguarão, Pedro Osório e Pelotas	29/04/2019 a 03/05/2019

2.4. Campanha de Vistorias

As campanhas de vistorias foram definidas pela proximidade de localização das barragens, objetivando, num primeiro momento, concluir todas as vistorias das 31 barragens de Nível I, para depois iniciar as vistorias das 61 barragens de Nível II e das 323 de Nível III.

As campanhas de vistoria foram realizadas nos seguintes municípios: Alegrete, Arroio Grande, Bagé, Barra do Quaraí, Camaquã, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, Maçambará, Pedro Osório, Pelotas, Quaraí, Rosário do Sul, Santana do Livramento, São Borja, São Gabriel, São Pedro do Sul, São Vicente do Sul e Uruguaiana.

Para cada campanha realizada é necessário primeiramente que a equipe (dupla de técnicos) responsável obtenha informações técnicas das barragens nos processos de outorga. Tais informações encontram-se nos processos físicos, os quais estão atualmente no arquivo da Divisão de Outorga da SEMA-RS. Além disso, antes do início de cada campanha, também é confeccionado um ofício chamado de “ofício pré-vistoria” que se trata de um documento que é entregue no momento da vistoria, dando ciência ao empreendedor da visita a sua barragem.

Durante a etapa de campo, os técnicos fazem uma inspeção visual na barragem, preenchendo a ‘Ficha para Inspeção Regular de Barragem’ (*check-list*), modelo utilizado pela ANA, além de serem feitos registros fotográficos das principais anomalias observadas nas barragens.

2.5. Resultados

A conclusão das seis campanhas de vistorias resultou na finalização de todas as vistorias de barragens enquadradas no Nível I de prioridade. Conforme ilustrado no

mapa da Figura 1, as barragens vistoriadas encontram-se nas seguintes bacias hidrográficas: Butuí-Icamaquã, Ibicuí, Mirim-São Gonçalo, Negro, Quaraí, Santa Maria, Vacacaí-Vacacaí Mirim.

Após as vistorias é realizada a organização das informações levantadas em campo, onde são executados os seguintes procedimentos:

- a. Preenchimento da Ficha para Inspeção Regular de Barragem (*check-list*) digital;
 - b. Elaboração do Relatório do Registro fotográfico das anomalias encontradas;
 - c. Elaboração do Ofício/Relatório de Vistoria;
 - d. Atualização da base cadastral das barragens.
-
- a. A Ficha para Inspeção Regular digital tem por objetivo armazenar as informações das anomalias das barragens, passando estas informações levantadas a campo para o meio digital.
 - b. O Relatório do Registro fotográfico das anomalias tem como objetivo manter um banco de dados das informações observadas em campo.
 - c. O Ofício/Relatório de Vistoria se trata de um documento que a SEMA-RS enviará para o empreendedor responsável pela barragem, dando ciência das anomalias verificadas durante a vistoria e exigindo prioridades de ação por parte do responsável pelo empreendimento.
 - d. Por fim, todo o trabalho realizado para cada barragem será compilado na base cadastral das barragens do RS, a partir do qual poderá se ter maior confiabilidade destas informações.

A partir da finalização das vistorias das barragens do Nível I de prioridade, o DRHS encaminhará o ofício elaborado aos empreendedores responsáveis por estas barragens. O ofício apontará as principais anomalias constatadas durante as vistorias e indicará as providências que deverão ser tomadas por parte do empreendedor.

