PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

ESTUDO DE "DAM BREAK"

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

SETEMBRO DE 2021

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO 1

3 BASE DE DADOS 2

4 LOCALIZAÇÃO 2

5 ASPECTOS GERAIS 4

5.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MACIÇO DA BARRAGEM PASSA CINCO 5

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA A JUSANTE 6

6 PREMISSAS 6

6.1 BASE DE DADOS PARA OS ESTUDOS DE *DAM BREAK* 6

7 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 7

7.1 PLUVIOMETRIA 8

7.2 GEOMORFOLOGIA 8

8 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DAM BREAK 13

8.1 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DO DAM BREAK 13

8.1.1 Ruptura das Barragens em Cascata 13

8.2 HIDROGRAMA DE RUPTURA E PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA 14

8.2.1 Hidrograma de Ruptura 14

8.2.2 Propagação da Onda de Cheia 15

8.2.3 Intervalo de Tempo 15

8.3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA 15

8.3.1 Cálculo da Brecha 15

8.3.2 Modelo Hidráulico 17

9 RESULTADOS E MAPAS 18

9.1 ESTUDO DE HIPÓTESES DE RUPTURA 18
9.1.1 Brecha de Ruptura do maciço 18
9.1.2 Hidrogramas de Ruptura 19
9.1.3 Coeficiente de Resistência ao Escoamento 19
9.2 MAPAS 19
9.2.1 Extensão da Mancha de Inundação 20
9.3 ZONEAMENTO DE RISCO 23
10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 24
11 REFERÊNCIAS 25
ANEXOS 26

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 3

Figura 4.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021). 4

Figura 5.1 – Área de Drenagem da Barragem Passa Cinco. 5

Figura 6.1 – Curvas cota-volume do reservatório da Barragem Passa Cinco. 7

Figura 7.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco. 9

Figura 7.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco. 10

Figura 8.1 – Reservatórios a jusante da Barragem Passa Cinco. 14

Figura 8.1 – Parâmetros de brecha típica (adaptado de Froehlich,2016). 16

Figura 9.1 – Hidrograma de Ruptura –- TR 10.000 anos. 19

Figura 9.2- MDE da área de estudo 21

Figura 9.3- Mapa de Inundação 22

1 INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta os estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA (BARUK) para simulação da ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova localizada no município de Ponte Nova, estado do Minas Gerais.

A estrutura do reservatório denominado "Barragem Passa Cinco", está localizada numa área rural do Município de Ponte Nova. O reservatório é constituído de água potável que é utilizado para cultura/lazer, ou seja, não é utilizado para outros fins.

No estudo que será descrito a seguir, considera-se o pior cenário, com mobilização total do volume de água armazenada.

Para este estudo foi utilizado ainda o levantamento topográfico à jusante do barramento, realizado através de cartas obtidas através do banco de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA.

2 OBJETIVO

O objetivo principal desse estudo refere-se ao mapeamento das áreas possivelmente atingidas pelo rompimento hipotético da Barragem Passa Cinco, assim como a caracterização da onda de escoamento ao longo do talvegue de jusante dessa barragen. Sendo assim, os objetivos específicos consistem em:

• Caracterizar a área de estudo a jusante das estruturas, delimitada pelo limite máximo de escoamento atingido pela mancha de inundação;

• Apresentar os dados, critérios, premissas e metodologias adotadas na elaboração do estudo, em conformidade com as normas técnicas vigentes;

• Dimensionar a formação da brecha no maciço;

• Elaborar o hidrograma de ruptura proveniente da ruptura hipotética da barragem;

• Apresentar por mapas a propagação hidrodinâmica dos hidrogramas defluentes da ruptura hipotética da barragem ao longo da região a jusante, constando de cotas máximas de inundação.

• Delimitar a Zona de Auto salvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária Secundaria (ZSS).

3 BASE DE DADOS

A base de dados disponível influencia diretamente na confiabilidade dos resultados obtidos durante os estudos hidrológicos e hidráulicos, ou seja, quanto mais detalhadas forem as informações sobre as características da área do empreendimento, mais consistentes serão os resultados das simulações realizadas para o cenário proposto. Para este estudo, a base de dados constitui-se de:

• "Levantamento Batimétrico - Lagoa P5.pdf" realizado realizada pela HAC Hidroclimatologia LTDA em janeiro de 2011.

4 LOCALIZAÇÃO

A Barragem de Contenção de Água Passa Cinco está localizada no município de Ponte Nova, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 4.2 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.



Figura 4.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

5 ASPECTOS GERAIS

Conforme apresentado na Figura 5.1, a Barragem encontra-se a sudeste da área afetada e sua bacia de contribuição é correspondente à área de drenagem do próprio reservatório.

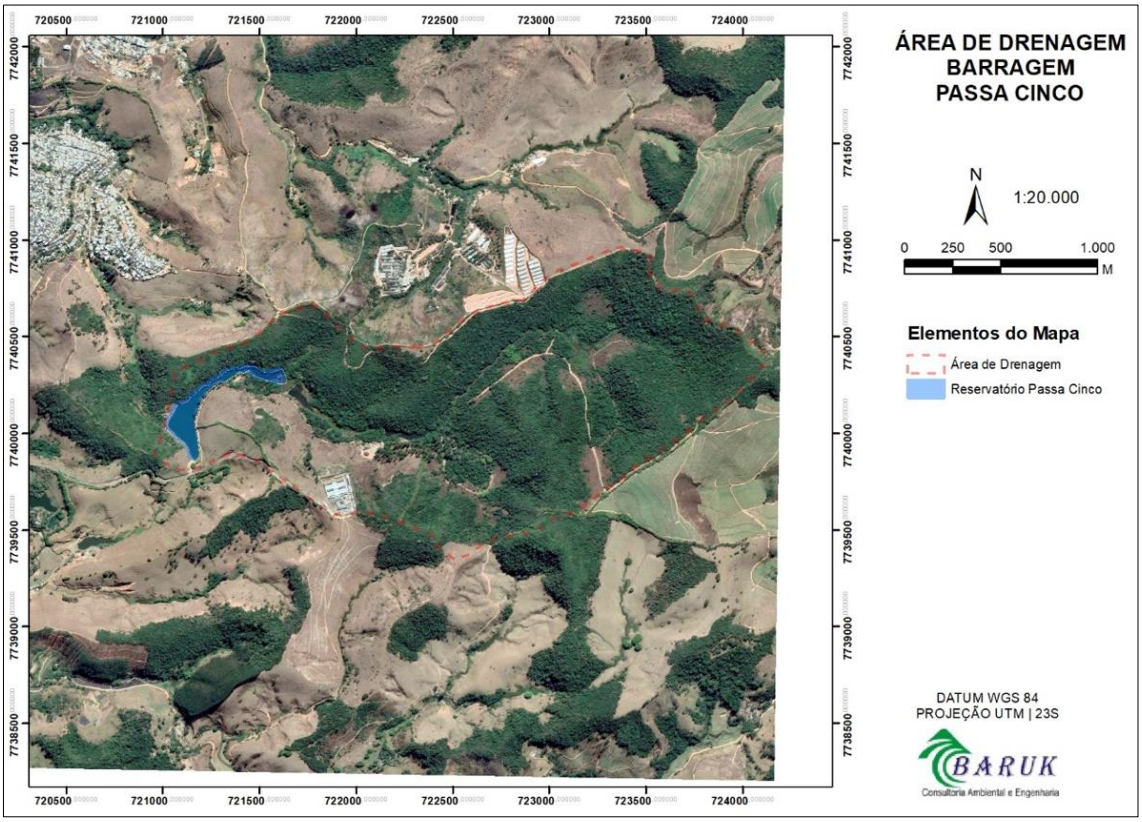


Figura 5.1 – Área de Drenagem da Barragem Passa Cinco.

5.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MACIÇO DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco não possui informação do ano de sua construção nem mesmo o projeto da sua estrutura.

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA A JUSANTE

A área a jusante é formada por área com vegetação nativa, área descaracterizada e mais a jusante há presença de áreas rurais com estradas vicinais e posteriormente a área urbana do município de Ponte Nova – MG.

Quanto à hidrografia a jusante do barramento, considerada como área de impacto, destaca-se os córregos locais. Apesar disso, a região em questão apresenta curvas de nível acentuadas, ocupadas por população rural e posteriormente a população urbana.

6 PREMISSAS

O estudo de Dam Break aqui apresentado será embasado, no que tange a propagação da onda provocada pela ruptura da Barragem Passa Cinco, na condição mais crítica, ou seja, aquela que apresentar maior dano potencial à jusante da barragem, caracterizada pelas maiores profundidades.

Adotou-se como critério de parada a altura no nível d´água inferior a 0,60m, conforme critérios internacionais.

6.1 BASE DE DADOS PARA OS ESTUDOS DE *DAM BREAK*

Serão consideradas para os Estudos de Ruptura hipotética para a Barragem Passa Cinco, as características do barramento e reservatório até a cota de elevação 477,0 m., apresentados de forma resumida na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERÍSTICAS	
Elevação da Crista	479,0 m
Elevação do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima do barramento	9,0 m
Comprimento da Crista	70,0 m
Largura da Crista	9,0 m
Inclinação do talude de montante	1H:1,5V

Os dados referentes a essa estrutura para essa situação foram obtidos conforme levantamentos topográficos elaborado pela BARUK em maio de 2021:

- BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg.

Na Figura 6.1, a seguir, é apresentada a curva cota - volume do reservatório da Barragem Passa Cinco.

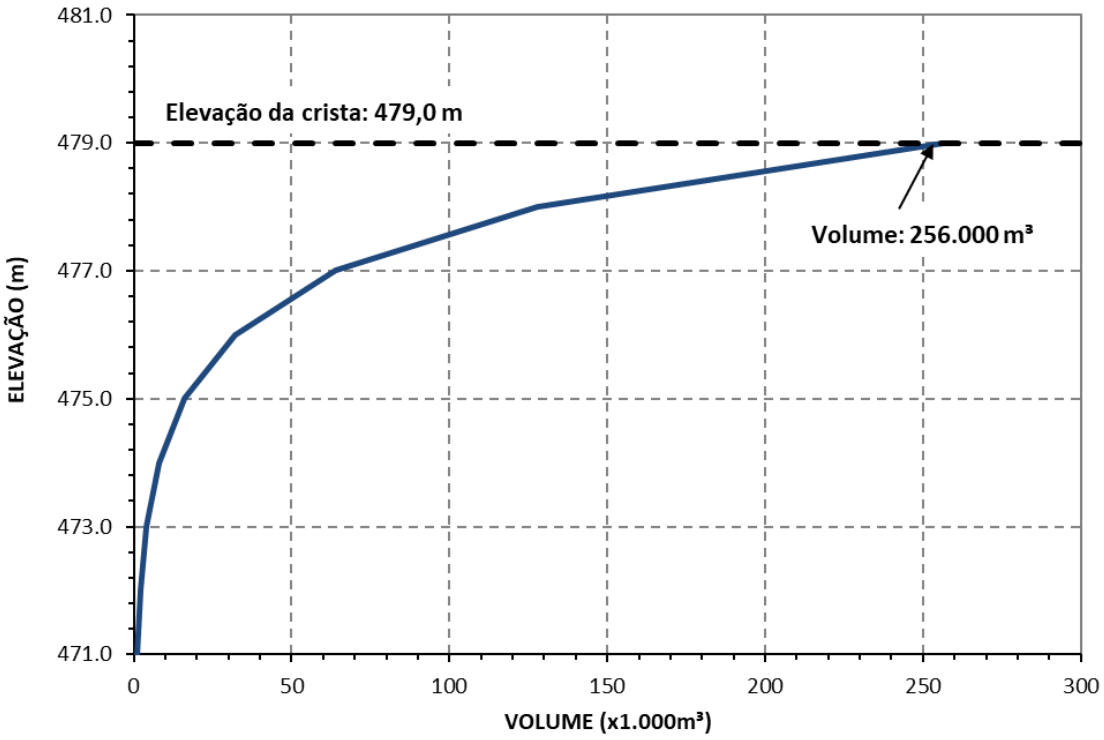


Figura 6.1 – Curvas cota-volume do reservatório da Barragem Passa Cinco.

7 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Neste tópico são abordados os conceitos envolvidos e a metodologia aplicada nas simulações hidrológicas objetivando a caracterização da estrutura em análise e sua respectiva bacia hidrográfica de contribuição.

7.1 PLUVIOMETRIA

Para estabelecer o regime de chuvas na região da Barragem Passa Cinco, foram considerados os dados de monitoramento pluviométrico da Estação Usina Brecha (02043025), disponibilizados no HidroWEB. A Tabela 7.1 apresenta os quantis de chuva calculados a partir dos dados coletados da referida estação.

Tabela 7.1 - Quantis pontuais de chuva – Estação Usina Brecha (02043025)

Duração	Tempo de Retardo (TR – anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
5 min	14.7	18.5	20.9	24.0	26.3	28.6	33.9	36.2	43.7
10 min	26.5	33.2	37.6	43.2	47.4	51.5	61.0	65.1	78.7
15 min	36.1	45.2	51.2	58.8	64.5	70.1	83.1	88.6	107.1
20 min	44.0	55.1	62.5	71.8	78.6	85.5	101.3	108.1	130.6
30 min	56.2	70.4	79.8	91.7	100.5	109.2	129.4	138.1	166.9
1 h	77.0	96.4	109.3	125.6	137.6	149.6	177.2	189.1	228.6
2 h	92.3	115.6	131.0	150.5	165.0	179.3	212.4	226.7	274.0
4 h	99.1	124.1	140.7	161.6	177.1	192.5	228.1	243.4	294.2
6 h	99.6	124.7	141.3	162.3	177.9	193.4	229.1	244.5	295.5
8 h	98.7	123.6	140.0	160.9	176.3	191.6	227.1	242.3	292.9
10 h	97.5	122.0	138.3	158.9	174.2	189.3	224.3	239.3	289.3
12 h	96.2	120.5	136.5	156.9	171.9	186.9	221.4	236.3	285.6
14 h	95.0	119.0	134.8	154.9	169.8	184.5	218.6	233.3	282.0
18 h	92.8	116.2	131.7	151.3	165.8	180.2	213.6	227.9	275.5
24 h	90.0	112.7	127.8	146.8	160.9	174.9	207.2	221.1	267.2

7.2 GEOMORFOLOGIA

Para definição das características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem Passa Cinco foram utilizadas imagens de satélite disponibilizadas pelo banco de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA.

A Figura 7.1 apresenta a imagem do modelo digital de terreno da Barragem Passa Cinco e na Figura 7.2 o mapa de uso e ocupação do solo na área das bacias de contribuição da estrutura.

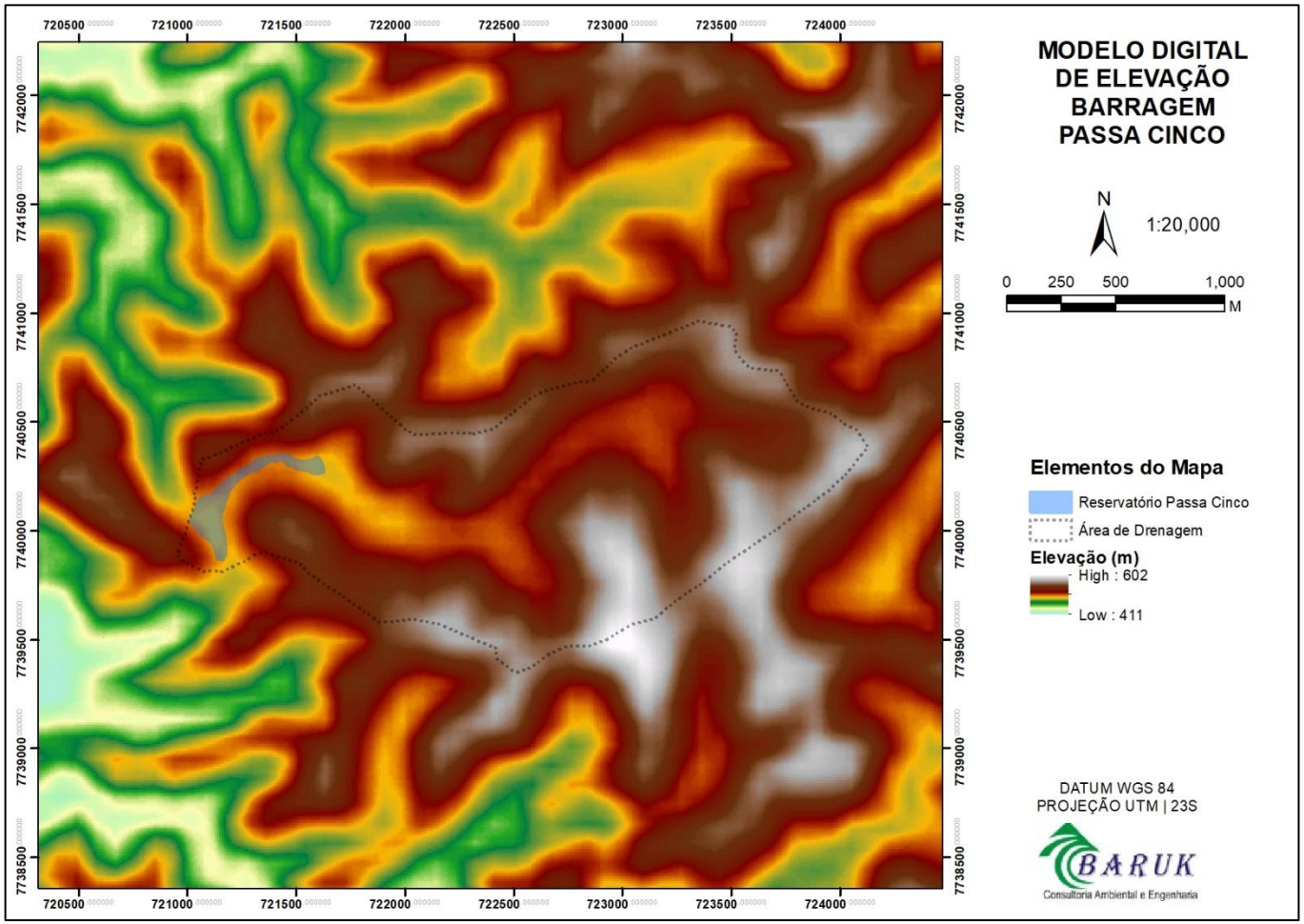


Figura 7.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.

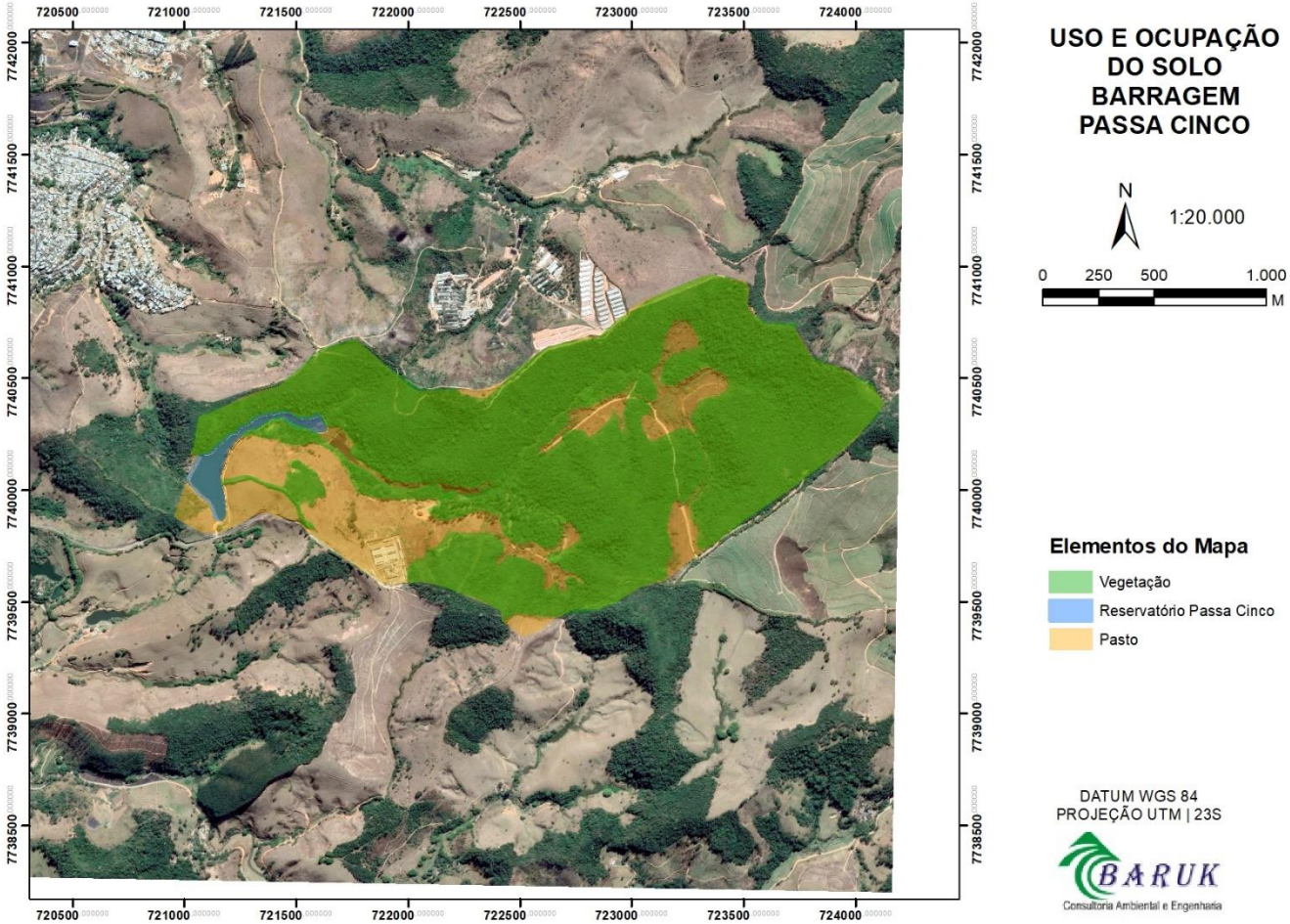


Figura 7.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.

As características geomorfológicas definidas foram utilizadas para a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS (Soil Conservation Service), definidos como:

• Tempo de concentração (tc): o tempo de concentração foi definido pela Fórmula empírica de Kirpich.

$$t_C = 0{,}39 \cdot \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0{,}385}$$ Equação 7.1

Onde:

Tc: tempo de concentração (horas)

L: comprimento axial (km);

S_e: declividade média em (%).

A Tabela 7.2 apresenta os parâmetros de definição e o tempo de concentração.

Tabela 7.2 - Tempo de concentração da bacia de contribuição - Barragem Passa Cinco

Tempo de Concentração		
Comprimento (m)	**Declividade média (m/m)**	**t_c (min)**
3.536	0,0288	41,18

• CN ponderado: denota o Número da Curva o Índice do método SCS-CN, para a geração dos hietogramas efetivos a partir da precipitação total. Depende do uso e ocupação do solo na área da bacia e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II), considerando a capacidade de infiltração do solo tipo C, por se tratar de uma aproximação dos tipos de uso do solo presentes na bacia.

• Tabela 7.3 apresenta os parâmetros utilizados para a definição do CN.

Tabela 7.3 - Parâmetros utilizados no cálculo do CN ponderado

Uso e ocupação do solo	Condição de umidade antecedente do solo	Tipo de Solo	CN	Barragem Passa Cinco	
				Área (km²)	Área (%)
Florestas Densas	II	C	73	2,067	74,88%
Pasto sem cura de nível	II	C	74	0,643	23,29%
Região de lago	II	C	100	0,050	1,83%
CN ponderado	**II**	**C**	**73,73**	**2,760**	**100**

• Lagtime: refere-se ao tempo de retardo, estimado em (3/5) do valor de tc por recomendação da metodologia SCS-CN para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa de um hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente. Os dados utilizados nesse estudo referentes ao lag-time são apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Estimativa de lag-time - Barragem Passa Cinco

Lag-time		
L (m)	**t_c (min)**	**lag-time (min)**
3.536	41,18	24,71

• Abstrações Iniciais (Ia): o valor é obtido através de uma relação com o valor de CN e representa aproximadamente 20% da capacidade máxima de infiltração da água no solo. Corresponde, portanto, à precipitação antecedente ao escoamento superficial, sendo descrita pela Equação 7.2 (TUCCI, 2015, página 417).

$$I_a = 0{,}2 \cdot \left(\frac{25.400}{CN} - 254 \right)$$ Equação 7.2

I_a = abstrações iniciais (mm);

CN = denota o número da curva.

Tabela 7.5 - Estimativa de abstrações iniciais

Abstrações iniciais		
Área (km²)	**CN**	**I_a (mm)**
2,76	74	17,85

8 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DAM BREAK

Para a modelagem hidrológica da ruptura do barramento da Barragem Passa Cinco foram utilizados os softwares HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versão 4.8 e o software HEC-RAS (River Analysis System), versão 6.0, ambos elaborados pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers (USACE).

8.1 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DO DAM BREAK

Para a avaliação dos efeitos da onda de cheia formada pela ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco, foi considerada a ruptura hipotética, associada a um evento de precipitação com TR = 10.000 anos.

A definição da hipótese de ruptura a ser adotada refere-se a cheia associada a uma chuva com TR 10.000 anos pelo reservatório. Caso ocorra o galgamento, a mesma é avaliada por essa hipótese, em caso negativo é realizado o estudo de rompimento pela hipótese de ocorrência de piping no maciço.

8.1.1 RUPTURA DAS BARRAGENS EM CASCATA

Uma das hipóteses analisadas nesse estudo é a ruptura de barragens em cascata no córrego Passa Cinco. Neste caso, a ruptura de uma barragem a montante (por Piping ou por overtopping) pode produzir as rupturas sucessivas das barragens situadas a jusante, por galgamento, se elas não tiverem condições de verter a totalidade do hidrograma. Na Figura 8.1 são apresentadas as barragens a montante da barragem Passa Cinco (barragem 1 da figura).

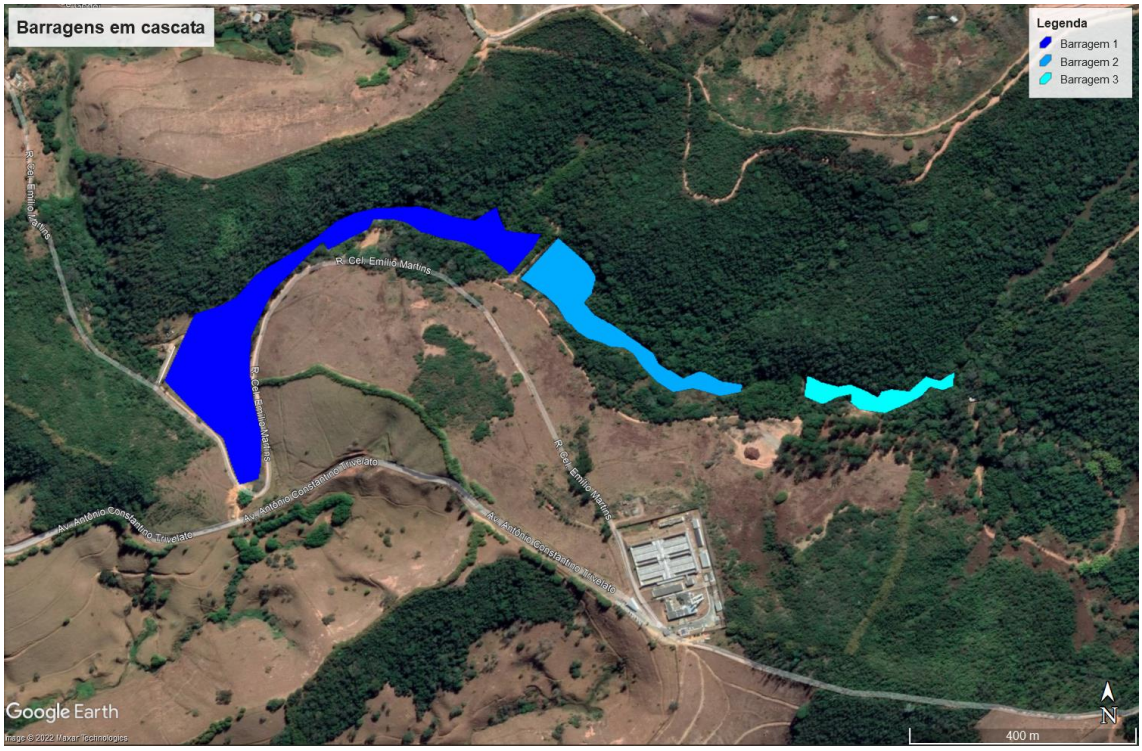


Figura 8.1 – Reservatórios a jusante da Barragem Passa Cinco.

Após realização do estudo de possibilidade do rompimento em cascata da barragem de Passa Cinco, no caso do rompimento das duas barragens, em ambos os casos não ocorre galgamento da Barragem Passa Cinco, portanto, não há ruptura em cascata dessa barragem.

8.2 HIDROGRAMA DE RUPTURA E PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA

8.2.1 HIDROGRAMA DE RUPTURA

Para a elaboração do hidrograma de ruptura da estrutura foi utilizado o software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versão 4.8, conforme sua respectiva metodologia especifica. Partindo-se do modelo hidrológico já elaborado, sem considerações de ruptura, são então realizadas as seguintes etapas:

• Estimativa dos parâmetros das brechas: Análise de sensibilidade dos resultados obtidos a partir da aplicação das equações de previsão apresentadas por Froehlich (2016);

• Modelagem do desenvolvimento das brechas de ruptura, conforme Módulo Dam Break inserido no software HEC-HMS.

8.2.2 PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA

A propagação da onda de ruptura foi realizada a partir da utilização do software HEC-RAS 6.0, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers). O modelo hidrodinâmico criado foi do tipo bidimensional (2D), simulando o escoamento de fluidos newtonianos (água).

8.2.3 INTERVALO DE TEMPO

A definição do intervalo de tempo de uma simulação determina a acurácia do resultado, estabilidade e seu tempo de duração. Para definir o intervalo que atenda a simulação, aplica-se a condição de Courant. Esta condição consiste em uma relação entre a distância, velocidade e o intervalo aplicado, onde se o resultado for ≤ 1 o intervalo escolhido atende a condição. Assim, foi adotado o intervalo computacional de 1 segundos baseado nesta condição.

8.3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

8.3.1 CÁLCULO DA BRECHA

De acordo com Froehlich (1995), na ocorrência de uma ruptura de barragem de terra, a forma final mais frequente das brechas resultantes da ocorrência de *piping* ou galgamento é a trapezoidal. Chauhan *et al.* (2004) ressaltam que o tamanho e o tempo de formação da brecha dependem da forma e do tipo de barragem, da topografia do local de implantação, das características de fundação, das propriedades do material de construção utilizado na obra, da carga existente no reservatório e do volume armazenado no momento

da ruptura, o que explica as dificuldades de previsão da forma e das dimensões da brecha no decorrer da ruptura.

Neste estudo, utilizaremos o modelo paramétrico proposto por Froehlich (2016) durante estudo de geometria de brechas baseado na análise de 111 casos históricos de ruptura de barragem. A Figura 8.2, a seguir, apresenta os principais parâmetros envolvidos na definição da formação da brecha.

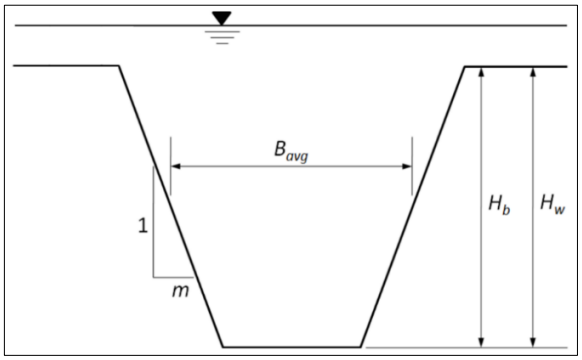


Figura 8.2 – Parâmetros de brecha típica (adaptado de Froehlich,2016).

A metodologia considera como a altura de formação de brecha, a diferença entre a elevação da crista da barragem e o ponto de menor elevação correspondente ao ponto inferior no paramento de jusante do barramento.

A definição da largura e do tempo de formação da brecha foi feita utilizando-se a equação de Froehlich (2016), conforme mostrado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 – Equação de brecha adotada

REFERÊNCIA	PARÂMETROS DA BRECHA		
	Largura média da brecha B_{avg} (m)	Inclinação do talude lateral – *m* (m/m)	Tempo de formação da brecha - t_f(s)
Froehlich (2016)	$0{,}27 k_o V_w^{1/3}$	1,0 – Overtopping / 0,7 - Piping	$60{,}0 \times (V_w/gHb^2)^{1/2}$

Os parâmetros apresentados acima referem-se a:

m Coeficiente de declividade lateral (1,0 para galgamento; 0,7 para piping);

k_o Fator de modo de falha (1,5 para galgamento; 1,0 para piping);

V_w Volume do reservatório no momento da ruptura (m^3);

g Gravidade (m/s^2);

H_b Altura da brecha (m);

H_w Altura da lâmina de água no momento da ruptura (m).

B_{avg} Largura média da brecha (m);

H_w Altura da lâmina de água no momento da ruptura (m).

8.3.2 MODELO HIDRÁULICO

Para a modelagem hidráulica de simulação da propagação da onda de ruptura foi utilizado o modelo desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers (USACE, 2010) para a simulação do escoamento em regimes não-permanentes.

A delimitação da área 2D utilizada no modelo hidráulico foi realizada no terreno de maneira a representarem o fluxo da onda de cheia proveniente da ruptura hipotética. O tamanho da área foi ajustado segundo a abrangência da área molhada, que por sua vez condiciona-se à geomorfologia da região.

A condição de contorno de montante foi definida pelas ordenadas do hidrograma efluente do modelo paramétrico de brecha, representando o hidrograma de ruptura da barragem. Na extremidade de jusante, assumiu-se a condição de contorno referente à profundidade normal de escoamento.

9 RESULTADOS E MAPAS

9.1 ESTUDO DE HIPÓTESES DE RUPTURA

Para a análise de ruptura hipotética considerou-se a ocorrência de uma vazão afluente à estrutura superior à sua capacidade de extravasamento, e consequente uma elevação do nível da água no reservatório superior a crista do maciço, levando ao seu galgamento, que pode assim culminar na formação da brecha e colapso da estrutura.

Esta alternativa foi considerada visto que o sistema de extravasor da estrutura não apresenta capacidade de conduzir a vazão efluente resultante de um evento pluviométrico intenso associado ao período de retorno de 10.000 anos.

9.1.1 BRECHA DE RUPTURA DO MACIÇO

A Tabela 9.1 apresenta os parâmetros de formação de brecha para o maciço da Barragem Passa Cinco, obtidos conforme Froehlich (2016).

Tabela 9.1 – Parâmetros para o modo de falha por Overtopping - TR 10.000 anos

PARÂMETROS	BARRAGEM PASSA CINCO
Elevação mínima da crista (m):	479
Elevação soleira do extravasor (m):	477
Elevação da fundação no eixo da barragem (m):	470
Altura aproximada da barragem (m):	9,0
Volume aproximado acumulado (m^3):	156.930
Fator de modo de falha - Ko:	1,3
Inclinação lateral (Z):	1,0
Tempo de Formação da Brecha (h):	0,246
Largura média da brecha (m):	17,60
Largura mínima da brecha (m):	8,60
Modo de falha:	*Overtopping*

9.1.2 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

De posse do volume a serem propagados construiu-se então o hidrograma referente a esse volume conforme Figura 9.1. É mostrado o hidrograma de chegada de vazões afluente ao reservatório, ocasionado pelo rompimento da estrutura analisada.

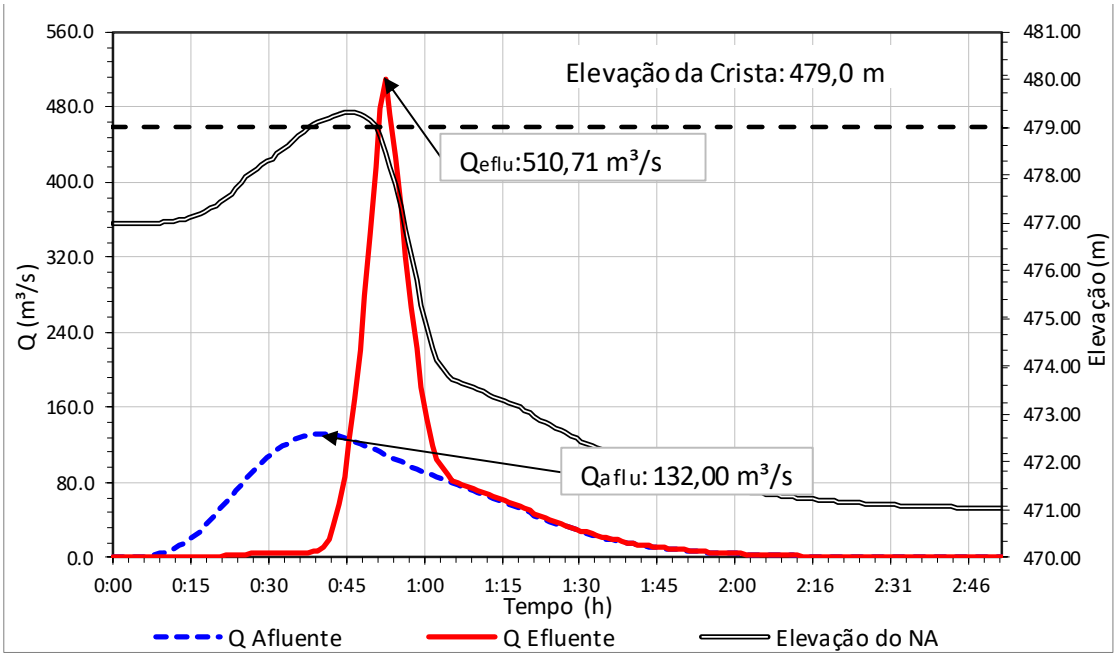


Figura 9.1 – Hidrograma de Ruptura –- TR 10.000 anos.

9.1.3 COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA AO ESCOAMENTO

A resistência ao escoamento, representada pela rugosidade da superfície do terreno é incorporada no modelo matemático por meio da definição do coeficiente de rugosidade de Manning. Para a simulação adotou-se o valor de 0,06.

9.2 MAPAS

O mapeamento dos resultados obtidos pela propagação da onda de cheia a jusante da estrutura, são apresentados para limites da mancha de inundação e profundidades.

9.2.1 EXTENSÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO

O primeiro mapa desenvolvido para o estudo de *Dam Break* da estrutura foi o mapa geral de inundação, buscando o ponto máximo de chegada da onda de inundação causada pelo rompimento dessa estrutura.

O MDE (modelo digital de elevação) definido a partir do aerolevantamento (SRTM - TOPODATA) é mostrada na Figura 9.2 a seguir.

A análise da propagação do hidrograma foi realizada através do monitoramento realizado por seções de controle inseridas no modelo hidráulico ao longo do talvegue. O objetivo é verificar ao longo dessas seções o ponto da fronteira de jusante do modelo hidrodinâmico.

Na Figura 9.3 é apresentada a mancha de inundação gerada pela simulação de ruptura hipotética do barramento do mesmo. A onda gerada pela ruptura do maciço, percorre cerca de 2824 m pelo vale a jusante da barragem.

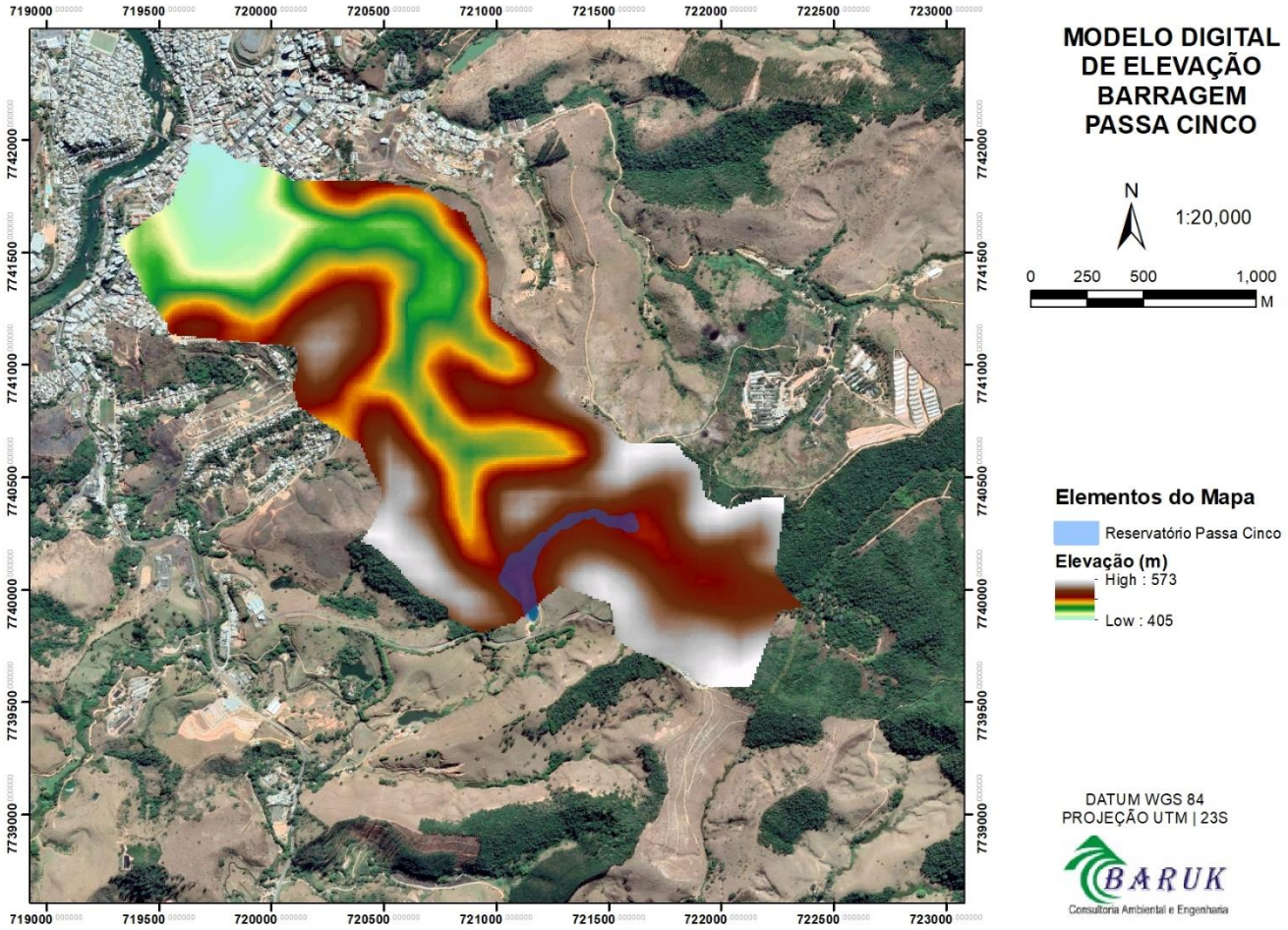


Figura 9.2- MDE da área de estudo

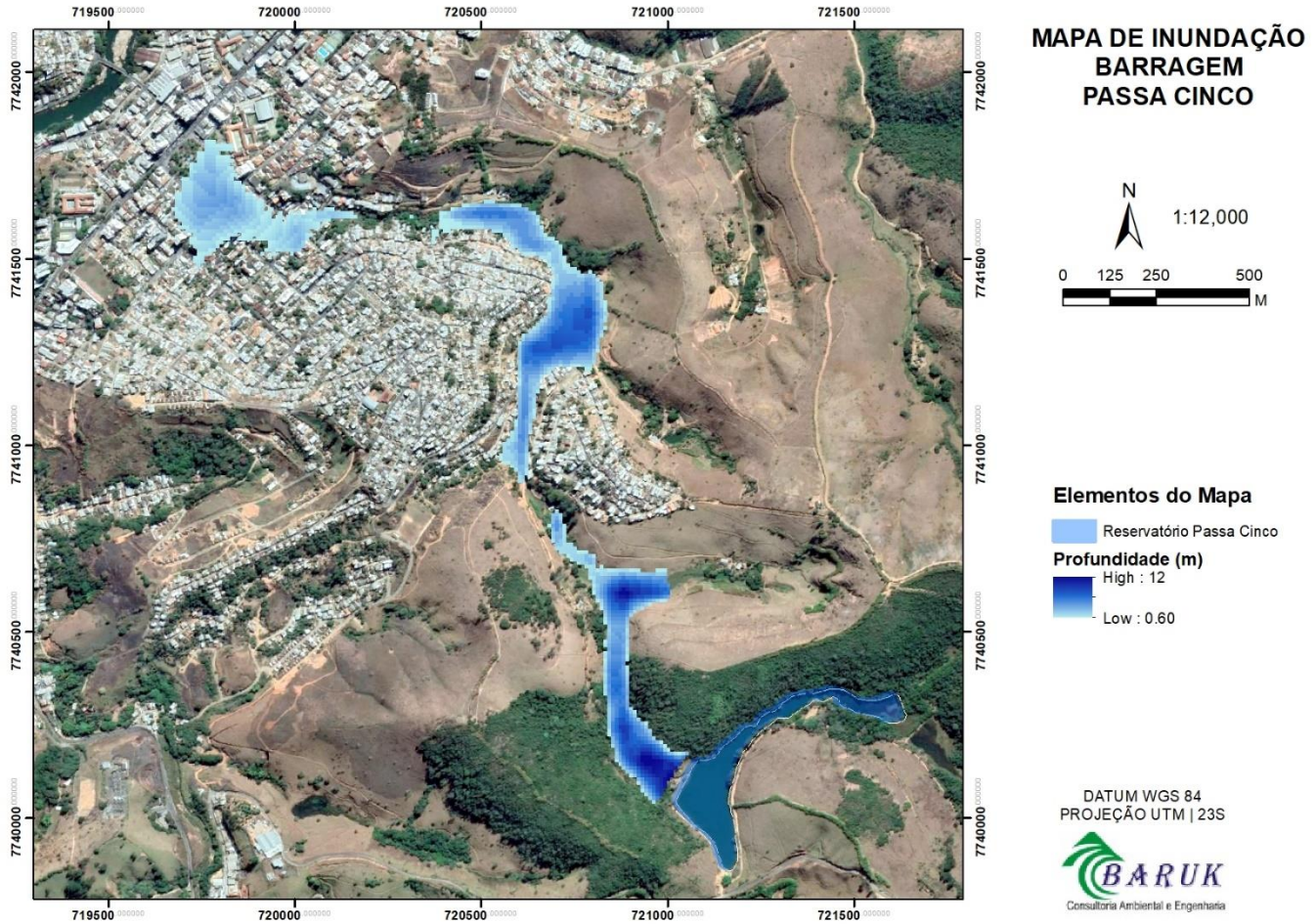


Figura 9.3- Mapa de Inundação

9.3 ZONEAMENTO DE RISCO

Os mapas a seguir são complementados com o zoneamento de risco, que prioriza as zonas de evacuação e intervenção da Prefeitura Municipal de Ponte Nova e proteção civil de acordo com os riscos provocados pela cheia induzida na área de inundação.

O zoneamento de risco é realizado com base na distância de chegada da frente de onda de ruptura. Desta forma, consideraram-se as seguintes:

- Zona de Autossalvamento - ZAS: distância referente a 30 min ou 10 km, o que for maior. Corresponde à área em que se considera não existir tempo para alertar as autoridades de governo e o aviso da população deve ser desencadeado pela Prefeitura de Ponte Nova a partir da barragem;
- Zona de Segurança Secundária – ZSS: região constante do mapa de inundação, não definida como ZAS.

Para o caso do vale à jusante da Barragem Passa Cinco, a Zona de Autossalvamento (ZAS), que inclui a área de inundação localizada entre a barragem e a seção do vale com tempo de chegada de onda menor que 30 minutos encontrada ficou bastante reduzida, menor que 1 Km. Assim, essa área (ZAS) foi redefinida que toda a mancha será a ZAS.

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos foram desenvolvidos com o objetivo de mapear as áreas possivelmente afetadas na eventual ruptura da Barragem Passa Cinco.

De acordo com as análises realizadas, foi adotada a hipótese de galgamento como ruptura da referida estrutura, considerando um para um evento pluviométrico intenso associada ao TR de 10.000 anos

Os resultados numéricos devem ser interpretados com discernimento, levando em consideração as premissas adotadas, referentes a hipótese de ruptura, modelos paramétricos e base topográfica utilizada.

Estudos de ruptura de barragens são sujeitos a incertezas de vários tipos, sendo as principais associadas aos mecanismos de ruptura, à formação e evolução da brecha e à forma do hidrograma de ruptura.

Além disso, quando se trata de simular a propagação da onda de cheia, agregam-se incertezas e dificuldades relacionadas à modelagem hidráulica, relacionadas a grande variância da morfologia da bacia e das próprias formulações matemáticas envolvidas.

Na ocorrência de uma eventual falha do maciço da Barragem Passa Cinco, a onda proveniente da ruptura poderia ocasionar diversos danos a jusante, como por exemplo:

- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água;
- Assoreamento dos cursos de água;
- Destruição da fauna e flora, o que acarreta diversos problemas relacionados e vida vegetal e animal do local;
- Possíveis interrupções e/ou danos em rodovias e acessos locais;

Finalmente, o presente estudo buscou utilizar metodologias vigentes no intuito de apresentar, baseado em hipóteses, os possíveis impactos causados pela mancha de inundação em um eventual caso de ruptura da Barragem Passa Cinco.

_____

D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

11 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.028: Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeito, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro, outubro de 2006;

CHAUHAN SS, BOWLES DS, ANDERSON LR. Do current breach parameter estimation techniques provide reasonable estimates for use in breach modeling? *Dam Safety 2004, Proceedings ASDSO 2004 Annual Conference*. 26–30, setembro/2004. Phoenix (CD-Rom). Association of State Dam Safety Officials, Lexington. 2004.

CHOW, V.T. *Open-channel hydraulics*: New York, McGraw-Hill, 680 p, 1959.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria Nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração;

FROEHLICH, D. C. Peak Outflow from Breached Embankment Dam. *Journal of Water Resources Planning and Management.* 1995.

FROEHLICH, D. C. Empirical Model of Embankment Dam Breaching. International Conference on Fluvial Hydraulics, 2016 River Flow. 2016.

PINHEIRO; M. C. Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração. ABRH. Porto Alegre, 2011. 308 p.

PORTO; R. de M. Hidráulica Básica. Publicação EESC – USP São Carlos. São Paulo, 2006. 540 p.

RICO, M.; BENITO, G.; DÍEZ-HERRERO, Floods from tailings dam failures. Journal of Hazardous Materials, v. 154, p. 79-87, 2008.

USACE - U.S. Army Corps of Engineers. HEC-HMS – Hydrologic Modeling System – User's Manual. Version 4.2. August 2016.

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

PAE – BARRAGEM PASSA CINCO

Empreendedor: Prefeitura Municipal de Ponte Nova
Endereço: Avenida Caetano Marinho n° 306, Centro,
Ponte Nova, MG – Brasil - Cep: 35.430-001
Telefone: (31) 3891-5454

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO 1

3 SEÇÃO I – INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE ÁGUA PASSA CINCO 2

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO 2

3.2 FICHA TÉCNICA 4

4 SEÇÃO II – PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 5

4.1 PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS 5

4.2 PROCEDIMENTOS CORRETIVOS 6

5 SEÇÃO III – DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 8

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA 8

5.1.1 Nível 1 – detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de estado de conservação de acordo com o anexo i da resolução cnrh n°143 8

5.1.2 Nível 2 – situação das anomalias detectadas no nível 1, quando "não extinto" ou em evolução 9

5.1.3 Nível 3 – situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo 9

5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA 9

5.3 AÇÕES ESPERADAS E FLUXOS DE NOTIFICAÇÃO 10

6 SEÇÃO IV – FLUXOGRAMA E PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO EMERGENCIAL 12

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 12

6.1.1 grupo de ações coordenadas – grac 14

6.2 FASE DE PLANEJAMENTO, PREPARAÇÃO E PREVENÇÃO – FASE 1 17

6.3 FASE DE RESPOSTA – FASE 2 18

6.4 FASE DE RECONSTRUÇÃO – FASE 3 20

6.5 FLUXOGRAMA DE DESENCADEAMENTO DE AÇÕES 24

7 SEÇÃO V – RESPONSABILIDADE GERAIS NO PAE 25

7.1 RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR 25

7.2 RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE 26

7.3 RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM 27

7.4 ATRIBUIÇÕES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS 27

8 SEÇÃO VI – RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO 34

8.1 ZONA DE AUTO-SALVAMENTO 34

8.2 DELIMITAÇÃO DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO 35

8.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE ATINGIDAS PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO 35

9 AUDITORIAS 36

10 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 37

ANEXOS 38

ANEXO A – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART 38

ANEXO B – ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA – MAPA DE INUNDAÇÃO – RUPTURA DA BARRAGEM PASSA CINCO (BARUK) 39

APÊNDICES 40

APÊNDICE A - FICHAS DE EMERGÊNCIA 40

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO..... 84

APÊNDICE C – PLANO DE TREINAMENTO..... 85

APÊNDICE D – MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS..... 87

APÊNDICE E – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA..... 88

APÊNDICE F – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA..... 89

APÊNDICE G – FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO..... 89

APÊNDICE H – FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ATUALIZAÇÃO DO PAE 90

APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS AUTOTRIDADES PÚBLICAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE E OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS..... 91

APÊNDICE J – RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA..... 92

APÊNDICE K – LISTA DE CONTATOS..... 98

APÊNDICE L – CRONOGRAMA..... 99

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 3

Figura 3.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021). 4

Figura 5.1 - Fluxograma de notificação por nível de segurança risco. 12

Figura 6.1 - Desencadeamento de ações de gestão do PAE – Fases 1,2 e 3..... 24

1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o relatório do Plano de Ações Emergenciais (PAE) da Barragem Passa Cinco, localizada no município de Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais.

Os estudos do Plano de Ações Emergenciais são complementados pelo estudo de ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco (Dam Break), desenvolvido pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA ver documento no ANEXO A.

Dessa forma, em atendimento aos quesitos da Lei 12.334/2010 e seus respectivos instrumentos, o PAE corresponde a uma ferramenta de auxílio à gestão de risco e segurança da barragem e deve ser aplicado independentemente da condição de estabilidade do maciço.

O PAE, elaborado pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA, apresenta as ações emergenciais requeridas para os efeitos decorrentes de situações adversas que afetem a segurança da Barragem Passa Cinco e possam causar danos à sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente.

2 OBJETIVO

O principal objetivo do PAE é o de evitar (quando possível) e mitigar os danos provocados por uma eventual ruptura da barragem.

Para tanto, o PAE estabelece uma organização prévia para que as ações emergenciais sejam adequadas e prontamente acionadas em caso de ocorrências de situações de emergência.

O PAE é um documento formal, no qual são identificadas as condições de emergência que possam colocar em risco a integridade da barragem e que requerem ações imediatas. Nele são estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e são definidos os agentes a serem notificados de tais ocorrências, com o objetivo de minimizar

danos às propriedades, ao meio ambiente e comunidades à jusante, assim como perdas de vida.

Por meio da implantação do PAE, a equipe da Prefeitura Municipal de Ponte Nova conquistará condições de identificar situações adversas que exponham a Barragem Passa Cinco aos riscos de falha estabelecendo meios para:

• Identificação e análise das possíveis situações de emergência;

• Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;

• Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;

• Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência;

• Mediante apoio de organizações e instituições presentes na região, com destaque para aquelas do município de Ponte Nova, promover o desencadeamento de ações de evacuação, de prestação de socorro e assistência às populações afetadas, proteção de propriedades e a busca pela minimização dos impactos ambientais.

3 SEÇÃO I – INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE ÁGUA PASSA CINCO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem de Contenção de Água Passa Cinco está localizada no município de Ponte Nova, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.2 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.



Figura 3.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

3.2 FICHA TÉCNICA

A Barragem Passa Cinco não possui informação do ano de sua construção nem mesmo o projeto da sua estrutura.

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

O sistema extravasor não se tem o conhecimento sobre seu dimensionamento, deste modo o mesmo deve ser redimensionado para o atendimento a ABNT NBR 13.028(2017).

A instrumentação é inexistente na estrutura, ou seja, deverá ser realizado o estudo de adequação para a proposição de instrumentos para o monitoramento da barragem.

A Tabela 3.1 apresenta as características técnicas do projeto e construção da Barragem Passa Cinco.

Tabela 3.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Finalidade	Contenção de água
Cota Atual da Crista	479,0 m
Cota Atual do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima Atual	9,0 m
Comprimento Atual da Crista	70,0 m
Elevação do Reservatório	476,0 m
Volume do Reservatório	156.930 m³
Tipo de Seção	Homogênea
Drenagem Interna	Inexistente
Instrumentação	Inexistente
HIDROLOGIA / HIDRÁULICA	
Área da Bacia	2,76 km²
Tempo de Concentração	41,18 min
Precipitação de Projeto	234,40 mm
NA Máximo Operacional	478,0 m
NA Máximo Maximorum	478,5 m
ESTRUTURA VERTENTES	
Vertedouro	Extravasor operacional do tipo soleira livre

4 SEÇÃO II – PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS

Considerando a análise visual da Barragem Passa Cinco e o contínuo monitoramento a ser executado pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, em conformidade com rigorosos critérios de engenharia, é razoável concluir que o maciço da barragem, mesmo que apresente falhas, não irá romper de forma inesperada. Todavia, é necessário o acompanhamento do comportamento da estrutura para verificação de indícios de problemas e apontamentos para providências técnicas a serem tomadas.

Desta forma, o próprio Manual de Operação da barragem deverá fornecer subsídios para a realização de trabalhos preventivos, tendo como objetivo a avaliação e a redução dos riscos estruturais, operacionais e ambientais, com destaque para:

- Vistoria e fiscalização do barramento e do sistema extravasor e de drenagem;
- Manutenção preventiva do barramento e do sistema extravasor e de drenagem;

• Monitoramento das estabilidades do maciço da barragem;

• Monitoramento dos níveis e geometria de assoreamento da barragem (batimetria);

• Monitoramento pluviométrico;

• Monitoramento do volume mínimo para laminação de cheia do reservatório.

Estas ações são de responsabilidade da própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova, que disponibilizará as informações sempre que solicitada.

Importa ressaltar que o próprio Plano de Segurança da Barragem, com todos os seus procedimentos e informações constitui a principal ferramenta de prevenção de falhas na estrutura.

4.2 PROCEDIMENTOS CORRETIVOS

Em consonância com os seus objetivos, o PAE deve prever ações corretivas com o intuito de evitar a ruptura do maciço quando identificadas situações adversas.

Estas situações de emergência podem ser caracterizadas a partir de anomalias identificadas na estrutura da barragem, especificamente, nos taludes de montante, taludes de jusante, crista, infiltrações e fugas de água na barragem e vertedouro e que podem, eventualmente, contribuir para um rompimento.

Desta forma, foram elaboradas Fichas de Emergência para cada uma destas anomalias, tendo como base o Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem elaborado pelo Ministério da Integração Nacional, em 2010.

Ainda que tenha sido elencado um considerável número de anomalias, é possível que a estrutura da barragem esteja sujeita a alguma situação de emergência não prevista na lista da Tabela 4.1. Nesses casos, o responsável pela barragem, ou o coordenador do PAE deverá ser notificado para que a situação seja prontamente classificada e controlada.

Estas fichas são apresentadas no APÊNDICE A, conforme sintetizado na Tabela 4.1, a seguir.

Tabela 4.1 - Relação das fichas de emergência e respectivas anomalias.

ESTRUTURA	ANOMALIAS	FICHA DE EMERGÊNCIA
Talude de montante	Sumidouros	FETM - 01
	Rachaduras grandes	FETM - 02
	Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos	FETM - 03
	Taludes íngremes e bancadas de escavação	FETM - 04
	Rachaduras devido ao ressecamento	FETM - 05
Talude de jusante	Deslizamento / encharcamento	FETJ - 01
	Rachaduras transversais	FETJ - 02
	Desabamento/colapso	FETJ - 03
	Rachaduras longitudinais	FETJ - 04
	Afundamentos localizados	FETJ - 05
	Erosão	FETJ - 06
	Árvores/arbustos	FETJ - 07
	Atividades de animais e insetos	FETJ - 08
	Tráfego de animais e gado	FETJ - 09
Crista	Rachadura longitudinal	FEC - 01
	Deslocamento vertical	FEC - 02
	Desabamentos na crista	FEC - 03
	Rachaduras transversais	FEC - 04
	Crista desalinhada	FEC -05
	Depressões	FEC - 06
	Vegetação excessiva	FEC - 07
	Buracos de animais e insetos	FEC - 08
	Erosões	FEC - 09
	Rachaduras devido ao ressecamento	FEC -10
	Trilhas	FEC -11
Infiltrações de fugas de água na barragem	Mudança acentuada na vegetação	FEI - 01
	Grande área molhada ou produzindo fluxo	FEI - 02
	Área molhada e uma faixa horizontal	FEI - 03
	Fuga de água localizada na parte alta do talude	FEI - 04
	Fuga de água localizada	FEI - 05
	Fuga de água barrenta	FEI - 06
	Fuga de água através de rachaduras próximas à crista	FEI - 07
	Vazamento vindo das ombreiras	FEI - 08
	Fluxo borbulhando a jusante da barragem	FEI - 09
Vertedouro	Vegetação excessiva ou detritos no reservatório ou próximo ao extravasor	FEV - 01
	Canais erodidos	FEV - 02
	Descalçamento por erosão no final do vertedouro	FEV - 03
	Parede deslocada	FEV - 04

ESTRUTURA	ANOMALIAS	FICHA DE EMERGÊNCIA
	Rachaduras grandes	FEV - 05
	Juntas abertas ou deslocadas	FEV - 06
	Deteriorização da estrutura de concreto	FEV - 07
	Vazamento dentro e ao redor do vertedouro	FEV - 08
	Infiltração através de uma junta de construção ou rachadura de concreto	FEV - 09

5 SEÇÃO III – DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

Os níveis de segurança e risco foram definidos considerando o desenvolvimento do evento de ruptura, sendo:

• Nível 1 - Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143;

• Nível 2 - Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando "não extinto" ou em evolução;

• Nível 3 - Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo.

