

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 1	

ANEXO I **IDENTIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA E PROCEDIMENTOS DE RESPOSTAS ÀS OCORRÊNCIAS**

MCH JOSÉ TOGNI
(BARRAGEM BORTOLAN)



NOVEMBRO DE 2025

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 2	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. DEFINIÇÕES	3
2.1 <i>ENGENHEIRO QUALIFICADO</i>	3
2.2 <i>NÍVEL DE ATENÇÃO</i>	3
2.3 <i>NÍVEL DE ALERTA</i>	3
2.4 <i>NÍVEL DE EMERGÊNCIA</i>	3
3. IDENTIFICAÇÃO E RESPOSTA CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	4
4. SITUAÇÕES QUE REQUEREM AVALIAÇÃO DE ENGENHARIA ESPECIALIZADA	10
4.1 <i>GALGAMENTO</i>	10
4.2 <i>DESLIZAMENTOS</i>	10
4.3 <i>ABALOS SÍSMICOS</i>	11
4.4 <i>PERDA DE SUPORTE DAS OMBREIRAS OU TRINCAMENTO EXCESSIVO DA BARRAGEM</i>	12
4.5 <i>CHEIAS EXCEPCIONAIS</i>	12

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Identificação das anomalias e sugestão de respostas	5
---	---

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 3	

1. INTRODUÇÃO

O presente anexo tem por objetivo apresentar as principais anomalias verificadas nas principais estruturas civis do ativo, classificando-as em atenção, alerta e emergência, bem como apresentar os procedimentos de respostas às ocorrências.

2. DEFINIÇÕES

2.1 ENGENHEIRO QUALIFICADO

Engenheiro Civil, com no mínimo 03 anos de experiência em barragens, integrante ou não da área de Segurança de Barragens.

2.2 NÍVEL DE ATENÇÃO

O nível de segurança *Atenção* se caracteriza quando as anomalias não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigem intensificação de monitoramento, controle ou reparo no médio ou longo prazo. (ANEEL RN nº1064, 2023).

No presente texto a cor AMARELO denota o nível de ATENÇÃO.

2.3 NÍVEL DE ALERTA

O nível de segurança *Alerta* se caracteriza quando as anomalias representam risco à segurança da barragem, exigindo providências em curto prazo para manutenção das condições de segurança. (ANEEL RN nº1064, 2023).

No presente texto a cor LARANJA denota o nível de ALERTA.

2.4 NÍVEL DE EMERGÊNCIA

O nível de segurança *Emergência* se caracteriza quando as anomalias que representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais. (ANEEL RN nº1064, 2023).

No presente texto a cor VERMELHO denota o nível de EMERGÊNCIA.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 4	

3. IDENTIFICAÇÃO E RESPOSTA CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Neste item são apresentadas as principais anomalias verificadas nas estruturas hidrelétricas e relacionadas aos níveis de segurança apresentados na seção anterior.

Ressalta-se que deve ser feita a avaliação da anomalia identificada por um engenheiro qualificado para a classificação global do ativo, pois a ocorrência de uma anomalia isolada não necessariamente acarretará na elevação do nível de segurança do ativo.

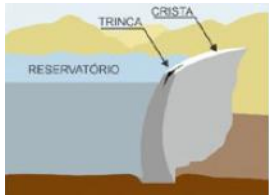
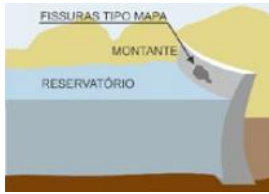
No Quadro 1 a seguir estão relacionadas as anomalias com as respectivas ilustrações, bem como sugestão de ações preventivas e corretivas conforme o nível de segurança.

Caso confirmada a existência de anomalias, proceder conforme fluxograma de acionamento do PAE.

Observação – Barragem Bortolan: vertedouro de soleira livre central (L≈108 m; soleira 1.244,20 m); tomada d'água na ombreira esquerda com duas comportas tipo vagão; operação do sistema com regulação de vazão por válvula borboleta no conduto forçado, conforme VER DME BORT ISR 0825.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 5	

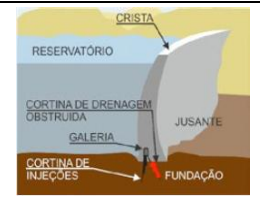
Quadro 1: Identificação das anomalias e sugestão de respostas

