



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

**CONTRATAÇÃO DE ORÇAMENTAÇÃO, DE REVISÃO DE  
PROJETO EXECUTIVO E DE ELABORAÇÃO DOS  
TERMOS DE REFERÊNCIA CONSTRUTIVO E AMBIENTAL  
DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ - RS**



**SF ENGENHARIA  
DIFERENCIADA**

**VOLUME 1**

**RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PROJETOS**

22 de março de 2022



## Sumário

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>3 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>4 OBRAS DE FINALIZAÇÃO DO BARRAMENTO.....</b>	<b>9</b>
4.1 Aspectos gerais.....	9
4.2 Condições de entorno (ombreias, taludes e ensecadeiras).....	11
4.3 Apontamentos sobre manifestações patológicas e cuidados complementares .....	18
4.3.1 Galeria de inspeção e drenagem das fundações .....	18
4.3.2 Face de montante.....	27
4.3.3 Face de jusante .....	37
4.3.4 Topo do maciço inacabado.....	41
4.3.5 Tomada d'água.....	44
4.4 Campanha de ensaios de esclerometria e carbonatação.....	46
4.4.1 Ensaio de Esclerometria.....	46
4.4.2 Ensaio de verificação da profundidade de carbonatação .....	56
4.5 Instrumentação.....	59
4.6 Acessos.....	61
4.7 Condições de peças existentes no canteiro de obras .....	62
4.8 Condições de aproveitabilidade de materiais in loco ou de escavação .....	64
<b>5 OBRAS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO (TDA-CI).....</b>	<b>65</b>
5.1 Observações sobre os canais de aproximação e desvio.....	66
5.2 Observações sobre a TDA-CI.....	70



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



---

<b>6 OBRAS DE COMPLEMENTAÇÃO DOS DIQUES .....</b>	<b>73</b>
6.1 Sobre o dique 1 .....	77
6.2 Sobre o dique 2 .....	78
6.3 Sobre o dique 3 e 4 .....	79
6.4 Sobre o dique 4 .....	80
<b>7 OBRAS DA PONTE NA ERS-630 SOBRE O ARROIO TAQUEREMBÓ .</b>	<b>82</b>
.....	
<b>8 ASPECTOS HIDROLÓGICOS COMPLEMENTARES .....</b>	<b>86</b>
8.1 Validação das Cheias de Projeto e Níveis de Água Máximos no Reservatório.....	86
8.2 Verificação na Elevação da Ponte, Taxa de rebaixamento do Reservatório e Velocidades de escoamento nos aterros de encontro da Ponte.	93
<b>9 AEROLEVANTAMENTO DE CONFERÊNCIA.....</b>	<b>100</b>
<b>10 TERMO DE ENCERRAMENTO.....</b>	<b>110</b>



## 1 APRESENTAÇÃO

Este documento consta do relatório de inspeção gerado a partir das visitas técnicas e dos trabalhos de campo realizados para diagnosticar as condições físicas da barragem e das demais obras a serem realizadas e que serão licitadas para execução através da Secretaria de Habitação e Obras do Estado do Rio Grande do Sul.

As inspeções ocorreram em dois momentos: uma visita técnica acompanhada da fiscalização, no dia 19/01/2022, e outro, após reconhecimento do histórico de atividades, que ocorreu nos dias 10/02/2022 e 11/02/2022. Esta última foi realizada como uma campanha de inspeção, de modo a registrar o estado físico de todas as estruturas executadas, averiguar em que estágio (etapa) elas se encontram, comprovar condicionantes importante de projeto, identificar o que não foi executado ainda, o que parcialmente foi realizado e apontar aspectos e condições estruturais a serem corrigidas devido a exposição ou inconformidades.

Para os locais que não evoluíram com as obras, será apresentado um relato técnico a partir do local em consonância com os documentos acessados de projeto. Cabe informar que a relação de quantidades e o orçamento de serviços complementares pertence a documentos paralelos.

As atividades que contribuíram para a realização deste documento são:

- inspeção visual;
- inspeção fotográfica;
- inspeção via vídeo com drone;
- observações e registros das peças existentes em canteiro de obras;
- levantamento topográfico nos locais de execução parcial;
- geração de ortofotos das posições de execução parcial;
- inspeção de dureza amostral dos concretos por esclerometria;

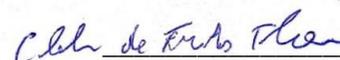


GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



- inspeção para verificação de carbonatação do concreto em posições onde existem armaduras;
- análise de documentos fornecidos pela Secretaria de Habitação e Obras do Estado do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 22 março de 2022.



**Eng. Cleber Floriano**

Diretor Técnico Comercial

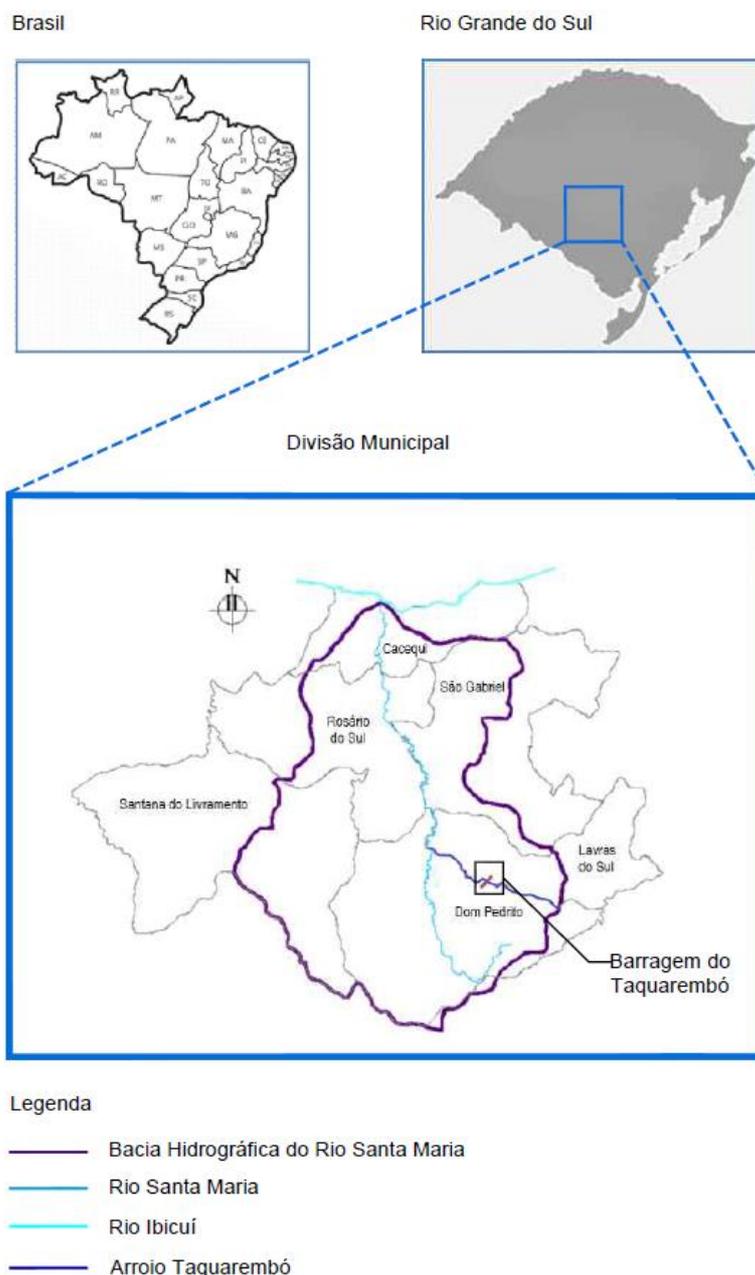
CREA: 164.440-D

[cleber@souzafloriano.com](mailto:cleber@souzafloriano.com)

(51) 99300-3237



## 2 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO



**Figura 1 - Situação e localização da área onde se insere a Barragem no Arroio Taquarembó entre os municípios de Dom Pedrito e Lavras do Sul.**



### 3 INTRODUÇÃO

Com o intuito de estabelecer normas, critérios e condições para execução de serviços, fornecendo informações que permitam a elaboração e a apresentação de propostas e, posteriormente, a celebração de contrato para os SERVIÇOS NECESSÁRIOS À CONCLUSÃO DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ, localizada na divisa dos municípios de Dom Pedrito e Lavras do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, este relatório técnico foi elaborado para ser consultado tendo em vista apontamentos que podem ser relevantes para as considerações do licitante.

Em suma, as inspeções estão voltadas ao conjunto de serviços que compreendem os principais núcleos construtivos a serem concluídos pelo licitante, que são:

- a) **Obras de finalização do barramento (1);**
- b) **Obras de captação para irrigação TDA-CI (2, 3 e 4);**
- c) **Obras de complementação de diques (5, 6, 7 e 8);**
- d) **Obras da Ponte sobre a ERS-630 (9).**

A numeração entre parenteses “( )” refere-se à posição no mapa esquemático a seguir, para simples orientação de localização.

As obras de finalização do barramento **(1)** contemplam diversos serviços iniciais para dar continuidade a finalização da barragem em CCR, bem como executar outros serviços de entorno e específicos que permitirão a operação e manutenção da barragem posteriormente.<sup>1</sup>

As obras de captação para irrigação compreendem a execução da tomada d’água de montante para captação de água de irrigação (TDA-CI) do reservatório **(2)**. Esta

---

<sup>1</sup> Na barragem de CCR também existe uma tomada d’água que está parcialmente executada, faltando as peças mecânicas, complementação de estrutura e casa de máquinas. Nesta tomada encontra-se uma válvula dispersora de jato oco. Neste contexto será sempre referenciada como: **tomada d’água da barragem (TDA-B)**.



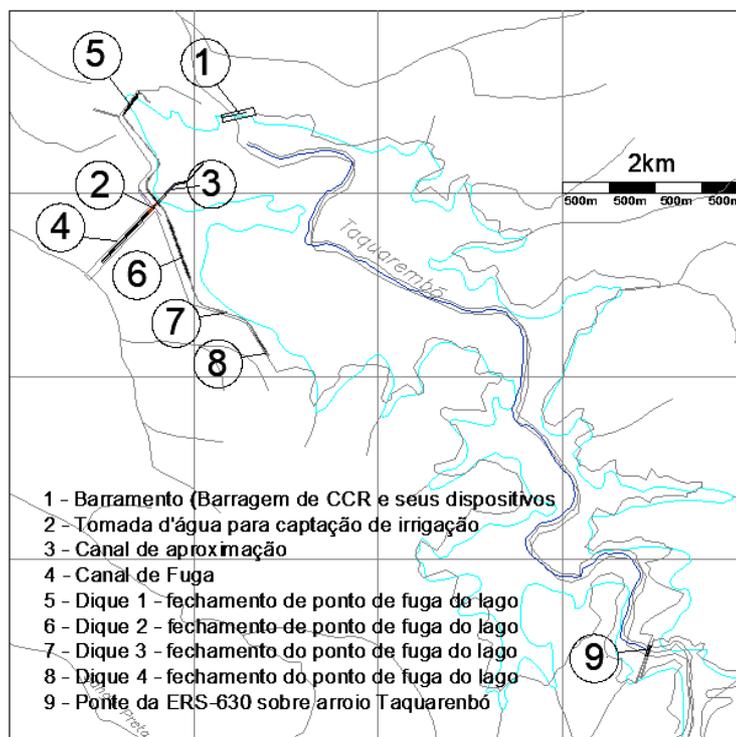
obra não foi iniciada e será realizada a partir de escavações com sistema de contenção em cortina atirantada descensional.

Pertencendo a continuidade para a captação, encontra-se o canal de aproximação **(3)**, que consta de uma escavação em taludes conectando o reservatório à TDA-CI.

Na descarga da TDA-CI encontra-se o canal de fuga **(4)**, que costa também de uma escavação em taludes conectando a TDA-CI aos canais naturais (ou a serem projetados) de irrigação pela margem esquerda do arroio Taquarembó.

Os diques são estruturas de terraplenagem controladas, com filtros e transição granulométrica para preencher os pontos de fuga do reservatório. O dique 1 **(5)** já está com a estrutura de massa executada, restando apenas complementações para ser consolidado como via de acesso. O dique 2 **(6)** está parcialmente executado, necessitando complementação com volumes de aterro a partir do lado esquerdo da TDA-CI. Importante salientar que deve haver concordância entre as obras do dique 2 e as obras da TDA-CI, uma vez que ocorre interseção entre elas. O dique 3 **(7)** e o dique 4 **(8)** necessitam ainda serem alteados conforme projeto executivo, mas são obras de vulto pequeno perante as obras principais.

O conjunto de obras se completa com a execução da Obra da Ponte da ERS-630 **(9)** sobre o arroio Taquarembó. Trata-se de uma ponte de vigas apoiadas (com duas pistas), construída ao lado da estrutura existente (ponte de mão única). Contemplam também os necessários aterros de aproximação e demais adequações para a execução definitiva da estrutura.



**Figura 2 – orientação dos principais locais para as obras de engenharia.**

Cabe destacar a necessidade de execuções de diversos serviço pendentes, incluído a instalação do canteiro de obras. Dentre os principais serviços podem ser citados:

- Reativação com a adequação e complementação das obras para a conclusão da barragem de maciço em CCR. Sendo necessariamente considerada a instalação de instrumentação e equipamentos hidromecânicos, bem como remoção e adequações geométricas necessárias de ensecadeiras à montante e jusante.
- Também, deve ser executada todas as instalações elétricas e Sistemas de Proteção de Descargas Atmosféricas (SPDA) tanto da barragem quando dos diques (caminhos) e da TDA-CI.
- Por fim, também está incluída a execução de todos os Programas Ambientais necessários.



## 4 OBRAS DE FINALIZAÇÃO DO BARRAMENTO

### 4.1 Aspectos gerais

A estrutura de barramento consta de uma barragem de massa em concreto compactado à rolo (CCR) e de demais peças de concreto armado ou simples, na sua maior parte concretadas *in loco*.

A ficha técnica da barragem deve ser apurada nos autos de projeto, no entanto para contextualizar o presente laudo, resumidamente esta barragem trata-se de uma estrutura de grande porte com 19 blocos de 20 m de largura (entre juntas) totalizando uma extensão aproximada de 380 m e altura máxima de 34 m.

As figuras a seguir mostram, planta baixa, vista (elevação) de jusante do projeto estrutural da barragem, bem como uma imagem panorâmica, mostrando a face de jusante da mesma, atualmente.

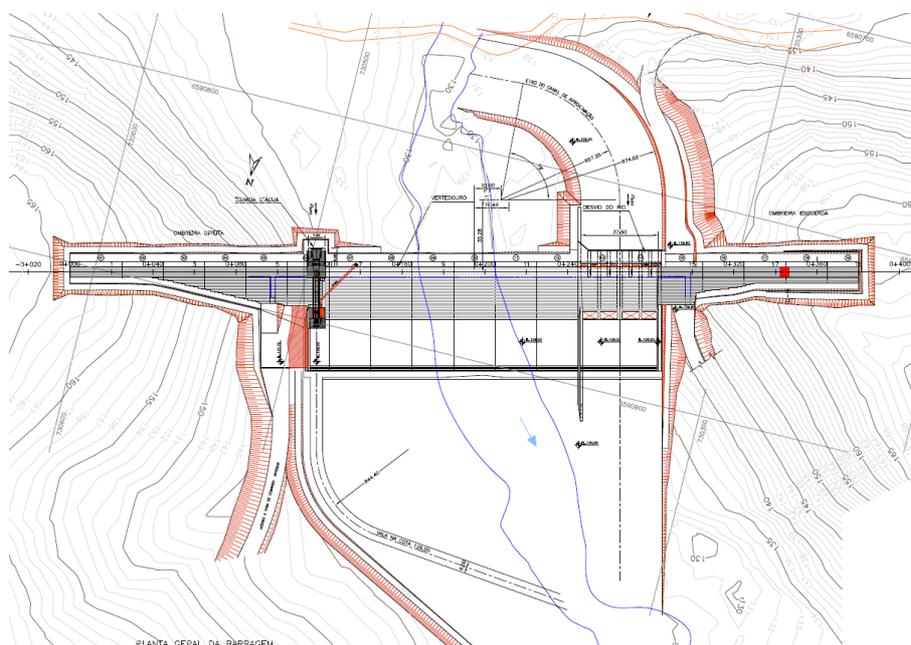
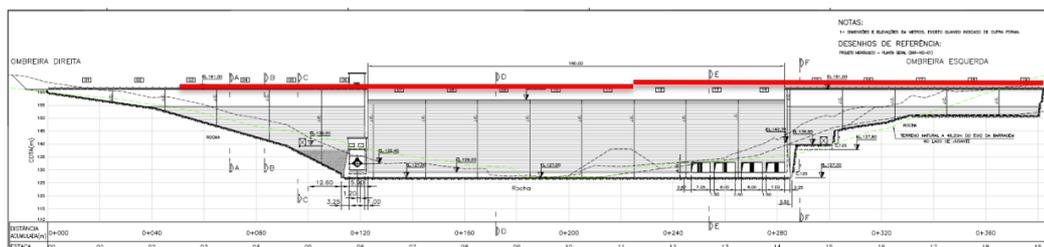
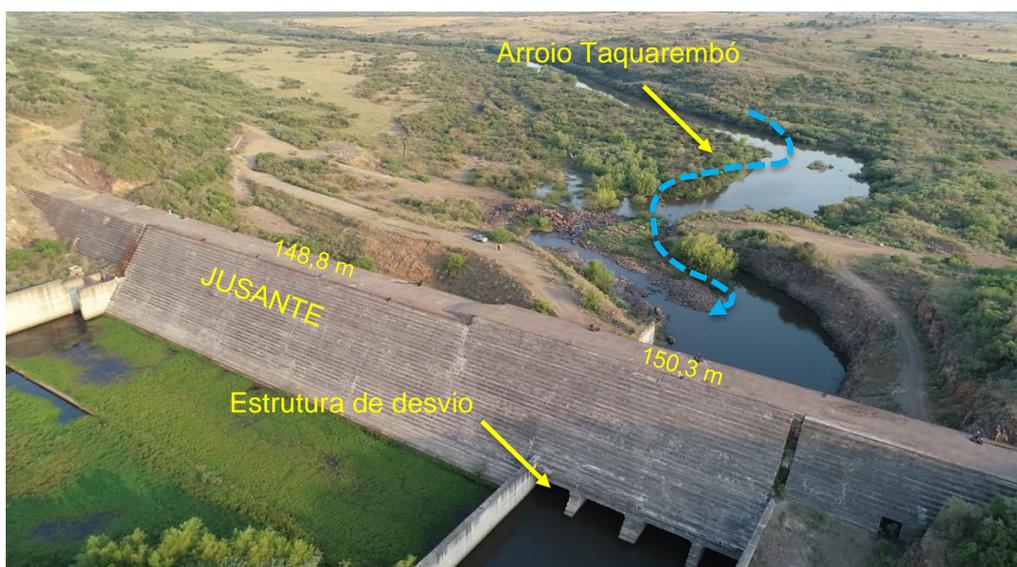


Figura 3 – planta geral da barragem no arroio Taquarembó-RS (Projeto de Engenharia, 2009).



**Figura 4 – vista de jusante da barragem do Taquarembó, A linha vermelha indica a posição até onde foi executado (Projeto de Engenharia, 2009).**



**Figura 5 – foto panorâmica, lado jusante da barragem do Taquarembó.**

Observa-se a necessidade de complementação da estrutura, segundo o projeto de engenharia. A barragem foi executada até a cota 150 m até o bloco 11 e 148,7 m após o bloco 11. Enquanto a cota final do vertedor está na 157 m e as ombreiras na 161 m. Embora a parte mais dispendiosa da obra já esteja executada, não existe qualquer possibilidade de operacionalidade, em termos



hidrológicos e estruturais atualmente, sem antes retomar as obras de finalização desta estrutura.

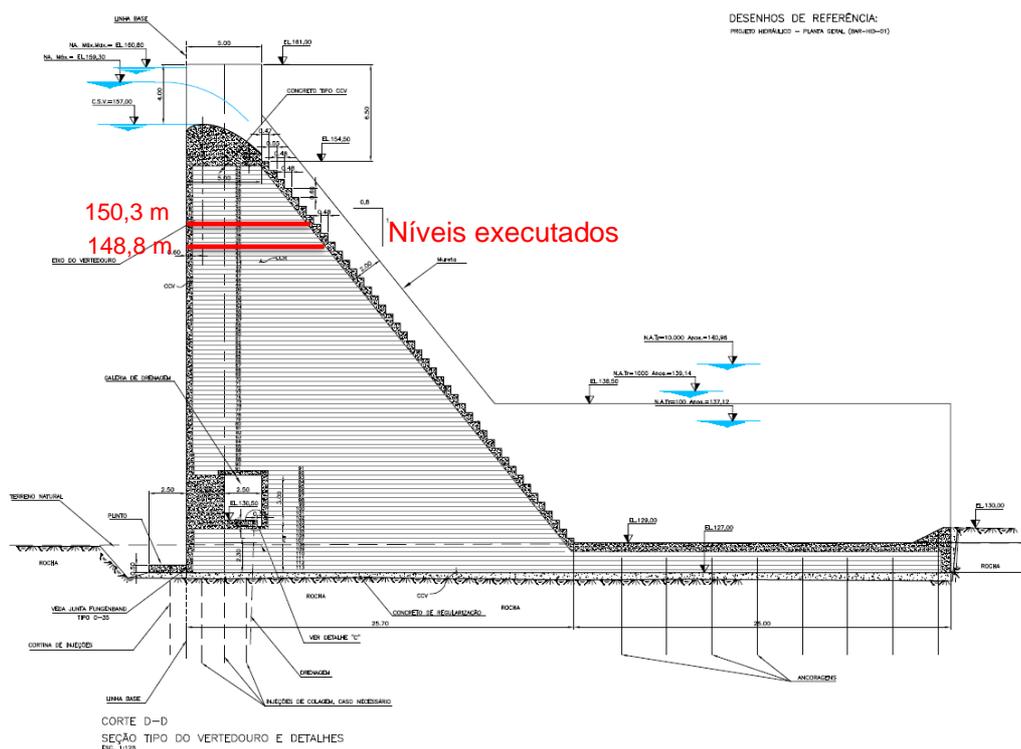


Figura 6 – Seção transversal na posição do vertedor, indicando as cotas executadas.

#### 4.2 Condições de entorno (ombreias, taludes e ensecadeiras)

O projeto de engenharia no que tange a compatibilização com a caracterização geológica mostrou-se suficiente. Trata-se de um ambiente de rochas de efusões (riólitos e lapilito) antigas (formação Acampamento Velho com depósitos de fluxo piroclásticos e tufos lapilíticos). Embora tenha grande variabilidade textural e de propriedades hidráulicas, em geral são rochas ácidas com maciços em



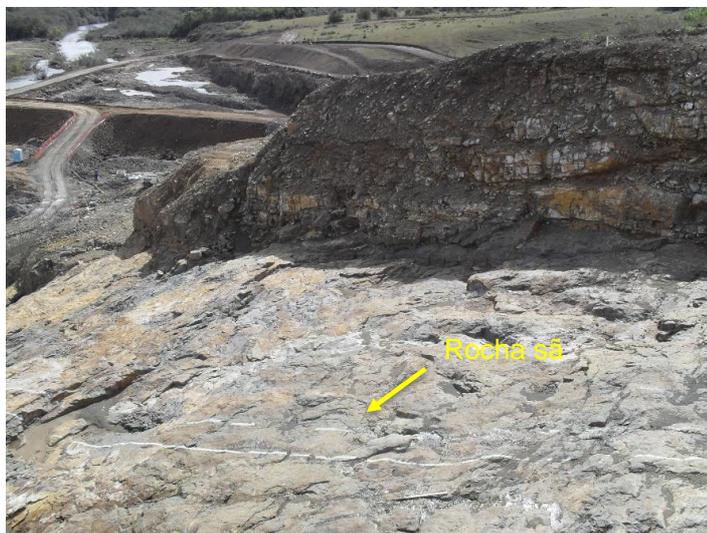
grau de fraturamento variados, por outro lado, são maciços bastante resistentes mecanicamente.



**Figura 7 – textura e aspecto do maciço rochoso à montante.**

A barragem foi assentada neste contexto geológico. Um grande conjunto de ensaios de perda d'água em rocha e de sondagens rotativas mapearam a qualidade de tal maciço rochoso. Nitidamente percebe-se que o maciço é mais competente no núcleo central tanto em capacidade mecânica (com Recuperação acima de 90%), como em condições de permeabilidade, em média  $k \sim 1.10^{-5}$  m/s.

Embora poucas informações foram fornecidas à cerca da construção, foram resgatadas imagens (ver **Figura 8**) que convergem as condições ensaiadas, como pode ser visto na figura abaixo. A imagem mostra a escassez de espessura de solo e um maciço intacto menos fraturado.