5.1.1 NÍVEL 1 – DETECÇÃO DE ANOMALIAS QUE RESULTE NA PONTUAÇÃO MÁXIMA DE 08 (OITO) PONTOS REFERENTE AO QUADRO DE ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE ACORDO COM O ANEXO I DA RESOLUÇÃO CNRH N°143

O Nível 1 caracteriza-se por:

• Situação adversa, ainda controlável pelo empreendedor;

• Afeta a estrutura da barragem, porém de maneira remediável;

• Acionar a inspeção especial, estado de prontidão da barragem;

• Fluxo de notificação interno.

5.1.2 NÍVEL 2 – SITUAÇÃO DAS ANOMALIAS DETECTADAS NO NÍVEL 1, QUANDO "NÃO EXTINTO" OU EM EVOLUÇÃO

O Nível 2 caracteriza-se por:

• Situação adversa não extinta ou não controlada;

• Afeta a estrutura da barragem;

• Estado de alerta na barragem;

• Fluxo de notificação externo.

5.1.3 NÍVEL 3 – SITUAÇÃO POTENCIAL DE RUPTURA IMINENTE OU ESTÁ OCORRENDO

O Nível 3 caracteriza-se por:

• Situação adversa fora de controle pelo empreendedor;

• Afeta a estrutura da barragem de maneira severa e irreversível;

• Acidente inevitável;

• Estrutura em colapso;

• Estado de emergência na zona de auto salvamento;

• Fluxo de notificação externo.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Após detectada qualquer adversidade, a situação de emergência deve ser averiguada por um técnico competente e responsável, capaz de determinar esta condição com propriedade.

Dessa forma, qualquer avaliação do risco deve ser validada pelo responsável pela barragem e pelo coordenador do PAE, exceto quando a barragem estiver submetida a adversidades extremas (galgamentos, deslizamento de grandes volumes, fluxo intenso pelo maciço), que evidenciem uma ruptura iminente ou em andamento.

5.3 AÇÕES ESPERADAS E FLUXOS DE NOTIFICAÇÃO

As ações emergenciais esperadas para cada nível de segurança e risco são listadas na Tabela 5.1 e ordenadas na Figura 5.1.

Tabela 5.1 - Ações esperadas classificadas segundo o nível de segurança e risco de ruptura

Níveis de segurança e risco de ruptura		Notificação	Ação	Quem
1	Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143	Fluxo de notificação interno	- Declarar a situação de emergência e o **estado de prontidão** na barragem, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). Situação adversa ainda controlável pelo empreendedor. - Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E). - Realização das ações corretivas previstas nas FICHAS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA (APÊNDICE A). - Remediação da anomalia identificada. - Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F).	Coordenador do PAE
2	Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando "não extinto" (de acordo com a definição do inciso X do art. 31 da Portaria DNPM nº 416, de 2012) ou em evolução	Fluxo de notificação externo	- Declarar a situação de emergência e o **estado de alerta** na barragem, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). Situação adversa não extinta ou não controlada. - Deflagrar o fluxo de notificação externo. - Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E). - Se possível, realização das ações corretivas previstas nas FICHAS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA (APÊNDICE A). - Remediação da anomalia identificada. - Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F).	Coordenador do PAE / Grupo de Ações Coordenadas
3	Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo	Fluxo de notificação externo	- Declarar a situação de emergência e o **estado de emergência** e de alerta na zona de auto-salvamento, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). Acidente inevitável e/ou catástrofe se iniciando ou ruptura já ocorreu. - Deflagrar o fluxo de notificação externo. - Deflagrar as ações emergenciais externas. - Alertar ou avisar, sem prejuízo das ações das autoridades públicas competentes, a população potencialmente afetada na zona de auto-salvamento, conforme sistemas de alerta previstos no PAE (sirene, telemensagens e mensagens de texto, rádio local).	Coordenador do PAE / Grupo de Ações Coordenadas - GRAC / Autoridades Públicas Competentes, com destaque para a Defesa Civil.

Níveis de segurança e risco de ruptura		Notificação	Ação	Quem
			- Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E). - Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F). - Elaboração do RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE J).	

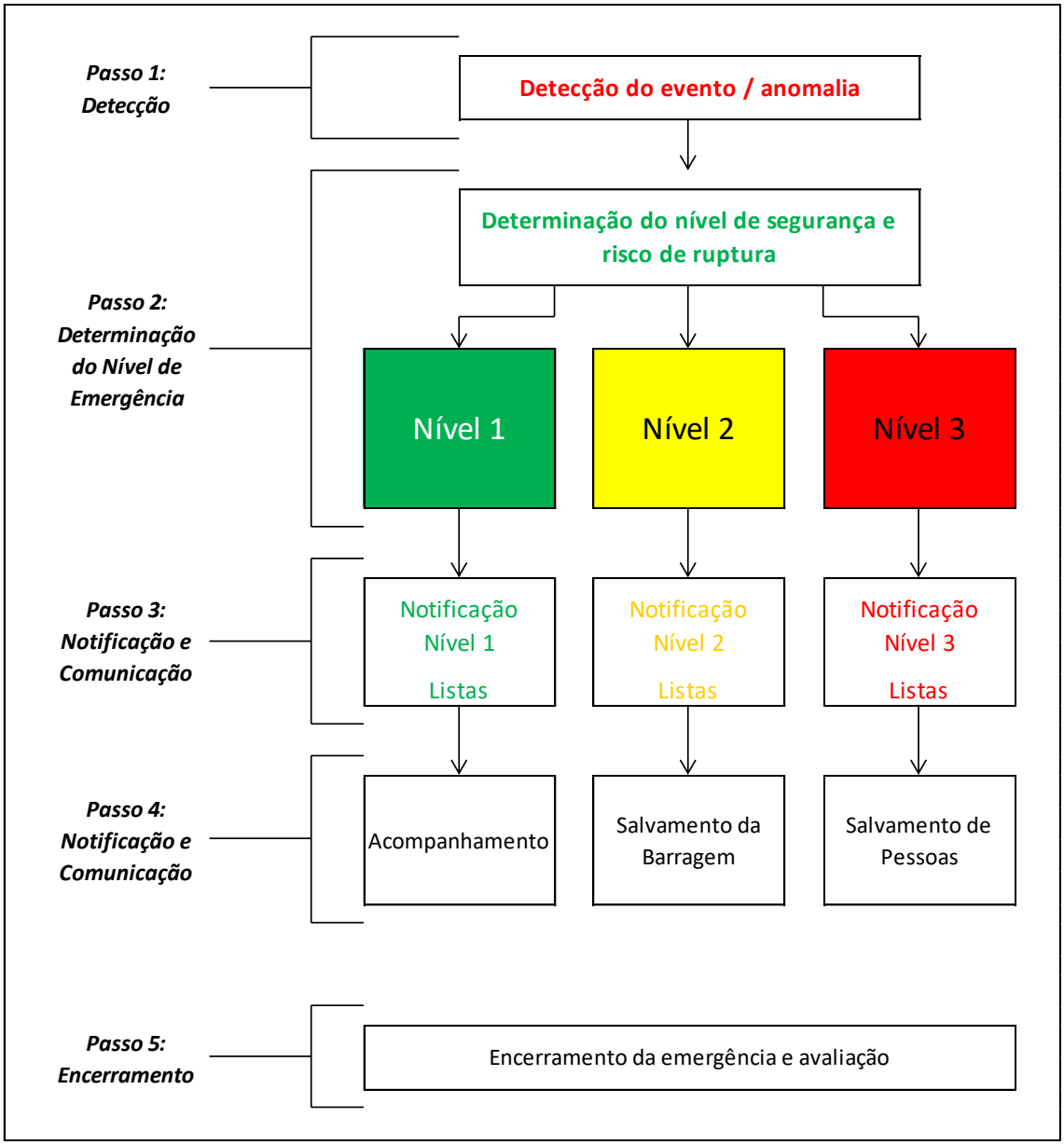


Figura 5.1 - Fluxograma de notificação por nível de segurança risco.

6 SEÇÃO IV – FLUXOGRAMA E PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO EMERGENCIAL

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O PAE foi estruturado considerando que sua implementação e operacionalização contemplam o desenvolvimento de atividades de planejamento e organizacionais relativas

às seguintes etapas, tendo como norteador dos trabalhos as ações típicas de Defesa Civil e as atribuições de órgãos e instituições relacionados ao tema, presentes e atuantes na área da mancha de inundação.

Basicamente, as atividades de organização são as seguintes:

• Etapas de planejamento, preparação e prevenção (Fase 1);

• Etapa de resposta (Fase 2);

• Etapa de reconstrução (Fase 3).

Em termos gerais, o PAE foi concebido a partir da criação de um Grupo de Ações Coordenadas - GRAC composto, fundamentalmente, pela própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova e por outros representantes de instituições municipais, estaduais e federais presentes, principalmente, no município de Ponte Nova, além de representantes da comunidade e propriedades potencialmente atingidas pela eventual ruptura da Barragem Passa Cinco. A função do GRAC é a de estabelecer o ordenamento das ações, sejam elas de planejamento, preparação/prevenção, resposta e de reconstrução.

A liderança do GRAC deverá ser confiada à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, como proprietária e operadora da Barragem Passa Cinco. Neste sentido, o presente documento apresenta informações também relativas aos recursos internos (materiais e humanos) que, em princípio, deverão ser disponibilizados pela própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Considerando que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova possa não ter como parte da sua estrutura todos os recursos materiais e humanos necessários ao pleno atendimento emergencial (Fase de Resposta). Desta forma, o PAE considera a necessidade de um levantamento detalhado dos recursos externos, disponíveis nas localidades da área de influência, a título de complementação aos recursos da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Entende-se que a articulação a ser feita pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, para a efetiva aplicação do PAE, deva priorizar, no primeiro momento, os seguintes membros do GRAC:

• Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas respectivas Secretarias, com apoio da Defesa Civil;

• Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), incluindo os seus órgãos vinculados;

• Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), além da SUPRAM;

• Polícia Militar, sede em Ponte Nova;

• Policia Civil, sede em Ponte Nova;

• Corpo de Bombeiros Militar, sedes em Ponte Nova e Belo Horizonte;

• Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente da Bacia do Rio Doce;

• Superintendência de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da DMAES;

• Superintendência de Operação e Manutenção da Distribuição da CEMIG;

• Defesa Civil Municipal e Estadual;

• Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Ponte Nova).

O acionamento da Fase 2 - Resposta (emergência), pelo Coordenador do PAE (Gerente de operação) é baseada na definição dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, permitindo que o GRAC possa iniciar ações emergenciais, mesmo antes de um eventual rompimento da Barragem Passa Cinco. A sua concepção permite que o GRAC escalone a tomada de suas ações em tempo hábil e ainda evite tomadas de decisões precipitadas.

Os níveis de segurança e risco foram concebidos em três estágios, conforme apresentado na SEÇÃO III - DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.

6.1.1 GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS – GRAC

Conforme já mencionado, deverá ser criado um Grupo de Ações Coordenadas - GRAC, com a finalidade de estabelecer um ordenamento das ações de planejamento, preparação, prevenção, resposta e reconstrução.

Há que se ressaltar que a organização proposta não pretende estabelecer níveis hierárquicos, mas sim, uma forma de estruturação baseada no grau de responsabilidade que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova, enquanto proprietária e operadora da barragem, deverá ter em caso de adversidades e ou de ruptura dessa estrutura.

O GRAC deverá ser composto por membros permanentes, os quais exercerão papel de liderança; por entidades de apoio, as quais serão acionadas na medida das necessidades identificadas para o atendimento da emergência, e por outras organizações da sociedade civil.

Os representantes da Prefeitura Municipal de Ponte Nova e as autoridades ligadas ao Gabinete da mesma, a qual deverá mobilizar todas as Secretarias, deverão exercer relevante papel de liderança compondo o grupo de membros permanentes. Caberá ao Prefeito, viabilizar as articulações com a Secretaria do Meio Ambiente.

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova também ficará responsável pelas articulações com os demais membros permanentes, ou seja, NEA, DMAES, CEMIG, Corpo de Bombeiros Militar, assim como com o Ministério Público Estadual, este último considerado como entidade de apoio ao GRAC.

No caso do rompimento da barragem, o Corpo de Bombeiros Militar e a Polícia Militar de Minas Gerais, do município de Belo Horizonte poderá também prestar relevante serviço, em função do grau de especialização no socorro, busca, salvamento, atendimento pré-hospitalar e transporte de vítimas.

O Ministério Público também deverá atuar como entidade de apoio ao GRAC, de acordo com suas diretrizes e competências específicas. Não obstante, sua participação faz-se recomendável por ser esta entidade historicamente ser acionada em casos onde se faz necessária a defesa dos direitos dos cidadãos. Ter o Ministério Público como membro do GRAC confere lisura ao planejamento do grupo e deposita nele a responsabilidade de auxiliar na definição das ações do GRAC.

Outros órgãos e instituições da sociedade civil nas esferas municipal, estadual e federal poderão fazer parte do PAE, devendo ser acionados pelo GRAC, contribuindo de acordo com suas competências, nas diferentes fases. Estas instituições, juntamente com os Grupos de Voluntários, ajudarão as equipes de emergência e resposta ao desastre, devido ao poder de penetração que estes têm nas comunidades e à capacidade de aglutinação de esforços em prol do bem-estar comum e do restabelecimento da normalidade. Estas pessoas, ou mesmo instituições, serão selecionadas e cadastradas em função dos trabalhos iniciais do GRAC.

A seguir são listadas as sugestões de composição dos membros permanentes do GRAC.

• Presidente

- Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova).

• Secretaria Executiva

- Coordenador de Brigada de Emergência – Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

• Representantes de Órgãos/Instituições Municipais, Estaduais e Federais

• Defesa Civil – Estadual (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG)

• Representantes das Propriedades Rurais e Espaços Urbanos

Observação: A Prefeitura deverá estabelecer, durante as discussões acerca do PAE, as atribuições das secretarias.

A seguir são listadas as sugestões de composição das entidades de apoio do GRAC.

• Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce;

• Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte);

• Polícia Militar;

• Polícia Civil;

• NEA e SEMAD;

A seguir são listadas as sugestões de composição das demais organizações da sociedade civil, que também poderão apoiar o GRAC, de acordo com as suas competências já estabelecidas e institucionalizadas.

• Hospitais;

• Jornais;

• Sindicatos Rurais;

• Rádios;

• Entre outras.

Ressalta-se que as atribuições de cada um dos membros do GRAC são apresentadas no item 7.4 (ATRIBUIÇOES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS).

6.2 FASE DE PLANEJAMENTO, PREPARAÇÃO E PREVENÇÃO – FASE 1

Nesta fase, a prioridade está relacionada com o desenvolvimento das atividades de planejamento, preparação e prevenção, incluindo, primordialmente, a criação de um Grupo de Ações Coordenadas (GRAC).

O primeiro passo para a formação do GRAC deverá ser de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, por meio do seu Superintendente Geral. Desta forma, pretende-se que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova fomente e subsidie a formação deste grupo.

O Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova), ou alguém designado por ele (Coordenador do PAE) ficará responsável pela intermediação e realização dos contatos iniciais com os demais membros inicialmente definidos como membros permanentes do GRAC.

Definidos os membros permanentes, estes passarão a ser responsáveis pela intermediação das ações de integração entre o GRAC e as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil.

Os pontos apresentados a seguir tratam de ações que deverão ser desenvolvidas, num primeiro momento, pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, visando à formação do GRAC e em seguida, pelo próprio GRAC, promovendo assim a integração com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil, a saber:

• Realização dos contatos iniciais pelo Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova), ou alguém designado por ele, com os possíveis membros sugeridos como permanentes do GRAC;

• Definição dos participantes (nomes dos membros permanentes);

• Reconhecimento pelo GRAC da área de inundação relativa ao rompimento da barragem, valendo-se do material cartográfico apresentado neste Plano (APÊNDICE B);

• Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada um dos membros permanentes;

• Definição dos participantes que irão compor as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;

• Articulação dos membros permanentes com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;

• Formalização de convite às entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;

• Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada uma das entidades de apoio e demais órgãos da sociedade civil.

6.3 FASE DE RESPOSTA – FASE 2

Na fase de resposta é que serão desencadeadas as ações de atendimento emergencial, com o objetivo de garantir que será promovido o socorro e a assistência aos possíveis atingidos.

Estabelecimento de ações de comunicação

Nesta fase serão desenvolvidas as ações de resposta, **cujos canais de comunicação já deverão ter sido estabelecidos, previamente, na Fase 1.**

Resta, neste momento, divulgar as ações de resposta, que foram determinadas segundo as características locais.

Será determinante o envolvimento de representantes da municipalidade de Ponte Nova, executado na fase de preparação, da mesma forma destaca-se o envolvimento de toda a população afetada que, ainda na fase de preparação, deverá passar por treinamentos orientados pela Defesa Civil, sobre como agir em casos de sinistro. (APÊNDICE C)

Operacionalização

A Fase 2 é desencadeada conforme evolução dos níveis de segurança e risco e de acordo com o planejado pelo GRAC. O rompimento não ocorreu, mas a sua iminência impõe um cenário que demanda o acionamento do GRAC e de medidas de acionamento automático (independente da autorização de um indivíduo ou entidade). A agilidade no processo de evacuação das comunidades rurais, é fator determinante para o sucesso do PAE, sendo novamente importante destacar a sintonia que deve haver entre os membros do GRAC, advinda com a contínua aplicação das ações previstas na Fase 1.

Diante da iminente ruptura do maciço da Barragem Passa Cinco, a partir do nível de segurança e risco 3, o seguinte conjunto de ações deverá ser iniciado:

• Convocação, pelo (Coordenador do PAE), dos membros permanentes do GRAC. Estas pessoas serão contatadas por telefone e convocadas para se reunirem, preferencialmente na sede da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

• Sinal de alerta sonoro para as comunidades rurais e urbanas, que deverá ser eficiente com a prática de treinamentos.

• Paralelamente a essa convocação, deverá ser ordenada, pelo Coordenador do PAE, a paralisação do processo produtivo e o direcionamento de efetivos da Brigada de Emergência e das áreas de comunicação, meio ambiente, medicina do trabalho, segurança industrial e patrimonial para o estado de prontidão. Os demais funcionários deverão

também permanecer em estado de prontidão, podendo ser convocados para trabalhos de ajuda humanitária.

• Por ocasião da convocação do GRAC, as autoridades da Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverão expor a situação aos demais e apresentar projeções quanto às características da iminente ruptura da Barragem Passa Cinco.

• Ficará a cargo dos membros permanentes do GRAC determinar as providências cabíveis, as quais incluirão, necessariamente:

- O estabelecimento de um Gabinete de Crise, visando a organização para a coleta de dados, repasse de informações e desencadeamento de ações.

- O GRAC deverá dar continuidade ao processo de informação via contatos telefônicos e por meio da utilização dos serviços de comunicação estabelecidos.

- Toda a logística para a evacuação das comunidades rurais deverá ser organizada pelo GRAC. Deverão ser disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova veículos em número suficiente.

- Toda a logística para a interdição das estradas nas proximidades a estrutura deverá ser organizada pelo GRAC. Deverão ser disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova veículos em número suficiente.

- Prontidão dos sistemas municipais e estaduais de atendimento a emergência (hospitais e unidades móveis de urgência, pelotões de policiamento civil, militar e rodoviário).

6.4 FASE DE RECONSTRUÇÃO – FASE 3

A fase de reconstrução tem como finalidade de minimização do impacto ambiental das áreas atingidas. Neste momento são desenvolvidas as estratégias de recuperação, realização das investigações e avaliação dos danos e prejuízos.

Estratégias de recuperação

Passado o período imediato de resposta ao atendimento emergencial, caberá à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, juntamente com o GRAC, providenciar o desenvolvimento de ações visando a reconstrução e o restabelecimento dos ambientes em condições semelhantes às que antecediam à ocorrência dos eventos de ruptura da barragem, tanto do ponto de vista de segurança como socioambiental.

Consultorias especializadas poderão ser contratadas para avaliar os danos, o que deverá ser feito mediante vistorias e elaboração de laudos técnicos.

Sugere-se a criação de um grupo denominado GRACPA (Grupo de Ações Coordenadas Pós Acidente), cujo objetivo será o acompanhamento das ações de reconstrução, inclusive o monitoramento da qualidade ambiental. Este grupo deverá ser formado, além da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, pela DMAES, pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e órgãos vinculados NEA, FEAM IGAM e IEF, pelo Conselho Regional de Arquitetura Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), Defesa Civil Estadual (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG) e do Ministério Público Estadual (Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente da Bacia do Rio Doce). Dada a dimensão das ações requeridas para o restabelecimento das condições socioambientais, estas poderão ser estratificadas conforme segue:

• Desobstrução da Rodovia e vias rurais, remoção de escombros, com destinação correta dos resíduos gerados;

• Sepultamento de seres humanos e animais, limpeza, descontaminação, desinfecção e desinfestação dos ambientes;

• Para que seja possível a recuperação das áreas atingidas, será necessária a limpeza destas, por meio de recursos mecânicos ou manuais;

• Em situações nas quais se diagnostique a ocorrência de contaminações, será necessário o planejamento de ações e o acompanhamento dos processos de remediação e recuperação do ambiente impactado.

Da mesma forma, o monitoramento da qualidade ambiental deverá ser aprovado pelo GRACPA, que também deverá receber os respectivos laudos do acompanhamento do processo de remediação e/ou recuperação do ambiente impactado.

Investigações

A coleta adequada de informações durante a situação de emergência, incluindo a análise e o registro da ocorrência de ruptura, são instrumentos importantes para avaliação da eficiência do PAE, assim como permite corrigir falhas nos sistemas operacionais bem como avaliar o grau de influência exercido por fatores externos.

Controlada a emergência, e no tempo mais breve possível para que informações relevantes não sejam esquecidas, os integrantes do GRAC e do GRACPA deverão se reunir e discutir sobre as causas, os efeitos, os recursos disponíveis e os resultados das medidas adotadas. Como resultado desta reunião deverá ser elaborado o Relatório de Encerramento de Evento de Emergência (APÊNDICE J).

Toda essa dinâmica terá como objetivo prevenir a ocorrência de uma nova ruptura, bem como permitirá avaliar aspectos e ações já consolidadas que eventualmente precisem ser revistos.

Mesmo um incidente ou até um desvio operacional deverão ser investigados. Para isto, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá definir critérios e diretrizes para a investigação não apenas dos acidentes, mas também dos incidentes, o que incluirá a identificação da natureza do incidente, suas causas básicas, outros fatores contribuintes e a relação de recomendações identificadas.

Avaliação dos danos e prejuízos

Sugere-se que a avaliação dos danos e prejuízos gerados, a partir do desastre causado pelo rompimento da Barragem Passa Cinco, seja feita de acordo com a metodologia desenvolvida pelo Sistema Nacional de Defesa Civil (SNDC). O SNDC desenvolveu um formulário com esta finalidade denominado de AVADAN.

No formulário citado serão registrados, além dos danos humanos, materiais e ambientais, as características intrínsecas do desastre, tipificado de acordo com a

Classificação Geral dos Desastres e Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos - CODAR (anexos da Política Nacional de Defesa Civil), e contendo dados de população, orçamento, PIB e arrecadação do município afetado.

Danos humanos

Em relação aos danos humanos serão necessários levantamentos das pessoas vitimadas discriminando se gestantes, desalojadas, desabrigadas/deslocadas, desaparecidas, mortas, enfermas, levemente e gravemente feridas.

Danos materiais

Em relação aos danos materiais serão quantificadas as edificações danificadas e destruídas pelo desastre e os custos, em reais (R$), para recuperá-las ou reconstruí-las, discriminado os seus usos, como por exemplo: edificações residenciais, instalações públicas, infraestrutura pública, obras de arte, estradas, vias urbanas, instalações particulares, comunitárias, rurais e industriais.

Danos ambientais

Os danos ambientais também serão avaliados em termos água, solo, ar, flora e fauna, englobando o levantamento de informações as áreas afetadas, o grau de poluição e ou contaminação evidenciados, bem como os custos envolvidos.

Prejuízos econômicos e sociais

Os prejuízos também serão avaliados por meio do registro das variáveis econômica e social.

Os prejuízos econômicos englobarão os setores de agricultura, pecuária, indústria e serviços nas áreas afetadas, discriminando o valor do prejuízo em reais (R$).

Os prejuízos sociais considerarão o registro dos serviços essenciais, como por exemplo, abastecimento de água, energia elétrica, transporte, comunicações, esgotamento sanitário e coleta de resíduos, educação e alimentação básica que foram prejudicados ou interrompidos pelo desastre, quantificando-os em termos de custo, em reais (R$).

De posse das informações listadas anteriormente, será feita uma avaliação conclusiva pelo GRACPA sobre a intensidade do desastre de acordo com critérios preponderantes (intensidade dos danos, vulto dos prejuízos e necessidade de recursos suplementares) e critérios agravantes (importância dos desastres secundários, despreparo do GRAC e instituições participantes, vulnerabilidade do cenário, vulnerabilidade da comunidade, padrão evolutivo do desastre e tendência para agravamento). Essas ações deverão ser conduzidas pela GRAC, GRACPA.

6.5 FLUXOGRAMA DE DESENCADEAMENTO DE AÇÕES

A Figura 6.1, a seguir, apresenta o fluxograma de desencadeamento de ações de gestão do PAE, considerando a estrutura e a organização do GRAC, de acordo com as Fases 1 (planejamento, preparação e prevenção), 2 (resposta à emergência) e 3 (reconstrução).

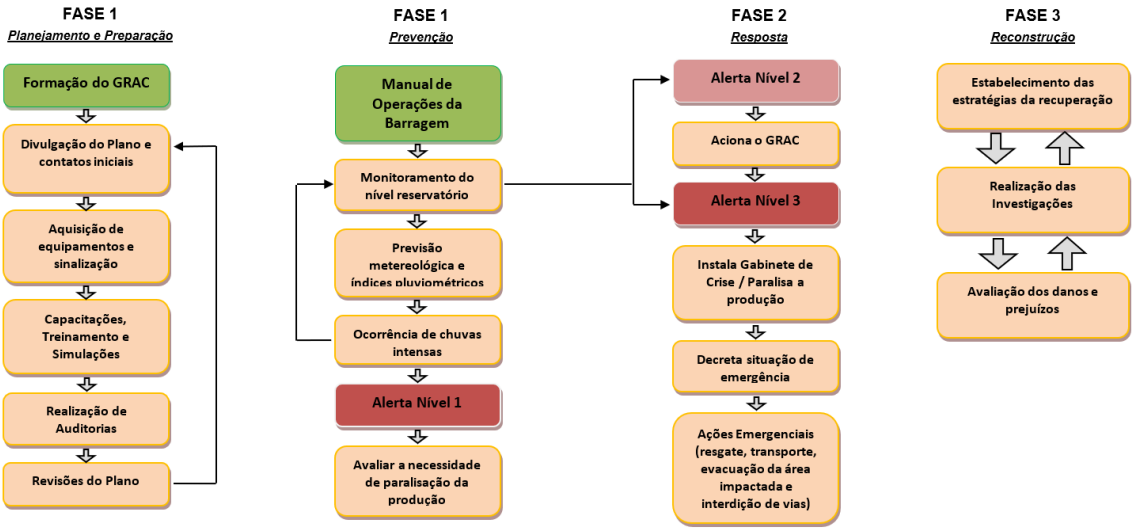


Figura 6.1 - Desencadeamento de ações de gestão do PAE – Fases 1,2 e 3.

7 SEÇÃO V – RESPONSABILIDADE GERAIS NO PAE

Nesta seção são apresentadas as responsabilidades gerais no PAE, com destaque para aquelas relativas à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, ao Coordenador do PAE e ao Encarregado da Barragem Passa Cinco.

7.1 RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova tem as seguintes responsabilidades:

• Providenciar a elaboração do PAE, incluindo o estudo de cenários e mapa de cenários;

• Disponibilizar informações, de ordem técnica, necessárias para que a Defesa Civil promova treinamentos e simulações de situações de emergência, em conjunto com a prefeitura e demais instituições indicadas pelo governo municipal, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB, além de estar disponível para eventual atuação em conjunto com os órgãos citados, quando solicitado formalmente;

• Promover treinamentos internos acerca do PAEBM, envolvendo a equipe de segurança da barragem e os demais empregados do empreendimento, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB;

• Designar formalmente um coordenador e seu substituto para executar as ações descritas no PAE. No caso da Barragem Passa Cinco, o Coordenador do PAE será o Gerente de Operações / Monitoramento (Prefeitura Municipal de Ponte Nova);

• Possuir equipe capaz de detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de emergência;

• Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;

• Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;

• Alertar a população potencialmente afetada na zona de auto salvamento;

• Notificar a Defesa Civil estadual, municipal e nacional em caso de situação de emergência;

• Emitir declaração de encerramento da emergência;

• Providenciar a elaboração do Relatório de Encerramento de Eventos de Emergência, com a ciência do responsável legal da barragem, da Prefeitura e das Defesas Civis nacional, estadual e municipal.

7.2 RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

O Coordenador do PAE da Barragem Passa Cinco tem as seguintes responsabilidades:

• Ter pleno conhecimento do conteúdo do PAE, nomeadamente do fluxo de notificações;

• Assegurar a divulgação do PAE e o seu conhecimento por parte de todos os participantes;

• Orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAE;

• Avaliar, em conjunto com a equipe técnica de segurança de barragem, a gravidade da situação de emergência identificada;

• Acompanhar o andamento das ações realizadas, frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos;

• Executar as notificações previstas no fluxograma de notificações; e

• Elaborar, junto com a equipe de segurança da barragem, a Declaração de Encerramento da Emergência.

• Ao detectar uma situação que possa comprometer a segurança da barragem ou quando constatada anomalia que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente a Categoria de Risco da Barragem de Água, deve avaliá-la e classificá-la de acordo com os Níveis de Alerta;

• Após a classificação quanto aos Níveis de Alerta, deve declarar Situação de Emergência;

• No caso de decretar o Nível de Alerta 3, sem prejuízo das demais ações previstas no PAE e das ações das autoridades públicas competentes, fica o Coordenador do PAE e/ou a Prefeitura Municipal de Ponte Nova responsável por garantir a evacuação das áreas próximas e a interdição de vias e acessos na área potencialmente inundada;

• Analisar os relatórios de auscultação da barragem;

• Detectar as ações de emergência e classificá-las de acordo com os níveis de alerta;

• Executar as notificações previstas;

• Programar as reuniões de avaliação depois dos eventos de emergência.

7.3 RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM

O Encarregado da Barragem Passa Cinco tem as seguintes responsabilidades:

• Nas situações de emergência acionar o Coordenador do PAE;

• Operação e manutenção diária da barragem, por meio da gestão eficaz dos contratos específicos e supervisão dos trabalhos de manutenção e operação;

• Realizar as inspeções periódicas e monitoramento contínuo dos instrumentos instalados na barragem, visando identificar situações que requeiram ações emergenciais. Sempre que necessário requerer auxílio das áreas de Geotecnia, Meio Ambiente, Operação.

7.4 ATRIBUIÇÕES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS

A Tabela 7.1 apresenta as atribuições dos membros do GRAC, considerando as fases de planejamento, preparação e prevenção (Fase 1), resposta (Fase 2) e reconstrução (Fase 3). Entretanto, torna-se importante mencionar que tal tabela constitui, tão somente, uma proposta inicial que visa nortear os trabalhos, sendo razoável entender que será o próprio GRAC, a partir de suas lideranças e reuniões iniciais, responsável pelos ajustes na composição dos integrantes e pela real definição das atribuições.

Sobre as atribuições das entidades de apoio, entende-se também que o detalhamento deverá ser resultado das futuras discussões internas do GRAC. A Tabela 7.1, portanto, apresenta uma proposta inicial.

Com relação às demais organizações da sociedade civil, que poderão fazer parte do PAE, torna-se importante ressaltar que as suas atribuições serão definidas na medida em que acontecerem as reuniões do GRAC, não cabendo, nessa fase conceitual do PAE, antecipar o papel de cada uma. Estas organizações contribuirão de acordo com suas competências, nas diferentes fases, porém também na forma de apoio.

Tabela 7.1 - Atribuições dos membros do GRAC

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
Presidente	- Primeiro passo para a formação do GRAC e definição das atribuições dos integrantes. - Monitorar informações pertinentes à condição de funcionamento da barragem. - Convocar os membros do GRAC, articulando as reuniões e o envolvimento de cada um deles. - Acompanhar o planejamento, intervindo quando necessário. - Disponibilizar recursos para aquisição de equipamentos e sinalização e cadastramento de voluntários. - Garantir que o GRAC ratifique e/ou revise o ordenamento e das Ações de Resposta (emergência) relativas à Fase 2, em função da evolução dos níveis de segurança e risco,	- Acionar as ações ordenadas e escalonadas em função dos Níveis de Segurança e Risco conforme determinadas pelo GRAC. - Estabelecer um gabinete de crise. - Determinar a interdição da rodovia e estradas vicinais - Aprovar ações elencadas pelos membros do GRAC.	- Disponibilizar recursos para custeio de despesas relacionadas à reconstrução e minimização dos impactos ambientais.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
	especialmente para o nível 3		
Gerentes	- Elaborar relatórios periódicos de inspeção da barragem. - Acompanhar a previsão meteorológica, alertando para precipitações excepcionais. - Acompanhar, por meio de batimetrias rotineiras - Encaminhar ao Presidente do GRAC informações pertinentes à condição de funcionamento da barragem. - Acompanhar as condições operacionais, a partir do nível de segurança e risco 1, acionando os demais níveis, quando for o caso. - Realizar o planejamento do PAE. Providenciar suporte logístico às reuniões do GRAC. - Promover eventos de treinamento e capacitação. Contratar auditorias externas. - Manter o plano atualizado. - Realizar os monitoramentos geotécnicos (Instrumentos instalados, conforme frequência estabelecida).	- Acompanhar enchimento do reservatório, estabelecendo os Níveis de Segurança e Risco pertinentes. - Informar ao Presidente do GRAC da situação e sua possível evolução. - Participar do gabinete de crise. - Viabilizar os instrumentos e recursos destinados à interdição dos acessos. - Viabilizar as ações de apoio definidas pelo Presidente do GRAC.	- Acompanhar os trabalhos de reconstrução, fornecendo apoio necessário aos trabalhos do GRACPA. - Receber cópia do relatório de Avaliação de Danos (AVADAN).
Coordenador	- Articular cooperação com a Assessoria de Comunicação da	- Mediar reuniões do gabinete de crise. - Manter telefone exclusivo e *site*	- Viabilizar e fomentar a criação de uma Comissão Especial, ou GRACPA (Grupo

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
	Prefeitura Municipal de Ponte Nova. - Definir os conteúdos e elaborar os materiais de disseminação das ações de comunicação social junto às comunidades. Difundir o PAE, em consonância com as Assessorias de Comunicação do Município.	específico para divulgação de informações sobre a evolução e resposta ao desastre. - Realizar, através de Boletins Oficiais, a comunicação com a comunidade e a imprensa, em consonância com a Assessoria de Comunicação do Município de Ponte Nova.	de Ações Coordenadas Pós Acidente), a ser formado por representantes da Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), do Conselho Regional de Arquitetura Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), da Defesa Civil e do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MP). - Manter divulgação periódica de Boletins Oficiais, em consonância com a Assessoria de Comunicação do Município. - Manter canais de comunicação para divulgação de informações sobre as ações de reconstrução. - Organizar ações específicas para prestar, durante todo o período de reconstrução. - Providenciar, junto com o Prefeito, o envio de ofício de agradecimento aos principais colaboradores e voluntários. - Apoiar os trabalhos do GRACPA.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
Defesa Civil Coordenadoria Estadual de Defesa Civil / Belo Horizonte - CEDEC	- Auxiliar na estruturação das ações de Defesa Civil no município de Ponte Nova. - Avaliar a viabilidade e necessidade de se instalar Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC's).	- Compor o gabinete de crise. - Auxiliar o município atingido na condução das ações de emergência.	- Auxiliar o município na condução das ações de reconstrução.
Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da SEMAD	- Participar das reuniões do GRAC. - Fornecer orientação técnica para o atendimento emergencial.	- Compor o gabinete de crise. - Compor a equipe de coordenação do atendimento às emergências ambientais. - Fornecer orientação técnica no atendimento emergencial e na proteção do meio ambiente da região de influência da ruptura da barragem. - Inspecionar e verificar os danos causados ao meio ambiente gerados pela ruptura da barragem. - Emitir os relatórios de inspeção e encaminhar para a SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central.	Fiscalizar e estabelecer compromissos de reparação ambiental com o responsável pela ocorrência. Elaborar um relatório de avaliação de danos e encaminhar para a SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central	- Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Fiscalizar o cumprimento das leis.	- Fornecer orientação técnica nos combates aos acidentes e na proteção do meio ambiente da região de influência. - Inspecionar e verificar os danos causados ao meio ambiente. - Emitir, a partir do NEA, os relatórios de inspeção e de danos ambientais. - Informar à população os níveis de poluição e de desequilíbrio ecológico gerado pela ruptura da barragem.	- Montar um relatório de avaliação de danos ambientais (FEAM, IGAM, IEF e SUPRAM Central). - Fiscalizar e estabelecer compromissos de reparação ambiental com a Prefeitura Municipal de Ponte Nova.
Polícia Rodoviária Federal	- Elaborar planejamento específico visando à mobilização e distribuição dos efetivos e materiais.	- Compor o gabinete de crise. - Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o seu planejamento. - Informar sobre as condições de tráfego e pontos interditados. - Coordenar o trânsito na e os desvios, orientando e evitando deslocamentos desnecessários, priorizando o livre acesso aos veículos e viaturas em serviços de urgência. - Coordenar o trânsito na e nos desvios, orientando e evitando deslocamentos desnecessários, priorizando o livre acesso aos veículos e viaturas em serviços de urgência.	- Montar, em conjunto com os Comandos do 2º Pelotão e o 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar, um relatório de danos na rodovia.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	**Fase 2 - Resposta (emergência)**	**Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)**
DMAES	- Participar das reuniões do GRAC. - Acompanhar o planejamento do PAE, intervindo quando necessário. - Contribuir tecnicamente para o PAE.	- Compor o gabinete de crise. - Contribuir tecnicamente para as ações de resposta. - Desencadear as ações de resposta pertinentes no que diz respeito às condições de fornecimento de água.	- Montar um relatório de avaliação de danos e encaminhá-lo a Defesa Civil.
CEMIG	- Participar das reuniões do GRAC. - Acompanhar o planejamento do PAE, intervindo quando necessário. - Contribuir tecnicamente para o PAE.	- Compor o gabinete de crise. - Contribuir tecnicamente para as ações de resposta. - Desencadear as ações de resposta pertinentes no que diz respeito às condições de fornecimento de energia elétrica.	- Montar um relatório de avaliação de danos e encaminhá-lo a Defesa Civil.
Corpo de Bombeiros Militar	- Participar das reuniões do GRAC. - Articular cooperação com a Polícia Militar. - Articular cooperação com as demais instituições ligadas à segurança pública (Polícia Civil).	- Compor o gabinete de crise. - Manter-se informado sobre a situação e sua possível evolução. - Distribuir o efetivo e os equipamentos, conforme o seu planejamento.	- Montar, em conjunto com a Polícia Civil, relatório sobre ocorrências e óbitos.
Ministério Público do Estado de Minas Gerais (Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce)	- Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis.	- Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis.	- Integrar e cooperar com a Comissão Especial, ou GRACPA (Grupo de Ações Coordenadas Pós Acidente), a ser formado por representantes da Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), do Conselho Regional de Arquitetura Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), da Defesa Civil.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
			- Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis.
Polícia Militar	- Articular cooperação com os Comandos do Corpo de Bombeiros. - Participar no processo de planejamento específico visando à mobilização e distribuição dos efetivos e materiais.	- Compor o gabinete de crise. - Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o seu planejamento.	- Montar, em conjunto com a Polícia Civil, relatório de ocorrências.
Polícia Civil	- Prestar apoio à Polícia Militar.	- Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o planejamento. - Manter os Comandos da Polícia Militar envolvidos, informados sobre a situação e sua possível evolução.	- Atuar em conformidade com as diretrizes dos Comandos da Polícia Militar envolvidos. - Montar, em conjunto com os Comandos da Polícia Militar envolvidos, relatório de ocorrências.
Representantes das Comunidades Rurais e Urbanas Potencialmente Atingidas	- Participar das reuniões do GRAC, juntamente com membros do Secretariado. - Acompanhar o planejamento, intervindo sempre que julgar necessário. - Intermediar ações junto às comunidades.	- Auxiliar o GRAC nas ações de comunicação com as propriedades rurais.	- Participar da elaboração dos relatórios de avaliação de danos.

8 SEÇÃO VI – RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO

8.1 ZONA DE AUTO-SALVAMENTO

A simulação da ruptura da Barragem Passa Cinco, com a delimitação da abrangência da área inundada, é parte do Estudo de Rompimento (“Dam Break”)

elaborado pela BARUK ANEXO A. Torna-se importante mencionar que o Estudo de Rompimento ("Dam Break") foi elaborado para um cenário, a saber:

• Cenário de ruptura hipotética associada ao evento extremo de cheia natural, com tempo de retorno de 10.000 anos. Nesse cenário, considera-se a ocorrência de:

- Galgamento da barragem e início de formação da brecha trapezoidal imediato.

- Formação de uma brecha trapezoidal em um período de 14,76 minutos, com as seguintes dimensões: largura final do fundo da brecha de 8,6 m, altura final da brecha de 9,0 m e declividade dos taludes da brecha de 1:1(V:H).

Ao delimitar as envoltórias de inundação, e seus respectivos parâmetros, os resultados dos estudos de ruptura da Barragem Passa Cinco auxiliam na determinação da zona de auto salvamento.

A zona de auto salvamento é a região localizada à jusante da barragem na qual se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. Sugere-se que a abrangência desta zona seja definida em consenso com a Defesa Civil.

8.2 DELIMITAÇÃO DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

O potencial de inundação decorrente de uma falha da Barragem Passa Cinco foi definido a partir de um estudo de ruptura hipotética da estrutura.

Nesse estudo, considera-se a ruptura total do maciço e a projeção da pior situação a ser esperada em caso de falha da estrutura.

O estudo de ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco está apresentado no ANEXO A.

8.3 CARACTERIZAÇÕA DAS ÁREAS POTENCIALMENTE ATINGIDAS PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO

A caracterização das tipologias de uso e forma de ocupação do solo das áreas potencialmente atingidas pela mancha de inundação foi realizada de forma conceitual a partir de imagens aéreas.

A delimitação do uso e ocupação obedece aos limites estabelecidos pela mancha de inundação fornecida pela empresa BARUK.

Invariavelmente as áreas ocupadas a jusante apresentam características rurais e urbanas, com ocorrência de pequenas instalações isoladas e de vegetações em estágios variados.

Apresenta-se no APÊNDICE B a caracterização de uso e ocupação do solo.

9 AUDITORIAS

Recomenda-se que o PAE seja auditado frequentemente, com o objetivo de identificar não conformidades. A auditoria deverá ser realizada por pessoas com conhecimentos da área de segurança de barragens, meio ambiente, segurança do trabalho, emergências e primeiros socorros, porém necessariamente externas à Prefeitura Municipal de Ponte Nova e ao Grupo de Ações Coordenadas. Sempre que possível, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova contratará empresas externas para realização destas auditorias, todavia o gerenciamento destas atividades deverá ficar a cargo do GRAC.

Durante a auditoria, recomenda-se que sejam verificados aspectos relativos à organização, recursos humanos, treinamentos, equipamentos e recursos emergenciais e de primeiros socorros, coordenação com entidades externas e mecanismos de comunicação.

As não conformidades eventualmente identificadas nas auditorias deverão ser objeto de um Plano de Ação contendo a identificação dos responsáveis e o prazo para execução/conclusão.

A ocorrência de incidentes na Barragem Passa Cinco também poderá levar à realização de uma nova auditoria em um período mais curto que o planejado.

Em termos de ações específicas, deverão ser desenvolvidas, pelo GRAC as seguintes atividades:

• Contratação de equipe de auditores;

• Acompanhamento da realização das auditorias;

• Validação dos relatórios de auditoria;

• Validação do Plano de Ação (se necessário, a partir da identificação de não conformidades);

• Acompanhamento da implementação do Plano de Ação.

10 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Relatório Técnico Auditoria de Segurança Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - RT-01 – 00 em agosto de 2021.

• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Relatório Técnico Estudo de "DAM BREAK" Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BRK - 2101 - G3-SEMAM - DAM BREAK - PASSA CINCO - RT-03 – 00 em setembro de 2021.

• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Base Topografica Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BT-BRK - 2101 - G3-SEMAM – PASSA_CINCO.dwg em Agosto de 2021.

• "Levantamento Batimétrico - Lagoa P5.pdf" realizado realizada pela HAC Hidroclimatologia LTDA em janeiro de 2011.

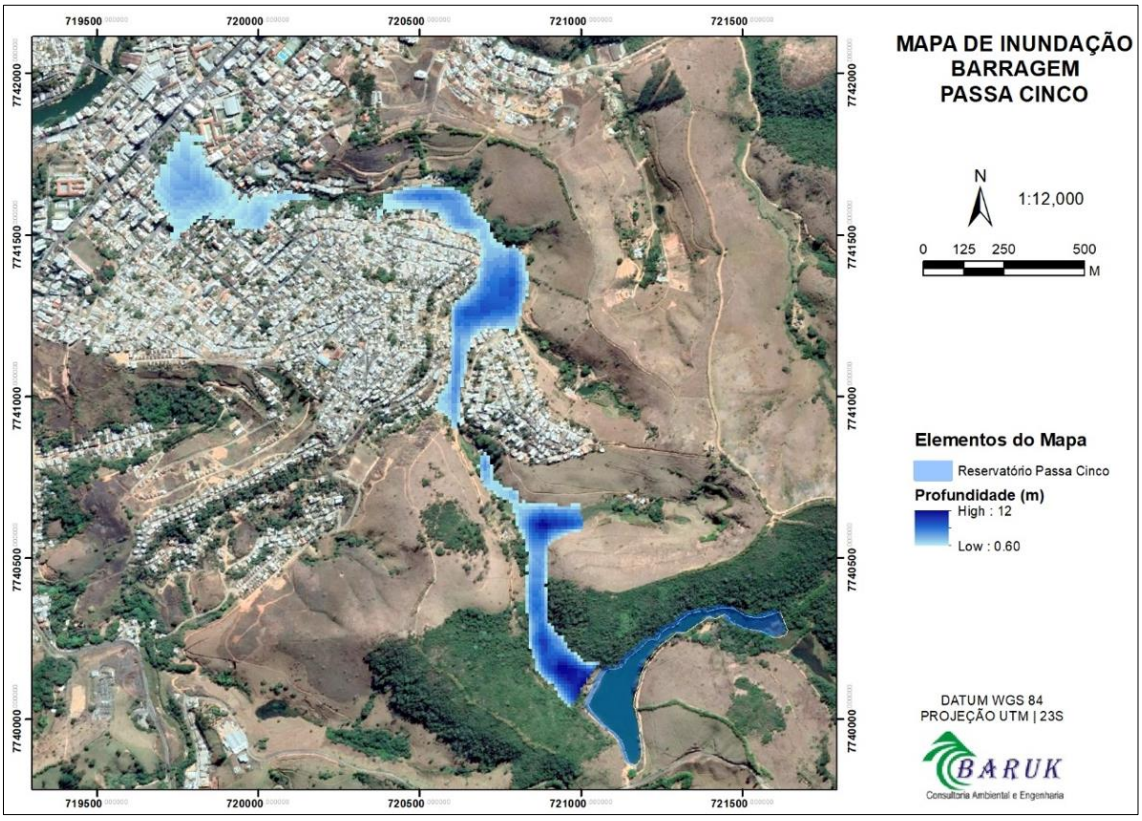
• NATIONAL INVENTORY OF DAMS (NID). Emergency Action Plan (EAP) Rock Creek Watershed, Dam No 23.

D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

ANEXO A – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

ANEXO B – ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA – MAPA DE INUNDAÇÃO – RUPTURA DA BARRAGEM PASSA CINCO (BARUK)



APÊNDICES

APÊNDICE A - FICHAS DE EMERGÊNCIA

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 01	Elaboração: 18/09/2021
	SUMIDOURO NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Montante

Anomalia

Sumidouros

Causas Prováveis

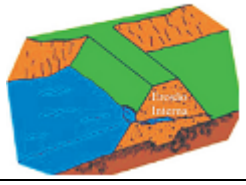
1. Erosão interna ou *Piping* do maciço ou fundação da barragem dá origem a um sumidouro.
2. O desabamento de uma caverna criada pela erosão pode resultar num sumidouro.
3. Um pequeno furo na parede da tubulação da tomada d'água pode ocasionar um sumidouro. Água barrenta na saída à jusante indica o desenvolvimento de erosão na barragem.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

O *Piping* pode esvaziar o reservatório através de um pequeno furo na parede da tubulação ou pode provocar a ruptura de uma barragem, quando os canais formados pela erosão regressiva atravessam o maciço ou a fundação.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

Inspecionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros.

Identificar a causa exata do sumidouro.

Examinar a água que sai à jusante, por fuga ou percolação, para verificar se ela está suja.

Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 02	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS GRANDES NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Montante

Anomalia

Rachaduras Grandes

Causas Prováveis

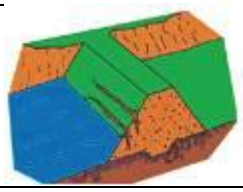
Uma porção do maciço moveu-se devido à perda de resistência, ou a fundação pode ter-se movido causando um deslocamento no maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

Dependendo do volume de maciço envolvido, baixar o nível do reservatório.

Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 03	Elaboração: 18/09/2021
	DESLIZAMENTOS, AFUNDAMENTOS OU ESCORREGAMENTOS NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Montante

Anomalia

Deslizamentos, afundamentos ou escorregamento

Causas Prováveis

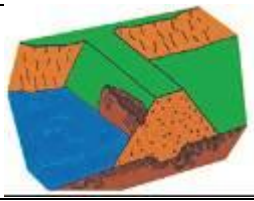
Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido à sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Examinar a ocorrência de movimentos de terra, na bacia do reservatório, produzidos por deslizamentos.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

Uma série de deslizamentos pode provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

Avaliar a extensão do deslizamento.

Monitorar o escorregamento e baixar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada.

Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 04	Elaboração: 18/09/2021
	TALUDES ÍNGREMES E BANCADAS DE ESCAVAÇÃO NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Montante

Anomalia

Taludes íngremes e bancadas de escavação

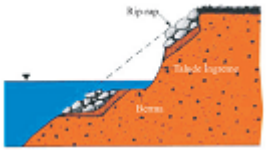
Causas Prováveis

Ação das ondas e recalques locais causam ao solo e às rochas erosão e deslizamentos para a parte inferior do talude, formando assim uma bancada de escavação.

Possíveis Consequências

A erosão diminui a largura e possivelmente a altura do maciço, o que poderá conduzir ao aumento da percolação ou ao transbordamento da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

Determinar as causas exatas da formação das bancadas de escavação. Executar os trabalhos necessários para restaurar o maciço, devolvendo as suas inclinações originais e providenciar a proteção adequada para o mesmo.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 05	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS DEVIDO AO RESSECAMENTO NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Montante

Anomalia

Rachaduras devido ao ressecamento

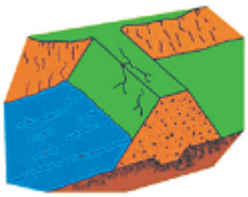
Causas Prováveis

O solo perde a umidade e sofre contração, causando as rachaduras, geralmente vistas na crista e talude de jusante.

Possíveis Consequências

Chuvas fortes podem encher as rachaduras e causar o movimento de pequenas partes do maciço.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Monitorar rachaduras para o aumento no comprimento, largura e profundidade.
2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 01	Elaboração: 18/09/2021
	DESLIZAMENTO/ENCHARCAMENTO NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Jusante

Anomalia

Deslizamento / Encharcamento

Causas Prováveis

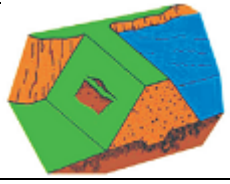
1. Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem.
2. A perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

Deslizamento do maciço atingindo a crista ou o talude de montante reduzindo a folga. Pode resultar no colapso do maciço ou transbordamento.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Medir a extensão e o deslocamento do escorregamento.
2. Se o movimento continuar, começar a baixar o nível d'água até parar o movimento.
3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

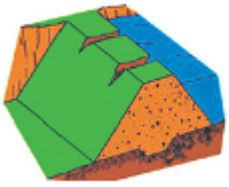
EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

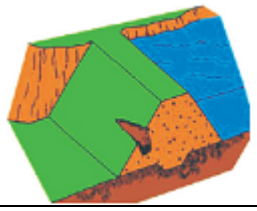
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 02	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS TRANSVERSAIS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura
Talude de Jusante
Anomalia
Rachaduras transversais
Causas Prováveis
Recalque diferenciado do maciço da barragem também provoca rachaduras transversais. Por exemplo: o centro recalcando mais que as ombreiras.
Possíveis Consequências
PERIGO Rachaduras devido a recalques ou retração podem provocar infiltrações da água do reservatório através da barragem.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Se necessário, obstruir a rachadura do talude de montante para prevenir a passagem de água do reservatório. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 03	Elaboração: 18/09/2021
	DESABAMENTO / COLAPSO NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura
Talude de Jusante
Anomalia
Desabamento / Colapso
Causas Prováveis
1. Falta de uma compactação adequada. 2. Tocas de animais. 3. Piping através do maciço ou fundação.
Possíveis Consequências
PERIGO Indicação de possível erosão do maciço.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Inspecionar e reparar os buracos internos criados por roedores. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 04	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS LONGITUDINAIS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Jusante

Anomalia

Rachaduras longitudinais

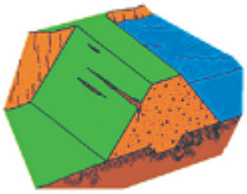
Causas Prováveis

1. Ressecamento ou retração do material de superfície.
2. Deformação para jusante devido ao recalque do maciço

Possíveis Consequências

1. Pode ser aviso de um futuro deslizamento.
2. Recalques ou deslizamentos mostrando a perda de resistência da barragem podem provocar a sua ruína.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Se as rachaduras são de ressecamento, cubra a área com material bem compactado para manter a superfície seca e a umidade natural.
2. Se as rachaduras são extensas, um engenheiro qualificado deve inspecionar o problema e recomendar outras ações a serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 05	Elaboração: 18/09/2021
	AFUNDAMENTOS LOCALIZADOS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Jusante

Anomalia

Afundamentos localizados

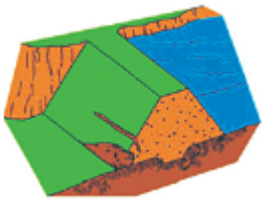
Causas Prováveis

Resultante de erosão que descalçou uma parte do talude. Também pode ser encontrado em taludes muito íngremes.

Possíveis Consequências

Pode expor zonas impermeáveis à erosão e levar a novos afundamentos

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar a área em busca de infiltração.
2. Monitorar para verificar o prosseguimento da ruptura.
3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas.

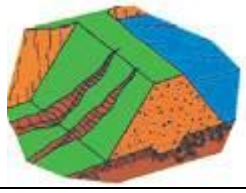
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 06	Elaboração: 18/09/2021
	EROSÃO NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura
Talude de Jusante
Anomalia
Erosão
Causas Prováveis
Águas de chuvas carregam material da superfície do talude produzindo valas de erosão.
Possíveis Consequências
Pode ser perigosa se não for contida. Erosões podem provocar deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura do maciço
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. O método preferido de proteção de áreas erodidas é a colocação de enrocamento ou Rip-Rap. 2. Refazer a grama de proteção se o problema for detectado no início.
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 07	Elaboração: 18/09/2021
	ÁRVORES/ARBUSTOS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura
Talude de Jusante
Anomalia
Árvores/Arbustos
Causas Prováveis
Vegetação natural da área.
Possíveis Consequências
Raízes profundas podem criar caminhos para passagem de água. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Remover as árvores de raízes profundas e arbustos do maciço e nas proximidades. 2. Erradicar vegetação no maciço que dificulte as inspeções visuais
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 08	Elaboração: 18/09/2021
	ATIVIDADES DE ANIMAIS E INSETOS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura

Talude de Jusante

Anomalia

Atividades de animais e insetos

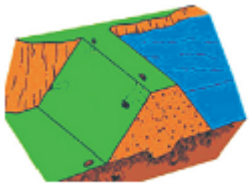
Causas Prováveis

Grande quantidade de animais e insetos. Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros. Certos habitat, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.

Possíveis Consequências

1. Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes, o que poderá provocar rupturas localizadas.
2. Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar Piping. Se os túneis atravessam a maior parte do maciço podem levar a ruptura da barragem.
3. Especialmente perigoso se os furos penetram abaixo da linha freática. Durante os períodos de elevação do nível do reservatório, o caminho de percolação pode ficar muito reduzido, o que facilitaria a ocorrência de Piping.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Controlar a população de animais e insetos para prevenir maiores danos.
2. Aterrar buracos existentes, com material adequado e bem compactado.
3. Eliminar habitat favoráveis ao desenvolvimento de espécies nocivas.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 09	Elaboração: 18/09/2021
	TRÁFEGO DE ANIMAIS E GADO NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:

Estrutura
Talude de Jusante
Anomalia
Tráfego de animais e gado.
Causas Prováveis
Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhada.
Possíveis Consequências
Cria áreas sem proteção contra erosão. Permite que a água se acumule em determinados locais. Área suscetível a rachaduras por ressecamento.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Cercar a área da barragem. 2. Reparar a proteção contra erosão com Rip-Rap ou grama.
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 01	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURA LONGITUDINAL NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Rachadura longitudinal

Causas Prováveis

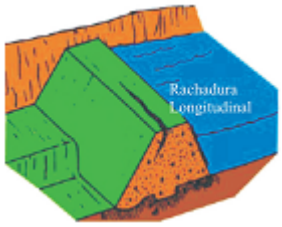
1. Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem.
2. Falha na fundação causando perda de estabilidade.
3. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Cria local de pouca resistência no interior da barragem, que pode ser o ponto de início de um futuro movimento, deformação ou ruptura do maciço.
2. Cria uma passagem da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação da área adjacente, o que poderá provocar uma ruptura localizada.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar frequentemente.
2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. As rachaduras da superfície da crista devem ser seladas para prevenir infiltração da água superficial.
4. Monitorando rotineiramente a crista (visualmente e por meio de instrumentação) para identificar indícios de rachaduras.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 02	Elaboração: 18/09/2021
	DESLOCAMENTO VERTICAL NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Deslocamento vertical

Causas Prováveis

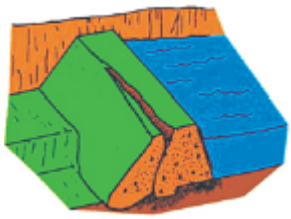
1. Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem.
2. Deformação ou falha estrutural, causados por instabilidade estrutural ou falha na fundação.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

1. Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos.
2. Ruptura do maciço.
3. Cria um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá contribuir na ruptura do maciço.
4. Reduz a seção transversal efetiva da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Cuidadosamente inspecionar o deslocamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes.
2. Um engenheiro deve imediatamente determinar a causa do deslocamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. Escavar a área até o fundo do deslocamento. Preencher a escavação usando material adequado e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro.
4. Continuar a monitorar a área rotineiramente (visualmente e por meio de instrumentação) para verificar indícios de futuras rachaduras ou movimento.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 03	Elaboração: 18/09/2021
	DESABAMENTO NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Desabamento

Causas Prováveis

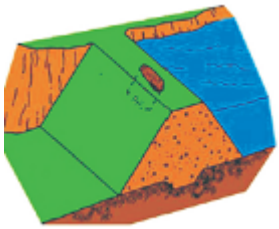
1. Atividade de roedores.
2. Furos na tomada d'água estão causando erosão do material do maciço da barragem.
3. Erosão interna ou Piping do material do maciço devido à infiltração.
4. Carreamento de argila dispersiva no interior do maciço, pela água de percolação.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos, deslizamentos, instabilidade, ou reduzir a seção transversal do maciço da barragem.
2. Ponto de entrada para água superficial

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Cuidadosamente inspecionar o desabamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes.
2. Um engenheiro deve determinar a causa do desabamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. Escavar a área que desabou, retaludando os lados, e preencher o buraco com material adequado usando técnicas de construção adequadas, sob a supervisão de um engenheiro.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 04	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS TRANSVERSAIS NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Rachaduras transversais

Causas Prováveis

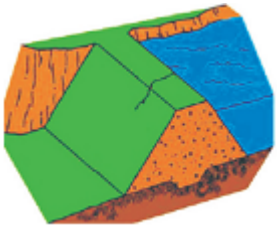
1. Movimentos desiguais das partes adjacentes do maciço.
2. Deformação causada por tensões ou instabilidade do maciço

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Pode criar um caminho para infiltração na direção transversal do maciço.
2. Cria área de baixa resistência no interior do maciço. Daí poderá se iniciar futura deformação, movimento ou ruptura.
3. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar frequentemente.
2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. Escavar a crista ao longo da rachadura até ultrapassar o fundo da rachadura. Preencher a escavação usando material adequado e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. Isso irá selar a rachadura contra infiltração e escoamento superficial.
4. Continuar monitorando rotineiramente a crista para verificar indícios de rachaduras.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 05	Elaboração: 18/09/2021
	CRISTA DESALINHADA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Crista desalinhada

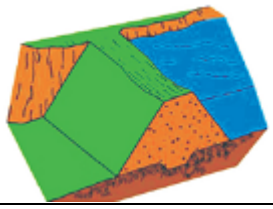
Causas Prováveis

1. Movimentos entre partes adjacentes do maciço.
2. Deformação estrutural ou ruptura próxima à área do desalinhamento.

Possíveis Consequências

1. Desalinhamento é normalmente acompanhado de depressões na crista que reduzem a folga ao transbordamento.
2. Pode produzir áreas localizadas de baixa resistência do maciço que pode provocar ruptura do maciço.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Instalar marcos na crista para determinar a exata localização e extensão do desalinhamento na crista.
2. Um engenheiro deve determinar a causa do desalinhamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. Após as medidas remediadoras, monitorar periodicamente os marcos (caso não existam devem ser instalados) da crista para detectar possíveis movimentos futuros.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 06	Elaboração: 18/09/2021
	DEPRESSÕES NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Depressões na crista da barragem

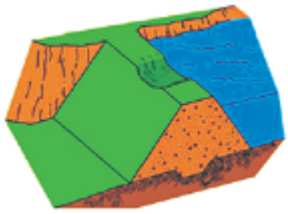
Causas Prováveis

1. Assentamento excessivo no maciço ou fundação diretamente abaixo da área da depressão.
2. Erosão interna do maciço da barragem.
3. Deformação do maciço de fundação no sentido jusante ou montante.
4. Erosão pelo vento contínuo na área da crista.
5. Terraplanagem final inadequada na construção.