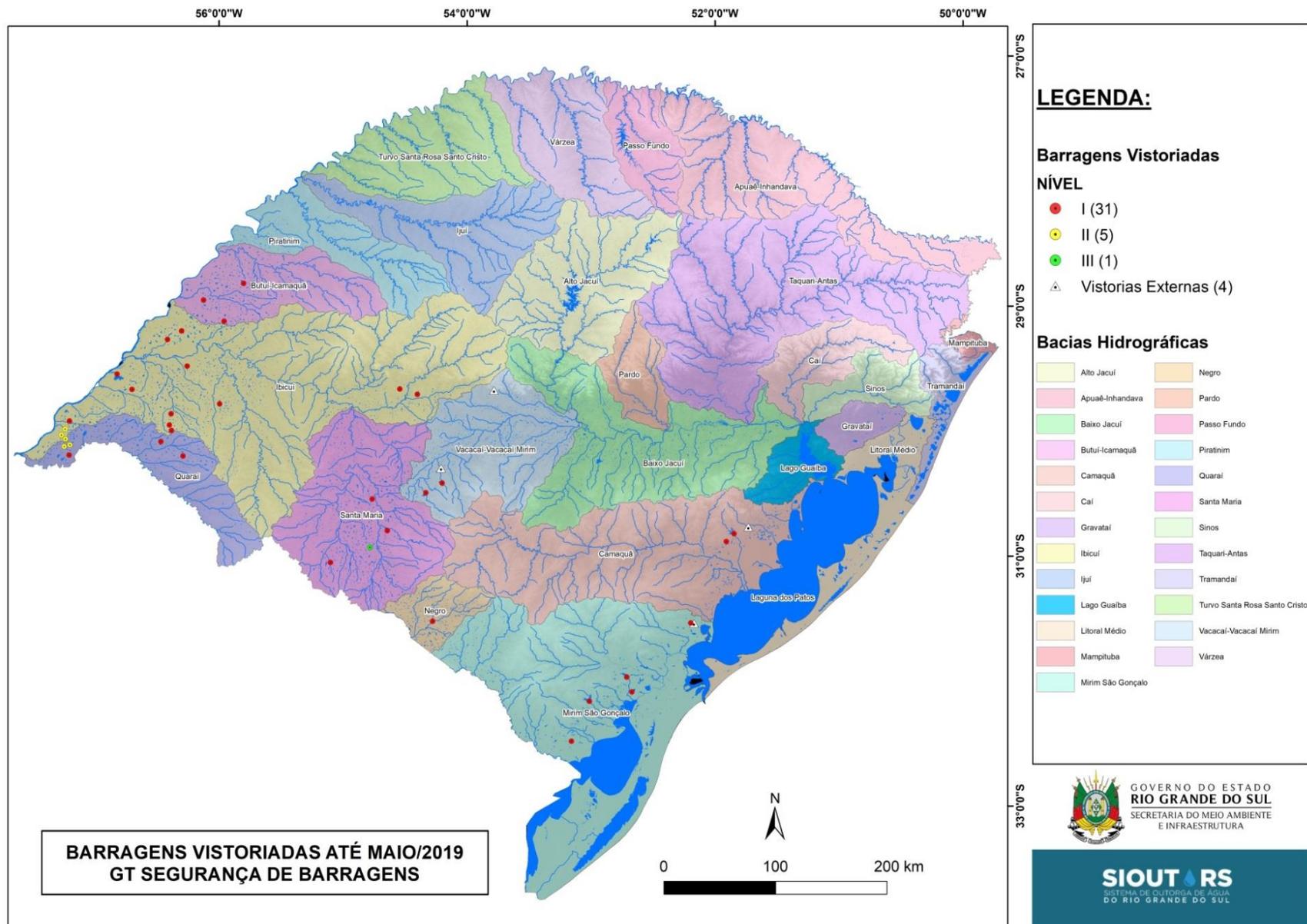


Figura 1: Mapa de localização das barragens pertencentes ao Nível I, além das barragens já vistoriadas até o dia 25 de maio de 2019.

3. ANOMALIAS

A metodologia proposta pelo GT Segurança de Barragens para a realização das vistorias de barragens foi estabelecida a partir dos manuais e orientações da ANA.

As vistorias compreendem a inspeção visual criteriosa da barragem, visando à detecção de anomalias. Mediante as informações e análises realizadas pelos técnicos do GT Segurança de Barragens, efetua-se o preenchimento da ‘Ficha para Inspeção Regular de Barragem’, a qual foi proposta pela ANA, a partir do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração Nacional, publicado em 2002.

Com o preenchimento da ‘Ficha para Inspeção’ é possível determinar a situação de cada item inspecionado na barragem. Todas as anomalias identificadas durante a vistoria da barragem são classificadas em função de sua magnitude, de modo que se possa avaliar de uma forma mais objetiva a dimensão do problema. A magnitude das anomalias está correlacionada aos encaminhamentos que devem ser tomados por parte do empreendedor para a resolução do problema. A magnitude das anomalias é classificada em quatro categorias, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Classificação das anomalias em função de sua magnitude.

Magnitude	Descrição
I	Insignificante: Anomalia de pequena dimensão, sem aparente evolução. Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela equipe local da barragem.
P	Pequena: Anomalia de pequena dimensão, mas com possível evolução ao longo do tempo. Anomalia que pode ser resolvida pela própria equipe local da barragem.
M	Média: Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução. Anomalia que pode ser resolvida pela equipe local da barragem com apoio da equipe sede do empreendedor ou apoio externo.
G	Grande: Anomalia de média dimensão, mas com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão. Anomalia que só pode ser resolvida com apoio da equipe da sede do empreendedor ou apoio externo

A inspeção visual em campo de uma barragem, com a adoção da ‘Ficha para Inspeção’, contempla todas as partes da barragem, designadamente, o talude de montante, a crista, o talude de jusante, o pé do talude e a área de jusante, as ombreiras, a zona do reservatório e as estruturas extravasoras (vertedouro, tomada da água e descarga de fundo).