**Figura 8 – foto da escavação próximo a ombreira.**

Naturalmente a região das ombreiras apresentam propriedades mecânicas inferiores ao centro da barragem. Vale destacar a ombreira esquerda que apresenta uma faixa contínua de decomposição de rocha (formação de solo), correspondente a uma intrusão associada a uma descontinuidade mais sensível ao intemperismo. O fato é que o maciço de CCR encosta nesta posição. Deve-se averiguar as condições, especialmente de capacidade de carga e de permeabilidade do maciço para que esta porção não seja empecilho após operação de enchimento do reservatório.

Neste caso, complementações de injeções de consolidação inclinadas e verticais ainda podem ser necessárias até mesmo além do que está especificado em projeto (ver Figura 9). Para isso, estudos específicos neste local devem ser conduzidos para aferir quantitativos complementares e averiguar a situação atual.

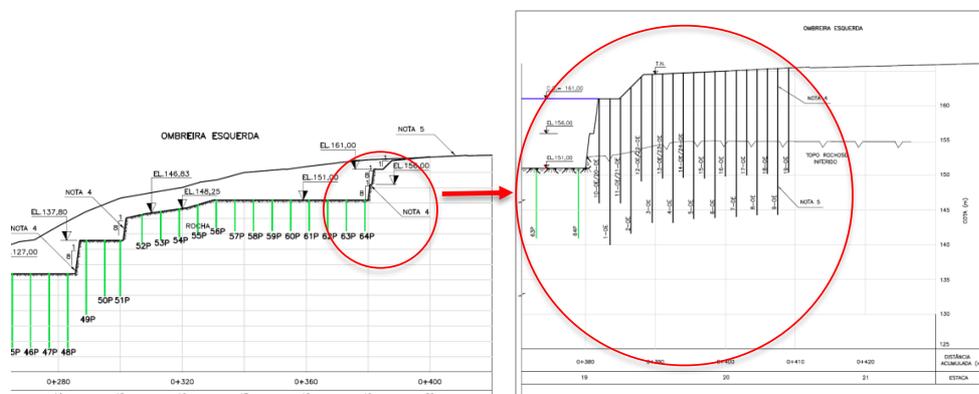


Figura 9 – injeções de consolidação (projeto de engenharia, 2009).

Dentro dos estudos necessários haverá necessidade de investigações complementares com sondagem mista (2 pontos), ensaio de perda d'água em furo de sondagem e geofísica por caminhamento elétrico (complementar – 2 linhas de 40m) do maciço atual, de modo a mapear o executado e diagnosticar a necessidade de injeções.

A ombreira direita demonstra-se adequada para a conclusão dos trabalhos de alteamento, embora também deva ser respeitada as indicações de projeto. A Figura 10 mostra as duas ombreiras em questão. Nitidamente percebe-se um encaixe mais saliente para a ombreira esquerda, com escavação em solo mais pronunciada.



Figura 10 – foto panorâmica, da ombreira esquerda e direita, respectivamente.



**Figura 11 – foto de detalhe da ombreira esquerda durante execução (foto de 2010).**

Outro ponto que não pode ser deixado de lado refere-se as condições dos taludes de montante e jusante da barragem. Poderia ser citado ainda os taludes concernentes ao reservatório, no entanto, as características geomorfológicas neste caso são bastante favoráveis, pois os talwegues são pouco encaixados, com declividades suaves e geralmente com espessuras de solo muito pouco relevantes. Naturalmente a velocidade de rebaixamentos dos níveis do reservatório, em geral, não justificariam instabilidades, exceto condições específicas de manejos de solo inadequados.

Por outro lado, os taludes formatados pelo encaixe da estrutura de massa e das demais estruturas nas proximidades da barragem, devem ser observados com maior cuidado. Os taludes os quais estão sendo referenciados podem ser vistos em quatro partes: taludes da margem esquerda (montante e jusante) e taludes da margem direita (montante e jusante).

A imagem na **Figura 12** mostra os taludes na margem esquerda. Observa-se que para o lado de montante houve relevante escavação, expondo o maciço rochoso em planos inclinados 4:1 (V:H) com bancadas (acessos) em posições intermediárias. A princípio estes taludes não apresentam descontinuidades



desfavoráveis sob uma ótica de instabilidade global. No entanto, algumas partes junto aos acessos, os cortes podem ser corrigidos, sob efeito maior de segurança para as instalações da obra, de modo a minorar os riscos com quedas de bloco localizadas.

Por outro lado, o talude da margem esquerda de jusante já apresenta erosões, pois junto a margem e na saída da estrutura de desvio, observa-se uma borda de talus/colúvio. Nos primeiros 30m a encosta é protegida pela estrutura de contenção em concreto armado. Após, é que se nota o trabalho dinâmico de erosão hídrica retrogradando a massa coluvionar.

Nesta situação, deve-se prever trabalho de proteção desta margem. A priori solucionado apenas com reorganização da terraplenagem de modo a compor uma transição granulométrica de blocos para a proteção e impedimento da evolução da degradação ativa do talude, são suficientes.



**Figura 12 – vista dos taludes da margem esquerda.**

Em contrapartida a margem direita, vista na figura 6, não apresenta problemas de degradação descontinuada. Nesta margem, pelo lado de montante, ainda se percebe que deverá ocorrer atividades de obra temporárias, como: readequação dos acessos



para dar continuidade a finalização da barragem e posteriormente a remoção do dique de proteção. Durante as obras, a adequação destes taludes deve naturalmente respeitar o que consta em projeto.

Completando a sucinta avaliação dos taludes, aquele da margem direita de jusante corresponde a uma escavação em rocha. Nesta porção é que se torna mais cuidadosa a estabilidade, uma vez que ali existe a saída da tomada água (válvula de jato oco), no entanto, os taludes de corte em rocha intacta, são relativamente baixos e estáveis. Eventualmente, em observação à operação, dever-se-ia verificar a necessidade de intervenção.



**Figura 13 – vista dos taludes da ombreira direita.**

A **Figura 14** mostra os taludes rochosos supracitados.



Figura 14 – fotos do talude da margem esquerda (jusante) e direita (jusante), respectivamente.

### 4.3 Apontamentos sobre manifestações patológicas e cuidados complementares

A vistoria realizada teve intuito de varrer visualmente todos os locais possíveis de acesso para então fornecer um diagnóstico da inspeção. Neste contexto, pode-se separar os locais da seguinte forma, com a vistoria sendo realizada:

- A partir da galeria de inspeção
- A partir de montante
- A partir de jusante
- A partir do topo do maciço inacabado

#### 4.3.1 Galeria de inspeção e drenagem das fundações

A galeria de inspeção sob o aspecto estrutural já foi finalizada. Esta galeria tem entrada pelo lado jusante, percorrendo do quinto bloco (um anterior a adufa) até o decimo sexto, como pode ser observado no perfil do projeto de engenharia (2009) na Figura 15 e nas seções transversais na Figura 16.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

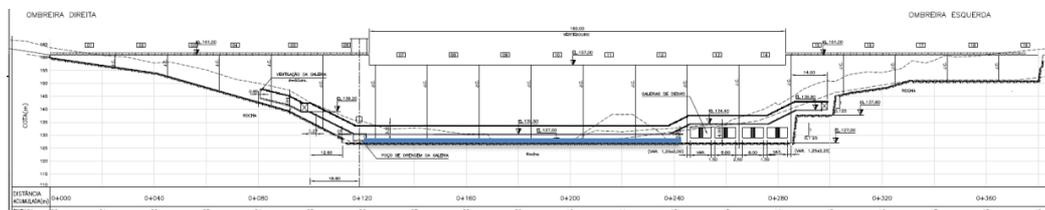


Figura 15 – perfil da galeria visto de jusante. Em azul a área inundada.

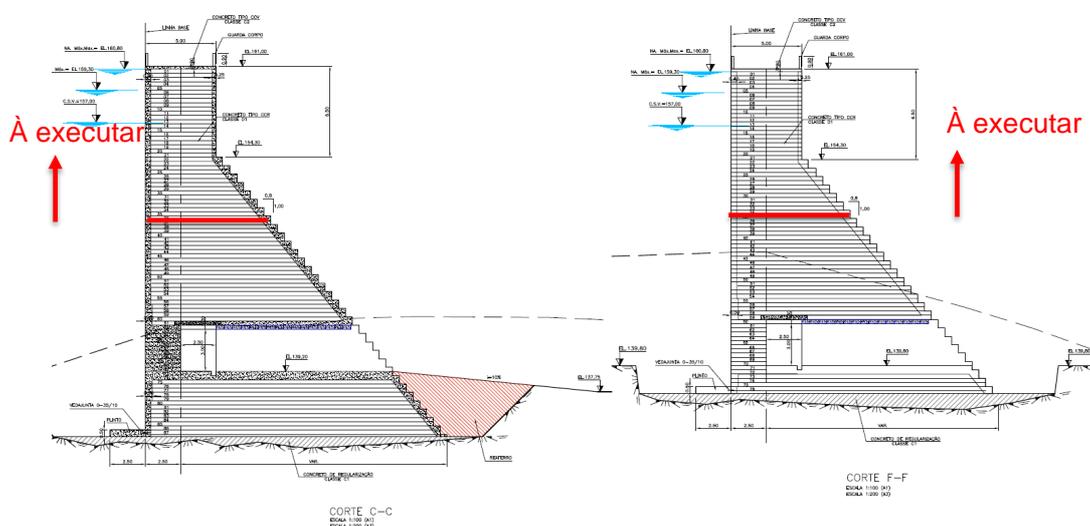


Figura 16 – Seções transversais na entrada e na saída da galeria.

Primeiramente, nota-se que os acessos a galeria estão abertos, não há portões de impedimento à entrada e saída, como pode ser observado na Figura 17.



Figura 17 – entradas/saídas da galeria de inspeção e drenagem das fundações.



Como toda galeria destes tipos de barragem, o acesso é necessário através de luz artificial. À primeira vista um sistema de iluminação está presente no local, com fios, caixa de distribuição suportes para iluminação e lâmpadas. Porém, aparentemente, poderia ser reaproveitado parcialmente, em especial a fiação, embora, deveria ser antes testado o seu funcionamento. Além disso o conjunto não apresenta adequação para iluminação definitiva.



**Figura 18 – sistema de iluminação provisória desativado.**

O ambiente é ventilado, escuro e de temperatura constante. Apto para o povoamento de animais de hábito noturno. Foram observadas aves, mamíferos e aracnídeos ao longo da galeria. O acompanhamento de profissional da área ambiental deve ocorrer no instante da retomada das obras e acesso à galeria.

A **Figura 19** mostra o aspecto geral do ambiente dentro da galeria de inspeção e drenagem.



**Figura 19 – ambiente interno da galeria de inspeção e drenagem.**

A galeria, no nível mais baixo está inundada, com uma lâmina de aproximadamente 30cm de água (no instante da visita). Ao que tudo indica o acúmulo de água está relacionado a presença da lama e colmatção dos drenos e do poço de recalque na parte mais baixa da estrutura. Ao atravessar a galeria, observa-se acúmulo de maior espessura de lama mais próximo a ombreira direita (bloco 13) por efeito de fluxo direcionado nas cheias a partir da entrada de água pelos tubos abertos (diâmetro 300mm) acima da adufa.

**Neste contexto, a galeria deve ser esgotada a partir de um sistema de bombeamento com bomba lameira. Também, deverá ser realizado a limpeza de todos os drenos, bem como do poço de esgotamento.**

Importante salientar que na situação atual, maior parte dos drenos não estão em funcionamento, pois não há pressão hidrostática do reservatório.

Para isso, deve ser elaborado um projeto de secagem da galeria com manutenção preventiva dos drenos e posteriormente executar a atividade planejada. De antemão, após a adequação de instalações elétricas, ocorrerá a necessidade de instalar uma bomba lameira na posição mais baixa do poço (ombreira direita) e um conjunto de mangotes e conexões. Pode-se usar o desnível entre o fundo do poço e a saída da



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



galeria. Por outro lado, a tubulação de recalque (tubo metálico Ø 15 cm) que fará o recalque intermitente de vazão de água dos drenos da galeria, já está instalada, eventualmente podendo ser utilizada. Portanto, a bomba provisória deve ter capacidade de atender a sucção de água com lama com considerando esta perda de carga.

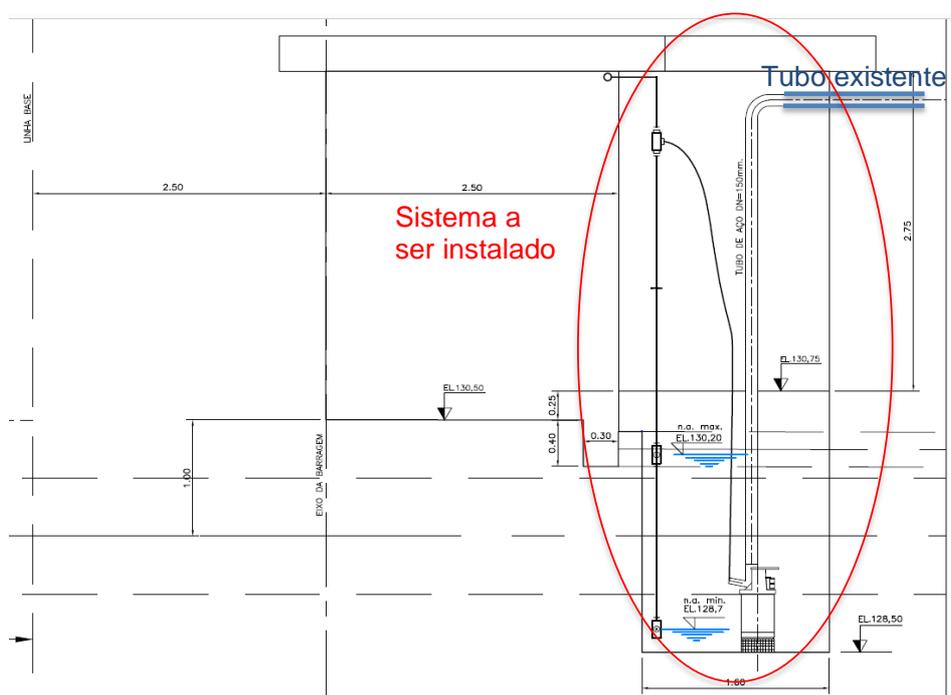


Figura 20 – seção do poço de drenagem (Projeto de Engenharia, 2010)

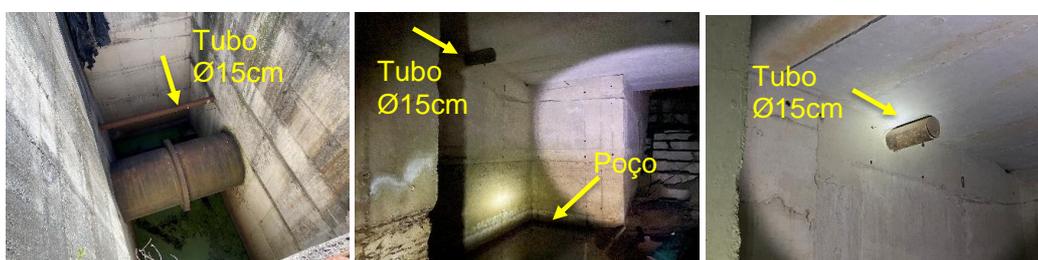


Figura 21 – tubulações de recalque do poço.



Quanto a estrutura da galeria, embora tenha sido observado algumas falhas de posicionamento ou fixação de formas, que causaram abaulamento de face (sem grande prejuízo estruturais) em geral a estrutura visualmente está íntegra. Alguns testes de dureza superficial e carbonatação foram realizados no interior da galeria e serão apresentados na sequência.

A **Figura 22** mostra diferentes locais e indicações no interior da galeria.

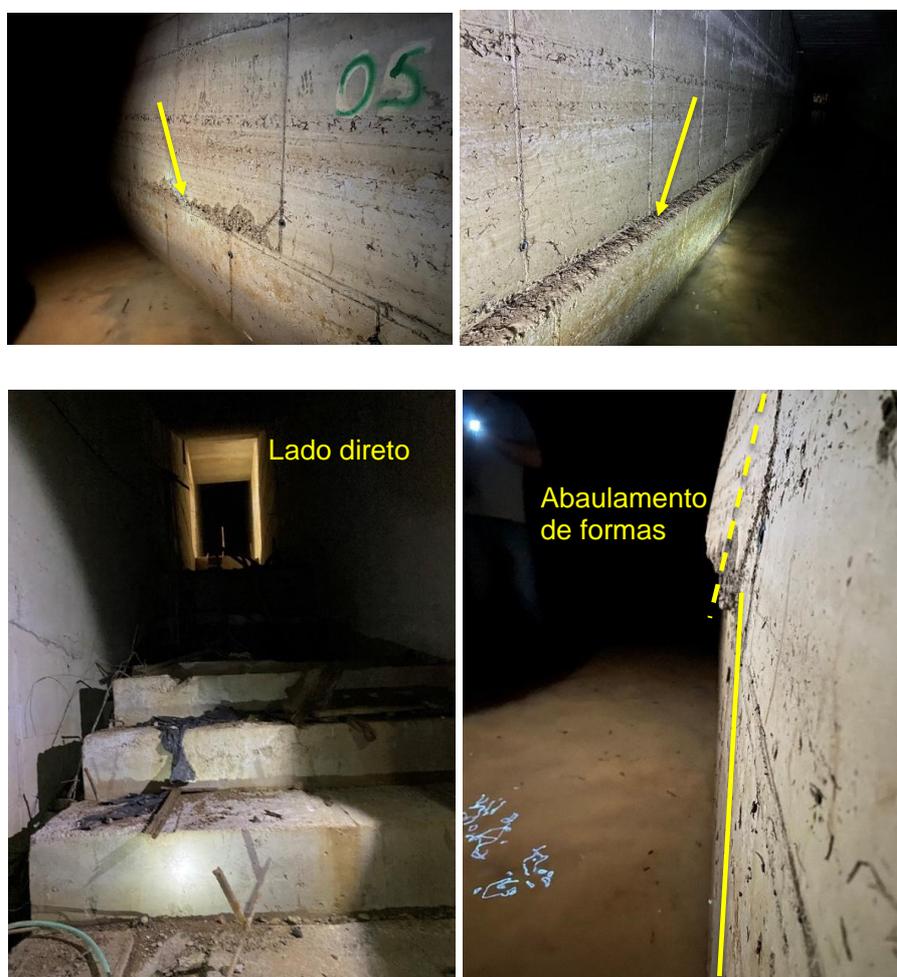


**Figura 22 – A. Marcação na parede da variação do nível d’água dentro da galeria. B. Água limpa com depósito de lama no fundo. C. Acúmulo de lama na posição do poço de esgotamento. D. Ambiente seco acima da adufa (tubulações de 300 mm).**

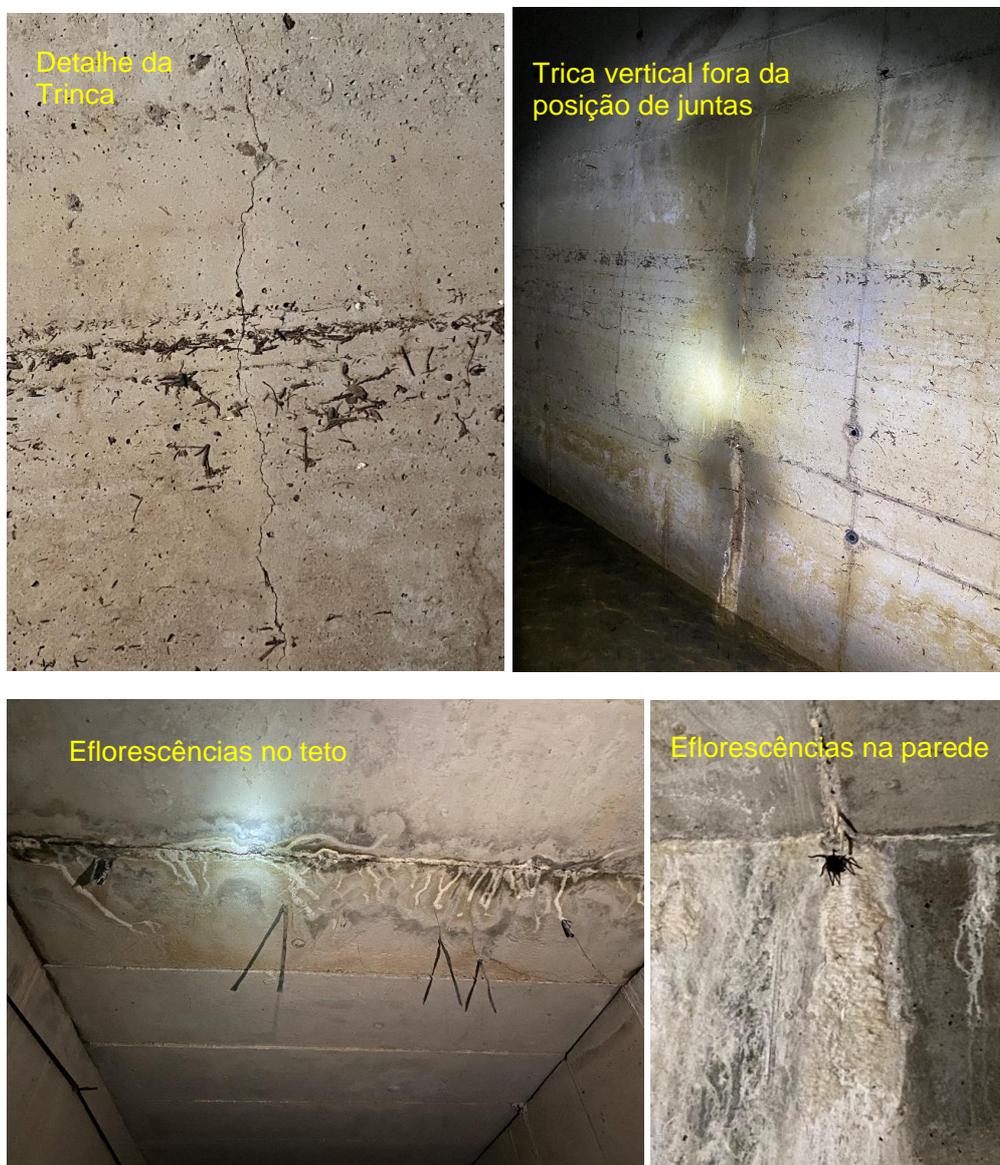


Algumas manifestações patológicas foram observadas e devem receber atenção quando da entrada dos trabalhos de retomada pela vencedora do certame. A primeira vista, reparos superficiais de trincas e eventualmente reparos profundos de com aplicação de injeções, já seria suficientes, mas uma **verificação mais profunda a partir de um laudo pericial após a finalização da limpeza interna, garantiria a durabilidade necessária para a operação da estrutura.**

A **Figura 23** apresenta alguns aspectos estruturais no interior da galeria e a **Figura 24** alguns exemplos de manifestações patológicas.



**Figura 23 – Aspectos estruturais da galeria.**



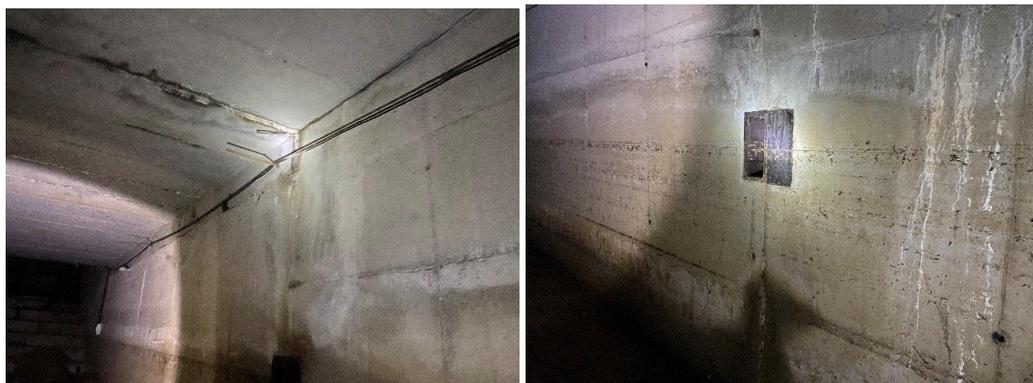
**Figura 24 – Manifestações patológicas no interior da galeria.**

As juntas entre blocos, onde estão presentes o sistema de vedação de montante e jusante (veda-junta Fugenband O-35/10) percebe-se mais nitidamente ações de infiltração. Neste caso, por água da chuva, uma vez que a barragem nunca esteve em operação. Alguns pontos de eflorescência são notados nestes locais. Em geral, nenhuma junta encontra-se defeituosa, pois as evidências de infiltração não estão



vinculadas à fluxos horizontais, mais sim migração de água sem pressão hidrostática.