Possíveis Consequências

Reduz a folga da barragem, ou seja, reduz a diferença entre a cota do coroamento do maciço e a cota da superfície da água no reservatório quando o vertedouro estiver com vazão máxima.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

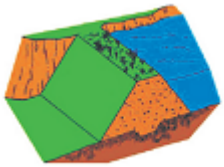
1. Estabelecer marcos ao longo da crista para determinar a exata localização e extensão do assentamento na crista.
2. Um engenheiro deve determinar a causa da depressão na crista e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.
3. Restabelecer a cota da crista de maneira uniforme preenchendo as áreas com depressões utilizando técnicas construtivas adequadas, sob a supervisão de um engenheiro.
4. Restabelecer e monitorar os marcos da crista da barragem para detectar possível recalque no futuro.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 07	Elaboração: 18/09/2021
	VEGETAÇÃO EXCESSIVA NA CRISTA	Revisão:

Estrutura
Crista
Anomalia
Vegetação excessiva
Causas Prováveis
Negligência com a barragem e falta de procedimentos de manutenção adequados.
Possíveis Consequências
1. Esconde partes da barragem, dificultando uma adequada inspeção visual de todo o maciço e possibilitando o desenvolvimento de problemas que somente serão detectados quando a segurança da barragem já estiver ameaçada. 2. As raízes que penetram no maciço se decompõem quando a vegetação morre, criando caminhos preferenciais para a percolação. 3. Dificulta o acesso a todas as áreas da barragem para operação, manutenção e inspeção. 4. Serve de habitat para roedores
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Remover toda vegetação existente, com exceção da grama que deve ser preservada para ajudar a combater a erosão superficial. As raízes devem ser retiradas até a profundidade que seja praticável as escavações. O reaterro deve ser feito com material adequado e bem compactado. 2. Um programa de manutenção deve ser estabelecido para evitar o surgimento de nova vegetação indesejável no futuro. 3. O material cortado deve ser removido para fora da área da barragem.
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 08	Elaboração: 18/09/2021
	BURACOS DE ANIMAIS E INSETOS NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Buracos de animais e insetos

Causas Prováveis

Grande quantidade de animais e insetos. Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros. Certos habitat, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.

Possíveis Consequências

1. Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes, o que poderá provocar rupturas localizadas.
2. Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar Piping. Se os túneis atravessarem a maior parte do maciço, podem levar a ruptura da barragem.
3. Especialmente perigoso se os furos penetram abaixo da linha freática. Durante os períodos de elevação do nível do reservatório, o caminho de percolação pode ficar muito reduzido, o que facilitaria a ocorrência de Piping.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Controlar a população de animais e insetos para prevenir maiores danos.
2. Aterrar buracos existentes, com material adequado e bem compactado.
3. Eliminar habitat favoráveis ao desenvolvimento de espécies nocivas.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 09	Elaboração: 18/09/2021
	EROSÕES NA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Erosões

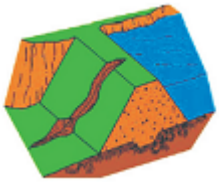
Causas Prováveis

1. Material mal graduado e drenagem inadequada da crista com concentração do fluxo de água superficial diretamente sobre o maciço.
2. Capacidade inadequada do vertedouro, provocando o transbordamento da barragem.

Possíveis Consequências

1. Pode reduzir a folga da barragem.
2. Reduz a seção transversal efetiva do maciço.
3. Dificulta o acesso a todas as partes da barragem.
4. Se resultante de transbordamento, indica uma situação de risco da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

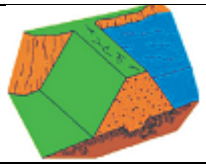
1. Restabelecer a folga de projeto da barragem aterrando a vala provocada pela erosão, com material adequado e bem compactado.
2. Restabelecer as inclinações previstas, no projeto, para a crista e recuperar ou implantar um sistema de drenagem superficial.
3. Se resultante de transbordamento, um engenheiro deve rever o dimensionamento e as condições atuais do vertedouro. Neste caso é EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 10	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS NA CRISTA DEVIDO AO RESSECAMENTO	Revisão:

Estrutura
Crista
Anomalia
Rachaduras devido ao ressecamento
Causas Prováveis
O solo expande e contrai com a alternância dos processos de umedecimento e ressecamento que acompanham o clima. As rachaduras devido ao ressecamento são curtas, rasas, finas e numerosas.
Possíveis Consequências
Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes. Esta saturação e o ressecamento subsequente poderão ocasionar o aumento das rachaduras.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Selar as rachaduras com material impermeável. 2. Recobrir a crista com uma camada de material não plástico (cascalho ou laterita).
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 11	Elaboração: 18/09/2021
	TRILHAS AO LONGO DA CRISTA	Revisão:

Estrutura

Crista

Anomalia

Trilhas ao longo da crista.

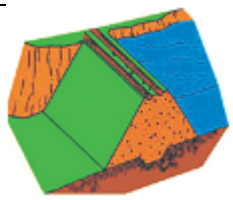
Causas Prováveis

Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.

Possíveis Consequências

1. Dificulta o acesso a todas as áreas da barragem.
2. Ajuda o processo de deterioração da superfície da crista.
3. Permite a acumulação de água sobre a barragem, causando saturação do maciço.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Drenar a água acumulada e recompor a crista com material adequado e bem compactado.
2. Restabelecer as inclinações previstas no projeto, para a crista e recuperar ou implantar um sistema de drenagem superficial.
3. Recuperar o pavimento ou, no mínimo, aplicar uma camada de material que possa funcionar como revestimento primário (cascalho ou laterita).

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 01	Elaboração: 18/09/2021
	MUDANÇA ACENTUADA NA VEGETAÇÃO	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Mudança acentuada na vegetação

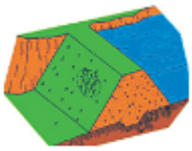
Causas Prováveis

O material do maciço na área está permitindo fluxo de água.

Possíveis Consequências

Pode indicar a existência de uma área saturada

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Por meio de escavação manual tentar identificar se a área está mais úmida que o restante do talude.
2. Se a área estiver mais úmida que o restante do talude, um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 02	Elaboração: 18/09/2021
	GRANDE ÁREA MOLHADA OU PRODUZINDO FLUXO	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Grande área molhada ou produzindo fluxo.

Causas Prováveis

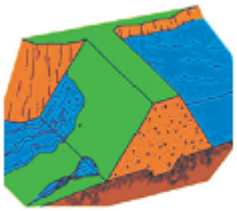
Um caminho preferencial de percolação desenvolveu-se através da ombreira ou do maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. O aumento do fluxo pode levar à erosão do maciço e à ruptura da barragem.
2. A saturação do maciço próximo à zona de infiltração pode criar instabilidade, levando à ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar e demarcar a área. Acompanhar para averiguar sua expansão.
2. Medir com a precisão possível alguma vazão que possa estar ocorrendo.
3. Se a área ou o fluxo aumentarem, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar.
4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 03	Elaboração: 18/09/2021
	ÁREA MOLHADA E UMA FAIXA HORIZONTAL	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Área molhada e uma faixa horizontal.

Causas Prováveis

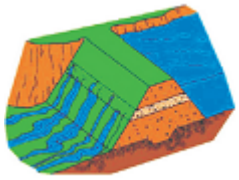
Camada de material permeável usado na construção do maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. A saturação das áreas abaixo da zona de infiltração pode instabilizar o maciço.
2. Fluxos excessivos podem provocar erosão acelerada do maciço, levando à ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Medir com a precisão possível a vazão que esteja ocorrendo.
2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar.
3. Demarcar a área envolvida.
4. Por meio de escavação manual tentar identificar o material que está permitindo o fluxo.
5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 04	Elaboração: 18/09/2021
	FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA NA PARTE ALTA DO TALUDE	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Fuga de água localizada na parte alta do talude

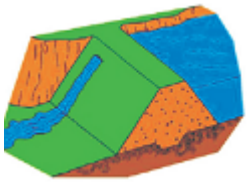
Causas Prováveis

Construção incorreta; esforço concentrado; deterioração do material; falhas na fundação; pressão externa excessiva.

Possíveis Consequências

Distúrbios no escoamento; erosão na fundação e no aterro de recobrimento; eventual desmoronamento da estrutura.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Medir a quantidade de fluxo e averiguar o transporte de materiais.
2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar.
3. Procurar a entrada da água à montante e obstruí-la, se possível. A colocação de uma lona sobre o talude de montante e o seu recobrimento com solo lançado a partir da crista da barragem têm sido adotados com êxito em alguns casos.
4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 05	Elaboração: 18/09/2021
	FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Fuga de água localizada

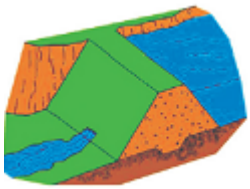
Causas Prováveis

A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO
A continuação do fluxo pode ampliar a erosão do maciço e levar à ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar cuidadosamente a área, medir a quantidade de fluxo e averiguar o transporte de materiais.
2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos.
3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado.
4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devem ser tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 06	Elaboração: 18/09/2021
	FUGA LOCALIZADA DE ÁGUA "BARRENTA"	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Fuga localizada de água "barrenta"

Causas Prováveis

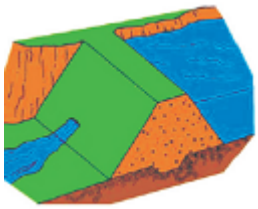
A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço e está erodindo e carreando o material do maciço.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

O prosseguimento do fluxo poderá causar uma erosão rápida no material do maciço resultando na ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar cuidadosamente a área, medir a quantidade de fluxo e averiguar se o carreamento de solo está aumentando.
2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos.
3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado.
4. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações que devem ser tomadas.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 07	Elaboração: 18/09/2021
	FUGA DE ÁGUA ATRAVÉS DE RACHADURAS PRÓXIMAS À CRISTA	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Fuga de água através de rachaduras próximas à crista.

Causas Prováveis

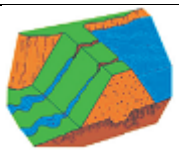
1. Intenso ressecamento provocou o surgimento de rachaduras no topo do maciço.
2. Recalques no maciço ou na fundação estão causando rachaduras transversais.

Possíveis Consequências

PERIGO EXTREMO

1. A saturação abaixo da zona fraturada pode instabilizar o maciço.
2. O fluxo através da rachadura pode erodir o maciço, levando à ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Obstruir as rachaduras pelo lado de montante para estancar o fluxo.
2. O nível do reservatório deve ser reduzido até abaixo do nível das rachaduras
3. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.

EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 08	Elaboração: 18/09/2021
	VAZAMENTO VINDO DAS OMBREIRAS	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Vazamento vindo das ombreiras

Causas Prováveis

Fluxo de água através de rachaduras ou fissuras nas ombreiras.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório.
2. Pode provocar deslizamentos próximos ou à jusante da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e averiguar se existe carreamento de materiais.
2. Um engenheiro ou geólogo qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO OU GEÓLOGO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 09	Elaboração: 18/09/2021
	FLUXO BORBULHANDO A JUSANTE DA BARRAGEM	Revisão:

Estrutura

Infiltrações e fugas de água na barragem

Anomalia

Fluxo borbulhando a jusante da barragem

Causas Prováveis

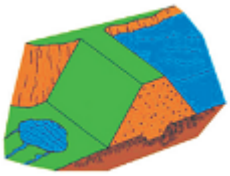
Alguma parte do maciço de fundação está permitindo a passagem da água com facilidade. Pode ser uma camada permeável formada por areia ou pedregulho existente na fundação ou mesmo fratura na rocha subjacente, que não foi tratada convenientemente quando da execução da injeção de cimento da rocha de fundação.

Possíveis Consequências

PERIGO

O aumento do fluxo poderá causar uma erosão rápida no material da fundação resultando na ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Inspecionar cuidadosamente a área e averiguar a quantidade de fluxo e o transporte de materiais.
2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos.
3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado.
4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -01	Elaboração: 18/09/2021
	VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU DETRITOS NO RESERVATÓRIO OU PRÓXIMO AO EXTRAVASOR	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Vegetação excessiva ou detritos no canal

Causas Prováveis

Acúmulo de material escorregado, árvores mortas, crescimento excessivo de vegetação etc, no canal do vertedouro.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Redução da capacidade de descarga, causando transbordamento lateral do vertedouro ou transbordamento da barragem.
2. O transbordamento prolongado pode causar a ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Retirar os detritos periodicamente.
2. Controlar o crescimento da vegetação no canal do vertedouro.
3. Instalar uma rede de proteção na entrada do vertedouro para interceptar detritos.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -02	Elaboração: 18/09/2021
	CANAIS ERODIDOS	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Canais erodidos

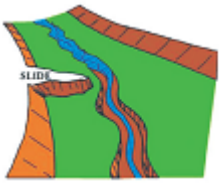
Causas Prováveis

1. Tráfego de animais cria canais preferenciais onde o fluxo se concentra criando valas de erosão.
2. Fluxo de água turbulento ou com elevada velocidade.
3. O solo ou rocha onde foi cortado o canal do vertedouro não é suficientemente resistente à erosão.
4. A estrutura da laje de fundo do canal, no caso de canais revestidos de concreto, não foi projetada ou construída corretamente.

Possíveis Consequências

1. Erosões não combatidas podem provocar deslizamentos ou desabamentos que resultem na redução da capacidade do vertedouro.
2. A capacidade inadequada do sangradouro pode provocar o transbordamento da barragem e resultar na ruptura desta.
3. A erosão pode atingir o reservatório, provocando o seu rápido esvaziamento.
4. A erosão pode descalçar a estrutura de fixação da cota da soleira do vertedouro (Creager, por exemplo), levando à sua destruição e provocando uma cheia de graves consequências.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Fotografar as erosões para acompanhar o seu desenvolvimento.
2. Reparar a área danificada substituindo o material erodido por aterro compactado.
3. Proteger a área contra futuras erosões colocando enrocamento ou revestindo de forma apropriada.
4. Quando o avanço da erosão ameaçar a segurança das estruturas, um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as medidas a serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -03	Elaboração: 18/09/2021
	DESCALÇAMENTO POR EROSÃO NO FINAL DO VERTEDOURO	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Descalçamento por erosão no final do vertedouro

Causas Prováveis

1. Configuração inadequada da bacia de dissipação.
2. Materiais altamente erosivos.
3. Falta de uma cortina de contenção no final da calha.

Possíveis Consequências

PERIGO

1. Dano estrutural no vertedouro.
2. Alto custo de reparo no caso de desmoronamento da laje ou parede do vertedouro.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Fazer a limpeza da área e reaterrar com bom material apropriado.
2. Colocar um enrocamento com blocos de tamanho adequado.
3. Instalar uma cortina de contenção.
4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar o vertedouro e orientar as ações a serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -04	Elaboração: 18/09/2021
	PAREDE DESLOCADA	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Parede deslocada

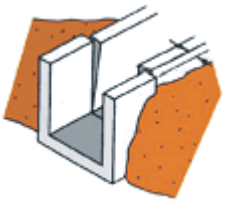
Causas Prováveis

1. Falha na execução.
2. Recalque diferencial da fundação.
3. Pressão excessiva do aterro ou da água.
4. Armadura insuficiente do concreto.

Possíveis Consequências

1. Pequenos deslocamentos irão criar turbulência e redemoinho no fluxo, causando erosão no solo.
2. Grandes deslocamentos causarão rachaduras e eventual ruptura da estrutura.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Reconstrução deve ser feita de acordo com as práticas da engenharia.
2. A fundação deve ser cuidadosamente preparada.
3. Drenos devem ser usados para aliviar a pressão atrás da parede.
4. Armar suficientemente o concreto. Ancorar as paredes para prevenir futuros deslocamentos.
5. Limpar os drenos para assegurar sua operação adequada.
6. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento.
7. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -05	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS GRANDES	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Rachaduras grandes

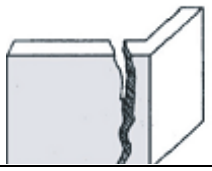
Causas Prováveis

1. Falha de construção.
2. Concentração localizada de tensões.
3. Deterioração localizada do material.
4. Falha na fundação.
5. Pressão excessiva do reaterro externo.

Possíveis Consequências

1. Turbulência no fluxo d'água.
2. Erosão na fundação e no aterro do barramento.
3. Colapso da estrutura e do barramento.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devem ser reparadas por meio de remendos.
2. Áreas ao redor devem ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado.
3. Instalação de drenos e outras ações podem ser necessárias.
4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento.
5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas.

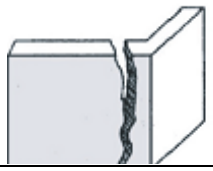
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -05	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS GRANDES	Revisão:

Estrutura
Vertedouro
Anomalia
Rachaduras grandes
Causas Prováveis
1. Falha de construção. 2. Concentração localizada de tensões. 3. Deterioração localizada do material. 4. Falha na fundação. 5. Pressão excessiva do reaterro externo.
Possíveis Consequências
1. Turbulência no fluxo d'água. 2. Erosão na fundação e no aterro do barramento. 3. Colapso da estrutura e do barramento.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devem ser reparadas por meio de remendos. 2. Áreas ao redor devem ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado. 3. Instalação de drenos e outras ações podem ser necessárias. 4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -07	Elaboração: 18/09/2021
	DETERIORIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO	Revisão:

Estrutura
Vertedouro
Anomalia
Deteriorização da estrutura de concreto
Causas Prováveis
Uso de materiais impróprios ou manutenção inadequada.
Possíveis Consequências
A vida útil da estrutura será diminuída.
Desenho Ilustrativo

Ações Corretivas
1.Recuperar a estrutura do vertedouro. 2.Usar apenas agregados limpos e de boa qualidade no concreto. 3.Respeitar o recobrimento da armadura do concreto. 4. O concreto deve ser mantido molhado e protegido durante a cura. 5. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 6. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.
Fluxo de notificação
A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -04	Elaboração: 18/09/2021
	VAZAMENTO DENTRO E AO REDOR DO VERTEDOURO	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Vazamento dentro e ao redor do vertedouro

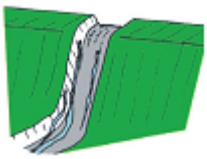
Causas Prováveis

1. Fendas e juntas na fundação do vertedouro estão permitindo infiltração.
2. Camadas de areia ou pedregulhos no vertedouro estão permitindo infiltração.

Possíveis Consequências

1. Pode induzir uma perda excessiva de água armazenada.
2. Pode induzir a uma ruptura se a velocidade for alta o bastante para causar erosão dos materiais da fundação

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Examinar a área de saída do fluxo para ver se o tipo de material pode explicar o vazamento.
2. Medir a quantidade do fluxo e checar se existe erosão dos materiais da fundação.
3. Se a velocidade do fluxo ou quantidade de materiais erodidos aumentar rapidamente, o nível do reservatório deve ser abaixado até o fluxo estabilizar ou cessar.
4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento.
5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas.

EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -09	Elaboração: 18/09/2021
	INFILTRAÇÃO ATRAVÉS DE UMA JUNTA DE CONSTRUÇÃO OU RACHADURA DE CONCRETO	Revisão:

Estrutura

Vertedouro

Anomalia

Infiltração através de uma junta de construção ou rachaduras na estrutura de concreto.

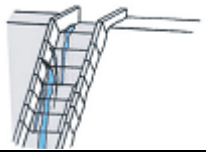
Causas Prováveis

Água se acumulando atrás da estrutura devido à drenagem insuficiente ou drenos entupidos.

Possíveis Consequências

1. Pode causar a inclinação ou queda das paredes.
2. Fluxo através do concreto pode conduzir a uma rápida deterioração por intemperismo.
3. Se o vertedouro está localizado no maciço, uma erosão rápida pode levar à ruptura da barragem.

Desenho Ilustrativo



Ações Corretivas

1. Checar a área atrás da parede para identificar zonas saturadas.
2. Checar e limpar caso necessário, as saídas d'água e drenos internos.
3. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento.
4. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas.

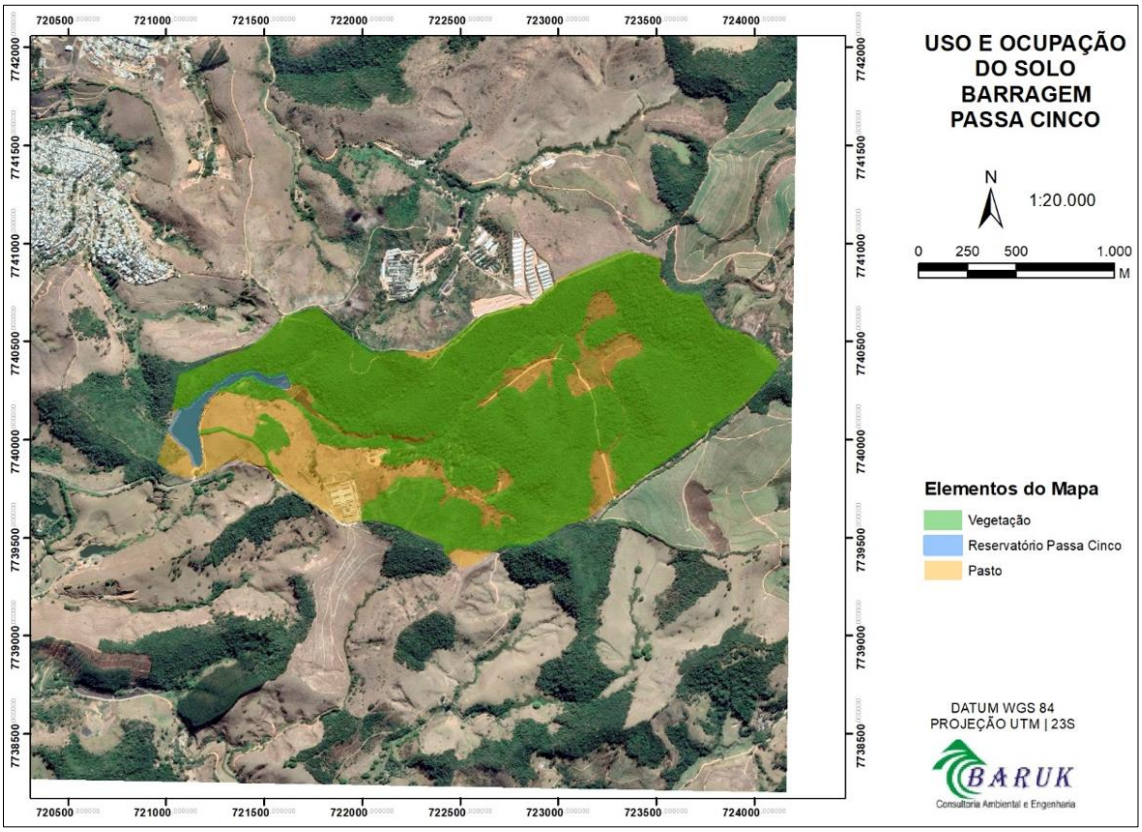
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

Fluxo de notificação

A ser definido conforme nível de segurança e risco.

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO



APÊNDICE C – PLANO DE TREINAMENTO

Na concepção de um PAE, a capacitação e o treinamento dos recursos humanos são diferenciais, principalmente, no momento do atendimento emergencial. Ainda que estas atividades sejam desenvolvidas na fase de prevenção e preparação, é na fase de resposta que se observam suas importâncias.

Torna-se importante promover treinamentos internos acerca do PAE, envolvendo a equipe de segurança da barragem e os demais empregados do empreendimento, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB.

Dentro deste contexto, serão realizados treinamentos e simulações a fim de permitir o conhecimento prévio das possíveis situações e os procedimentos que deverão ser adotados, quando solicitada formalmente pela Defesa Civil a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá estar disponível para eventual atuação. Os treinamentos ministrados durante o ano devem ser arquivados no PAE assim como sua lista de presença.

A Secretaria Nacional da Defesa Civil (SEDEC) promove, em cooperação com os órgãos de Defesa Civil, cursos de nível gerencial, técnico e operacional, exclusivos para candidatos indicados pelos órgãos ou Instituições do Sistema Nacional de Defesa Civil, envolvendo administração e planejamento para redução de desastres, capacitação em radioamador, avaliação de danos e implantação de núcleos comunitários de defesa civil.

Sugere-se que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova busque a viabilização do aperfeiçoamento técnico dos integrantes. De qualquer forma, cabe ressaltar a importância que estes treinamentos sejam particularizados para o caso em questão e que considerem o pior cenário de rompimento da Barragem Passa Cinco apresentado pela BARUK.

Outra forma importante de capacitação e treinamento está relacionada com a criação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC). A Política Nacional de Defesa Civil aponta o NUDEC como um elo importante, na medida em que possuem como finalidade implementar a integração de todo o Sistema de Defesa Civil, empresas, estabelecimentos de ensino, comunidade e instituições de segurança pública para garantir uma ação conjunta de toda a sociedade nas ações de segurança social.

Em relação às simulações caberá definir a viabilidade e necessidade de suas realizações, incluindo o envolvimento das comunidades urbanas e rurais. De qualquer forma, sugere-se que sejam realizadas simulações principalmente em relação ao desencadeamento de ações, de acordo com as atribuições e responsabilidades sugeridas no PAE.

Neste sentido, sugere-se que sejam desenvolvidas as seguintes ações específicas, em termos de capacitações, treinamentos e simulações.

• Viabilização das ações de treinamento, via Defesa Civil;

• Preparação do material;

• Definição das formas de treinamento;

• Realização dos treinamentos;

• Avaliação do tempo de resposta, considerando o desencadeamento das ações de emergência definidas;

• Avaliação da viabilidade e necessidade de realização de simulações com as comunidades urbanas e rurais.

APÊNDICE D – MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS

Recursos da Prefeitura Municipal de Ponte Nova

No caso de rompimento da barragem, o corpo funcional da Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá estar, de alguma forma, dedicado às ações de resposta. A participação dos Coordenadores (Meio Ambiente / Saúde e Segurança Ocupacional / Comunicação) é importante para subsidiar, especialmente no que diz respeito às questões ligadas à adequada operação da barragem e, consequente, prevenção do rompimento desta, dado que é de sua responsabilidade. Responsáveis por assegurar os recursos necessários à prevenção e ao combate de emergências, os Coordenadores devem compor o GRAC como na função de Secretários Executivos.

Fundamentalmente, a participação do Analista de Comunicação se justifica na medida em que as estratégias de preparação e divulgação de informações, assim como o relacionamento com as comunidades e imprensa, ficam sob a responsabilidade desta gerência.

No que tange aos equipamentos e recursos materiais necessários ao pleno atendimento emergencial, é inviável que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova os tenha em sua totalidade, visto não ser esta a sua atividade. Isso porque, além de não ser parte do orgão, trata-se de recursos destinados ao atendimento de uma adversidade complexa e de extensa área de abrangência.

Deve-se levar sempre em consideração as responsabilidades e atribuições dos órgãos e entidades envolvidos neste PAE, como por exemplo: a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, a própria Prefeitura Municipal, assim como hospitais e postos de saúde municipal.

APÊNDICE E – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

• O Formulário de Declaração de Início de Emergência é apresentado a seguir. Trata-se de uma declaração emitida pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova para as autoridades públicas competentes declarando o início da situação de emergência.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA	**Elaboração:** / /
		Revisão:

Responsável:	
Data:	
Contatos:	

APÊNDICE F – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

• O Formulário de Declaração de Encerramento de Emergência é apresentado a seguir. Trata-se de uma declaração emitida pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova para as autoridades públicas competentes declarando o fim da situação de emergência.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	**FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA**	**Elaboração: / /**
		Revisão:

Responsável:	
Data:	
Contatos:	

APÊNDICE G – FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

• O Formulário de Mensagem de Notificação é apresentado a seguir.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO	Elaboração: / /
		Revisão:

Nível de Segurança e Emergência	Marque a situação (X)	Tipo de mensagem de notificação
Nível 1 - Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143ível 1 - situação potencial de ruptura está se desenvolvendo		**Mensagem interna**
Nível 2 - Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando "não extinto" ou em evolução		**Mensagem externa**
Nível 3 - Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo		**Mensagem externa**

Mensagem

Responsável:	
Data:	
Contatos:	

APÊNDICE H – FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ATUALIZAÇÃO DO PAE

O Formulário de Controle de Atualização do PAE é apresentado a seguir.

• O PAE deverá ser atualizado sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, sempre que houver alguma mudança nos meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situação de emergência, devendo notificar as entidades identificadas sobre a mudança do coordenador do PAE.

• Deverão ser atualizados os contatos e telefones dos envolvidos no Fluxograma de notificações, bem como dos meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situação de emergência.

• Todas as atualizações deverão ser anotadas e assinadas em folha de controle de alterações.

• No caso de mudança de titulares dos cargos que acarretará mudança de nomes e telefones, tais mudanças devem ser feitas o mais breve possível após a substituição do empregado e/ou telefone.

• O PAE deverá ser revisado por ocasião da realização de cada Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

• A revisão do PAE implica na reavaliação da ocupação a jusante e da necessidade de elaboração de novo mapa de inundação.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE CONTROLE E ATUALIZAÇÃO DO PAE	Elaboração: / /
		Revisão:

Revisão	Descrição	Responsabilidade				Data
		Por.	Ver.	Apr.	Aut.	
1						
Assinatura						
2						
Assinatura						
3						
Assinatura						
4						
Assinatura						

APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS AUTOTRIDADES PÚBLICAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE E OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS

• Devem ser entregues cópias físicas do PAE para as Prefeituras e Defesas Civis municipais e estaduais afetadas, além de cópia digital para o CENAD através do sítio eletrônico;

• O controle das entregas realizadas é apresentado no Formulário de Entrega de Cópias do PAE.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE CONTROLE DE CÓPIAS DO PAE	Elaboração: / /
		Revisão:
Autoridade	**Data da entrega**	**Protocolo**

APÊNDICE J – RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA

Após terminada a situação de emergência, o Coordenador do PAE ou a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá providenciar a elaboração do Relatório de Encerramento de Evento de Emergência, em até 60 dias, contendo, no mínimo:

I - Descrição detalhada do evento e possíveis causas;

II - Relatório fotográfico;

III - Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados;

IV - Indicação das áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia;

V - Consequências do evento, inclusive danos materiais à vida e à propriedade;

VI - Proposições de melhorias para revisão do PAE;

VII - Conclusões do evento; e

VIII - Ciência do responsável legal.

Ressalta-se que este relatório deverá ser protocolizado na Superintendência do órgão fiscalizador e anexado no Plano de Segurança da Barragem, em até 60 dias úteis após sua elaboração.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	**RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA**	**Elaboração: / /**
		Revisão:

Responsável	
Assinatura	

Descrição detalhada do evento e possíveis causas

Relatório Fotográfico		
Foto 01:	Foto 02:	Foto 03:
Foto 04:	Foto 05:	Foto 06:

PREFEITURA DE PONTE NOVA	RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA	**Elaboração:** / /
		Revisão:

Relatório Fotográfico

Foto 07:	Foto 08:	Foto 09:
Foto 10:	Foto 11:	Foto 12:

Descrição das ações realizadas durante o evento, incluindo cópia das declarações emitidas e registros dos contatos efetuados.

PREFEITURA DE PONTE NOVA	**RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA**	**Elaboração: / /**
		Revisão:

Indicações das áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia

Área	Identificação		Níveis/cotas atingidas

Consequências do evento, inclusive danos materiais à vida e à propriedade.

Proposições de melhorias para revisão do PAE

PREFEITURA DE PONTE NOVA	**RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA**	**Elaboração: / /**
		Revisão:

Conclusões do evento	
Ciência do responsável	
Nome	
Assinatura	
Data	

Lembrete importante: Protocolar este relatório na Superintendência do órgão fiscalizador e anexá-lo ao Plano de Segurança da Barragem, em até 15 dias úteis da sua elaboração.

APÊNDICE K – LISTA DE CONTATOS

Contato	Endereço	Telefone
Operador da barragem		
Supervisor da barragem		
Responsável técnico pela barragem		
Gerente de manutenção da barragem		
Geotecnia		
Meio Ambiente		
Saúde e segurança ocupacional		
Comunicação		
Brigada de Emergência		
Prefeitura Municipal de Ponte Nova	Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	(31) 3891-5454
Secretaria do Meio Ambiente – Ponte Nova	Avenida Mario Martins de Freitas, 401 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1896
Defesa Civil	Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	(31) 3891-5454
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG	Rodovia Pref. Américo Gianetti, s/n. - Prédio Minas - 10º andar - Bairro Serra Verde, Belo Horizonte/MG	(31) 3915-0247
		(31) 9818-2400
SEMAD/FEAM/IGAM/IEF	Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n Bairro Serra Verde - Belo Horizonte/MG	(31) 3915-1904 - SEMAD
		(31) 3915-1217 - FEAM
		(31) 3915-1252 - IGAM
		(31) 3915-1159 - IEF
Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da FEAM	Prédio Minas 2º andar.	(31) 9822-3947
	Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais, Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n. Bairro Serra Verde - Belo Horizonte/MG.	(31) 9825-3947
Polícia Militar (Ponte Nova)	Avenida Nossa Senhora das Graças, 651 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	190
		(31) 3604-1960
Polícia Civil (Ponte Nova)	Rua Felisberto Leopoldo, 262 – Bairro Santa Tereza, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1599
Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte): 3ª Pelotão Santa Lucia	Avenida Artur Bernardes, 1461 - Santa Lucia - Belo Horizonte/MG	193
		(31) 3293-3448
Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte): 1º Batalhão de Bombeiro Militar	Rua Piauí, 1815 - Cruzeiro - Belo Horizonte/MG	(31) 3289-8000
Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da	Rua Vereador Omar Magalhães, 864 – Bairro Santa Terezinha – Governador Valadares/MG	(31) 3330-8450

Contato	Endereço	Telefone
Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce		
Superintendência de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da DMAES	Rua Ernesto Trivelato, 158 - Bairro Triangulo – Ponte Nova - MG.	(31) 3819-5350
SUPRAM Central Metropolitana	Rua Espírito Santo, 495, Centro - Belo Horizonte - MG	(31) 3228-7700
Hospital Arnaldo Gavazza	Avenida Dr. José Grossi, 16 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3819-5001

APÊNDICE L – CRONOGRAMA

Neste item é apresentado o cronograma de implementação do PAE, que em termos macro considera o desenvolvimento das seguintes atividades, ao longo de 12 meses:

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Formação do GRAC e integração com instituições												
Realização dos contatos iniciais para os possíveis membros sugeridos como permanentes do GRAC	■											
Definição dos participantes do GRAC (nomes dos membros permanentes)		■										
Reconhecimento da área de inundação pelo GRAC em observância às vias, tendo como material de apoio o material cartográfico existente.			■									
Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada um dos membros permanentes				■								
Definição dos participantes que irão compor as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil				■								
Articulação pelos membros permanentes com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil				■	■							
Formalização de convite às entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil					■							
Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada uma das entidades de apoio e demais órgãos da sociedade civil, revisando o PAE, se necessário.					■							
Divulgação do Plano e estabelecimento de ações para contato com a comunidade												
Definição dos conteúdos e elaboração dos materiais de disseminação das ações de comunicação social junto às comunidades acerca da Barragem Passa Cinco – Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas interações socioambientais	■	■	■	■	■							
Deflagração efetiva das ações de Comunicação Social com a apresentação da Barragem Passa Cinco - Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas interações socioambientais					■							
Identificação e definição dos representantes comunitários para composição do GRAC						■						
Definição dos conteúdos e elaboração dos materiais de disseminação do PAE para as comunidades							■					

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Convocação das comunidades potencialmente atingidas para participação nas apresentações do PAE												
Apresentação do PAE para as comunidades												
Divulgação das ações previstas de contingência e dos equipamentos potencialmente utilizáveis												
Estabelecimento das formas definitivas ou atuais de contato com o público												
Aquisição de equipamentos e sinalização												
Avaliação dos recursos internos externos disponíveis												
Avaliação da necessidade de aquisição de novos recursos												
Aquisição de equipamentos												
Criação do sistema de comunicação com os participantes (telefones e alarmes)												
Validação dos procedimentos preventivos e de atendimento de emergência												
Sinalização das vias de acesso específicas às áreas potencialmente atingidas												
Capacitações, treinamentos e simulações												
Viabilização das ações de treinamento do GRAC, via Defesa Civil												
Preparação do material												
Definição das formas de treinamento												
Realização dos treinamentos												
Avaliação do tempo de resposta, considerando o desencadeamento das ações de emergência definidas e a mancha de inundação fornecida pelo *Dam Break*.												
Procedimentos de previsão de ocorrência de chuvas e realização de batimetrias e demais fatos motivadores												
Definição/ratificação dos fatos motivadores relativos a cada Nível de Segurança e Risco e das respectivas ações de emergência												

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Manual de Operações da Barragem – Revisão												
Procedimentos de operação, inspeção, monitoramento e intervenções da Barragem												
Auditorias												
Contratação de equipe das auditorias												
Revisões												
Definição do responsável pela revisão												
Estratégias de recuperação												
Criação do GRACPA												
Realização de contatos com instituições												

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA ADEQUAÇÃO

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO 2

3 ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS 3

4 CONCEITOS 3

4.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS 3

4.2 NORMAS DE REFERÊNCIA 4

5 CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO 5

6 SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS 5

6.1 PREMISSAS 6

6.2 CONTROLE 7

7 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO 7

8 IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO 8

8.1 IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS ACESSOS DE SERVIÇO 8

9 SUPRESSÃO VEGETAL, DESTOCAMENTO E LIMPEZA 8

9.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS 8

10 INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE 10

10.1 INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA 12

10.1.1 IDENTIFICAÇÃO 12

10.1.2 INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA – PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS 13

10.1.3 CUIDADOS PREVENTIVOS 13

10.1.4 MÉTODO EXECUTIVO 14

10.2 PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO (*STANDPIPE*) 17

10.2.1 IDENTIFCAÇÃO *18*

10.2.2 PIEZÔMETROS – EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS PRINCIPAIS ... *18*

10.2.3 CUIDADOS PREVENTIVOS *19*

10.2.4 MÉTODO EXECUTIVO *20*

10.2.5 FREQUÊNCIA DE LEITURA *23*

10.3 MEDIDOR DE VAZÃO 23

11 ESCAVAÇÃO E RETALUDAMENTO 25

11.1 ESCAVAÇÃO DE MATERIAL 1° CATEGORIA 25

11.1.1 classificação *25*

11.2 REQUISITOS DAS ESCAVAÇÕES 26

11.2.1 requisitos de segurança durante as escavações *30*

11.3 BOTA-FORAS 31

11.4 TRATAMENTO DO TALUDE E PROTEÇÃO DOS TALUDES DE ESCAVAÇÃO 32

11.5 LIMPEZA E REGULARIZAÇÃO DO TALUDE 32

12 PROTEÇÃO VEGETAL DE TALUDES 32

12.1 MIX DE SEMENTES 32

12.2 ACERTO E REGULARIZAÇÃO MANUAL 32

12.3 PREPARAÇÃO DO SOLO 33

12.4 PREENCHIMENTO DE CONCAVIDADES 33

12.5 CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS 33

12.6 APLICAÇÃO DO TRATAMENTO DE VEGETAÇÃO 34

12.7 HIDRO-SEMEADURA 34

13 CONTROLE DE COMPACTAÇÃO DO ATERRO 36

13.1 ALINHAMENTO E GREIDES 36

13.2 UMIDADE DE COMPACTAÇÃO 36
13.3 LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DAS CAMADAS 37
13.4 PROTEÇÃO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES NAS PARALISAÇÕES 39
13.5 CORREÇÃO E HOMOGENEIZAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE 40
13.6 COMPACTAÇÃO E EQUIPAMENTOS REQUERIDOS 40
13.6.1 rolos tipo pé-de-carneiro 42
13.6.2 compactadores mecânicos de operação manual 43
13.6.3 compactadores – filtros e transições 43
13.7 TRATAMENTO ADICIONAIS E RECOMPACTAÇÃO 44
13.8 CONTROLE GERAL DE COMPACTAÇÃO 45
14 EXECUÇÃO DAS TRANSIÇÕES 48
14.1 LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DAS CAMADAS DE TRANSIÇOES 49
14.1.1 enrocamento 49
Controle Tecnológico de Material 49
Controle de Material 50
Estoque 50
Inspeção Visual 50
14.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS 51
14.2.1 areia 51
Lançamento e Espalhamento de Camadas 51
Controle Geral de Compactação 52
14.2.2 brita 53
Lançamento e Espalhamento de Camadas 53
Controle Geral de Compactação 53

14.3 CURVAS GRANULOMÉTRICAS 54

15 CONCRETO CONVENCIONAL 55

15.1 GERAL 55

15.2 CLASSE DE CONCRETO 56

15.3 DOSAGEM 56

15.4 MISTURA E TRANSPORTE 57

15.5 PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS 57

15.5.1 SUPERFÍCIES DE FUNDAÇÃO 57

15.5.2 SUPERFÍCIES DAS JUNTAS DE CONSTRUÇÃO E DE DILATAÇÃO 58

15.5.3 JUNTA FRIA 59

15.5.4 JUNTAS DE CONSTRUÇÃO 59

15.6 CURA DO CONCRETO 60

15.6.1 CURA QUÍMICA 61

15.7 TOLERÂNCIA EM RELAÇÃO A ALINHAMENTOS, COTAS E DIMENSÕES DE PROJETO 61

15.8 CONTROLE DE QUALIDADE 61

16 FÔRMAS E ARMADURA 62

16.1 FORMAS 62

16.2 ARMADURA 63

16.2.1 COLOCAÇÃO DA ARMADURA E EMENDAS 63

17 EQUIPAMENTOS 64

18 SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE (SSMA) 65

18.1 CONTROLE AMBIENTAL 65

19 GARANTIA DE QUALIDADE 66

19.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 66

20 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 1

Figura 10.2 – Detalhe típico de um Indicador de Nível D'Água..... 12

Figura 10.3 – Perfil Esquemático um piezômetro de tubo aberto convencional. 18

Figura 14.1 – Distribuições Granulométricas dos materiais drenantes. 54

Figura 14.2 - Valores das faixas granulométricas. 55

1 INTRODUÇÃO

Neste documento é apresentada a **Especificação Técnica de Obras e Serviços da Adequação da Barragem Passa Cinco**. A barragem é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Os serviços deverão ser executados de acordo com os desenhos técnicos do projeto, as Normas Técnicas Brasileiras da ABNT e as diretrizes desta especificação.

No caso da CONTRATADA adotar Normas e/ou Especificações diferentes das preconizadas pelo órgão acima mencionado (ABNT) e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A observância rigorosa dos procedimentos e dos desempenhos definidos nesta especificação será de responsabilidade da CONTRATADA e da FISCALIZAÇÃO. Esta última consultará a equipe técnica da Prefeitura Municipal de Ponte Nova sempre que ocorrerem situações, durante a execução, não previstas no Projeto ou de entendimento duvidoso.

A execução das obras deverá obedecer às diretrizes constantes nesta Especificação Técnica, no Relatório Técnico e nos Desenhos do Projeto Executivo (o projeto executivo não é escopo deste plano de trabalho). Quaisquer modificações e/ou ajustes que se mostrarem necessários, em qualquer tempo, em relação aos procedimentos aqui estabelecidos ou em relação aos Desenhos de Projeto, deverão ser comunicados à BARUK para serem submetidos à sua aprovação.

A BARUK se exime de qualquer responsabilidade caso os procedimentos, aqui apresentados, não sejam rigorosamente cumpridos.

2 OBJETIVO

A presente Especificação Técnica tem o objetivo de conceituar, definir e especificar os procedimentos executivos a serem cumpridos durante a execução dos serviços de adequação da Barragem Passa Cinco, bem como adequação do sistema extravasor, o qual foi desenvolvido visando melhorar a condição da estrutura da barragem.

Os serviços serão pagos a preço global contratual recebidos e aceitos pela FISCALIZAÇÃO e a medição remunera integralmente os custos envolvidos na execução dos serviços, fornecimento de materiais e insumos; implantação e construção de edificações; fornecimento de materiais e implantação das demais instalações e infraestrutura, inclusive a remoção futura de instalações e reintegração da área utilizada. Inclusos no preço contratual o transporte, carga e descarga e perdas, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços e outros recursos utilizados na execução.

3 ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS

As obras de Adequação incluirão, sem a eles se limitar, os seguintes serviços:

- Serviços topográficos
- Mobilização e desmobilização;
- Instalações provisórias;
- Locação das obras;
- Desmatamento, destocamento e limpeza;
- Dispositivos de observação:
  - Indicadores de Nível de Água;
  - Piezômetros de tubo aberto (Tipo Casagrande) convencional;
  - Medidore de vazão.
- Obras de adequações do sistema extravasor e reforço:
  - Limpeza / reconformação de taludes;
  - Escavação / limpeza da área;
  - Execução do reforço;
  - Execução do sistema extravasor;
  - Execução do revestimento superficial com plantio vegetal.

Essas atividades deverão ser amplamente acompanhadas pela FISCALIZAÇÃO, a CONTRATADA deverá ter equipes full-time para execução desta atividade.

4 CONCEITOS

Para efeito desta Especificação Técnica são estabelecidos os seguintes conceitos.

4.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

- CONTRATANTE: Prefeitura Municipal de Ponte Nova, empresa proprietária da obra;
- PROJETISTA: BARUK;
- FISCALIZAÇÃO: Pessoa, pessoas ou firma designada pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova com o intuito de examinar, verificar, ajustar soluções construtivas não previstas no projeto, aceitar ou recusar e medição dos serviços;

- CONTRATADA: Pessoa, firma ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução e o fornecimento de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à execução da obra.

- ATO – ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA: Empresa ou profissional especializado em obras de barragens contratado pela CONTRATANTE para o acompanhamento técnico da execução dos serviços, de modo a garantir aderência entre projetado e implantado. Responsável pelo encaminhamento de solicitações de alterações de projeto, coleta ou armazenamento de registros da construção, relato de não conformidades e demais atividades imprescindíveis à garantia de segurança da obra.

4.2 NORMAS DE REFERÊNCIA

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente Especificação Técnica, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes coletâneas de normas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- *AWWA - American Water Works Association;*
- *ASTM - American Society for Testing and Materials;*
- *AWS - American Welding Society;*
- *DIN - Deutsche Industrien Normen;*
- *ISO - International Organization for Standardization.*

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

5 CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

O projeto conceitual consiste em realizar a execução do reforço, adequação do extravasor e implantação de instrumentos. Além disto, é proposto a implantação de um sistema de drenagem interno, que atualmente não foi identificado.

6 SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

Deverá ser prevista pela CONTRATADA a utilização de equipamentos topográficos adequados à locação e apoio à obra.

Estes equipamentos serão utilizados para dar apoio aos serviços de demarcação, escavações, aterros, locação das estruturas, vias de acesso e demais serviços, a critério da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A CONTRATADA deverá verificar todas as cotas do projeto, comparando-se com as medidas do terreno, em caso de discrepância entre os dados de campo x dados de projeto, a PROJETISTA deverá ser comunicada para avaliação e/ou adequação se for o caso.

Os equipamentos deverão estar disponíveis e em perfeito estado de funcionamento, de modo a permitir atender prontamente a qualquer solicitação da FISCALIZAÇÃO e da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Estes equipamentos deverão ser submetidos à aprovação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, que se reserva o direito de aceitá-los ou não.

Os serviços topográficos deverão ser executados em perfeita observância às indicações dos desenhos de projeto e desta especificação, utilizando-se aparelhos de comprovada exatidão e profissionais devidamente habilitados para operá-los.

A CONTRATADA é a responsável exclusiva pela boa e correta locação da obra.

Todos os defeitos, erros, danos, falhas e quaisquer outras irregularidades, ocorridas com os serviços executados em desacordo com as indicações do projeto, terão as suas demolições e reconstruções executadas à custa da CONTRATADA.

Não será permitida a locação das obras sem o auxílio de aparelhos adequados e com precisão que atenda às exigências de projeto.

6.1 PREMISSAS

A FISCALIZAÇÃO indicará os pontos de amarração e referências de nível (RN's) que julgar necessários e suficientes, a fim de possibilitar que a CONTRATADA faça a locação da obra.

Previamente ao início das obras, a CONTRATADA poderá instalar um sistema de marcos topográfico de concreto, referenciados ao sistema de coordenadas constante do projeto. Os marcos serão distribuídos de forma a permitir a locação das estruturas previstas, a serem construídas ou removidas.

A locação dos cortes e dos aterros, rigorosamente de acordo com o projeto, será responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, que receberá os elementos do projeto suficientes à uma perfeita localização. As estacas para fazer a marcação dos off-sets deverão ser localizadas por nivelamento geométrico.

Todos os danos decorrentes de erros de locação ou nivelamentos, bem como, o ônus de reconstrução que, em virtude deles, se fizerem necessários, serão imputados à CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá realizar a locação dos serviços, com o acompanhamento da FISCALIZAÇÃO. Toda locação topográfica será concretizada através de um memorando de confirmação do estaqueamento, assinado pelas partes.

Todos os serviços de locação e amarrações topográficas, levantamento de seções primitivas, medição de volumes, etc., serão de responsabilidade da CONTRATADA, que deverá ser acompanhado, analisado, aprovado e liberado pela FISCALIZAÇÃO.

Os "off sets" serão marcados a partir das coordenadas dos pontos notáveis para a terraplanagem, aterros, drenagem, etc., fornecidas nos desenhos do projeto ou indicados pela FISCALIZAÇÃO e materializados por meio de piquetes e testemunhos, com a indicação do número da estaca correspondente à estaca dos eixos.

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova poderá exigir as modificações que julgar necessárias, e sua aprovação não eximirá a CONTRATADA de responsabilidade pela qualidade dos serviços que executar.

6.2 CONTROLE

O controle dos serviços topográficos será feito pela CONTRATADA e pela FISCALIZAÇÃO, através de acompanhamento permanente e de eventuais verificações.

7 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO

A CONTRATADA deverá iniciar sua mobilização imediatamente após a emissão da ordem de serviço pela CONTRATANTE e concluir os trabalhos dentro dos prazos por ela propostos e de acordo com as datas-marco estabelecidas.

A mobilização deverá incluir o transporte dos equipamentos, maquinários, materiais e empregados da CONTRATADA e de seus pontos de origem ao local da obra.

A CONTRATADA deverá apresentar, em sua proposta, uma lista completa, juntamente com o respectivo cronograma de mobilização, de todo o equipamento, maquinário, materiais e pessoal a serem empregados durante o cumprimento do contrato, em perfeita concordância com o Plano de Trabalho por ela proposto, incluindo aparelhos de laboratório de controle de qualidade na construção das obras.

Após o término da execução das obras e serviços, a CONTRATADA deverá efetuar a sua desmobilização, compreendendo a remoção de instalações e construções provisórias, e recuperar as áreas por ela desmatadas para implantação de suas instalações e dos acessos de serviço por ela implantados, que não se tornarem acessos definitivos, a critério da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A recuperação das áreas referidas no parágrafo anterior deverá compreender a conformação topográfica, drenagem das áreas utilizadas, recobrimento e preparo da superfície com solo vegetal e o replantio de vegetação.

8 IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova colocará à disposição da CONTRATADA as áreas de implantação das obras, as áreas de empréstimo e as áreas de "bota-espera" e "bota-fora" e canteiro necessários à execução das obras.

A construção das unidades físicas, incluindo laboratório para ensaios geotécnicos, deverá ser compatível com as necessidades da obra, traduzida pelo seu prazo de execução e características físicas de seus componentes, a ser definida pela CONTRATADA e aprovada pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

No projeto de instalação do canteiro de obras a CONTRATADA deverá observar a prescrição das Normas Técnicas com relação ao número mínimo de banheiros, chuveiros, vestiários, etc.

8.1 IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS ACESSOS DE SERVIÇO

Os acessos de serviço serão implantados com a geometria (raios, rampas, largura etc.) compatível com os equipamentos e planejamento da construção propostos pela CONTRATADA.

As atividades de desmatamento, escavação, transporte e aterro compactado, necessárias para implantação dos caminhos deverão seguir, onde aplicáveis, as recomendações constantes nesta Especificação.

Os leitos dos acessos deverão ter revestimento primário, devendo a CONTRATADA implantar um sistema de drenagem, a ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO, para evitar erosões decorrentes da abertura dos acessos.

9 SUPRESSÃO VEGETAL, DESTOCAMENTO E LIMPEZA

9.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza, serão executados de acordo com esta especificação, obedecendo às dimensões e aos alinhamentos indicados nos

desenhos aprovados para construção e às especificações complementares a serem fornecidas pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Estes serviços serão executados em três níveis:

- Desmatamento, compreendendo a derrubada da vegetação, com corte das árvores existentes acima do terreno e a remoção de todo material resultante destas atividades para locais de bota-fora ou outro local a ser definido pela Fiscalização da Prefeitura Municipal de Ponte Nova. Considerar neste item a carga, transporte, descarga e espalhamento das árvores, galhadas e vegetação superficial até a DMT de 1,5 km;

- Destocamento, compreendendo a retirada de tocos e raízes e o enleiramento das massas vegetais resultantes e/ou remoção para locais de bota-fora ou outro local a ser definido pela Fiscalização da Prefeitura Municipal de Ponte Nova. Este item não será objeto de medição, pois os serviços de destocamento estão inclusos nos serviços referentes ao desmatamento;

- Limpeza compreende a raspagem de cerca de 0,50m de espessura da camada de solo vegetal, independente da variação para mais ou para menos, obtida através do projeto previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO. A superfície resultante deverá apresentar completamente livre de qualquer detrito.

Dependendo da disponibilidade de equipamentos, a CONTRATADA poderá desenvolver as atividades de desmatamento e de destocamento simultaneamente, desde que atendidas às especificações técnicas.

A CONTRATADA deverá tomar todas as providências necessárias à preservação da paisagem natural e orientar seu serviço de modo a não desfigurar e causar danos ao meio ambiente, limitando-se a executar o desmatamento nas áreas estritamente necessárias e utilizar, nesses serviços, técnicas, procedimentos e métodos de trabalho que minimizem o impacto ambiental.

Os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza serão executados nas áreas onde haverá algum tipo de intervenção para implantação da estrutura do reforço, extravasor, além de outros locais, indicados pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Nos locais a serem ocupados pelas obras de terra e pelas estruturas de concreto, os serviços de desmatamento, destocamento e eventual limpeza e/ou raspagem serão executados integralmente nas áreas compreendidas entres os "*off-sets*" dos cortes e dos aterros, com acréscimos de até 5m para cada lado, ou outras dimensões a serem definidas pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A CONTRATADA deverá retirar os materiais removidos nesta operação e dar a devida destinação, conforme procedimento definido pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Em nenhuma hipótese será permitido o uso de agrotóxicos para execução dos serviços, nem o lançamento, nos córregos ou em drenagens naturais, de galhos, troncos e outros materiais provenientes das operações aqui previstas.

Bem como não será permitida a queima destes materiais.

A CONTRATADA deverá evitar riscos e tomar medidas de proteção contra incêndio, de acordo com as exigências da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, devendo ser previstos equipamentos de combate a incêndio em condições de operação em qualquer área, a qualquer momento.

10 INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE

Esta especificação dará as diretrizes para a execução e instalação da instrumentação complementar para a Barragem Passa Cinco, considerando sua configuração final representada pelo desenho n° DE04-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.

A instalação dos dispositivos de monitoramento, deverá ser realizada de acordo com as presentes especificações, e tem por objetivo o acompanhamento do comportamento das pressões neutras na estrutura e fundação:

- Desenvolvimento das pressões neutras na fundação, no corpo do aterro da barragem, e nos elementos de drenagem interna, considerando o acompanhamento da variação dos níveis hidrostáticos;
- Deslocamentos superficiais e internos da barragem e fundação;
- Vazões do sistema de drenagem interna.

Os dispositivos de observação a fornecer são os seguintes:

- Indicadores de Nível de Água;
- Piezômetros de tubo aberto (Tipo Casagrande) convencional;
- Medidoresde vazão.

Deverão ser anotadas todas as observações de interesse e eventuais anormalidades verificadas durante o processo de perfuração/escavação e instalação, elaborados boletins de sondagens que deverão ser emitidos a BARUK para análise e atendimento às características especificadas

Após a instalação do instrumento, a CONTRATADA deverá elaborar um relatório contendo registros da data, locação (coordenadas, estaca, afastamento), cotas (da boca e fundo do furo de sondagem ou da cava e valeta), número de fabricação do instrumento, cota de instalação, cota da superfície do aterro adjacente, perfil geológico do furo com inclusão dos resultados de ensaios de infiltração e/ou perda d'água (quando houver) e croquis de instalação do instrumento e caminhamento da respectiva tubulação.

Deverão ser realizadas leituras iniciais dos instrumentos, que deverão ser enviadas para verificação do seu correto funcionamento.

A FISCALIZAÇÃO reserva-se o direito de recusar qualquer tipo de dispositivo que não siga as prescrições do presente documento e/ou que não apresente garantia suficiente de bom comportamento e longevidade.

Na Tabela 10.1 são exibidos os dados necessários para a instalação de todos os instrumentos na estrutura.

Tabela 10.1 – Instrumentação de Controle – Características Gerais de Implantação

INSTRUMENTO	TIPO	Coordenadas		Cota de Topo (m)	Prof. (m)
		E	N		
PZ-01	Piezômetro	721002.95	7740063.51	479,85	12
PZ-02	Piezômetro	720979.95	7740073.39	469,80	9
INA-01	Medidor de nível d'água	721002.95	7740063.51	479,85	7
INA-02	Medidor de nível d'água	720980.63	7740075.18	469,80	6

10.1INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA

Os indicadores de nível d'água são instrumentos que permitem obter a cota da superfície freática na massa de solo, onde o instrumento está instalado.

As características de implantação dos INA's são apresentadas na Tabela 10.1 e os detalhes típicos do instrumento na Figura 10.1.

10.1.1 IDENTIFICAÇÃO

Os indicadores de nível d'água deverão ser identificados pelas letras INA, seguida dois dígitos referentes ao número do instrumento, conforme especificado nos desenhos de projeto.

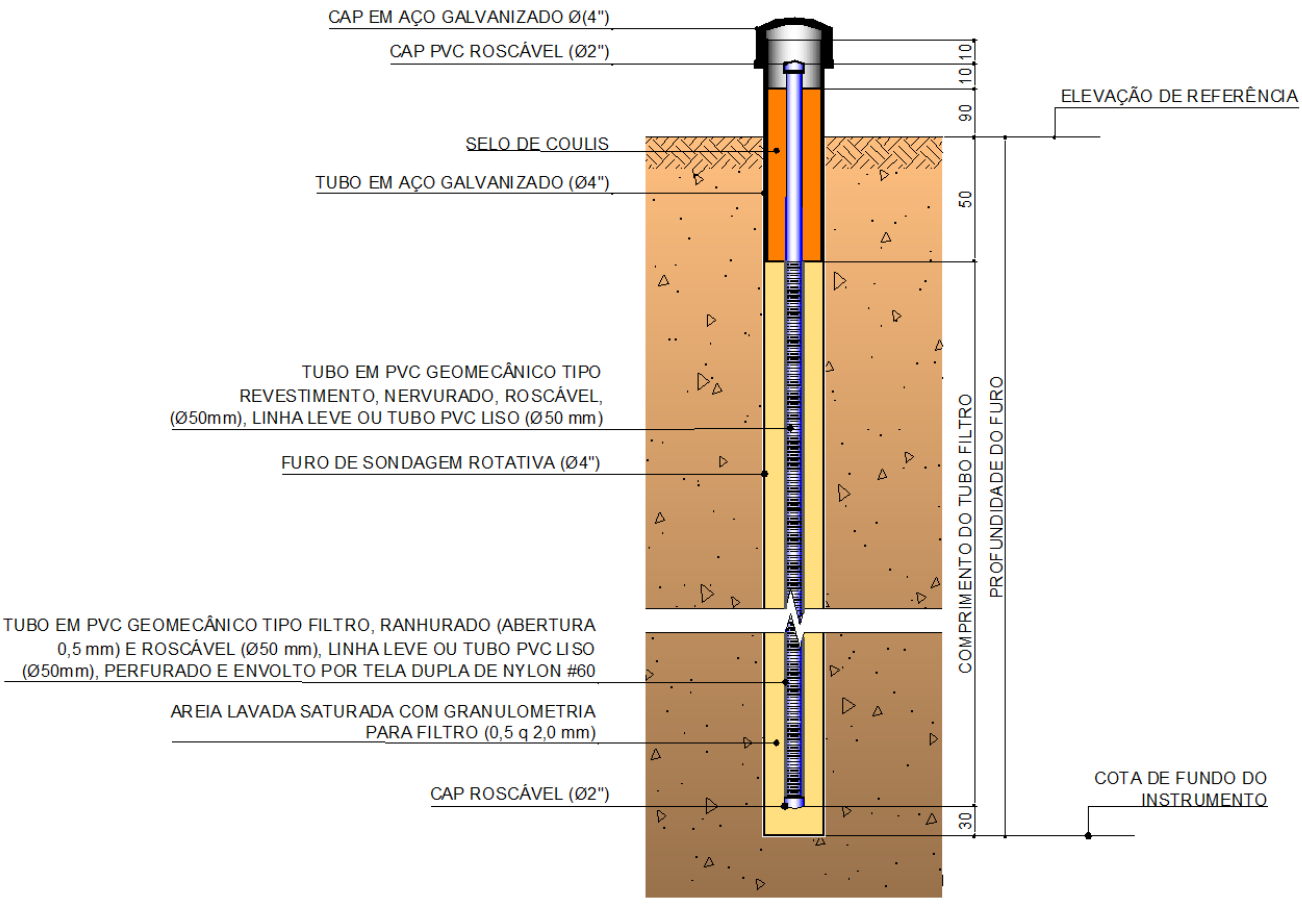


Figura 10.1 – Detalhe típico de um Indicador de Nível D'Água.

10.1.2 INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA – PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

Os equipamentos, materiais e acessórios principais para a confecção e implantação dos INA's são listados abaixo:

- Tubo geomecânico em PVC, tipo filtro, ranhurado (abertura 0,5mm) e roscável (∅50mm), linha leve ou tubo de PVC liso (∅50mm), perfurado por 8 furos (∅1/16") equidistantes e diametralmente opostos, em seções transversais espaçadas de 8cm, sendo envolto por tela dupla de nylon #60;
- Tubo geomecânico em PVC, tipo revestimento, nervurado e roscável (∅50mm), linha leve ou tubo de PVC liso (∅50mm);
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (em pó);
- Cimento tipo *Portland*;
- Boletim de Instalação de INA.

