


BARRAGEM BREJO GRANDE
PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÕES
MEMORIAL FOTOGRÁFICO

R E V I S Õ E S					
	00	Emissão Inicial	B	20/10/2023	JP/CM
	Nº	DESCRIÇÃO	T.E.	DATA	RESPONSÁVEL

T.E – TIPOS DE EMISSÃO

A – Preliminar C – P/ Conhecimento E – P/ Construção G – Conforme construído L – Aprovado
 B – P/Aprovação D – P/ Cotação F – Conforme comprado H – Cancelado

Responsável técnico: Jhony Pires / Camila Moreira	Data: 20/10/2023	ART: MG20232451236 MG20232458714	
 CNPJ: 21.128.811/0001-42	Nº VTB: VTB-237-RT-003	Rev.: 00	PÁGINA: 1 de 39



CLIENTE:
 A/C: Sebastião Ferraz Neto
 Superintendente de Obras
engenhariae projetos@saaeparaisopolis.mg.gov.br
 C: +55 (35) 3651 3270

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	MEMORIAL FOTOGRÁFICO DA BARRAGEM	6
2.1	TALUDE DE MONTANTE.....	6
2.2	CRISTA DA BARRAGEM.....	10
2.3	TALUDE DE JUSANTE.....	11
2.4	OMBREIRAS	19
2.5	REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM	23
2.6	INSTRUMENTAÇÃO.....	26
2.7	SISTEMA EXTRAVASOR	28
2.8	RESERVATÓRIO	36
3	TERMO DE ENCERRAMENTO	39

LISTA DE FOTOS

FOTO 1. VISTA GERAL DO TALUDE DE MONTANTE A PARTIR DA OMBREIRA DIREITA.....	7
FOTO 2. TALUDE GERAL DO TALUDE DE MONTANTE A PARTIR DA OMBREIRA ESQUERDA.....	7
FOTO 3. TALUDE GERAL DO TALUDE DE MONTANTE A PARTIR DA TOMADA D'ÁGUA. DESTAQUE PARA TRECHOS COM FALHAS NO RIP-RAP.....	8
FOTO 4. FALHA NA PROTEÇÃO GRANULAR DO PARAMENTO DE MONTANTE.	8
FOTO 5. DISPOSITIVOS DE DRENAGEM IMPROVISADOS.....	9
FOTO 6. CRISTA DA BARRAGEM, VISTA A PARTIR DO CENTRO PARA A OMBREIRA DIREITA.	10
FOTO 7. CRISTA DA BARRAGEM, VISTA A PARTIR DA OMBREIRA ESQUERDA.....	11
FOTO 8. TALUDE DE JUSANTE. VISTA PARA A OMBREIRA ESQUERDA.....	12
FOTO 9. TALUDE DE JUSANTE. VISTA PARA A OMBREIRA DIREITA.....	12
FOTO 10. VISTA FRONTAL DO TALUDE DE JUSANTE.....	13
FOTO 11. MARCAS DE RASTEJO NO TALUDE DE JUSANTE.	14
FOTO 12. ESCORREGAMENTO NA PORÇÃO CENTRAL DO TALUDE DE JUSANTE.....	14
FOTO 13. ESCORREGAMENTO PRÓXIMO A OMBREIRA ESQUERDA, PROTEGIDO COM SOLO ENSACADO E LONA. DESTAQUE PARA OS SACOS DE AREIA JÁ INTEGRADOS AO MEIO.	15
FOTO 14. REGIÃO DO ESCORREGAMENTO EMBAIXO DA LONA, SEM OCORRÊNCIA DE SURGÊNCIAS.....	15
FOTO 15. LOCAL ONDE EXISTE UM MURO DE PEDRA ARRUMADA (VISTA A PARTIR DA CRISTA DA BARRAGEM).	17
FOTO 16. PEDRAS LANÇADAS SOBRE O TALUDE DE JUSANTE.....	17
FOTO 17. SISTEMA DE DRENAGEM INADEQUADO.....	18
FOTO 18. VEGETAÇÃO DE GRANDE PORTE NO TALUDE DE JUSANTE.....	18
FOTO 19. OMBREIRA ESQUERDA - ENCONTRO COM O TALUDE DE MONTANTE.....	19
FOTO 20. OMBREIRA ESQUERDA -ENCONTRO COM O TALUDE DE JUSANTE.	20
FOTO 21. OMBREIRA DIREITA - ENCONTRO COM O TALUDE DE MONTANTE.....	20
FOTO 22. OMBREIRA DIREITA - ENCONTRO COM O TALUDE DE JUSANTE.....	21
FOTO 23. OMBREIRA DIREITA – DRENAGEM NO ENCONTRO COM O TALUDE DE MONTANTE	22
FOTO 24. OMBREIRA DIREITA – DRENAGEM PRÓXIMA AO ENCONTRO COM O TALUDE DE JUSANTE.	22
FOTO 25. OMBREIRA DIREITA. – SAÍDA DA =DRENAGEM PRÓXIMA AO ENCONTRO COM O TALUDE DE JUSANTE.	23
FOTO 26. ÁREA DE JUSANTE.....	24