Para fins de elaboração deste relatório foi realizado um estudo específico de caracterização das principais anomalias observadas durante as vistorias. Sendo assim, foram elaborados gráficos, com aplicação de análise estatística descritiva, para os resultados dos principais tipos de anomalias observadas no talude de montante, talude

de jusante, crista e vertedouro, conforme a Tabela 4. Além disso, cabe ressaltar que estes resultados referem-se a anomalias observadas em barragens de terra, que, em totalidade, foram verificadas até então em vistoria.

Tabela 4: Quadro de anomalias observadas no talude de montante, talude de jusante, crista e vertedouro para elaboração das análises estatísticas descritivas. *Magnitude da anomalia: SA=Sem anomalia; P=Pequena; M=Média; G=Grande.

	Anomalia	Magnitude da anomalia*			
		SA	P	M	G
Talude de montante	Presença de árvores e arbustos	SA	P	M	G
	Erosões no talude	SA	P	M	G
	Falha no enrocamento	SA	P	M	G
	Presença da anomalia				
	Erosões no encontro das ombreiras	Sim		Não	
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
Talude de Jusante	Magnitude da anomalia*				
	Presença de árvores e arbustos	SA	P	M	G
	Erosões no talude	SA	P	M	G
	Presença da anomalia				
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
Crista	Presença de anomalia				
	Presença de árvores e arbustos	Sim		Não	
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
	Afundamentos e buracos	Sim		Não	
	Erosões	Sim		Não	
Vertedouro	Presença da anomalia				
	Presença de árvores e arbustos	Sim		Não	
	Erosões no vertedouro	Sim		Não	

3.1. Anomalias no Talude de Montante

A perda de estabilidade do talude de montante pode estar associada a diversos fenômenos. Dentre os mais comuns estão os deslizamentos superficiais ou profundos, deslocamentos e trincas. Estes fenômenos ocorrem em função de diversos fatores, tais como o resultado da adoção de um declive demasiadamente íngreme, falta de proteção do talude de montante (enrocamento), erosões provocadas pela ação das ondas com remoção da camada de assentamento do enrocamento de proteção e/ou deslocamento deste. A presença de vegetação, formigueiros, cupinzeiros e tocas de animais também constituem problemas à segurança do paramento (talude) de montante. A Figura 2 apresenta uma barragem com revestimento do talude de montante adequado e manutenção regular da estrutura.



Figura 2: Barragem de terra com talude de montante revestido de enrocamento.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do talude de montante citadas na Tabela 4, com uma breve explicação sobre as características específicas da anomalia, uma imagem ilustrativa e um gráfico com os resultados percentuais de cada anomalia (Figuras 3 a 12), observadas nas barragens que compõem o Nível I.

3.1.1. Presença de árvores e arbustos

Explicação: A presença de árvores e arbustos no talude de montante pode comprometer a estabilidade do maciço. As espécies, a densidade e a idade da vegetação têm influência direta na redução da segurança do maciço. A existência de vegetação é uma anomalia que deve ser corrigida, visto que a derrubada, a remoção, a secagem do sistema radicular, ou mesmo as raízes saudáveis de vegetação de grandes dimensões, podem ameaçar a integridade do aterro, já que proporcionam caminhos de percolação, capazes de produzir erosão interna. Não deve existir vegetação no enrocamento de proteção do paramento de montante. Ainda, a presença de árvores e arbustos dificulta a visualização e identificação de outras anomalias.

Exemplo:



Figura 3: Talude de montante com intensa presença de vegetação. Na imagem, a magnitude desta anomalia é definida como grande.

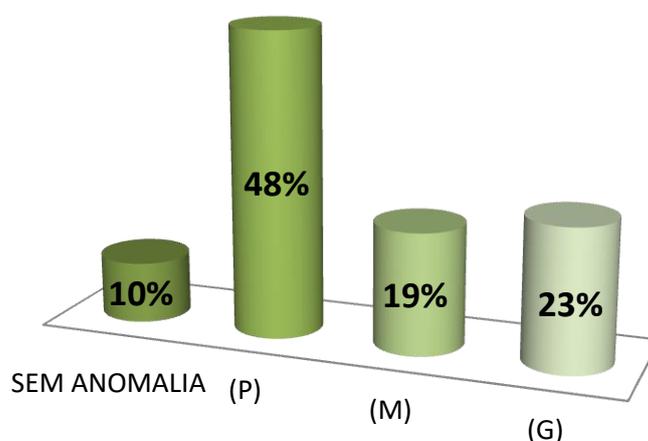


Figura 4: Percentagem das anomalias referente às árvores e arbustos, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

3.1.2. Erosões no talude

Explicação: O talude de montante deve estar obrigatoriamente revestido. De forma geral, barragens de terra possuem revestimento de enrocamento. A progressão das erosões no talude de montante pode levar à diminuição da largura e, possivelmente, da altura do aterro, ao aumento da percolação e à perda local de estabilidade do talude.

Exemplo:



Figura 5: Processos erosivos no talude de montante associados ao deslocamento do enrocamento.