Obs.: Os equipamentos e acessórios listados não incluem aqueles necessários para execução da perfuração e posterior preenchimento do furo, como sonda, bombas, tubos de revestimento, reservatórios, mangueiras, tremonha, etc.).

10.1.3 CUIDADOS PREVENTIVOS

Não utilizar lamas estabilizadoras como bentonita ou similares, para assegurar a estabilidade da parede durante a execução do furo, por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos, que devem manter contato pleno com o material adjacente ao furo. Uma forma alternativa sugerida é a instalação provisória de tubos com finalidade de revestimento, retirados no momento da instalação dos INA's.

As profundidades onde houver perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos instrumentos.

As paredes dos furos deverão estar estáveis e os furos, livres de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem, antes da instalação dos INA's.

A profundidade final atingida pela sondagem e as condições/especificações dos materiais para instalação dos INA's deverão estar de acordo com as especificações definidas para cada instrumento.

10.1.4 MÉTODO EXECUTIVO

- Etapa 1 – Execução dos Furos

  - Os furos para instalação dos INA's deverão ser locados por equipe de topografia, observando-se as coordenadas indicadas nos desenhos de projeto;
  - Deverão ser levantadas as cotas de boca e fundo INA's e a cota da superfície do terreno onde o instrumento for instalado;
  - As sondagens programadas para a instalação dos INA's seguirão as normas, diretrizes e recomendações preconizadas pela ABGE para a execução das sondagens, bem como as orientações específicas contidas em cada programa de investigação;
  - Caso a sondagem atingir o nível freático, deverá ser registrado, no boletim de sondagem, a profundidade e a data da observação.
  - Caso ocorra artesianismo surgente, deverá ser feita uma medição da vazão de escoamento da água, ao nível do solo, com tempo mínimo de 25 minutos, onde as observações como turbidez, volume d'água e tempo medido deverão ser anotadas no boletim;
  - Deverá ser executado um furo revestido, sendo que o avanço do revestimento deve ser concomitante à perfuração, de modo que a extremidade inferior do revestimento mantenha-se, no máximo, a 0,50m acima do fundo de escavação.
  - Após atingida a profundidade definida pela projetista, o furo deverá ser lavado com água limpa e isenta de material em suspensão. Essa lavagem deverá ser feita com o auxílio da própria bomba da máquina da sonda, até que se obtenha uma água quase limpa na boca do furo;
  - O nível d'água de um furo em execução será medido todos os dias antes do início dos trabalhos e após 24 horas da sua conclusão;

- Nos intervalos entre turnos de perfuração e nos períodos de espera para leitura final do nível d'água, o furo deverá permanecer tampado e protegido da entrada de águas pluviais;
- Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração;
- Depois de concluída a perfuração, toda a água turva eventualmente existente no interior do furo deverá ser substituída por água límpida, antes da instalação dos INA's.
- Sempre que a permeabilidade do terreno sondadopermitir, é desejável que o furo seja mantido com nível d'água até o seu topo, durante todo o preenchimento do trecho drenante de areia adjacente ao instrumento.

- Etapa 2 – Instalação dos indicadores de nível d'água (INA's)

  - Os INA's somente serão instalados nos furos de sondagem, obtidas as condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO, para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação;
  - Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que sujeira e materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada uma nova limpeza do furo ou a abertura de um novo furo para a instalação do instrumento;
  - Inicialmente, deve-se preencher o fundo do furo com areia lavada e graduada entre as granulometrias de 0,50mm e 2,00mm em altura variando de 30,0 a 50,0cm e servirá de base para o INA. No caso dos furos revestidos, esta operação será realizada simultaneamente com a retirada do revestimento;
  - O corpo do INA deverá ser constituído por um tubo geomecânico em PVC, tipo filtro, ranhurado (abertura ∅0,5 mm) e roscável (∅ 50 mm), linha leve, ou, alternativamente, por um tubo de PVC liso, roscável (∅ 50 mm), perfurado conforme indicação do item **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e envolto por tela de *nylon* #60;
  - O trecho do filtro, de comprimento variável, tem seu segmento da base do INA, até a altura correspondente a 1,50m, abaixo da superfície do terreno, no local onde o instrumento será instalado;

- Os tubos individuais para a montagem do INA deverão ser unidos por luvas roscáveis, sendo o tubo inferior tamponado, com a introdução de um tampão (*cap*) roscável, na base da composição do instrumento.
- A areia graduada e lavada entre as granulometrias de 0,50 mm e 2,00mm deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde sua base até, aproximadamente, 50,0 cm abaixo da superfície do terreno, no local onde o instrumento será instalado. Este procedimento poderá ser executado manualmente, despejando-se a areia entre o tubo e as paredes do furo. A areia deverá ser bem arredondada e limpa, livre de matéria orgânica, resíduos, etc;
- No caso do furo estar revestido, o preenchimento com areia será realizado à medida que o revestimento for sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por eventuais desmoronamentos das paredes do furo;
- A areia deverá ser lançada em pequenas quantidades. Preferencialmente, empregando areia seca nos trechos de furo com presença de água em seu interior e areia saturada nos trechos sem água.
- O revestimento deverá ser erguido em incrementos da ordem de 0,30 m, após cada preenchimento do espaço subjacente;
- Se houver tendência de ruptura das paredes do furo, deve-se levantar o revestimento em incrementos menores, da ordem de 0,10 m ou menos, em função das condições locais, mantendo o preenchimento com areia, no espaço anelar correspondente.
- Imediatamente acima do segmento em areia (pré-filtro), será introduzida uma mistura (*coulis*) de cimento, bentonita e água, para servir como um selo superficial, preenchendo o espaço anelar entre o INA e o tubo de revestimento de aço, no trecho do furo revestido, até atingir uma coluna de 0,90m acima do NT (elevação de referência), mantendo uma folga de 0,10m na extremidade do INA. O coulis deverá apresentar a relação bentonita-cimento de 1:10 e fator água-cimento a/c = 0,5;
- A extremidade superior do INA deverá receber um tampão (*cap*) roscável, para proteção da sua integridade interna e permitir acesso às tomadas de leituras futuras.

- Etapa 3 – Acabamento

- Após a execução do INA, um marco de concreto contendo uma placa de identificação do instrumento deverá ser posicionado logo acima do instrumento instalado. A placa deverá conter: nome/número do instrumento, coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação;
- Deverá ser providenciada uma proteção superficial, conforme projeto, para proteger os INA´s contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com circulação de animais, deverá ser providenciada uma cerca no entorno do instrumento.
- Todos os dados pertinentes à instalação dos INA's deverão ser registrados em boletins específicos.

10.2PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO (*STANDPIPE*)

Os piezômetros são instrumentos que permitem a verificação da pressão neutra (poropressão), em um trecho específico de uma massa de solo saturada, onde o instrumento está instalado.

Serão instalados piezômetros tipo Casagrande Modificado, convencionais e automatizados com sensores de cordas vibrantes.

As características de implantação dos PZ's são apresentadas na Tabela 10.1 e os detalhes típicos dos piezômetros convencionas é apresentado na Figura 10.2.

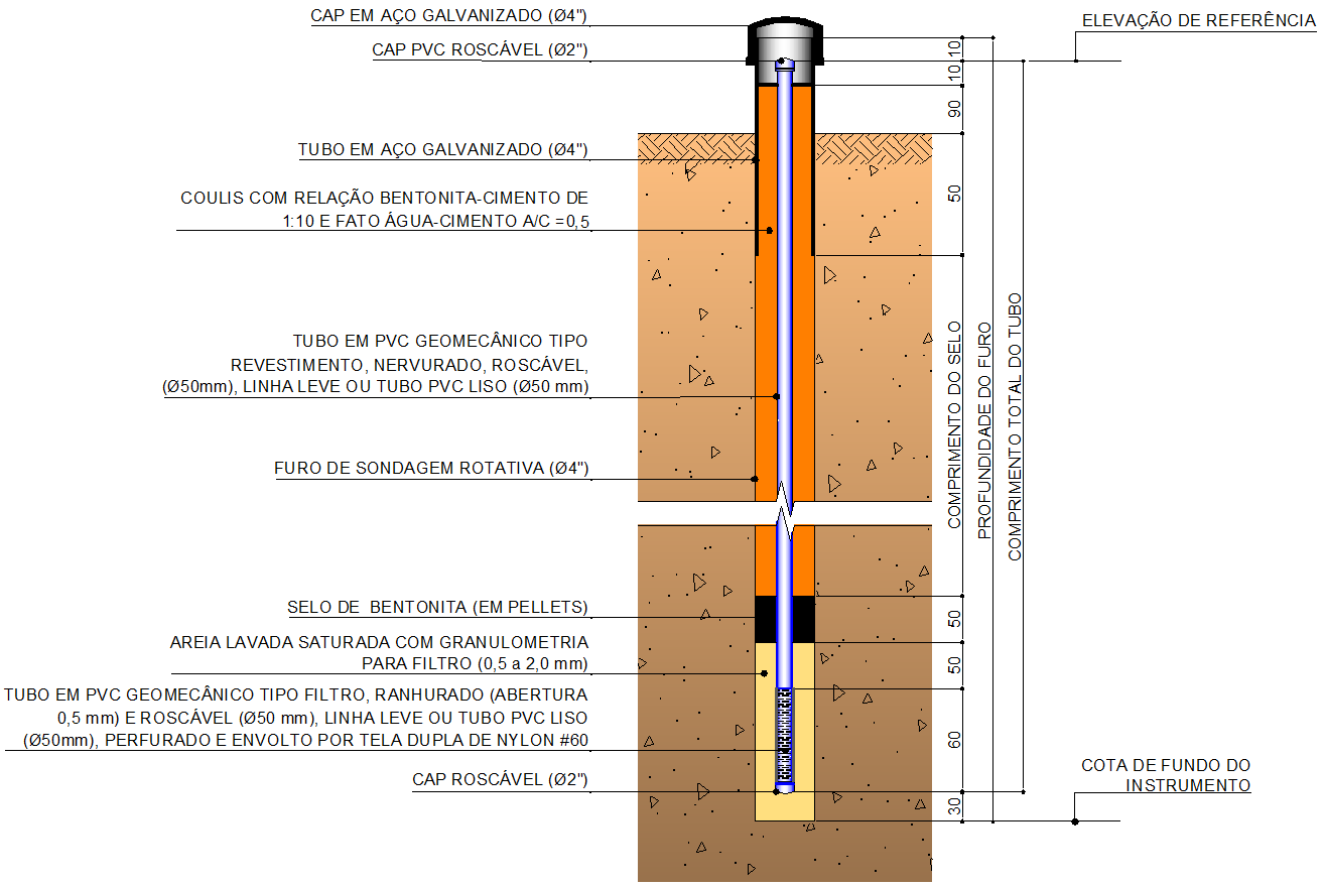


Figura 10.2 – Perfil Esquemático um piezômetro de tubo aberto convencional.

10.2.1 IDENTIFCAÇÃO

Os piezômetros deverão ser identificados pelas letras PZ, seguida pelo os dois dígitos referentes ao número do instrumento, conforme especificado nos desenhos de projeto.

10.2.2 PIEZÔMETROS – EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS PRINCIPAIS

- Tubo geomecânico em PVC, tipo filtro, ranhurado (abertura 0,5 mm) e roscável (∅50mm), linha leve ou tubo de PVC liso (∅50 mm), perfurado por 8 furos (∅1/16") equidistantes e diametralmente opostos, em seções transversais espaçadas de 8 cm, sendo envolto por tela dupla de nylon #60;

- Tubo geomecânico em PVC, tipo revestimento, nervurado e roscável (∅50mm), linha leve ou tubo de PVC liso (∅50 mm);
- Pré-filtro em areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 mm e 2,0 mm;
- Centralizadores;
- Bentonita (em pó);
- Bentonita (em pellet);
- Cimento tipo *portland*;
- Boletim de Instalação de Piezômetros.

Obs.: Os equipamentos e acessórios listados não incluem aqueles necessários para execução da perfuração e posterior preenchimento do furo (como sonda, bombas, tubos de revestimento, reservatórios, mangueiras, tremonha, etc.).

10.2.3 CUIDADOS PREVENTIVOS

Não utilizar lamas estabilizadoras como bentonita ou similares, para assegurar a estabilidade da parede durante a execução do furo, por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos, que devem manter contato pleno com o material adjacente ao furo. Uma forma alternativa sugerida é a instalação provisória de tubos com finalidade de revestimento, retirados no momento da instalação dos piezômetros.

As profundidades onde houver perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos PZ's.

As paredes do furo deverão estar estáveis e os furos livres de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem antes da instalação dos piezômetros;

A profundidade final atingida pela sondagem e as condições/especificações dos materiais para instalação dos piezômetros deverão estar de acordo com as especificações definidas para cada instrumento.

Em hipótese alguma as cotas e coordenadas definidas em projeto, deverão ser modificadas em campo sem o conhecimento da FISCALIZAÇÃO e aprovação da PROJETISTA.

10.2.4 MÉTODO EXECUTIVO

- Etapa 1 – Execução dos Furos

  - Os furos para instalação dos PZ's deverão ser locados por equipe de topografia, observando-se as coordenadas indicadas nos desenhos de projeto;

  - Deverão ser levantadas as cotas de boca e de fundo dos PZ's;

  - As sondagens programadas para a instalação de piezômetros seguirão as normas, diretrizes e recomendações preconizadas pela ABGE e ABNT para a execução das sondagens, bem como as orientações específicas contidas em cada programa de investigação;

  - Caso a sondagem atinja o nível freático deverão ser registrados no boletim de sondagem a profundidade e a data da observação;

  - Caso ocorra artesianismo surgente, deverá ser feita uma medição da vazão de escoamento da água ao nível do solo, com tempo mínimo de 25 minutos, onde as observações como volume d'água, turbidez e tempo medido deverão ser anotadas no boletim;

  - Deverá ser executado um furo revestido, sendo que o avanço do revestimento deve ser concomitante à perfuração, de modo que a extremidade inferior do revestimento se mantenha, no máximo, a 0,50m acima do fundo de escavação;

  - Após atingida a profundidade definida pela BARUK, o furo deverá ser lavado com água limpa e isenta de material em suspensão. Essa lavagem deverá ser feita com o auxílio da própria bomba da sonda, até que se obtenha uma água limpa, na boca do furo;

  - O nível d'água de um furo de sondagem em execução, será medido todos os dias antes do início dos trabalhos e após 24 horas da sua conclusão;

- Nos intervalos entre turnos de perfuração e nos períodos de espera para leitura final do nível d'água, o furo deverá permanecer tampado e protegido da entrada de águas pluviais.

- Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração.

- Depois de concluída a perfuração, toda a água turva eventualmente existente no interior do furo deverá ser substituída por água límpida, antes da instalação do piezômetro.

Sempre que a permeabilidade do terreno sondado permitir, é desejável que o furo seja mantido com nível d'água até o seu topo, ou, no mínimo, com 2,00 m acima do fundo do furo, durante todo o preenchimento do trecho drenante de areia adjacente ao instrumento.

- Etapa 2 – Instalação dos piezômetros (PZ's)

Os piezômetros serão instalados tendo os trechos filtrantes, ou câmaras drenantes, situados sempre abaixo do nível do lençol freático, seguindo as recomendações construtivas apresentadas a seguir e observando as condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo:

- Executar primeiramente o furo mais profundo, utilizando o método de circulação reversa ou ar comprimido, recuperando as amostras a cada 2 metros, anotando a profundidade do nível d´água e dos contatos, quando forem instalados instrumentos nos materiais de fundação;

- Durante a perfuração, anotar indicações de fraturas condutivas (perda de retorno de água ou alteração da descarga de ar comprimido. Não instalar a câmara em zona de rocha sã não fraturada;

- Anotar as características de cada um dos piezômetros tais como profundidade total, profundidade do filtro, pré-filtro, selo de bentonita, cota de boca do furo e comprimento acima do terreno para a instalação do instrumento;

- A areia deverá ser lançada em pequenas quantidades. Preferencialmente, lançar areia seca nos trechos de furo com presença de água em seu interior. Utilizar areia saturada nos trechos sem água.

- O revestimento deverá ser erguido em incrementos da ordem de 0,30 m, após cada preenchimento do espaço subjacente;

- Se houver tendência de ruptura das paredes do furo, levantar o revestimento em incrementos menores, da ordem de 0,10 m ou menos, em função das condições locais. Neste caso, após cada erguimento, preencher com areia o espaço anelar correspondente;

- Depois de completado o preenchimento de areia no fundo do furo, proceder a instalação da célula piezométrica no interior do furo, posicionando-a sobre o colchão de areia, já conectada ao cabo elétrico quando for o caso;

- O procedimento de instalação do piezômetro deverá ser realizado mantendo-se no mínimo 2,00 m de coluna d'água acima do fundo do furo, sempre que o terreno permitir;

- Após o preenchimento de areia (pré-filtro), executar um selo de bentonita e imediatamente acima, introduzir uma mistura (*coulis*) de cimento, bentonita e água, para servir como um selo superficial, preenchendo o espaço anelar entre o piezômetro e a parede do furo e o tubo de revestimento de aço, no trecho do furo revestido, até atingir uma coluna de 0,90m acima do NT (elevação de referência), mantendo uma folga de 0,10m na extremidade do PZ.

- Etapa 3 – Acabamento

  - Após a execução do PZ, um marco de concreto contendo uma placa de identificação do instrumento deve ser posicionado logo acima do instrumento instalado. A placa deverá conter: nome/número coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação

  - Deverá ser instalada proteção superficial, conforme projeto, para proteger os piezômetros contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com grande circulação de animais, deverá ser providenciada uma cerca no entorno do instrumento;

  - Com a finalidade de avaliar o comportamento do piezômetro durante a sua instalação, efetuar leituras periódicas antes, durante e após o preenchimento do furo;

- Todos os dados pertinentes à instalação dos piezômetros deverão ser registrados em boletins específicos.

10.2.5 FREQUÊNCIA DE LEITURA

As frequências de leitura dos piezômetros deverão atender ao estabelecido a seguir, podendo ser alteradas sempre que julgar necessário:

- Leituras diárias no período imediatamente posterior à instalação, até a estabilização;
- Intervalo máximo entre duas leituras consecutivas de 15 (quinze) dias em piezômetros instalados na fundação durante o período construtivo do aterro de reforço;
- Leituras semanais em piezômetros instalados em aterros com interesse em se observar o desenvolvimento de pressões da água intersticial durante a construção do aterro de reforço. Em função das observações, as frequências de leituras poderão ser aumentadas ou reduzidas para até 15 (quinze) dias, no máximo;
- Leituras semanais no primeiro ano após a execução do aterro de reforço, e leituras quinzenais após este período, podendo ser espaçadas com o tempo, em função do comportamento apresentado por cada instrumento.

Essas frequências estabelecidas deverão ser intensificadas, sempre que:

- Ocorrer comportamento anômalo ou suspeito, seja de parte da estrutura ou de um instrumento em particular;
- Houver ocorrência de carregamentos ou descarregamentos anormais, tais como sismos;
- Houver previsão de rebaixamento excepcional do reservatório se for o caso;
- Julgar necessário.

10.3MEDIDOR DE VAZÃO

Para este projeto, foi previsto um medidor de vazão, a jusante da drenagem interna, de modo a avaliar o comportamento do volume escoado.

Para instalação deste dispositivo, as orientações necessárias para sua execução estão indicadas no desenho n° DE04-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO. Cabe ressaltar que esta estrutura deverá ser executada após a conclusão das obras de terraplanagem e que poderá ser necessário ajustes em campo.

Caberá à CONTRATADA o fornecimento da chapa triangular, nas dimensões definidas no projeto, e implantação da estrutura em concreto necessária à sua instalação no campo.

O medidor de vazão possui um ângulo de vértice de 90°, confeccionado em chapa de aço, com borda vertente biselada a jusante. A correlação entre a carga H e a vazão Q está baseada na expressão:

$Q = KH^n$, onde:

- Q = vazão (m^3/s)
- H = carga sobre o vértice do vertedouro triangular (m)
- K,n = constantes (aproximadamente K ~ 0,55 e n ~ 2,5)

A carga H será medida através de uma régua, a ser instalada a montante do vertedouro triangular. Esta régua deverá ser graduada até 5 mm, confeccionada em chapa metálica, pintura branca esmaltada e graduação na cor preta. O vertedouro deverá ser calibrado após a instalação, determinando-se as constantes K e n.

Os componentes serão instalados em caixas de concreto. Para instalação desses componentes, deverão ser perfeitamente nivelados o vértice do vertedouro e o referencial, além de se garantir a verticalidade da bissetriz do triângulo. A jusante do vertedouro deverá haver espaço e altura suficiente para se colocar um recipiente de volume conhecido, para se proceder à calibragem e determinar as constantes K e n. O sistema subsequente ao vertedouro não deverá acarretar afogamento do mesmo, devendo o nível d'água atingir no máximo 15 cm abaixo do vértice do vertedouro, no período em que for viável a medida de vazão.

A região de instalação desse medidor foi indicada em projeto, porém o mesmo deve ser confirmado em campo de forma que apenas as vazões oriundas da drenagem interna da barragem passem pelo mesmo (exceto em ocasiões excepcionais).

11 ESCAVAÇÃO E RETALUDAMENTO

As escavações contempladas nos projetos se restringem a escavação comum, ou seja, aquelas que envolvem materiais de 1ª categoria como: (solos, material decomposto, aluviões, material heterogêneo com blocos isolados), que podem ser removidos diretamente por equipamentos de porte variável previamente definidos

Essa atividade prevê a remoção de solos coluviais, residuais e saprolíticos, saprólitos, argilas orgânicas e aluviões, bem como qualquer material que possa ser removido com o emprego equipamentos de terraplenagem, tal como escarificador de um único dente de trator de esteira do tipo D8, retroescavadeira. A escarificação pode ser necessária para remoção de materiais decompostos que, caso não sejam removidos, podem contaminar os materiais da escavação adjacente.

A sequência executiva de escavação deve seguir integralmente o plano de escavação previsto que deve ser apresentado pela CONTRATADA para avaliação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

11.1ESCAVAÇÃO DE MATERIAL 1˚ CATEGORIA

11.1.1 CLASSIFICAÇÃO

Estão compreendidas, dentro desta categoria, as escavações realizadas em solos argilosos, siltosos, arenosos, pedregulhos, cascalhos, seixos, blocos de laterita, fragmentos de rocha com volume de até 1 m³ e materiais similares de qualquer espessura, dispostos em áreas contínuas ou descontínuas, entremeadas ou não por afloramentos de rocha, com ou sem matéria orgânica e raízes.

Ressalta-se que o material escavável com lâmina de trator D8 ou similar é classificado como escavação em material de 1ª categoria.

De modo geral materiais desta natureza utilizam equipamentos com lâminas, sendo que durante a operação incluirá, complementarmente, a utilização de moto-niveladoras, para escarificação, manutenção de acessos de serviço e áreas de trabalho, além de acessos de transporte.

De acordo com os locais de execução, dimensões e equipamentos empregados, as escavações em material de 1ª categoria serão classificadas em:

- Escavação nas Unidades do Empreendimento (escavações obrigatórias).

Enquadram-se nesta classificação as escavações executadas com equipamentos convencionais de terraplenagem e referem-se àquelas a serem realizadas nos trechos dentro da área de interesse do talude conforme indicados no projeto.

- Escavação em Solos Moles e ou Sedimentos.

Compreende as escavações em locais onde a consistência do material em estado natural, isto é, não alterado por chuvas ou controle impróprio da drenagem durante as escavações, não permita a escavação com equipamento convencional, devendo ser executadas manualmente ou com equipamentos tipo retroescavadeira ou "clamshell", quando aplicável.

11.2REQUISITOS DAS ESCAVAÇÕES

As escavações em materiais de 1ª categoria serão realizadas, onde couber, nos locais de implantação do talude, delimitado no projeto.

A CONTRATADA submeterá à aprovação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, até 10 dias antes do início de qualquer serviço, o plano detalhado de sua execução, incluindo o tipo e o número de equipamentos envolvidos, o cronograma, os projetos e as memórias de cálculo dos serviços auxiliares para as escavações, os equipamentos de transporte, a mão-de-obra e as demais informações necessárias à sua completa compreensão, devendo levar em conta as necessidades e os locais de aplicação, de modo a otimizar o aproveitamento do material obtido nas escavações obrigatórias.

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova poderá exigir modificações que julgar necessárias no planejamento de execução da obra visando o bom andamento das mesmas, não eximindo a CONTRATADA da responsabilidade pela qualidade dos serviços e/ou cumprimento dos prazos e metas estabelecidas no seu planejamento.

Antes do início de qualquer serviço, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova confirmará o levantamento topográfico das áreas a serem escavadas, a fim de definir os limites que servirão de base para a medição. Esta confirmação topográfica deverá ser solicitada pela CONTRATADA, por escrito, com antecedência mínima de 20 dias do início programado para a execução do respectivo serviço.

As escavações deverão ser realizadas dentro das dimensões, dos alinhamentos e dos greides indicados nos desenhos de projeto. As escavações que forem executadas além desses limites e aquelas realizadas por conveniência da CONTRATADA, para a abertura de acessos de serviço e outras finalidades, deverão constar do plano de escavação aprovado pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, devendo ser realizada sem ônus para a Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Não serão admitidos sobrescavações (“over-break”) e/ou subescavações (“underbreak”) além dos limites estabelecidos em projeto.

As escavações serão classificadas de acordo com a natureza dos materiais escavados, os graus de complexidade de execução e os equipamentos utilizados. Durante a execução dos serviços, poderá haver mudança de um tipo de escavação para outro, inclusive com retorno ao anterior, caso o material se altere com a profundidade. As execuções das escavações deverão ser realizadas com técnicas apropriadas, evitando-se o espalhamento e o deslizamento de materiais para fora dos locais de trabalho.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar qualquer material abaixo e além das linhas de escavação. Qualquer dano causado às escavações ou às fundações deverá ser feito reparado, às expensas da CONTRATADA, segundo orientações da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Caso sejam encontrados, durante as escavações, materiais de características diferentes das previstas no projeto, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova a seu exclusivo critério, poderá alterar os alinhamentos, seções, taludes e demais dimensões indicadas no mesmo.

Durante a execução das escavações pode-se encontrar obstáculos tais como árvores, raízes, blocos de rocha. A retirada destes obstáculos deve ser efetuada com precaução, não sendo permitido o uso de explosivos.

A despeito das inspeções realizadas pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, a CONTRATADA sempre deverá comunicar a esta última, a ocorrência de materiais com características diferentes das previstas no projeto e sugerir as modificações que julgar pertinentes, cabendo à Prefeitura Municipal de Ponte Nova decidir sobre a procedência da sugestão.

Sejam quais forem os processos empregados, as escavações deverão ser conduzidas de modo a produzir materiais e/ou superfícies finais de escavação adequadas aos serviços subsequentes. Os materiais destinados a diferentes frentes de serviço serão escavados e colocados nos respectivos locais de destino, ou segundo orientação específica da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A CONTRATADA manterá controles adequados na seleção dos materiais escavados, a serem beneficiados ou não, operando diretamente nas frentes de trabalho, coordenando o tráfego de equipamentos para os locais de aplicação, além de sinalizar os veículos transportadores com placas que indiquem a origem e o destino dos materiais.

Durante as escavações, uma vez atingido o limite indicado nos desenhos de projeto, a FISCALIZAÇÃO inspecionará a área, visando sua liberação para preparo final para tratamento de proteção.

Em caso de necessidade de alteração do plano de escavação, a PROJETISTA/ATO deverão ser consultados.

A CONTRATADA deverá tomar medidas adequadas, de forma a manter a praça de trabalho com configuração que permita o rápido escoamento das águas pluviais e a pronta retomada dos serviços.

As superfícies de escavação que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes com regularização final uniforme e serem dotadas de sistema adequado de proteção e drenagem, conforme determinação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova. Quaisquer danos causados a estes taludes, por falha ou não cumprimento das especificações e demais documentos de projeto, serão reparados pela CONTRATADA, sem ônus para a Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Cabe a Prefeitura Municipal de Ponte Nova indicar o local para destinação dos materiais provenientes das escavações que são inadequados para utilização na obra.

Desde o início das atividades retaludamento, deverão ser adotadas medidas de controle de erosão no entorno das escavações.

Com relação às estradas e acessos de serviço, deverá ser previsto um sistema eficiente de drenagem superficial, incluindo dispositivos de afastamento das águas e de dissipação de energia. Essa recomendação deverá ser reforçada nos casos de aterros, desníveis topográficos e cabeceiras de drenagem.

Associadas aos procedimentos de controle de erosão, deverão ser implementadas medidas de contenção do aporte de sedimentos para áreas mais baixas e nos cursos d'água.

Nas áreas onde a produção de sedimentos for elevada (escavações obrigatórias, áreas de empréstimo, bota-foras e praças de terraplenagem) será necessária a construção de bacias de sedimentação para decantação do material sólido transportado pelo escoamento superficial. Essas bacias deverão ser mantidas pela CONTRATADA durante todo o período de execução das obras civis.

No contorno das escavações, a CONTRATADA deverá se atentar para que seja implementado quando necessário, valas, drenos ou muretas provisórios para captação de águas superficiais, a fim de desviá-las para fora da área a ser escavada.

Durante as operações de escavação deverão ser tomados os cuidados especiais no sentido de que os taludes se apresentem sempre com a devida inclinação. À medida que o corte for sendo rebaixado, a inclinação do talude deve ser acompanhada e verificada, mediante a utilização de gabarito apropriado e procedendo-se as eventuais correções. Não será permitido durante as atividades de escavações, taludes provisórios com inclinações que possam comprometer a segurança nas áreas de entorno das escavações. Os taludes provisórios deverão permanecer sempre abatidos durante o avanço das atividades de escavação.

Em caso de chuvas acima de 10mm as atividades de escavação deverão ser interrompidas e somente retomadas com anuência da FISCALIZAÇAO que deverá avaliar as condições geotécnicas e segurança da região a ser escavada.

11.2.1 REQUISITOS DE SEGURANÇA DURANTE AS ESCAVAÇÕES

Antes de iniciar os serviços de escavação, a CONTRATADA deve certificar-se da existência ou não de redes e/ou tubulação, cabos elétricos nas áreas de interesse das escavações e circunvizinhas, devendo ser providenciada a sua proteção, desvio e interrupção. Em casos específicos e em situações de risco, deve ser solicitada a orientação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova para se for o caso, à interrupção total ou parcial do sistema.

Não será permitido sob nenhuma hipótese sobrecargas momentâneas, bem como possíveis vibrações, no entorno das escavações. O material escavado deverá ser depositado a uma distância mínima que assegure a segurança dos taludes escavados e deverá ser removido imediatamente após a escavação.

Não será permitida a presença de blocos de rocha nos taludes, que possam colocar em risco a segurança das escavações bem com do trânsito local.

Quando houver necessidade de circulação de colaboradores sobre as escavações, a CONTRATADA deverá prever a construção de passarelas protegidas com guarda-corpos, implementação de cerquites, caminho seguro e outros dispositivos de proteção coletiva.

Os acessos para permitir a entrada, circulação e saída de operários devem ser amplos e permanentemente desobstruídos, para permitir um fluxo contínuo de pessoas em casos de emergência.

Os pontos de acesso de veículos e equipamentos à área de escavação devem ter sinalização de advertência permanente bem como, o tráfego próximo às escavações deve ser desviado. Quando não for possível, deve ser reduzida a velocidade dos veículos.

Quando necessário nos trechos de solo mole, a CONTRATADA deverá executar lastros para que as máquinas possam transitar livremente sem atolamento no momento das manobras aterro de conquista.

11.3BOTA-FORAS

Durante a execução dos serviços de escavação, a CONTRATADA deverá procurar aplicar métodos que possibilitem a escavação seletiva de materiais, de modo a separá-los, de acordo com as necessidades de utilização, diretamente ou com eventual estocagem e posterior recarga se for o caso. Todo o material aproveitável, retirado das escavações programadas, deverá ser separado por cargas no equipamento de transporte, durante as operações de escavação.

O material não aproveitável deverá ser depositado em bota-foras que serão formados nas áreas previstas pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova. Esses bota-foras deverão ser estáveis e apresentar taludes uniformes e regulares.

As áreas de bota-fora quando aplicáveis, serão construídas pela CONTRATADA, obedecendo aos critérios de preparação do local e drenagem, tais como:

- Remoção do solo vegetal, principalmente quando o bota fora se situar em encostas;
- Disciplinamento da drenagem superficial;
- Desvio de eventuais cursos d'água;
- Evitar locais com potenciais de escorregamento;

- Evitar locais que possa interferir com as obras e acessos.

O material do bota-fora deverá ser lançado em camadas contínuas com, no máximo, 1,00 m de espessura, devendo esta espessura ser ajustada de acordo com as características do material a ser depositado, de maneira que a sua compactação seja obtida pelo tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento. Para propiciar uma drenagem adequada, as superfícies das áreas de bota-foras deverão apresentar uma declividade mínima de 2%.

11.4TRATAMENTO DO TALUDE E PROTEÇÃO DOS TALUDES DE ESCAVAÇÃO

Ao final da escavação, em função do tipo de material e da segurança requerida para as obras, serão determinados os tratamentos e proteções necessários conforme definido nos desenhos de projeto. Esses tratamentos poderão consistir, sem se limitar a uma ou mais combinações, das seguintes providências:

- Plantio de vegetação;
- Valetas de drenagem, meias-canas e tubos-dreno;
- Tamponamento de erosões superficiais.

11.5LIMPEZA E REGULARIZAÇÃO DO TALUDE

Para realização da obra deverá ser feita a supressão vegetal de toda as superfícies que receberá o reforço e proteção. Para tal, deverá ser feita a remoção da camada orgânica destas áreas.

12 PROTEÇÃO VEGETAL DE TALUDES

12.1MIX DE SEMENTES

Deverá ser realizado o preparo do mix básico de sementes que deverá compor a hidro-semeadura, de forma a atender à vegetação existente no local.

12.2ACERTO E REGULARIZAÇÃO MANUAL

O preparo do solo deverá acontecer em superfície regularizada, livre de processos erosivos. Nos locais onde houver o desenvolvimento de erosões deverão ser realizados trabalhos prévios de terraplenagem para regularizar a superfície. Nos locais onde não for possível o acesso de maquinário, a regularização do terreno deverá ser realizada manualmente, eliminando os sulcos erosivos, realizando o preenchimento dos espaços vazios e a ancoragem dos sedimentos soltos.

12.3PREPARAÇÃO DO SOLO

Com auxílio de enxadão de bico ou com a quina da enxada, o coveamento deverá ser feito na forma de microcoveamento, o que irá proporcionar uma cova côncava e com isso melhor ancoramento das sementes e adubo no talude. As microcovetas deverão ficar sempre na posição horizontal e com a cavidade levemente inclinada para a face interna do talude.

O espaçamento das covas, de modo a aumentar o estoque de plântulas na estrutura do talude, será na forma de quincôncio com 5,0 cm de profundidade e 10,0 cm de espaçamento entre as mesmas, conforme desenhos de Projeto.

12.4PREENCHIMENTO DE CONCAVIDADES

Após a regularização e ancoramento dos sedimentos poderão ainda permanecer locais que deverão ser preenchidos com solo.

A aplicação do solo é feita juntamente com o acerto da erosão. O solo pode ser lançado para preencher focos erosivos em concavidade a ser preenchida, sendo compactado sem controle de compactação.

Para o projeto em questão recomenda-se a utilização do solo já existente no terreno, que pode ter sido retirado de escavações, preparo do terreno, etc.

12.5CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

Quinze dias antes do semeio, essa prática deve ser feita usando-se para isso iscas granuladas a base de Sulfluramida, a razão de 10g/m2 de formigueiro ou conforme indicação do fabricante, e em dias não chuvosos e com baixa umidade relativa do ar.

A área de controle deve obrigatoriamente exceder em torno de 20% do total, de modo a estabelecer um sistema de defesa. Durante e após o semeio esta atividade deverá ser repetida a fim de garantir melhor controle.

12.6APLICAÇÃO DO TRATAMENTO DE VEGETAÇÃO

É responsabilidade dos especialistas da CONTRATANTE a seleção adequada do tipo de vegetação local a usar no presente projeto.

O período de instalação da hidrossemeadura deverá ser programado corretamente, tendo em vista o tempo de pega, podendo ser necessários serviços de manutenção.

A mistura dos insumos deverá ser preparada para aplicação em áreas de no máximo 1.500m², a fim de garantir uma melhor homogeneização.

12.7HIDRO-SEMEADURA

A CONTRATADA deverá executar a proteção do talude no prazo mais curto possível, após terem sido inspecionados e liberados pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá ter um supervisor para cada frente de trabalho, que será responsável pelo total das operações de:

- Controle de qualidade das sementes empregadas;
- Controle de qualidade das operações de aplicação e manutenção da hidrossemeadura;

- Controle na operação de equipamentos e na utilização da mão-de-obra manual.

A CONTRATADA deverá incluir os equipamentos e toda a mão-de-obra necessária para aplicação da hidrossemeadura.

As sementes das espécies a serem empregadas na proteção dos taludes deverão conter referência à porcentagem de pureza e de poder germinativo e ainda à fonte de produção, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO.

As sementes deverão ser constituídas de espécies adequadas à região e de acordo com a natureza dos solos dos taludes. A CONTRATADA deverá submeter previamente à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, para sua aprovação, a relação das espécies a serem empregadas.

Além das sementes, para o sucesso da hidrossemeadura, deverão ser usados fertilizantes, corretivos para o solo e *mulching* calculados em função do tipo de solo, declividade e comprimento dos taludes.

Após o preparo dos taludes, deverá ser feita a aplicação da hidrossemeadura, onde deverão ser seguidas as instruções a seguir descritas, para proteção superficial do talude.

A CONTRATADA empregará todos os métodos de adubação, correção de pH do solo, plantio por hidrossemeadura, irrigação, etc., necessários ao perfeito funcionamento do sistema de proteção vegetal, de modo a evitar a erosão.

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova poderá exigir a implantação da proteção proposta numa área experimental, de forma a confirmar a adequabilidade dos métodos propostos e aferir o tipo e dosagem de sementes, adubos e corretivos a serem utilizados.

A semeadura será feita com equipamento apropriado ou, na falta deste, por outro processo aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA, através de dispositivos de irrigação apropriados, deverá regar a proteção vegetal até a sua fixação, como também conservá-la livre de formigas e ervas daninhas, e reparar escorregamentos até o seu completo enraizamento e pega, até o recebimento definitivo pela FISCALIZAÇÃO.

As áreas onde houver falha na germinação e crescimento das sementes deverão receber reaplicação da hidrossemeadura tantas vezes quantas forem necessárias. O ônus da reposição da hidrossemeadura e conservação da vegetação até o recebimento correrá por conta da CONTRATADA.

13 CONTROLE DE COMPACTAÇÃO DO ATERRO

Este item abrange os procedimentos necessários à execução dos serviços relativos à construção do aterro de reforço.

13.1ALINHAMENTO E GREIDES

O aterro deverá ser construído de acordo com os alinhamentos, greides e seções transversais indicados no projeto ou conforme orientação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, devendo a CONTRATADA instalar marcos topográficos e estaqueamento, para controle dos greides e alinhamentos.

A tolerância horizontal dos taludes internos e externos será de 0,20 m para as estruturas em solo compactado. Quaisquer estruturas executadas em desacordo com os taludes previstos serão corrigidas pela CONTRATADA, às suas expensas.

A CONTRATANTE, a seu critério, poderá modificar a largura, inclinações, espessuras e forma das seções dos maciços, visando à obtenção de obras estáveis e a utilização econômica dos materiais provenientes das escavações obrigatórias e das áreas de empréstimo.

A CONTRATADA será responsável pela manutenção dos taludes durante a construção, devendo providenciar a proteção dos mesmos contra a ação erosiva de águas pluviais. Caso venham a ocorrer erosões nos taludes, estes deverão ser recompostos pela CONTRATADA, sem ônus para a Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

13.2UMIDADE DE COMPACTAÇÃO

Os materiais, em cada camada do aterro, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos do ensaio proctor normal (NBR 7182, 2016).

A faixa de desvio dos teores de umidade (Δw), dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle das camadas compactadas, corresponde à $-2\% < \Delta w < +2\%$ no aterro.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação na energia Proctor Normal, conforme a norma NBR 7182 (ABNT, 2016), aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

Dentro da zona de solo o aterro deverá ser homogêneo, quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. Também as camadas individuais deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

A CONTRATADA deverá ficar atenta às variações sazonais da umidade natural nas áreas de empréstimo e tomar, com a antecedência necessária, as providências para obtenção de solos com teores de umidade dentro da faixa especificada.

13.3LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DAS CAMADAS

O lançamento do material de aterro somente deverá ser iniciado após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante o lançamento dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que defiram substancialmente do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente aos eixos longitudinais dos maciços. Os maciços deverão ser mantidos aproximadamente em nível, com inclinações suaves que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais. As espessuras das camadas deverão ser controladas por

equipes de topografia. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcionar melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho. Quando os equipamentos de transporte necessitarem cruzar as zonas do sistema de drenagem interna da barragem, deverão ser utilizados dispositivos que evitem a contaminação dos materiais.

No caso de ocorrência de camadas que apresentem superfícies com laminação, as mesmas deverão ser revolvidas, tratadas e recompactadas, antes do lançamento de outra camada.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados, das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas.

Depois de espalhadas, as camadas deverão ter espessuras que, após o espalhamento, não excedam 25 cm, no caso dos solos, e de 50cm, no caso dos materiais granulares. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 10cm.

As superfícies dos aterros de solo, durante e após a execução, deverão ser mantidas sempre com declividade tal que permita uma rápida drenagem das águas pluviais. Esta declividade não poderá ser superior a 5%. Tais superfícies não devem possuir irregularidades e depressões que possam provocar a formação de poças d'água com a chuva, ou danos no aterro.

Se a superfície de qualquer camada de aterro, antes do lançamento de uma nova camada, apresentar-se muito seca, de modo que prejudique a aderência com a camada sobrejacente, a superfície em questão deverá ser irrigada e revolvida adequadamente, até

uma profundidade que possa assegurar boas condições de ligação. Ao contrário, se tal superfície apresentar-se muito úmida, a camada deverá ser revolvida até apresentar umidade adequada à compactação.

Quando necessário, a camada já compactada deverá ser levemente escarificada com grade de disco antes do lançamento da camada sobrejacente, de maneira a se obter boa ligação entre as camadas sucessivas.

13.4PROTEÇÃO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES NAS PARALISAÇÕES

Qualquer junta que a CONTRATADA julgar necessária durante a execução do serviço deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os desníveis de mais de cinco camadas serão considerados como juntas de construção e, portanto, só poderão ser executados com prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

As juntas de construção em solo deverão ser protegidas adequadamente, a critério da CONTRATADA, por métodos e com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as juntas de construção, antes do lançamento do aterro sobrejacente, deverão ter suas camadas superficiais removidas até uma profundidade onde o aterro subjacente apresente compactação aceitável, a critério da FISCALIZAÇÃO. Os materiais afetados pelas trincas de ressecamento deverão ser totalmente removidos da superfície da junta.

As superfícies finais assim obtidas serão escarificadas e umedecidas, camada por camada, objetivando a perfeita ligação dos aterros adjacentes. Em caso de ocorrência de erosões, a CONTRATADA deverá recompor as superfícies, às suas expensas.

A execução de juntas de construção transversais ao eixo dos maciços deverá ser evitada. Eventuais juntas transversais que se mostrarem necessárias estarão sujeitas à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

As superfícies das juntas de construção em solo deverão ter uma inclinação máxima igual a 1V:3H, ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Se durante os trabalhos anunciarem-se chuvas intensas, deverá ser completada rapidamente, no aterro, uma compactação superficial (selagem), com rolo liso vibratório ou de pneus liberado pela FISCALIZAÇÃO. Na retomada dos trabalhos, esta camada deverá ser escarificada e tratada antes da aplicação da camada seguinte.

13.5CORREÇÃO E HOMOGENEIZAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

Os materiais aproveitáveis existentes nas escavações obrigatórias (e/ou áreas de empréstimo) e eventualmente estocados acusam variações de teor de umidade natural em função da época do ano sob o efeito das chuvas e das consequentes oscilações do nível freático. Chama-se especial atenção da CONTRATADA para que, na elaboração do Cronograma de Construção e do programa de utilização das áreas de exploração, bem como, na escolha dos equipamentos de terraplenagem, seja levado em consideração este fato.

Sempre que o teor de umidade do solo não estiver dentro das faixas especificadas para a compactação, deverá ser corrigido na jazida ou praça de lançamento até que sejam obtidos os valores especificados.

Quando os teores de umidade dos solos estiverem acima da faixa especificada para a compactação, o acerto de umidade do material deverá ser feito por aeração, ou outro método escolhido pela CONTRATADA e submetidos à liberação da FISCALIZAÇÃO.

Quando os teores de umidade dos solos forem menores que os da faixa especificada para a compactação, o acerto de umidade deverá ser feito por irrigação.

Podem ser solicitados, havendo necessidade e/ou sob demanda da FISCALIZAÇÃO, a homogeneização do material a fim de garantir uma boa distribuição de umidade e o destorroamento do material, se for necessário.

Nas juntas de construção, o teor de umidade do solo da camada de proteção especificada, colocada além dos alinhamentos indicados nos Desenhos de Projeto, deverá ser mantido sempre acima do seu valor ótimo de umidade.

13.6COMPACTAÇÃO E EQUIPAMENTOS REQUERIDOS

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente ao eixo longitudinal do aterro. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada.

Para o aterro compactado, o grau de compactação obtido em campo deverá **ser 98% < GC < 103% do obtido pelo ensaio de proctor normal**.

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter a produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá ainda mantê-los em boas condições de operação e tomará as providências necessárias para obter a energia de compactação especificada dentro do desvio de umidade fixado.

A eficiência dos equipamentos poderá ser testada em aterros experimentais, podendo ser indicadas modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação para a obtenção do grau de compactação desejado.

A compactação deverá ser efetuada por rolos convencionais. Os compactadores mecânicos de operação manual deverão ser utilizados apenas nas áreas confinadas, junto a instrumentos e nos demais locais inacessíveis aos equipamentos convencionais, devendo ser obtidos (com verificação) nestes locais os mesmos requisitos de compactação exigidos para o maciço.

O umedecimento dos materiais nas praças de lançamento das camadas, eventualmente necessário para pequenos ajustes de umidade, deverá ser feito por caminhões-pipa equipados com barras aspersoras, que permitam a aplicação uniforme de água na área a ser regada e o controle da aspersão durante a operação. Não serão permitidos equipamentos de aspersão com vazamento que possam prejudicar a qualidade dos aterros.

Para gradeamento, escarificação, homogeneização ou aeração de camadas a serem compactadas serão empregadas grades de disco, escarificadores de motoniveladora ou outro equipamento apropriado. A eficiência dos equipamentos será constantemente

avaliada, sendo a CONTRATADA responsável pela troca ou reforma dos acessórios e equipamentos que não mais atenderem às especificações do aterro.

Quando operados em série ou em paralelo em um mesmo material, os rolos deverão possuir as mesmas características de operação, forma, dimensões e pesos, atendendo ainda ao especificado a seguir. Deverá ser dada atenção especial à superfície sobreposta de compactação garantida pelos rolos, especialmente no caso de rolos em paralelo.

As superfícies de contato do aterro de material impermeável com a fundação e com as estruturas de concreto caso existam, deverão ser umedecidas com uma suave aspersão e compactadas com umidade entre a umidade ótima e +3% acima da umidade ótima do Proctor Normal (ABNT).

A operação de compactação será iniciada após o lançamento, espalhamento, correção de umidade e nivelamento das camadas. Cada passada de rolo compactado deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada.

Para os solos das fundações e solos argilosos dos maciços compactados onde for constatado que, após a compactação, a superfície de uma camada está lisa, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese, poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas. Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação da camada com a sobrejacente.

A compactação na região do contato do aterro com a fundação próxima das ombreiras, deverá ser mantida cerca de 30cm mais alta do que o restante do aterro, até que seja atingido o greide final. Esta compactação deverá ser executada com rolo especificado pelo controle tecnológico, avançando sobre o contato.

13.6.1 ROLOS TIPO PÉ-DE-CARNEIRO

A CONTRATADA poderá utilizar rolos vibratórios com patas curto-ovaladas, tronco-cônicas, curto-retangulares com superfícies de contato inclinadas (tipo tamping), e/ou de outros tipos, cuja utilização em aterros semelhantes tenha apresentado resultados

satisfatórios na obtenção dos graus de compactação e não apresentem laminações comprometedoras dos aterros aqui especificados.

Para evitar o acúmulo de terra entre as patas, os rolos deverão ser equipados com hastes ou barras de limpeza mantidas no equipamento durante todo o período de utilização do mesmo. Poderão ser empregados ainda rolos acoplados com lâminas para arraste, espalhamento e nivelamento das camadas.

O eixo de cada cilindro do rolo deverá ser alinhado de modo a permitir perfeito contato com a superfície do aterro.

A compactação dos materiais terrosos deverá ser realizada por rolos pés-de-carneiro vibratórios, com velocidade de trabalho não superior a 5km/h.

13.6.2 COMPACTADORES MECÂNICOS DE OPERAÇÃO MANUAL

Estes compactadores poderão ser acionados por ar comprimido, por motores de combustão interna ou, ainda, por motores elétricos, e serão empregados nas áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais de terraplenagem, obedecidos os critérios de compactação com a espessura adequada ao equipamento.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nestes casos, a espessura da camada solta será no máximo de 10cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

13.6.3 COMPACTADORES – FILTROS E TRANSIÇÕES

Os filtros e transições deverão ser homogêneos, compactos, permeáveis e livres de contaminações de solos finos ou materiais orgânicos.

Para compactação das zonas de filtro e transições, serão empregados rolos lisos vibratórios autopropulsores. Cada passada dos rolos deverá cobrir a totalidade da área a

ser compactada e as passagens sucessivas não deverão estar separadas por uma distância maior que 10cm.

As areias serão compactadas na condição saturada, devendo ser irrigadas intensamente durante a compactação. O número de passadas deverá ser determinado de modo que as areias dos filtros horizontais atinjam compacidade relativa média de 65% e valor mínimo individual de 60%. O índice de compacidade deverá ser na ordem de 0,7 ± 0,05.

Serão executados ensaios de densidade relativa para controle dos filtros e transições e o número ideal de coberturas será definido em função dos resultados obtidos no campo.

As zonas de transição deverão ser construídas de maneira adequada, simultaneamente à subida dos aterros adjacentes, admitindo-se um desnível máximo de 40cm.

As transições serão compactadas com 4 (quatro) passadas do rolo liso vibratório. As superfícies dos filtros inclinados e horizontais, nas juntas de construção, deverão ser protegidas com camadas de materiais granulares bem graduadas, de modo a possibilitar o livre escoamento das águas. As águas coletadas dos filtros, nas juntas, deverão ser canalizadas e bombeadas para fora das áreas de implantação dos maciços.

As transições deverão ser compactadas de modo a alcançarem peso específico seco médio de 1,65 t/m³ (1,62 kN/m³) e valor mínimo de 1,6 t/m³ (15,7 kN/m³).

13.7TRATAMENTO ADICIONAIS E RECOMPACTAÇÃO

Para os solos das fundações e solos do aterro, constatando-se, após a compactação, estar lisa a superfície de uma camada ou área, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas.

Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação de cada camada com a camada seguinte.

A laminação deverá ser evitada. Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que se apresentem "borrachudos" (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

A superfície de escavação não deverá ficar exposta por muito tempo antes do lançamento do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO. O último metro das escavações somente deverá ser executado imediatamente antes do lançamento do aterro.

As operações de escarificação, ajuste de umidade e compactação deverão ser feitas no período imediatamente antes do lançamento da primeira camada do aterro.

13.8CONTROLE GERAL DE COMPACTAÇÃO

Os profissionais responsáveis pelo controle de compactação devem verificar aspectos do processo de compactação tais como a adequação do equipamento compactador, a espessura de camada, número de passadas, velocidade de passada, pressão do rolo compactador, etc. A apresenta características gerais dos equipamentos comumente empregados na compactação de aterros em obras de terra. As características dos equipamentos bem como a forma de operá-los, como abordado nessa especificação, são de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Tabela 13.1 – Características dos equipamentos de compactação e materiais de aplicação

Tipo	Solo	e[1] (cm)	N	v[2] (km/h)	p[3] (kPa)	P[4] (kN)
Rolo Pé de	Argila ou Silte	20 a 25	8 a 10	≤ 4	2000 a	-
Rolo	Silte, Areia com	30 a 40	4 a 6	4 a 6	500 a 700	-
Rolo Vibratório	Material Granular	60 a	2 a 4	2 a 4	-	50 a 100

Notas:
1) e = espessura da camada de solo solto;
2) N = número de passadas;
3) v = velocidade do rolo compactador;
4) p = pressão na pata ou pneu;
5) P = peso do rolo vibratório.

Os valores de número de passadas acima indicados, foram obtidos da literatura técnica, podendo ser tomados como referência, ficando a cargo da CONTRATADA a definição do número ideal de passadas, em função dos resultados obtidos no campo.

Deverá ser realizado acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;
- A distribuição, nas áreas de trabalho, dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação, para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores, etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos, etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;
- As inclinações das superfícies do aterro de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, e aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como, a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

Em princípio, fica definido que o grau de compactação, juntamente com o teor de umidade das camadas compactadas, será verificado rotineiramente, segundo a seguinte frequência:

- para cada **200 m³ de material** colocado no aterro, sendo que, toda camada deverá ser verificada;
- nas junções entre zonas compactadas por sapo e rolo, e a quaisquer elementos rígidos construídos no interior dos maciços compactados;
- nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuírem sua velocidade durante as operações de compactação;
- em pontos onde a FISCALIZAÇÃO julgar necessários;
- outros locais onde seja necessário.

Os ensaios de caracterização completa serão realizados para cada 1.000 m³ de material colocado no aterro ou a pedido da FISCALIZAÇÃO.

A FISCALIZAÇÃO poderá sugerir alterações na frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os na medida em que se estabelecer uma rotina na execução.

O grau de compactação será avaliado através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do Bureau of Reclamation – USA (Hilf, J.W. "A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils", Engineering Monograph nº 26, Denver, Colorado, 1959).

Após a raspagem de aproximadamente 5,0 cm de solo compactado, no local do ensaio, a densidade do solo compactado será determinada por cravação de cilindro biselado de parede fina atingindo a camada subjacente, ou por qualquer outro método consagrado, desde que submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá manter à disposição na obra um laboratório contendo todos os equipamentos necessários à execução dos ensaios de caracterização e controle de compactação e umidade acima relacionados, seguindo as diretrizes da ABNT, bem como, laboratorista especializado e pessoal de apoio.

O laboratório deverá ser disposto em instalações adequadas, com bancadas, fornecimento de água, energia e tudo o que for necessário à perfeita execução dos ensaios.

O laboratório deverá ser implantado antes do início das obras e permanecer em operação até a conclusão dos aterros previstos no projeto.

Eventualmente poderão ser solicitados blocos indeformados de 30x30x30cm para realização de ensaios especiais. Para realização destes ensaios, a serem definidos/especificados pela PROJETISTA ou FISCALIZAÇÃO, as amostras deverão ser encaminhadas, perfeitamente acondicionadas de acordo com as exigências das Normas da ABNT, para laboratório especializado.

Os custos de coleta, transporte e execução dos ensaios correrão por conta da CONTRATADA.

14 EXECUÇÃO DAS TRANSIÇÕES

O enrocamento a ser utilizado para proteção da saída da drenagem interna, bem como os materiais de transição, são listados abaixo:

- Areia;
- Brita;
- Enrocamento.

É importante ressaltar que **as faixas granulométricas especificadas devem ser rigorosamente respeitadas, visando garantir os critérios de permeabilidade e filtração necessários para controle de erosão interna e/ou colmatação do sistema de drenagem interna.**

Na Figura 14.1 e Figura 14.2 estão apresentadas as granulometrias dos materiais de transição e do enrocamento a serem empregados no reforço.

14.1LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DAS CAMADAS DE TRANSIÇOES

14.1.1 ENROCAMENTO

O enrocamento da saída do sistema de drenagem deverá ser constituído de rocha sã, maciça, sem decomposição incipiente, devendo ter diâmetros da ordem de D50 = 0,20 m. O enrocamento utilizado não deve apresentar tendência de segregação durante o processo de lançamento, não friável. Deverão ser utilizados a partir de estoques formados por blocos selecionados pelos fornecedores.

Controle Tecnológico de Material

O controle tecnológico do enrocamento poderá seguir os parâmetros utilizados em materiais do tipo, com as principais caraterísticas apresentadas a seguir:

- Peso específico seco (ASTM C-127) ≥ 2,65 t/m³
- Absorção (ASTM C-127) ≤ 3%
- Ensaio de Granulometria Curva Figura 14.1

É recomendada a realização de ensaios de durabilidade nos materiais, tais como ciclagem acelerada. Tais ensaios visam determinar a perda de massa de material com o efeito causado pelos ciclos de molhagem e secagem.

O enrocamento produzido deverá apresentar desgaste inferior a 50% no ensaio de abrasão Los Angeles.

Controle de Material

O controle de qualidade, granulometria e permeabilidade dos materiais serão efetuadas com amostras recolhidas nas pilhas de estoque e após o lançamento e/ou a compactação, nos locais de aplicação, por inspeção tátil visual.

Estoque

O local selecionado para formação de estoque deverá ser preparado, às expensas da CONTRATADA, de modo a evitar contaminação do material depositado e manter a estabilidade das pilhas. Para isto, poderão ser necessárias operações de supressão vegetal, limpeza, escavação de solos, bem como implantação de dispositivos de drenagem superficial e outras providências julgadas necessárias pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá constituir um estoque suficiente de materiais de forma que as atividades não sejam interrompidas por falta de materiais.

Inspeção Visual

A inspeção visual está intrinsecamente relacionada com o controle de qualidade, granulometria. No caso do enrocamento serão efetuadas com amostras depositadas nas pilhas de estoque e após o lançamento e/ou a compactação, nos locais de aplicação. Deverá ser avaliado pela FISCALIZAÇÃO os itens a seguir:

- Verificação do tipo de rocha, granulação e distribuição dos constituintes minerais;
- Verificação da forma e da presença de materiais de desintegração através de inspeção tátil visual;
- Verificação das dimensões mínimas e máximas através de inspeção visual, usando gabaritos ou trenas e aferindo juntamente com os ensaios de granulometria do enrocamento;

- Verificação da faixa revestida, cuja localização e dimensões deverão estar de acordo com o Projeto e confirmadas “in loco”, pela Fiscalização e equipe de topografia;
- Avaliar em campo se houve segregação durante o lançamento e espalhamento;
- Durante o período de chuva deverão ser tomados todos os cuidados para evitar a contaminação dos materiais das zonas adjacentes;
- Altura da camada atende a solicitação de projeto.

14.2ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Após a limpeza da fundação deverá ser realizada a locação topográfica dos drenos (areia e brita).

A areia e brita serão os materiais constituintes da seção drenante proposta, e deverão, portanto, satisfazerem às exigências do projeto e aos processos construtivos.

A seguir são apresentadas as especificações de cada um desses materiais e seus respectivos procedimentos executivos.

14.2.1 AREIA

A areia deverá ser constituída por partículas resistentes e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e matéria orgânica.

A curva granulométrica da areia deverá atender aos limites sugeridos e apresentados neste documento no item 14.3.

O material arenoso deverá ser homogêneo, compacto, permeável e livre de contaminação de solos finos. O material processado deverá ter as características indicadas nesta especificação e deverá ser compactado com grau de compacidade relativa maior ou igual a 60% em toda a espessura da camada.

Lançamento e Espalhamento de Camadas

Deverá ser lançado em camadas horizontais com espessura solta de 35,0cm, de forma a se obter as espessuras compactadas previstas nos desenhos de projeto. Essa espessura deverá ser controlada rigorosa e permanentemente por equipes de topografia.

A operação de espalhamento deverá ser feita a obter camada homogênea, sem segregação e sem contaminação.

Posteriormente, esses locais de cruzamento deverão ser adequadamente limpos e, a seguir, liberados antes da colocação da camada seguinte.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento do material processado que proporcione melhorias técnicas.

A CONTRATADA deverá manter pessoal necessário para a remoção de raízes, detritos e partes contaminadas do dreno, durante a construção dos mesmos.

Controle Geral de Compactação

O controle geral de compactação será feito através do acompanhamento permanente e da inspeção visual das diversas operações de lançamento, espalhamento e saturação.

Serão executados ensaios de controle da compacidade (por camada), a cada 20 metros, totalizando 10 ensaios. Os graus de compacidade relativa obtidos deverão estar dentro da faixa especificada, para que a camada seja considerada compactada. Caso algumas ou todas as determinações não apresentem o resultado especificado, deverão ser dadas passadas adicionais com os equipamentos compactadores especificados, conforme determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Se ainda assim os resultados dos ensaios de controle das camadas compactadas não atenderem ao especificado, a CONTRATADA poderá alterar a espessura das camadas lançadas e/ou o número de passadas na execução das camadas seguintes, ou providenciar a substituição do equipamento de compactação, a critério da FISCALIZAÇÃO.

Especial cuidado deverá ser tomado pela CONTRATADA para evitar a contaminação da areia com o material do terreno natural durante as operações de lançamento e compactação.

14.2.2 BRITA

O material graúdo será constituído por brita, devendo ser formado por elementos duros e duráveis, limpos e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas.

As operações de espalhamento dos materiais deverão ser procedidas de modo a obter camadas homogêneas, sem segregação e sem contaminação.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir modificações nos métodos construtivos, sempre que isso proporcionar melhorias técnicas ou econômicas.

Lançamento e Espalhamento de Camadas

Para os materiais pétreos (brita), recomenda-se o lançamento de material numa espessura solta de 40,0cm e a passagem do equipamento sobre o mesmo, no sentido paralelo ao eixo do reforço. Esta operação deverá ser repetida até que seja verificada a espessura final definida para a camada no projeto.

As operações de espalhamento dos materiais pétreos deverão ser executadas de modo a se obter camadas homogêneas, sem segregação dos diferentes materiais constituintes e sem contaminação. Sobre as camadas espalhadas e/ou compactadas, será vedado o trânsito de qualquer equipamento, a não ser os equipamentos estritamente necessários para a construção da trincheira drenante.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir modificações nos métodos construtivos sempre que isto proporcionar melhorias técnicas e/ou econômicas.

A CONTRATADA deverá manter, na praça de construção, o pessoal necessário para a remoção de eventuais raízes, detritos e partes contaminadas de materiais. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a substituição de quaisquer quantidades de material colocado nas áreas de trabalho, desde que não tenham as características especificadas.