A **Figura 25** mostra o aspecto das juntas entre blocos.



**Figura 25 – Aspectos das juntas entre blocos.**

Por último, não menos importante, não se pode notar as posições de todos os locais de instrumentação, que devem ser apontados após a realização de esgotamento e limpeza da galeria, embora tenha sido observado algumas marcações nas paredes da galeria indicando a posição que foi perfurado o medidor de poro pressão (Piezômetro). Apenas, percebeu-se as posições dos nichos para o posicionamento dos medidores triorgonais de deslocamento entre blocos, que deverão receber uma adequação para o chumbamento, anterior a instalação prevista no projeto, como pode ser observado na **Figura 26**.

É notória a necessidade de execução do projeto de instrumentação e posterior plano de monitoramento (papel do proprietário), pois a instrumentação por piezometria, principalmente, será o indicador de premissas de projeto quanto a estabilidade da barragem no que tange as condições subpressão e por conseguinte da segurança após enchimento do reservatório.



**Figura 26 – Marcação de posição da instrumentação (PZs) e nicho para receber medidores triortogonais.**

#### **4.3.2 Face de montante**

A face de montante da barragem é vertical como pode ser observado na **Figura 27**. Recebe uma armadura simples e é executada em concreto convencional vibrado (CCV) concomitante (na maior parte) com o concreto do tipo CCR, massa principal da barragem. A face de montante, portanto, entre outras, exerce a importante função de controle de permeabilidade e proteção a intemperes e apresenta espessura de apenas 40 cm com classe C2 ( $f_{ck}=15$  MPa aos 90 dias e fator  $a/c=0,65$ ).





Os reparos a serem quantificados referem-se na grande maioria à fechamentos de nichos abertos da fixação de andaimes. Deve haver necessidade de reparos superficiais, eventualmente de reparos profundos e injeções localizadas. Recomenda-se a pintura hidrofugantes e de impregnação impermeabilizante no concreto.

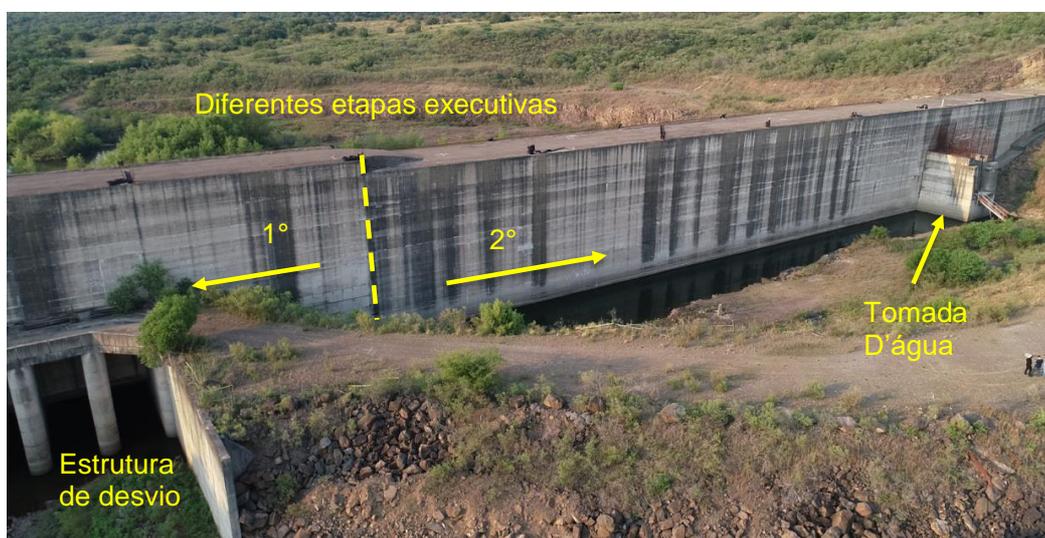


Figura 28 – Vista panorâmica da face de montante pelo lado esquerdo.

Os quantitativos são estimados uma vez que não se consegue controle total deste tipo de serviço. Uma quantificação mais precisa pode ser realizada no instante das atividades. Porém, cabe observar que são serviços de reparos devido a uma condição executiva (inconformidade). Portanto, para a face de montante que ainda não está construída, não seria plausível considerar tais atividades.

A Figura 30 mostra uma imagem de etapa intermediária da obra. Naquela ocasião, nota-se a finalização da estrutura de desvio do arroio, os diques de proteção



provisória (montante e jusante) e a continuidade dos trabalhos de execução (segunda etapa) nas fundações e alteamento da estrutura de massa.

As figuras seguintes apresentam a face de montante e a estrutura de desvio vista por montante.



**Figura 29 – Vista panorâmica da face de montante pelo lado direito.**



Figura 30 – Segunda etapa sedo alteada após construção da estrutura de desvio (fotos de 2010) – 1 e 2: diques de proteção provisórios; 3: estrutura de desvio; 4: maciço de CCR; 5: bacia de dissipação; 6: rocha (fundações) da obreira direita.

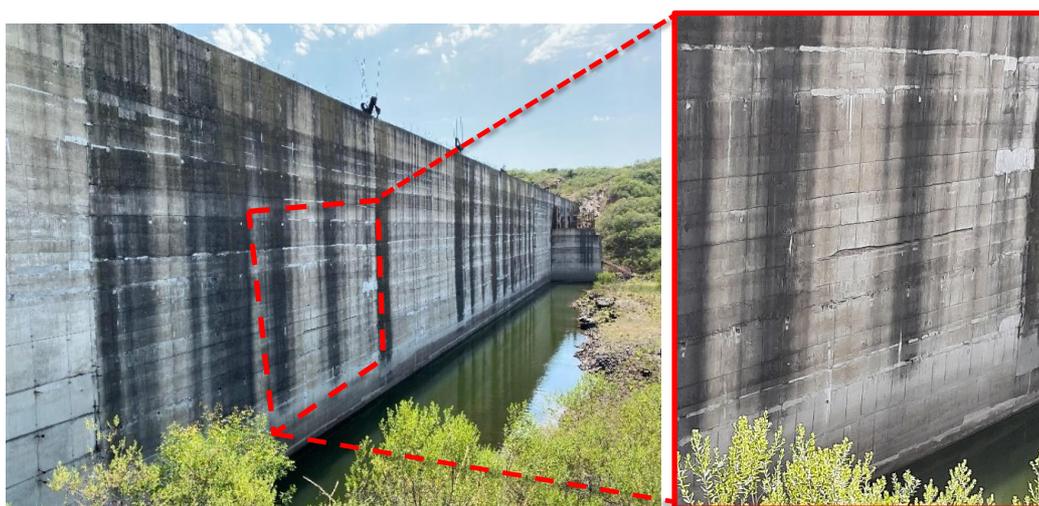


Figura 31 – Aspectos da face de montante.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Figura 32 – Face de montante e estrutura de desvio.

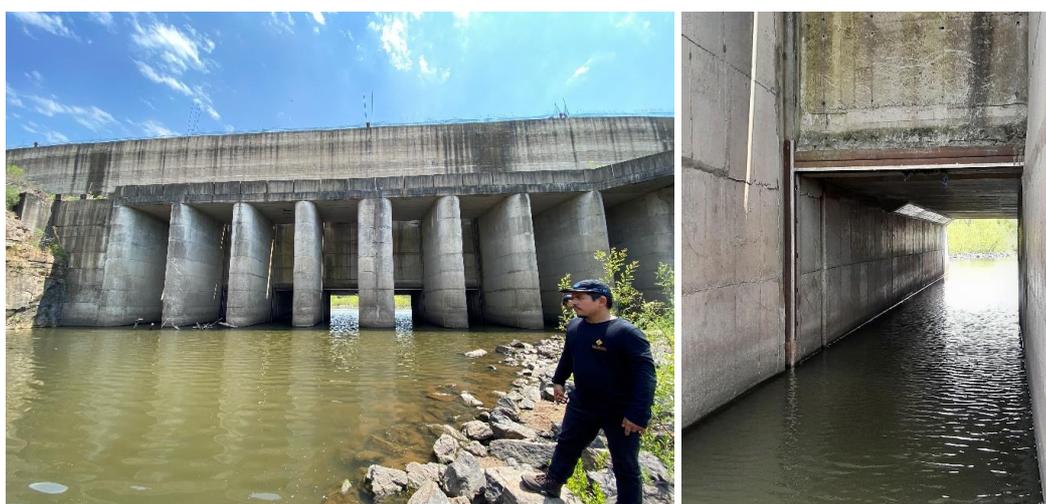


Figura 33 – Adufa (estrutura de desvio do arroio) vista de baixo e detalhe dos nichos das comportas.



**Figura 34 – Formas que geraram desvio da linha base.**



**Figura 35 – desalinhamento da concretagem acima da estrutura das comportas da adufa.**

A intervenção mais expressiva, por questões de inconformidade executiva é a que se refere a necessária correção devido ao desalinhamento de concretagem (posicionamento de formas ou alinhamento topográfico) que gerou redução significativa do nicho da comporta tipo vagão. Como está atualmente, dos oito nichos, apenas dois estão alinhados com espaço de acordo com o planejamento de

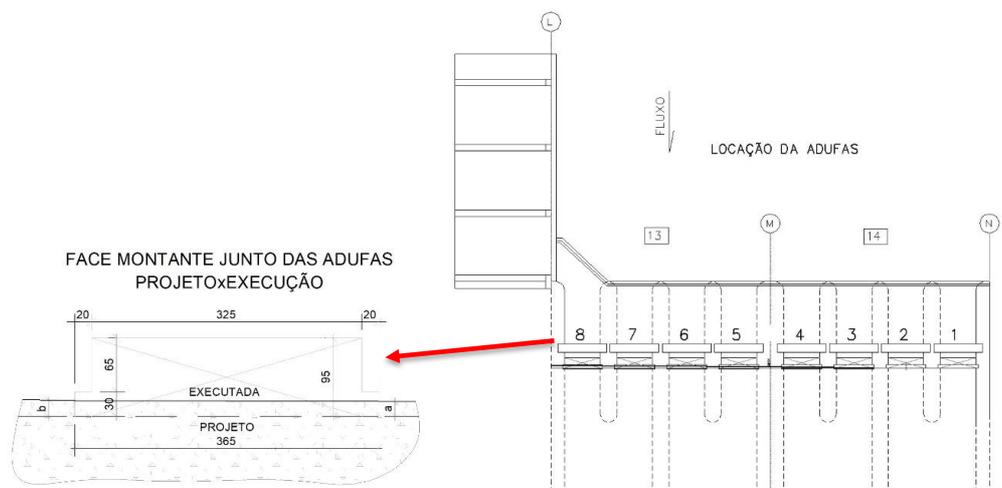


projeto. Para os demais, houve redução de espaço, não sendo possível a passagem da comporta naturalmente.

Uma vez que não há espaço para a comporta correr pelo nicho, será necessário intervenção desta parcela de concreto ou mesmo reaver o projeto da comporta.

Medidas em campo indicam que a linha base, que corresponde ao alinhamento da face da barragem com o nicho da comporta vagão está derivando (sombreado) o nicho a partir do terceiro vão. A variação ocorre iniciando com 2 cm e termina com 21,5 cm no último vão. Como a comporta vagão apresenta dimensões praticamente encaixante com o nicho de 30 cm, restam ao final apenas 8,5 cm para a passagem da comporta, o que fisicamente é impossível sua passagem.

A **Figura 37** marca este desalinhamento na última comporta.



**Figura 36 – Detalhe dos nichos das adufas e desalinhamento medido.**



**Figura 37 – Detalhe do desalinhamento que dificulta o encaixe das comportas na adufa.**

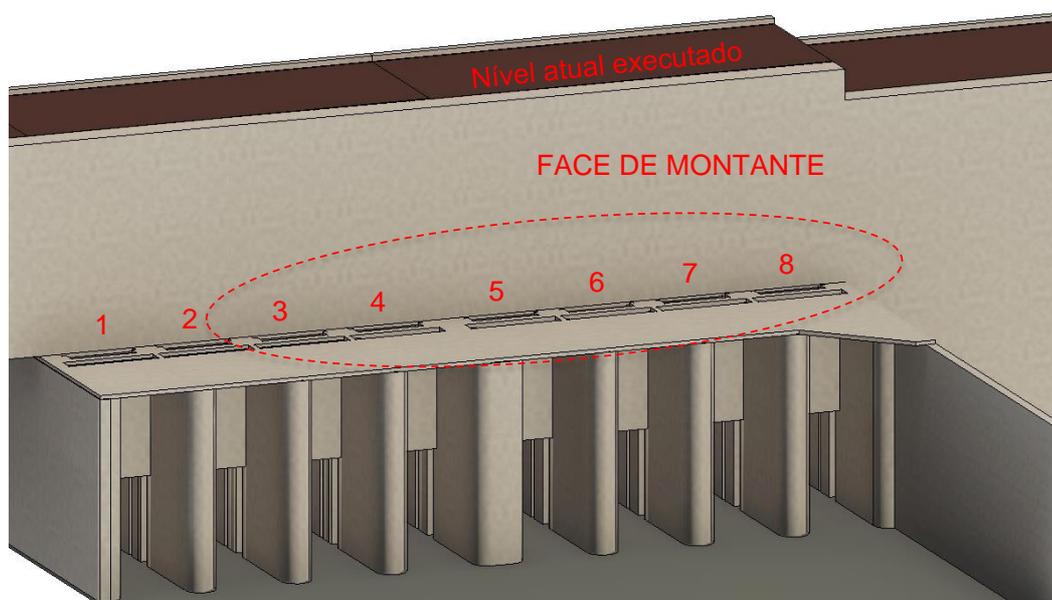
Observando tal inconformidade, assume-se que será necessário a intervenção para que a comporta vagão exerça sua função de vedação para a concretagem secundária (embuchamento) das aberturas provisórias (atualmente funcionais) para a passagem do arroio Taquarembó.

**No entanto, a intervenção para readequação do nicho das comportas vagão da adufa é passível de realização de projeto executivo, que pode ser realizado durante as instalações das obras, uma vez que esta etapa pode ser gerenciada no cronograma da obra.**

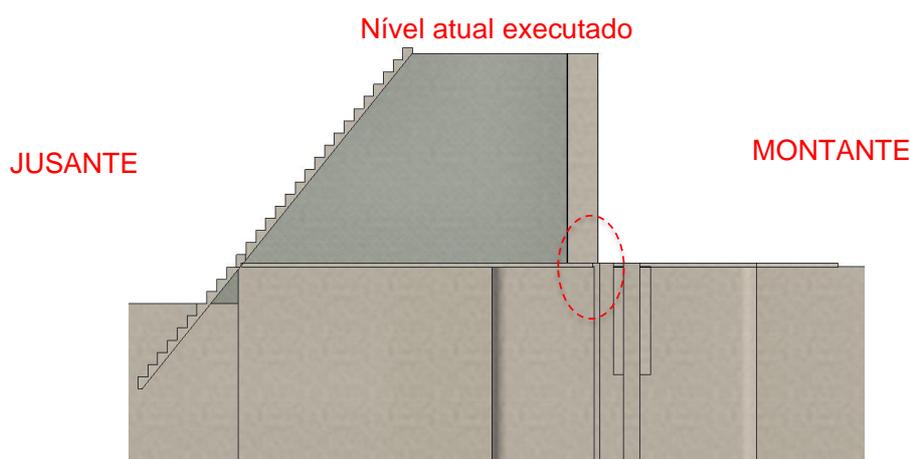
As vertentes de readequações podem ser diferentes, no entanto estima-se que será necessário cortes e reparos da face da barragem naquela posição, ou mesmo,



readequação da posição das comportas nos nichos efetivamente afetados pela restrição de espaço. A priori, a primeira alternativa é mais plausível, pois, a estrutura ainda precisa ser alteada até a cota 161,00 m, podendo ser planejada e adequada uma intervenção de menor vulto.



**Figura 38 – Modelagem geométrica das adufas no software Revit mostrando nichos restringidos.**



**Figura 39 – Modelagem geométrica das adufas no software Revit – seção transversal.**



Destaca-se que para efeito de determinação de quantidades dos reparos deverá ser considerada a intervenção de corte da face com adequação para a passagem da comporta através do nicho.

#### **4.3.3 Face de jusante**

A face de jusante deve corresponder a um concreto convencional vibrado (CCV) de classe A2, cujo  $f_{ck}=25$  MPa aos 90 dias com fator  $a/c=0,50$ , segundo o projeto de engenharia.

A face de jusante não recebe elevadas pressões de água, no entanto, é a face que exige do concreto a capacidade de não permitir erosão, uma vez que a maior parte dela é caminho para o escoamento do vertedor. Ao mínimo, portanto, a face em degraus deve atender as premissas do projeto em todos os quesitos para que o desempenho seja efetivo.

As peças de concreto são moldadas *in loco*, e cada degrau recebe armadura (ver detalhes no projeto de engenharia).

Observa-se que existe nesta face uma grande quantidade de armaduras de esperas para concretagem, em especial aquelas posições limites do vertedor, ficando estas expostas às ações intemperes desde a época em que as obras do maciço paralisaram.

Destaca-se ainda a posição que fará ligação com a casa de máquinas da tomada d'água na ombreira direita. Este é o local de maior quantidade de intervenções para dar continuidade às concretagens na parte de jusante.

No entanto, cabe observar que além das intervenções que se deve fazer para retomada de concretagens, nota-se que existe uma série de reparos a ser realizados nos concretos da face, uma vez que se observa em pontos localizados, desagregações, tricas e ganchos auxiliares de içamento ainda expostos na superfície.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



A Figura 40 mostra detalhes da armadura (predominante na face) junto aos degraus.

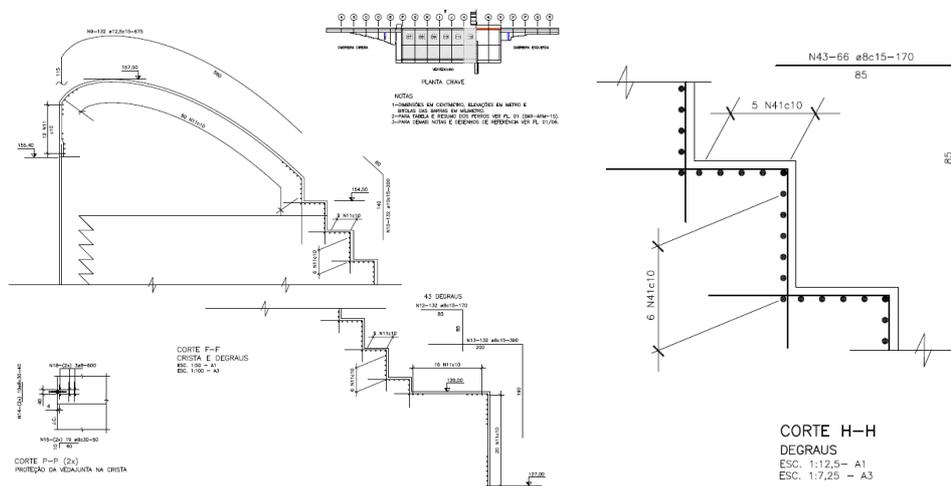


Figura 40 – Detalhe das armaduras dos degraus (Projeto de engenharia).

Na sequência são apresentadas as figuras a seguir mostrando os aspectos atuais da face de jusante.



Figura 41 – vista geral da face de jusante a partir da ombreira direita e da esquerda, respectivamente.



Figura 42 – armaduras de espera e de montagem expostas às intempéries desde a paralização das obras por volta de 2011.



Figura 43 – patologias no concreto de jusante. Trincas desgregação, respectivamente.



**Figura 44 – patologia na face de jusante com concreto poroso. Ganchos para içamento das armaduras expostos.**

No caso da face de jusante, embora agregue serviços adicionais, estes são de menor dificuldade técnica de serem executados, pois não se trata de uma inconformidade de projeto, e podem ser realizados e quantificados através de um mapeamento das necessidades a exemplo do que deve ser realizado para a face de montante. Nestas circunstâncias sugere-se a aplicação da especificação de serviço DNIT\_084\_2006\_ES pública no tocante ao tratamento de corrosão.

**Em suma, as intervenções do lado de jusante da barragem, devem pautar no seguinte:**

- **Remoção de todo o produto de oxidação das armaduras com jateamento de areia ou escovação com aço;**
- **Tratamento de todas as armaduras expostas aproveitáveis com produtos de inibição de corrosão;**
- **Limpeza e escarificação das faces do concreto velho com o novo**
- **Reparos localizados superficiais ou profundos de modo a atender as condições operacionais.**



#### **4.3.4 Topo do maciço inacabado**

O topo do maciço inacabado, consta do encontro entre os concretos da face de jusante e montante com o CCR (Concreto Compactado a Rolo). A especificação deste concreto massa no projeto de engenharia é de classe D1 cujo  $f_{ck}=8$  MPa aos 180 dias e fator  $a/c=1,70$ .

Em suma foi alteado o maciço até a cota 148,8 m numa parcela e alteado até a cota 150 m em outra (menor) pelo lado esquerdo. O trecho de ligação entre as diferentes cotas foi criado uma rampa.

No topo observa-se armaduras de espera de ambas as faces. Neste caso, a recuperação destes locais parte dos mesmos preparos estimados anteriormente na continuidade de armaduras expostas concernentes aos concretos CCV indicados para as faces.

Por outro lado, para a superfície de concreto CCR recomenda-se que esta seja limpa com hidrojateamento industrial às pressões suficientes para limpeza total da superfície. Posteriormente deverá ser aplicada uma argamassa (a ser especificada) antes do lançamento da camada de CCR para aumentar aderência e proporcionar compatibilidade entre material velho e novo.

Uma porção residual constritiva de CCR permanece na superfície. Trata-se de uma rampa também em CCR. No entanto, recomenda-se a remoção desta rampa para traspasar as diferentes cotas executadas de concreto rolado. Seria possível a sua permanência somente se comprovado que o concreto ali aplicado atende as especificações de projeto, que pode ser averiguado através de extração de corpos de prova a serem submetidos a avaliação de resistência mecânica, especialmente. Caso positivo, recomenda-se a escarificação lateral e em forma de degraus com limpeza consecutiva, de modo que se dar continuidade ao procedimento de compactação.



Figura 45 – Vista do topo para o lado de jusante (detalhe da armadura na Figura 40 aparente) e vista do topo para o lado de montante com destaque para a rampa em CCR ao fundo.



Figura 46 – Detalhe da armadura da face de montante, observada as esperas no topo da barragem.



**Figura 47 – Veda-juntas Fugenband O-35/10 (marca registrada).**

Sobre os veda-juntas do tipo Fugenband, observa-se que muitos rolos ainda estão íntegros em comprimento, esperando a continuidade das concretagens. A face de montante recebe camada dupla, enquanto a face de jusante a juta é simples.

O material destas juntas é o PVC que por vez apresenta boa resistência as ações de raios Ultravioletas em observação as especificações gerais do fabricante do produto com marca registrada.

A priori, os comprimentos de veda-junta expostos durante pelo menos 10 anos estão íntegros, restando limpeza rigorosa do produto através de jateamento de água, de modo a remover totalmente material orgânico impregnado e expor a condição original de superfície do polímero. Desta forma, possibilitando a sua utilização continuada para as novas camadas de concretagem da barragem. Porém, é importante averiguar a capacidade deste material exposto, no que tange a durabilidade em consulta oficial ao fabricante, após limpeza, a ponto de haver ou não necessidade de substituição por perda excessiva de propriedade química/mecânica do material, devido a rigorosa exposição aos raios UV, variação de umidade, ataque biológico e variação térmica.



Para efeito de quantitativos deverá ser considerada a quantidade necessária para finalização do barramento, o reaproveitamento deverá ser conduzido pela fiscalização.

#### 4.3.5 Tomada d'água

A tomada d'água posicionada próximo a ombreira direita está parcialmente concluída. Esta estrutura é composta por uma válvula de jato oco (Howell Bunger).

Nitidamente além do alteamento da barragem naquela posição, deve-se executar toda a casa de máquinas e instalar as peças mecânicas, hidromecânicas, elétricas e demais atividades para colocar a tomada d'água em operação.

Para dar continuidade aos trabalhos, basicamente precisa-se realizar os mesmos serviços de compatibilização de concretagens descritos anteriormente para que as atividades sejam retomadas naturalmente. Neste caso, assim como em outras estruturas ainda não acabadas, os serviços de medição devem ser apenas continuados, caso não houver inconformidades de projeto.

A **Figura 48** mostra a cavidade (túnel) da tomada d'água.