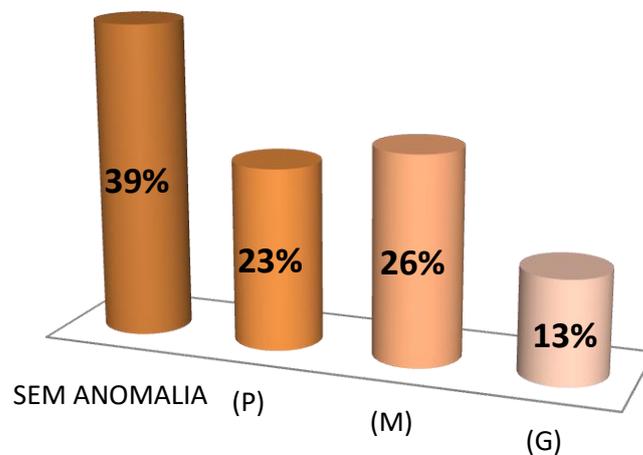


Figura 6: Percentagem das anomalias referentes às erosões no talude de montante, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

3.1.3. Falha no enrocamento

Explicação: A proteção do talude de montante com enrocamento é essencial na manutenção da estabilidade do maciço e consequente segurança da barragem. A degradação da proteção pode ocorrer por fraturação dos blocos do enrocamento devido aos efeitos combinados da meteorização, da ação das ondas e da ocorrência de vegetação. São consideradas como anomalias as condições de enrocamento incompleto, destruído ou deslocado.

Exemplo:



Figura 7: Enrocamento incompleto e deslocado no talude de montante.

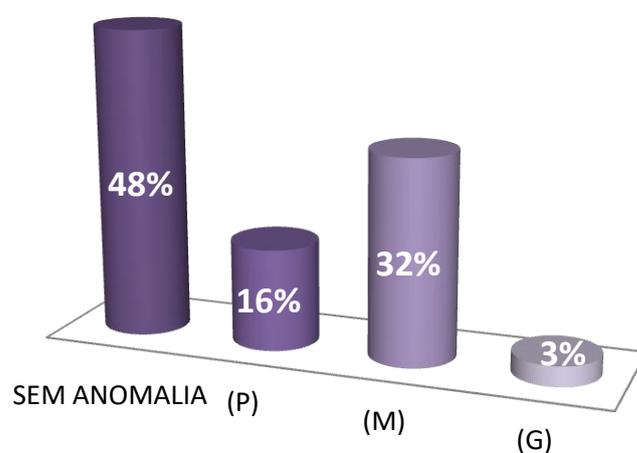


Figura 8: Percentagem das anomalias referentes à falha no enrocamento, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

3.1.4. Erosões no encontro das ombreiras

Explicação: As zonas de inserção do aterro nas ombreiras da barragem são áreas que devem ser constantemente inspecionadas, já que representam a ligação do maciço com o terreno natural e, por conseguinte, podem representar pontos de fraqueza da estrutura, quando não são construídos de forma correta. Erosões e a surgência de água nas ombreiras são algumas das anomalias que devem ser observadas e reparadas.

Exemplo:



Figura 9: Processos erosivos localizados no encontro da ombreira esquerda com o vertedouro.

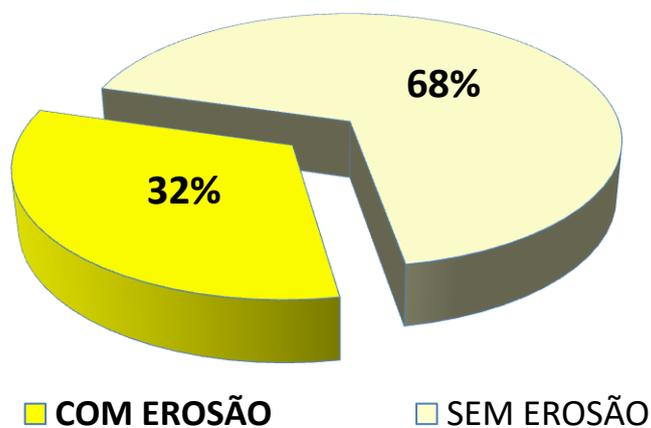


Figura 10: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de erosões no encontro das ombreiras com o talude de montante.

3.1.5. Presença de formigueiro

Explicação: A presença de formigueiros, bem como cupinzeiros e tocas de animais, no talude de montante podem ocasionar galerias internas no maciço e, dessa forma, originar caminhos de percolação da água, afetando a estrutura do aterro.

Exemplo:



Figura 11: Presença de formigueiros no talude de montante.