Controle Geral de Compactação

A brita deverá ser molhada intensamente durante a compactação. Entretanto, deverão ser adotados os devidos cuidados para que as operações de molhagem não venham a prejudicar o teor de umidade dos materiais adjacentes.

A brita será lançada e espalhada com escavadeira, a compactação dar-se-á com a própria escavadeira através da concha ou do esteiramento.

14.3CURVAS GRANULOMÉTRICAS

Na Figura 14.1 são apresentadas as distribuições granulométricas desses materiais e a Figura 14.2 apresenta os valores destas faixas granulométricas. Destaca-se que devem ser respeitadas os intervalos para que o sistema obtenha o comportamento adequado.

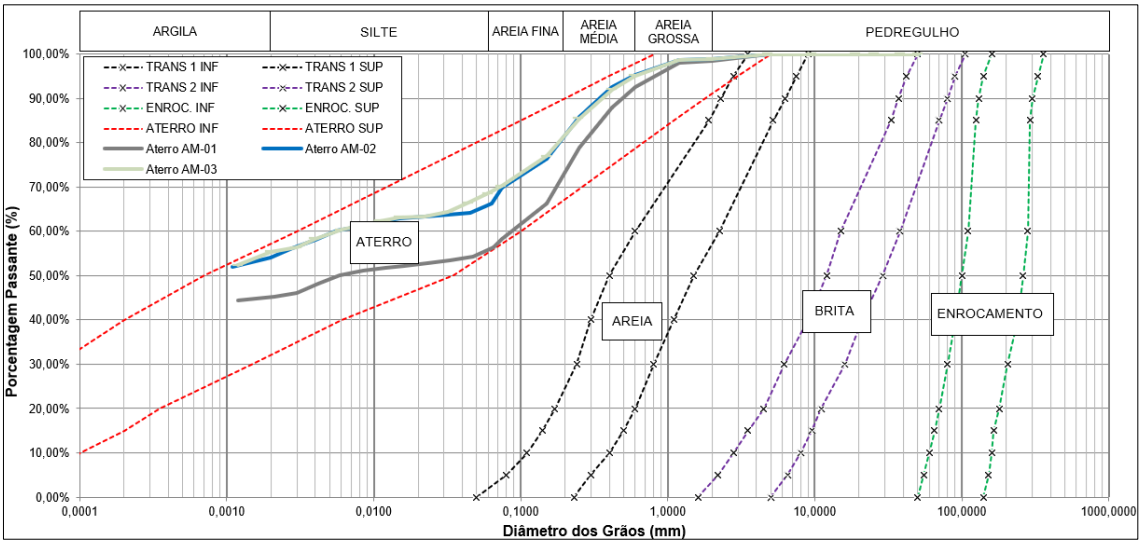


Figura 14.1 – Distribuições Granulométricas dos materiais drenantes.

FAIXAS GRANULOMETRICAS DA ABNT									
D_N	%	ATERRO INF	ATERRO SUP	TRANS 1 INF	TRANS 1 SUP	TRANS 2 INF	TRANS 2 SUP	ENROC. INF	ENROC. SUP
	0%	0,0000	0,0001	0,0500	0,2300	1,60	5,00	50,00	140,00
D_5	5%	0,0000	0,0001	0,0800	0,3000	2,20	6,50	55,00	152,00
D_{10}	10%	0,0000	0,0001	0,1100	0,4000	2,80	8,00	60,00	160,00
D_{15}	15%	0,0000	0,0002	0,1400	0,5000	3,50	9,50	65,00	165,00
D_{20}	20%	0,0001	0,0004	0,1700	0,6000	4,50	11,00	70,00	180,00
D_{30}	30%	0,0001	0,0015	0,2400	0,8000	6,20	16,00	80,00	205,00
D_{40}	40%	0,0002	0,0060	0,3000	1,1000	9,00	21,00	90,00	240,00
D_{50}	50%	0,0007	0,0350	0,4000	1,5000	12,00	29,00	100,00	260,00
D_{60}	60%	0,0030	0,1000	0,6000	2,2500	15,00	38,00	110,00	280,00
D_{85}	85%	0,1000	1,1000	1,9000	5,2000	33,00	70,00	125,00	290,00
D_{90}	90%	0,2000	1,8000	2,3000	6,3000	37,00	80,00	130,00	301,00
D_{95}	95%	0,4000	3,0000	2,8000	7,5000	42,00	90,00	140,00	330,00
D_{100}	100%	0,8000	5,0000	3,5000	9,0000	50,00	105,00	160,00	360,00

Figura 14.2 - Valores das faixas granulométricas.

15 CONCRETO CONVENCIONAL

Esta seção abrange a execução dos trabalhos de concreto convencional, formas, escoramentos e armaduras para a estrutura do extravasor, de acordo com os desenhos de projeto, bem como os materiais e equipamentos para a fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura, proteção e reparos do concreto.

A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto pronto de terceiros. Nessa situação, todas as disposições constantes nesta Especificação devem ser adaptadas às condições reais, mediante proposta da CONTRATADA que deve merecer a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

15.1GERAL

Os concretos constantes desta especificação serão compostos de cimento Portland, água, agregado miúdo, agregado graúdo e, se necessário, aditivos redutores de água, retardadores de pega, plastificantes, expansores e incorporadores de ar e quaisquer outros componentes recomendados e/ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO, que produzam, no concreto, propriedades benéficas para sua utilização, conforme comprovado em ensaios de laboratório.

A proporção da mistura deverá ser determinada por dosagem racional e experimental, conforme NBR12655, e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e inertes, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, ou segundo as necessidades de sua utilização. Um concreto que, após a cura adequada, apresente durabilidade, estanqueidade e resistência compatíveis com os valores indicados em projeto.

15.2CLASSE DE CONCRETO

A classe de concreto será indicada nos desenhos de forma e apresentado na Tabela 15.1.

Tabela 15.1 - Classe de Concreto a ser utilizada

Classe	Tipo	Aplicação	Diâmetro Máximo do Agregado (até valor indicado)	Resistência Característica à Compressão (f_{ck}) MPa 28 dias
C30	Convencional	Estrutura do extravasor	1" (25 mm)	30

Excepcionalmente, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser dosados concretos com agregados de diâmetro máximo superior aos indicados, desde que sua dimensão máxima não ultrapasse os limites abaixo:

- Espaçamento interno das formas – ¼ da menor distância entre faces e formas;
- Espessura da laje – 1/3 da espessura da laje;
- Barras horizontais – 5/6 da distância entre duas barras horizontais;
- Barras verticais - ½ da distância entre duas barras horizontais.

15.3DOSAGEM

As quantidades de cimento, aditivos, areia e cada tamanho nominal de agregado graúdo, que compõem o traço, deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO com base em resultados dos ensaios de laboratório.

As quantidades de agregados e cimento devem ser determinadas em peso. A água poderá ser medida em peso ou volume e deverá ser tal que a mistura seja trabalhável, sem falta e sem excesso. Na dosagem da água de amassamento, deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de *speed moisture tester*, ou outros métodos usuais.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental, devendo, no entanto, ser respeitado os valores máximos de relação água/cimento e resistência característica "fck" definidos em projeto.

15.4MISTURA E TRANSPORTE

Os concretos convencionais serão misturados completamente, até apresentar aparência uniforme, com todos os componentes igualmente distribuídos, onde não será permitido um misturamento excessivo, que necessite da adição de água para preservar a consistência necessária do concreto.

A sequência da introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra, com o propósito de se obter a melhor qualidade, fazendo-se os ajustes necessários. A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante, e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina.

O transporte entre a central de controle os locais de lançamento deverá ser o mais rápido quanto possível, evitando a segregação do concreto. Preferencialmente próximo ao local de lançamento.

15.5PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

15.5.1 SUPERFÍCIES DE FUNDAÇÃO

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado, deverão estar livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados. Superfícies porosas nas fundações de encontro às quais o concreto será lançado, deverão ser completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém-lançado não seja absorvida.

Todas as infiltrações de água, caso ocorram, deverão ser coletadas por meio de drenos de brita, cobertos com argamassa de pega rápida e dispondo de tubo coletor (para drenagem e/ou injeção), ou por meio de outros métodos aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Toda a água coletada nos drenos deverá ser bombeada durante o período de concretagem.

Depressões ou irregularidades nas fundações deverão ser preenchidas com uma camada de argamassa ou concreto de regularização, com no mínimo 10cm. O concreto não deverá ser lançado em nenhum local da fundação sem a prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

15.5.2 SUPERFÍCIES DAS JUNTAS DE CONSTRUÇÃO E DE DILATAÇÃO

As superfícies de concreto sobre as quais, ou de encontro às quais, o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas de construção.

As superfícies das juntas de construção deverão se apresentar limpas, apicoadas e umedecidas antes de serem cobertas com o concreto fresco. A limpeza consistirá de remoção de nata, concreto solto ou defeituoso, areia ou outros materiais estranhos. As superfícies das juntas de construção deverão ser limpas com jato d'água ou qualquer outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, que produza resultados satisfatórios imediatamente antes do início do lançamento do concreto.

As juntas de dilatação devem ser executadas de tal modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto e não deverão receber qualquer tratamento, quando indicado no projeto.

15.5.3 JUNTA FRIA

Considera-se como junta fria a junta de construção não programada que pode ocorrer acidentalmente durante o lançamento do concreto. Sua presença é constatada no momento em que um vibrador, funcionando, não penetra pelo seu próprio peso através da superfície da camada de concreto, exigindo, para o estabelecimento de continuidade do processo construtivo, cuidados especiais para obtenção de superfície aderência mecânica na continuidade da concretagem.

As juntas frias deverão ser evitadas. No momento em que se constatarem condições tendentes à sua formação deve-se providenciar, imediatamente, o confinamento e a vibração das cabeças das camadas, evitando suas superposições. Nessa operação deve-se cuidar para que a superfície da junta fique em rampa suave de (2:1).

As superfícies das juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. O tratamento indicado, ou qualquer outro aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá proporcionar à superfície da junta condições de aderência com o concreto a ser lançado.

15.5.4 JUNTAS DE CONSTRUÇÃO

Consideram-se como juntas de construção a superfície resultante do contato de uma camada de concreto recém-lançada, com a superfície de concreto já existente, e de tal modo endurecida, que não permita uma íntima fusão entre as camadas e que, mesmo por ação de vibração, o concreto novo não mais se incorpora com o anteriormente lançado.

A utilização com traço com elevado *slump*, nas execuções das cabeças, deverá ser evitada por determinar junta frágil com muita porosidade.

Os resíduos não consolidados de concreto, que resultem soltos na superfície, deverão ser removidos antes que os trabalhos de preparo da superfície da junta sejam iniciados.

Para as juntas, a critério da FISCALIZAÇÃO, o corte do concreto deverá ser feito com jato de areia e água, horas antes do reinício da nova etapa de lançamento, seguido de completa lavagem. A idade do concreto já existente deve ser superior a 15 horas e inferior a 72 horas e apresentar resistência suficiente para evitar que o agregado graúdo se destaque na superfície tratada. Caso a idade do concreto for superior a 72 horas, deve-se apicoar toda a superfície que entrará em contato com o concreto novo.

O preparo de juntas de construção com corte de ar e água poderá ser executado desde que se situe na faixa de 4 a 15 horas após o lançamento. O intervalo de tempo ideal dependerá da temperatura ambiente e dos fatores intrínsecos do concreto.

No caso de ocorrer contaminação em juntas tratadas por esse processo de limpeza, deverá ser feito um novo tratamento com jato de areia, aplicado momentos antes do próximo lançamento.

15.6CURA DO CONCRETO

O concreto de cimento Portland comum, curado com água, deverá ser mantido úmido pelo menos durante 14 dias. A cura com água deverá começar assim que o concreto tenha endurecido suficientemente para evitar danos devidos ao umedecimento da superfície. As superfícies a serem cobertas, ou preenchidas com solo, só necessitam ser curadas até ser colocado o referido aterro.

O concreto deverá ser mantido úmido, sendo coberto por um material saturado de água como, por exemplo, uma camada de areia ou por um sistema de tubos perfurados, ou aspersão mecânica, ou por qualquer método que mantenha todas as superfícies a serem curadas continuamente (não periodicamente) molhadas.

No caso de se utilizar manta para cura de concreto, utilizar aquelas associadas a filme plástico, preferencialmente, que no uso atenderá às especificações do fabricante, o

tempo de cura com água poderá ser reduzido, mas nunca menor que 4 dias completos consecutivos, contados a partir do término do lançamento do concreto neste trecho.

15.6.1 CURA QUÍMICA

Os compostos para cura química devem ser usados de acordo com as indicações do fabricante, depois de aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

15.7TOLERÂNCIA EM RELAÇÃO A ALINHAMENTOS, COTAS E DIMENSÕES DE PROJETO

A CONTRATADA será responsável pela locação, colocação e manutenção das fôrmas de concreto, de modo que os desvios das diversas estruturas em relação aos prumos, níveis, alinhamentos, perfis e dimensões indicadas nos desenhos de projeto se mantenham dentro dos limites de tolerâncias preconizadas pela NBR14931 e NBR6118.

As estruturas de concreto serão verificadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo objeto das inspeções e medições necessárias para determinar se os alinhamentos, cotas e dimensões de projeto respeitam as tolerâncias indicadas na NBR14931.

15.8CONTROLE DE QUALIDADE

A FISCALIZAÇÃO manterá um controle rigoroso sobre as operações da betoneira, especialmente em relação à quantidade de água adicionada à mistura, a fim de que o concreto seja uniforme, de betonada para betonada, e tenha um baixo coeficiente de variação ou um baixo desvio padrão das resistências.

Para exercer o controle de qualidade do concreto, a FISCALIZAÇÃO coletará, em locais por ela selecionados, amostras de concreto fresco, onde as resistências à compressão e módulo de deformação do concreto serão determinadas pelos ensaios, em cilindros de 15 cm x 30 cm, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. A quantidade de amostras, bem como a obtenção dos resultados serão de acordo com a NBR 12655, NBR5739, NBR8522 em sua última versão.

Ao longo de toda a execução da obra, o controle da qualidade do concreto será sistemático e feito baseado em ensaios de acordo com as normas aplicáveis da ABNT. Esses ensaios, de um modo geral, compreenderão em:

- Verificação das propriedades físicas dos materiais constituintes do concreto, incluído sua granulometria, e qualidade da água de amassamento;
- Determinação de traços para obtenção de concreto, com a necessária resistência, trabalhabilidade, e outras propriedades requeridas nestas Especificações Técnicas, ou indicadas nos desenhos de projeto;
- Determinação durante a produção do concreto, de propriedades como a trabalhabilidade ("slump-test"), peso específico e tempo de pega;
- Moldagem sistemática de corpos de prova para execução de ensaios rotineiros, como resistência à compressão axial e módulo de elasticidade.

16 FÔRMAS E ARMADURA

16.1FORMAS

As fôrmas deverão ser fabricadas com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser usadas nos locais onde se façam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo segundo as linhas, dimensões e juntas especificadas no projeto.

As fôrmas deverão ter resistência necessária para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, e deverão ser mantidas rigidamente em posição.

As fôrmas deverão ser suficientemente estanques para evitar a perda de argamassa. Se as fôrmas forem construídas de tábuas comuns sem constituírem painéis, o corte para união das mesmas deverá ser em ângulo reto. As fôrmas remontadas deverão se sobrepor ao concreto endurecido da camada anterior, em pelo menos 10 cm, e deverão ser fortemente apertadas contra o mesmo de maneira que, ao ser lançado o concreto, as fôrmas não cedam e garantam sua estanqueidade, sendo que onde necessário, deverão ser feitas janelas nas fôrmas para facilitar a inspeção, limpeza e adensamento do concreto.

Fôrmas que não mais apresentarem linhas e greides exatos, e estanqueidade à argamassa, que estejam empenadas, danificadas de alguma forma, ou inadequadas, deverão ser consertadas antes de serem novamente utilizadas. Quando, na opinião da FISCALIZAÇÃO, as fôrmas não mais apresentarem as tolerâncias, acabamento ou aparência aqui especificados, ou forem consideradas inadequadas, as mesmas deverão ser substituídas por fôrmas aceitáveis.

16.2ARMADURA

Serão consideradas armaduras para concreto armado, as que satisfaçam a NBR 7480 da ABNT.

As barras não poderão apresentar defeitos prejudiciais tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão. Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada, de modo a tomar praticamente impossível a sua separação e rejeição, todo o conteúdo deverá ser rejeitado.

As tolerâncias, amostragens, condições de aceitação, rejeição do lote e ensaios, deverão seguir às determinações da norma NBR 7480.

16.2.1 COLOCAÇÃO DA ARMADURA E EMENDAS

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, deverá ser totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepas e substâncias estranhas, que possam reduzir a aderência, e deverá ser mantida limpa até que esteja completamente embutida no concreto.

A armadura de aço deverá ser apoiada na posição definitiva, como indicado nos desenhos, e de maneira tal que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento do concreto. Isso poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos de metal ou outros dispositivos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

As emendas deverão ser executadas, rigorosamente, como indicado nos desenhos de projeto, não serão permitidas emendas por solda no local de colocação das barras.

Toda a solda estará conforme a Norma AWS 1.12.1 "*Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel Metal Inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction*".

As emendas por solda, caso existam, deverão suportar no mínimo 125% da tensão de escoamento das barras quando ensaiadas à tração. Qualquer outro tipo de emenda deverá igualar em resistência a uma emenda por caldeamento. Emendas tipo Cadweld, ou equivalente, deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante.

O concreto não poderá ser lançado antes que a FISCALIZAÇÃO tenha inspecionado e aprovado a colocação da armadura.

17 EQUIPAMENTOS

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, com antecedência mínima de 60 dias do início dos serviços, a lista de equipamentos a serem utilizados nos serviços. A Prefeitura Municipal de Ponte Nova poderá vetar o uso de quaisquer dos equipamentos listados, mesmo tendo estes sido relacionados pela CONTRATADA nos documentos contratuais pertinentes, desde que comprovadamente os mesmos não atendam à segurança e/ou produção mínima necessária ao bom andamento dos serviços.

Para cada equipamento, deverão ser incluídos catálogos com informações sobre procedência, dimensões, capacidade e carga.

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter uma produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá ainda mantê-los em boas condições de operação.

A eficiência dos equipamentos deverá ser comprovada, podendo a Prefeitura Municipal de Ponte Nova exigir modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação que, a seu critério, sejam necessárias para desenvolvimento da obra.

18 SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE (SSMA)

A CONTRATADA deverá seguir integralmente as políticas do sistema de Gerenciamento de Saúde, Segurança e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Ponte Nova nos procedimentos e especificações aplicáveis ao escopo da atividade, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). A CONTRATADA tem por obrigação:

- A preservação e conservação do meio/ambiente (flora, fauna, nascentes e cursos d'água, ar, solo e outros) deverão ser alvos de permanente e especial atenção da CONTRATADA;
- Conhecer os documentos pertinentes ao SGA assumindo e atendendo ao preconizado nestes documentos;
- Durante a operação e manutenção do canteiro de serviço envolverão as edificações, instalações industriais, equipamentos fixos e outros, de forma a manter a área perfeitamente limpa e em condições de funcionamento, conforme previsto nas normas ambientais e de segurança usuais;
- Controle de Áreas de Estocagem de Combustíveis e Óleos Lubrificantes;
- Fiscalização da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, poderá eventualmente paralisar os serviços da CONTRATADA, caso sejam detectadas irregularidades que impossibilitem a execução dos serviços com níveis mínimos de segurança. A paralisação prosseguirá até a solução das irregularidades. Os custos advindos destas paralisações serão de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA;
- Para os serviços de campo é obrigatório, e de responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, o fornecimento de uniformes e EPI´s para seus funcionários.

18.1CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e

providências para proteção do meio ambiente a serem observados no decorrer da execução das obras da Barragem Passa Cinco.

Durante a execução das atividades a CONTRATADA devem ser conduzidos os seguintes procedimentos:

- Deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;
- Deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do caminho de serviço pré estabelecido para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- As áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;
- Todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;
- Deve-se providenciar a execução de barreiras de proteção, tipo leiras de solo, quando as obras estiverem próximas a cursos d'água ou mesmo sistema de drenagem que descarregue em cursos d'água, para evitar o carreamento de solo ou queda, de blocos ou fragmentos de rocha em corpos d´água próximos a rodovia;
- Não pode ser efetuado o lançamento de refugo de materiais utilizados nas áreas lindeiras, no leito dos rios e córregos e em qualquer outro lugar que possam causar prejuízos ambientais;
- As áreas afetadas pela execução das obras devem ser recuperadas mediante a limpeza adequada do local do canteiro de obras e a efetiva recomposição ambiental;
- É obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

19 GARANTIA DE QUALIDADE

19.1CONSIDERAÇÕES GERAIS

As Obras Civis serão executadas em conformidade com o Projeto Executivo (o projeto executivo não é escopo deste plano de trabalho) e com as Normas técnicas aplicáveis, mesmo que não citadas explicitamente nestas Especificações. Em caso de

eventuais divergências entre as Normas e estas Especificações, prevalecerão as disposições desta última.

A CONTRATADA será responsável total pelo controle e garantia da qualidade das Obras Civis, incluindo a realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais (de modo a garantir o seu atendimento às Especificações e Normas técnicas), a execução dos estudos de dosagens do concreto, a inspeção e verificação dos serviços de campo e a execução dos ensaios de controle dos materiais de construção. A CONTRATADA deverá substituir, refazer e/ou adequar, às suas custas, todo e qualquer serviço ou fornecimento em desacordo com as Especificações.

Os procedimentos de construção e controle de qualidade deverão apresentar-se uniformes durante todo o período de implantação das Obras Civis, independentemente das atividades serem executadas pela CONTRATADA ou por eventuais Subcontratados. Os procedimentos de execução dos serviços por parte de quaisquer subcontratados deverão apresentar-se compatíveis e aderentes aos procedimentos aprovados.

O controle da qualidade das Obras Civis será exercido pela CONTRATADA através da equipe de Gestão da Qualidade. A atuação da Gestão da Qualidade abrangerá as atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e de seus materiais constituintes, assim como do aço para concreto armado, dos dispositivos de vedação de juntas e de quaisquer outros materiais de responsabilidade da CONTRATADA para os quais seja necessária a realização de ensaios.

Os resultados das inspeções e verificações deverão ser consolidados nos Relatórios Mensais do Controle Tecnológico e, quando for o caso, nos Relatórios de Não Conformidade emitidos pela Gestão da Qualidade.

A Gestão da Qualidade deverá atuar orientando as equipes de produção da CONTRATADA quando o desenvolvimento dos serviços não estiver sendo executado de acordo com os padrões estabelecidos e verificando a solução dos problemas levantados e das não conformidades emitidas.

A execução dos ensaios de controle dos materiais e das obras, assim como de levantamentos topográficos para fins de controle dos avanços da obra será de responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, independentemente da realização de ensaios eventuais pela Fiscalização.

A Fiscalização terá o direito de, a qualquer tempo, inspecionar as obras e ter acesso aos resultados dos ensaios do concreto, das obras de terra e de quaisquer outros materiais de construção utilizados nas obras, sejam eles realizados pela própria CONTRATADA, por laboratórios externos contratados pela CONTRATADA ou pelos fabricantes dos materiais. A Fiscalização também se reserva o direito de acompanhar a execução de quaisquer ensaios em qualquer fase de sua realização, obrigando-se a CONTRATADA a facilitar o pronto acesso da Fiscalização aos locais de realização dos ensaios. A Fiscalização terá acesso a quaisquer outros documentos da CONTRATADA que, no julgamento da Fiscalização, sejam importantes para a verificação da qualidade e segurança dos trabalhos. As inspeções da Fiscalização poderão ser realizadas por profissionais próprios ou de empresas contratadas pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

A Fiscalização poderá, no exercício de suas funções, solicitar todas as informações que considerar necessárias ao acompanhamento dos trabalhos, obrigando-se a CONTRATADA a fornecer-lhe, no prazo que lhe for fixado pela Fiscalização, todas as informações, detalhes e procedimentos relativos à implantação, controle e acompanhamento das obras.

As inspeções e eventuais ensaios realizados pela Fiscalização não desobrigam a CONTRATADA da responsabilidade total pelos serviços e fornecimentos executados, inclusive pela realização dos ensaios de controle, nas frequências estabelecidas. A não detecção, pela Fiscalização, de serviços ou materiais defeituosos quando de sua execução ou fornecimento não eximirá a CONTRATADA de sua total responsabilidade pelos defeitos que vierem a ser detectados mais tarde e tal fato não poderá ser alegado pela CONTRATADA como justificativa para obrigar a aceitação dos serviços pela FISCALIZAÇÃO.

20 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10787: Concreto endurecido - Determinação da penetração água sob pressão. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland–Preparo, controle, recebimento e aceitação–Procedimento. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto–procedimento. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto-Especificação. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: Concreto-Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassas e concretos endurecidos–Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. 2006.

D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

MANUAL DE INSTRUMENTAÇÃO

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

NOVEMBRO DE 2021

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 2

2 INSPEÇÕES DE CAMPO 3

2.1 INSPEÇÕES SUPERFICIAIS DO DIQUE 3

2.2 AVALIAÇÃO DE INSPEÇÕES REGULARES 4

3 LEITURA DOS INSTRUMENTOS 4

3.1 INDICADORES DE RECALQUE NO MACIÇO 4

3.2 PIEZÔMETROS (PZ'S) E INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA (INA'S) 5

3.2.1 Como proceder as leituras 5

3.2.2 Registros das leituras 6

3.3 DISPOSITIVOS DE MEDIDAS DE VAZÕES 6

4 MANUTENÇÃO DA BARRAGEM 7

4.1 CHECK LIST DA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL 9

4.2 MODELO DE FOLHA DE CAMPO PARA LEITURA DE INSTRUMENTOS 15

4.3 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO 16

4.4 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO 17

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para manual dos instrumentos a serem instalados na **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, mas o projeto de adequação realizado pela Baruk, é proposto a instalação de 4 instrumentos, sendo 2 INA's e 2 PZ's para monitoramento da barragem. Deste modo, este presente documento, visa propor níveis de controle através destes instrumentos para monitoramento da barragem.

A seguir será apresentada a descrição das atividades rotineiras de inspeção e monitoramento da Barragem conforme orientações do "Manual de Segurança e Inspeção de Barragens" da Secretaria de Infraestrutura Hídrica do Ministério de Integração Nacional.

Este documento apresenta a proposição de modelos de fichas específicas que tem por objetivo facilitar e padronizar esta atividade, conforme manual supracitado.

2 INSPEÇÕES DE CAMPO

Todo o sistema, constituído pela barragem Passa Cinco e seus componentes, tais como ombreiras, taludes de montante e de jusante, sistema extravasor, drenagem superficial e outros elementos julgados importantes, deveram ser objetos de inspeções visuais, as quais devem ser repetidas periodicamente por equipe técnica devidamente habilitada para esta função.

2.1 INSPEÇÕES SUPERFICIAIS DO DIQUE

Quando forem ser executadas as inspeções do maciço, ombreiras, bacias de contribuição e de acumulação da barragem, devem-se atentar para a observação dos seguintes itens:

i. Existência de erosões superficiais (ravinamentos) nos taludes, ombreiras, canais vertedores etc.;
ii. Existência de erosões superficiais no talude de montante e nos taludes próximos às estruturas de concreto, provocadas pelo efeito das ondas do reservatório ou chuvas;
iii. Existência de surgências d'água ao longo do talude de jusante, observando eventuais variações de vazões;
iv. Existência de regiões saturadas na superfície do talude de jusante e nas ombreiras, indicadas pela coloração e intensidade da vegetação;
v. Existência de trincas, deslizamentos e depressões na crista, nos taludes e bermas;
vi. Existência de obstruções, assoreamento e rachaduras, nas canaletas de drenagem pluvial, descidas d'água do corpo da barragem e das ombreiras;

vii. Existência de erosões, no contato das canaletas de drenagem com o terreno de apoio;

viii. Estado de conservação da vegetação de proteção dos taludes do maciço e das ombreiras;

ix. Existência de movimentos de massa ao longo da bacia de contribuição do reservatório;

x. Existência de vegetação invasiva ou de outros elementos estranhos à bacia de acumulação da barragem.

O item 4.1 deste anexo apresenta o modelo de ficha de inspeção de campo, conforme as observações relevantes a serem obtidas nas inspeções a serem realizadas. A referida ficha tem como referência o modelo sugerido no manual de inspeção supracitado.

2.2 AVALIAÇÃO DE INSPEÇÕES REGULARES

A Prefeitura de Ponte Nova deverá armazenar os relatórios de inspeções quinzenais executados e registro de manutenções realizadas, que devem ser anexas ao Volume III da Revisão do Plano de Segurança de Barragens (PSB).

3 LEITURA DOS INSTRUMENTOS

3.1 INDICADORES DE RECALQUE NO MACIÇO

A leitura dos marcos superficiais deverá ser executada e o controle dos deslocamentos será realizado por um marco fixo, no terreno natural, ou seja, que não estará sujeito à influência de obras que possam acontecer na barragem, em local que permita fácil visualização dos demais marcos superficiais do aterro e que já deve ser especificado. As leituras devem ser realizadas com as seguintes recomendações:

- Recomenda-se a utilização de estação total ou teodolito, pois a precisão das leituras realizadas, juntamente com a metodologia, deve situar-se na casa dos décimos de milímetro;
- O nivelamento (para deslocamentos verticais ou horizontais) deverá ser feito com auxílio do marco fixo, em terreno natural;
- Os deslocamentos verticais são medidos por nivelamento geométrico;
- Os deslocamentos horizontais são por triangulação;
- Após a leitura dos deslocamentos, deve-se comparar essas leituras com as anteriores, avaliando se os deslocamentos estão aceitáveis para a estrutura;
- Caso sejam identificados grandes deslocamentos, recomenda-se uma melhor avaliação e uma releitura dos instrumentos, caso a barragem ainda esteja em condições estáveis;
- Deve ser realizado uma verificação em campo de alguma anomalia que possa indicar eventual instabilidade do maciço.

3.2 PIEZÔMETROS (PZ'S) E INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA (INA'S)

3.2.1 COMO PROCEDER AS LEITURAS

As leituras dos instrumentos deverão seguir a seguinte sequência:

- Medir o nível exato do N.A. no reservatório;
- Introduzir a ponteira no tubo de leitura com o ohmímetro ligado;
- Interromper a descida da ponteira no tubo quando o ohmímetro acusar o nível d'água;
- Tomar cuidados especiais ao fazer as leituras para que a umidade na parede do tubo não dê sinal no ohmímetro e falseie o resultado;
- Ler na boca do tubo de leitura o valor exato do comprimento do cabo elétrico, introduzido no tubo;
- Desligar o ohmímetro;
- Anotar o número do instrumento, o nível da boca do tubo de leitura e o comprimento do cabo elétrico, da boca do tubo ao nível d'água;

- Comparar estas leituras com as anteriores, a fim de eliminar qualquer possibilidade de erros grosseiros.

Serão necessários os seguintes equipamentos para proceder às leituras dos INA's e PZ's:

- Pio Elétrico (30 metros);
- Tablet com o Software GeoInspector ou similar instalado ou ficha de inspeção conforme modelo em anexo.

3.2.2 REGISTROS DAS LEITURAS

Os dados e cálculos das fichas de acompanhamento deverão ser completamente preenchidos no Software GeoInspector ou similar ou ainda ficha de inspeção conforme modelo em anexo, anotando-se os dados relativos à instalação: número do instrumento, data de instalação, coordenadas e elevações do instrumento, data da leitura e medida da profundidade do nível d'água (em metros).

Quaisquer outras observações, julgadas importantes durante a inspeção, deverão ser anotadas e transcritas no programa.

O item 4.2 deste anexo traz um modelo da ficha de campo, para leitura e acompanhamento dos piezômetros, com sugestões de complementação com gráficos ilustrativos, que podem ser utilizados caso não haja o Software GeoInspector ou similar.

3.3 DISPOSITIVOS DE MEDIDAS DE VAZÕES

Foram recomendados a execução de instrumento para o monitoramento das vazões percoladas pelo maciço ou fundação. Recomenda-se realizar o controle das vazões percoladas e superficiais como elemento complementar à interpretação da estabilidade da estrutura. Um modelo de folha de acompanhamento de campo é sugerido no Item 4.4.

A periodicidade de leitura sugerida para o instrumento manual é quinzenal no intuito de compor histórico de leituras que contribuiu para o controle das condições de drenagem da estrutura mediante análise quantitativa e qualitativa das vazões percoladas. Recomenda-se que este acompanhamento seja feito de forma sistemática segundo orientações apresentadas a seguir:

- As leituras desses instrumentos deverão ser executadas com régua graduada de precisão, na caixa de coleta, a pelo menos 1 metro afastado da chapa (para montante), de forma que a leitura não seja comprometida pelo escoamento turbulento na saída da chapa;
- Na ocorrência de regime hidráulico variável a montante do indicador, deve-se providenciar à instalação de um tranquilizador de fluxo (caixa de brita ou outro);
- A base de abertura da chapa deverá ser posicionada acima da superfície d'água máxima possível, para jusante, a fim de se evitar que o indicador trabalhe afogado;
- O comprimento do canal deverá ser, pelo menos, 10 vezes a largura de água no indicador de vazão;
- A altura d'água no canal, antes da chapa, deverá ser duas vezes a máxima altura a ser medida;
- O canal de aproximação deverá estar sempre livre de sólidos e sedimentos;
- Os locais onde serão instalados os indicadores de vazão exigem frequentes operações de limpeza e remoção de vegetação, de tal sorte a se assegurar condições satisfatórias de acesso e de operação do indicador.

4 MANUTENÇÃO DA BARRAGEM

Após cada inspeção na Barragem, um especialista deverá indicar os serviços de manutenção que julgar necessários, na previsão de qualquer tipo de degradação do maciço ou destruição de dispositivos instalados.

Os serviços de manutenção de rotina incluem:

- Corte e conservação dos gramados;
- Reaterro de erosões superficiais;

- Desobstrução e limpeza de canaletas de drenagem;
- Remoção de entulhos e obstruções no sistema extravasor (canal de aproximação e canal extravasor de emergência).

Os serviços de manutenção especiais, caso necessário, deverão ser executados conforme recomendações dos relatórios de inspeção e de projetos específicos.

4.1 CHECK LIST DA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

EMPRESA:												
BARRAGEM:												
REGIÃO:												
VISTORIADO POR:												
DATA DA VISTORIA:												
FOLHA 1/6												
ANOMALIA	**SITUAÇÃO**										**NP**	**CAUSA**
A - MACIÇO DA BARRAGEM												
A.1 - Talude de Montante												
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Trincas/afundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Sinais de deslocamentos do maciço	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
A.2 – Coroamento												
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Falta de revestimentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Trincas/afundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Pavimentação incompleta ou, destruída	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Revestimento vegetal incompleto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Defeitos de drenagem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Defeitos de meio-fio	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Sinais de deslocamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Ameaça de galgamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			

SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

BARRAGEM:											
FOLHA 2/6											
ANOMALIA	**SITUAÇÃO**									**NP**	**CAUSA**
A.3 - Talude de Jusante											
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Trincas/afundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de proteção vegetal	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos de drenagem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosão no encontro com as ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Ocas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de deslocamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de surgência ou áreas úmidas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
A.4 - Região a Jusante da barragem											
Construções irregulares próximas à barragem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Árvores e arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
A.5 - Instrumentação											
Acesso comprometido	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Indicadores de Nível D'água ou piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Medidores de nível d'água do reservatório defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de instrumentação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		

Comentários:

SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

BARRAGEM:											
FOLHA 3/6											
ANOMALIA	SITUAÇÃO									NP	CAUSA
B - RESERVATÓRIO											
Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Construções em áreas de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Poluição por esgoto, lixo, entulho, etc.	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Assoreamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Deslizamentos nas margens	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Gado pastando	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		

Comentários:

SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

BARRAGEM:											
FOLHA 4/6											
ANOMALIA	SITUAÇÃO									NP	CAUSA
C - EXTRAVASOR											
C.1 –Tomada D'água/ Torre /Canal de Aproximação											
Assoreamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Torre danificada	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na estrutura	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Registros defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos no acionamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de volante de acionamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos nas comportas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.2 – Galeria											
Corrosão e vazamentos na galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos nas juntas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Deformação das paredes laterais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Desalinhamento das paredes laterais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Precariedade de acesso	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Presença de entulho dentro da galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Trincas no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgência de água junto à galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.3 – Canal Principal											
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Construções irregulares	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Precariedade de acesso	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		

SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

BARRAGEM:											
FOLHA 5/6											
ANOMALIA	**SITUAÇÃO**									**NP**	**CAUSA**
C.3 – Canal Principal (cont.)											
Presença de entulho	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na cerca de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.4 – Bacia de amortecimento											
Defeitos no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Obstruções	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		

Comentários:

SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

BARRAGEM:											
FOLHA 6/6											
ANOMALIA	SITUAÇÃO									NP	CAUSA
D – ESTRADAS DE ACESSO											
Estado do pavimento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Drenagem superficial das vias	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		

Comentários:

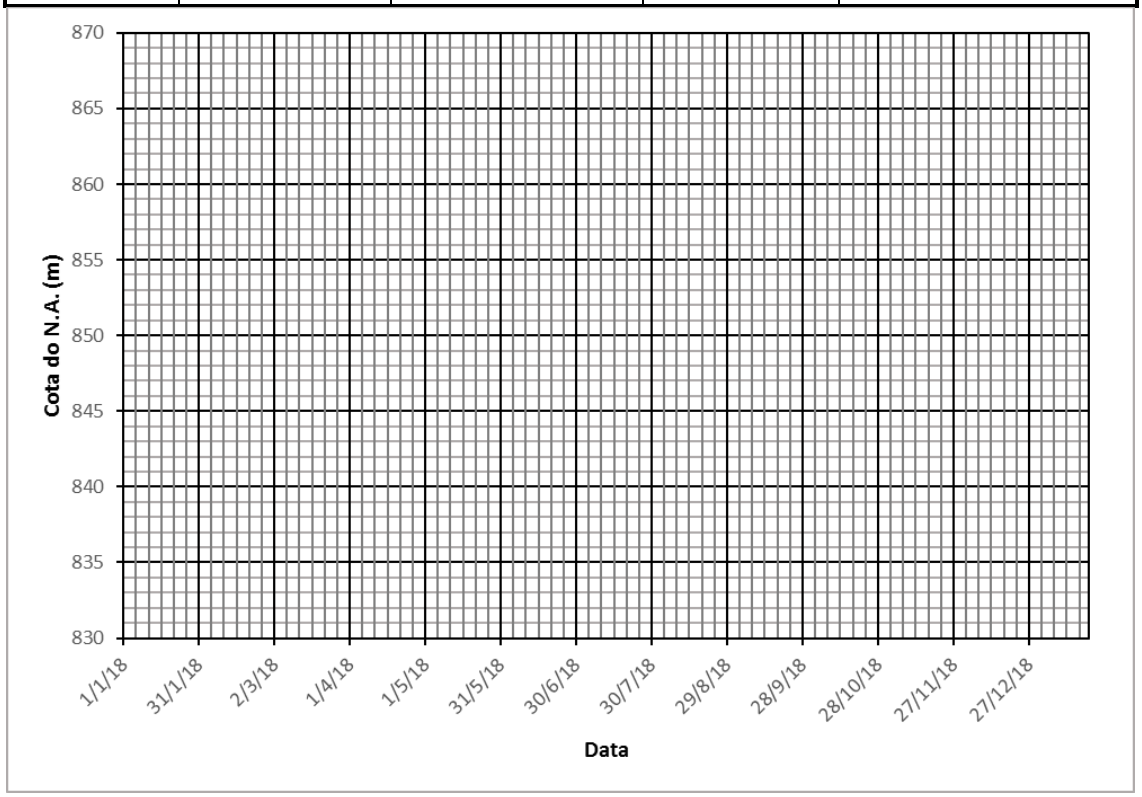
SITUAÇÃO	NÍVEL DE PERIGO: (NP)*
NA - Não Aplicável	0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia
NE - Não Existente	
PO - Primeira Ocorrência	1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento
A(=) – Anomalia Recorrente	
AS – Anomalia solucionada	2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior
PC – Anomalia Permaneceu constante	
A(-) – Redução da Anomalia	3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata
A(+) – Agravamento da Anomalia	
NI - Não Inspecionado (justificar)	

4.2 MODELO DE FOLHA DE CAMPO PARA LEITURA DE INSTRUMENTOS

DATA DA LEITURA:_____ /_____ / _____ RESPONSÁVEL:					
N.A. ATUAL DO RESERVATÓRIO (m):_____.					
Instrumentos	**Leitura Anterior (m)**	**Nível de Alerta (m)**	**Nível de Emergência (m)**	**Leitura Atual (m)**	**Observações**
Indicadores de Nível d'Água					
Piezômetros					

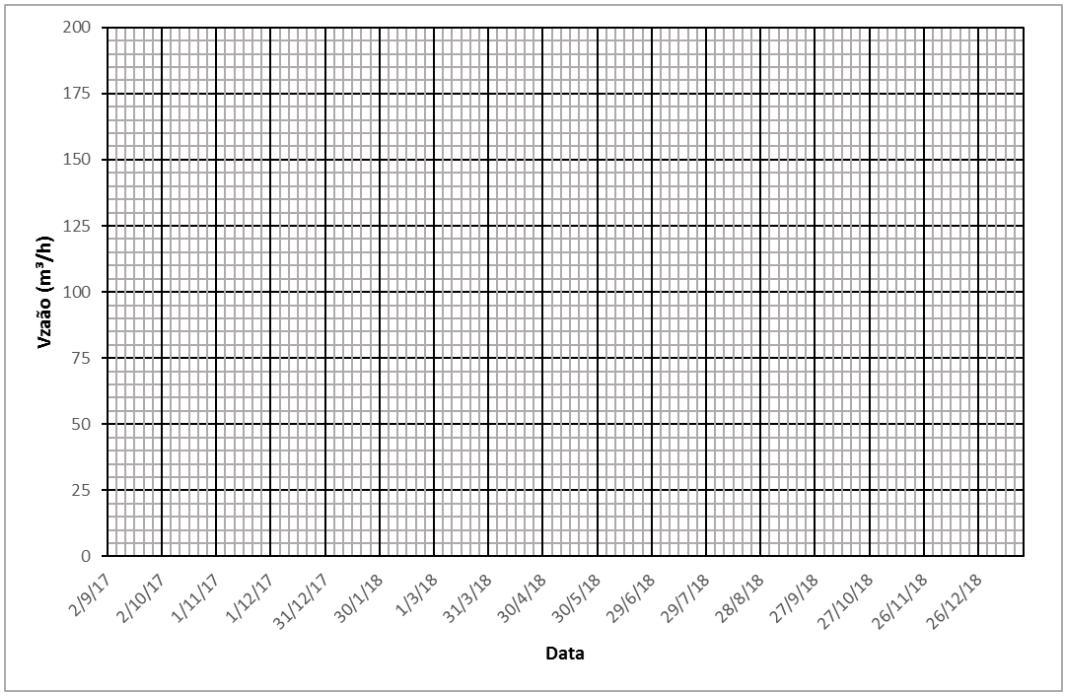
4.3 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO

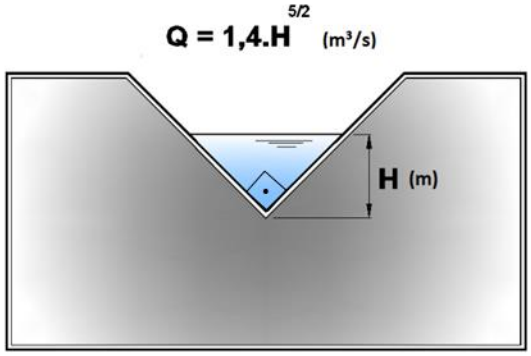
Instrumento	DADOS DE INSTALAÇÃO					
	Data	Profundidade (m)	Cota da boca do tubo (m)	Cota de alerta do N.A. (m)	Localização (UTM)	
					E	N
DADOS DE LEITURA						
Data	Profundidade do N.A. no tubo (m)	Cota do N.A. (m)	Cota do N.A. do Reservatório (m)	Observações		



4.4 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

DADOS DE LEITURA				
Data	**H (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Vazão (litros/s)**	**Observações**





PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

NÍVEL DE CONTROLE

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 3

2 OBJETIVO 3

3 LOCALIZAÇÃO 4

4 METODOLOGIA DE ANÁLISE 5

4.1 SEÇÃO DE ANÁLISE 5

4.2 MÉTODO DE ANÁLISE 5

4.3 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA 5

4.4 LIMITES DE REFERÊNCIA ADOTADOS 6

4.5 INSTRUMENTAÇÃO 7

5 ANÁLISES E RESULTADOS 8

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 12

ANEXOS 14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 3

Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021). 4

Figura 9.1– Locação da seção de análise em planta. 5

Figura 5.1 – Análise de Estabilidade – Nível de Atenção (FS<1.5). 9

Figura 5.2 – Análise de Estabilidade – Nível de Alerta (FS≤1.3). 10

Figura 5.3 – Análise de Estabilidade – Nível de Emergência (FS≤1.1). 11

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realização dos níveis de controle para **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, mas o projeto de adequação realizado pela Baruk, é proposto a instalação de 4 instrumentos, sendo 2 INA's e 2 PZ's para monitoramento da barragem. Deste modo, este presente documento, visa propor níveis de controle através destes instrumentos para monitoramento da barragem.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar níveis de controle para os instrumentos que serão instalados, de modo que garanta a sua segurança e atendimento a

critérios normativos e de legislação. Neste aspecto, este relatório possui informações dos aspectos técnicos da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

3 LOCALIZAÇÃO

A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

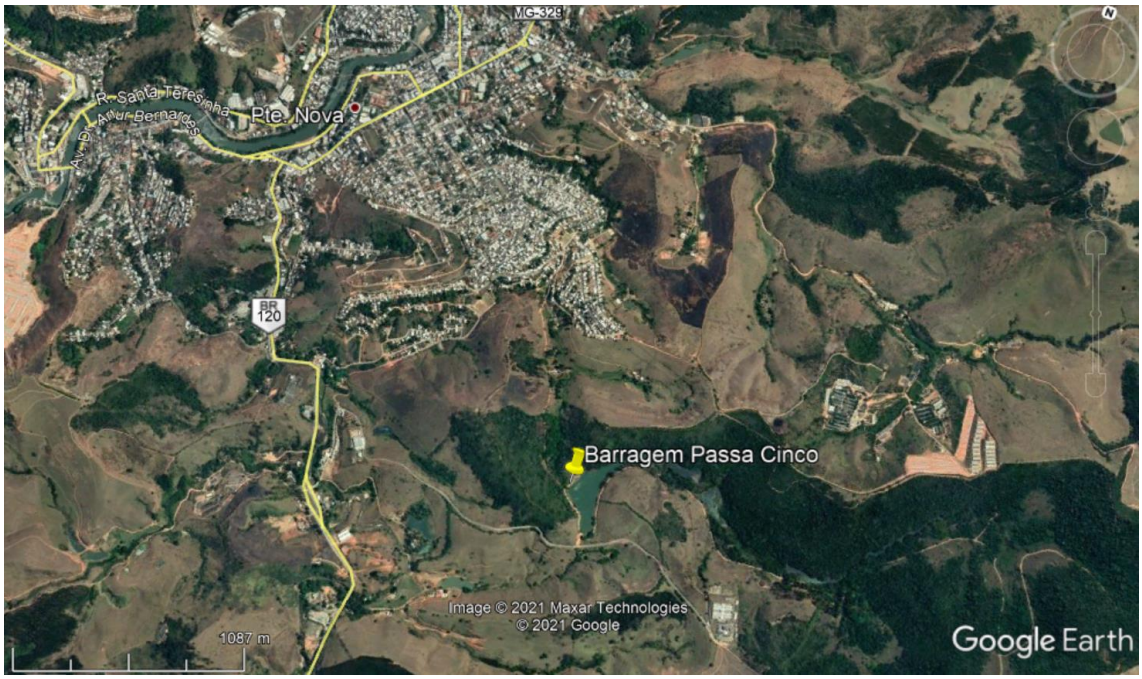


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

4.1 SEÇÃO DE ANÁLISE

A Seção de análise foi baseada no documento de adequação da barragem (BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO - RT-04 - 00), conforme planta com a localização da instrumentação proposta para a barragem Figura 4.1, considerando-se a seção A de maior altura (seção central).

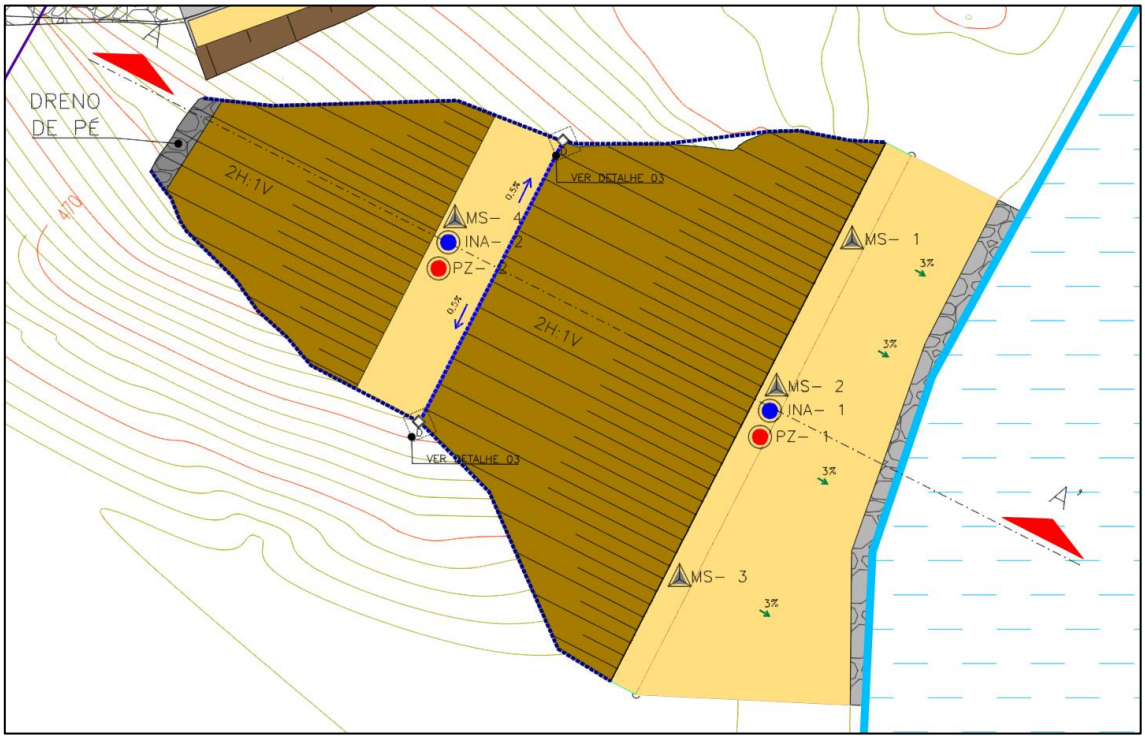


Figura 4.1– Locação da seção de análise em planta.

4.2 MÉTODO DE ANÁLISE

As análises de estabilidade foram realizadas utilizando-se o programa computacional *software Slide2*, desenvolvido pela Rocscience, utilizando superfície de ruptura circular empregando os métodos de equilíbrio limite de *Bishop, Morgens*t e *Price* e *Spencer*.

4.3 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA

Na Tabela 4.1 estão apresentados os parâmetros adotados nas análises de estabilidade da Barragem do Passa Cinco. Os parâmetros dos materiais foram obtidos nos estudos de adequação da estrutura realizado pela Baruk em 2021, documento de referência (BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO - RT-04 - 00).

Tabela 4.1 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	Peso específico natural (Kn/m³)	Peso específico saturado (Kn/m³)	Triaxial (Tensões Efetivas)	
			Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (ϕ)
Aterro	16	17	15	28
Aluvião	16	17	2	26
Rocha Alterada	20	21	40	40
Gnaisse	25	26	400	40
Aterro de Reforço	18	19	20	30

4.4 LIMITES DE REFERÊNCIA ADOTADOS

Para a elaboração dos Níveis de Controle da estrutura foram realizadas simulações, variando o nível de água no interior do maciço, fundação e tapete drenante da estrutura e analisando o comportamento de sua segurança geotécnica. Após as simulações, foram definidos 4 níveis determinados pelo fator de segurança obtido em relação ao NA, a saber:

FS ≥ 1,50 – Nível Normal: Resultado adequado em relação à segurança da estrutura, segundo preconizado pela ABNT 13.028 (2017);

1.30 < FS < 1,50 – Nível de Atenção: Resultado não adequado em relação à segurança da estrutura. Segundo preconizado pela ABNT 13.028 (2017), o fator de segurança é considerado o limite inferior de referência para a operação da barragem em condição de superfície freática crítica. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. O monitoramento e inspeções deverão ser intensificados, conforme orientação do geotécnico. Deverão ser tomadas medidas a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração, e se necessário, planejar as ações a serem implantadas para adequação.

1.10 < FS ≤ 1.30 – Nível de Alerta: Resultado não adequado em relação à segurança da estrutura. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. Deverá ser verificada a estabilidade da estrutura com base no nível piezométrico do conjunto de instrumentação existente e serem tomadas as medidas em caráter de urgência a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração e ações para adequação. O monitoramento e inspeções exigem atenção especial, com acompanhamento diário. Confirmado o fator de segurança da barragem no nível de atenção, acionar o Plano de Ações Emergenciais (PAEBM), conforme Volume V do PSB.

FS ≤ 1.10 – Nível de Emergência: Resultado não satisfatório em relação à segurança da estrutura. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. Deverá ser verificada a estabilidade da estrutura com base no nível piezométrico do conjunto de instrumentação existente e serem tomadas as medidas em caráter de emergência a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração e ações para adequação. Confirmado o fator de segurança da barragem no nível de emergência, acionar o Plano de Ações Emergenciais (PAEBM), conforme Volume V do PSB.

4.5 INSTRUMENTAÇÃO

Na Tabela 4.2 estão apresentados os dados de cadastro dos instrumentos da Barragem Passa Cinco.

Tabela 4.2 - Dados dos Instrumentos

INSTRUMENTO	TIPO	Coordenadas		Cota de Topo (m)	Prof. (m)
		E	N		
PZ-01	Piezômetro	721002.95	7740063.51	479,85	12
PZ-02	Piezômetro	720979.95	7740073.39	469,80	9
INA-01	Medidor de nível d'água	721002.95	7740063.51	479,85	7
INA-02	Medidor de nível d'água	720980.63	7740075.18	469,80	6

5 ANÁLISES E RESULTADOS

As análises foram realizadas variando a linha freática de modo a reduzir o FS até os níveis de atenção, alerta e emergência. As análises foram realizadas considerando-se o nível normal de operação, com o nível do reservatório na El. 477,26 m.

Os resultados das análises são apresentados nas Figura 5.1 a Figura 5.3, com indicação das superfícies de escorregamento críticas.

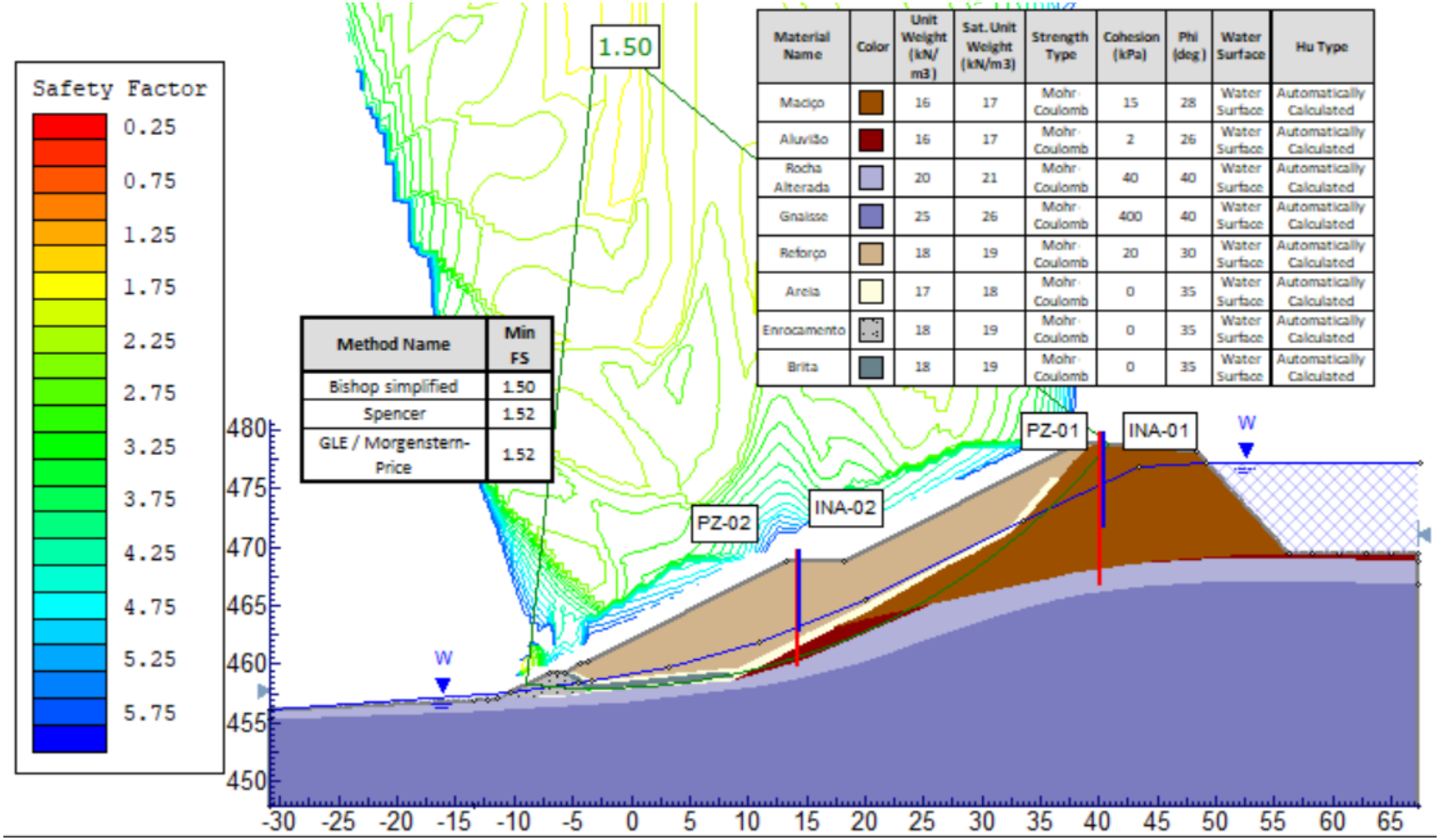


Figura 5.1 – Análise de Estabilidade – Nível de Atenção (FS<1.5).

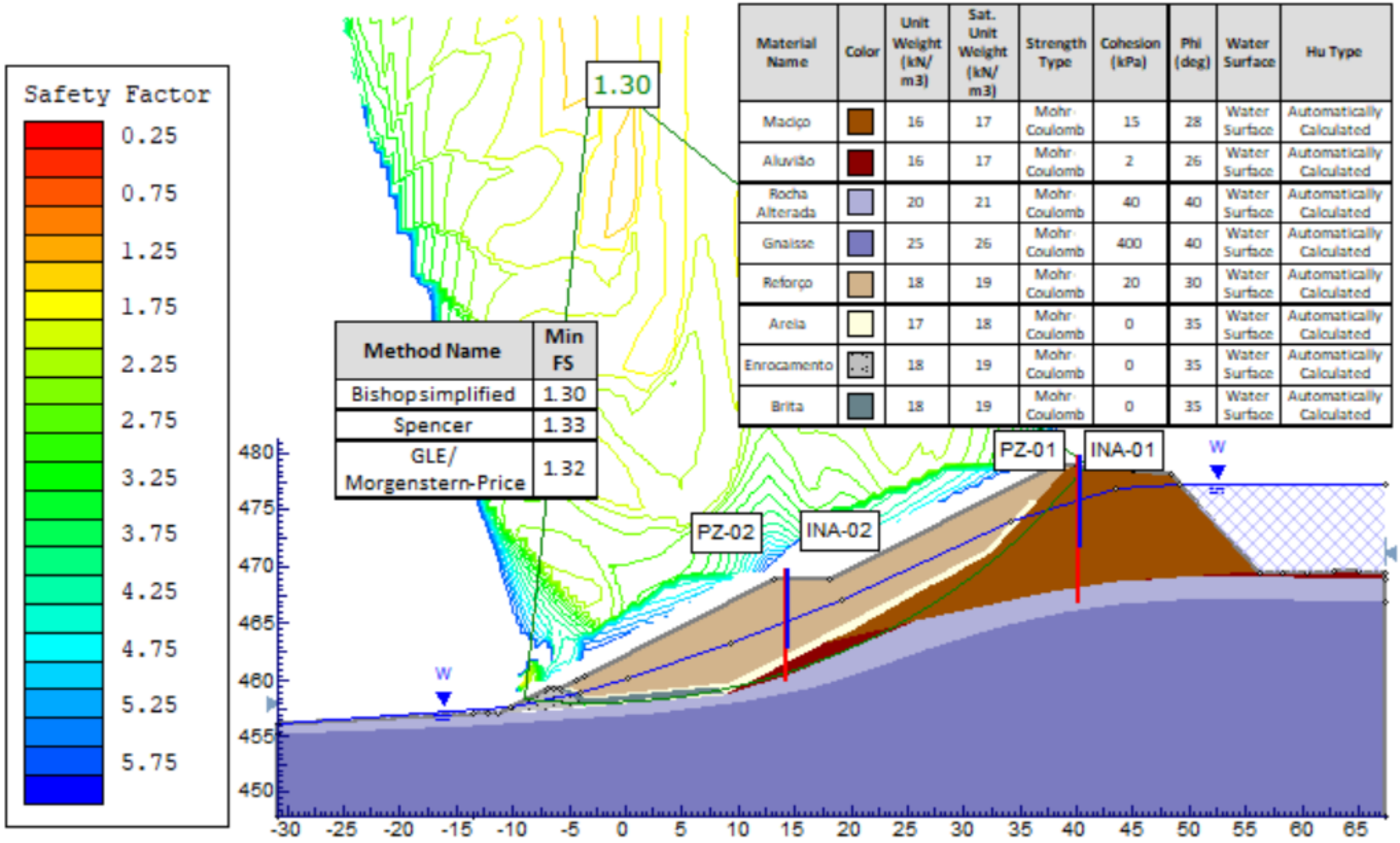


Figura 5.2 – Análise de Estabilidade – Nível de Alerta (FS≤1.3).