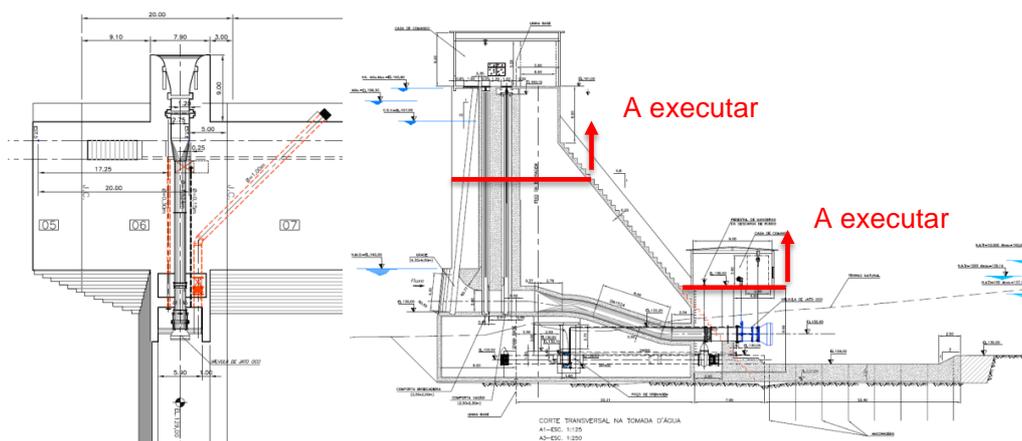
**Figura 48 – Tomada d'água lado montante e lado jusante (válvula de jato oco).**



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



A tomada d'água está detalhada no projeto de engenharia. O detalhe indicado na **Figura 49** apresenta as posições a executar e a estrutura (abaixo) já executada, incluindo as tubulações indicadas no projeto.



**Figura 49 – Tomada d'água e vazão ecológica tubo Ø 1,0 m – planta baixa e seção transversal (projeto de engenharia, 2010).**



**Figura 50 – Estrutura inacabada da tomada d'água. Montante e jusante, respectivamente.**



Não é possível acessar a descarga de fundo e averiguar as condições físicas. Por outro lado, a tubulação de vazão ecológica encontra-se no local à espera da adequação dos dispositivos hidromecânicos.

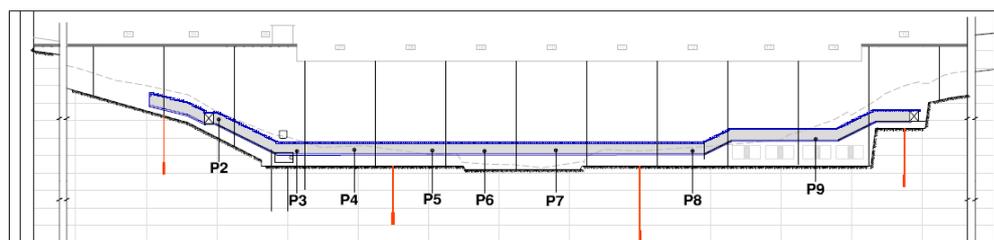
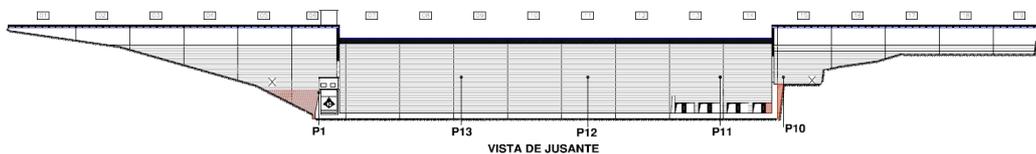
#### **4.4 Campanha de ensaios de esclerometria e carbonatação**

Para confirmação de premissas de projeto e eventualmente prevenção de necessárias adequações de projeto tendo em vista a continuidade das obras, foi realizado alguns ensaios de esclerometria, profundidade de carbonatação no concreto e escaneamento de armaduras (apenas como verificação para ensaio de esclerometria).

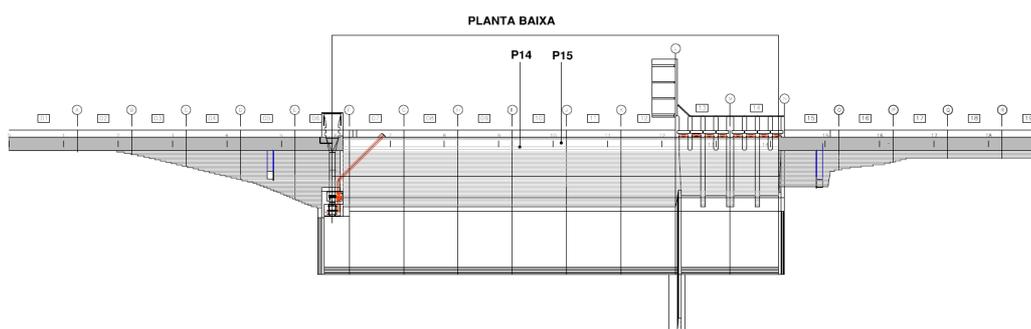
##### **4.4.1 Ensaio de Esclerometria**

Foram realizados 17 ensaios de esclerometria distribuídos dentro da galeria, na face de jusante, na face de montante e em uma estrutura auxiliar de contenção à jusante. Já os ensaios de profundidade de carbonatação foram realizados em locais específico de interesse apenas como observação às de diferentes ambientes e tipos de concreto moldados.

Estes ensaios foram realizados nos seguintes locais apresentados nos desenhos da **Figura 51**.



PERFIL LONGITUDINAL - LOCALIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA NA GALERIA



PERFIL LONGITUDINAL - MONTANTE

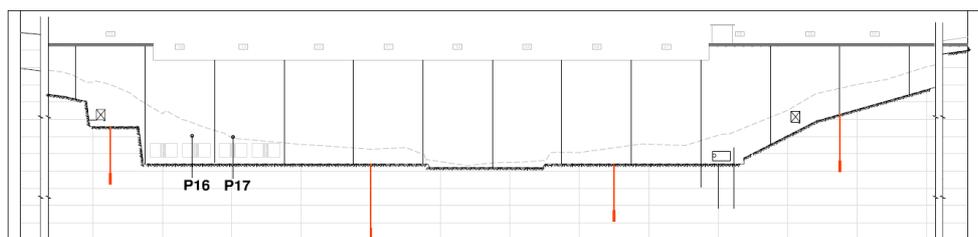
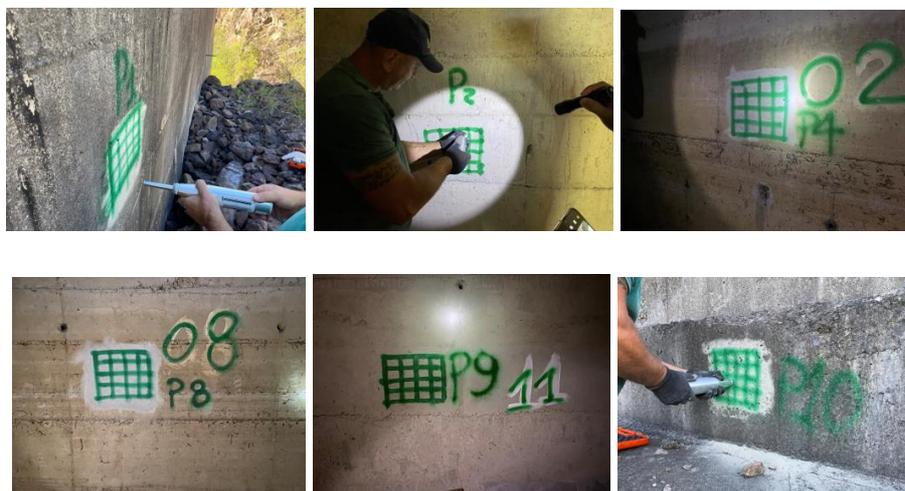


Figura 51 – Mapa de localização dos pontos de ensaio.



**Figura 52 – Alguns exemplos de marcação e ensaios de esclerometria.**

A esclerometria é um ensaio não destrutivo, que tem por objetivo, medir a dureza superficial do elemento de concreto e avaliar a qualidade deste. O Esclerômetro ou Martelo de Schmidt, correlaciona os valores de rebote gerado pelo impacto de um embolo na superfície do concreto, com a curva fornecida pelo fabricante do equipamento, para estimar, por curva de correlação, os valores de resistência à compressão simples do concreto. A área ensaiada é equivalente a um retângulo de 12cm x 12cm, subdividido em 16 partes, conforme especificado na NBR 7584/12. Os 16 resultados recebem tratamento estatístico e são validados como um número (índice) de dureza superficial. A partir dos índices tratados, portanto, se faz a correlação.

Na **Figura 53**, é apresentado o Martelo de Schmidt utilizado, tipo N/NR da marca Engetotus. O equipamento, apresenta escala do rebote de 1500 a 8000 PSI, e energia de impacto equivalente a 0,225 mkg.

Na sequência, apresenta-se os resultados de cada ensaio com o tratamento estatístico aplicado.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



**CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA**



VCB		
R	fck (rótulo)	fck (equação)
10		2,40
15		8,74
20	15,8	15,65
25	23	23,13
30	31	31,18
35	40	39,80
40	49	48,98
45	59	58,74
50	69	69,07
55		79,97



H		
R	fck (rótulo)	fck (equação)
5		
10		
15		3,27
20	10	10,13
25	17,8	17,56
30	25,5	25,54
35	34	34,08
40	43	43,18
45	53	52,84
50	63	63,06
55		73,84



VBC		
R	fck (rótulo)	fck (equação)
10		
15		
20		2,85
25	10	10,03
30	17,8	17,77
35	26	26,08
40	35	34,94
45	44,5	44,36
50	54	54,34
55	65	64,89

Equações aproximadas:

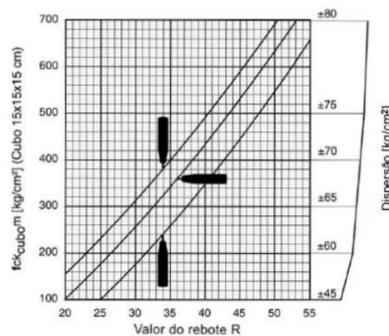
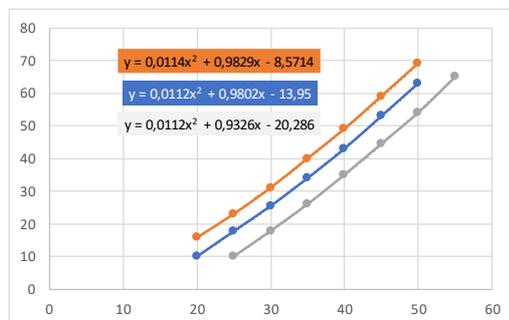
25      23,13 MPa

29

23,90 MPa

33

22,69 MPa



**Figura 53 – quadro da determinação da correção dureza superficial x resistência à compressão do concreto para o esclerômetro utilizado.**



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



<b>CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA</b>								
<b>NBR 7584-2012</b>								
Obra: Barragem Taquarembó								
Ensaio: 1 conteção			Ensaio: 2 galeria			Ensaio: 3 galeria		
Local:			Local:			Local:		
N	leitura	considerados	N	leitura	considerados	N	leitura	considerados
1	29	29	1	30	30	1	30	30
2	31	31	2	30	30	2	29	-
3	31	31	3	31	31	3	29	-
4	31	31	4	34	34	4	30	30
5	31	31	5	29	29	5	37	-
6	27	27	6	20	-	6	34	34
7	28	28	7	29	29	7	42	-
8	29	29	8	30	30	8	27	-
9	25	-	9	31	31	9	35	35
10	27	27	10	32	32	10	35	35
11	31	31	11	35	-	11	33	33
12	32	-	12	29	29	12	29	-
13	30	30	13	34	34	13	32	32
14	23	-	14	37	-	14	33	33
15	32	-	15	36	-	15	33	33
16	27	27	16	41	-	16	29	-
média 1	29,0		média 1	31,8		média 1	32,3	
ds. Pad. +	31,9		ds. Pad. +	34,9		ds. Pad. +	35,5	
ds. Pad. -	26,1		ds. Pad. -	28,6		ds. Pad. -	29,1	
media 2	29,3		media 2	30,8		media 2	32,3	
coef. Corr.	0,9		coef. Corr.	0,9		coef. Corr.	0,9	
fc_VCB	27,1 Mpa		fc_VCB	29,3 Mpa		fc_VCB	31,5 Mpa	
fc_H	22,0 Mpa		fc_H	24,2 Mpa		fc_H	26,4 Mpa	
fc_VBC	15,0 Mpa		fc_VBC	17,2 Mpa		fc_VBC	19,3 Mpa	



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



**CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA**

**NBR 7584-2012**

Obra: Barragem Taquarembó

Ensaio: 4 galeria			Ensaio: 5 galeria			Ensaio: 6 galeria		
Local:			Local:			Local:		
N	leitura	considerados	N	leitura	considerado	N	leitura	considerados
1	25	25	1	33	33	1	30	-
2	21	-	2	34	34	2	26	26
3	22	-	3	29	29	3	28	28
4	21	-	4	33	33	4	25	25
5	24	24	5	35	35	5	25	25
6	25	25	6	35	35	6	25	25
7	26	26	7	32	32	7	24	24
8	26	26	8	29	29	8	25	25
9	27	27	9	31	31	9	25	25
10	25	25	10	32	32	10	25	25
11	27	27	11	31	31	11	25	25
12	28	-	12	30	30	12	23	-
13	30	-	13	33	33	13	29	-
14	24	24	14	31	31	14	24	24
15	25	25	15	34	34	15	25	25
16	25	25	16	29	29	16	27	27
média 1	25,1		média 1	31,9		média 1	25,7	
ds. Pad. +	27,6		ds. Pad. +	35,1		ds. Pad. +	28,3	
ds. Pad. -	22,6		ds. Pad. -	28,7		ds. Pad. -	23,1	
media 2	25,4		media 2	31,9		media 2	25,3	
coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9		coef. Corr.	0,9	
fc_VCB	21,3 Mpa		fc_VCB	31,0 Mpa		fc_VCB	21,2 Mpa	
fc_H	16,3 Mpa		fc_H	25,9 Mpa		fc_H	16,2 Mpa	
fc_VBC	9,5 Mpa		fc_VBC	18,8 Mpa		fc_VBC	9,4 Mpa	



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



<b>CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA</b>								
<b>NBR 7584-2012</b>								
Obra: Barragem Taquarembó								
Ensaio: 7 galeria			Ensaio: 8 galeria			Ensaio: 9 galeria		
Local:			Local:			Local:		
N	leitura	considerados	N	leitura	considerados	N	leitura	considerados
1	27	27	1	38	38	1	31	31
2	31	31	2	36	36	2	32	32
3	31	31	3	38	38	3	33	33
4	31	31	4	38	38	4	32	32
5	28	28	5	35	35	5	34	34
6	28	28	6	36	36	6	32	32
7	30	30	7	36	36	7	32	32
8	31	31	8	37	37	8	36	36
9	30	30	9	37	37	9	33	33
10	29	29	10	44	-	10	34	34
11	28	28	11	35	35	11	32	32
12	29	29	12	36	36	12	32	32
13	25	-	13	36	36	13	36	36
14	29	29	14	36	36	14	32	32
15	29	29	15	37	37	15	34	34
16	24	-	16	37	37	16	34	34
média 1	28,8		média 1	37,0		média 1	33,1	
ds. Pad. +	31,6		ds. Pad. +	40,7		ds. Pad. +	36,4	
ds. Pad. -	25,9		ds. Pad. -	33,3		ds. Pad. -	29,8	
media 2	29,4		media 2	36,5		media 2	33,1	
coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9	
fc_VCB	27,1 Mpa		fc_VCB	38,3 Mpa		fc_VCB	32,7 Mpa	
fc_H	22,0 Mpa		fc_H	33,1 Mpa		fc_H	27,6 Mpa	
fc_VBC	15,1 Mpa		fc_VBC	25,9 Mpa		fc_VBC	20,5 Mpa	



**CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA  
NBR 7584-2012**

Obra: Barragem Taquarembó

Ensaio: 10 jusante			Ensaio: 11 jusante			Ensaio: 12 jusante		
Local:			Local:			Local:		
N	leitura	considerada	N	leitura	considerada	N	leitura	considerados
1	29	29	1	39	39	1	40	40
2	28	-	2	44	44	2	39	39
3	33	33	3	49	-	3	40	40
4	32	32	4	49	-	4	36	36
5	33	33	5	42	42	5	42	42
6	29	29	6	44	44	6	39	39
7	29	29	7	46	46	7	42	42
8	34	34	8	40	40	8	43	-
9	34	34	9	38	-	9	36	36
10	28	-	10	37	-	10	41	41
11	34	34	11	45	45	11	39	39
12	34	34	12	51	-	12	37	37
13	34	34	13	39	39	13	32	-
14	36	-	14	39	39	14	38	38
15	28	-	15	39	39	15	33	-
16	37	-	16	41	41	16	34	-
média 1	32,0		média 1	42,6		média 1	38,2	
ds. Pad. +	35,2		ds. Pad. +	46,9		ds. Pad. +	42,0	
ds. Pad. -	28,8		ds. Pad. -	38,4		ds. Pad. -	34,4	
media 2	32,3		media 2	41,6		media 2	39,1	
coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9	
fc_VCB	31,5 Mpa		fc_VCB	46,9 Mpa		fc_VCB	42,5 Mpa	
fc_H	26,4 Mpa		fc_H	41,7 Mpa		fc_H	37,3 Mpa	
fc_VBC	19,3 Mpa		fc_VBC	34,2 Mpa		fc_VBC	29,9 Mpa	



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



<b>CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA</b>								
<b>NBR 7584-2012</b>								
Obra: Barragem Taquarembó								
Ensaio: 13 jusante			Ensaio: 14 CCR			Ensaio: 15 CCR		
Local:			Local:			Local:		
N	leitura	considerados	N	leitura	considerados	N	leitura	considerados
1	39	39	1	18	-	1	20	20
2	42	42	2	25	-	2	24	-
3	38	38	3	21	21	3	19	19
4	37	37	4	26	-	4	21	21
5	43	-	5	20	-	5	23	-
6	39	39	6	24	24	6	21	21
7	34	-	7	22	22	7	19	19
8	42	42	8	20	-	8	22	22
9	40	40	9	20	-	9	22	22
10	39	39	10	20	-	10	20	20
11	41	41	11	31	-	11	20	20
12	42	42	12	25	-	12	18	-
13	30	-	13	21	21	13	19	19
14	36	36	14	21	21	14	18	-
15	37	37	15	20	-	15	24	-
16	37	37	16	22	22	16	22	22
média 1	38,5		média 1	22,3		média 1	20,8	
ds. Pad. +	42,4		ds. Pad. +	24,5		ds. Pad. +	22,8	
ds. Pad. -	34,7		ds. Pad. -	20,0		ds. Pad. -	18,7	
media 2	39,2		media 2	21,8		media 2	20,5	
coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9	
fc_VCB	42,7 Mpa		fc_VCB	16,5 Mpa		fc_VCB	14,7 Mpa	
fc_H	37,4 Mpa		fc_H	12,8 Mpa		fc_H	10,8 Mpa	
fc_VBC	30,1 Mpa		fc_VBC	4,9 Mpa		fc_VBC	3,1 Mpa	



<b>CURVA DE DUREZA SUPERFICIAL x RESISTÊNCIA - ESCLEROMETRIA</b>					
<b>NBR 7584-2012</b>					
Ensaio: 16 montante			Ensaio: 17 montante		
Local:			Local:		
N	leitura	considerados	N	leitura	considerados
1	27	-	1	27	27
2	29	29	2	35	-
3	30	30	3	30	30
4	30	30	4	35	-
5	31	31	5	25	-
6	30	30	6	33	-
7	32	32	7	29	29
8	27	-	8	28	28
9	31	31	9	32	32
10	39	-	10	30	30
11	29	29	11	29	29
12	32	32	12	28	28
13	29	29	13	30	30
14	30	30	14	29	29
15	37	-	15	27	27
16	39	-	16	29	29
média 1	31,4		média 1	29,8	
ds. Pad. +	34,5		ds. Pad. +	32,7	
ds. Pad. -	28,2		ds. Pad. -	26,8	
media 2	30,3		media 2	29,0	
coef. Corr	0,9		coef. Corr	0,9	
fc_VCB	28,5 Mpa		fc_VCB	26,6 Mpa	
fc_H	23,4 Mpa		fc_H	21,5 Mpa	
fc_VBC	16,4 Mpa		fc_VBC	14,6 Mpa	

Os resultados dos ensaios de esclerometria conferem a qualidade do concreto no que tange ao nível amostral obtido em relação as durezas superficiais correlacionadas com o fck e resistências médias do concreto.

Esta foi apenas uma conferência amostral, uma vez que não foram obtidas informações sobre o controle tecnológico do concreto durante a execução da obra.



Por outro lado, inferem capacidades mecânicas do concreto iguais ou superiores as necessárias (indicadas) em projeto neste nível amostral.

Cabe observar que a carbonatação de superfície do concreto causa um leve crescimento de dureza superficial ao longo do tempo. Neste sentido, foram levados em conta no resultado uma redução de 10% em relação ao valor obtido para a massa não carbonatada.

A planilha resumo dos resultados e valores esperados de projeto está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1 – Resumo dos resultados dos ensaios de esclerometria.**

Tipo de concreto	Local	Amostras	Obtido por	Resultado	Valor de projeto
CCV	Galeria de inspeção	8	fck	15 Mpa	15 Mpa
CCV	Face de jusante	4	média	25 MPa	25 Mpa
CCV	Face de montante	2	média	22 MPa	15 Mpa
CCR	Topo	2	média	16 MPa	8 Mpa

#### **4.4.2 Ensaio de verificação da profundidade de carbonatação**

Quanto a profundidade de carbonatação, foram realizados seis ensaios.

A profundidade de carbonatação está vinculada a porosidade superficial do concreto, trata-se de um indicador de passividade das armaduras. Ou seja, este ensaio tem maior validade em relação aos concretos armados. De modo que, se a espessura de carbonatação é superior a espessura de cobrimento da armadura, a armadura potencialmente encontra-se não mais protegida pela alcalinidade do concreto. Pois, o PH do concreto à profundidade de carbonatação é reduzido, potencializando os efeitos de corrosão do aço.

A **Figura 54** mostra um exemplo de verificação da profundidade de carbonatação.



**Figura 54 – Exemplo de ensaio de profundidade de carbonatação.**

O ensaio é obtido a partir de um borrifador composto por fenolftaleína diluída em álcool etílico à 1%. Quando a reação demarca matiz lilás significa a adequada alcalinidade do concreto. A espessura, por conseguinte, é medida da superfície até a posição de mudança de tonalidade do concreto para lilás.

A Tabela 2 mostra os resultados de profundidade de carbonatação.

**Tabela 2 – Resumo dos resultados dos ensaios profundidade de carbonatação.**

Local amostrado	Posição	Tipo de concreto	Profundidade de carbonatação	Cobrimento de armadura (projeto)
P 1	Contenção de jusante	CCV	22 mm	40mm
P 2	Galeria	CCV	41 mm	40mm
P 4	Galeria	CCV	30 mm	40mm
P 12	Face Jusante	CCV	26 mm	40mm
P 16	Face montante	CCV	36 mm	40mm
P 17	Face montante	CCV	38 mm	40mm

As espessuras dependem bastante do meio em que se encontra o concreto, tanto do critério de projeto quanto qualidade da execução.

Nota-se que a profundidade de carbonatação tangencia o cobrimento de armadura em grande parte dos casos medidos. As amostragens em montante são as mais



afetadas. Embora, a armadura possa ter função secundária na face de montante, à medida que avança a carbonatação do concreto reações físicas de expansibilidade, devido a corrosão do aço, podem ser iniciadas. Este efeito não é visto atualmente. Muito provável isso ocorreria somente em operação. No tocante a proteção dessas armaduras, versa o conceito mais atual de desempenho da estrutura a longo prazo.

Neste sentido justifica a atenção aos reparos estruturais e ao tratamento para proteção da face de montante (especialmente), enquanto o reservatório não estiver cheio, ou seja, a face de montante não estiver submersa.

Para os resultados dos ensaios de espessura de carbonatação dentro da galeria observa-se uma variabilidade maior da qualidade da concretagem. Buscou-se visualmente verificar entre P2 e P4 amostras relativamente mais prejudicadas. Nestes locais, as medições indicam que a profundidade de carbonatação também tangencia a cobertura de armadura projetado, assim como no concreto de montante.

Neste sentido, é cautelar apenas tomar as medidas necessárias após esgotamento da galeria, no entanto de antemão, o controle com pintura de proteção superficial deve ser suficiente, mas seria necessário a remoção (limpeza) de todas as superfícies com eflorescência ou irregularidades excessivas.



#### 4.5 Instrumentação

A instrumentação é medida fundamental para a qualificação da barragem no instante do enchimento e posterior a ele através do monitoramento frequente.

O projeto da barragem do arroio Taquarembó apresenta uma instrumentação básica, cujos instrumentos são: **piezômetros (de Casa Grande), medidores de vazão e medidores triortogonais de deslocamento entre juntas.** A instrumentação preconizada não é automatizada, exigido que o operador faça as leituras dos instrumentos *in loco*, dentro da galeria.