FOTO 27. FILTRO EXECUTADO NA ÁREA DE JUSANTE DA BARRAGEM, JÁ PARCIALMENTE RECOBERTO POR VEGETAÇÃO GRAMÍNEA.	25
FOTO 28. EXARCO A FRENTE DO FILTRO, PRÓXIMO A OMBREIRA DIREITA.	25
FOTO 29. EXARCO A FRENTE DO FILTRO, PRÓXIMO A OMBREIRA ESQUERDA.	26
FOTO 30. MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA INSTALADOS NA CRISTA.	27
FOTO 31. RÉGUA LIMNIMÉTRICA.	28
FOTO 32. ENTRADA D'ÁGUA NO VERTEDOR AUXILIAR.	30
FOTO 33. POÇO DE VISITA ENTRE A TUBULAÇÃO DE CONCRETO E A TUBULAÇÃO DO MND.	30
FOTO 34. PONTO DE DESÁGUE DO VERTEDOR AUXILIAR.	31
FOTO 35. VERTEDOR – TOMADA D'ÁGUA.	32
FOTO 36. VERTEDOR – CANAL A MONTANTE.	32
FOTO 37. VERTEDOR – CANAL A JUSANTE.	33
FOTO 38. VISTA LATERAL DA SAÍDA DO VERTEDOR.	33
FOTO 39. VERTEDOR – EROSÕES NA REGIÃO DE JUSANTE.	34
FOTO 40. ANOMALIAS ENCONTRADAS NA ESTRUTURA DO VERTEDOR, TAIS COMO DETERIORAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE CONCRETO, COM OCORRÊNCIA DE ARMADURAS EXPOSTAS E COM CORROSÃO, E CRESCIMENTO DE MUSGOS E VEGETAÇÃO NA PAREDE DE CONCRETO.	35
FOTO 41. PONTE DE MADEIRA SOBRE O VERTEDOR, COM SINAIS DE APODRECIMENTO DAS VIGAS.	35
FOTO 42. VISTA GERAL PARA O RESERVATÓRIO DA BARRAGEM BREJO GRANDE.	37
FOTO 43. VISTA GERAL PARA O RESERVATÓRIO DA BARRAGEM BREJO GRANDE.	37
FOTO 44. EROSÕES PRÓXIMO A OMBREIRA DIREITA.	38

BARRAGEM BREJO GRANDE
PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÕES
MEMORIAL FOTOGRÁFICO

1 INTRODUÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o memorial fotográficos da inspeção realizada para a elaboração do projeto de adequação da Barragem Brejo Grande, de propriedade da Prefeitura Municipal de Paraisópolis, localizada no Município de Paraisópolis - MG (vide Figura 1).