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE CONCRETO – CRISTA					
ATENÇÃO	Fissuras profundas		Movimentação estrutural.	Devido à progressão gradativa, podem reduzir a vida útil da barragem.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.
ALERTA	Desalinhamento entre blocos, com deslocamento do concreto.		Deslocamentos devido à deformabilidade diferencial da fundação e sismos.	No caso de haver progressão, podem causar instabilidade nas barragens de gravidade ou contraforte	Iniciar o monitoramento do deslocamento para avaliar a evolução. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar as ações a serem tomadas.
BARRAGEM DE CONCRETO – PARAMENTO DE MONTANTE					
ATENÇÃO	Fissuras tipo Mapa		Fissuras abertas e extensíveis, do tipo aleatório, com presença de sílica-gel, devido à RAA.	Devido à deterioração e progressão, podem reduzir a vida útil da barragem.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 6	

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
ALERTA	Abertura das juntas		Variações de temperatura ambiente. Rebaixamento do reservatório.	No caso de haver progressão, pode causar instabilidade nas barragens de gravidade ou contraforte.	Monitorar a junta e avaliar a evolução da abertura. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar ações a serem tomadas para o tratamento da junta.
BARRAGEM DE CONCRETO – PARAMENTO DE JUSANTE					
ATENÇÃO	Presença de trincas, com a percolação ou não de água	-	Decorrente de movimentação estrutural	No caso de haver progressão, podem causar instabilidade nas barragens de gravidade ou contraforte	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.
ATENÇÃO	Fissuras tipo mapa		Fissuras abertas e extensíveis, do tipo aleatório, com presença de sílica-gel, devido à RAA.	Deterioração progressiva pode reduzir a vida útil da barragem.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.
ALERTA	Infiltrações através das juntas e fissuras		Veda-junta danificado, fissuras ou juntas de construção.	Perda de água e lixiviação do concreto.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas para tratamento da junta.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 7	

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE CONCRETO – GALERIA E POÇOS INTERNOS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO					
ATENÇÃO	Surgências da fundação		Aumento das vazões de drenagem com reservatório estável, devido à cortina de injeção inadequada. Carreamento de finos de fundação.	Enfraquecimento da fundação. Aumento das subpressões e redução do fator de segurança.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas para reforçar a cortina de injeção e perfurar novos drenos, se necessário.
ALERTA	Drenos de fundação obstruídos		Infiltração obstruída por depósitos minerais carreados da rocha ou da cortina de injeção.	Aumento excessivo da subpressão. Redução do fator de segurança.	Limpar os drenos obstruídos. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas para perfurar novos drenos, se necessário.
BARRAGEM DE CONCRETO – TALUDES DE ROCHA E OMBREIRAS					
EMERGÊNCIA	Movimentos de taludes nas ombreiras com abertura de brecha		Fissuras abertas e sem preenchimento devido à deformação lenta (movimento) do maciço rochoso, podendo ocasionar surgências de água.	Compromete a estabilidade do talude e, consequentemente, do barramento.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. Rebaixar o reservatório, caso necessário.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 8	

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
EMERGÊNCIA	Escorregamentos nas ombreiras com presença de fissura no barramento		Instabilidade nos paramentos devido ao escorregamento na ombreira, podendo ocasionar surgências de água.	Comprometem a estabilidade do barramento.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. Rebaixar o reservatório, caso necessário.
ESTRUTURAS DO BARRAMENTO					
EMERGÊNCIA	Ruptura da Barragem ou de estruturas associadas do barramento	-	- Blocos de concreto da barragem ou estruturas associadas tombando ou tombados; - Brecha aberta ou em formação de brechas nas ombreiras.	Inundação da região de jusante da barragem.	Acionar os contatos conforme fluxograma de acionamento do PAE.
EMERGÊNCIA	Ruptura de barragens à montante, caso exista.	-	Independente da causa do rompimento da usina a montante, pode ocorrer o rompimento ou galgamento das estruturas do barramento de jusante.	Dano ou colapso na estrutura do barramento e/ou inundação da região de jusante da barragem.	Acionar os contatos do fluxograma de acionamento do PAE. Rebaixamento do reservatório.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 9	

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
EMERGÊNCIA	Vazamento de grande volume de água no corpo da estrutura do barramento	-	Movimentações não previstas em projeto.	Ruptura global da estrutura e inundação da região de jusante da barragem.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. Rebaixar o reservatório, caso necessário.
EMERGÊNCIA	Erosão interna (Piping)	-	Problema no dimensionamento ou colmatção da drenagem interna da barragem	Abertura de brecha na barragem, ocasionando um fluxo descontrolado.	Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. Rebaixar o reservatório, caso necessário.