Durante a inspeção não pode ser observado com clareza a posição de cada piezômetro de acordo com o projeto de instrumentos pois a galeria estava inundada. De sorte, foram encontras marcações dentro da galeria que indicam a posição de alguns destes piezômetros. Percebe-se que naquela posição ocorre a espera para a perfuração.

A **Figura 90** indica a marcação encontrada na parede da galeria para o conjunto de piezômetro na posição 3 do projeto.



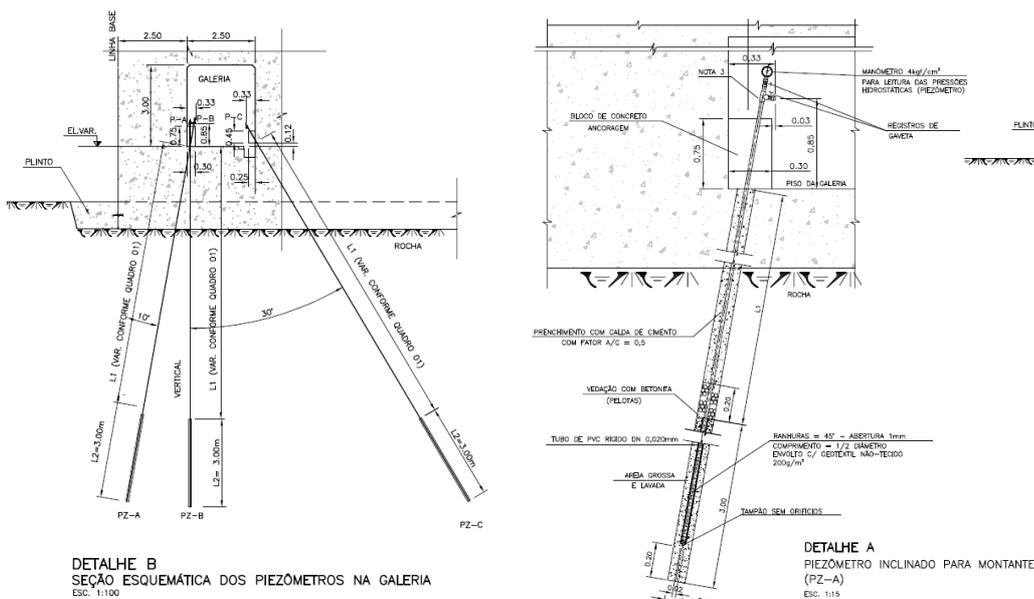
**Figura 55 – Posição de um conjunto de piezômetro na galeria.**



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

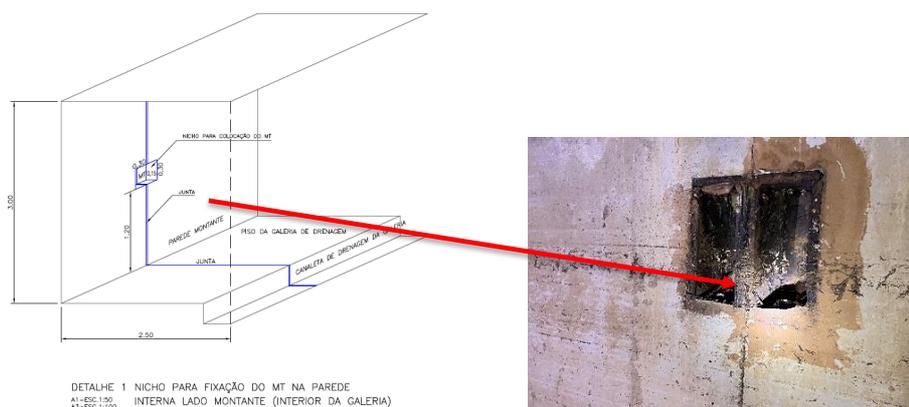


As perfurações e montagem dos equipamentos são serviços ainda necessários. Destaca-se a perfuração para os piezômetros, pois trata-se de um serviço especializado com equipamento posicionado dentro da galeria.



**Figura 56 – Detalhes dos piezômetros a serem executados dentro da galeria (Projeto de Engenharia, 2010).**

PERFIL LONGITUDINAL ESQUEMÁTICO—LOCALIZAÇÃO DOS MEDIDORES TRIORTOGONAIS DE JUNTA  
A1—ESC.:1:100  
A3—ESC.:1:1000



**Figura 57 – Posição de um nicho de Medidores Triortogonais.**



#### 4.6 Acessos

Os acessos principais do entorno da barragem já foram realizados. São estradas não pavimentadas, assim como as vias que ligam as áreas urbanas a barragem. Na maior parte dos casos os acessos ainda estão intactos, no entanto alguns caminhos secundários deverão ser melhorados, ainda mais em relação as atividades de obra que ainda não foram executadas.

Estão previstas melhorias dos caminhos de serviço no contexto da retomada das obras. Os caminhos de serviço para supressão vegetal também devem ser executados.

Como as camadas de solo são de pequena espessura no local e a camada de horizonte orgânico é muitas vezes insipiente, os acessos em geral não tem problemas de capacidade de suporte. As aberturas diretas e/ou revestimentos de solo são suficientes para tráfego dos veículos. Salvo locais com tráfego mais intenso deverão receber as melhorias.



#### 4.7 Condições de peças existentes no canteiro de obras

Cabe observar que no canteiro de obras pode ser observada as peças metálicas dos de fechamento de comportas e grades.

Observando o depósito de peças, que ao menos, desde a paralisação das obras encontra-se sob a ação do intemperismo partes hidromecânicas importantes como as comportas metálicas e as grades, como pode ser observado na **Figura 99**.



<b>CLIENTE</b>	Odebrecht	 <p><b>Melt Máquinas</b> A EVOLUÇÃO EM EQUIPAMENTOS</p>
<b>OBRA</b>	Barragem Arrolo Taquarembó	
<b>SUB-CONJUNTO</b>	Montagem Civil - Caminho Rolamento	

**Figura 58 – Peças para a comporta da tomada d’água e adufa.**

Constam no local um conjunto com duas comportas ensecadeira metálicas que pertence ao sistema de fechamento das adufas. Ao lado destas estão as duas grades metálicas e as duas comportas vagão metálica da tomada d’água do barramento.

Cumpra esclarecer que a tomada de decisão do reaproveitamento destas comportas deve passar por uma inspeção detalhada. Para isso, seriam necessários equipamentos para içamento, bem como seria necessário a certificação do



fabricante, especialmente no tocante à capacidade estrutural e funcionamento dos dispositivos de vedação (borrachas), rolamento e fixação.

De antemão, nota-se que a peça não está em estado íntegro, apresentado alguns defeitos (ver **Figura 100**) devido a manobras e a ação de exposição ao meio ambiente.

Neste sentido será estabelecido, neste contexto, que tal reaproveitamento não seja possível de ser realizado, uma vez que não se tem controle de quando iniciarão as atividades de obra. Porém, do eventual aproveitamento, ficará a cargo da fiscalização o poder de glosa destas peças ao orçamento. A validação ocorrerá mediante apontamento com relatório que justifique a garantia da utilização destas peças, principalmente as que permanecem durante operação da barragem.



**Figura 59 – Peças para a comporta da tomada d'água e adufa.**



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



#### 4.8 Condições de aproveitabilidade de materiais in loco ou de escavação

O aproveitamento do material existente deverá passar por inspeção particular e posteriormente a possibilidade de aproveitamento será submetida à aprovação da fiscalização.



## 5 OBRAS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO (TDA-CI)

O projeto da TDA-CI, em conjunto com aos canais de fuga e aproximação, tem intuito de lançar ao Sistema de Irrigação Consolidado o abastecimento para uma área total de 32.914 ha, sendo 22.382 ha de arroz e 10.532 ha de outros cultivos. (fonte: Proposta do Sistema de Irrigação Consolidado para o Sistema Integrado de Usos Múltiplos da Barragem do Arroio Taquarembó, abril 2013).

A TDA-CI está apenas em nível de projeto. Não houve qualquer avanço na construção durante a última contratação de execução.

Neste caso não coube a realização de inspeção. Porém, é importante pontuar algumas nuances observadas em relação ao projeto executivo existente.

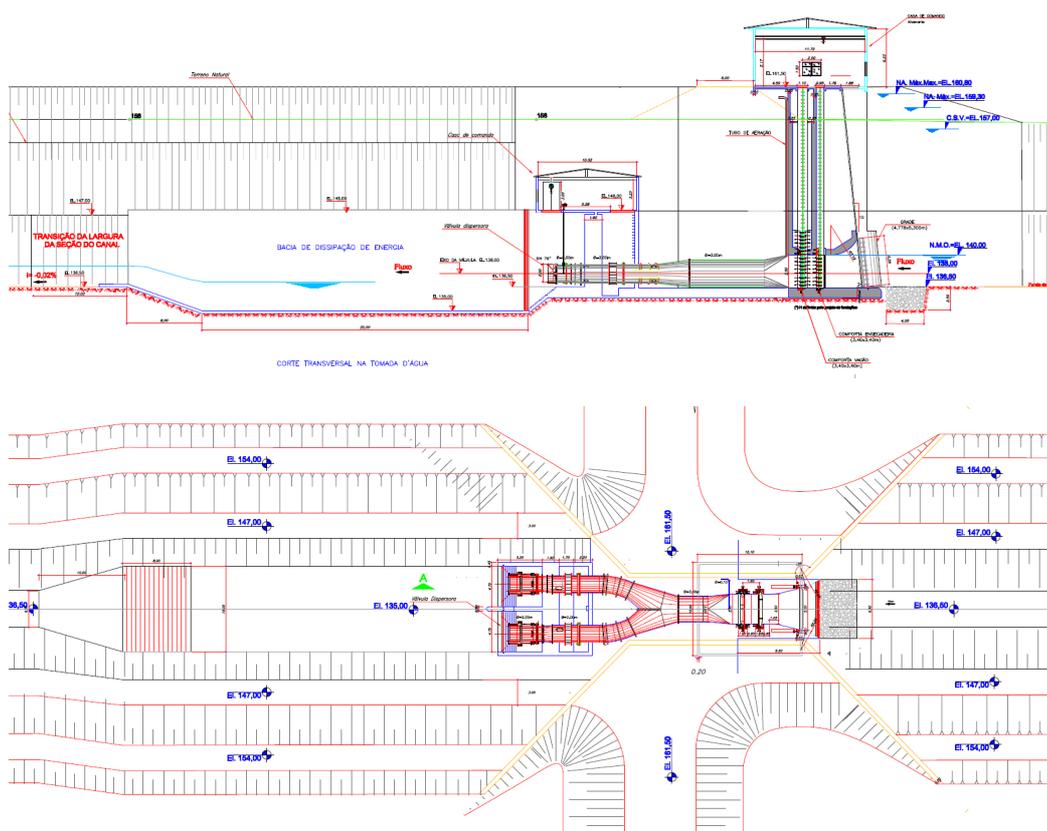


Figura 60 – Documento de referência da tomada d’água – perfil e planta baixa hidromecânico.



A última referência validada pela Secretaria de Habitação e Obras refere-se aos estudos e projetos realizados no ano de 2016 pela então supervisão emergencial da empresa STE Serviços Técnicos de Engenharia S.A. através de uma revisão do projeto e Estruturas associadas da Barragem Taquereembó em virtude de necessidades conjuntas em atendimento a execução de obras do Sistema Integrado de Irrigação de Usos Múltiplos à jusante da Barragem, que não pertencente ao escopo de contratações futuras do objeto deste relatório.

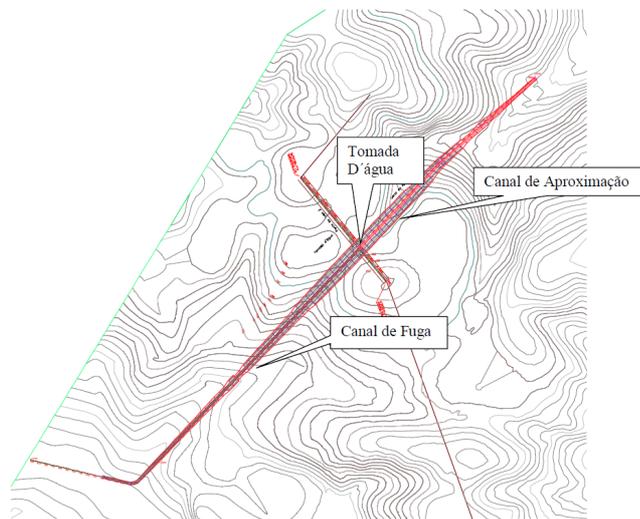
O projeto da tomada d'água com os canais está relatado nos autos do processo de contratação, portanto, não cabe a sua descrição no presente documento de forma completa. No entanto, as nuances técnicas em relação as previsões de bom funcionamento desta tomada d'água são apontadas nos subitens a seguir, em observação aos documentos fornecidos.

### **5.1 Observações sobre os canais de aproximação e desvio**

Com descrição breve dos canais, relata-se que o projeto contempla apenas escavações em taludes (solo e rocha) até as cotas de referência. O canal de aproximação está previsto ser executado iniciando na cota 138 m e chega na TDA-CI na cota 136,5 m (fundo) e extensão de 700 m. Mesmo nas condições de N.M.O (Nível Mínimo Operacional - EL.140,0 m) o canal estará alimentado com água, com desnível de 3,5 m junto as comportas da TDA-CI. Nas condições normais, o desnível será de 20,5 m (cota 157 m) e nas condições máxima de reservação 22,8 m (cota 159,3 m).

O canal de fuga, com 1.200 m de extensão tem o fundo iniciado na bacia de dissipação na cota 136,5 m e termina na cota 135,0 m (local de entrega ao sistema de distribuição). Cujas a seção de escavação varia de 18 m a 4 m de profundidade.

A **Figura 62** mostra o eixo destes canais e a localização da Tomada D'água.



**Figura 61 – planta baixa do Canal de aproximação (ao reservatório) e canal de fuga (descarga da TDA-CI).**

Embora as obras da estrutura da TDA-CI não foram iniciadas, os canais de aproximação e fuga já tiveram serviços realizados durante a última contratação.

Alguns pontos importantes sobre a expectativa de tipo de materiais de escavação do canal de aproximação são relevantes, neste contexto.

O último relatório de supervisão de janeiro de 2017 relata as seguintes observações:

- *A velocidade de escoamento calculada (0,87m/s) apresenta-se em valor inferior às velocidades máximas permissíveis nos diversos trechos do canal e indicam que não haverá a necessidade de revestimento dos taludes e fundo do canal.*
- *... Análise dos boletins de sondagem indicam que 360m do mesmo se desenvolve sobre maciço rochoso (rocha riolítica), 540,00m do canal será assentado sobre arenito sedimentar muito resistente e no restante do trecho*

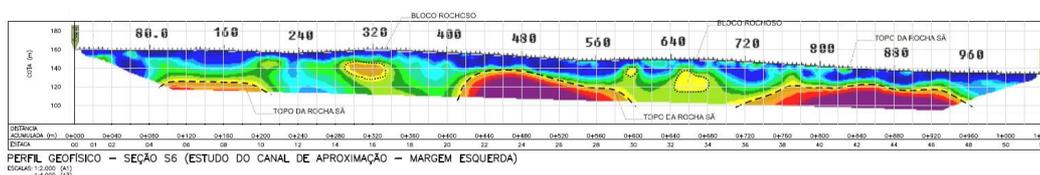


GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



*(200,00m) sobre horizonte assente sobre argila siltosa e/ou silte arenoso com pedregulho”.*

A **Figura 62** mostra o perfil geofísico do canal de aproximação. Os maciços de solo que normalmente encontram-se a profundidades em torno de 3m neste local já foram praticamente na totalidade removidos. Restam, na maior parte, escavações de segunda e terceira categoria, quando da necessidade de serem atingidas as cotas de fundo deste canal e do canal de fuga.

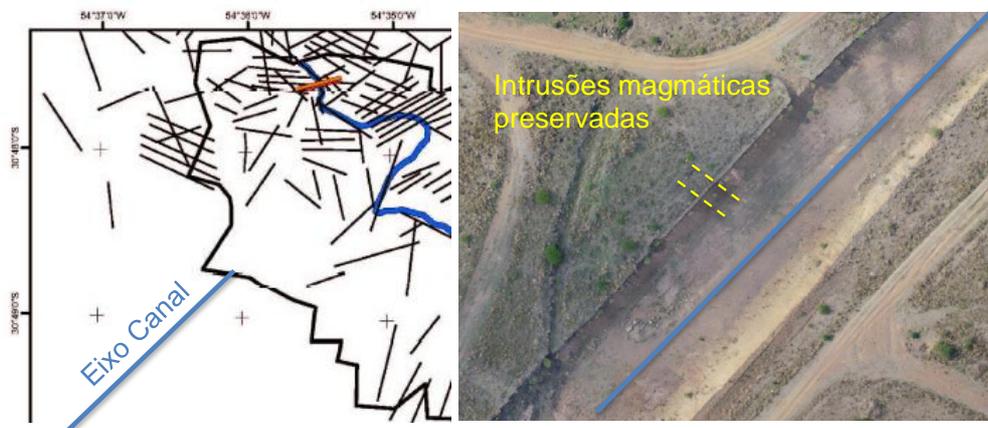


**Figura 62 – perfil geofísico no canal de aproximação (Projeto de Engenharia, 2010).**

Nota-se que os trechos onde o fundo do canal converge para escavações em solo tem-se uma condição de permeabilidade um tanto segura do ponto de vista de perda d’água por infiltração. Por outro lado, para os cortes que atingirem maciços rochosos deve-se atentar as condições geológicas locais, pois há possibilidade de ocorrência de descontinuidades cruzando ou paralelizando o eixo do canal.

Seja no fundo ou nos taludes do canal a presença de descontinuidade deve ser mapeada também para estas escavações a serem realizadas, uma vez que, eventualmente pode haver a necessidade de consolidações localizadas ou outra ação para selamento de possíveis fugas (ou mesmo entrada d’água, a depender regime hidrogeológico) antes da operação.

Ainda nas escavações em solo é possível observar intrusões de macios preservados transversais ao eixo do canal, como visto na **Figura 63**.



**Figura 63 – Descontinuidades mapeadas no reservatório e observação de intrusão aflorante numa posição do canal já escavado.**

Alerta-se ainda para as condições de estabilidade dos taludes rochosos e de solo. Na ocasião de planos com descontinuidades desfavoráveis (mergulhantes em direção ao canal) combinados com fraturamento do maciço, além das escavações deverem ser cuidadosas, poderá haver necessidade de aplicação de sistemas de contenção ou mesmo abater os taludes de corte em função do risco de movimento de massa.

Segundo esclarecido pelo relatório de supervisão de 2017, um dos trechos encontra-se escavado em arenito. Em geral estas rochas são mais porosas, salvo condições de silicificação acentuada. A permeabilidade deste maciço também deve ser verificada.

**Enfim, será necessário para os canais um mapeamento de descontinuidades e ensaios complementares de perda d'água do maciço ao longo do trecho. Por outro lado, isso não impede o início das escavações em rocha, uma vez que os próprios cortes exumarão as condições do maciço, colocando em pauta as eventuais necessidades geotécnicas.**



## 5.2 Observações sobre a TDA-CI

Para a posição da TDA-CI o projeto e as validações da supervisão se referenciam por um perfil de sondagens SPT. No entanto, as escavações ultrapassarão estas profundidades (3 m) e atingirão o maciço rochoso.

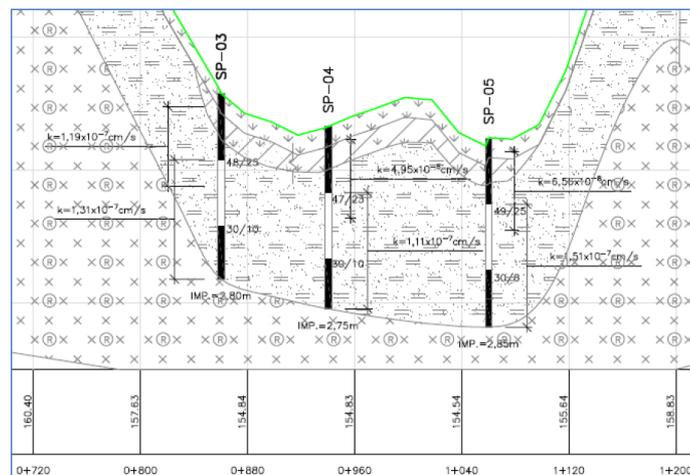


Figura 64 – Perfil geológico/geotécnico junto ao ponto de fuga que cruza a TDA-CI.

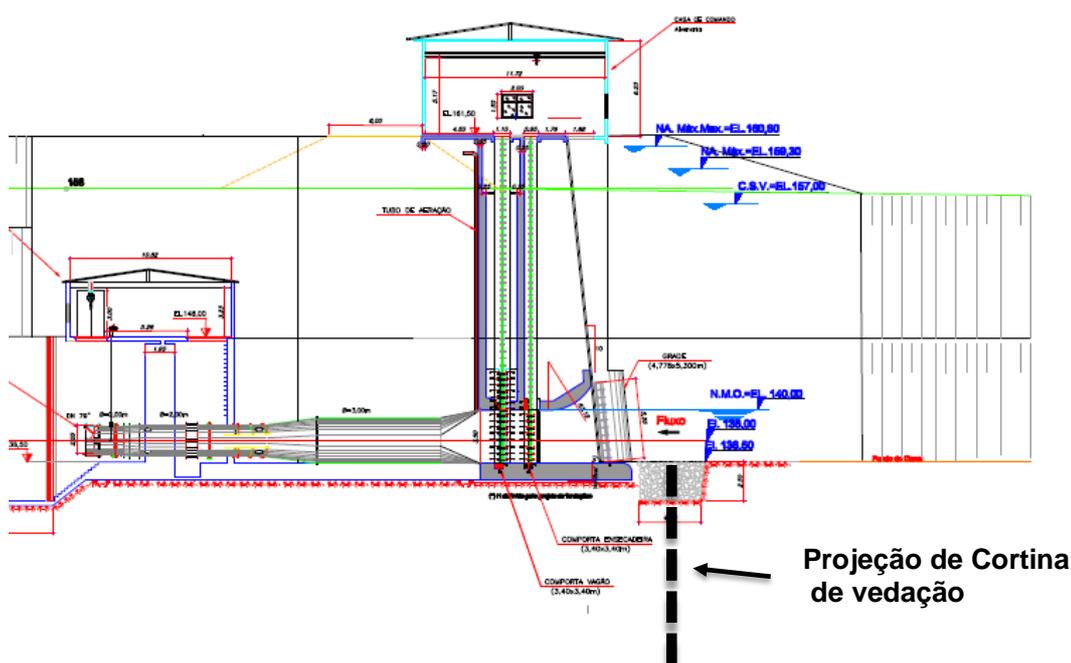
Na TDA-CI, portanto, deve-se prever ao menos quatro sondagens rotativa para reconhecimento do maciço localmente, uma vez que as estruturas de contenção, que são cortinas atirantadas, deverão passar por estudos geotécnico específicos no que tange, em especial, o entendimento das discontinuidades e grau de fraturamento do maciço rochoso local.

Será fundamental também que ocorram em posição correlata as investigações complementares de ensaios de perda d'água, na mesma quantidade de ensaios de sondagem rotativa.

Neste sentido, ensaios de perda d'água no maciço, comprovarão a necessidade de injeções de consolidação do maciço no entorno das escavações para controle de fluxo de jusante para montante quando o maciço estiver submetido as diferenças de pressão hidrostática, em especial no que tange a percolação nas fundações.



De qualquer sorte, deve-se contar com a execução de uma cortina de vedação junto lado de montante da TDA-CI, uma vez que o desnível operacional será de pelo menos 20 m de coluna d'água. Poderá haver necessidade de consolidação lateral em meio a posição das ancoragens da cortina atirantada.



**Figura 65 – Projeção de cortina de vedação potencialmente necessária dada as condições hidrogeológicas.**

Outros serviços importantes a serem considerados concerne a instalação de instrumentos como piezômetros para verificação das condições de poro-pressão nos maciços. Sugere-se também a execução de monitoramento das estruturas com instalação de pinos fixados ao topo da estrutura de contenção. A convergência da estrutura deve ser acompanhada desde o início das escavações e deve-se manter pontos de controle para que seja verificado posteriormente.



A sugestão tomada para efeito de quantificação foi da execução de linhas com piezômetros a montante e jusante da tomada d'água. Estes piezômetros devem ser instalados a cota que corresponde a linha logo abaixo da fundação.