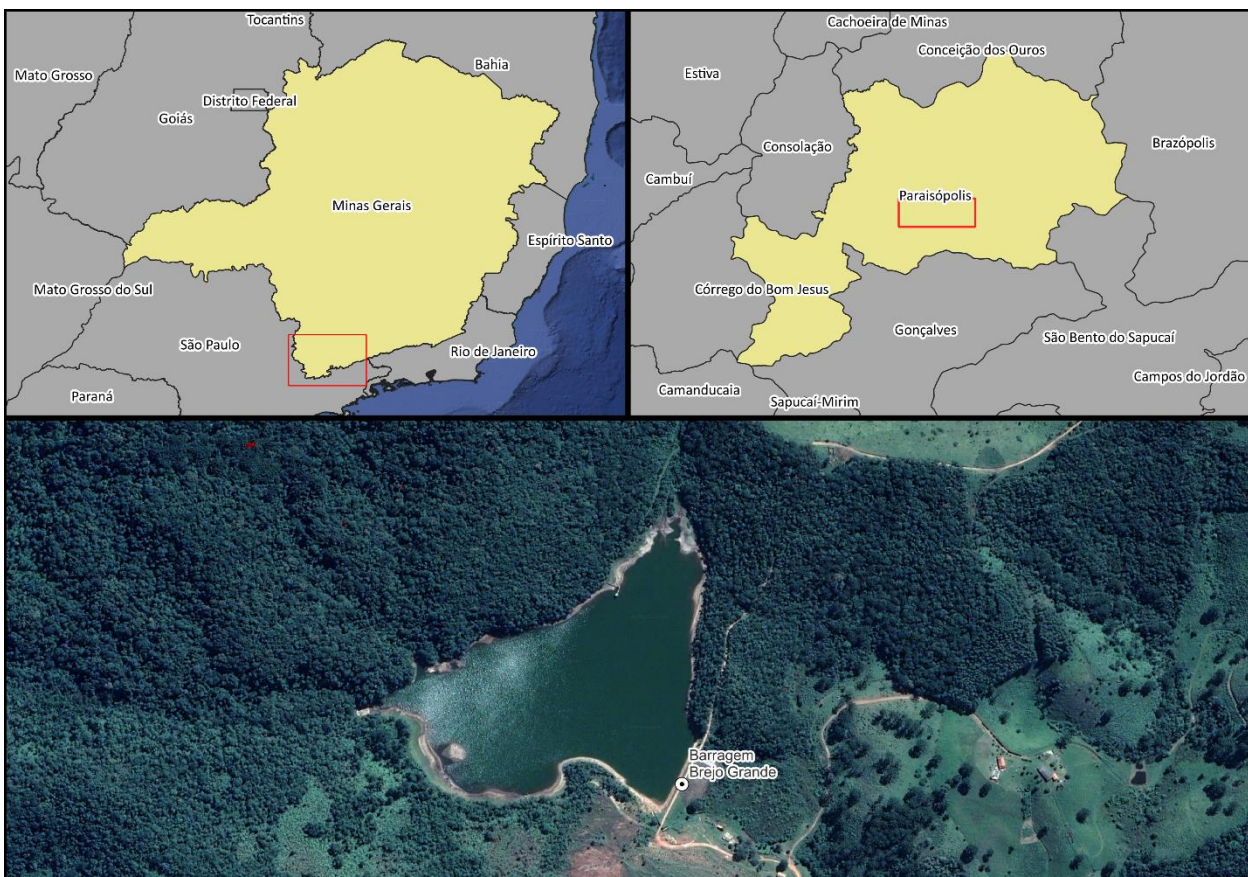


Figura 1. Localização do empreendimento (Google Earth, 2019).

2 MEMORIAL FOTOGRÁFICO DA BARRAGEM

A seguir são apresentados de maneira detalhada, os resultados da inspeção da crista, taludes de montante e jusante, ombreiras, região de jusante, sistema extravasor e instrumentação da Barragem Brejo Grande. A Tabela 1 apresenta os dados gerais da inspeção realizada.

Tabela 1. Dados gerais da inspeção.

DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO	
Inspecionado por:	Jhony Maicon de Picoli Pires
Cargo:	Engenheiro Civil
Conselho de Classe:	CREA / PR – 164.758/D Visto MG 317047
Data da Vistoria:	01/09/2023
Condições climáticas no dia da inspeção:	Ensolarado, sem chuva nos dias anteriores a visita
Nível do reservatório no dia da inspeção:	1491,95m

2.1 TALUDE DE MONTANTE

De acordo com a seção obtida da topografia *as is* atualizada, o talude de montante da barragem tem inclinação aproximada de 1V:1,5H. O talude de montante da barragem é apresentado na Foto 1 e Foto 2, registradas a partir das ombreiras da barragem.

O talude apresenta os pontos de falha no rip-rap (Foto 4), mais intensos próximo à ombreira esquerda (Foto 3), e nos locais onde foram executadas canaletas de drenagem provisórias (Foto 5).



Foto 1. Vista geral do talude de montante a partir da ombreira direita.



Foto 2. Talude geral do talude de montante a partir da ombreira esquerda.



Foto 3. Talude geral do talude de montante a partir da tomada d'água. Destaque para trechos com falhas no rip-rap.



Foto 4. Falha na proteção granular do paramento de montante.



Foto 5. Dispositivos de drenagem improvisados.

2.2 CRISTA DA BARRAGEM

A crista da Barragem Brejo Grande, apresentada na Foto 6 e na Foto 7, tem aproximadamente 156 metros de comprimento e sua largura varia, sendo em média próxima a 4,2 metros¹. À medida que se aproxima das ombreiras, a crista apresenta um ganho de elevação e, ao longo do seu comprimento, o levantamento topográfico¹ indica que o ponto mais baixo em todo seu comprimento se encontra na El. 1417,03 m. Devido a esta irregularidade geométrica nas elevações da crista, a borda livre do barramento é considerada em relação a este ponto.



Foto 6. Crista da barragem, vista a partir do centro para a ombreira direita.

¹ Documento: SGM606-2023 - 2 -LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO COMPLEMENTO-A2-P1. Emitido em Agosto de 2023, por Sigma Soluções em Engenharia.



Foto 7. Crista da barragem, vista a partir da ombreira esquerda.

2.3 TALUDE DE JUSANTE

O talude de jusante da barragem tem 16m de altura total, sem bermas, com inclinação variável, sendo que em sua seção crítica, a inclinação global do talude é de 1V:1,67H, com trecho próximo à crista do talude com inclinação pontual de 1V:31H, de acordo com o levantamento topográfico². Da Foto 8 à Foto 10 é apresentada a face de jusante da barragem a partir de diferentes vistas.

² Documento: SGM606-2023 - 2 -LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO COMPLEMENTO-A2-P1. Emitido em Agosto de 2023, por Sigma Soluções em Engenharia.



Foto 8. Talude de jusante. Vista para a ombreira esquerda.



Foto 9. Talude de jusante. Vista para a ombreira direita.



Foto 10. Vista frontal do talude de jusante.

De maneira geral, as anomalias observadas no talude de jusante passíveis de projeto de adequação são:

- Trechos com ocorrência de cicatrizes indicativas da ocorrência de rastejo do solo (Foto 11), aparentemente estáveis;
- Na porção central do talude, deformação indicativa de processo de escorregamento de taludes ocorrido no passado (Foto 12), com algum umedecimento de solo, e;
- Na porção próxima à ombreira esquerda, talude com cicatriz de escorregamento ocorrido no passado, reforçado de maneira paliativa com o empilhamento de sacos de areia da base até meia altura (atualmente, recoberto por vegetação) e protegido superficialmente com lona no trecho onde não foi possível seguir com os sacos de areia (Foto 13), sem sinais de umedecimento (Foto 14).



Foto 11. Marcas de rastejo no talude de jusante.



Foto 12. Escorregamento na porção central do talude de jusante.



Foto 13. Escorregamento próximo a ombreira esquerda, protegido com solo ensacado e lona. Destaque para os sacos de areia já integrados ao meio.



Foto 14. Região do escorregamento embaixo da lona, sem ocorrência de surgências.