	ANEXO I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 10	

4. SITUAÇÕES QUE REQUEREM AVALIAÇÃO DE ENGENHARIA ESPECIALIZADA

As seguintes situações requerem a avaliação de um engenheiro especializado em segurança de barragens para a definição do grau de risco da anomalia.

4.1 GALGAMENTO

Na Barragem Bortolan, o vertedouro é de soleira livre na cota 1.244,20 m, com comprimento aproximado de 108 m.

Uma vez observada a redução da borda livre devido ao aumento do nível do reservatório, reportar a ocorrência à equipe de segurança de barragens para a verificação da estabilidade e inspeção das estruturas do barramento.

Em paralelo a inspeção, o mantenedor poderá avaliar a viabilidade de executar as recomendações abaixo:

- Abrir os dispositivos de descarga até o seu limite máximo de segurança;
- Solicitar o rebaixamento dos reservatórios a jusante, caso haja usinas na cascata;
- Posicionar sacos de areia ao longo da crista da barragem para aumentar a borda livre e forçar um maior fluxo pelo vertedouro e dispositivos de descarga.

4.2 DESLIZAMENTOS

Uma vez observado deslizamento de ombreiras ou de taludes, é necessária a inspeção de um engenheiro de segurança de barragens para avaliar a localização, extensão, causa provável, probabilidade de movimentos adicionais da área afetada, bem como o impacto na segurança e operação das estruturas adjacentes.

A Barragem Bortolan é do tipo gravidade em concreto, com paramentos em concreto e fundação em rocha. O coroamento possui crista em 1.246,60 m.

	Anexo I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 11	

Em paralelo a inspeção, o mantenedor poderá avaliar a viabilidade de executar as recomendações abaixo:

- *Deslizamento em taludes*: posicionar sacos de areia e enrocamento em áreas danificadas para prevenir aumento da erosão do talude;
- *Deslizamento na ombreira*: rebaixar o nível da água no reservatório para uma cota abaixo da área afetada, avaliando a necessidade de recompor a borda livre com sacos de areia.

4.3 ABALOS SÍSMICOS

Após a ocorrência de abalos sísmicos é necessário efetuar imediatamente uma inspeção visual de toda a barragem e estruturas complementares, de forma a observar a natureza, localização e extensão do dano, assim como o potencial de ruptura.

A inspeção do engenheiro civil qualificado deverá ser realizada o mais rápido possível para avaliar a condição estrutural do barramento e estruturas associadas.

- *Ruptura na barragem ou dano que cause aumento do fluxo para jusante*: acionar o fluxograma do PAE para acionamento do sistema de emergência;
- *Dano na barragem que não cause o rompimento da barragem*: realizar inspeção nas estruturas e elaborar relatório descrevendo a natureza, localização, extensão do dano observado e o impacto deste em estruturas adjacentes, bem como o potencial de ruptura do barramento. Recomenda-se ainda a inclusão do nível da água no reservatório, condições climáticas e outros fatores que contribuam para o entendimento e acompanhamento da evolução das anomalias observadas. Deve-se observar cuidadosamente a barragem durante pelo menos 1 mês após a ocorrência, pois alguns danos podem não aparecer imediatamente após o abalo sísmico.

	Anexo I PAE	Elaborado em 11/2025	Revisão 0	
	BARRAGEM BORTOLAN	VER DME BORT PAE 1125	PÁGINA 12	

4.4 PERDA DE SUPORTE DAS OMBREIRAS OU TRINCAMENTO EXCESSIVO DA BARRAGEM

Constatada a perda de suporte da ombreira com presença de trinca nas estruturas do barramento, é necessária a inspeção de um engenheiro de segurança de barragens para avaliar o impacto na segurança e operação.

Em paralelo a inspeção, o mantenedor poderá avaliar a viabilidade de executar as recomendações abaixo:

- Rebaixar o nível do reservatório pela liberação de maior vazão pelos dispositivos de descarga;

Tentar impedir o fluxo de água através da barragem instalando lonas plásticas na face de montante;

- Rebaixar nível do reservatório: avaliar indisponibilidade do DF e tomada d'água; priorizar vertedouro e intervenção na válvula dispersora.

4.5 CHEIAS EXCEPCIONAIS

Após a ocorrência de cheias de projeto (TR 1000 anos ou superior) é necessário efetuar imediatamente uma inspeção visual de toda a barragem e estruturas complementares, de forma a identificar e localização possíveis danos, assim como o potencial de ruptura.

A inspeção do engenheiro civil qualificado deverá ser realizada o mais rápido possível para avaliar a condição estrutural do barramento e estruturas associadas.