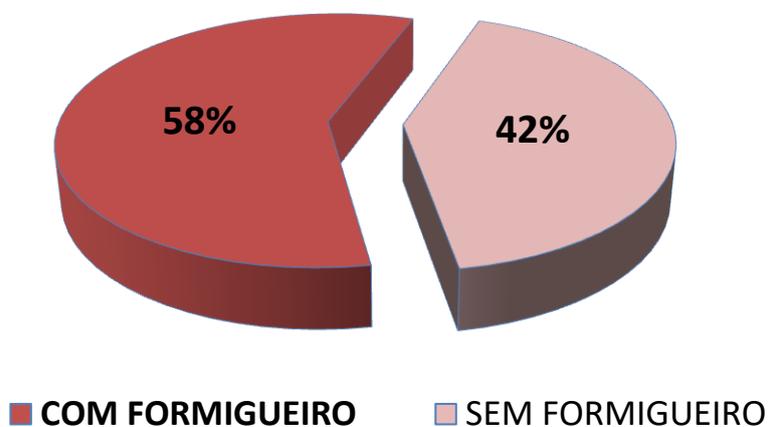


Figura 12: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiros no talude de montante.

3.2. Anomalias no Talude de Jusante

De forma geral recomenda-se que o talude de jusante seja revestido com vegetação rasteira ou enrocamento. A presença de vegetação rasteira ameniza o impacto da chuva na superfície e conseqüentemente auxilia na prevenção de erosões. Além disso, o aparecimento de espécies vegetais com maior necessidade de água ou com aspecto mais viçoso em determinadas regiões do paramento de jusante podem indicar afluência de água. Áreas úmidas ou de zonas de vegetação mais densas abaixo de determinada cota do talude de jusante sugerem a linha de infiltração da água de montante para jusante. A Figura 13 ilustra um adequado revestimento do talude de jusante.



Figura 13: Barragem de terra com talude de jusante revestido com vegetação rasteira e com adequada manutenção.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do talude de jusante citadas na Tabela 4, com uma breve explicação sobre as características específicas de cada anomalia, uma imagem ilustrativa e um gráfico com os resultados percentuais de cada anomalia (Figuras 14 a 19), observadas nas barragens que compõem o Nível I.

3.2.1. Presença de árvores e arbustos

Explicação: A presença de árvores e arbustos no talude de jusante dificulta a inspeção do paramento, além de causar sombreamento excessivo no solo, prejudicando a perenidade da vegetação rasteira. Da mesma forma como ocorre no talude de montante, a existência de vegetação arbórea ou arbustiva é uma anomalia que deve receber atenção, visto que a derrubada, a remoção, secagem do sistema de raízes das árvores, ou mesmo as raízes saudáveis de vegetação de grandes dimensões, podem ameaçar a integridade do aterro, já que proporcionam caminhos de percolação, capazes de produzir erosão interna e outros problemas. Além disso, a presença de árvores e arbustos dificulta a visualização e identificação de outras anomalias.

Exemplo:



Figura 14: Presença de árvores e arbustos localizados no talude de jusante de uma barragem de terra.

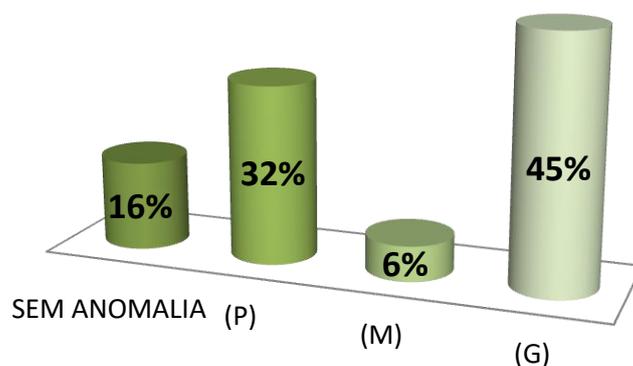


Figura 15: Percentagem das anomalias referentes às árvores e arbustos, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

3.2.2. Erosões no talude

Explicação: A proteção inadequada do talude de jusante pode resultar na formação de significativos sulcos e/ou ravinamentos, causados por processos erosivos superficiais. As áreas sem vegetação ou de vegetação esparsa são as mais suscetíveis a problemas de erosão superficial pela água da chuva.

Exemplo:



Figura 16: Presença de processos erosivos localizados no talude de jusante de uma barragem de terra.

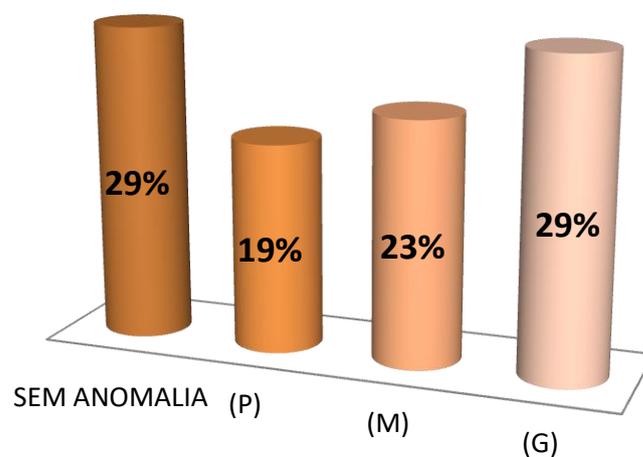


Figura 17: Percentagem das anomalias referentes às erosões no talude de jusante, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

3.2.3. Presença de formigueiro

Explicação: A presença de formigueiros, bem como cupinzeiros e tocas de animais, no talude de jusante podem ocasionar galerias internas no maciço e, dessa forma, originar caminhos de percolação da água, afetando a estrutura e estabilidade do aterro.