Além das anomalias citadas, é importante pontuar algumas características da barragem, conforme segue:

- A barragem não conta com sistema de drenagem interna do maciço;
- Junto ao pé do talude, na região do centro do talude em direção ao contato do maciço com a ombreira esquerda da barragem, há uma faixa de pedras arrumadas (Foto 15), que juntas parecem ser algum tipo de contenção para o pé da barragem, porém devido ao mau estado de conservação é possível afirmar, se realmente este era o propósito desta estrutura. Na porção central do talude há uma faixa sem este muro de pedra argamassada, e não é possível indicar se a estrutura ruiu nesta área, ou se não foi executada propositalmente.
- É possível notar que o talude de jusante é recoberto por uma camada superficial de solo que não possui resistência. A camada de solo citada assemelha-se a falhas de acabamento (raspagem de material fofo nos limites da compactação) observadas em obras de terraplenagem. A textura do solo é similar a um solo fofo, sem presença de materiais finos. Este solo, quando solicitado ao peso de uma pessoa, cede alguns centímetros e é mais presente na região central do barramento, onde há atualmente, uma cicatriz de escorregamento (Foto 11 e Foto 12). Não foi possível avaliar a profundidade dessa camada de solo sem resistência, porém acredita-se que a camada tenha entre 0,5 m e 1,0 m;
- No trecho próximo à cicatriz de escorregamento da porção central da barragem há um acúmulo de pedras, aparentemente lançadas no local (Foto 16). Não existem informações sobre o objetivo desse lançamento, mas é provável que tenha se tratado, na época, de uma tentativa sem sucesso de estabilização do local;
- A barragem conta com sistema de drenagem superficial no talude de jusante, porém as canaletas acompanham a declividade do talude e não possuem dissipadores de energia em seu deságue, sendo consideradas inapropriadas (Foto 17).
- A vegetação de grande porte foi suprimida em vários pontos do talude, porém foram deixados tocos de árvores e uma árvore não foi removida (Foto 18).



Foto 15. Local onde existe um muro de pedra arrumada (vista a partir da crista da barragem).



Foto 16. Pedras lançadas sobre o talude de jusante.



Foto 17. Sistema de drenagem inadequado.



Foto 18. Vegetação de grande porte no talude de jusante.

2.4 OMBREIRAS

A inspeção das ombreiras da barragem considerou os contatos do maciço de aterro com os taludes de montante e jusante. De maneira geral, houve uma melhoria na ombreira esquerda, com correção dos dispositivos de drenagem visando evitar a formação de processos erosivos tanto no contato de montante quanto no contato de jusante (Foto 20). Com relação à falta de proteção superficial do solo na área com escorregamento, na região de contato com o talude de jusante, na ocasião da visita este trecho encontrava-se protegido por lona, conforme mostrado na Foto 20. Já no que diz respeito à ombreira direita no contato com o talude de jusante (Foto 22), há indícios de processos erosivos ocorridos no passado, atualmente estáveis.

No contato com o talude de montante (Foto 21), há indícios de solo exposto resultante das escavações para as obras de execução do extravasor emergência em MND (método não destrutivo). Essa superfície de solo exposta, apesar de não indicar risco a segurança da barragem, pode ser prejudicial para o reservatório, uma vez que o material erodido nas margens pode assoreá-lo.



Foto 19. Ombreira esquerda - Encontro com o talude de montante



Foto 20. Ombreira esquerda - Encontro com o talude de jusante.



Foto 21. Ombreira direita - Encontro com o talude de montante.



Foto 22. Ombreira direita - Encontro com o talude de jusante.

Foram observadas também obras para adequação da drenagem superficial na ombreira direita, realizadas recentemente, conforme é apresentado na Foto 23 e Foto 24. O lançamento das águas coletadas pelas canaletas a montante é realizado diretamente no reservatório da barragem e a jusante após a travessia do acesso à barragem, o fluxo é lançado diretamente no terreno. Nesse ponto de saída há solo sem proteção superficial e processos erosivos.



Foto 23. Ombreira direita – Drenagem no encontro com o talude de montante



Foto 24. Ombreira direita – Drenagem próxima ao encontro com o talude de jusante.



Foto 25. Ombreira direita. – Saída da =drenagem próxima ao encontro com o talude de jusante.