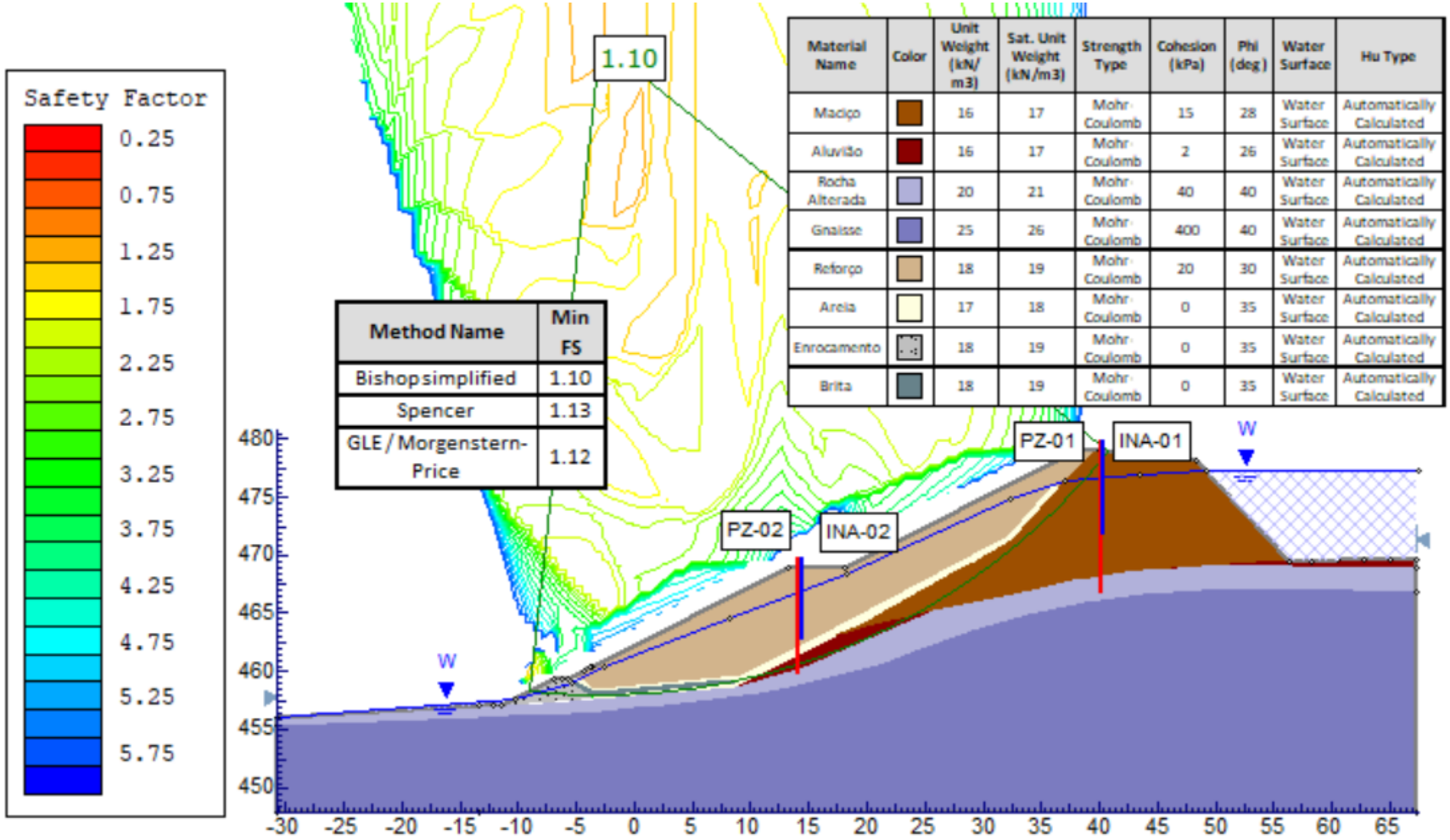


Figura 5.3 – Análise de Estabilidade – Nível de Emergência (FS≤1.1).

Na Tabela 5.1 estão apresentados os níveis d'água para cada instrumento correspondente aos fatores de segurança em questão.

Tabela 5.1 - Níveis de Controle

INSTRUMENTO	NÍVEL DE ATENÇÃO FS < 1,50	NÍVEL DE ALERTA FS ≤ 1,30	NÍVEL DE EMERGÊNCIA FS ≤ 1,10
PZ-01	475,39	475,86	476,65
PZ-02	463,12	465,11	466,75
INA-01	475,50	475,95	476,66
INA-02	463,23	465,20	466,90

Os instrumentos devem ser validados em campo, tanto cota de topo, coordenadas e profundidade, ou seja, os níveis podem variar devido diferenças em alguma dessas medidas. Deste modo, os níveis de controle se tornam valido se as medidas de campo forem exatamente as mesmas que foram especificados neste documento, caso contrário, este documento deverá ser revisto após a implantação dos instrumentos.

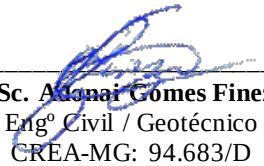
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Vale ressaltar que não há leituras piezométricas atuais, sendo assim, a estrutura será monitorada a partir de instalações dos instrumentos e de acordo com os níveis determinados neste documento. Deste modo, é possível que haja ajustes nos níveis, pois, não há histórico de leituras anteriores que demonstram o comportamento da linha freática, além de incertezas sobre a construção da barragem.

A equipe responsável pela leitura e análise dos dados dos instrumentos deve ter pleno conhecimento da carta de risco de forma a correlacionar as leituras aos níveis de controle estabelecidos e, caso necessário, indicar as ações a serem realizadas para prevenir que haja danos às estruturas.

Salienta-se que a Carta de Risco deve ser interpretada como uma ferramenta de apoio à gestão da segurança da barragem e sua análise deve ser feita em conjunto com as informações obtidas nas inspeções visuais. Em posse dos dados de leitura da

instrumentação e dos relatórios das inspeções visuais, recomenda-se que seja realizada avaliação periódica da estabilidade da estrutura, conforme preconiza a normatização vigente.



D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 Adobe Acrobat Document	**ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA** Formato: [“pdf”] 8 páginas
 Adobe Acrobat Document	**ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA_CINCO_PONTE_NOVA_MG** Formato: [“pdf”] 15 páginas
 Package	**ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO** Formato: [“dwg”]

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO 2

3 LOCALIZAÇÃO 2

4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO 3

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM 4

5.1 CATEGORIA DE RISCO 5

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO 9

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO 12

7 CONDIÇÃO ATUAL 14

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS 15

8.1 GEOLOGIA REGIONAL 15

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS 25

8.3 GEOLOGIA LOCAL 26

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS 27

8.4.1 Aluvião (fundação) 28

8.4.2 Aterro (maciço) 28

8.4.2.1 Caracterização Física 28

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência 30

8.5 SISMICIDADE REGIONAL 37

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS 45

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE PARA CONDIÇÃO ATUAL E COM REFORÇO 45

9.1.1 Parâmetros adotados nas análises de estabilidade 45

9.1.2 Critérios e condições de contorno 46

9.1.3 Resultados obtidos para a condição atual 47

9.1.4 Resultados obtidos para a condição com reforço 51

10 DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA 57

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO 58

12 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS.....59

12.1 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO..... 59

12.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA..... 63

12.3 ESTUDOS DE CHEIAS..... 65

12.3.1 Pluviometria 65

12.3.1.1 Definição dos quantis diários e sub-diários..... 65

12.3.1 Definição do período de retorno 66

12.4 MODELO HIDROLÓGICO..... 67

12.5 ÁREA DRENADA..... 67

12.6 COEFICIENTE DE DEFLÚVIO..... 67

12.7 INTENSIDADE MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL..... 68

12.8 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO..... 68

12.9 TEMPO DE RECORRÊNCIA..... 68

12.10 DIMENSÃO DA ESTRUTURA EXTRAVASORA..... 68

12.11 MEDIDOR DE VAZÃO 69

13 CONCLUSÃO 73

ANEXOS.....74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 1

Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021). 3

Figura 6.1 – Arranjo Geral Atual da Barragem. 13

Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos précambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasilianos. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000). 15

Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira. 16

Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim *et al.* 2007). 17

Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b). 18

Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova. 21

Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem. 25

Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta. 27

Figura 8.8 - Amostra AM-01. 29

Figura 8.9 - Amostra AM-02. 30

Figura 8.10 - Amostra AM-03. 30

Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01. 31

Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02. 32

Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03. 33

Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita). 34

Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista). 35

Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda). 36

Figura 8.17 - Mapa de sismicidade brasileira com descriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada. 38

Figura 8.18– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Aceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016). 43

Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta. 48

Figura 9.2 – Atual – Condição de Regime de Fluxo Normal – Fs = 1,10. 49

Figura 9.3 – Atual – Pseudo-Estática – Fs = 0,94. 50

Figura 9.4– Arranjo geral do reforço proposto para a barragem Passa Cinco. 52

Figura 9.5 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Normal – Fs = 1,62. 54

Figura 9.6 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Crítico – Fs = 1,39. 55

Figura 9.7 – Reforço – Pseudo-Estática – Fs = 1,32. 56

Figura 10.1 - Faixas das curvas granulométricas. 57

Figura 10.2 - Valores das faixas granulométricas. 58

Figura 11.1 – Locação dos instrumentos propostos. 59

Figura 12.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco. 61

Figura 12.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco. 62

Figura 12.3 – Esquema 3D do medidor de vazão, sem escala. 69

Figura 12.4 – Esquema de corte do controle do medidor de vazão. 70

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realização do Projeto Conceitual de adequação da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte integrante do Projeto Conceitual de adequação da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta dados geológicos da área, ensaios realizados para caracterização geológico-geotécnico da estrutura e sua fundação (ensaios laboratoriais e de campo) e levantamento topográfico realizado na estrutura. Além disso é apresentado um resumo das informações existentes, que subsidiaram os estudos para adequação da estrutura e sua caracterização.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar Medidas Corretivas necessárias para adequação da estrutura, de modo que garanta a sua segurança e atendimento a critérios normativos e de legislação. Neste aspecto, este relatório possui informações dos aspectos técnicos da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

Todos os dados e informações obtidas através de ensaios laboratoriais e de campo, levantamento topográfico e inspeção técnica de campo, foram avaliados quanto a consistência, validade e qualidade, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

3 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

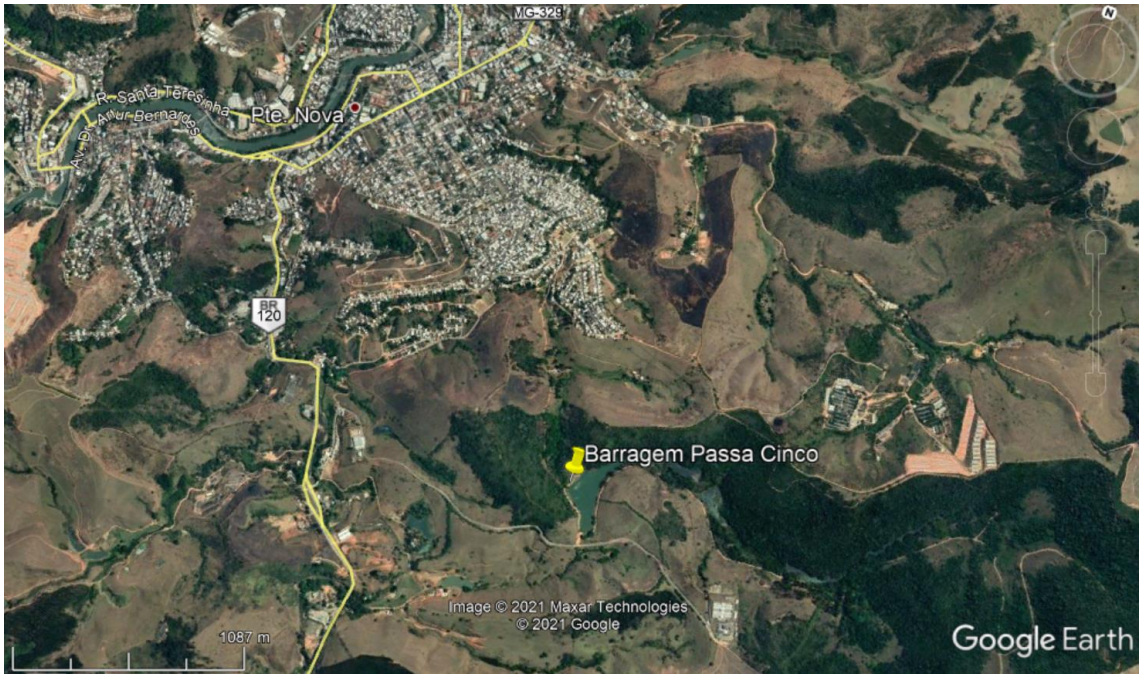


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração do Projeto Conceitual da Adequação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- A base topográfica realizada pela empresa Baruk em maio de 2021 e utilizada para presente Avaliação da Estrutura (nomes dos documentos: BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg).

Para a elaboração do Projeto Conceitual da Adequação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 23 K;
- A barragem é destinada apenas para acumulação e armazenamento de água para fins recreativo;
- A barragem foi executada com solo e possui sua face a jusante em concreto;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;

- Os estudos de Adequação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:

    - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;
    - O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
    - As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
    - As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS´s mínimos apresentados na Tabela 4.1, de acordo com a cada fase de projeto/ estrutura. Essas análises de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bichop.

Tabela 4.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição crítica	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos

industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m^3 (três milhões de metros cúbicos);
c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
d) Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação, deste modo, houve atualização da classificação considerando a elaboração e execução das medidas corretivas presente neste relatório. Conforme pode-se observar, a barragem após as adequações apresentará um CRI de 35 sendo classificada como de BAIXO risco, onde a mesma apresentava um CRI de 65 e classificada como de ALTO risco, e um DPA invariável de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

5.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 5.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)**	**Tipo de fundação (d)**	**Idade da barragem (e)**	**Vazão do projeto (f)**
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m<Altura <30m (1)	Comprimento >200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m≤Altura ≤60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura >60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	<5 anos ou >50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/alUvião (5)		
1	**2**	**3**	**5**	**2**	**3**
CT = ∑ (a até f)			**15**		

Tabela 5.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	**Confiabilidade das estruturas de adução (h)**	**Percolação (i)**	**Deformações e Recalques (j)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (k)**	**Eclusa (l)**
Estruturas civis e hidroeletromecânicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e disposiivos hidroeletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente e controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletromecânicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
EC = ∑ (g até l)				**0**	

Tabela 5.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	**Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)**	**Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)**	**Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)**	**Relatórios de inspeção de seguranca com análise e interpretação (r)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
6	**8**	**0**	**0**	**5**
PS = ∑ (j até n)			**19**	

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de população a jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto socioeconômico (d)**
Pequeno ≤ 5 milhões m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	**12**	**3**	**4**
DPA= ∑ (a até d)			**20**

Tabela 5.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		**Pontos**
1.1	Características Técnicas (CT)	15
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	19
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		34
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		> = 60 ou EC*=8(*)
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		**< = 35**
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		**Pontos**
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		**DPA**
ALTO		**> = 16**
MÉDIO		10 < DPA < 16
BAIXO		< = 10

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a condição atual da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT). A estrutura será avaliada através dos fatores de segurança obtidos, se a mesmas atende aos recomendados pela por norma NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45º);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, este atual relatório visa a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento.

Na Figura 6.1 é apresentado o arranjo geral do maciço principal da Barragem Passa Cinco.

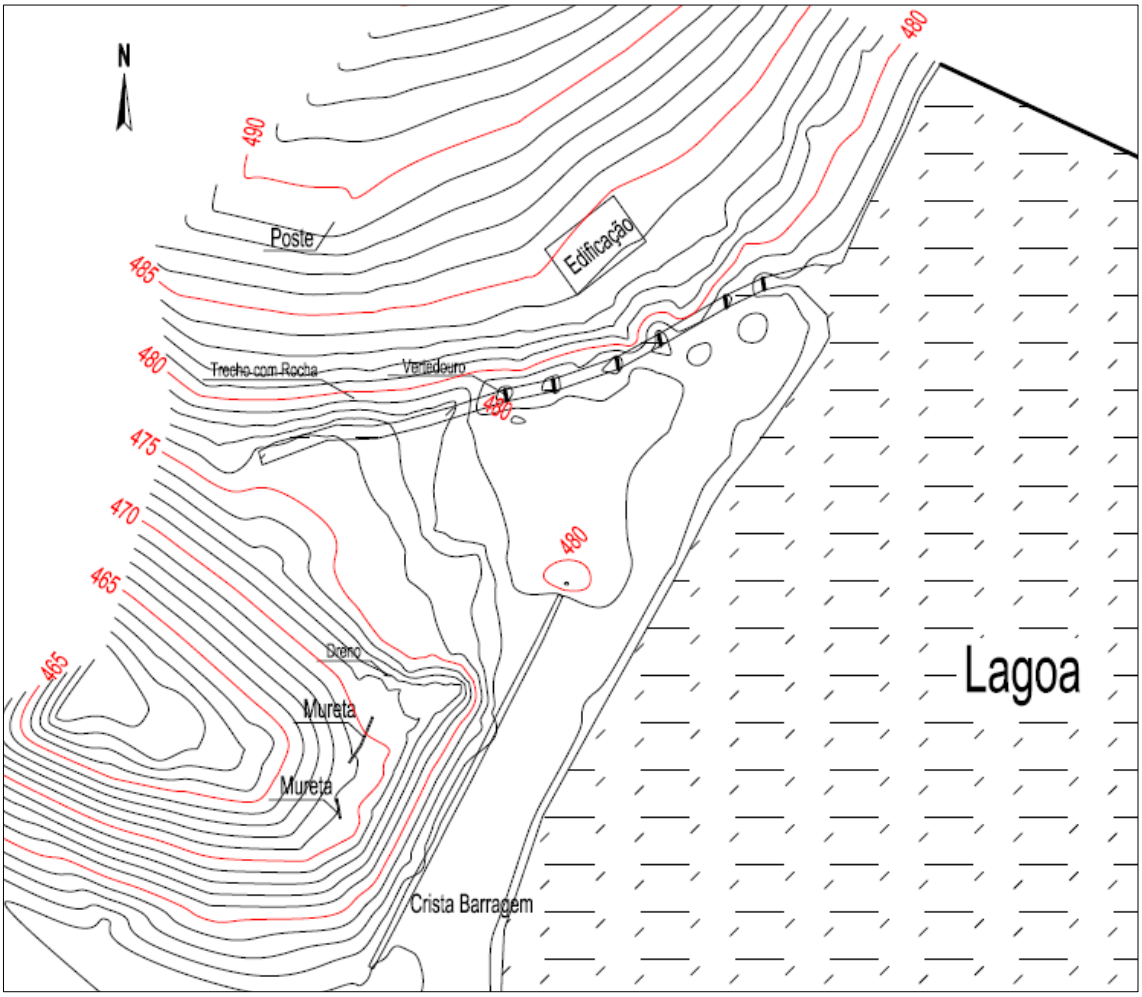


Figura 6.1 – Arranjo Geral Atual da Barragem.

7 CONDIÇÃO ATUAL

Realizou-se inspeções (19/05/2021) nos maciços e estruturas auxiliares com o objetivo de identificar anomalias que apontem para condições de insegurança do sistema frente às solicitações operacionais impostas. Foram identificadas falhas que podem comprometer a segurança estrutural das barragens que compõem o sistema, dentre elas:

a) Identificou-se um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e consequentemente levar a estrutura ao rompimento

b) Verificou-se a presença de bambuzais, arbustos e arvores no talude de jusante, que devido sua altura e profundidade de suas raízes, pode trazer danos a estrutura da barragem em caso de incidência de ventos muito fortes além de pontos preferencias de percolação, podendo ocasionar *piping* e ocorrer rompimento da estrutura.

c) Detectou-se a presença de plantas aquáticas junto ao extravasor, dificultando a passagem de água excedente da barragem.

Neste contexto, apresentam-se as condições atuais de segurança e desempenho operacional da estrutura da barragem Passa Cinco e dos dispositivos a ele associados, com base em inspeções locais, realizadas em maio de 2021 pela equipe técnica da BARUK.

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

8.1 GEOLOGIA REGIONAL

O sistema orogênico brasiliano representado pela Província Mantiqueira (Brito-Neves *et al.* 1999, Almeida *et al.* 2000) inclui o Orógeno Araçuaí como seu setor setentrional, limitado a sul pelo Orógeno Ribeira, e a norte e oeste pelo Cráton do São Francisco (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Heilbron *et al.* 2004). A região estudada situa-se no extremo sul do Orógeno Araçuaí.

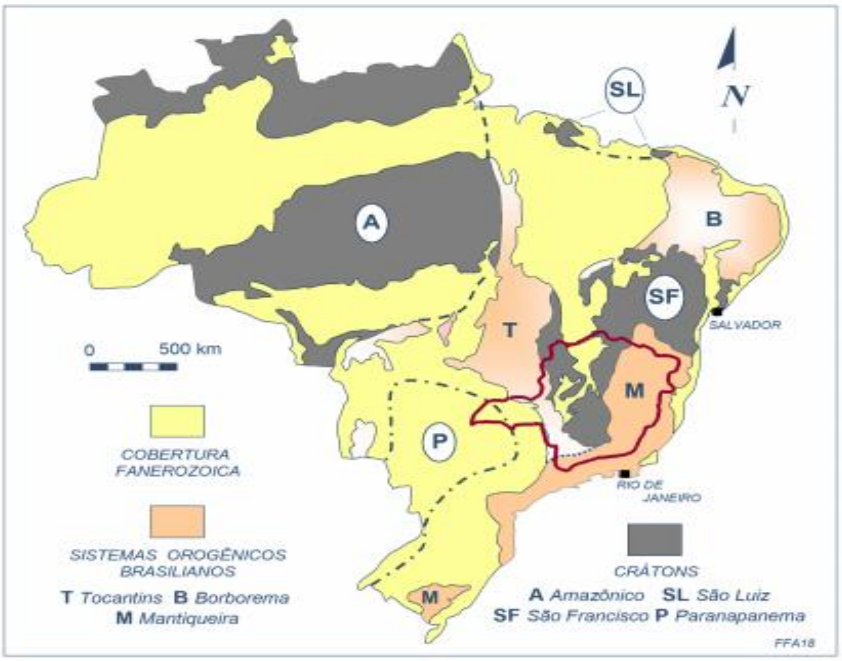


Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos précambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasilianos. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000).

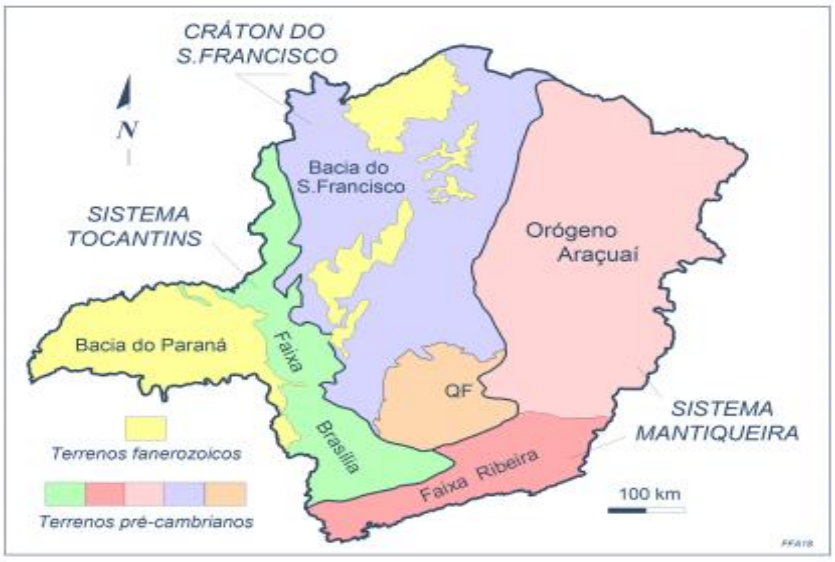


Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.

O Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000) abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e margem continental leste brasileira (Figura 8.2), ou seja, toda a Serra do Espinhaço meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha, nos estados de Minas, Espírito Santo e pequena porção da Bahia. O seu limite sul com a Faixa Ribeira é marcado na altura do paralelo 21° de latitude sul, onde as suas estruturas de orientação geral norte-sul encurvam-se e assumem a direção nordeste. Como parte do grande sistema montanhoso erigido durante Evento Brasiliano, o Orógeno Araçuaí teve o clímax do seu soerguimento atingido entre 580 e 570 milhões de anos (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Em função do tipo de rochas envolvidas, o Orógeno Araçuaí é subdividido em dois grandes setores (Alkmim *et al.* 2007). Na sua parte externa, conhecida como Faixa Araçuaí (Almeida 1977, Pedrosa-Soares *et al.* 2007) e localizada ao longo da margem do Cráton do São Francisco, predominam rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico, que se organizam no espaço na forma de um típico cinturão orogênico. Na sua parte interna, ou núcleo cristalino, predominam rochas metamórficas de alto grau e

granitos com uma disposição espacial bem mais complexa. Em Minas Gerais, estão localizados o segmento de orientação norte-sul da Faixa Araçuaí e a maior parte da zona granítica do núcleo cristalino (Figura 8.3).

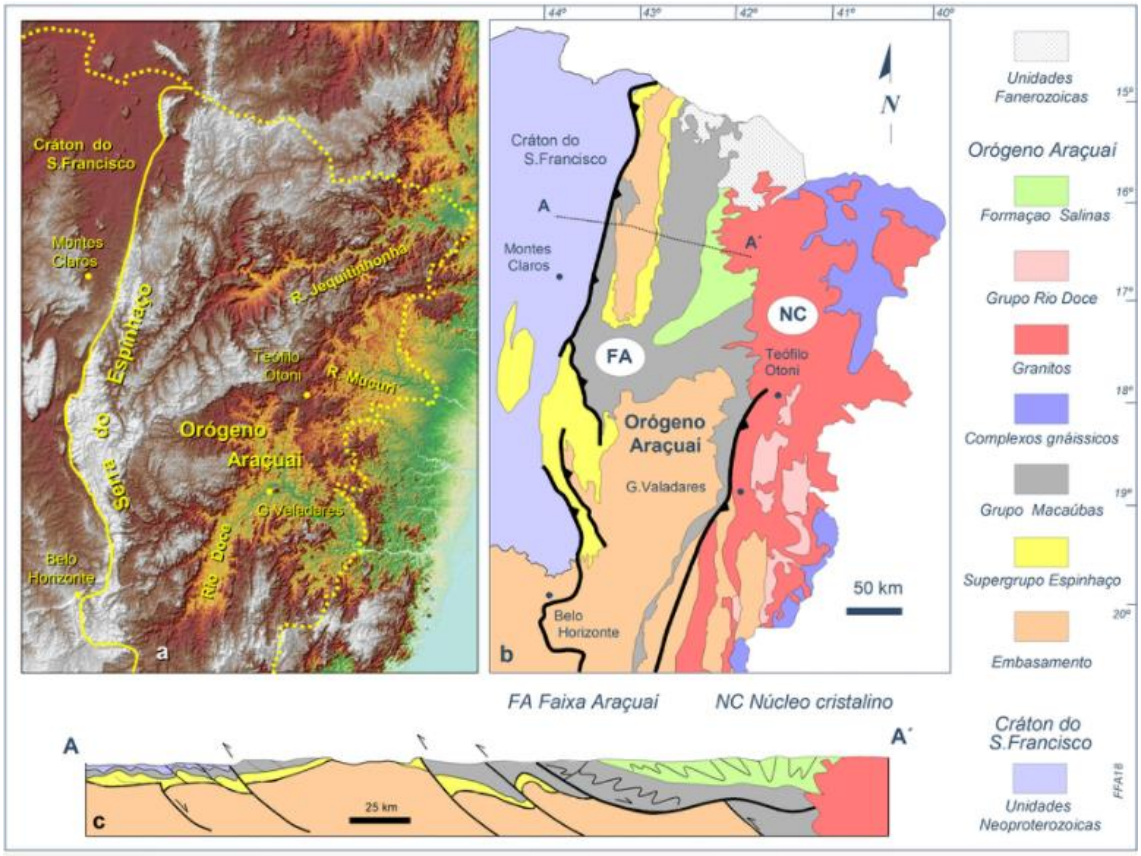


Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim *et al.* 2007).

Do Orógeno Araçuaí tomam parte várias assembleias litológicas. A sua unidade típica é o Grupo Macaúbas, constituído por rochas metamórficas formadas a partir de sedimentos acumulados por vários agentes geológicos (Figura 8.4), mas principalmente pela ação de geleiras em uma grande bacia marinha (Uhlein *et al.* 1999, 2007, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2008, Martins *et al.* 2008, Kuchenbecker *et al.* 2015b). Dentre estas rochas, tem-se filitos, meta-diamictitos, xistos, quartzitos e formações ferríferas, além de intercalações de camadas de origem vulcânica. A espessura total do grupo deve chegar aos 10.000 m e as idades de suas formações recaem no intervalo de 900 a 620 milhões de

anos. A maioria dos pesquisadores que se dedica ao estudo do Grupo Macaúbas interpretam-no como equivalente em idade à Formação Jequitaí da Bacia do Francisco e preenchimento de uma bacia sedimentar de margem e interior continental, que, intensamente deformada durante o Evento Brasiliano, deu origem ao Orógeno Araçuaí.

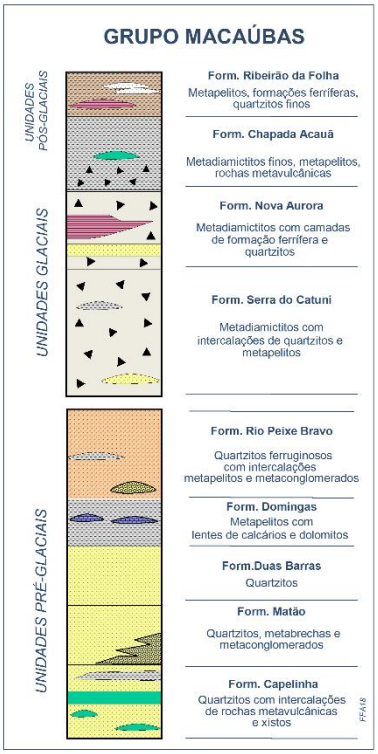


Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).

As unidades litológicas mais velhas que o Grupo Macaúbas envolvidas no Orógeno Araçuaí são o embasamento, composto por rochas metamórficas e ígneas mais velhas que 1,8 bilhões de anos, e o Supergrupo Espinhaço. Essa unidade, aflorante na serra homônima, abarca uma sucessão de mais de 6.000 m de espessura de rochas metassedimentares e metavulcânicas, depositadas durante uma série de episódios de formação de bacias sedimentares ocorridos entre 1,8 e 0,9 bilhões de anos, ou seja, entre o final da Era paleoproterozoica e durante a Era Mesoproterozoica (Dussin & Dussin 1995, Uhlein et al. 1998, Martins-Neto 1998, Chemale Jr. *et al.* 2012). Predominam no supergrupo os quartzitos, que se destacam nas paisagens da Serra do Espinhaço, seguidos por filitos e, em menor proporção metaconglomerados e rochas carbonáticas.

As assembleias de rochas mais jovens que o Grupo Macaúbas que igualmente integram o orógeno são as seguintes: i) cinco suítes de rochas graníticas; ii) o Grupo Rio Doce, composto por rochas vulcânicas e sedimentares; iii) associações de rochas metamórficas de alto grau, agrupadas em complexos gnáissicos; iii) a Formação Salinas, que abarca uma sucessão de xistos e meta-arenitos formados durante o processo de soerguimento do orógeno (Lima *et al.* 2002, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2011). Os granitos, presentes em grande volume no núcleo cristalino do orógeno, são agrupados em supersuítes (G1 a G5), as quais registram os principais estágios de sua evolução. A Supersuíte G1 engloba corpos graníticos formados entre 630 e 580 milhões de anos, no estagio de convergência de placas que antecedeu o processo colisional que deu origem ao orógeno. A esta supersuíte se associam temporal e espacialmente as rochas do Grupo Rio Doce. As supersuítes G2 e G3 foram geradas entre 580 e 540 milhões de anos, no curso do processo colisional, através da fusão de rochas pré-existentes. Já as supersuites G4 e G5, formaram-se depois de cessada a colisão brasiliana, entre 540 e 490 milhões de anos (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

No interior das cadeias de montanhas, sejam elas antigas ou jovens, as camadas presentes encontram-se deformadas em variados graus de intensidade. Caracteristicamente, apresentam-se dobradas e cortadas por falhas, ao longo das quais grandes volumes de rochas são empurrados em um sentido preferencial. O Orógeno Araçuaí não foge a esta regra. Os elementos principais da sua arquitetura são dobras e falhas de empurrão de orientação geral norte-sul, as quais refletem seu soerguimento em associação com a movimentação geral da massa rochosa em direção a oeste, isto é, em direção ao Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 2007, Figura 10c).

O Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas. Diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no alto Jequitinhonha (região da cidade de Diamantina) tornaram do Brasil o maior produtor mundial desta gema desde o princípio do século XVIII até meados do século XIX, quando África do Sul começou também a produzi-la. O famoso Distrito Diamantino de Minas Gerais persistiu ainda como importante produtor mundial até os anos 1980. Além dos diamantes, o Orógeno Araçuaí foi aquinhoado com vários depósitos de berilo

(esmeraldas, águas marinhas) e turmalinas, todos eles associados aos granitos abundantes no seu núcleo cristalino. O orógeno hospeda também importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro (Dardenne & Schobbenhaus 2003, 2001, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Na área coberta pela folha Ponte Nova (parcial do mapa representado na Figura 8.5 são individualizados, como conjuntos maiores, as unidades do embasamento paleoproterozóico (complexos Mantiqueira e Juiz de Fora) e sua cobertura neoproterozóica (grupos Andrelândia e Dom Silvério). Além disto, ocorrem rochas metamáficas (Santo Antônio do Grama), ultramáficas (Córrego do Pimenta), graníticas (Corpo Serra dos Vieiras) e pegmatíticas (Suíte Paula Cândido), todas neoproterozóicas, e unidades litológicas formadas por hidrotermalismo em zonas de cisalhamento, diques máficos mesozóicos e aluviões recentes. Uma síntese das descrições dessas unidades encontra-se na Tabela 9.1.

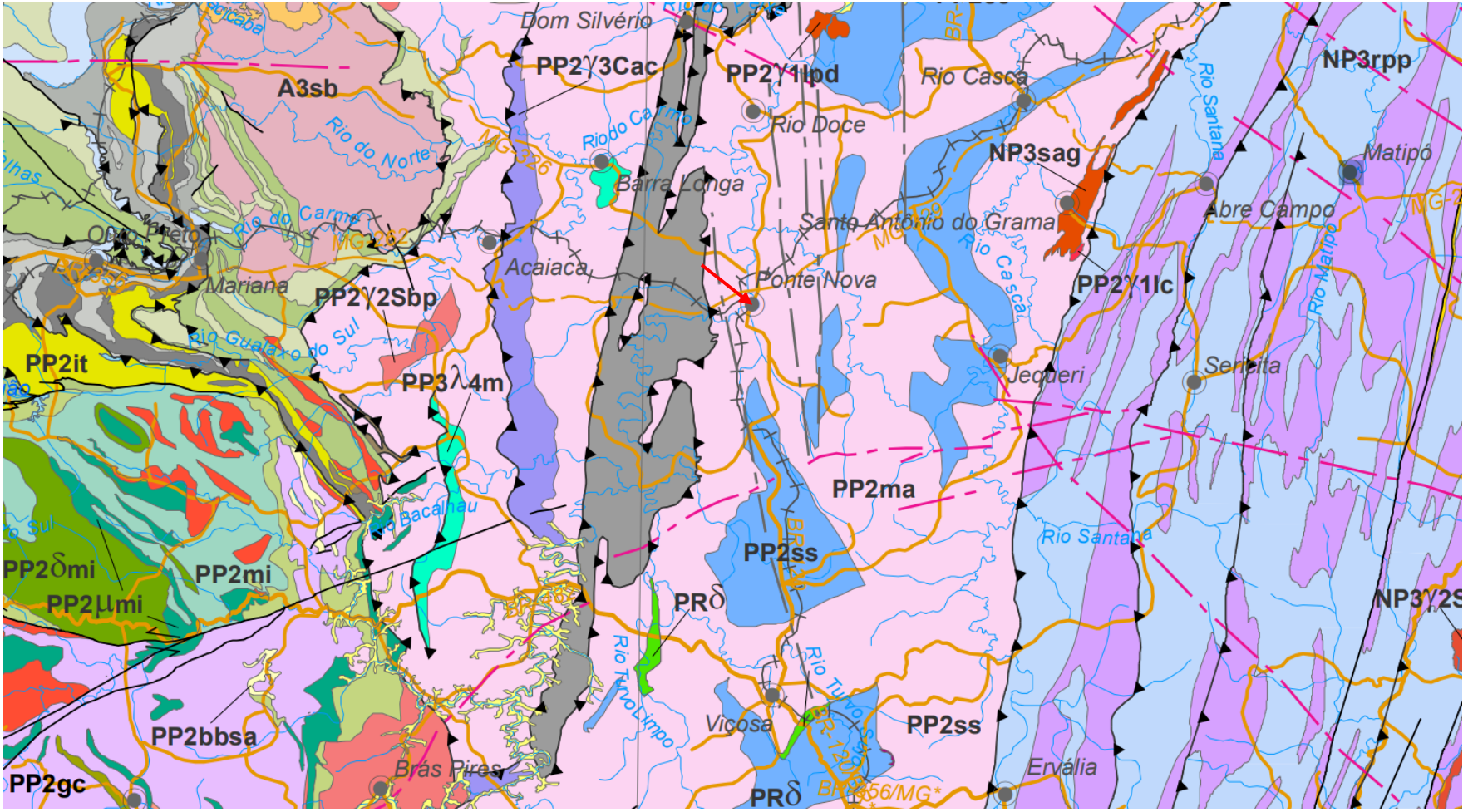


Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.

Tabela 8.1 - Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas encontradas na região de Ponte Nova.

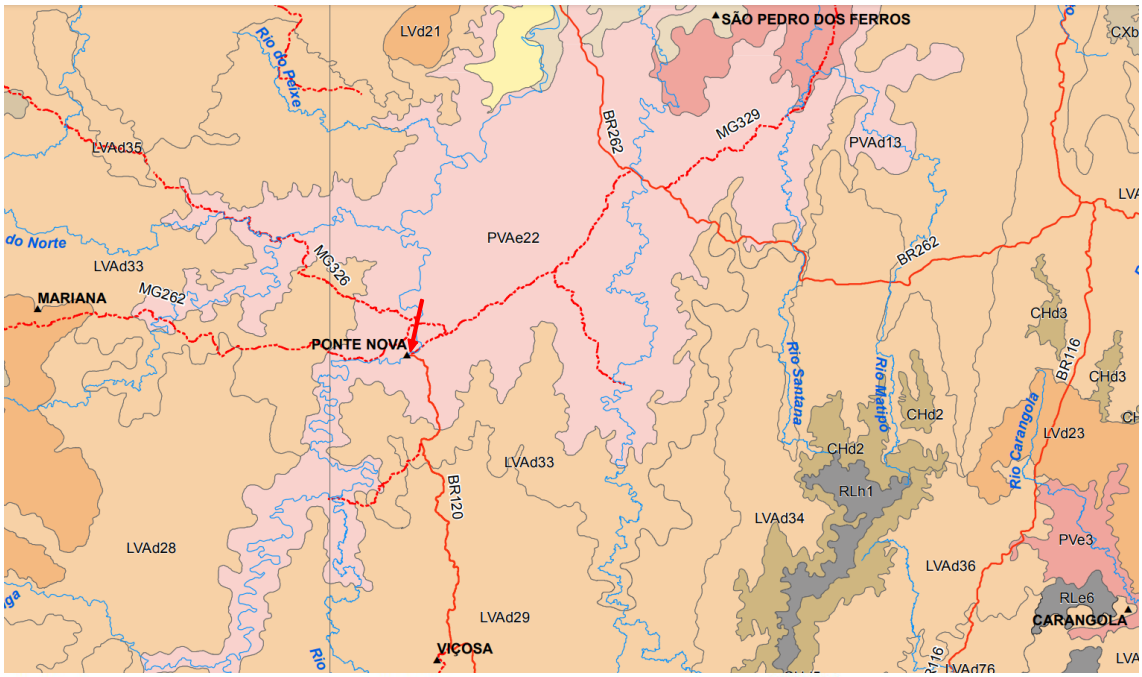
UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
Diques Máficos	Diabásio composto por Pl+Cpx, sem vestígio de metamorfismo, mostrando textura do tipo intergranular.	-
Hidrotermalitos	O hidrotermalito quartzoso é composto basicamente por quartzo, com micas e/ou feldspatos como acessórios. O hidrotermalito ferruginoso compõe-se essencialmente de quartzo e magnetita/hematita.	-
Suíte Pegmatítica Paula Cândido	Pegmatitos compostos essencialmente por Qz+Kfp+Msc+Bt±Tur.	-
Corpo Serra dos Vieiras	Esses (meta) granitóides, compostos essencialmente pela paragênese Qz+Mc+Pl±Grt±Bt, exibem microestrutura milonítica, com minerais félsicos, alongados, definindo a foliação da rocha. Comumente apresentam a textura inequigranular porfiroclástica, com cristais maiores de Pl, Mc e Qz imersos em uma matriz cominuída fina.	Recristalização sob F.Anfibolito
Ortoanfibolito Santo Antônio do Grama	A mineralogia principal desses metabasitos resume-se a Hbl+Pl+Cpx+Ttn. Com granulação predominantemente média e microestrutura granonematoblástica, os anfibolitos SAG apresentam feições de recristalização, observadas em cristais de Pl com extinção ondulante, subgrãos, e contatos retilíneos a interlobados. O Pl, levemente saussuritizado, exibe maclas polissintéticas acunhadas, e, com menor frequência, difusas. Além da saussuritização, tem-se a alteração dos Px por uralitização; e os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap	F. Anfibolito
Grupo Andrelândia	O litotipo predominante nessa unidade é um paragnaisse granatífero de microestrutura granoblástica a lepidoblástica, cujos cristais apresentam granulação variando entre fina e média. Em termos de composição mineralógica, essas rochas se resumem à associação mineral Pl+Qz+Grt+Bt±Kfp±Opx±Sil. Nos minerais félsicos, podem ser observadas situações de recristalização moderada a intensa, com extinção ondulante, formação de subgrãos, e contatos intercristalinos interlobados a suturados; sendo possível, localmente, observar microestruturas núcleo-manto. Os cristais de Pl, levemente sericitizados,	F. Anfibolito a Granulito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	apresentam maclas difusas e/ou acunhadas; e o Kfp, quando presente, altera-se para caulinita. Os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap.	
Grupo Dom Silvério	O biotita-quartzo xisto descrito do Grupo Dom Silvério é constituído pela assembléia mineral Qz+Bt+Pl±Mc. Texturalmente, essa rocha apresenta granulação variando de fina a média; e, em termos de microestrutura, pode ser caracterizadas como granolepidoblástica. A foliação, definida pela Bt, pode apresentar-se dobrada; e sutis feições de recristalização são observadas apenas no Qz, no qual extinção ondulante e subgrãos podem estar presentes, simultaneamente ou separadamente. As maclas do Pl e da Mc podem apresentar-se difusas, acunhadas ou ausentes; e a biotita, levemente cloritizada. Quanto a minerais acessórios, tem-se Opq e Zrn. O hornblenda xisto é composto por Hbl+Pl±Bt±Qz, e seus cristais, de granulação fina a média, estão dispostos segundo a microestrutura nematoblástica. Cristais de Pl, deformados, podem se apresentar maclados de maneira difusa e exibir bordas albitizadas. Os contatos intergranulares nessa rocha são predominantemente retilíneos e os processos de recristalização mostram-se pouco intensos, com extinção ondulante e subgrãos, localmente visíveis no Pl. Estão ainda presentes a seritica como produto de alteração do Pl, e os minerais acessórios Opq, Ttn, e Zrn.	F. Anfibolito
Complexo Mantiqueira	Os ortognaisses do Complexo Mantiqueira, constituídos pela associação mineral Pl+Mc+Qz+Bt, apresentam cristais de granulação fina a média, e comumente exibem a microestrutura granolepidoblástica, com foliação gnáissica bem definida pela Bt. Maclas difusas e/ou acunhadas são frequentes nos cristais de Pl, cujas bordas podem mostrar-se albitizadas. Contatos interlobados a amebóides, e subgrãos caracterizam os cristais de Pl e Qz, levemente recristalizados; sendo que, nesse último, é ainda observado o fenômeno da extinção ondulante. Quanto a processos de alteração, tem-se sericirização do Pl e alteração de Hbl para Bt. Opq e Ap são os acessórios mais comuns nessas rochas. Os anfibolitos pertencentes a essa unidade são compostos essencialmente por Hbl+Pl+Ttn+Bt e apresentam microestrutura nematoblástica, com cristais de granulação predominantemente fina. A	F. Anfibolito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	recristalização do minerais félsicos é muito sutil, podendo ser observados, por vezes, extinção ondulante e subgrãos, coexistindo com contatos intergranulares predominantemente retilíneos. Os cristais de Pl apresentam-se maclados de maneira difusa e afetados pelo processo de sericitização. Opq, Qz, Zrn e Ap são acessórios comumente observados. Granada anfibolitos também ocorrem e são compostos pela associação Hbl+Cpx+Pl+Grt.	
Complexo Juiz de Fora	Os ortognaisses do Complexo Juiz de Fora, de típica coloração verde escura, podem ser representados pela associação mineral Pl+Cpx+Qz+Opx, com Hbl e Bt retrometamórficas. Com textura inequigranular seriada, e granulação predominantemente média, esses gnaisses são mais comuns em sua forma granoblástica, podendo apresentar, subordinadamente, as microestruturas nematoblástica e lepidoblástica. O bandamento gnáissico mostra-se comumente visível em lâmina delgada, devido a suas dimensões centimétricas; e os processos de recristalização encontram-se evidentes em cristais de Pl e Qz, com contatos interlobados a serrilhados, extinção ondulante, e formação de subgrãos. Por ação da deformação, as maclas dos cristais de Pl apresentam-se difusas e/ou acunhadas, e a foliação gnáissica, quando presente, se mostra dobrada. Os acessórios mais comuns são Opq, Ttn, Ap e Zrn; e os processos de alteração são a uralitização do Px, e a transformação de Hbl em Bt. Os granulitos máficos do Complexo Juiz de Fora, encaixados nos ortognaisses enderbíticos típicos dessa unidade, são constituídos pela associação Pl+Hbl+Cpx+Opx+Grt. Com granulação fina a média e microestrutura dominantemente granoblástica, essas rochas contêm cristais de Pl com maclas difusas e contatos predominantemente retilíneos, apresentando evidências de recristalização tais como extinção ondulante e formação de subgrãos. A uralitização do Px e a sericitização do Pl encontram-se presentes enquanto processos de alteração, e os minerais acessórios resumem-se a Opq, Zrn e Ap. O granulito ultramáfico é porfiroblástico e composto por Opx+Cpx+Anf+Hy+Cl.	F. Granulito

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa (Figura 8.6) foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.



LEGENDA
Primeiro elemento da associação

Água	*Corpos d'água*
AR	*Afloramento rochoso*
AU	*Área urbanizada*
CXbd	*Cambissolo háplico Tb distrófico*
CXbdf	*Cambissolo háplico Tb distroférrico*
CXbe	*Cambissolo háplico Tb eutrófico*
CHd	*Cambissolo húmico distrófico*
CYbe	*Cambissolo flúvico Tb eutrófico*
FTd	*Plintossolo argilúvico distrófico*
GMd	*Gleissolo melânico Tb distrófico*
GXbd	*Gleissolo háplico Tb distrófico*

LEGENDA
Primeiro elemento da associação

LAd	*Latossolo amarelo distrófico*
LVAd	*Latossolo vermelho-amarelo distrófico*
LVd	*Latossolo vermelho distrófico*
LVdf	*Latossolo vermelho distroférrico*
LVe	*Latossolo vermelho eutrófico*
LVef	*Latossolo vermelho eutroférrico*
NVe	*Nitossolo vermelho eutrófico*
NVef	*Nitossolo vermelho eutroférrico*
NXd	*Nitossolo háplico distrófico*
PVAd	*Argissolo vermelho-amarelo distrófico*
PVAe	*Argissolo vermelho-amarelo eutrófico*

LEGENDA
Primeiro elemento da associação

PVd	*Argissolo vermelho distrófico*
PVe	*Argissolo vermelho eutrófico*
RLd	*Neossolo litólico distrófico*
RLdh	*Neossolo litólico distro-úmbrico*
RLe	*Neossolo litólico eutrófico*
RLh	*Neossolo litólico húmico*
RQg	*Neossolo quartzarênico hidromórfico*
RQo	*Neossolo quartzarênico órtico*
RUbd	*Neossolo flúvico Tb distrófico*
SXe	*Planossolo háplico eutrófico*
TCo	*Luvissolo crômico órtico*

Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou- se o Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe22) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa,

ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para ser enquadrado nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

8.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por materiais argilosos com coloração variando entre amarela, cinza e marrom, com consistência de mole a rija, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região do barramento. A Tabela 8.2 e Figura 8.7 mostra os Spt's realizados na região e a sua localização e profundidade.

Os Spt's realizados na região apresentou valores de NSPT's baixos variando de 4 a 14 golpes por camada.

Tabela 8.2 - Informações dos ensaios Spt's realizados

VÉRTICES DOS FUROS DE SONDAGENS			
FUROS DE SPT	**COORD. E(X)**	**COORD. N(Y)**	**PROFUNDIDADE**
SP-01	721.004,03	7.740.059,01	10,45
SP-02	721.011,31	7.740.073,57	10,45
SP-03	720.997,79	7.740.077,07	2,54
SP-04	720.992,03	7.740.064,07	2,55

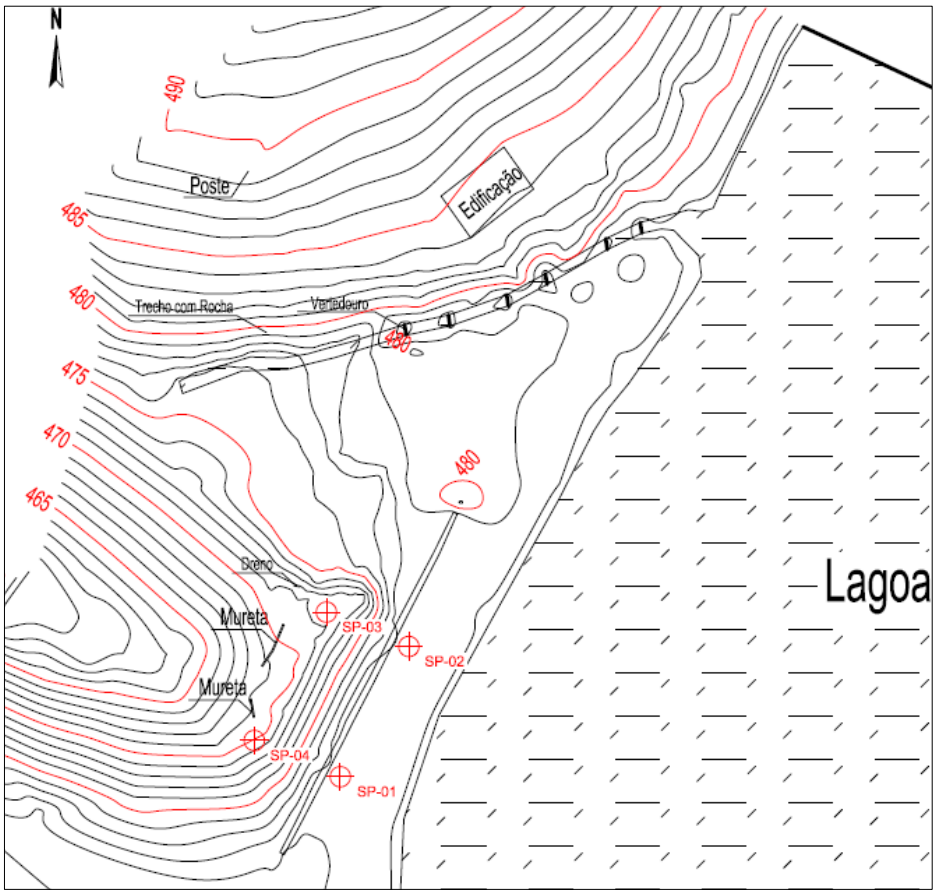


Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento do Projeto Conceitual de Adequação da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratório para dar suporte ao estudo de estabilidade.

Foram coletadas três (3) amostras indeformadas do tipo bloco, as amostras são nomeadas por AM-01 (ombreira direita), AM-02 (crista) e AM-03 (ombreira esquerda). Os ensaios laboratoriais realizados foram o triaxial do tipo CIU (nas tensões de 75, 150 e 300 Kpa), caracterização completa (limites de atterberg, granulometria completa e massa específica dos grãos) e ensaio de permeabilidade a carga variável.

O ensaio de campo realizado, foi o ensaio de sondagem à percussão (*Standard Penetration Test* - Spt). Foram realizados 4 pontos deste ensaio, ou seja, o SP-01 e SP-02 na crista e SP-03 e SP-04 no pé da barragem.

8.4.1 ALUVIÃO (FUNDAÇÃO)

Esta unidade se refere ao material presente na fundação da barragem. Não foram coletadas amostras deste material e, deste modo os parâmetros do material foram determinados com base em correlação com NSPT. Foram testadas diferentes metodologias e os resultados obtidos apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Aterro a jusante

Parâmetros Estatísticos	ÂNGULO DE ATRITO (ϕ') EM FUNÇÃO DO N_{SPT}							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mediana	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mín	<28	29	29	31	26	26	27	26
Máx	28	30	29	33	28	27	29	28
Moda	<28	29	29	33	26	26	29	26

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nas correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 26°.

8.4.2 ATERRO (MACIÇO)

Para o aterro, foram realizados ensaios Spt's pela empresa Viçosa Fundações e Sondagens LTDA e foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU, permeabilidade a carga variável, além da caracterização completa pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

8.4.2.1 Caracterização Física

Neste material foram coletadas amostras indeformadas do tipo bloco. Nestas amostras foram realizados ensaios de caracterização (granulometria completa, massa específica dos sólidos, peso específico, limites de consistência) além de ensaios de resistência ao cisalhamento triaxial do tipo CIUsat e permeabilidade com carga variável. Na Tabela 8.4 é apresentado um resumo dos resultados dos referidos ensaios.

Conforme apresentado na Tabela 8.4, a amostra obtida tem textura granular (31,5% a 44,1 de pedregulhos e areia). A fração argila é elevada (acima 45%), com característica plástica. O peso específico dos grãos é de aproximadamente 2,7 g/cm³.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização

Amostra	γ_s (g/cm³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Permeabilidade k (cm/s)	Granulometria (%)			
						Pedr.	Areia	Silte	Arg
AM-02 (Ombreira Direita)	2,75	58	33	25	$5,2 \times 10^{-4}$	1,1	33,0	11,9	54,0
AM-01 (Ombreira Direita)	2,72	45	27	18	$1,6 \times 10^{-3}$	1,6	42,5	10,9	45,0
AM-03 (Ombreira Esquerda)	2,73	57	36	21	$5,96 \times 10^{-5}$	1,1	30,5	13,3	55,0

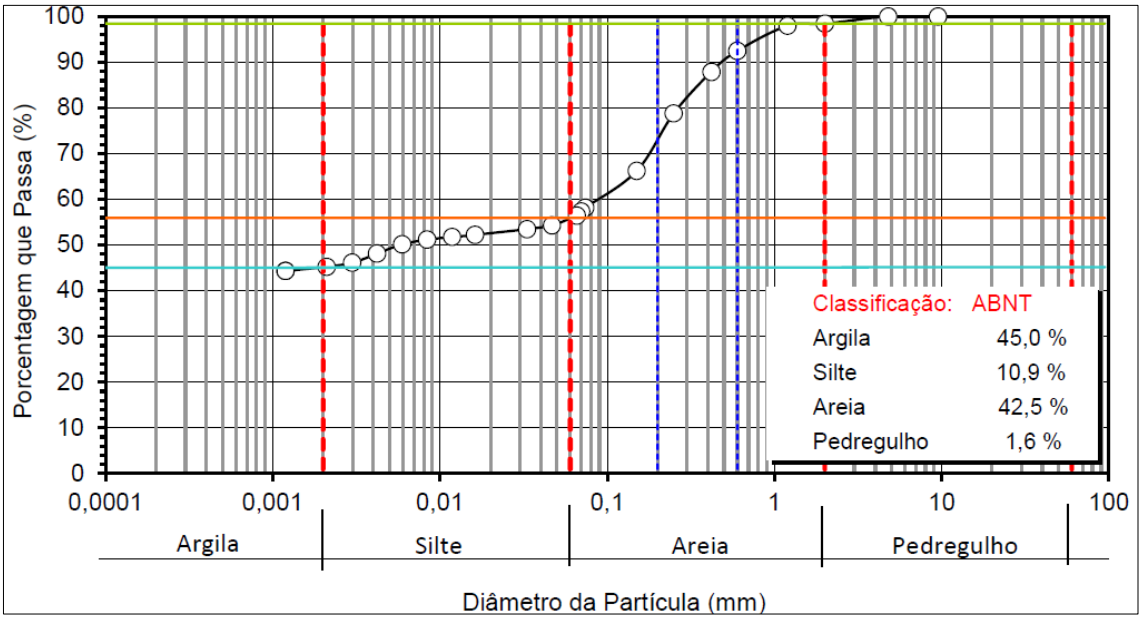


Figura 8.8 - Amostra AM-01.

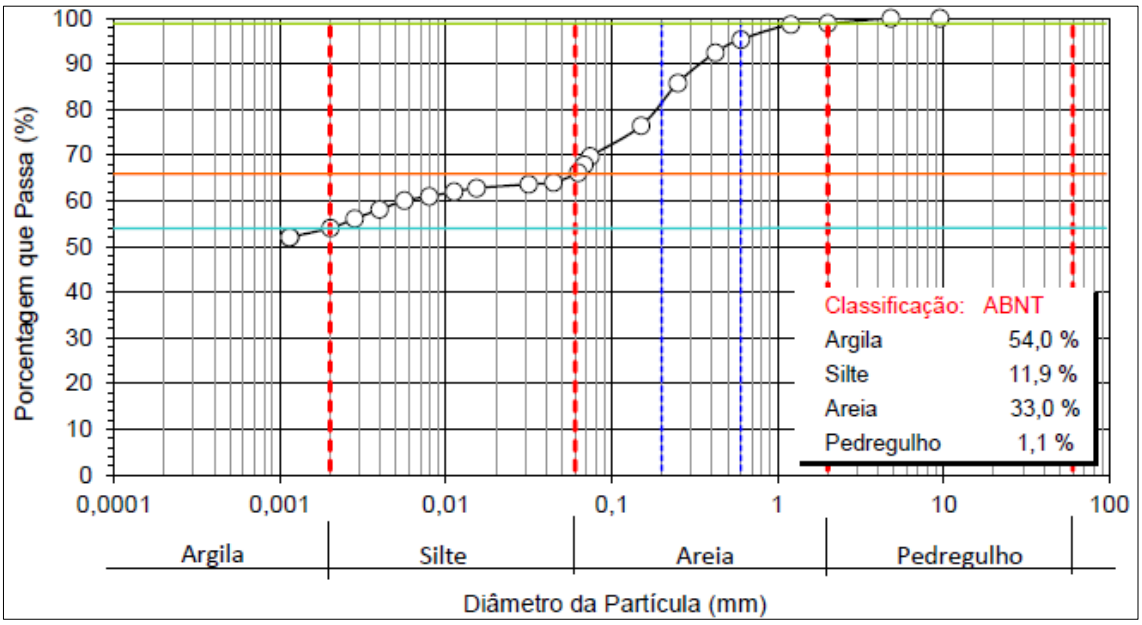


Figura 8.9 - Amostra AM-02.

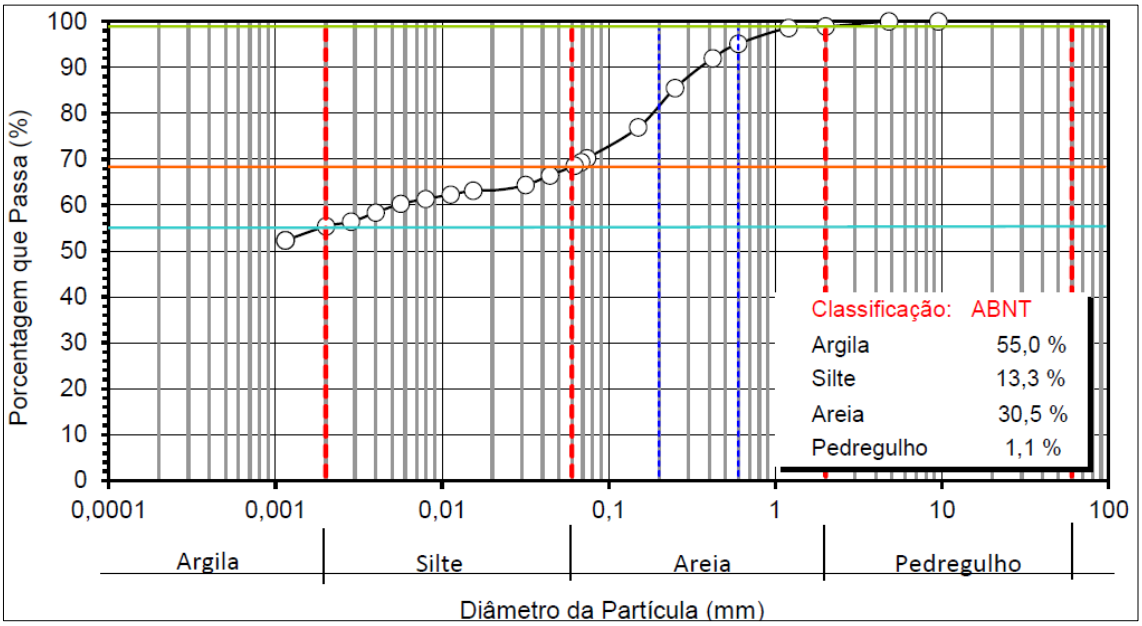


Figura 8.10 - Amostra AM-03.