Exemplo:



Figura 18: Presença de formigueiros no talude de jusante.

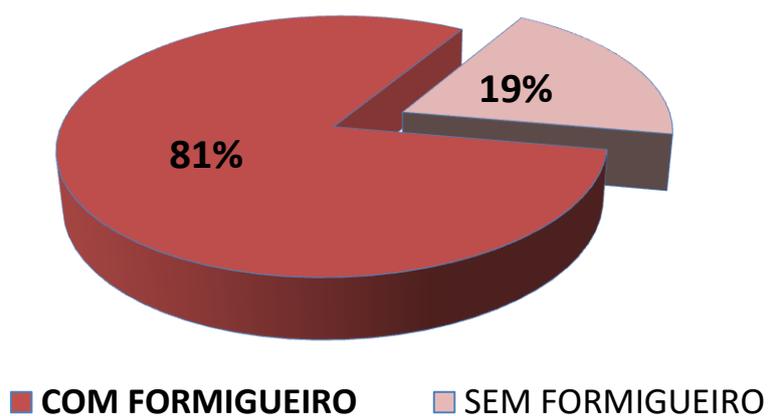


Figura 19: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiros no talude de jusante.

3.3. Anomalias na crista

A crista (coroamento) liga transversalmente os dois paramentos (de montante e jusante) e permite o acesso aos componentes das barragens. A proteção do coroamento tem como objetivo resguardar a barragem da ação de elementos naturais, tais como a chuva (impacto direto das gotas e escoamento superficial), ventos (erosão eólica), pisoteio de animais e tráfego de veículos. Recomenda-se que o coroamento seja frequentemente inspecionado pela equipe do empreendedor da barragem e, quando necessário, reparado. A deterioração do coroamento compromete a segurança e a estabilidade do maciço.

É indicado que o coroamento seja protegido com material granular para evitar trincas e sulcos produzidos por rodas de veículos. A Figura 20 ilustra uma crista de uma barragem de terra sem anomalias aparentes.



Figura 20: Crista da barragem de terra sem anomalias aparentes.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias da crista citadas na Tabela 4, com uma breve explicação sobre as características específicas de cada anomalia, uma imagem ilustrativa e um gráfico com os resultados percentuais de cada anomalia (Figuras 21 a 28), observadas nas barragens que compõem o Nível I.

3.3.1. Presença de árvores e arbustos

Explicação: A existência de vegetação com raízes profunda na crista pode representar uma ameaça para a integridade do aterro, visto que as galerias resultantes da derrubada, da extração ou secagem do sistema de raízes das árvores, ou mesmo as raízes saudáveis de vegetação de grandes dimensões, proporcionam caminhos de percolação, capazes de produzir erosão interna, causando problemas quanto à segurança do maciço.

Exemplo:



Figura 21: Presença de árvores de grande porte na crista de uma barragem de terra, que podem estar causando desestabilização do maciço.

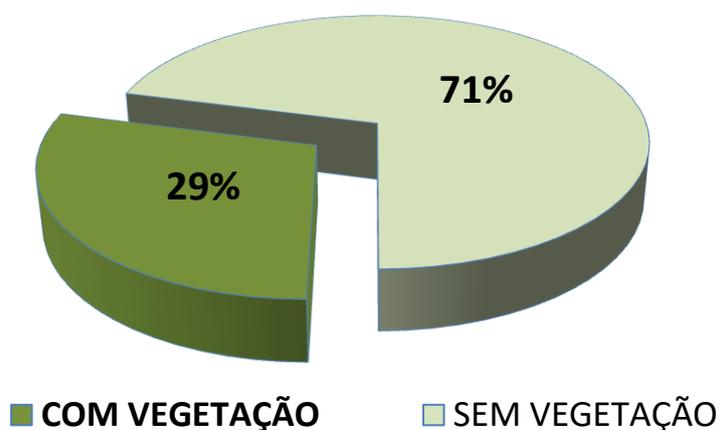


Figura 22: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de árvores e arbustos na crista.

3.3.2. Presença de formigueiro

Explicação: A presença de formigueiros, bem como cupinzeiros e tocas de animais na crista, podem ocasionar galerias internas no maciço e, dessa forma, originar caminhos de percolação da água, afetando a estrutura e estabilidade do aterro.