2.5 REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM

A região a jusante da barragem foi inspecionada com o objetivo de verificar a existência de surgências de água, erosões e afundamentos ou levantamentos de solo. No dia da inspeção a região encontrava-se com uma faixa roçada, de aproximadamente 10 metros de largura contados a partir do pé do barramento, permitindo assim a inspeção adequada do local. A Foto 26 apresenta uma vista geral da área de jusante da barragem.



Foto 26. Área de jusante

Em dez/2021 foi executado, de maneira emergencial, um filtro na área de jusante (Foto 27) com o objetivo de impedir o carreamento de finos do interior do maciço, promovendo uma obstrução regressiva do canal de erosão interna do solo (piping), diminuindo a vazão e minimizando assim a gravidade da situação hora observada no barramento. Durante a inspeção, ao realizar o caminhamento sobre a região do filtro, observou-se que este se encontrava seco.

Por fim, conforme apresentado na Foto 28 e Foto 29, as águas coletadas no dreno geram um exarco na área de jusante. No momento da visita esse enxarco não possuía fluxo ou material carreado que pudesse indicar alguma anomalia com risco a segurança da barragem.



Foto 27. Filtro executado na área de jusante da barragem, já parcialmente recoberto por vegetação gramínea.



Foto 28. Exarco a frente do filtro, próximo a ombreira direita.



Foto 29. Exarco a frente do filtro, próximo a ombreira esquerda.

2.6 INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação é fundamental para o monitoramento e diagnóstico preventivo de eventuais problemas na barragem, e durante a inspeção realizada pela VTB Engenharia verificou-se que a conta, atualmente, com um conjunto de três medidores de nível d'água instalados na crista do barramento (Foto 30).

O conjunto de réguas limnimétricas instaladas de maneira provisória para monitoramento do nível d'água durante o rebaixamento do reservatório executado em dez/2021, atualmente, encontrava-se parcialmente abaixo do nível d'água (Foto 31), não sendo possível inspecioná-lo em sua totalidade.



Foto 30. Medidores de nível d'água instalados na crista.



Foto 31. Régua Limnimétrica.

2.7 SISTEMA EXTRAVASOR

Para o vertimento, a barragem possui um vertedor principal de soleira livre, em concreto armado locado na ombreira direita, para complementar a descarga emergencial, ainda conta com um sifão também locado na ombreira direita.

Entre os anos de 2021 e 2023 a barragem passou por uma melhoria que consistiu na instalação de um extravasor adicional, executado por meio de Método Não Destrutivo – MND, cuja cota de vertimento está situada 5,22 metros abaixo da crista da barragem.

O vertedor auxiliar da barragem consiste em uma tubulação, executada com Método Não Destrutivo – MND - entre 2021 e 2023, com o objetivo de manter o nível do reservatório 5 metros abaixo da crista da barragem, considerada a cota indicada para que se tenha um fator de segurança superior a 1,2 no talude de jusante. O funcionamento do vertedor é instantâneo, ou seja, o vertimento começa a acontecer assim que o nível do reservatório atinge a cota de entrada d'água, e não há dependência de nenhum tipo de acionamento remoto para a sua operação.

O vertedor tem sua porção inicial composta por tubos de concreto com diâmetro de 300 mm enterrados em vala escavada, locados em um trecho de 24 metros contados a partir do ponto de entrada d'água - Foto 32. Neste ponto, há um poço de visita (Foto 33) e, a partir de então, a tubulação segue em PEAD com diâmetro de 280mm, executados por meio de método não destrutivo e locados em um trecho de 250 metros até o deságue. O deságue (Foto 34) acontece em um ponto a jusante da barragem, distante em torno de 100 metros do pé do barramento, e segue em canal aberto pelo vale de jusante. Na saída do vertedor nota-se que o fluxo apresenta uma velocidade alta e, em decorrência disso, é possível notar a formação de processo erosivo no local.



Foto 32. Entrada d'água no vertedor auxiliar.



Foto 33. Poço de visita entre a tubulação de concreto e a tubulação do MND.



Foto 34. Ponto de deságue do vertedor auxiliar.