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência

Foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIUsat em três amostra coletada na crista e ombreiras, AM-01, AM-02 e AM-03. Os resultados são apresentados nas Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16.

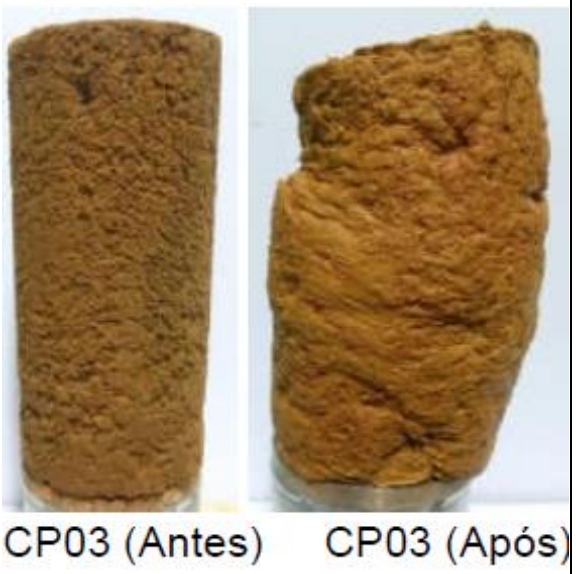
CP 01	CP-02	CP-03
		
CP01 (Antes) CP01 (Após)	CP02 (Antes) CP02 (Após)	CP03 (Antes) CP03 (Após)

Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.

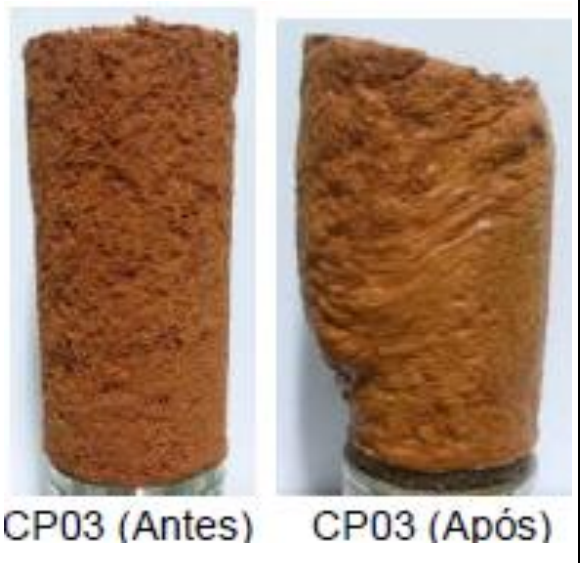
CP 01	CP-02	CP-03
		
CP01 (Antes) CP01 (Após)	CP02 (Antes) CP02 (Após)	CP03 (Antes) CP03 (Após)

Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.

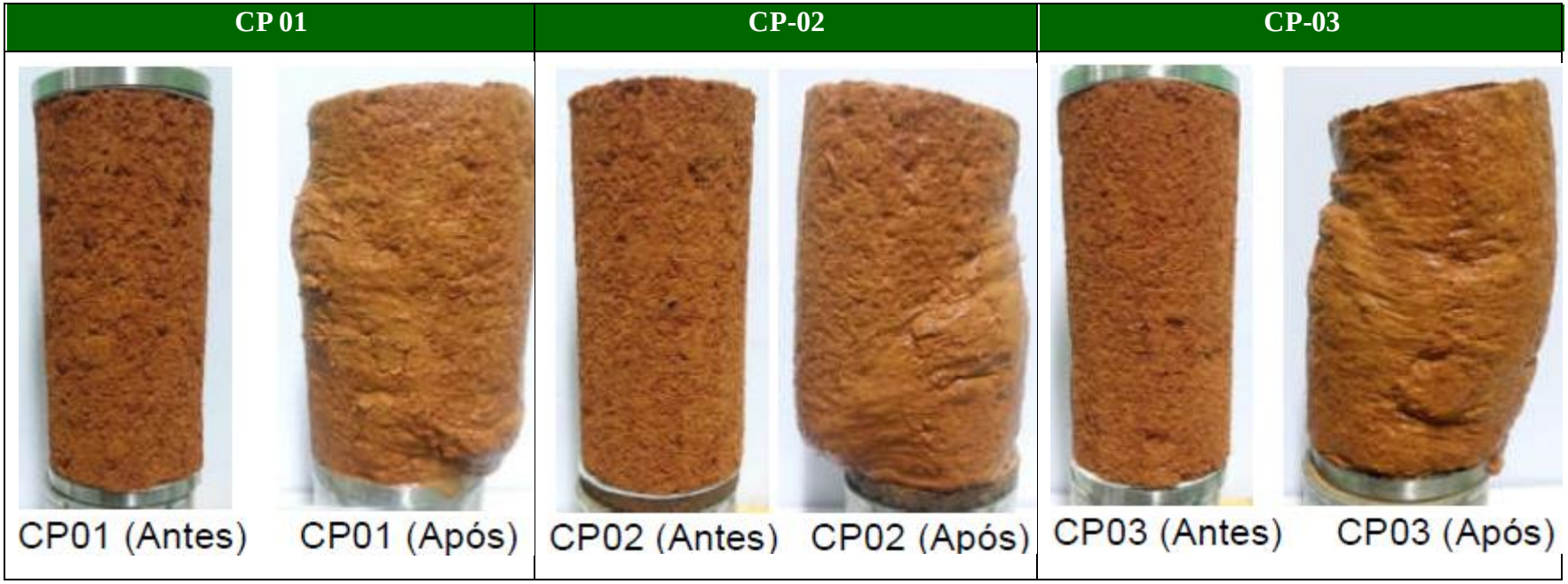


Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.

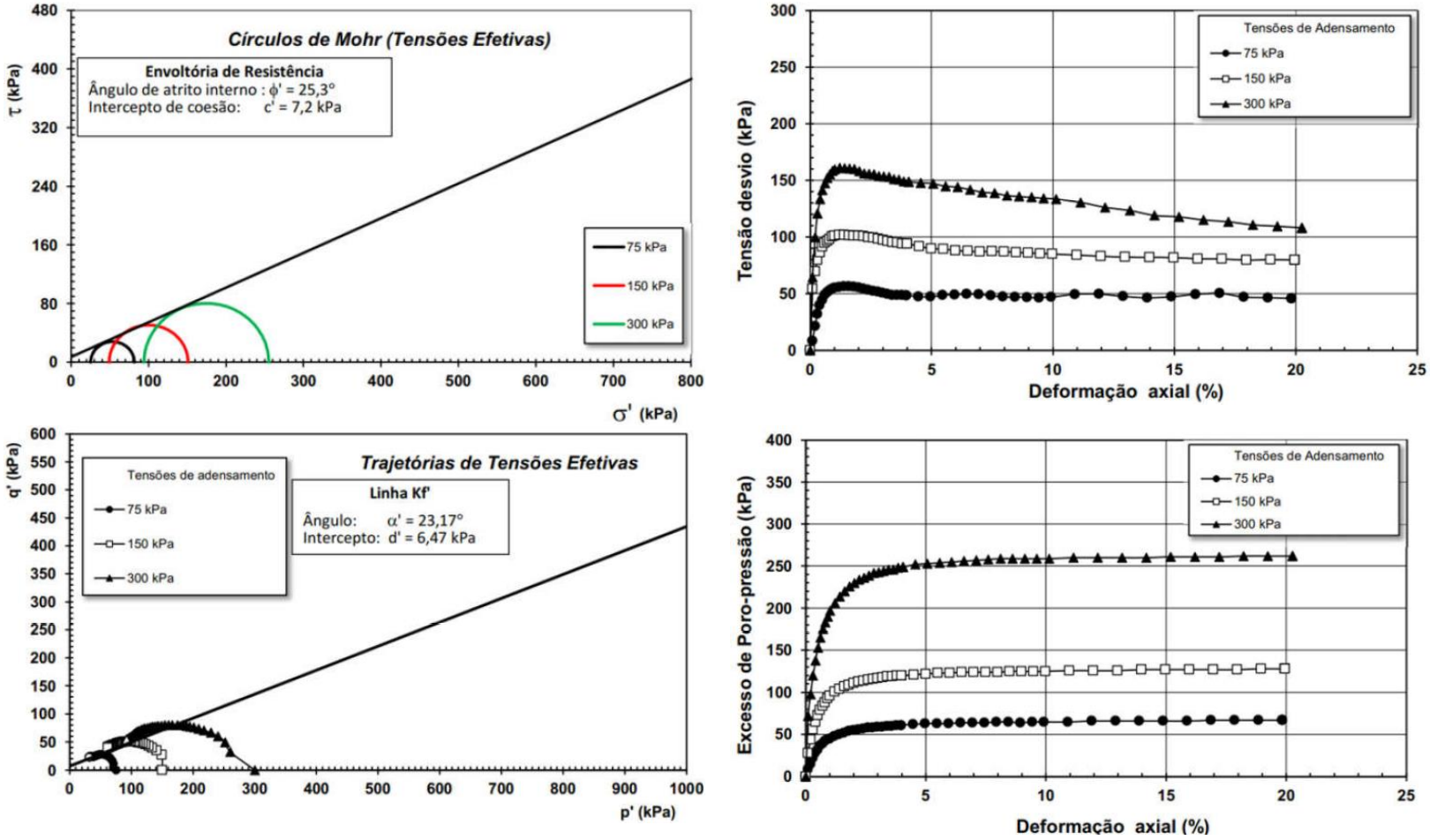


Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).

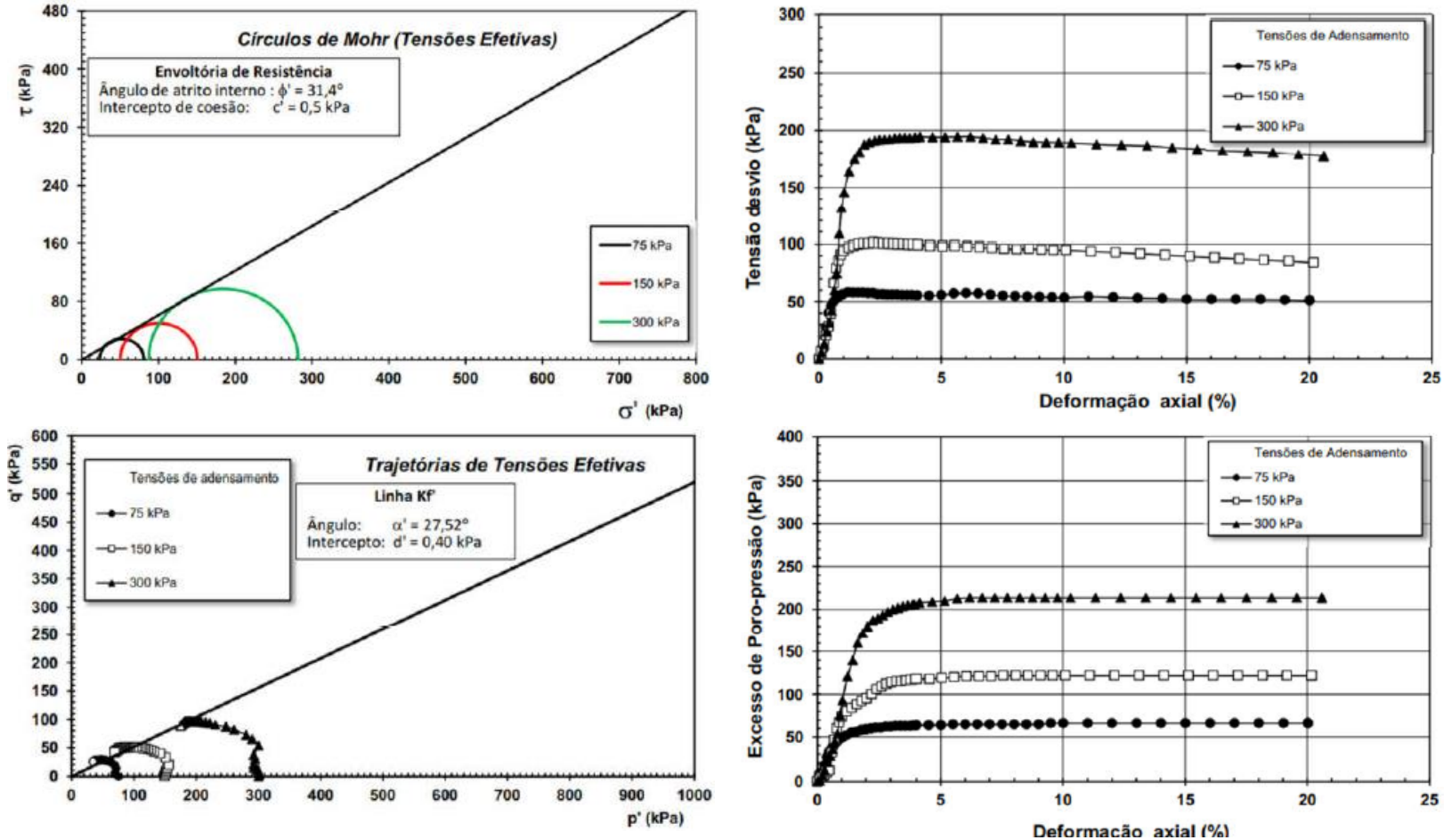


Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).

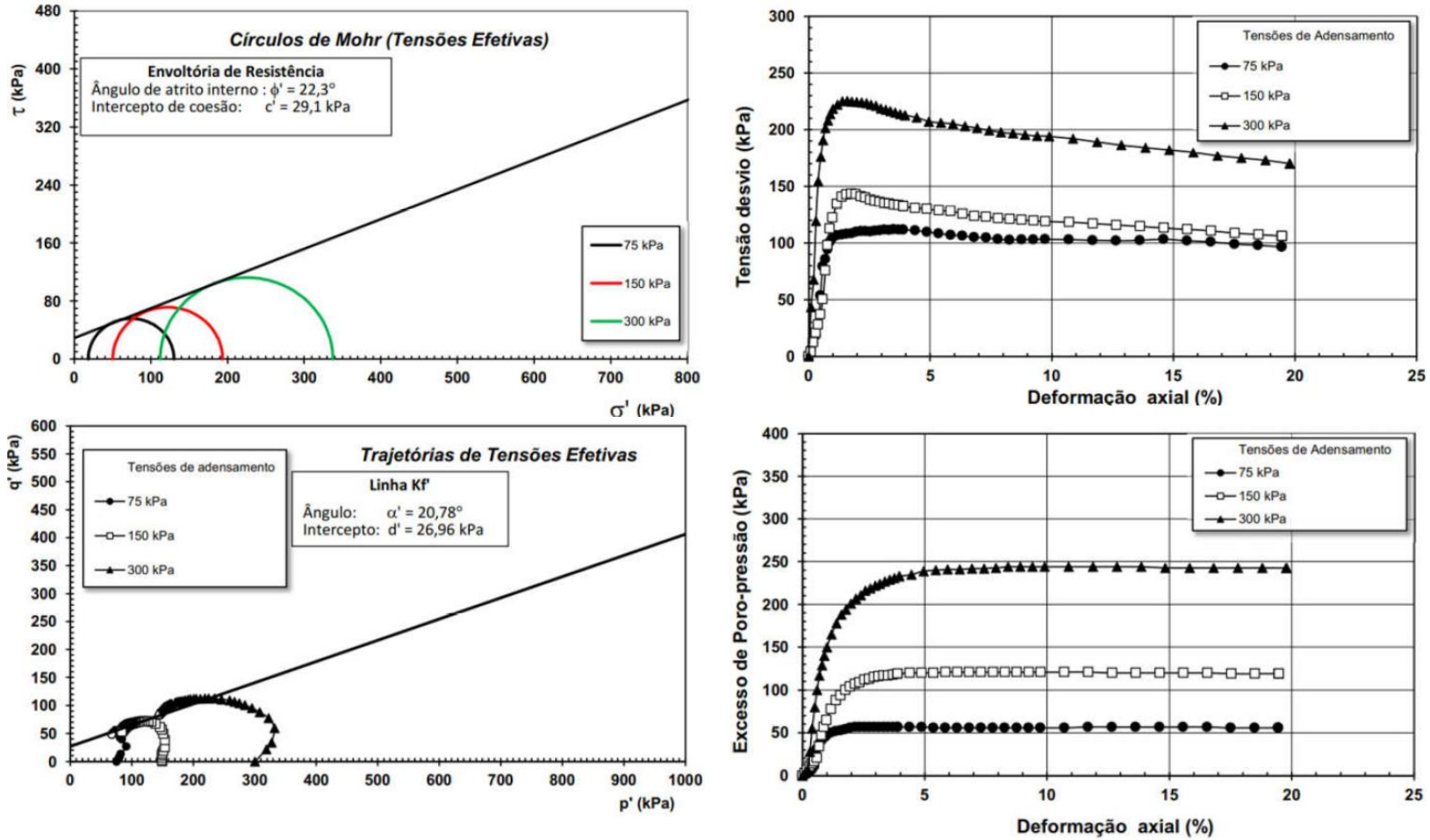


Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).

Visando ainda um contraponto em relação aos ensaios de laboratório, foram realizadas correlações com ensaios percussivos para a obtenção de ângulos de atrito. Conforme pode ser observado na Tabela 8.5, as correlações indicaram ângulo de atrito variando entre 21° e 31°.

Tabela 8.5 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Solo de Aterro.

Parâmetros Estatísticos	Ângulo de atrito (ϕ') em função do NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	29	31	30	35	28	29	32	28
Mediana	29	31	30	35	28	29	32	28
Mín	<28	29	28	28	21	24	23	21
Máx	31	34	32	38	32	33	35	31
Moda	29	31	30	35	28	29	32	28

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nos ensaios de laboratório quanto correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 28° e coesão de 15 kPa.

8.5 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 8.17 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

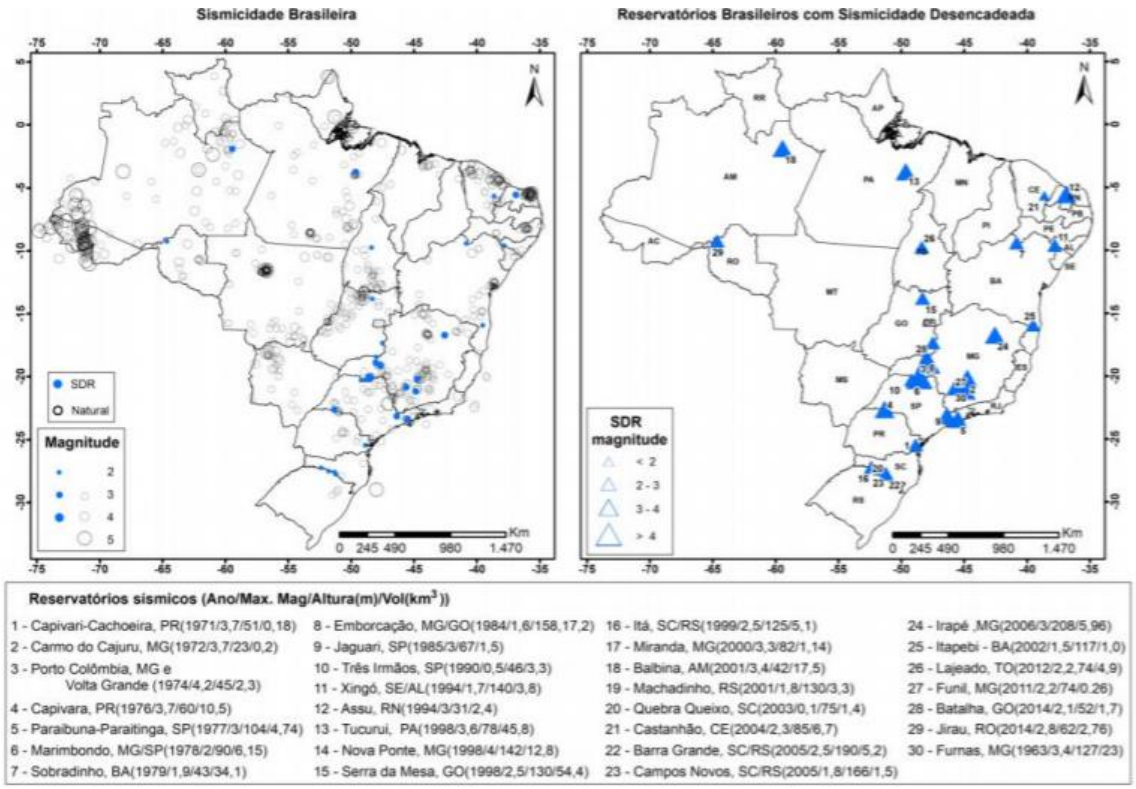


Figura 8.17 - Mapa de sismicidade brasileira com descriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioreto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológicogeotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association* – CDA, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical Kv seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipóteses de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou *et al* (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines* 2007, a metodologia adotada para determinação do Kh consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudoestática.

A classificação da Barragem Passa Cinco a partir da metodologia proposta pela CDA pode ser observada na Tabela 8.6.

Tabela 8.6– Classificação da Barragem Passa Cinco (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO EM RISCO (NOTA 1)	PERDAS DE VIDA (NOTA 2)	VALORES CULTURAIS E AMBIENTAIS	INFRAESTRUTURA E ECONOMIA
Baixa	Nenhuma	0	- Perda mínima de curto prazo - Nenhuma perda de longo prazo	- Perdas econômicas baixas; - Área contem serviços e infraestrutura limitadas
Significativa	Apenas temporariamente	Não especificada	- Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis	- Perdas a instalações recreacionais, locações laborais temporárias, e rotas de transporte pouco utilizadas
Alta	Permanente	10 ou menos	**- Perda/deterioração significativa habitat natural de vida silvestre ou aquática importantes** **- Restauração e compensações altamente possível**	Perdas econômicas elevadas com consequências a infraestrutura, transporte público, e instalações comerciais
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	- Perda/deterioração significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática *críticos* - Restauração e compensações possíveis, mas impraticáveis	Perdas econômicas muito elevadas, afetando infraestrutura e serviços importantes (ex: rodovias, instalações industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)
Extrema	Permanente	Mais de 100	- Perda/deterioração grave de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Restauração e compensações impossíveis	Perdas extremas afetando infraestrutura e serviços críticos (ex: hospitais, grandes complexos industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)

Nota 1 - Definição de população em risco
Nenhuma - Não é verificada população em risco, não havendo possibilidade de perda de vidas além daquelas ligadas a qualquer infortúnio
Temporária - Pessoas que estão apenas de forma temporária na zona de inundação (ex: ocupação residencial sazonal, transeuntes em rotas de transporte, participação em atividades recreativas)
Permanente - A população em risco está habitualmente localizada na zona de inundação (ex: moradores permanentes); três classes de consequência (alta, muita alta e extrema) são propostas para permitir uma estimativa mais detalhada da potencial perda de vidas (para assistir o processo de tomada de decisões se análises apropriadas são feitas);

Nota 2- Implicações a perdas de vida
Não especificada - O nível apropriado de segurança em uma barragem onde pessoa estão

temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, a natureza de sua atividade e outras condicionantes. Uma classe maior pode ser apropriada dependendo das exigências. No entanto, as exigências da análise de cheias, por exemplo, não pode ser maior se a população temporária não é provável de estar presente durante a temporada de cheias.

Para a classificação da Barragem Passa Cinco foram considerados os seguintes critérios:

- **População em Risco**: *Permanente*. Considerando a localização da estrutura um possível rompimento atinge uma parte de um bairro de `Ponte Nova.
- **Número de Vidas em Risco**: *100 ou menos*. Devido o bairro situado a jusante da barragem, uma ruptura poderá ter perda de vidas entre 10 a 100 pessoas;
- **Perdas Ambientais e Culturais***: Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis.* Considerando a localização da estrutura, um possível rompimento não atingiria regiões significativas de habitats.
- **Infraestrutura e Economia**: *Perdas econômicas elevadas, afetando infraestrutura, transporte e estabelecimentos comerciais.* Um possível rompimento atinge ruas e avenidas onde transitam transporte público, podendo acarretar em perda econômicas elevadas.

A classe de risco da estrutura é determinada pelo item de maior consequência. Assim, a estrutura foi classificada como risco muito alto. Para estruturas de risco muito alto, a CDA recomenda adotar para definição do sismo de projeto tempo de retorno de 2.475 anos, conforme a Tabela 8.7.

Tabela 8.7– Avaliação das probabilidades de excedência (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO (NOTA 1)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - CHEIAS (NOTA 2)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - TERREMOTOS (NOTA 3)
Baixa	1/100	1/100
Significativa	Entre 1/100 e 1/1.000 (nota 4)	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2.475 (nota 6)
Muito Alta	2/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2 entre 1/2.475 e 1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Extrema	PMF* (nota 5)	1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Esta tabela trata de apenas dois riscos naturais, e não considera que outro tipo de risco que possa ser considerado em avaliações de segurança de barragem		

*PMF – *probable maximum flood* (máxima cheia provável); MCE – *maximum credible earthquake* (maior sismo credível); AEP – *annual exceedance probability* (probabilidade de excedência anual);
1 - Como definido na Tabela 4.1 - Classificação de Barragem;
2 - Simples extrapolação das estatísticas de cheias além de 10-3 AEP não é aceitável;
3 - Valores médios do intervalo estimado nos níveis de AEP para terremotos devem ser usados;
4 - Selecionado com base na análise incremental de cheias, exposição, e consequência de falha;
5 - PMF e MCE não tem AEP associados;
6 - Esse nível foi escolhido para garantir compatibilidade com o estabelecido nas normas de construção canadenses.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a ½ entre 2.475 e 10.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o mapa com tempo de retorno (TR) de 2.475 anos (Figura 8.18). Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), apresentam acelerações de pico em rocha - PGA_{rocha}, não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto dever levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travasarou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travasarou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

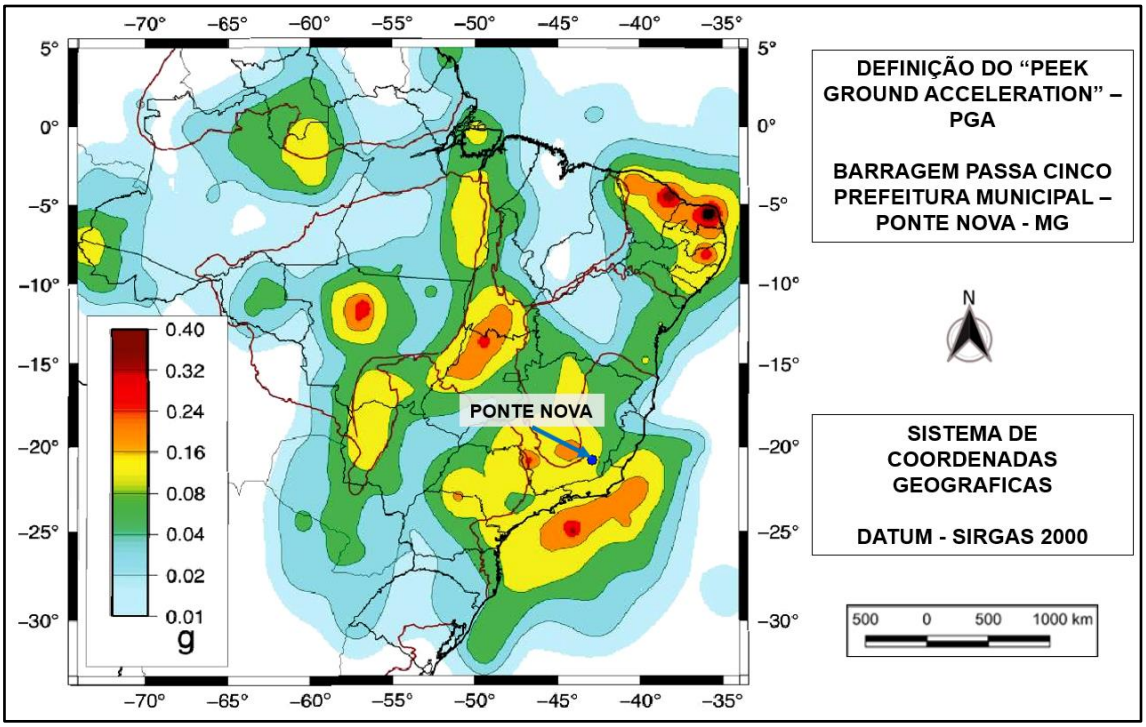


Figura 8.18– Mapas de Ameaça Sísmica ("Seismic Hazard Maps") para aceleração de pico (Peak Ground Aceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016).

Conforme indicado na Figura 8.18, a Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,16g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Portanto, o valor adotado para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudoestáticas foi igual a 0,08g, considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros).

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e a seção analisada para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE PARA CONDIÇÃO ATUAL E COM REFORÇO

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem e sismo, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. A partir da avaliação atual da barragem, foi possível verificar que a mesma possui fatores de segurança abaixo do recomendado por norma. Deste modo, foi proposto um aterro de reforço para aumentar os fatores de segurança, além da proposição de um filtro (drenagem interna) de contato entre o maciço atual e o aterro de reforço, para proporcionar adequação do fluxo interno da estrutura.

9.1.1 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da BARUK em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9.1 apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.1 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	Peso específico natural (Kn/m³)	Peso específico saturado (Kn/m³)	Triaxial (Tensões Efetivas)	
			Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (ϕ)
Aterro[1]	16	17	15	28
Aluvião[2]	16	17	2	26
Rocha Alterada [3]	20	21	40	40
Gnaisse[3]	25	26	400	40
Aterro de Reforço[4]	18	19	20	30

1-Parâmetros obtidos após ensaios de laboratório e de campo;
2-Parâmetros obtidos após ensaios de campo;
3-Parâmetros obtidos através das experiencias da equipe da Baruk com materiais semelhantes;
4-Parâmetros estimados com base nas experiencias da equipe da Baruk e que devem ser verificados para escolha das jazidas e utilização dos mesmos.

9.1.2 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos ($FS_{mín}$) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.2).

Tabela 9.2 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição crítica	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

Para avaliação da segurança dos taludes da Barragem Passa Cinco, foram realizadas análises de estabilidade baseadas na teoria do Equilíbrio Limite por três métodos de

análises, sendo eles: Bishop Simplificado, Morgenstern-Price e Spencer por meio do programa computacional de estudos bidimensionais Slide® 2.0. Nestas análises foram buscadas superfícies circulares (maciço homogêneo) e não circulares potenciais de ruptura, em busca do menor fator de segurança (FS).

Segundo Gerscovich (2016) a superfície de ruptura tende a ser circular em solos relativamente homogêneos, podendo ter uma aparência mais achatada na ocorrência de uma anisotropia mais significativa em relação a resistência. Já as superfícies planares ou translacionais caracterizam-se pelas descontinuidades ou planos de fraquezas. E, por fim, as rupturas de forma mista ocorrem quando há uma heterogeneidade, caracterizada pela presença de materiais ou descontinuidades com resistências mais baixas. Sendo assim, entende-se que o maciço e os materiais de fundação da Barragem Passa Cinco são homogêneos, não apresentando anisotropia, portando, para todas as análises foram buscadas superfícies circulares potenciais de ruptura.

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poropressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e
- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.3 RESULTADOS OBTIDOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL

Para a proposição das melhorias da Barragem Passa Cinco, foram conduzidas análises para diagnóstico da condição atual da estrutura. Essas análises foram baseadas na topografia realizada em 2021, no modelo geológico-geotécnico proposto, resultados das campanhas de investigação.

As análises foram realizadas para a seção central (A-A), ou seja, seção mais crítica, conforme localização indicada na

Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.

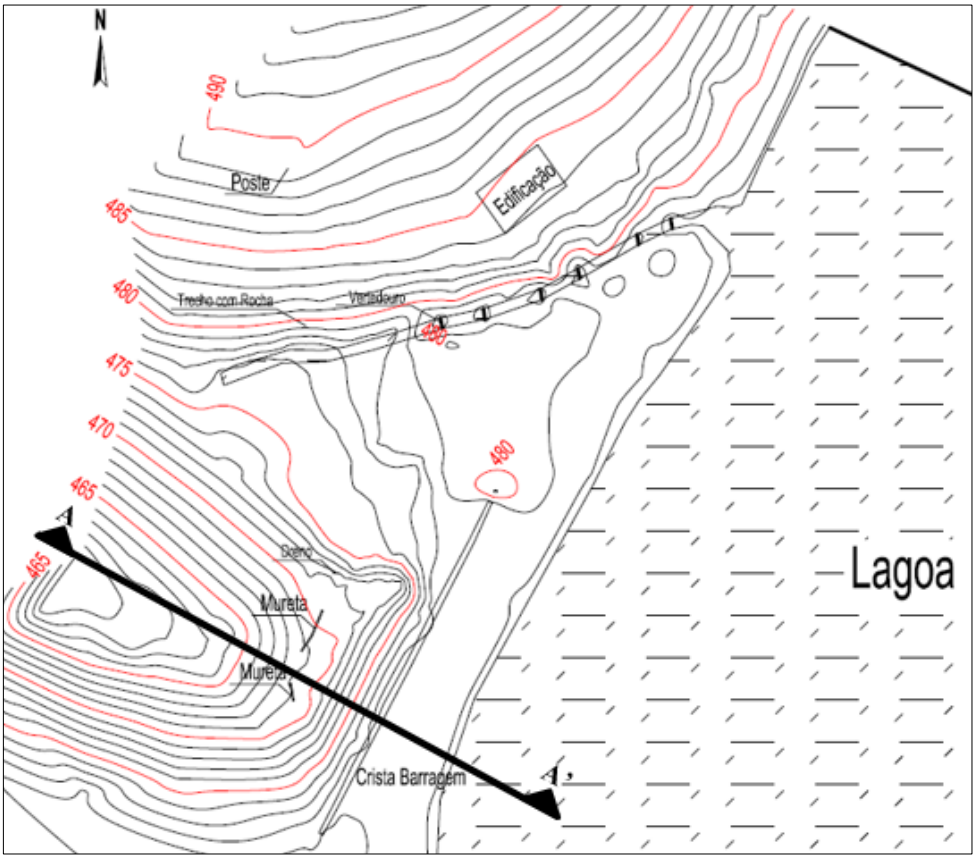


Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9.3 apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.3 - Fatores de segurança obtidos para condição atual

FASE	TALUDE	FSMIN	FS_{OBTIDO} MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1.10
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	0.94

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão abaixo do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

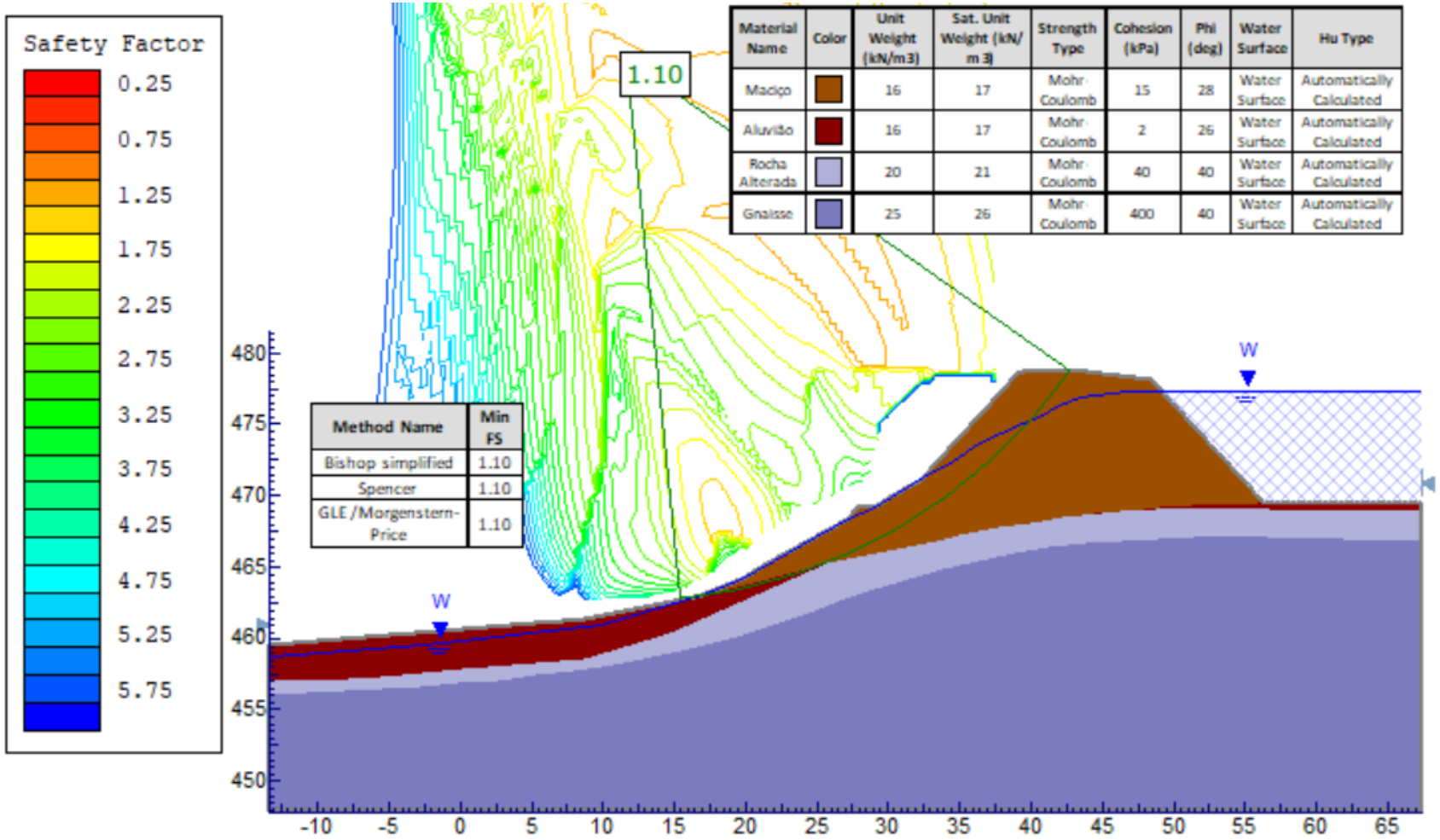


Figura 9.2 – Atual – Condição de Regime de Fluxo Normal – Fs = 1,10.

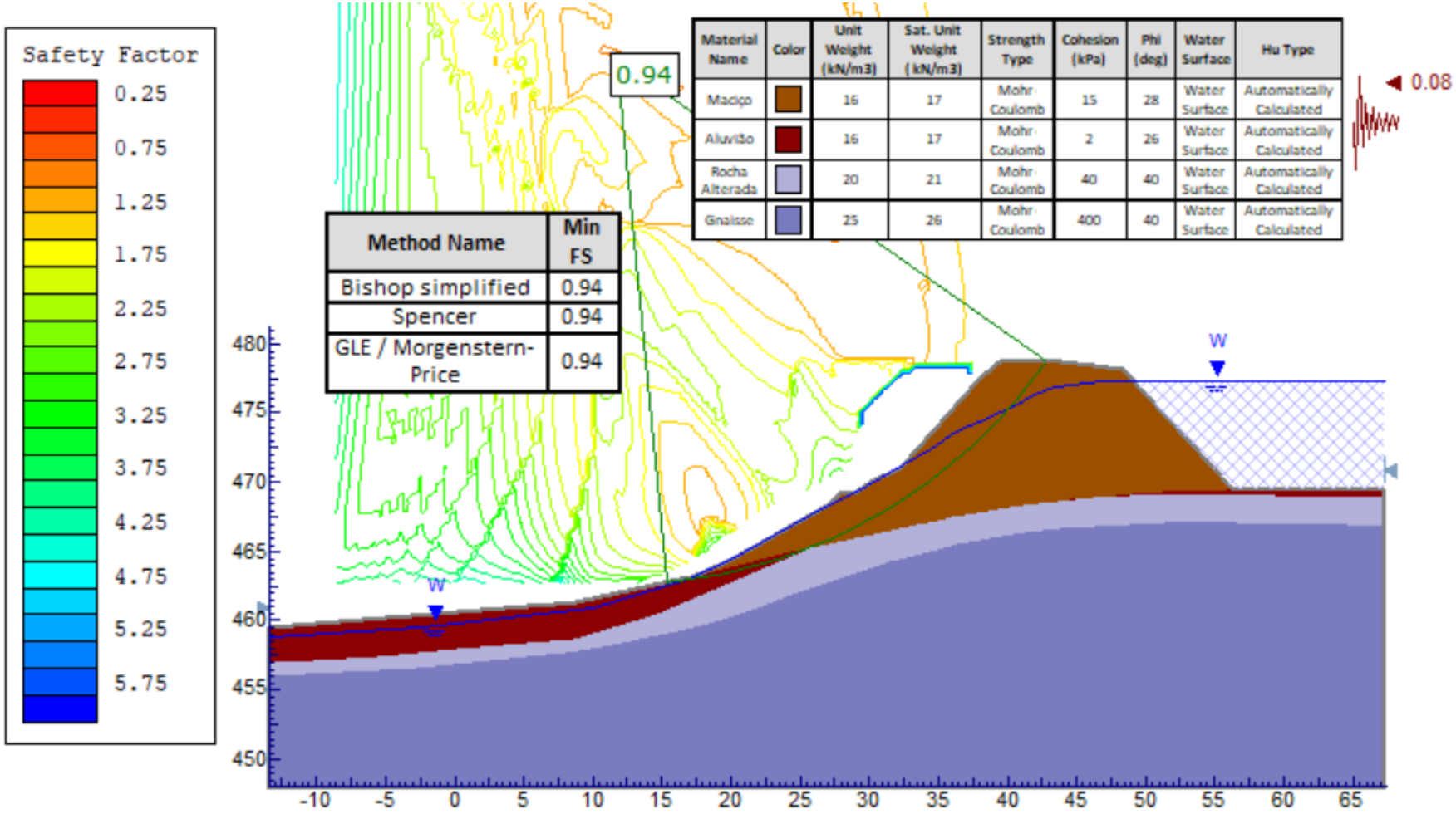


Figura 9.3 – Atual – Pseudo-Estática – Fs = 0,94.

9.1.4 RESULTADOS OBTIDOS PARA A CONDIÇÃO COM REFORÇO

O diagnóstico da condição atual mostra que a estrutura apresenta fatores de segurança abaixo dos requeridos por norma. Deste modo, em função disto, é proposta a execução de um aterro de reforço, em aterro compactado com execução de sistema de drenagem interno, com a finalidade principal de aumentar os fatores de segurança e proporcionar adequação do fluxo interno da estrutura, evitando assim, a eventual deflagração de processos de erosão interna e processos instabilizadores.

É proposta um aterro de reforço com extensão em todo talude de jusante e possuindo uma berma de equilíbrio na El. 468,80 m e 5 m de largura, os taludes do reforço possui a inclinação de 1V:2H. O sistema de drenagem interno é constituído de um trecho vertical de 0,8 m de espessura constituído por areia e um trecho horizontal (tapete drenante) com espessura de 1m constituído por duas camadas de areia com 0,25 m cada e uma camada central de 0,5 m de brita, sendo a saída do sistema de drenagem interno formado por enrocamento de proteção. Essa configuração visa o incremento do fator de segurança, além de propiciar adequação do fluxo interno da barragem.

A configuração do arranjo proposto é indicada na Figura 9.4.

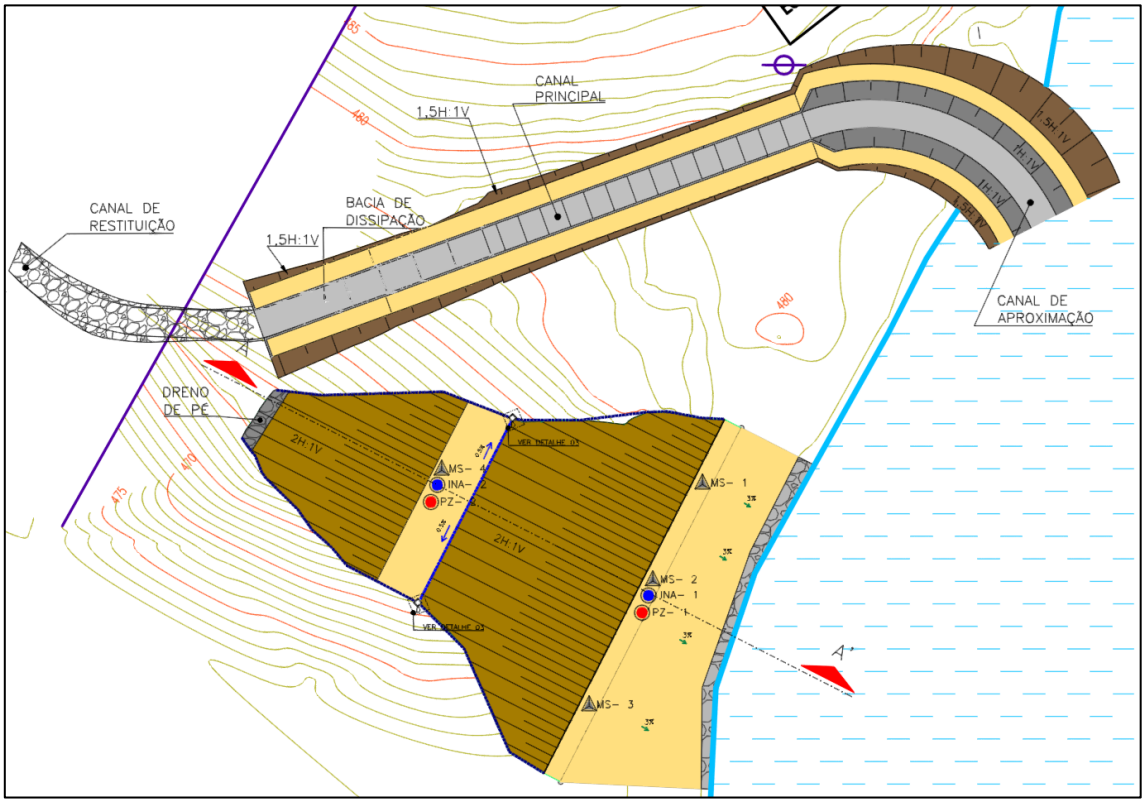


Figura 9.4– Arranjo geral do reforço proposto para a barragem Passa Cinco.

Visando validar essa solução, foram conduzidas análises de estabilidade na seção indicada na

Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.

, cujos resultados gráficos estão apresentados na Figura 9.5 a Figura 9.7, e um resumo dos fatores de segurança obtidos na Tabela 9.4.

Tabela 9.4 - Fatores de segurança obtidos para condição com reforço

FASE	TALUDE	FSMIN	FS_{OBTIDO} MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1,62
Operação com rede de fluxo em condição crítica de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3	1,39
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	1,32

É importante ressaltar que é prevista a remoção do parcial do aluvião disposto imediatamente a jusante da estrutura atual. Tal tratativa é embasada nos seguintes aspectos:

• Material de baixa resistência, as investigações indicam que o material apresenta capacidade de suporte/resistência à penetração inadequada (NSPT<05);

• O aluvião possui característica fina (não drenante), deste modo poderá gerar poropressões na região do pé da barragem;

• O aluvião é um material que tem característica de ser deformável quando solicitado, deste modo não é adequado manter na fundação que receberá o aterro de reforço.

Deste modo, as verificações de segurança aqui apresentadas para a condição de projeto consideram a remoção praticamente total dessa camada e considerou esta configuração na performance da estrutura com o aterro de reforço.

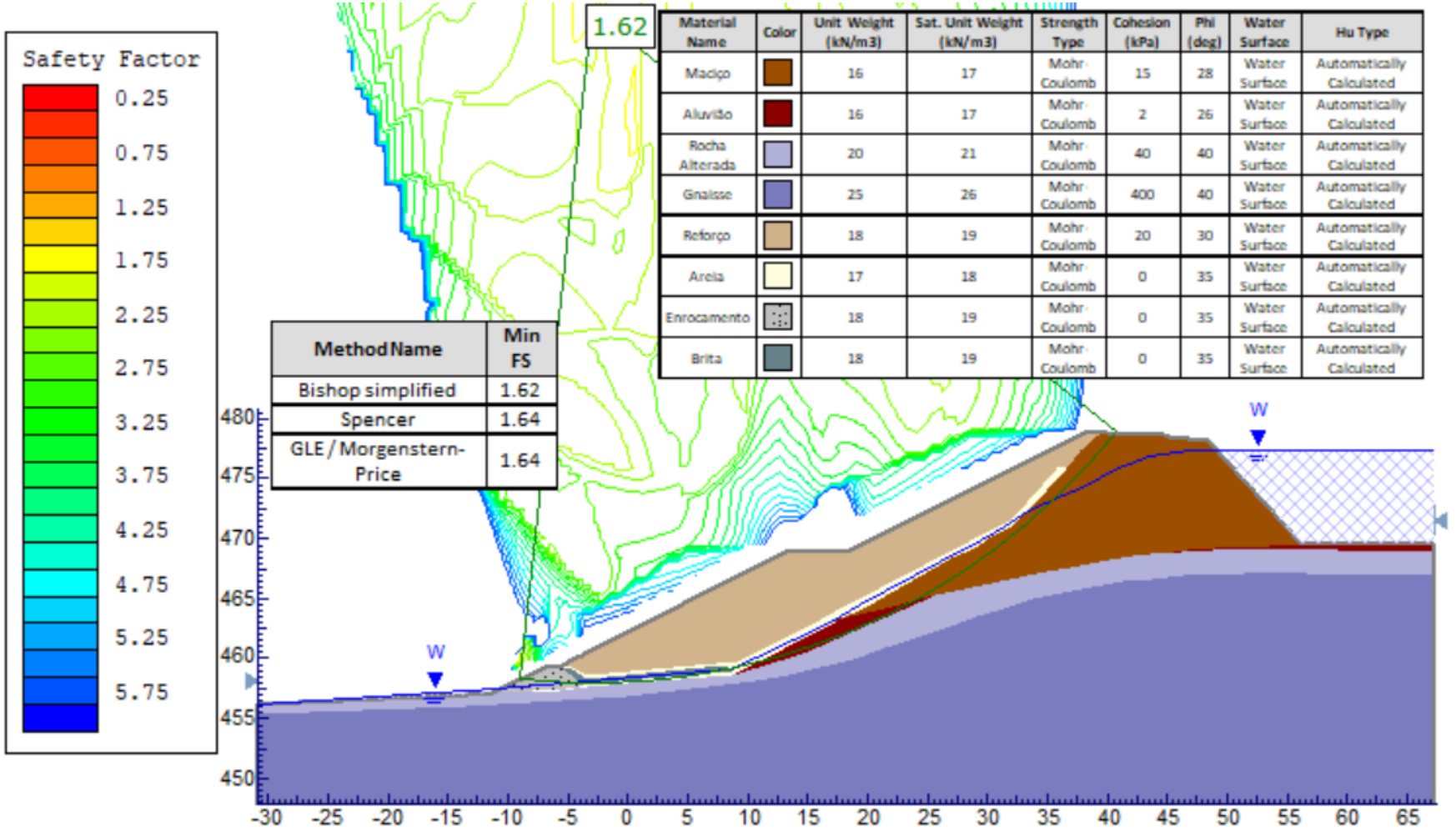


Figura 9.5 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Normal – Fs = 1,62.

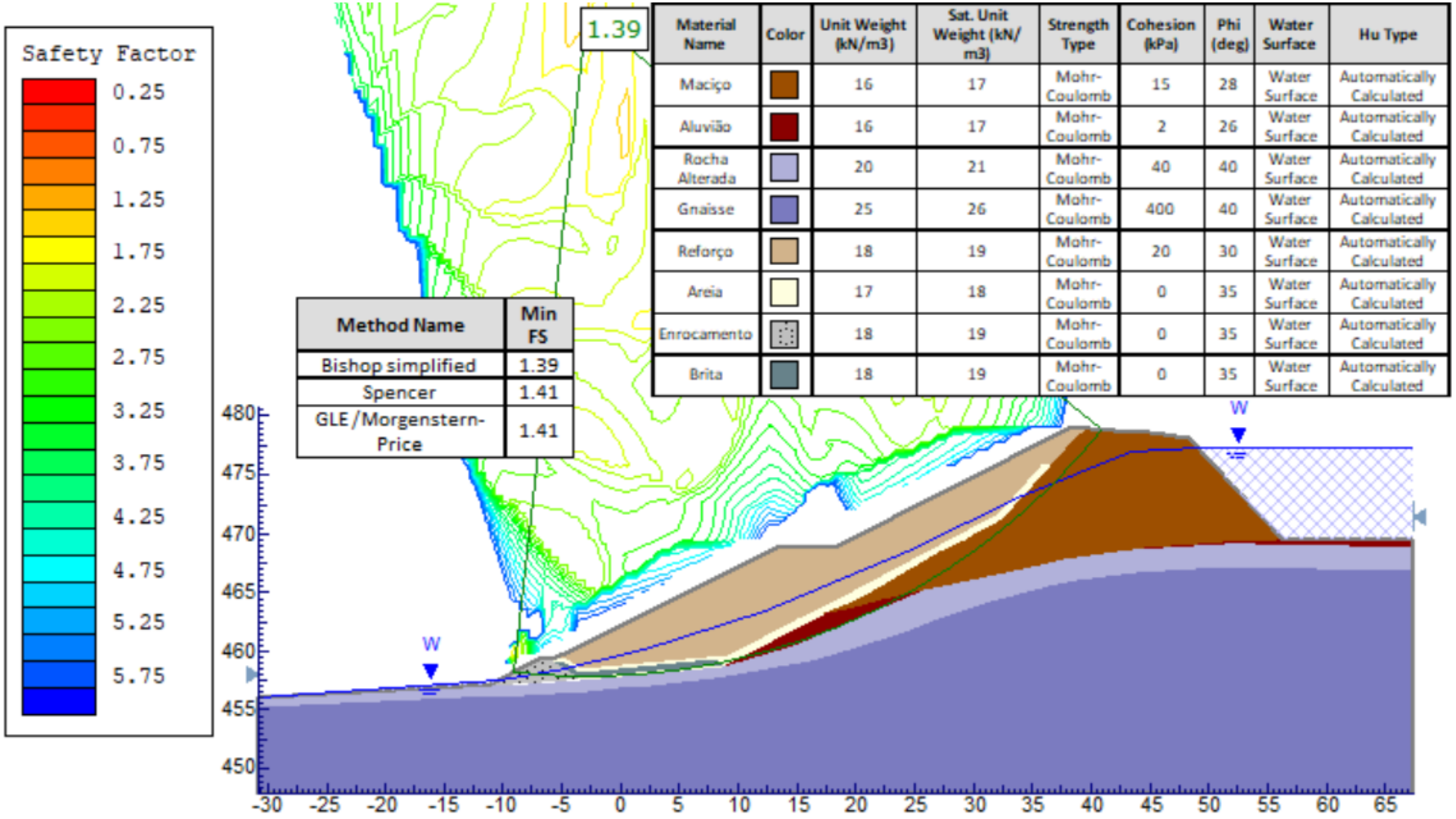


Figura 9.6 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Crítico – Fs = 1,39.

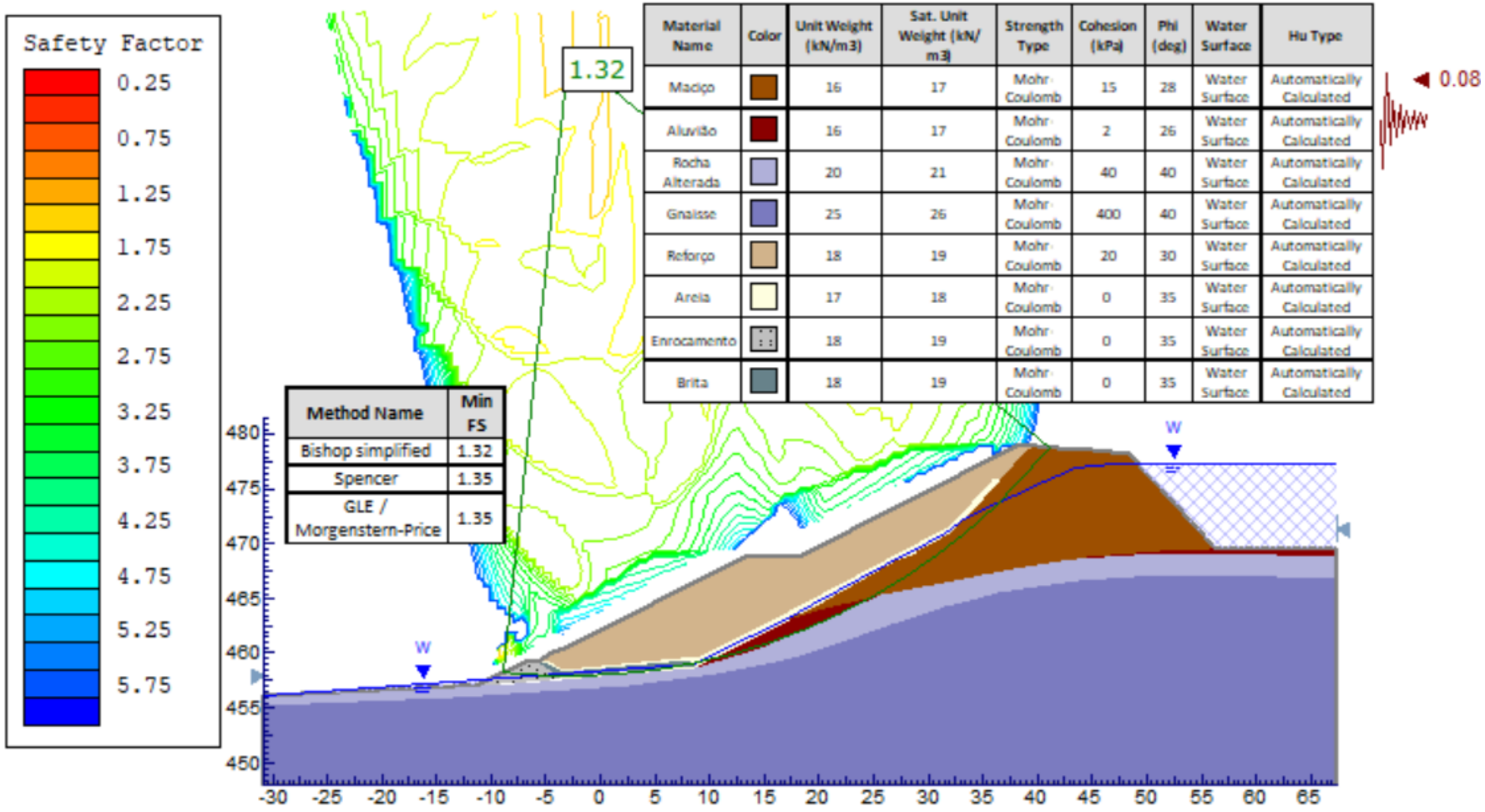


Figura 9.7 – Reforço – Pseudo-Estática – Fs = 1,32.

10 DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA

Para o adequado funcionamento da drenagem interna que está sendo proposta, é importante que a mesma tenha sua performance garantida para a transição com aterro existente e o aterro de reforço. Em função da granulometria do aterro existente, foi proposto um intervalo que englobasse as curvas granulométricas deste material, e considerou que o material que será utilizado no aterro de reforço esteja também dentro desta faixa, pois caso não esteja, o sistema de drenagem interna não terá seu funcionamento adequado. Deste modo, visando condições adequadas tanto de drenagem quanto filtração. Para tanto, foram consideradas as metodologias de Terzaghi e Peck (1948) e Bertram (1940).

- Critério de retenção:

$$D_{15\ (Filtro)} \leq 5 \times D_{85\ (solo)}$$

- Critério de permeabilidade:

$$D_{15\ (Filtro)} \geq 4 \times D_{15\ (solo)}$$

Para o enrocamento que será utilizado na proteção do pé da barragem foi considerado o intervalo de 150 mm ≤ D50 ≤ 250 mm, tendo para tanto as transições apresentadas nas Figura 10.1 e Figura 10.2.

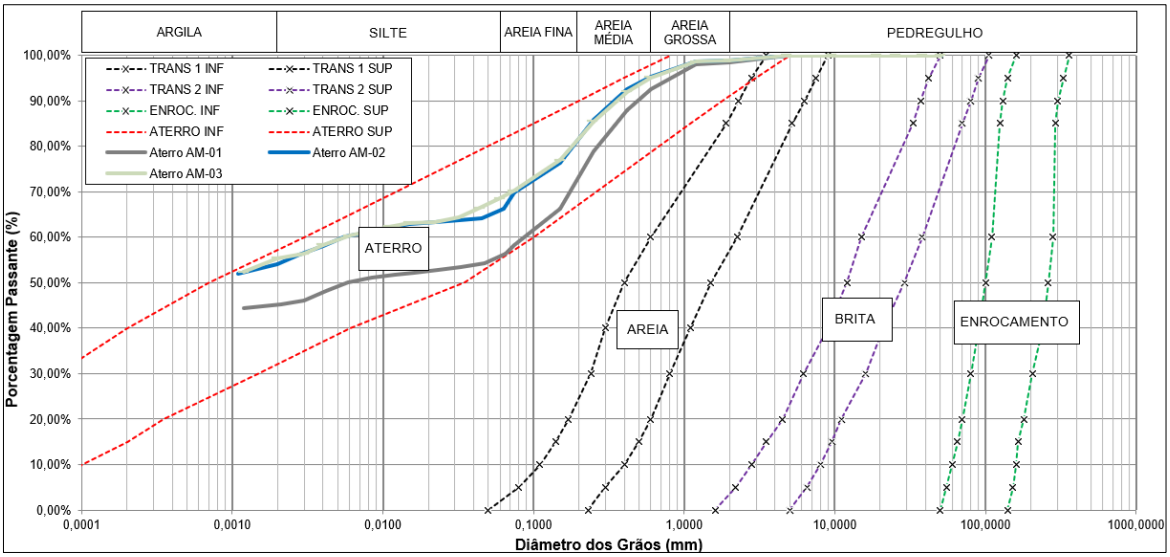


Figura 10.1 - Faixas das curvas granulométricas.