Exemplo:



Figura 23: Presença de formigueiro na ligação da crista com o talude de montante.

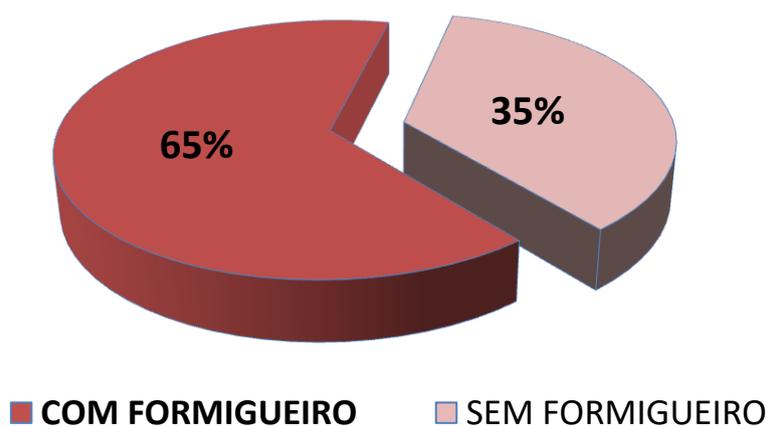


Figura 24: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiro na crista.

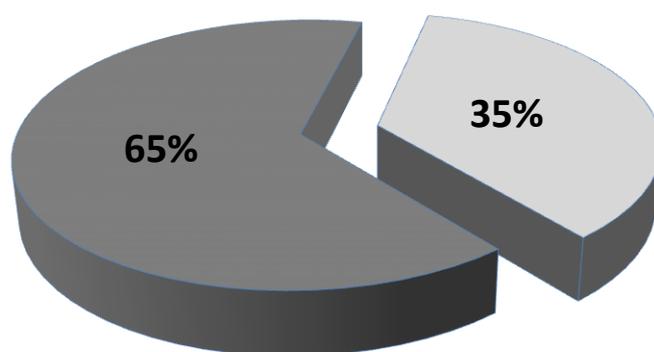
3.3.3. Afundamentos e buracos

Explicação: Os afundamentos e buracos presentes na crista podem ser ocasionados pela falta de manutenção, trânsito intenso de maquinários, pessoas e/ou animais. Além disso, afundamentos podem indicar movimentação interna do maciço, com perigo a segurança da barragem.

Exemplo:



Figura 25: Presença de afundamentos e buracos na crista de uma barragem de terra.



■ COM AFUNDAMENTOS E BURACOS □ SEM AFUNDAMENTOS E BURACOS

Figura 26: Percentagem das barragens vistoriadas com afundamentos e buracos na crista.

3.3.4. Erosões na crista

Explicação: Os processos erosivos na crista, geralmente, estão relacionados à erosões que iniciam nos taludes e, devido à falta de manutenção e reparo, tendem a avançar em direção ao centro da crista. Erosões indicam, em alguns casos, galgamento da barragem, ou seja, quando ocorre o transbordamento da água sobre a crista. Cabe ressaltar que o galgamento é a principal causa de ruptura de barragens de terra.

Exemplo:



Figura 27: Processos erosivos intensos na crista que afetam a estabilidade do maciço.

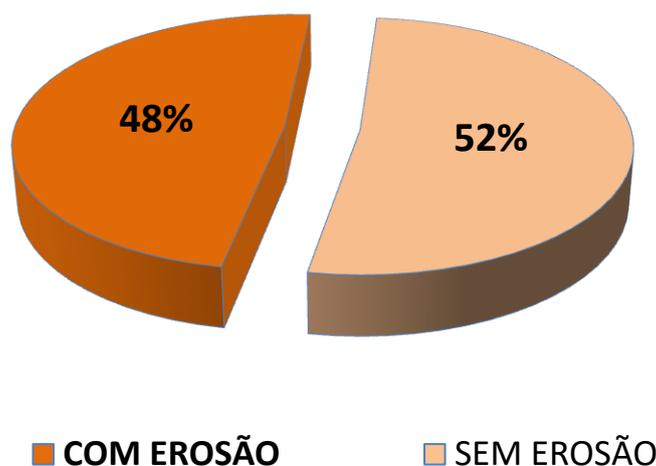


Figura 28: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de erosões na crista.

3.4. Anomalias no vertedouro

O vertedouro é a estrutura de uma barragem cuja função principal é extravasar de forma segura a água do reservatório. Normalmente, a cota da soleira do vertedouro coincide com o nível máximo normal da barragem. Durante uma cheia, o nível da água ultrapassa esta cota, escoando livremente através do vertedouro. O nível máximo que se prevê que a água atinja durante uma cheia é designado por nível máximo *maximorum*. O vertedouro deve ser capaz de permitir a passagem da cheia afluyente sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre.