O vertedor de canal aberto, ou vertedor principal, por sua vez, tem estrutura em concreto armado, do tipo soleira livre com aproximadamente 3 metros de largura e 40,7 metros de extensão, com soleira na cota El. 1405,64 m³. Um pouco antes da saída do vertedor, este faz uma curva de quase 90° para esquerda e deságua próximo a ombreira direita. Sobre o vertedor existe uma ponte de madeira que liga a crista à estrada de acesso. A Foto 35 a Foto 39 apresentam uma vista geral das estruturas vertedouro.

³ Documento: SGM606-2023 - 2 -LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO COMPLEMENTO-A2-P1. Emitido em Agosto de 2023, por Sigma Soluções em Engenharia.



Foto 35. Vertedor – tomada d'água.



Foto 36. Vertedor – canal a montante.



Foto 37. Vertedor – canal a jusante.



Foto 38. Vista lateral da saída do vertedor.



Foto 39. Vertedor – erosões na região de jusante.

Desde que o rebaixamento do nível do reservatório foi realizado, em dez/2021, o vertedor não foi mais utilizado, uma vez que está em cota superior à que o nível d'água está sendo mantido. Sua estrutura apresenta com anomalias que representam falta de manutenção adequada das estruturas de concreto, com aspecto visual degradado decorrente do crescimento de vegetação e limos na superfície do concreto. Na sequência de imagens da Foto 40, é possível observar problemas de fissuras, corrosão, crescimento de vegetação e desgastes nas estruturas de concreto.



Foto 40. Anomalias encontradas na estrutura do vertedor, tais como deterioração da superfície de concreto, com ocorrência de armaduras expostas e com corrosão, e crescimento de musgos e vegetação na parede de concreto.

Na região da crista da barragem, o vertedor conta com uma ponte de madeira, que permite a passagem de veículos no local. Esta ponte apresenta sinais de apodrecimento das vigas (Foto 41), estando, portanto, insegura.



Foto 41. Ponte de madeira sobre o vertedor, com sinais de apodrecimento das vigas.

2.8 RESERVATÓRIO

A inspeção realizada no reservatório (Foto 42 e Foto 43) buscou avaliar apenas fatores que tem relação com a segurança da barragem, como a presença de itens que possam vir a formar ondas no lago, tais como taludes em solo muito íngremes ou taludes rochosos com possibilidade de deslocamento de blocos, ou então, ocorrência de grandes erosões que podem causar assoreamento. Não foram avaliados itens como qualidade da água e presença de animais ou pessoas no entorno do reservatório.

Existem processos erosivos nas margens, conforme é apresentado na Foto 44. Esta anomalia não causa risco a segurança da barragem, porém pode causar assoreamento do reservatório, diminuindo sua capacidade de armazenamento.

Quanto ao monitoramento do nível d'água do reservatório, na ocasião da vistoria não havia réguas limnimétricas visíveis. Baseado no levantamento topográfico, foi possível aferir que o reservatório estava na cota 1491,95m, em função da cota da água em relação a tomada do MND.



Foto 42. Vista geral para o reservatório da Barragem Brejo Grande.



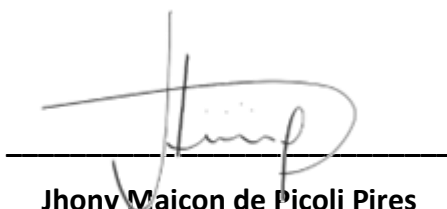
Foto 43. Vista geral para o reservatório da Barragem Brejo Grande.



Foto 44. Erosões próximo a ombreira direita

3 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este volume denominado “Memorial Fotográfico” é parte integrante do PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÕES DA BARRAGEM BREJO GRANDE, sendo composto por 39 páginas, numeradas sequencialmente, sendo está a última página do relatório.



Jhony Maicon de Picoli Pires

CREA/PR n° 164758/D

Responsável pela elaboração do projeto



Camila de Carvalho Ribeiro Moreira

CREA/PR n° 133795/D

Responsável pela elaboração do projeto

Curitiba, 20 de outubro de 2023.