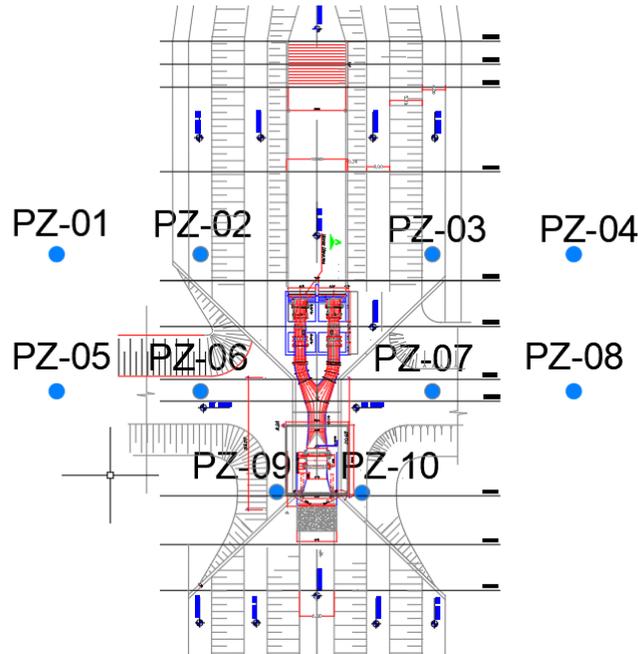


Figura 66 – Posições sugeridas para a piezometrias.

**Destarte, será importante que durante o início das atividades, o licitante elabore as complementações destes estudos e projetos supracitados. As necessidades adicionais aos projetos surgirão, de fato, após o enchimento do reservatório. De qualquer forma a aprovação das complementações serão submetidas a fiscalização.**



## 6 OBRAS DE COMPLEMENTAÇÃO DOS DIQUES

Os diques são estruturas de aterro controlado para estancamentos de pontos de fuga. Os pontos de fuga são regiões topograficamente baixas (talvegues) no entorno do barramento que apresentam cotas abaixo da cota de coroamento da barragem.

São serviços básicos de terraplenagem orientados em critérios geotécnicos para efetivar as condições adequadas de permeabilidade e estabilidade de taludes.

O projeto contempla a execução de quatro Diques, como marcado na imagem esquemática da **Figura 67** relatada pelo consórcio supervisor. No documento, o consórcio aponta a construção de um dia adicional ao projeto que foi nomeado como: Dique 1A.

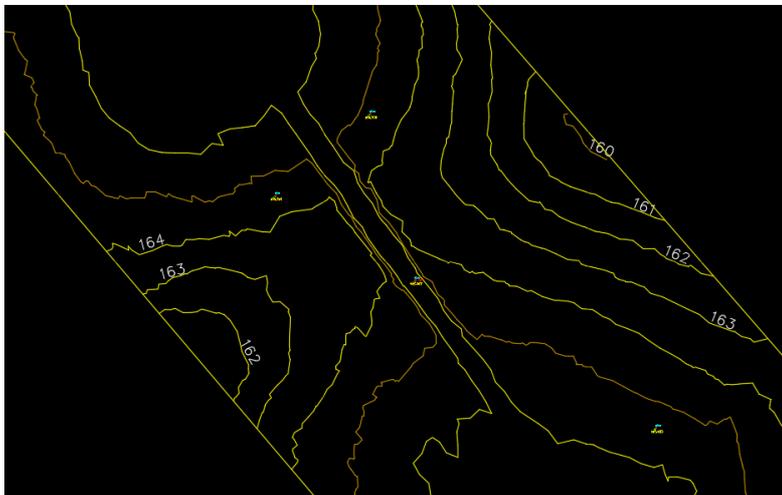


**Figura 67 – Localização dos diques (vermelho) e demais estruturas (relatório Supervisão, 2020).**

O levantamento atual realizado mostra a posição deste dique 1A.



Figura 68 – Localização dos diques 2 e 1A – ortofoto.



**Figura 69 – Localização dos diques 2 e 1A – ortofoto.**

Os diques durante a operação da barragem servirão também como caminhos de acesso. Nota-se que a cota de coroamento projetada está na 162,10 m. Levantamentos topográfico indicam a parcialidade ou totalidade das estruturas.

Em resumo confere que as condições executivas dos diques até a saída da última empreiteira da obra, são as seguintes:

- **Dique 1** – faltam revestimento primário;
- **Dique 1A** – não existe no projeto, está materializado na cota 166 m.
- **Dique 2** – obra de terraplenagem ainda parcial<sup>2</sup>;
- **Dique 3** –necessidade revestimento e de melhorias da proteção lateral;
- **Dique 4** – obra de terraplenagem ainda parcial.

Não houve instalação das defensas.

<sup>2</sup> Ocorre terraplenagem na interseção com o canal escavado da TDA-CI.



Os diques ao final recebem revestimento primário de 20 cm, conformando a camada de pavimento final. Para toda a extensão dos diques estão previstas defensas metálicas. O detalhe da Figura 70 indica a seção tipo do coroamento e via.

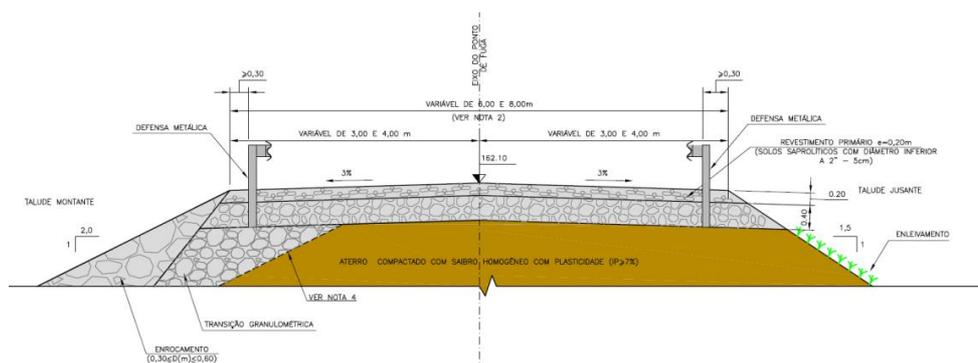


Figura 70 – Seção tipo do acabamento do coroamento dos diques.

A priori, o dique 1 está com a obra de terraplenagem praticamente finalizada, restando apenas o revestimento primário final e a instalação de defensas metálicas. O aspecto do dique 1 pode ser visto na Figura 71.



Figura 71 – Aspecto construtivo do dique 1. Imagem direita vista de jusante.



Figura 72 – Aspecto construtivo do dique 3 e 4.

Cabe relatar que o dique 1 e o dique 2 apresentam pontos com terrenos de substituição mais profundos, formando cut-offs. Não se tem registro da execução destes cut-offs para os diques. A priori são apenas locais de deposição sedimentar e orgânica (pontos muito baixos) que são removidos em função da estabilidade dos taludes e deformabilidade longitudinal da estrutura. Sugere-se a conferência de linearidade topográfica no instante em for realizado os revestimentos para o caso dos diques já alteados.

Sob o ponto de vista da permeabilidade os cut-offs tem função secundária.

### 6.1 Sobre o dique 1

A seguir segue, desenhos obtidos do projeto de engenharia (2010) para o dique 1.

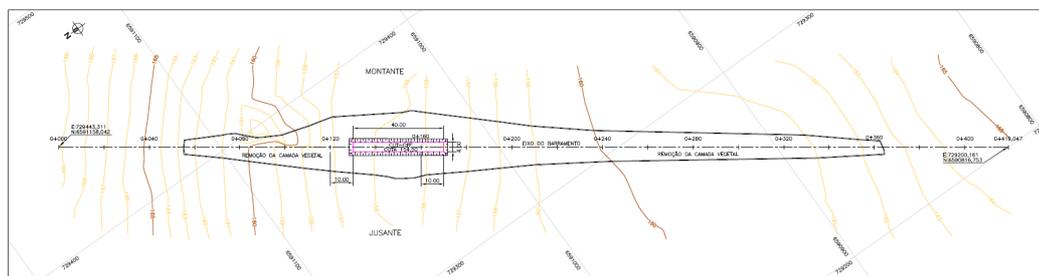


Figura 73 – planta baixa do dique 1.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

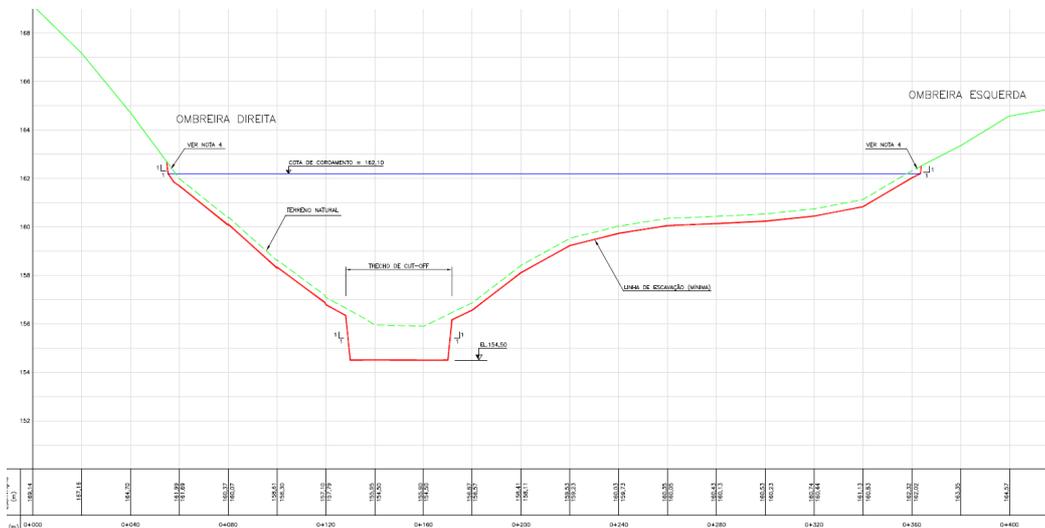


Figura 74 – perfil do dique 1.

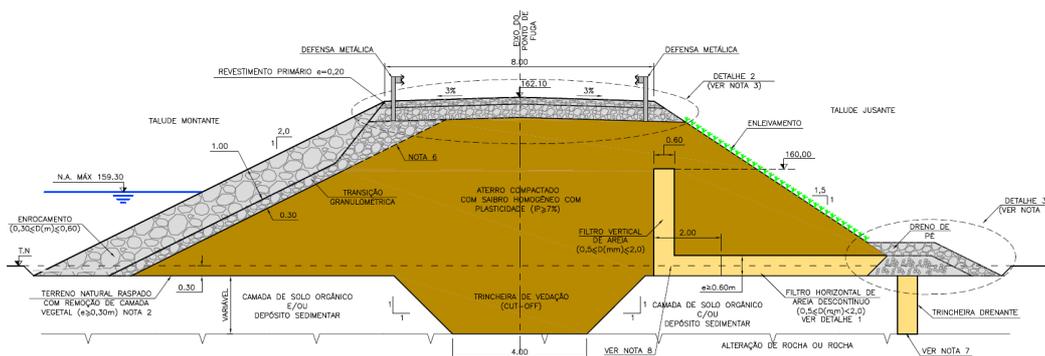
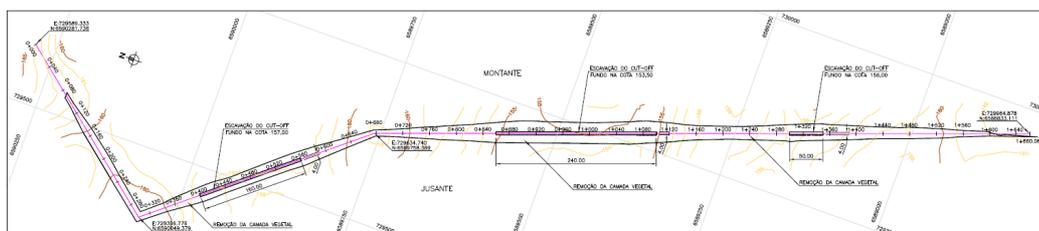


Figura 75 – seção transversal tipo do dique 1.

## 6.2 Sobre o dique 2

A seguir segue, desenhos obtidos do projeto de engenharia (2010) para o dique 2.





GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Figura 76 – planta baixa do dique 2.

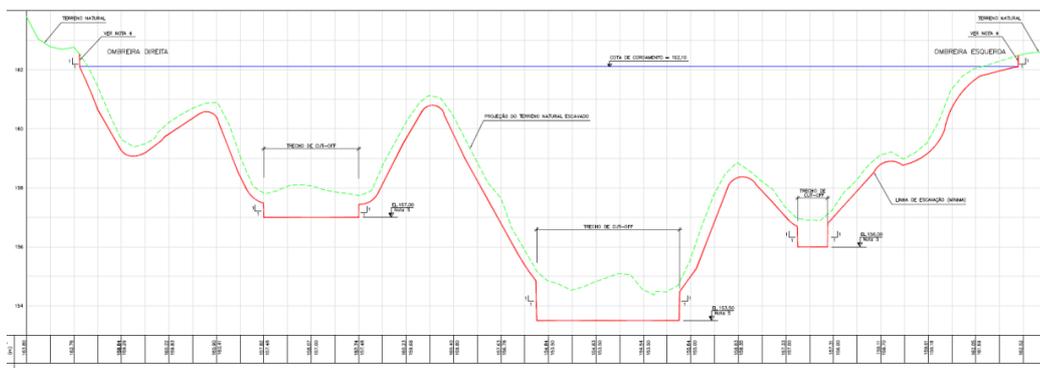


Figura 77 – perfil do dique 2.

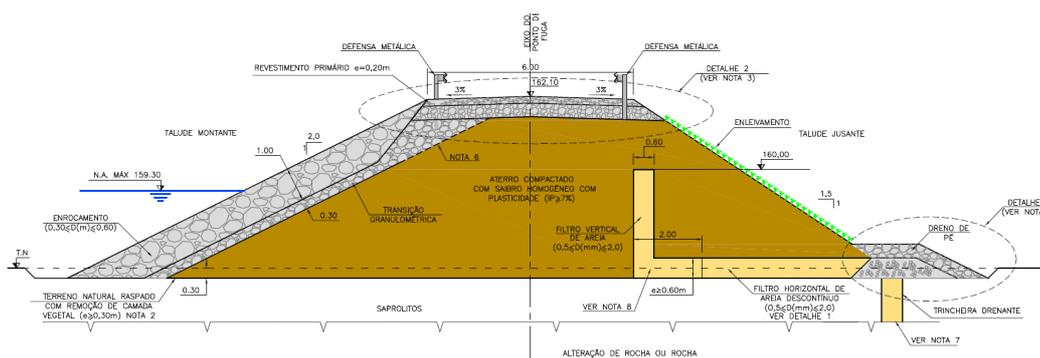


Figura 78 – seção do dique 2.

### 6.3 Sobre o dique 3 e 4

A seguir segue, desenhos obtidos do projeto de engenharia (2010) para o dique 3.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

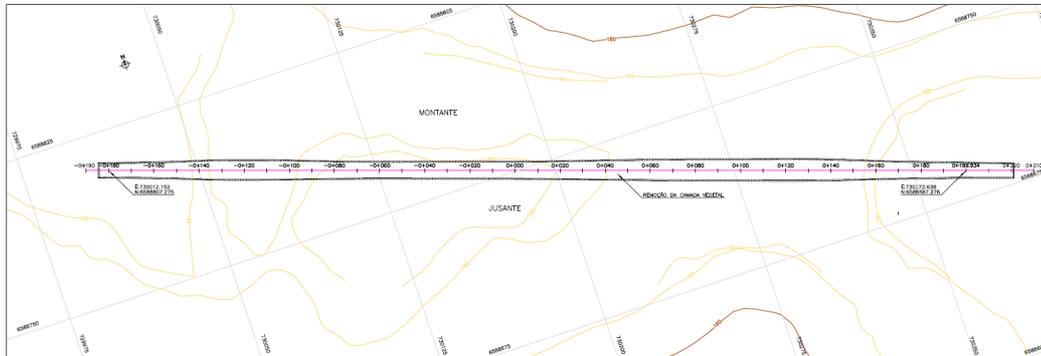


Figura 79 – planta baixa do dique 3.

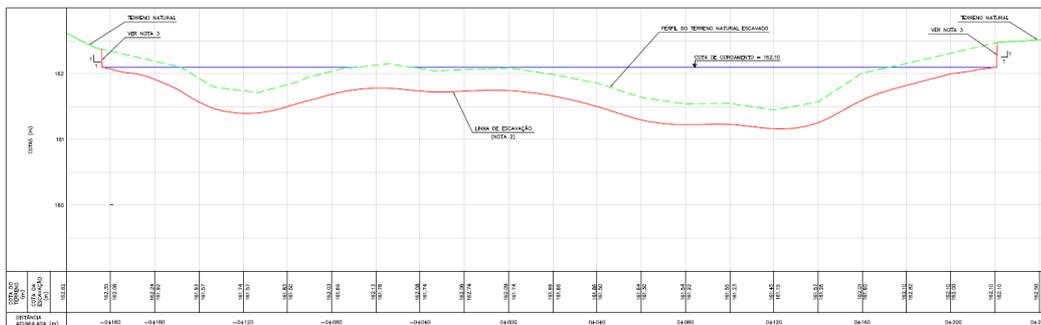


Figura 80 – perfil do dique 3.

#### 6.4 Sobre o dique 4

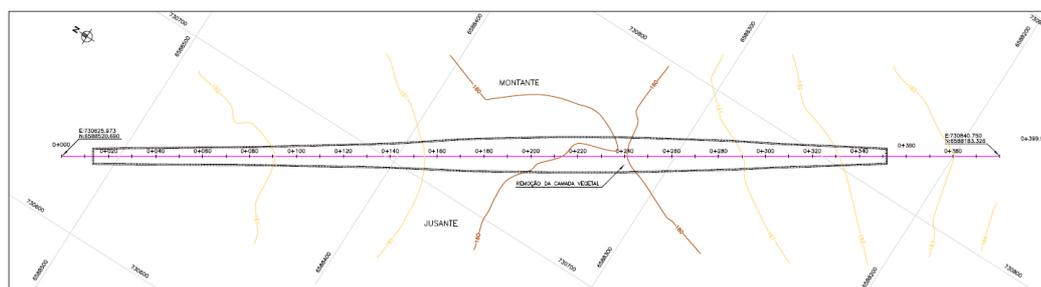


Figura 81 – planta baixa do dique 4.

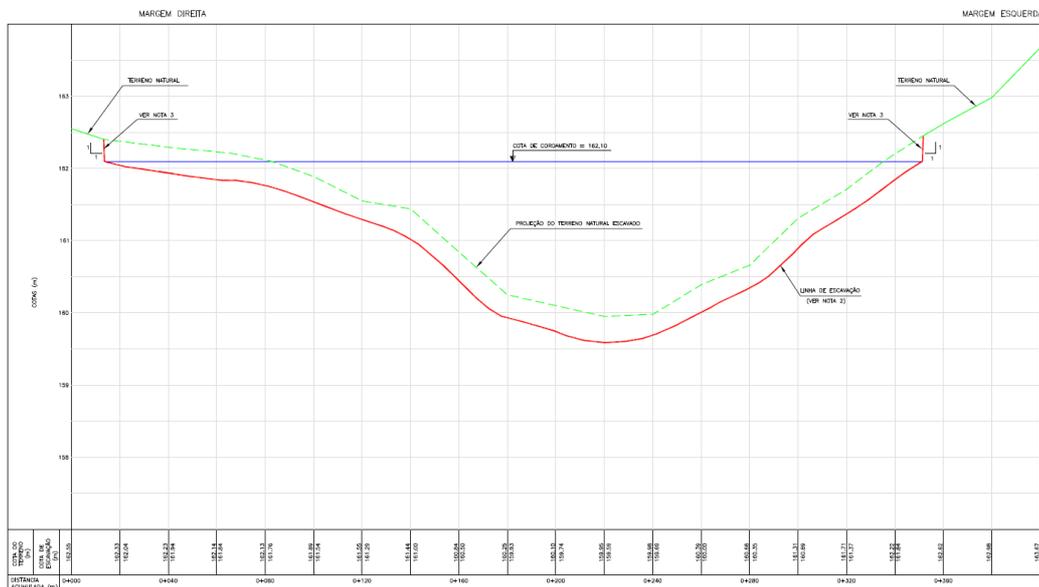


Figura 82 – perfil do dique 4.

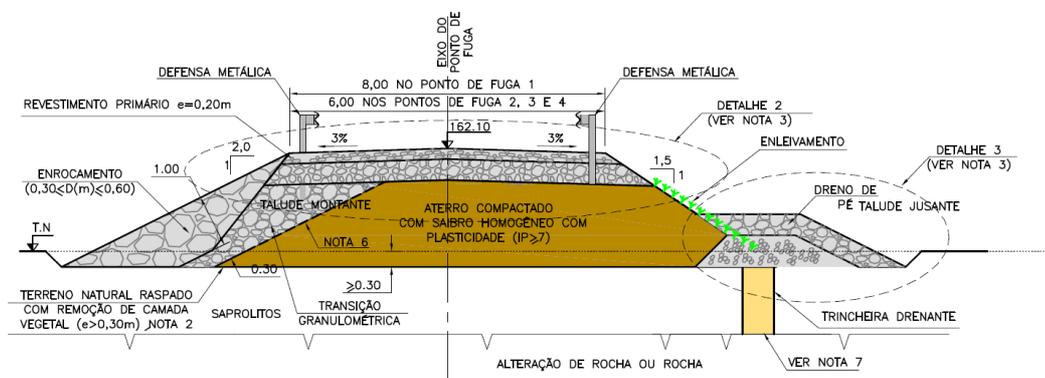


Figura 83 – seção do dique 3 e 4.



## 7 OBRAS DA PONTE NA ERS-630 SOBRE O ARROIO TAQUEREMBÓ

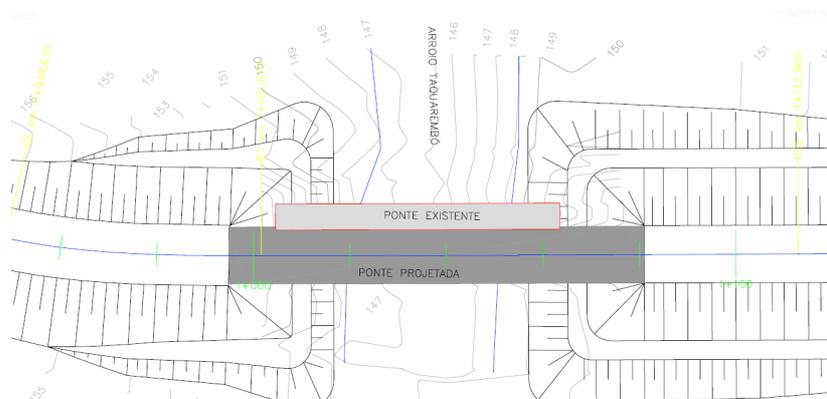
As obras da ponte sobre o arroio Taquarembó na ERS-630, tem a intenção de substituir a ponte existente, uma vez que esta estrutura é de via simples e terá condições hidráulicas aquém da condição de utilização após o enchimento do reservatório.

A nova ponte está apenas em nível de projeto. Não houve qualquer avanço na construção deste a última contratação de execução.

A **Figura 84** mostra uma imagem aérea da ponte existente.



**Figura 84 – Vista aérea da ponte sobre o arroio Taquarembó na ERS-630.**



**Figura 85 –planta baixa da nova ponte com aterros de aproximação.**

O projeto da ponte, do ponto de vista estrutural, contempla a infraestrutura, a meso estrutura, a superestruturas e os aterros de aproximação, além outros projetos complementares. Cabe esclarecer que pouco se tem a acrescentar sobre tomada de decisão referente a tipologia construtiva e geometria da ponte. Porém, é importante destacar alguns pontos que o executante deverá que atentar-se na condição de empreiteiro da obra.

Os taludes de aterro de aproximação devem ser avaliados sob o ponto de vista geotécnico, uma vez que atingem mais de 12 m de altura em algumas posições. Elevados aterros como estes exigem quantidade e qualidade de material homogêneo e de boa capacidade de compactação. Será necessário avaliar a estabilidade das saias destes aterros, não somente nas seções de maior elevação, mas também sob a condição de proteção de margem, uma vez que em algum momento a seção hidráulica será restringida, bem como processos erosivos podem ser disparados junto a saia de aterro.

A saia de aterro sendo construída com transição granulométrica e bem assentada, servirá como proteção de margem.

Outro ponto importante a ser notado refere-se a necessidade de demolição da ponte existente quando a barragem entrar em operação. A ponte existente estará ao lado



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



da ponte nova. No entanto a cota do tabuleiro encontra-se abaixo dos regimes de cheia a partir do enchimento do reservatório. Tal condição hidrológica coloca em risco de deslocamento, principalmente do tabuleiro da estrutura antiga. Neste caso, ocorrendo tal situação, a ponte nova pode sofrer sollicitação incondicionais causando um efeito cascata de colápsos.