Conforme verificado nas vistorias, grande parte das barragens apresentam vertedouros naturais que funcionam pela diferença de cota entre a estrutura do maciço e uma das margens do reservatório, por onde ocorre o escoamento da água pelo canal de restituição projetado pelo responsável técnico. Além deste tipo, vertedouros com comportas para controlar a vazão de saída d'água, conforme ilustrado na Figura 29, também são comuns em barragens de terras.



Figura 29: Exemplo de vertedouro comum em barragens de terra, com comporta para controlar a vazão de saída d'água.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do vertedouro citadas na Tabela 4, com uma breve explicação sobre as características específicas de cada anomalia, uma imagem ilustrativa e um gráfico com os resultados percentuais de cada anomalia (Figuras 30 a 33), observadas nas barragens que compõem o Nível I.

3.4.1. Presença de árvores e arbustos

Explicação: A presença de árvores e arbustos no vertedouro pode dificultar ou causar interrupção da passagem da água, colocando em risco as vazões do vertedouro calculadas em projeto.

Exemplo:



Figura 30: Presença de vegetação obstruindo parte do vertedouro.

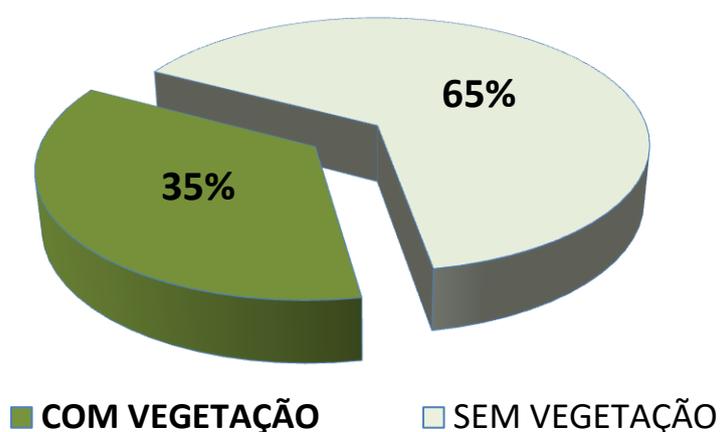


Figura 31: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de árvores e arbustos no vertedouro.

3.4.2. Erosões no vertedouro

Explicação: As erosões na zona de aproximação à estrutura de entrada do vertedouro podem diminuir a vazão e instabilizar taludes, arrastando materiais para o interior da estrutura. Podem também instabilizar os muros laterais ou taludes do canal de aproximação ou atingir o aterro da barragem. As erosões na zona de restituição de vertedouros podem danificar as próprias estruturas, provocar alterações das margens ou danificar a própria barragem. Para elaboração do gráfico referente ao percentual de barragens com erosões no vertedouro, considerou-se a presença dos seguintes itens: erosões nos taludes, na base dos canais escavados e/ou na área à jusante (erosão regressiva).

Exemplo:



Figura 32: Canal de restituição do vertedouro com fortes processos erosivos nos talude e na base dos canais escavados.

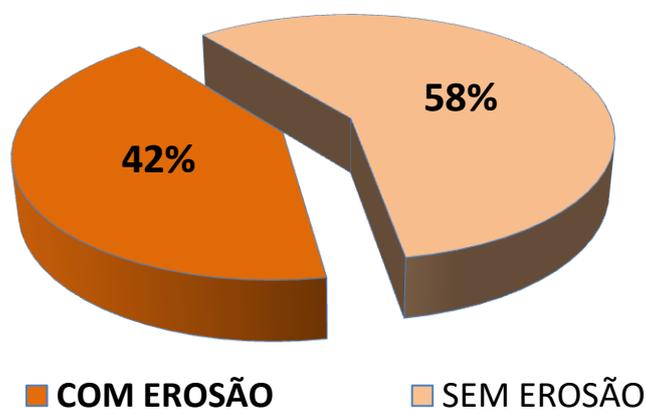


Figura 33: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de erosões no vertedouro.

4. CONCLUSÕES

O Plano de Trabalho instituído pelo Governador Sr. Eduardo Leite vem sendo desenvolvido e aprimorado pelo DRHS, visando sempre evoluir na gestão dos recursos hídricos do Estado. O conhecimento das diversas realidades e especificidades das diferentes regiões do nosso Estado possibilita gerir, orientar, prevenir e fortalecer as ações estratégicas referentes à segurança de barragens.

Ao longo dos trabalhos desenvolvidos pelo GT Segurança de Barragens, que culminaram com a finalização das vistorias das barragens categorizadas no Nível I, foi possível determinar um panorama inicial da situação das grandes barragens de usos múltiplos, outorgadas pela SEMA-RS.

A continuidade das atividades programadas pelo GT Segurança de Barragens e a construção de parcerias fortes entre os diversos atores envolvidos contribuem para aperfeiçoamento da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens no RS.