**Neste sentido, infere-se a necessidade de demolição da estrutura da ponte existente ao final das construções. Deverá ser previsto tal condição.**

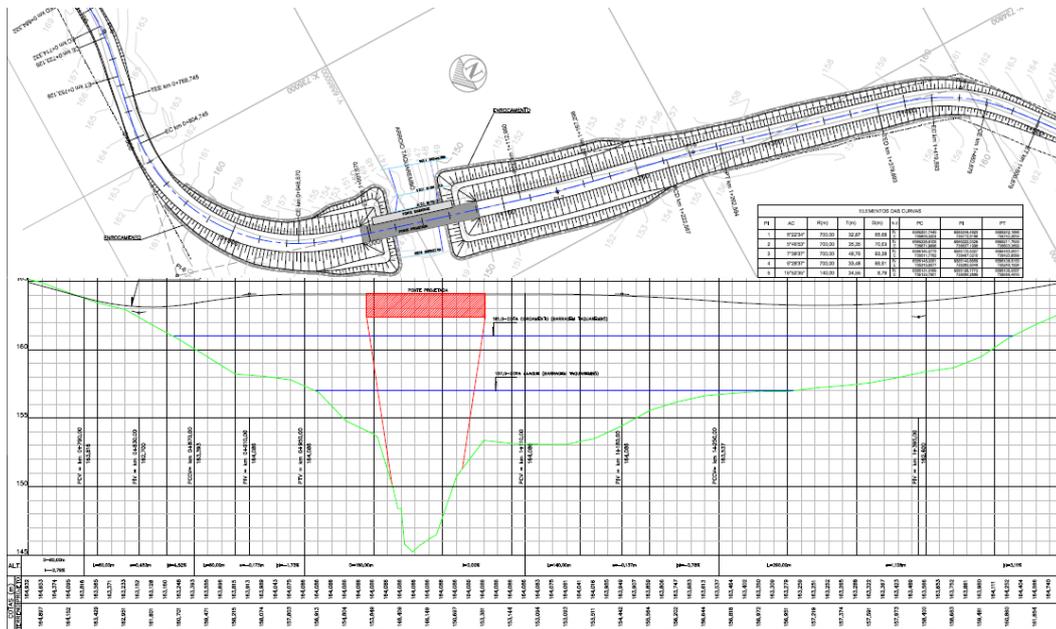


Figura 86 – Geometria dos aterros de aproximação.





## 8 ASPECTOS HIDROLÓGICOS COMPLEMENTARES

Os estudos hidrológicos realizados no âmbito desse contrato foram direcionados para validação das cheias para dimensionamento do vertedouro, e, estimativa de velocidades e elevação final da viga da ponte ERS 630. Esse último tópico será abordado, posteriormente, através da modelagem hidrodinâmica no HEC-RAS com base nos hidrogramas de projeto excepcionais nas fases de construção, sem fechamento das adufas de desvio, e, operação da barragem principal Taquarembó nos níveis normais e maxi maximurum.

### 8.1 Validação das Cheias de Projeto e Níveis de Água Máximos no Reservatório

A validação das cheias e níveis máximos no reservatório foi através da verificação de dados base para entrada no modelo chuva-vazão que determinaram as vazões máximos dos hidrogramas de projetos obtidos pelo NRSC (1975), descrito em SIUMA (2010)<sup>3</sup>, a saber:

- Área da bacia hidrográfica da barragem;
- Tempo de concentração;
- Parâmetro *Curve Number* (CN) do método NRSC (1975);
- Eventos extremos de precipitações entre 2010 e 2020;
- Curva de cota x área x volume de acumulação do lago.

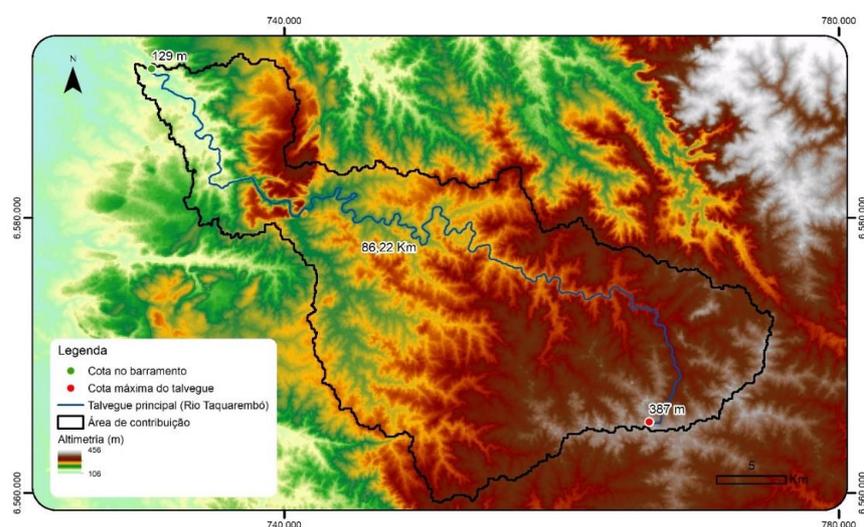
A área da bacia de contribuição e o talvegue principal podem ser vistos Figura 89 Segundo novas estimativas, a área de contribuição foi calculada com modelo SRTM/90m/UFRGS em 636,73 km<sup>2</sup>, e, pelo ALOS, 636,61 km<sup>2</sup>. A área delimitada no

<sup>3</sup> SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA (2010) - DETALHAMENTO PROJETO DE ENGENHARIA DA BARRAGEM NO ARROIO TAQUAREMBÓ/RS - Relatório Final – Memorial Descritivo Volume 1 – ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.



projeto, usando curvas 20/20 DSG, foi de 637,99 km<sup>2</sup>. As diferenças obtidas são menores que 1%.

O tempo de concentração obtido pela antiga formulação do DNOS, descrita em SIUMA (2010), foi estimado aqui em 18,1 horas, contra 16,3 horas no projeto executivo SIUMA (2010). Provavelmente, a diferença esteja no comprimento do talvegue: 86,22 km contra 63,1 km verificado no projeto. A cartografia empregada foi a base hidrográfica da SEMA 1:25.000. O desnível do talvegue principal foi calculado com a topografia na área do barramento e MDT no início do curso d'água.



**Figura 89 - Área de bacia de contribuição e talvegue principal da barragem Taquarembó.**

O parâmetro CN do NRSC (1975) é fundamental para estimativa das vazões máximas do hidrograma de projeto. O parâmetro CN é obtido pelo cruzamento dos tipos de solos do geodiversidade da CPRM e o uso do solo pela cobertura do MapBiomass 2020. O valor encontrado ponderado do CN da bacia hidrográfica foi de 75. O CN empregado no projeto SIUMA (2010) foi de 76.

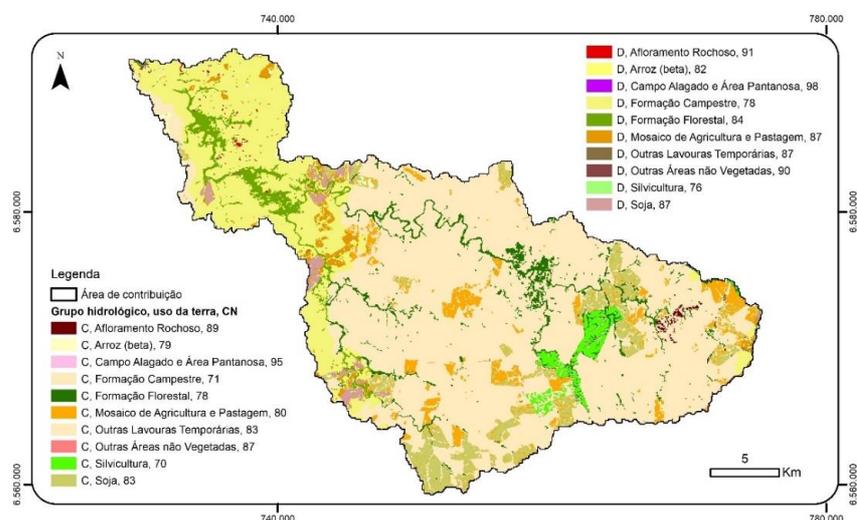


Figura 90 - Tipo e Uso do Solo na bacia hidrográfica da barragem do rio Taquarembó.

Quanto às precipitações extremas, a Figura 91 apresenta as estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do barramento. Pelo polígono de Thiessen, três estações pluviométricas são relevantes para análise: 3054002 (Dom Pedrito); 3154003 (Torquato Severo); e, 3054019 (Ibaré).

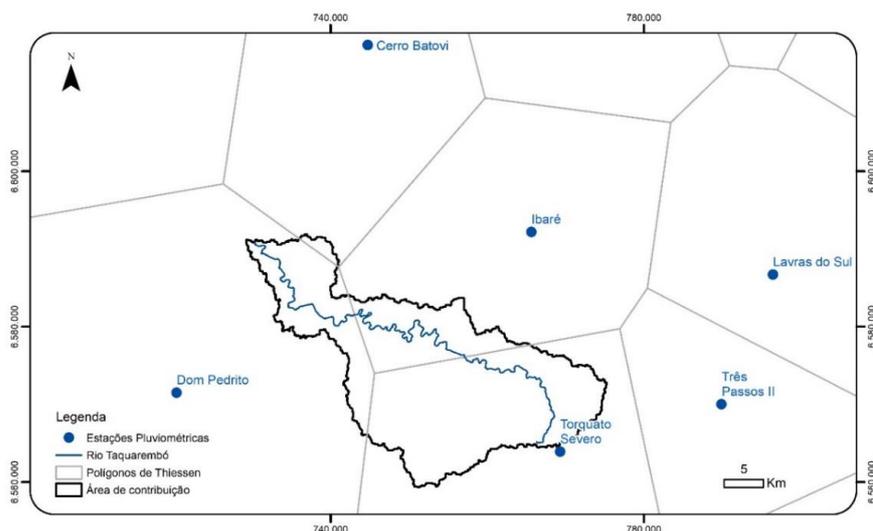


Figura 91 - Estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica da barragem do rio Taquarembó.



A Tabela 3, a seguir, apresenta os valores extremos de precipitações máximas diárias anuais ocorridos nos registros das estações analisadas. Os valores extremos de chuvas verificados ocorreram antes da elaboração do projeto executivo.

**Tabela 3 – Precipitações máximas diárias anuais (mm) registradas nas estações pluviométricas na bacia hidrográfica da barragem do rio Taquarembó.**

Data	3054002 (Dom Pedrito)	Data	3154003 (Torquato Severo)	Data	3054019 (Ibaré)
05/10/34	69,20				
27/12/35	53,00				
12/05/36	66,00				
10/07/37	66,50				
01/09/38	65,00				
15/04/39	100,90				
11/04/40	65,00				
13/04/41	61,00				
25/04/42	62,70				
29/05/43	67,00				
02/10/44	76,50				
21/11/45	55,50				
06/10/46	66,00				
09/02/47	109,20				
23/09/48	109,70				
01/10/49	102,50				
29/03/50	74,00				
02/03/51	119,00				
30/03/52	108,00				
30/09/53	71,00				
03/06/54	80,00				
17/05/55	72,00				
12/02/56	78,50				
26/05/57	108,00				
01/01/58	76,00				



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Data	3054002 (Dom Pedrito)	Data	3154003 (Torquato Severo)	Data	3054019 (Ibaré)
09/04/59	193,60				
23/07/60	85,00				
03/09/61	136,00				
17/10/70	122,30				
02/02/71	64,20				
26/10/72	114,00				
28/05/73	130,20				
10/03/74	94,20				
06/11/75	76,00				
04/11/76	132,00				
27/11/77	76,30	16/10/77	171,00		
13/02/78	87,00	26/07/78	80,00		
		28/09/79	82,00		
29/03/80	90,80	04/10/80	132,00		
10/02/81	60,10	25/01/81	67,40		
21/10/82	113,00	22/10/82	168,30		
05/05/83	135,00	15/02/83	158,00		
30/12/84	105,30	24/05/84	122,00		
30/06/85	73,30	03/04/85	96,00		
14/03/86	136,40				
01/04/87	105,40	29/08/87	107,00		
19/01/88	105,60	10/09/88	61,20		
26/01/89	60,50	10/04/89	67,10		
10/12/90	113,60	04/11/90	154,00		
30/07/91	160,00	16/04/91	147,10		
12/04/92	170,10	12/04/92	159,20		
09/05/93	146,00	08/05/93	147,20		
		31/07/94	110,30		
15/07/95	99,30	14/02/95	146,20		
03/04/96	58,30	25/02/96	93,50		
28/12/97	136,70	05/02/97	128,50		
06/01/98	110,20	10/06/98	83,20		
14/10/99	70,50	03/04/99	57,20		
02/07/00	122,20	02/07/00	104,50	02/05/00	94,20



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Data	3054002 (Dom Pedrito)	Data	3154003 (Torquato Severo)	Data	3054019 (Ibaré)
01/06/01	140,70	01/06/01	185,30	01/06/01	159,40
24/04/02	86,90	24/04/02	123,40	03/06/02	101,90
11/06/03	74,50	21/03/03	81,50	21/03/03	73,40
23/04/04	168,20	23/04/04	124,00	23/04/04	120,00
01/04/05	91,50	01/04/05	108,00	24/09/05	55,70
06/11/06	112,30	24/12/06	60,50	06/11/06	60,40
17/08/07	66,30				
09/06/08	61,30	09/06/08	50,00	17/08/08	83,00
14/11/09	95,20				
25/07/10	78,70				
13/01/11	85,40	01/10/11	63,10	01/10/11	70,00
22/01/12	70,40	18/09/12	88,10	09/10/12	60,30
15/09/13	110,40	11/11/13	115,20	11/11/13	133,00
30/10/14	90,80	17/03/14	117,50	04/03/14	79,00
23/12/15	112,40	23/09/15	77,00	23/12/15	75,00
02/11/16	71,50	25/04/16	98,40	25/04/16	74,00
19/10/17	123,80	13/05/17	123,80	19/10/17	90,60
03/05/18	120,00	24/09/18	91,10	03/05/18	79,60
09/01/19	134,40	27/10/19	140,00	10/01/19	129,30
22/05/20	65,90	12/06/20	76,40	22/05/20	90,30

A Tabela 4 apresenta a estatística extrema com ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel para as referidas estações pluviométrica. Essa estatística é comparada com os valores adotados no projeto. A maior extensão de dados registrado é da estação de Dom Pedrito. Contudo, os valores mais extremos para diferentes tempos de retorno são da estação Torquato Severo, empregada em SIUMA (2010). A distribuição de probabilidade de Gumbel costuma maximizar seus quantis à medida que sua amostra de extremos é reduzida. Pode-se verificar que o maior valor registrado na região é 193,60 mm (09/04/59) na estação de Dom Pedrito. Entre os anos de 2010 e 2020 não se registraram valores significativos para uma alteração dos extremos. Portanto, devido a área de influência de cada estação



(polígono de Thiessen), poder-se-á considerar que a estatísticas de extremos utilizada em SIUMA (2010), é adequado e não precisa ser revisada.

**Tabela 4 – Precipitações máximas diárias (mm) para diferentes Tempo de retorno (anos) calculadas pelo ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel nas estações pluviométricas na bacia hidrográfica da barragem do rio Taquarembó.**

Tempo de retorno (anos)	SIUMA (2010)	3154003 (Torquato Severo)	3054002 (Dom Pedrito)	3054019 (Ibaré)
5	139,67	134,88	124,93	110,85
10	151,10	155,83	141,86	127,42
20	167,67	175,93	158,10	143,32
25	181,40	182,30	163,25	148,36
50	196,26	201,94	179,11	163,89
100	235,61	221,43	194,86	179,31
1.000	254,90	285,84	246,90	230,25
10.000	331,07	350,13	298,85	281,10

Por fim, a curva cota x área x volume (CAV), foi revisada com base na topografia da área do lago. O volume total na elevação 161 m foi de 182,05 hm<sup>3</sup> contra 172,64 hm<sup>3</sup> do projeto, isto é, diferença de 5%.

Dessa maneira, conforme os parâmetros encontrados aqui, área de bacia menor, tempo de concentração maior, parâmetro CN menor e CAV maior, sugere-se que a cheia de projeto determinada no SIUMA (2010) e os níveis máximos estão adequados.

Um último comentário que vale mencionar é que a borda livre da barragem adotadas foi inferior a um metro. Recomenda-se que seja adotado pelo menos um metro na barragem principal e nos pontos de fugas.



## **8.2 Verificação na Elevação da Ponte, Taxa de rebaixamento do Reservatório e Velocidades de escoamento nos aterros de encontro da Ponte.**

Quanto ao rebaixamento dos níveis do reservatório no processo de irrigação, SIUMA (2010) indica que 10% do tempo, o reservatório diminui em taxas superiores a 15 cm/dia, podendo atingir 40 cm/dia em especial situação.

Quanto ao rebaixamento dos níveis do reservatório no processo de irrigação, SIUMA (2010) indica que 10% do tempo, o reservatório diminui em taxas superiores a 15 cm/dia, podendo atingir 40 cm/dia em especial situação.

Para avaliar os níveis máximos junto a ponte ERS 630, foram realizadas simulações hidrodinâmicas empregando o modelo unidimensional HEC-RAS. Esta abordagem é simplificada e superestima os níveis no reservatório quando do trânsito de cheias, e, portanto, indicam, sob o ponto de vista hidráulico, uma ordem de grandezas das velocidades junto aos aterros de aproximação da ponte.

Para fins de conferência da elevação da viga longarina da ponte na ERS 630 foram simulados os hidrogramas de projetos para tempo de retorno (Tr) 10.000 anos com 7 dias e 20 dias de duração, empregando a topografia da área do reservatório, disponibilizados em SIUMA (2010). Foram analisadas quatro condições factíveis de ocorrência junto a ponte, a saber:

- Cenário 1 - Hidrograma de projeto com Tr 10.000 anos com 7 dias de duração para elevação da crista da barragem na EL. 149 m (atual – fevereiro 2022) e adufas de desvio operando;
- Cenário 2 - Hidrograma de projeto com Tr 10.000 anos com 20 dias de duração para elevação da crista da barragem na EL. 149 m (atual – fevereiro 2022) e adufas de desvio operando;
- Cenário 3 – Hidrograma de projeto com Tr 10.000 anos com 7 dias de duração para elevação da crista da barragem na EL. 161 m, crista da soleira do vertedouro (CSV) na EL. 157 m, adufas tamponadas;



- Cenário 4 – Hidrograma de projeto com Tr 10.000 anos com 20 dias de duração para elevação da crista da barragem na EL. 161 m, crista da soleira do vertedouro (CSV) na EL. 157 m, adufas tamponadas.

Em todos os cenários supracitados a ponte foi considerada concluída. A Figura 92 ilustra o trecho modelado do rio Taquarembó.

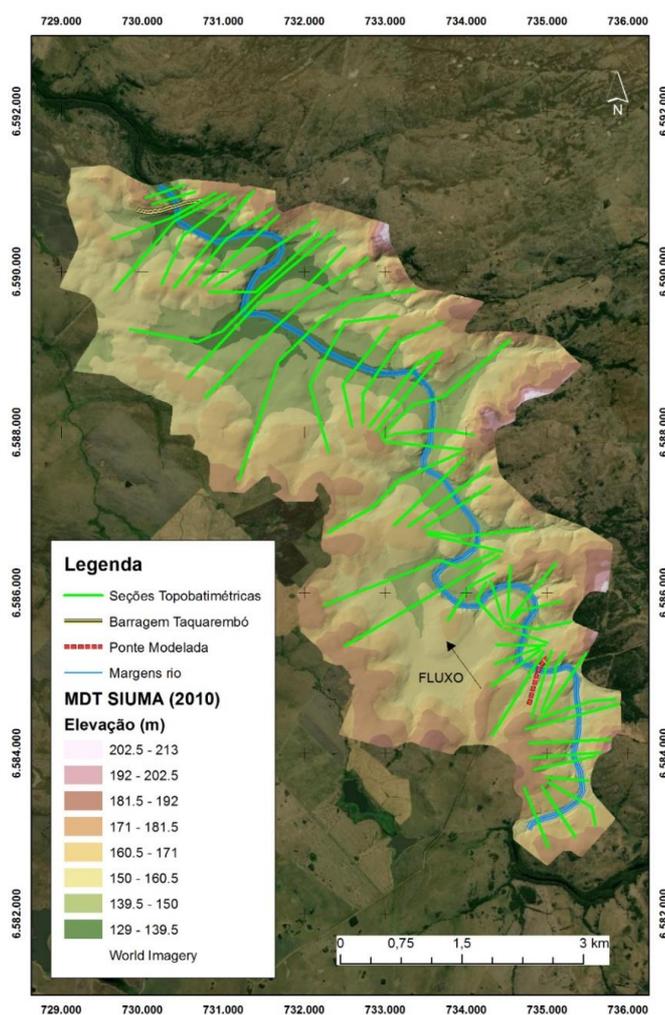


Figura 92 -- Trecho de modelagem hidrodinâmica das cheias afluentes com Tr 10.000 anos no rio Taquarembó com a barragem na condição atual e futura para determinação dos níveis extremos da viga longarina da ponte sob rodovia ERS 630.



É importante salientar que em condições de operação de reservatório, o volume afluente da cheia torna-se relevante para estimativa de níveis extremos. Dessa forma, a modelagem procedeu em regime não-permanente. Para a calha e a várzea do rio Taquarembó empregaram os seguintes coeficientes de Manning: 0,04 e 0,10, respectivamente. Estes valores de coeficientes de Manning são médios e foram obtidos na literatura.

A **Figura 93** ilustra a geometria da barragem com as adufas na condição atual, barragem finalizada e ponte ERS-630 inserida no HEC-RAS. A linha de água apresentada na **Figura 93** é o resultado da modelagem da cheia Tr 10.000 anos para os Cenários 1 e Cenário 3.

Os resultados das simulações estão nas figuras subsequentes e na Tabela 5. Em todas as simulações, os níveis de águas ficaram inferiores a viga longitudinal da ponte ERS 630 na EL.162,4 m. Em função das velocidades verificadas junto ao aterro, o mesmo deverá ser protegido até o N.A. máximo estimado no Cenário 3 (EL. 161,88 m), isto é, aproximadamente EL. 162 m, ver Tabela 5. Para ocorrência de uma cheia com a excepcionalidade do Tr 10.000 anos, na condição atual da barragem Taquarembó, haverá galgamento da barragem e as velocidades no pé dos pilares da ponte poderão atingir velocidades da ordem de 8 m/s. Neste cenário, deverá ser previsto proteção adicional para os pilares devido ao estrangulamento da seção do rio Taquarembó.



**Tabela 5 – Variáveis Hidráulicas das simulações dos cenários 1 a 4 na região da ponte ERS 630.**

Variáveis Hidráulicas	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3		CENÁRIO 4	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
N.A. montante (m)	157,10		156,72		161,88		161,80	
Vazão na Ponte (m³/s)	2.551,11		2.352,81		2.551,01		2.343,65	
EL. Viga Longarina (m)	162,40		162,40		162,40		162,40	
Área de abertura sob a ponte (m²)	990,15		990,15		990,15		990,15	
Velocidade na abertura sob a ponte (m/s)	6,33		6,21		2,91		2,71	
Posição do Cálculo	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
<b>Elevação N.A. (m)</b>	<b>154,63</b>	<b>155,04</b>	<b>154,32</b>	<b>154,84</b>	<b>161,95</b>	<b>161,89</b>	<b>161,77</b>	<b>161,72</b>
EL. N.A. Crítica (m)	154,63	153,45	154,32	153,14	161,34	161,42	161,24	161,31
Profundidade Max sob ponte (m)	6,63	8,04	6,32	7,84	155,12	153,84	154,76	153,50
Velocidade Total (m/s)	6,33	4,80	6,21	4,57	13,34	14,42	13,24	14,31
Área de Escoamento (m²)	403,18	531,69	378,74	515,24	2,91	2,48	2,71	2,30
Nº de Froude	0,98	0,69	0,98	0,66	0,33	0,28	0,30	0,26
Profundidade Hidráulica (m)	5,00	6,41	4,76	6,25	9,08	10,44	9,03	10,37
Perímetro hidráulica (m)	83,06	88,12	81,68	87,39	171,62	187,72	170,59	186,67
Largura Superficial (m)	80,71	83,00	79,49	96,36	96,36	98,43	95,93	98,06
Tensão Cisalhamento (N/m²)	394,49	226,02	382,77	302,91	103,92	77,88	89,26	66,94



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

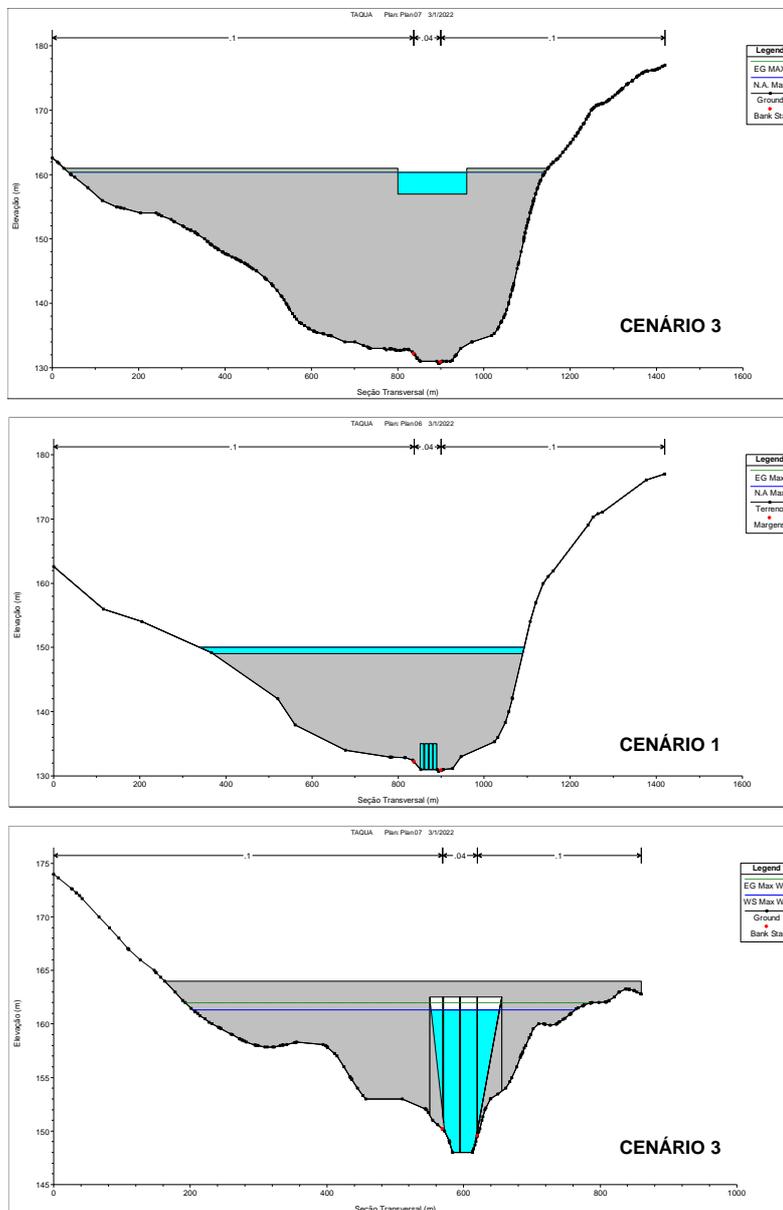


Figura 93 - Geometria da ponte ERS 630 e N.A máximo calculado para os Cenário1 e Cenário

3.

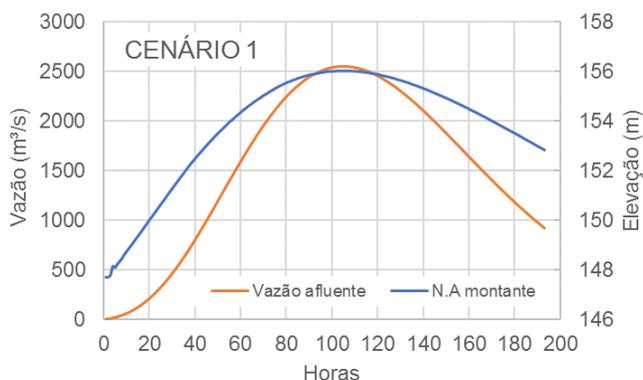


Figura 94- Hidrograma e níveis de passagem da cheia Tr 10.000 anos sob a ponte da ERS 630 para o Cenário 1.

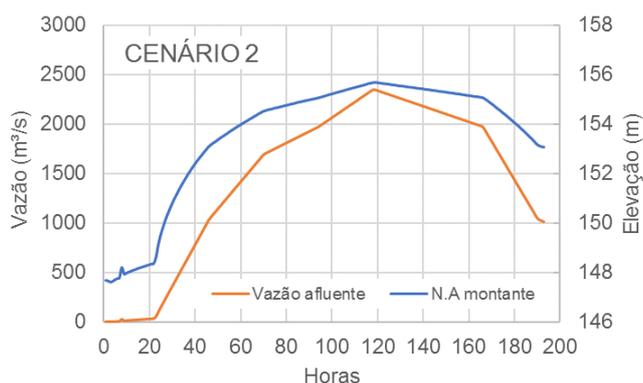


Figura 95 - Hidrograma e níveis de passagem da cheia Tr 10.000 anos sob a ponte da ERS 630 para o Cenário 2.

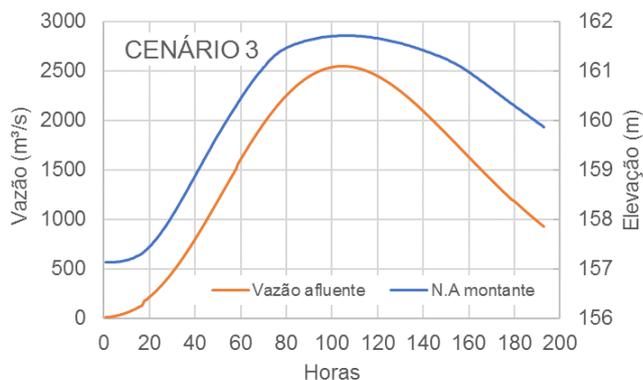


Figura 96 - Hidrograma e níveis de passagem da cheia Tr 10.000 anos sob a ponte da ERS 630 para o Cenário 3.

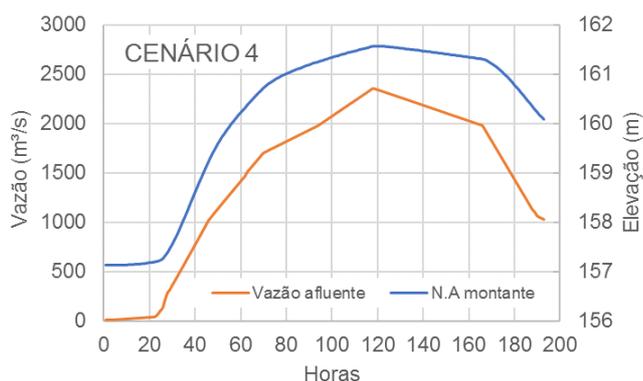


Figura 97 - Hidrograma e níveis de passagem da cheia Tr 10.000 anos sob a ponte da ERS 630 para o Cenário 4.



## 9 AEROLEVANTAMENTO DE CONFERÊNCIA

Nos dias da inspeção foi realizado levantamento topográfico. O produto gerado através de voo com drone, que permitiram a realização de montagem de imagens ortomosaico.

Anterior ao plano de voo foram fixados diversos pontos de controle demarcados através de GPS para reconhecimento e geolocalização da imagem concomitantes.



Figura 98 – Posicionamento do GPS e marcação de pontos de controle.



Figura 99 – Equipamento VANT.



Além dos sobrevoos realizados para vídeo na barragem e na ponte da ERS-630, foram geradas três ortofotos para compatibilização topográfica das áreas que abrangem as obras da TDA-CA e as obras dos diques, bem como foi gerado para a barragem, na área que abrange os diques de desvio.

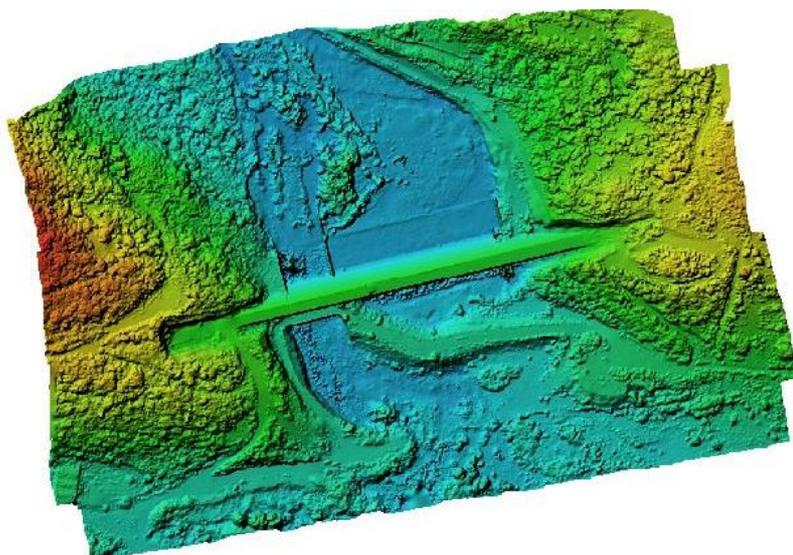


Figura 100 – modelo digital de superfície na área da barragem.

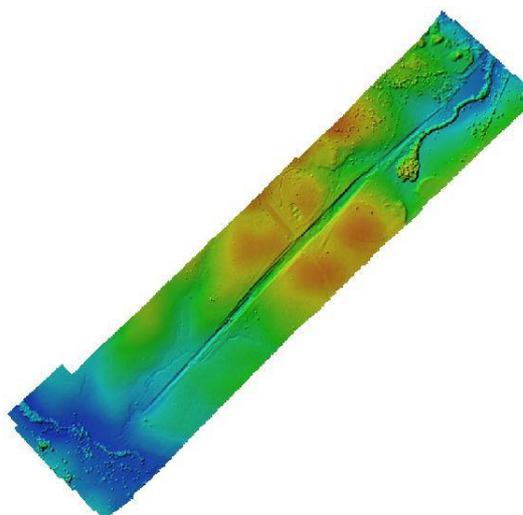


Figura 101 – modelo digital de superfície do canal de aproximação e fuga.

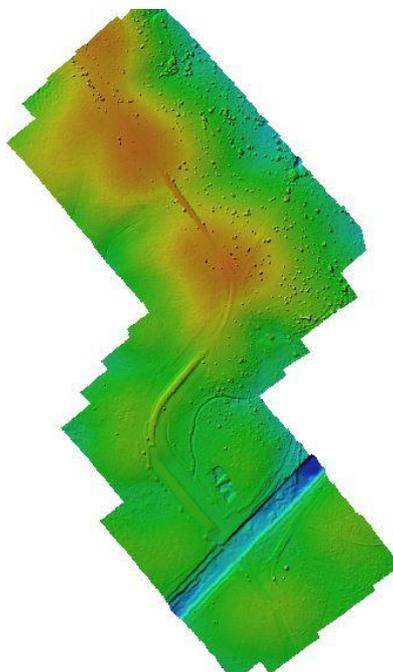


Figura 102 – modelo digital de superfície do dique 2.



Figura 103 – nuvem de pontos da barragem.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Figura 104 – nuvem de pontos do canal de aproximação e fuga.

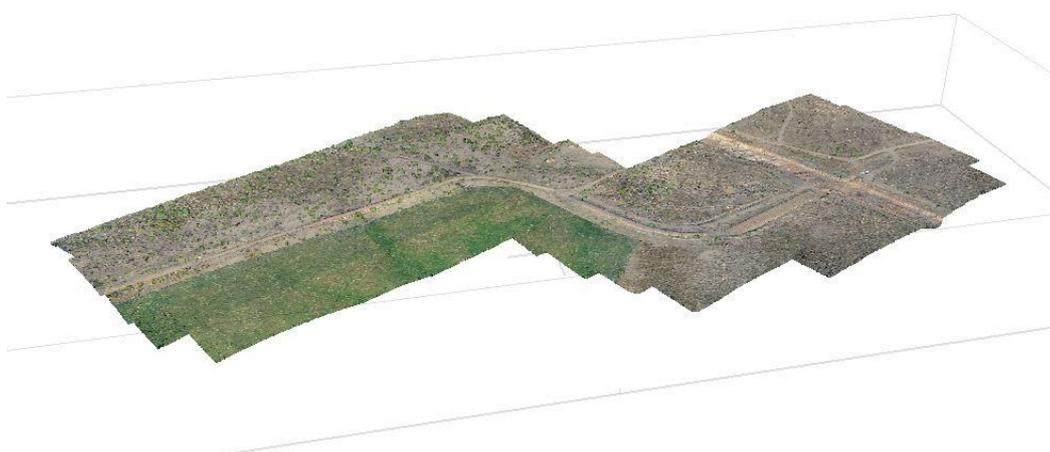


Figura 105 – nuvem de pontos do dique 2.



Foi realizado um aerolevante da barragem, canal do ponto de fuga e região do dique do ponto de fuga. Em anexo, são apresentados os relatórios dos processamentos das imagens e geração do modelo digital do terreno (MDT).

Foi empregado um VANT modelo PHANTOM 4 PRO DJI com pontos de controle sobre as áreas de sobrevoo. Os pontos de controle estão listados na sequência (

**Tabela 6 - Pontos de Controle empregados na elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDT) – DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000, PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA UTM, FUSO 21 SUL – DATUM VERTICAL MARÉGRAFO IMBITUBA.**

Descrição Pontos de Controle	Coordenada LESTE/OESTE (m)	Coordenada NORTE/SUL (m)	Elevação Ortométrica (m)	Empregados
BASE 2	729.570,69	6.589.715,92	161,39	Referência de Nível
BASE 3	730.352,54	6.590.692,91	137,74	Referência de Nível
BASE 4	729.529,78	6.589.771,33	158,83	Referência de Nível
MARCO	730.377,13	6.590.799,39	133,367	Referência de Nível
10	729.533,19	6.589.880,15	157,828	Canal
11	729.608,72	6.589.983,68	154,458	Canal
12	729.701,08	6.590.048,05	151,86	Canal
13a	729.821,88	6.590.153,07	148,007	Canal
14	729.424,48	6.589.723,70	152,26	Canal
14b	729.935,46	6.590.242,86	143,131	Canal
15	729.821,88	6.590.153,02	148,016	Canal
15b	730.000,60	6.590.296,50	142,911	Canal
17	728.951,96	6.589.190,61	140,835	Canal
18	729.051,64	6.589.301,81	143,112	Canal
19	729.164,29	6.589.424,11	145,294	Canal
20	729.294,17	6.589.547,88	149,801	Canal
21	729.403,26	6.589.657,94	155,213	Canal
23	729.629,35	6.589.897,70	157,479	Canal
24	729.687,44	6.589.965,26	157,296	Canal
25	729.801,45	6.590.077,55	148,402	Canal
26	729.896,42	6.590.178,74	145,433	Canal
27	729.988,55	6.590.246,31	141,725	Canal
3	728.831,69	6.589.137,81	136,869	Canal
4	728.861,44	6.589.102,07	136,886	Canal
5	728.940,09	6.589.250,39	139,646	Canal
6	729.051,45	6.589.356,97	142,72	Canal
7	729.174,52	6.589.495,29	147,267	Canal



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Descrição Pontos de Controle	Coordenada LESTE/OESTE (m)	Coordenada NORTE/SUL (m)	Elevação Ortométrica (m)	Empregados
8	729.318,42	6.589.627,71	149,985	Canal
9	729.419,15	6.589.749,51	156,724	Canal
9	729.450,35	6.590.139,96	162,413	Canal
n1	729.575,76	6.589.872,04	154,346	Canal
n10	729.139,66	6.589.413,40	142,706	Canal
n11	729.186,06	6.589.466,44	144,144	Canal
n12	729.270,87	6.589.559,75	145,625	Canal
n13	729.326,57	6.589.618,83	145,928	Canal
n2	729.627,40	6.589.934,00	151,034	Canal
n3	729.692,91	6.590.007,04	149,172	Canal
n4	729.771,15	6.590.087,16	148,154	Canal
n5	729.796,02	6.590.110,66	145,426	Canal
n6	729.874,15	6.590.179,26	143,855	Canal
n7	729.944,40	6.590.239,12	141,625	Canal
n8	730.034,75	6.590.309,37	140,52	Canal
n9	729.073,68	6.589.348,85	140,808	Canal
13	729.448,85	6.589.844,66	159,038	Canal
14	729.498,20	6.589.843,51	157,972	Canal
N15	729.494,67	6.589.797,41	153,868	Canal
22	729.521,18	6.589.783,35	157,581	Canal
16	729.538,68	6.589.781,09	158,608	Canal
17	729.518,02	6.589.764,21	159,568	Canal
1	729.287,92	6.590.556,14	165,926	Ponto de Fuga
2	729.333,68	6.590.593,73	164,71	Ponto de Fuga
3	729.381,33	6.590.424,58	164,316	Ponto de Fuga
4	729.417,11	6.590.455,56	164,706	Ponto de Fuga
S/N	729.434,11	6.590.392,39	166,367	Ponto de Fuga
6	729.525,11	6.590.336,30	165,453	Ponto de Fuga
5	729.487,82	6.590.278,07	166,43	Ponto de Fuga
7	729.578,62	6.590.279,66	164,299	Ponto de Fuga
8	729.501,18	6.590.152,81	161,447	Ponto de Fuga
9	729.450,35	6.590.139,96	162,413	Ponto de Fuga
10A	729.408,52	6.590.089,41	162,276	Ponto de Fuga
11	729.349,13	6.590.008,64	161,163	Ponto de Fuga
10	729.371,78	6.590.012,70	161,939	Ponto de Fuga
12	729.430,20	6.589.976,80	158,385	Ponto de Fuga
13	729.448,85	6.589.844,66	159,038	Ponto de Fuga
14	729.498,20	6.589.843,51	157,972	Ponto de Fuga
N15	729.494,67	6.589.797,41	153,868	Ponto de Fuga



Descrição Pontos de Controle	Coordenada LESTE/OESTE (m)	Coordenada NORTE/SUL (m)	Elevação Ortométrica (m)	Empregados
22	729.521,18	6.589.783,35	157,581	Ponto de Fuga
16	729.538,68	6.589.781,09	158,608	Ponto de Fuga
17	729.518,02	6.589.764,21	159,568	Ponto de Fuga
2	730.184,69	6.590.801,27	164.655	Barragem
3	730.215,32	6.590.778,84	151.016	Barragem
4	730.291,78	6.590.734,39	141.45	Barragem
5	730.263,10	6.590.833,81	139.836	Barragem
6	730.278,19	6.590.797,18	150.654	Barragem
7	730.363,50	6.590.796,65	132.006	Barragem
9	730.451,42	6.590.778,53	140.083	Barragem
10	730.424,20	6.590.811,69	132.072	Barragem
11	730.349,28	6.590.814,38	149.331	Barragem
12	730.404,97	6.590.827,38	149.213	Barragem
13	730.455,15	6.590.840,00	149.165	Barragem
14	730.444,32	6.590.926,50	141.906	Barragem
15	730.471,21	6.590.922,70	148.866	Barragem
16	730.492,71	6.590.848,00	149.347	Barragem
17	730.527,78	6.590.843,88	157.044	Barragem
18	730.518,41	6.590.780,20	141.76	Barragem
N	730.494,72	6.590.793,00	138.873	Barragem
N1	730.459,76	6.590.800,33	136.043	Barragem
N2	730.366,11	6.590.937,84	131.182	Barragem
N3	730.336,76	6.590.786,22	140.136	Barragem

As referências de níveis (RN) empregadas estão descritas na **Tabela 6**, denominados BASE 2, 3 e 4, com sua ficha do IBGE apresentadas em anexo. O sistema de referência adotado foi o DATUM Horizontal SIRGAS 2000, projeção cartográfica UTM Fuso 21 S, e, o DATUM Vertical Marégrafo de IMBITUBA.

O objetivo do levantamento foi avaliar as dimensões das estruturas e eventuais serviços já executados pelas antigas empreiteiras. As figuras na sequência ilustram o posicionamento dos pontos de controle na barragem, ponto de fuga e canal, além de uma comparação entre o MDT desenvolvido nesse estudo com o disponível no Projeto Executivo SIUMA (2010).



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais



Existem algumas discrepâncias razoáveis nas ombreiras e fundo de vale. Recomenda-se que na retomada das atividades de construção sejam validadas as altimetrias. Especial atenção deve ser dada a cubagem do volume do reservatório que impacta diretamente no trânsito de cheias, dimensionamento do vertedouro, bacia de dissipação, cota de coroamento, e, por conseguinte segurança da barragem.

Na verificação do trânsito das cheias mais a frente, foi adotado as curvas de níveis existentes do reservatório em SIUMA (2010).



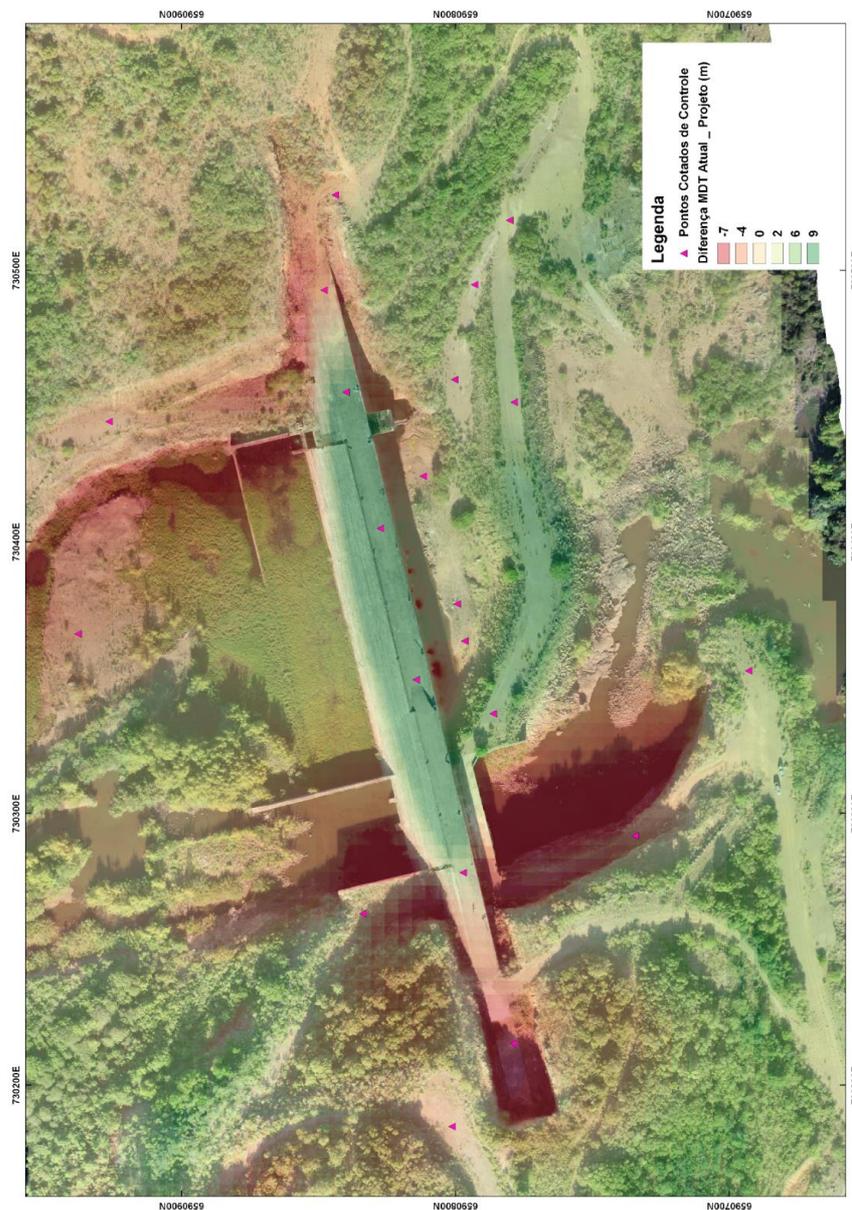


Figura 106 – Pontos de controle na barragem.



Figura 107 – Pontos de controle na nos diques e canais de aproximação.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Obras e Habitação  
Departamento de Barragens e Canais

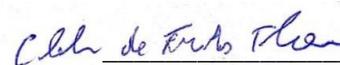


## 10 TERMO DE ENCERRAMENTO

A Empresa SF Engenharia Diferenciada apresentou Relatório de inspeção da Barragem do Arroio Taquarembó com base nas orientações e nos termos do edital.

Este volume contém 110 páginas numeradas sequencialmente.

Porto Alegre, 22 de março de 2022



**Eng. Cleber Floriano**

Diretor Técnico Comercial

CREA: 164.440-D

[cleber@souzafloriano.com](mailto:cleber@souzafloriano.com)

(51) 99300-3237

CONTRATAÇÃO DE ORÇAMENTAÇÃO, DE REVISÃO DE PROJETO EXECUTIVO  
E DE ELABORAÇÃO DOS TERMOS DE REFERÊNCIA CONSTRUTIVO E  
AMBIENTAL DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUEREMBÓ-RS

**VOLUME 1 – RELATÓRIO DE  
INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO  
TÉCNICA DE PROJETOS** 110