FAIXAS GRANULOMETRICAS DA ABNT									
D_N	%	ATERRO INF	ATERRO SUP	TRANS 1 INF	TRANS 1 SUP	TRANS 2 INF	TRANS 2 SUP	ENROC. INF	ENROC. SUP
	0%	0,0000	0,0001	0,0500	0,2300	1,60	5,00	50,00	140,00
D_5	5%	0,0000	0,0001	0,0800	0,3000	2,20	6,50	55,00	152,00
D_{10}	10%	0,0000	0,0001	0,1100	0,4000	2,80	8,00	60,00	160,00
D_{15}	15%	0,0000	0,0002	0,1400	0,5000	3,50	9,50	65,00	165,00
D_{20}	20%	0,0001	0,0004	0,1700	0,6000	4,50	11,00	70,00	180,00
D_{30}	30%	0,0001	0,0015	0,2400	0,8000	6,20	16,00	80,00	205,00
D_{40}	40%	0,0002	0,0060	0,3000	1,1000	9,00	21,00	90,00	240,00
D_{50}	50%	0,0007	0,0350	0,4000	1,5000	12,00	29,00	100,00	260,00
D_{60}	60%	0,0030	0,1000	0,6000	2,2500	15,00	38,00	110,00	280,00
D_{85}	85%	0,1000	1,1000	1,9000	5,2000	33,00	70,00	125,00	290,00
D_{90}	90%	0,2000	1,8000	2,3000	6,3000	37,00	80,00	130,00	301,00
D_{95}	95%	0,4000	3,0000	2,8000	7,5000	42,00	90,00	140,00	330,00
D_{100}	100%	0,8000	5,0000	3,5000	9,0000	50,00	105,00	160,00	360,00

Figura 10.2 - Valores das faixas granulométricas.

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento. Deste modo, visando o acompanhamento da estrutura, propõe-se:

- Instalação de 01 INA e 01 PZ na crista;
- Instalação de 01 INA e 01 PZ na berma intermediária do reforço.

A locação desses instrumentos é ilustrada na Figura 11.1, em vermelho são os PZ's e em azul são os INA's propostos.

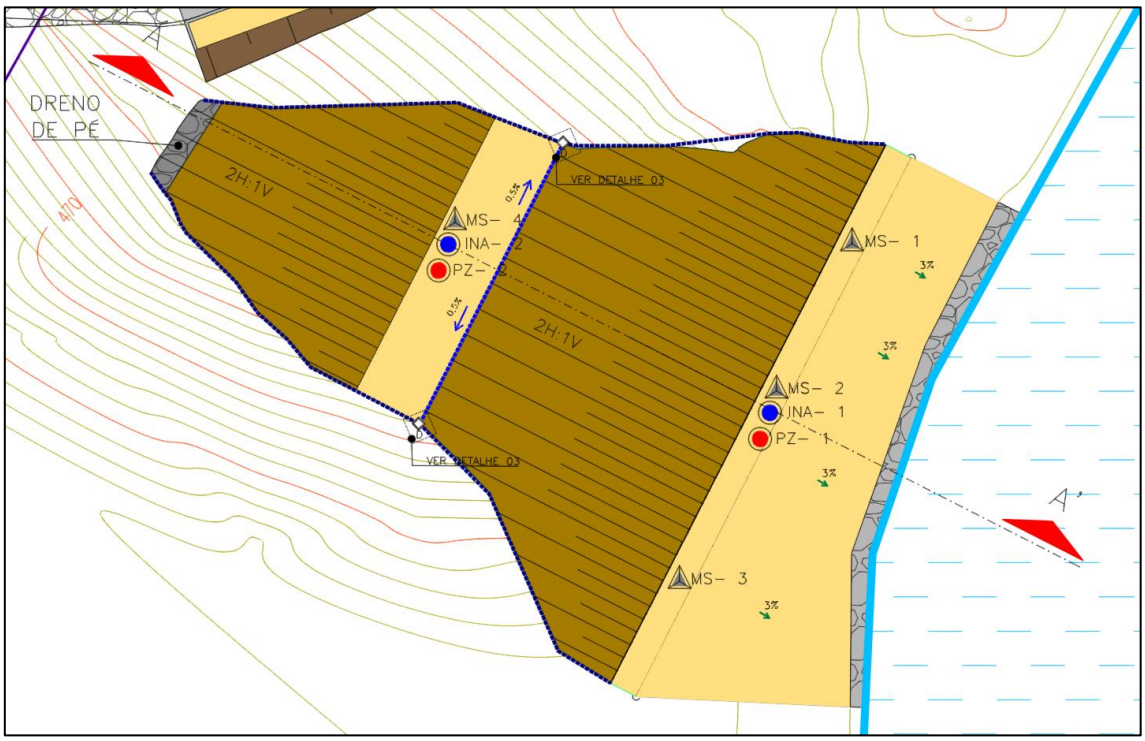


Figura 11.1 – Locação dos instrumentos propostos.

12 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação dos parâmetros e dados para o dimensionamento do vertedouro, e consequentemente a garantia de segurança da barragem do ponto de vista hidráulico, para que se evite o transbordo causando assim danos a estrutura.

Os estudos hidrológicos e hidráulicos, consistiu no dimensionamento do sistema extravasor de emergência da estrutura, a fim de atender a eventos pluviométricos intensos associado ao período de retorno (TR) de 1.000 anos. A verificação dos sistemas extravasores realizou-se de forma a criar subsídios para atestar sobre a segurança das estruturas em questão, através da análise da capacidade destas perante o trânsito das cheias.

12.1BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

A área da bacia de contribuição, foi delimitada através da topografia da região em questão (Figura 12.1). Além disto, foi realizada a construção do mapa de elevação da bacia de contribuição, para a validação da geometria de contribuição para o estudo hidráulico da barragem.

A Figura 12.2 mostra a imagem de satélite da área da barragem a ser implantada. Na imagem fica evidente a composição da área de influência da barragem, onde a mesma é composta por área de pastagem e vegetação nativa.

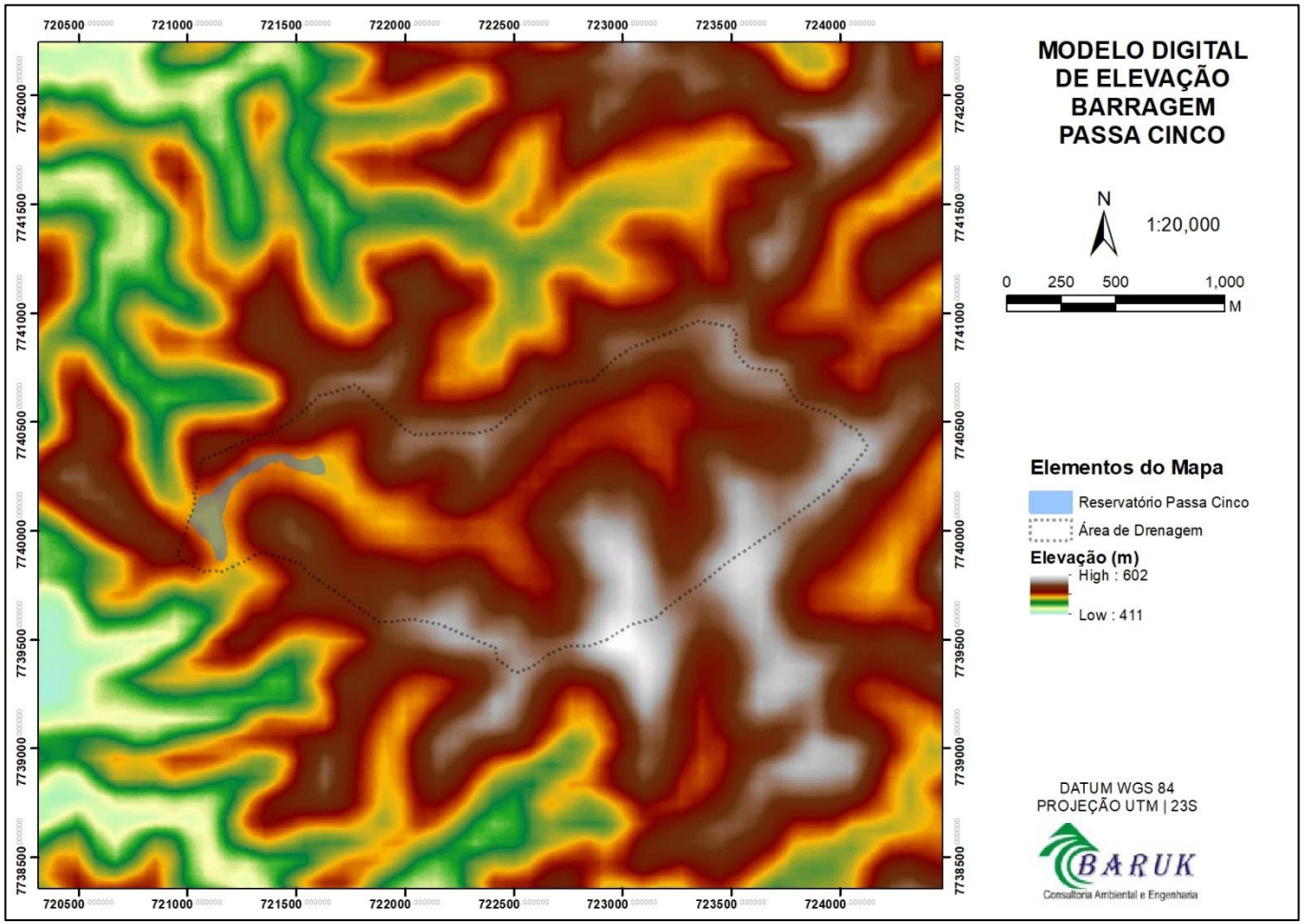


Figura 12.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.

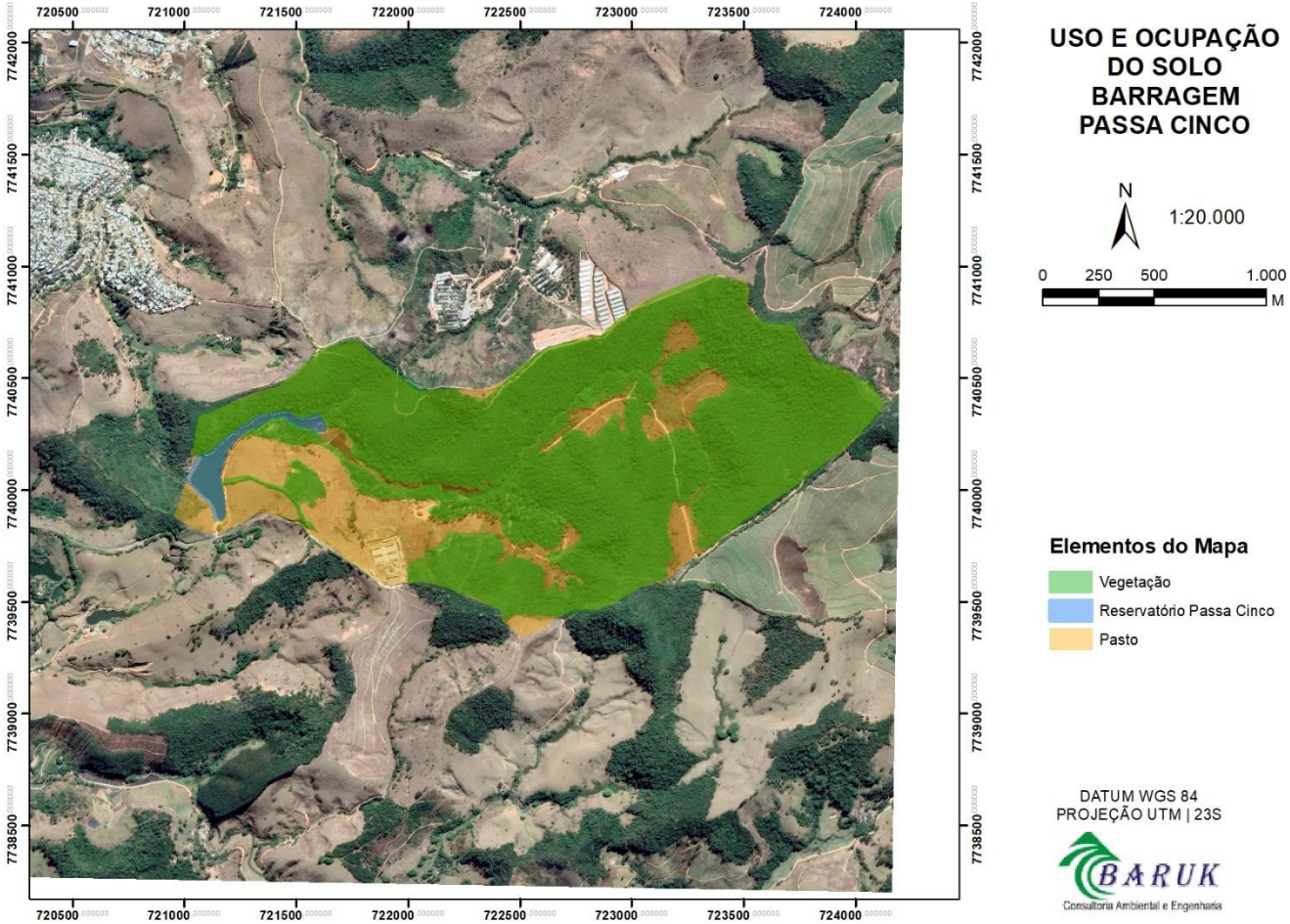


Figura 12.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.

12.2CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

As características geomorfológicas definidas foram utilizadas para a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS (Soil Conservation Service), definidos como:

• Tempo de concentração (tc): o tempo de concentração foi definido pela Fórmula empírica de Kirpich.

$$t_C = 0{,}39 \cdot \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0{,}385}$$ Equação 12.1

Onde:

Tc: tempo de concentração (horas)

L: comprimento axial (km);

S_e: declividade média em (%).

A Tabela 12.1 apresenta os parâmetros de definição e o tempo de concentração.

Tabela 12.1 - Tempo de concentração da bacia de contribuição - Barragem Passa Cinco

Tempo de Concentração		
Comprimento (m)	**Declividade média (m/m)**	**t_c (min)**
3.536	0,0288	41,18

• CN ponderado: denota o Número da Curva o Índice do método SCS-CN, para a geração dos hietogramas efetivos a partir da precipitação total. Depende do uso e ocupação do solo na área da bacia e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II), considerando a capacidade de infiltração do solo tipo C, por se tratar de uma aproximação dos tipos de uso do solo presentes na bacia.

• Tabela 12.2 apresenta os parâmetros utilizados para a definição do CN.

Tabela 12.2 - Parâmetros utilizados no cálculo do CN ponderado

Uso e ocupação do solo	Condição de umidade antecedente do solo	Tipo de Solo	CN	Barragem Passa Cinco	
				Área (km²)	Área (%)
Florestas Densas	II	C	73	2,067	74,88%
Pasto sem cura de nível	II	C	74	0,643	23,29%
Região de lago	II	C	100	0,050	1,83%
CN ponderado	**II**	**C**	**73,73**	**2,760**	**100**

• Lagtime: refere-se ao tempo de retardo, estimado em (3/5) do valor de tc por recomendação da metodologia SCS-CN para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa de um hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente. Os dados utilizados nesse estudo referentes ao lag-time são apresentados na Tabela 12.3.

Tabela 12.3 - Estimativa de lag-time - Barragem Passa Cinco

Lag-time		
L (m)	**t_c (min)**	**lag-time (min)**
3.536	41,18	24,71

• Abstrações Iniciais (Ia): o valor é obtido através de uma relação com o valor de CN e representa aproximadamente 20% da capacidade máxima de infiltração da água no solo. Corresponde, portanto, à precipitação antecedente ao escoamento superficial, sendo descrita pela Equação 7.2 (TUCCI, 2015, página 417).

$$I_a = 0{,}2 \cdot \left(\frac{25.400}{CN} - 254 \right)$$ Equação 12.2

I_a = abstrações iniciais (mm);

CN = denota o número da curva.

Tabela 12.4 - Estimativa de abstrações iniciais

Abstrações iniciais		
Área (km²)	**CN**	**I_a (mm)**
2,76	74	17,85

12.3ESTUDOS DE CHEIAS

A cheia crítica pode ser definida como o hidrograma de cheia calculado com a finalidade específica de dimensionamento das obras hidráulicas, estando este associado à capacidade limite das estruturas de condução ou à altura atingida pelos perfis de escoamento.

Existem duas formas de cálculo da cheia crítica, sendo:

Métodos Diretos: utilizam-se dados de vazões registradas em uma estação fluviométrica instalada no local de interesse;

Métodos Indiretos: baseados no cálculo de hidrogramas a partir de dados de precipitação sobre a área da bacia hidrográfica de referência.

Neste trabalho, buscou-se alguns dados de monitoramento pluviométrico de estações próximas ao local de implantação da barragem, a cheia crítica foi calculada através do método direto. A metodologia aplicada é apresentada nos tópicos a seguir.

12.3.1 PLUVIOMETRIA

Em consulta ao banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, é possível perceber que existem algumas estações pluviométricas que podem ser utilizadas para estabelecer o regime de chuvas da região do empreendimento. Neste estudo, optou-se pelo uso dos dados das estações pluviométricas Estação Usina Brecha (02043025), localizada no município de Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais.

12.3.1.1 Definição dos quantis diários e sub-diários

Após verificação de consistência dos dados históricos da estação pluviométrica em análise, realizou-se a análise de frequência das alturas de precipitações diárias máximas anuais.

A distribuição de probabilidade de Gumbel resultou nos melhores valores de significância quando submetidos aos testes de hipóteses como o Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado, que avaliam a aderência de uma dada distribuição à amostra em questão, sendo, portanto, a mais adequada para representar o conjunto de dados da referida estação pluviométrica.

A transformação da chuva diária em chuva de 24 horas e sua desagregação em alturas de chuvas de menor duração foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por Silveira (2000) e Pinheiro (2011). A Tabela 12.5 apresenta os quantis pontuais de chuva obtidos e seus respectivos tempos de retorno.

Tabela 12.5 - Quantis de altura de chuva – Estação Usina Brecha (02043025)

Duração	Tempo de Retardo (TR – anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
5 min	14.7	18.5	20.9	24.0	26.3	28.6	33.9	36.2	43.7
10 min	26.5	33.2	37.6	43.2	47.4	51.5	61.0	65.1	78.7
15 min	36.1	45.2	51.2	58.8	64.5	70.1	83.1	88.6	107.1
20 min	44.0	55.1	62.5	71.8	78.6	85.5	101.3	108.1	130.6
30 min	56.2	70.4	79.8	91.7	100.5	109.2	129.4	138.1	166.9
1 h	77.0	96.4	109.3	125.6	137.6	149.6	177.2	189.1	228.6
2 h	92.3	115.6	131.0	150.5	165.0	179.3	212.4	226.7	274.0
4 h	99.1	124.1	140.7	161.6	177.1	192.5	228.1	243.4	294.2
6 h	99.6	124.7	141.3	162.3	177.9	193.4	229.1	244.5	295.5
8 h	98.7	123.6	140.0	160.9	176.3	191.6	227.1	242.3	292.9
10 h	97.5	122.0	138.3	158.9	174.2	189.3	224.3	239.3	289.3
12 h	96.2	120.5	136.5	156.9	171.9	186.9	221.4	236.3	285.6
14 h	95.0	119.0	134.8	154.9	169.8	184.5	218.6	233.3	282.0
18 h	92.8	116.2	131.7	151.3	165.8	180.2	213.6	227.9	275.5
24 h	90.0	112.7	127.8	146.8	160.9	174.9	207.2	221.1	267.2

12.3.1 DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO

Tendo em vista as características da estrutura, o sistema extravasor da barragem deverá ser capaz de suportar eventos pluviométricos associados aos tempos de retorno

(TR) de 1.000 durante sua operação e verificado para precipitação máxima provável (PMP).

12.4MODELO HIDROLÓGICO

A determinação do hidrograma da cheia de projeto foi realizada com o auxílio de um modelo matemático que simula a transformação da precipitação em vazão, com base nas características físicas das bacias hidrográficas de contribuição. O modelo matemático utilizado foi o HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*), desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers*, versão 4.2.

12.5ÁREA DRENADA

Entende-se como Área de Contribuição a superfície do terreno que contribui com o escoamento de água em determinado ponto. Na Hidrologia a Área de Contribuição, também conhecida como Bacia de Contribuição ou simplesmente Bacia, é determinada em função da topografia, separando-se as diversas bacias por meio de uma linha imaginária, Divisor das Águas, traçada ao longo das partes mais altas (TUCCI *et. al*, 1989).

As áreas de drenagem, para efeito de aplicação do Método Racional, foram obtidas, a partir de imagens de satélite onde possui as dimensões da bacia de contribuição.

12.6COEFICIENTE DE DEFLÚVIO

O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de deflúvio superficial, ou ainda coeficiente de Runoff, é definido pela razão do volume de água escoado superficialmente por ocasião de uma chuva, pelo volume total da água precipitada, portando varia de acordo com uso e ocupação do solo.

12.7INTENSIDADE MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

A intensidade a ser considerada para a aplicação do Método Racional é a máxima média observada para a aplicação do tempo que corresponde à situação crítica, ou seja, a duração de chuva a considerar será igual ao tempo de concentração da bacia.

Por outro lado, a intensidade de precipitação de uma chuva qualquer é a relação entre a quantidade de chuva precipitada e o tempo de duração dessa chuva.

No projeto em questão, foi levada em consideração essa fórmula que fornece os valores das intensidades, relativos a determinados tempos de recorrência, tendo-se em mãos as quantidades de chuvas precipitadas num certo período de tempo.

12.8TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

É o tempo necessário para que todas as partes da bacia passem a contribuir para a seção de drenagem medida a partir do início da chuva. Em outras palavras, é o tempo que leva uma partícula para escoar desde o ponto mais distante de uma bacia até a seção considerada (DIAS *et. al*, 2010).

12.9TEMPO DE RECORRÊNCIA

O tempo de recorrência é definido como o tempo necessário para que um determinado evento aconteça novamente, ou seja, está associado ao inverso da probabilidade de um determinado evento ser igualado ou superado (DIAS *et. al*, 2010).

12.10 DIMENSÃO DA ESTRUTURA EXTRAVASORA

O escoamento em canais naturais se estabelece em função de uma infinidade de fatores, e a reprodução exata do que acontece na natureza é tecnicamente impossível. No entanto, a solução para estes tipos de problemas é possível admitindo-se hipóteses simplificadoras que não comprometem significativamente o resultado final, o qual deve ser analisado sempre com cuidado e sobre a ótica do bom senso (GARCIA 2014).

Utilizando a metodologia e os conceitos apresentados, chegou-se à definição de que para o tempo de retorno de 1.000 anos e uma chuva de 244,45 mm/h, haverá uma vazão de 68,21 m³/s.

12.11 MEDIDOR DE VAZÃO

Entre as melhorias previstas para as condições de segurança da barragem, há a previsão de um sistema de medidor de drenagem interna. Os volumes ali percolados devem ser monitorados e a instrumentação recomendada é de medidor de vazão por profundidade e vertimento em extravasor triangular de ângulo reto (medidor em V). A Figura 12.3 ilustra os seus principais componentes.

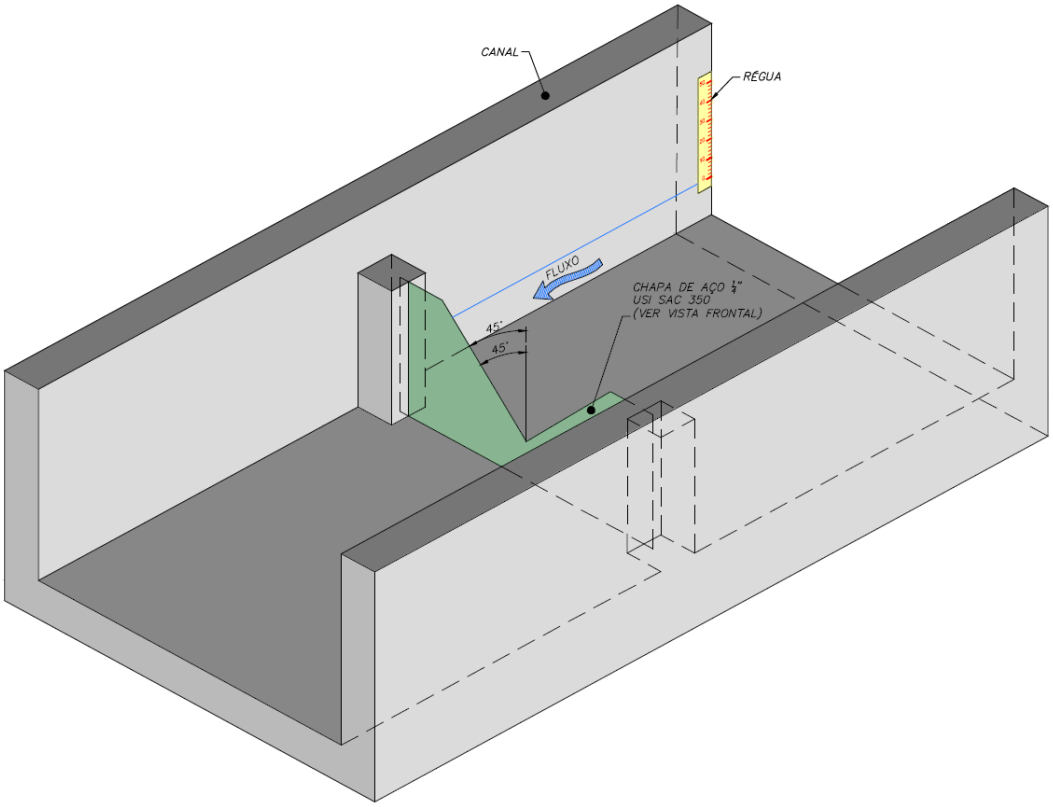


Figura 12.3 – Esquema 3D do medidor de vazão, sem escala.

Como atualmente a barragem não conta com nenhum dispositivo para medida de vazão, foi necessário realizar uma estimativa da vazão na saída do tapete drenante a partir

da análise de percolação. Desta forma, é esperado que as dimensões do medidor sejam modificadas futuramente para beneficiar a qualidade das leituras.

O canal de aproximação deve conter dimensões mínimas que tolerem estas alterações sem prejudicar a leitura e as dimensões mínimas da geometria, conforme recomenda Porto (2006) e cuja seção de controle da do canal está ilustrada pela Figura 12.4.

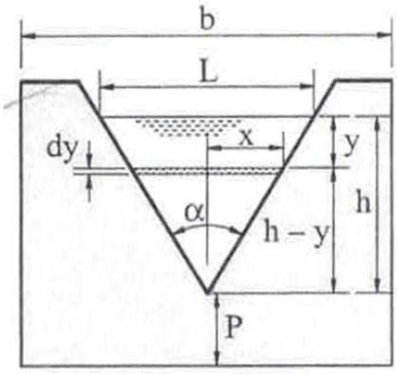


Figura 12.4 – Esquema de corte do controle do medidor de vazão.

Em que:

- P deve ser maior do que 3h;
- b deve ser maior do que 6h;
- Afastamento da régua deve ser maior do que 10h.

O formato com α = 90º, segundo Azevedo Netto (2015), permite maior precisão na medida de cargas correspondentes a vazões reduzidas e, por isso, são mais empregados na prática. Para vertedores deste tipo, aplica-se a fórmula de Thompson, representada pela equação:

$$Q = 1{,}4 \cdot H^{5/2} \qquad \text{Equação 12.3}$$

Onde:

- Q denota vazão (m³/s);
- H denota carga (m)

A curva resultante da aplicação desta equação e que deve ser utilizada como parâmetro de conversão da leitura realizada nas unidades aqui propostas é apresentada na Tabela 12.6.

Tabela 12.6 – Curva de descarga a ser aplicada para monitoramento da vazão.

Curva de descarga para vertedores triangulares – Fórmula de Thompson			
Altura (H) (m)	**Vazão (Q) – (l/s)**	**Altura (H) (m)**	**Vazão (Q) – (l/s)**
0,03	0,22	0,17	16,7
0,04	0,42	0,18	19,2
0,05	0,80	0,19	22,0
0,06	1,24	0,20	25,0
0,07	1,81	0,21	28,3
0,08	2,52	0,22	31,8
0,09	3,39	0,23	35,5
0,10	4,44	0,24	39,5
0,11	5,62	0,25	43,7
0,12	6,98	0,30	69,0
0,13	8,54	0,35	101,5
0,14	10,25	0,40	141,7
0,15	12,19	0,45	190,1
0,16	14,33	0,50	247,5

Os volumes percolados por meio porosos são definidos pela lei de Darcy e dependem forçosamente das características do meio. Como a percolação ocorre pelo maciço ou terreno natural, com material de baixa granulometria e alta resistência ao escoamento, esperam-se vazões perenes, mas de pequena ordem de grandeza. Devido a isto, adotou-se a altura do medidor de vazão de 0,10 m, tendo a capacidade de medir vazões até 4,44 l/s (15,98m³/h).

Considerando um cenário de aumento da vazão e inadequação do medidor em V, foi previsto um canal de condução ampliado, de modo que sejam comportados instrumentos de h≤0,20m.

A unidade de monitoramento proposta neste estudo é constituída por um canal de aproximação em concreto de comprimento mínimo de 2,0 m, com declividade longitudinal do fundo nula, e dimensões apresentadas na Tabela 12.7.

Tabela 12.7 – Dimensionamento hidráulico do medidor de vazão.

Estrutura	Canal de aproximação		Controle do medidor de vazão – α = 90°				Q_{proj} (m^3/s)
	Base (m)	Altura (m)	h (m)	P (m)	b (m)	Afastamento Régua (m)	
MVC-TI	1,20	1,0	0,10	0,30	1,20	1,00	0,004

13 CONCLUSÃO

Tendo em vista a condição atual da barragem, em que os fatores de segurança obtidos são menores em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017. Deste modo, foi proposto a implantação de um aterro de reforço em solo compactado para proporcionar a estrutura o aumento de fatores de segurança, visando o atendimento a norma NBR 13.028/2017.

Visando a implantação de medidas corretivas que permitam boa performance da Barragem Passa Cinco, propõe-se a implantação de um aterro de reforço em solo compactado e um sistema de drenagem interno, com o objetivo de incrementar o fator de segurança e de proporcionar o adequado fluxo interno pelo sistema de drenagem.

Além das intervenções propostas na região do maciço e ombreiras, esta também apresentada neste documento os estudos de adequação do sistema extravasor.

Vale mencionar que a Baruk mantem as recomendações sobre o estado atual da barragem. Deste modo, são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:

a) Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;

b) Avanço para as próximas etapas do projeto de reforço e sistema extravasor da barragem Passa Cinco;

c) Implantação dos Projetos supracitados;

d) Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;

e) Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.

_____

D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 Adobe Acrobat Document	**ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA** Formato: [“pdf”] 8 páginas
 Adobe Acrobat Document	**ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA_CINCO_PONTE_NOVA_MG** Formato: [“pdf”] 15 páginas
 Package	**ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO** Formato: [“dwg”]

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

VOLUME I – INFORMAÇÕES GERAIS

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA – MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....1

2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....2

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....2

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO...3

5 INDICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO.....4

6 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....5

7 DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO A CATEGORIA E DANO POTENCIAL ASSOCIADO.....6

7.1 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM..... 6

7.1.1 Categoria de risco 7

7.1.2 Dano potencial associado 11

8 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....13

ANEXOS.....15

1 APRESENTAÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PSB (Plano de Segurança de Barragem) da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume I do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

A estrutura em avaliação é a Barragem Passa Cinco, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, localizada no munícipio de Ponte Nova-MG.

São apresentadas nesse volume as seguintes informações:

- Item 2 – Identificação do empreendedor.
- Item 3 – Caracterização do empreendimento.
- Item 4 – Características técnicas do projeto e da construção.
- Item 5 – Indicação da área do entorno das instalações e acessos a serem resguardados.
- Item 6 – Estrutura organizacional, incluindo o contato dos responsáveis e qualificação profissional.
- Item 7 – Entidade responsável pela regra operacional do reservatório, caso exista.
- Item 8 – Declaração da classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial.
- Item 9 – Informações Complementares.

2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

I. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR:	
Empreendedor nome: Prefeitura Municipal de Ponte Nova	
Empreendedor CPF/CNPJ: 23.804.149/0001-29	
Figura Jurídica: ☐ Pessoa Física ☐ Empresa Privada ■ Empresa Pública ☐ Sociedade de economia ☐ Autarquia ☐ Administração direta ☐ Outros:_____	
Endereço: Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	
Telefone: (31) 3891-5454	E-mail: semam@pontenova.mg.gov.br
Quantidade total de barragens de propriedade do empreendedor (independente do tipo, porte e domínio do corpo d'água barrado): 1	

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR

II. RESPONSÁVEL LEGAL	
Nome: Bruno Oliveira do Carmo	
Cargo: Secretário Municipal do Meio Ambiente de Ponte Nova - MG	
Telefone: (31) 3891-5454	E-mail: licenciamento.ambiental@pontenova.mg.gov.br

III. IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM	
Nome do barramento ou aproveitamento objeto do Relatório: Barragem de Água	
Latitude: 20° 25’ 29,63” S	Município: Ponte Nova
Longitude: 42° 52’ 54,90” O	UF: MG
Datum: Sirgas 2000	
Curso d’água barrado: Córrego Passa Cinco	
Ano de conclusão da obra: Década de 90	
Construtor: Sem informação	
Projetista: Sem informação	

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO

V. USOS DA BARRAGEM	
■ Regularização de vazões	☐ Navegação
☐ Combate às secas	☐ Contenção de Rejeitos
☐ Defesa contra inundações	■ Recreação
☐ Hidrelétrica	☐ Abastecimento de água
☐ Irrigação	☐ Piscicultura
☐ Proteção do meio ambiente	☐ Outros: _____

Tem geração de energia?	☐ Sim	■ Não
Potência instalada (MW):	_____ (MW)	

VI. DADOS TÉCNICOS DA BARRAGEM	
Altura do maciço principal (m): 9,0	Largura do coroamento (m): 9,0
Extensão do coroamento da crista do maciço: 70,0m	Cota do coroamento do maciço em concreto: 479,0m
Capacidade do reservatório (m³): 156.930 m³	

TIPO DA BARRAGEM PRINCIPAL:

☐ Concreto	■ Terra
☐ Barragem de Concreto Ciclópico	■ Aterro Barragem
☐ Barragem de Concreto Compactado a Rolo	☐ Barragem de Enrocamento
☐ Barragem Vertedoura	☐ Barragem de Terra/Enrocamento
☐ Barragem de Gravidade Vertedoura	☐ Barragem de Terra Homogênea
☐ Barragem Submersível	☐ Barragem de Terra Zoneada
☐ Alvenaria	☐ Outro: _____

CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO:	
☐ Rocha Sã	☐ Solo Argiloso
■ Rocha Alterada	☐ Solo Argiloso Tratado
■ Solo Residual	☐ Solo Permeável
☐ Outro:	■ Aluvião

ESTRUTURA EXTRAVASORA PRINCIPAL:		
Vertedouro (sangradouro) – Tipo: Soleira Livre		
Vertedouro (sangradouro) com controle:	☐ Sim	■ Não
Largura total do vertedouro (sangradouro) - (m): geometria irregular		
Vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) – Sem informação		
Tempo de retorno da vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) - (anos): Sem informação		
Cota do nível d´água máximo maximorum – Sem informação	Cota da soleira do vertedouro (sangradouro) – (m): 478,0 m	
Tem vertedouro (sangradouro) auxiliar	☐ Sim	■ Não
Há descarregador de fundo	☐ Sim	■ Não

TOMADA D'ÁGUA		
Tomada d'água - Inexistente		
Tomada d´água – diâmetro (m): -		
Tomada d´água com acionamento automático das comportas	☐ Sim	■ Não
Tomada d´água com possibilidade de acionamento manual das comportas	☐ Sim	■ Não

SISTEMA DE DRENAGEM:	
☐	Filtração moderna
☐	Drenos horizontais e verticais
☐	Aterro homogêneo resistente ao piping
☐	Poços de alívio
☐	Drenos de pé
■	Sem controle de drenagem interna
☐	outro, descrever:
■	Meio fio e drenagem de superficie

5 INDICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO

IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO
Distância à jusante de unidades habitacionais e equipamentos urbanos e comunitários (Km):

0,5 km – Fazenda
Tipo de edificações, equipamentos, equipamentos urbanos e estruturas em até 25 km à jusante da barragem:
(x) Habitações (x) áreas agrícolas (x) Escolas (x) edifícios públicos (x) Indústrias ( ) rodovias estaduais ( ) Outro barramento (x) rodovias federais (x) Hospitais (x) Ponte

6 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

VII. GESTÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM		
Tem equipe Técnica de Segurança de Barragens constituída:	■ Sim	☐ Não
Responsável Técnico – Nome/CREA N°: Bruno Oliveira do Carmo/CREA 201891/D Marina Rosa Godoi/CREA 227049/D		

Qualificação profissional da Equipe Técnica de Segurança de Barragens (Escolaridade/Formação de cada integrante):

Nome do Integrante:	**Escolaridade/Formação:**
Bruno Oliveira do Carmo	Engenheiro Civil e Ambiental
Carla Geralda Gonçalves Silveira	Engenheira Agrônoma
Gusnaldo Galvão Martins de Deus	Engenheiro Ambiental
Marcos Tadeu Rocha Leandro	Engenheiro Ambiental
Marina de Oliveira Coelho	Engenheira Agrimesora e Cartografa
Marina Rosa Godoi	Engenheira Civil
Thiago Carvalho da Fonseca	Gestor Ambiental

INSTRUMENTAÇÃO:	☐ Sim	■ Não

☐ Piezômetros	☐ Medidor de Junta
☐ Inclinômetros	☐ Extensômetro de Fundação
☐ Medidor de Vazão	■ outros, descrever: **não possui**

FREQUÊNCIA DE LEITURA DA INSTRUMENTAÇÃO:

☐ Diária	☐ Mensal
☐ Semanal	☐ Automática com transmissão
■ Outros: **não possui**	☐ Sem leitura

MANUTENÇÃO

Material para manutenção disponível:	■ Sim	☐ Não	
Serviços de manutenção	■ Próprio	☐ Terceirizado	☐ Não dispõe
Tipo de Manutenção realizada:	☐ Preventiva	■ Corretiva	
	☐ Preditiva	☐ Não realiza manutenção	

INSPEÇÕES:

Frequência de inspeções regulares:	☐ Trimestral ☐ Anual	☐ Semestral ☐ Bianual	■ Outros: sem periodicidade
Data da última inspeção especial: _____ ■ nunca realizada			
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA:			
Data da revisão mais recente: _____ ■ nunca realizada			
Plano de Ação de Emergência			
Tem plano de ação de emergência (PAE) ou de contingência (data da última atualização)?	■ Sim Data: 07/02/2022	☐ Não	
Se sim, indicar nome e telefone da primeira pessoa, externa ao empreendedor, a ser informada em caso de emergência:			
Nome: Luiz Francisco Borges da Silva			
Instituição: Corpo de Bombeiro de Ponte Nova			
Telefone: [redacted] (31) 3817-1543 / (31) 3811-4667			

7 DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO A CATEGORIA E DANO POTENCIAL ASSOCIADO

7.1 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m^3 (três milhões de metros cúbicos);
c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
d) Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a

sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 65 sendo classificada como de ALTO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

7.1.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 7.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)**	**Tipo de fundação (d)**	**Idade da barragem (e)**	**Vazão do projeto (f)**
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m<Altura <30m (1)	Comprimento >200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m≤Altura ≤60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura >60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	<5 anos ou >50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/alUvião (5)		
0	**2**	**3**	**5**	**2**	**10**
CT = ∑ (a até f)			**15**		

Tabela 7.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	**Confiabilidade das estruturas de adução (h)**	**Percolação (i)**	**Deformações e Recalques (j)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (k)**	**Eclusa (l)**
Estruturas civis e hidroeletromecânicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e disposiivos hidroeletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente e controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletromecânicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
4	**4**	**8**	**0**	**0**	**0**
EC = ∑ (g até l)				**0**	

Tabela 7.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	**Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)**	**Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)**	**Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)**	**Relatórios de inspeção de seguranca com análise e interpretação (r)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
8	**8**	**6**	**0**	**5**
PS = ∑ (j até n)			**19**	

7.1.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de população a jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto socioeconômico (d)**
Pequeno ≤ 5 milhões m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área		

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de população a jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto socioeconômico (d)**
	afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	**12**	**3**	**4**
DPA= ∑ (a até d)			**20**

Tabela 7.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		**Pontos**
1.1	Características Técnicas (CT)	15
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	19
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		34
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		> = 60 ou EC*=8(*)
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		**< = 35**
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		**Pontos**
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		**DPA**
ALTO		**> = 16**
MÉDIO		10 < DPA < 16
BAIXO		< = 10

8 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

VIII. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES		
Tem vigia:	☐ Sim	■ Não
Tem operador (24 horas):	☐ Sim	■ Não
Tem equipe fixa de operação da barragem ou equipe volante:	☐ Sim	■ Não

Possui escritório no local da barragem:	☐ Sim	■ Não
Possui edificação de apoio no local da barragem (área construída):	☐ Sim	■ Não
Tem monitoramento de níveis d´água – Tipo:	☐ Sim Tipo:	■ Não
Há histórico de acidente anterior?	☐ Sim	■ Não
Quando?		
Ano da última reforma/reconstrução:		

D.Sc. Admai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

VOLUME II – PLANO E PROCEDIMENTOS

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA – MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 LOCALIZAÇÃO 2

3 FICHA TÉCNICA 3

4 PLANO DE OPERAÇÃO 4

4.1 OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO 4

4.2 SISTEMA EXTRAVASOR 5

4.3 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM 5

4.4 PLANO DE CONTIGÊNCIA E AÇÕES EMERGENCIAIS 5

4.5 DIVULGAÇÃO E TREINAMENTO SOBRE O MANUAL DE OPERAÇÃO 5

5 PLANEJAMENTO DAS MANUTENÇÕES 6

6 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO 8

7 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM 9

7.1 RESERVATÓRIO 9

7.2 SISTEMA EXTRAVASOR 10

7.3 MACIÇO 10

7.4 DRENAGEM SUPERFICIAL 11

7.5 SURGÊNCIA DE ÁGUA 12

7.6 PÉ DO TALUDE DE JUSANTE 12

7.7 OMBREIRAS 12

7.8 ACESSOS 13

7.9 INSTRUMENTAÇÃO 13

7.10 ANOMALIAS ESTRUTURAIS 14

8 CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS 15

9 PLANO DE INSPEÇÃO.....16

9.1 INSPEÇÃO REGULARES 18

9.2 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULARES (ISR)..... 18

9.3 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAIS (ISE)..... 19

10 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM 20

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PSB (Plano de Segurança de Barragem) da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume II do Plano de Segurança de Barragem (PSB). Este documento é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem, considerando a Resolução ANA n° 91, de 2 de abril de 2012, que estabelece o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, conforme art. 8°, 10 e 19 da Lei Federal n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.

A estrutura em avaliação é a Barragem Passa Cinco, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, localizada no munícipio de Ponte Nova-MG.

Portanto, a itemização deste relatório seguiu a estruturação do Volume II do PSB (planos e procedimentos), conforme apresentada a seguir:

- Item 1 - Plano de Operação.
- Item 2 - Planejamento de Manutenções.
- Item 3 - Plano de Monitoramento e Instrumentação.
- Item 4 - Planejamento das inspeções de segurança da barragem.
- Item 5 - Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos.
- Item 6 - Plano de Inspeção.
- Item 7 - Registros da Operação da Barragem.

Uma cópia deste relatório deve ser encaminhada para todos os responsáveis pela operação ou manutenção dos componentes da barragem. Quando houver revisão do mesmo.

Este documento deverá ser submetido periodicamente ao processo de revisão e melhoria contínua, a ser promovido pelas equipes de operação, em comum acordo com a projetista e com o responsável técnico pela estrutura. Estas revisões deverão ser promovidas anualmente e sempre que houver mudanças nas características da barragem e/ou condições operacionais.

2 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Rua Coronel Emilio Martins.

A Figura 2.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

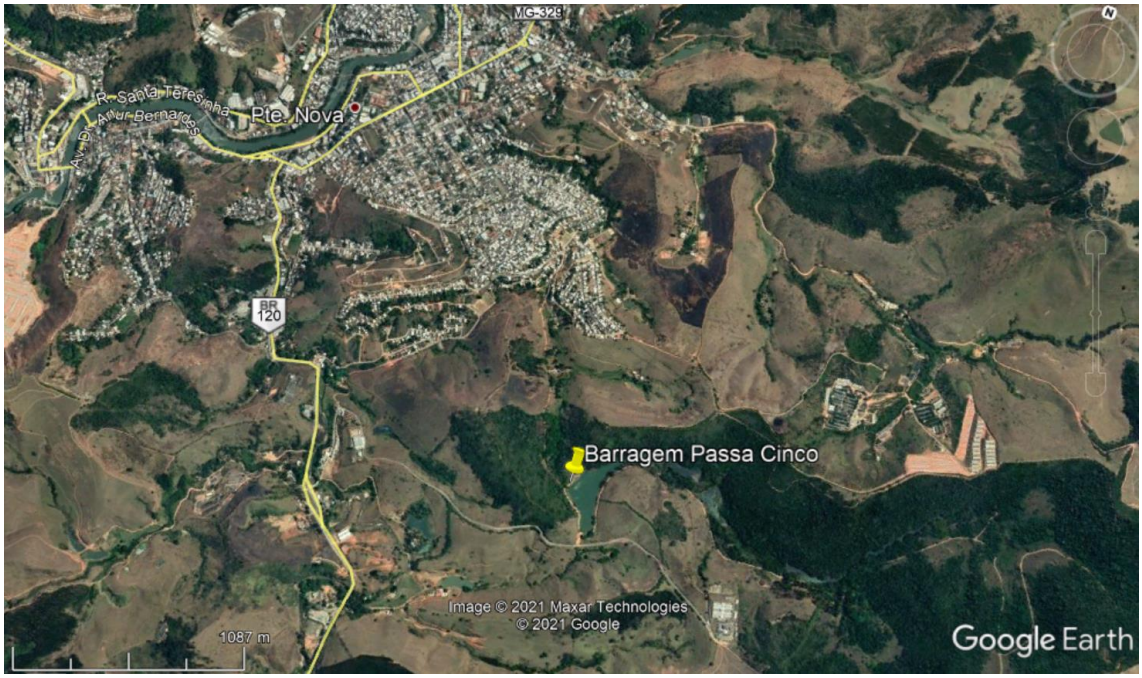


Figura 2.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

3 FICHA TÉCNICA

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

O sistema extravasor não se tem o conhecimento sobre seu dimensionamento, deste modo o mesmo deve ser redimensionado para o atendimento a ABNT NBR 13.028(2017).

A instrumentação é inexistente na estrutura, ou seja, deverá ser realizado o estudo de adequação para a proposição de instrumentos para o monitoramento da barragem.

A Tabela 3.1 apresenta as características técnicas do projeto e construção da Barragem Passa Cinco.

Tabela 3.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Finalidade	Contenção de água
Cota Atual da Crista	479,0 m
Cota Atual do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima Atual	9,0 m
Comprimento Atual da Crista	70,0 m
Elevação do Reservatório	476,0 m
Volume do Reservatório	156.930 m³
Tipo de Seção	Homogênea
Drenagem Interna	Inexistente
Instrumentação	Inexistente
HIDROLOGIA / HIDRÁULICA	
Área da Bacia	2,76 km²
Tempo de Concentração	41,18 min
Precipitação de Projeto	234,40 mm
NA Máximo Operacional	478,0 m
NA Máximo Maximorum	478,5 m
ESTRUTURA VERTENTES	
Vertedouro	Extravasor operacional do tipo soleira livre

A estrutura e organização para a operação das Barragem de Água foi estabelecida, nomeando os responsáveis, de acordo com a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Definição de responsabilidades da Barragem Passa Cinco

Definição	Responsável	Telefone
Prefeito/responsável legal	Wagner Mol Guimarães	(31) 3819 - 5454
Secretário de meio ambiente	Bruno Oliveira do Carmo	(31) 3817 - 1896
Coord. Unidade de Conservação	Thiago Carvalho da Fonseca	(31) 3817 - 1896

4 PLANO DE OPERAÇÃO

4.1 OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O volume disponível no reservatório da barragem deverá ser monitorado através de execução de batimetrias bianual, a fim de conhecer o aporte de sedimentos no reservatório. Sendo identificado um volume grande de sedimentos deverá ser providenciado a remoção.

O controle do reservatório será necessário para a manutenção da borda livre operacional de 1,0 m, correspondente ao nível d'água do reservatório na elevação 478,0 m.

Deverá ser feito o controle sistemático da vazão liberada para jusante, tanto a vazão do sistema extravasor, quanto da vazão percolada pelo maciço/fundação.

Para o controle do nível d'água do reservatório, deverá ser instalado uma régua linimétrica.

4.2 SISTEMA EXTRAVASOR

O acompanhamento do nível d'água é essencial para o entendimento operacional do sistema extravasor, portanto este deverá ser realizado diariamente.

4.3 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Durante a operação da barragem deverá ser elaborado relatório de operação, contemplando todos os registros de monitoramento e manutenção, que deverá ser realizado a cada 6 meses. Este relatório deverá ser elaborado pela equipe responsável pela operação da Barragem;

Sempre que ocorrerem incidentes que afetem a operação e/ou as condições de segurança da barragem, estes devem ser relatados por relatórios específicos com indicação das causas.

4.4 PLANO DE CONTIGÊNCIA E AÇÕES EMERGENCIAIS

O plano de contingência e ações emergenciais deve ser consultado para caracterização e identificação das feições mais vulneráveis das áreas de jusante. O Plano de Ações de Emergências (PAE), pode ser consultado no Volume V do Plano de Segurança de Barragens.

4.5 DIVULGAÇÃO E TREINAMENTO SOBRE O MANUAL DE OPERAÇÃO

Deverá ser fornecido um treinamento pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova sobre o Manual de Operação da Barragem para conhecimento e implantação das responsabilidades e competências de cada envolvido.

O objetivo deste treinamento deve ser para garantir o entendimento detalhado das técnicas e requisitos de projeto, construção e operação, de acordo com a função e trabalho a ser desenvolvido, incluindo o entendimento sobre o funcionamento, a operação e manutenção dos instrumentos de monitoramento, estabelecimento de rotinas de inspeção relatos e registros diários, semanais e mensais dos eventos relevantes.

5 PLANEJAMENTO DAS MANUTENÇÕES

Os serviços de manutenção deverão ser definidos a partir de observações constatadas em inspeções, durante a operação ou em auditorias realizadas por empresas contratadas. Alguns destes serviços deverão ser executados logo após a identificação do problema, evitando assim a sua evolução e/ou associação com outros, e consequente potencialização de ameaças à operação e a segurança das estruturas.

Na Tabela 5.1 estão relacionadas as atividades de inspeção regular e a frequência de sua realização, nos períodos chuvosos e secos, para cada componente da barragem. Nesta tabela, também encontram-se apresentadas as ações indicadas para as inspeções a serem realizadas.

Tabela 5.1 - Inspeção e manutenção das estruturas e dos instrumentos de monitoramento geotécnico.

Estrutura	Inspeção	Frequência de Inspeção		Ação
		Período Chuvoso	Período Seco	
Maciço, Ombreiras e Acessos	Verificação da geometria, seção transversal e perfil longitudinal.	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Regularização da superfície da crista e taludes, adequando-as às condições de projeto.
	Erosões, deslocamentos e escorregamentos	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Preenchimento do trecho erodido com material de maior resistência ao arraste e desvio de eventual escoamento.
	Integridade estrutural	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário. Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão.
	Proteção superficial	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Aplicação de revestimento vegetal ou outro dispositivo de proteção superficial. Garantir a integridade do sistema de drenagem superficial, sempre promovendo a sua limpeza.
Sistema Extravasor	Integridade estrutural e erosões	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário. Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão
	Assoreamento	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada do material depositado.
	Emboque e saída	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada de material depositado e reconstituição do material erodido.
Dispositivos de drenagem Superficial	Integridade estrutural e erosões	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão
	Assoreamento	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada do material depositado.
Instrumentação	Leitura dos instrumentos e compilação dos dados de monitoramento	Semanal*	Quinzenal*	Análise das informações e acompanhamento das alterações/modificações nas condições previstas pela Carta de Risco para posterior tomada de decisão. *As leituras nos instrumentos deverão ser semanais abaixo do nível normal ou leituras diárias quando o nível de segurança entrar em alerta.
	Verificação do funcionamento	Quinzenal	Quinzenal	Caso haja comprometimento do instrumento deverá ser realizada a sua substituição.
Reservatório	Condição de estabilidade dos taludes, existência de erosões, sedimentos e material flutuante	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Prover sistema de contenção de taludes, controle do processo erosivo e retirada de material flutuante.
Geral	Inspeções Especiais	Diário	Semanal	Necessário avaliar a anomalia e tomar providência em caráter emergencial.

Na presença de alguma anomalia encontrada durante as inspeções regulares, que possa vir a causa sérios danos a barragem, o empreendedor deverá realizar inspeção de segurança especial até a sua extinção ou seu controle.

Dentre os serviços de manutenção geral da barragem, pode-se citar os seguintes, para reparos quando se fizerem necessários:

- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Poda da cobertura vegetal (grama);
- Replantio da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Reaterro da crista, para correção de eventuais recalques e correção da drenagem;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros no maciço de solo (ombreira direita);

A equipe responsável pela manutenção da barragem deverá ser especialmente treinada para executar os trabalhos de rotina, bem como para dar início aos procedimentos de controle nas situações de emergências. A preparação desta equipe requer cursos de capacitação para adequar o seu desempenho e dominar o entendimento das funções que estarão sob sua responsabilidade.

6 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

Este item consolida as informações relevantes para a implementação e execução do programa de monitoramento e de instrumentação da Barragem Passa Cinco.

O programa de monitoramento geotécnico prevê a instalação de instrumentos, que permitam acompanhar o desenvolvimento de pressões neutras no maciço de solo e fundação.

Atualmente, a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, no entanto deverá ser implementado os instrumentos onde será previsto no projeto de adequação da estrutura um programa de instrumentação. A implantação do programa de monitoramento e instrumentação é de extrema importância, pois servirá para detecção de

eventuais anomalias que podem comprometer a estabilidade geotécnica e a segurança hidráulica da estrutura.

As frequências de leitura apresentadas devem ser entendidas como mínimas, sendo intensificadas sempre que forem observadas leituras que superem os valores de atenção ou outras ocorrências excepcionais que resultem em variações acentuadas de leituras.

Para avaliar a segurança e o funcionamento da Barragem Passa Cinco, o monitoramento geotécnico deverá ser realizado através da coleta de informações para o diagnóstico do comportamento dos aterros, cortes, terrenos de fundação, etc. Essas informações fornecerão elementos para uma operação segura da barragem.

Em caso de algum instrumento apresentar leitura anômala, deve-se intensificar a frequência de leitura deste instrumento, assim como as inspeções no local, até que se descubra o motivo que a gerou, voltando à frequência normal após a solução do problema.

A instrumentação associada ao monitoramento da barragem permite a análise de comportamentos não previstos, que irão indicar a adoção de medidas reparadoras, bem como a sinalização de condições seguras de operação.

7 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

7.1 RESERVATÓRIO

As principais características que deverão ser observadas para verificação de anormalidades no reservatório são: tamanho do reservatório, configuração do reservatório, borda livre, assoreamento e nível da água.

Deverá ser verificada durante as inspeções das margens do reservatório da barragem a presença de focos de erosões, deslizamentos superficiais e aporte de sedimentos para evitar o enchimento acelerado do reservatório comprometendo a sua vida útil.

Deve ser verificada a presença de material flutuante no reservatório, removendo qualquer um que esteja próximo ao emboque do extravasor e aqueles sem utilização.

7.2 SISTEMA EXTRAVASOR

O extravasor deverá ser inspecionado quanto à presença de danos na estrutura tais como, desplacamentos, fissuras, evidencias de reação álcali-agregados, defeitos nas juntas, recalques e assoreamentos do canal. Tais anomalias devem ser relatadas para providencias de reparos. Obstruções no emboque bem como eventual presença de vegetação, também, deve ser alvo de registro para reparos.

Recomenda-se a verificação sistemática de vazamentos e trincas na estrutura de concreto do vertedouro.

É imprescindível que qualquer estrutura ou material que possa impedir o fluxo de água seja retirado imediatamente.

Deve-se ter atenção e ser inspecionada regulamente a bacia de dissipação, a fim de verificar se o fluxo vertente comporta-se de maneira adequada, sem provocar trincas no concreto da bacia de dissipação.

Recomenda-se a limpeza periódica do canal, para evitar que o assoreamento reduza a capacidade de extravasão do vertedouro e a inspeção semestral detalhada de todo o Sistema Extravasor de forma a observar qualquer anomalia.

7.3 MACIÇO

Para o maciço da barragem, é necessário desenvolver e executar um programa de manutenção direcionado ao controle do escoamento de águas superficiais e erosão, a fim de se prevenir sua deterioração e o desenvolvimento de caminhos preferenciais de percolação.

Tal programa de manutenção deverá ser periódico, incluindo a manutenção regular do maciço - coroamento e taludes, a partir do controle da vegetação, controle de animais e insetos, estabilização de taludes, manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem superficial e das proteções das saídas dos dispositivos de drenagem interna.

Nesse sentido, todas as anomalias observadas deverão ser verificadas e anotadas, principalmente quanto sua localização. Em especial, nos períodos chuvosos, atentar-se

para possíveis erosões e suas correções imediatas de tal forma a evitar sua evolução, principalmente na região das ombreiras, onde ocorre maior concentração de águas.

Deve-se atentar para erosões superficiais nos taludes, pois, normalmente, são indícios de falhas na proteção de taludes e/ou drenagem inadequada, gerando escoamento superficial não controlado e/ou eventuais percolações. Na ocorrência deste tipo de situação anomalia deverá ser corrigida.

As trincas eventualmente encontradas ao longo do maciço deverão ser registradas para acompanhamento do seu desenvolvimento e/ou estabilização das mesmas. Elas deverão ser totalmente caracterizadas, com descrições acerca de sua abertura, extensão, orientação, profundidade e localização. Recomenda-se o cadastro topográfico das mesmas e inserção de elementos para monitoramento quantitativo.

A estrutura também deverá ser vistoriada quanto à existência de aberturas/cavidades provenientes de animais e vegetação. O crescimento de árvores e arbustos, tanto no talude de jusante quanto no de montante, deve ser prevenido para evitar que as raízes causem danos à estrutura, tal como caminhos de percolação, vazios no maciço, entre outros.

7.4 DRENAGEM SUPERFICIAL

As estruturas de drenagem superficial devem ser instaladas, contínuas e perfeitamente interligadas. O mau funcionamento e/ou ausência da drenagem superficial pode ocasionar erosões, percolações no maciço ou aumentar a saturação do mesmo.

As estruturas de drenagem superficial devem ser mantidas desassoreadas.

Deve-se atentar para as erosões superficiais nos taludes, pois normalmente é indício de falhas na sua proteção e/ou evidência de drenagem superficial inadequada, ou insuficiente, gerando escoamento superficial não controlado e/ou eventuais percolações.

7.5 SURGÊNCIA DE ÁGUA

O corpo da Barragem deve ser inspecionado regularmente para a verificação de aparecimentos de surgências de água com pontos úmidos e bolhas. No entanto, podem por vezes ocorrer percolações não controladas através do corpo da barragem.

Caso existam, as áreas com surgências deverão ser examinadas para estabelecer sua origem, se resultante de umidade superficial, percolação, água percolada pela ombreira ou outras origens.

A avaliação de surgência de água no contato entre o maciço e ombreira trata-se de um ponto que merece um cuidado especial, dado que este possuí potencial de ocorrência de surgência.

As zonas saturadas deverão ser devidamente localizadas, mapeadas e inspecionadas diariamente para acompanhamento da evolução ou involução da surgência, até a implantação de medidas corretivas.

As infiltrações a que correspondam fluxos e velocidades elevados devem ser tratadas, dado que contribuem para a deterioração do maciço, por lavagem dos materiais mais finos. A forma mais eficaz de tratar estas infiltrações consiste na procura e selagem da sua entrada.

7.6 PÉ DO TALUDE DE JUSANTE

O pé do talude de jusante deverá ser periodicamente limpo, de forma a permitir a inspeção, para a percepção de surgências de água e carreamento de sólidos.

Caso ocorra alguma anomalia, os responsáveis técnicos, assim como a projetista, deverão ser informados para analisar as causas e tomar as medidas corretivas.

7.7 OMBREIRAS

Nas ombreiras deverão ser inspecionadas a existência de surgências, erosões e vegetação excessiva, que possam vir a desestabilizar o maciço, além de recalques e trincas.

No caso de ocorrência de alguma não conformidade, conforme descrito acima, deverá ser registrada e averiguada a extensão e a gravidade da mesma.

Dentre os serviços de manutenção geral, pode-se citar os seguintes reparos, quando se fizerem necessários:

- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Poda da cobertura vegetal (grama);
- Replantio da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Reparo na proteção do talude de montante;
- Reaterro da crista, para correção de eventuais recalques e correção da drenagem;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros no maciço.

Durante as inspeções nas ombreiras e maciço da barragem, deverão ser verificados focos de erosão sob esta, deslizamentos superficiais, e aporte de sedimentos para evitar o enchimento acelerado do reservatório comprometendo a sua vida útil.

7.8 ACESSOS

Verificar se as condições do acesso à barragem e ao reservatório estão adequadas para a passagem de veículos e de equipamentos apropriados, para qualquer condição meteorológica e com revestimento apropriado.

Verificar se existe drenagem superficial nos acessos para evitar o aparecimento de erosões e ravinas, além de evitar pontos de alagamentos na pista que podem dificultar ou impedir o tráfego de veículos e equipamentos. Os taludes de cortes e aterros devem estar estáveis e revegetados para evitar a deposição de sedimentos nos acessos. As drenagens dos acessos como sarjetas e bueiros deverão estar desassoreados e desobstruídos. Verificar a existência de acessos secundários para utilização em casos eventuais e suas condições de uso.

7.9 INSTRUMENTAÇÃO

A manutenção na instrumentação deve estar relacionada a:

- Manter a integridade física do instrumento;
- Garantir a identificação do instrumento;

• Corrigir danos ocasionados por vandalismo; e
• Garantir condições adequadas de acessos para a leitura.

Se porventura, algum instrumento for danificado, este deverá ser recuperado imediatamente, caso seja inviável sua recuperação este deverá ser substituído.

Faz parte da manutenção dos instrumentos: a roçada da vegetação, a limpeza, o nivelamento do entorno para não acumular água, a sinalização, conservação e proteção dos mencionados instrumentos (tubo, tampa de aço galvanizado e base de concreto) e da placa de identificação.

Os acessos aos instrumentos deverão estar em condições de tráfego, inclusive em época chuvosa. Devem ser realizados testes de recuperação nos instrumentos sempre que apresentarem qualquer defeito ou leitura inconsistente. O teste de recuperação consiste no preenchimento de todo o bulbo do instrumento com água e, de posse de um cronômetro e uma trena, anota-se periodicamente as variações de nível d'água ao longo do tubo com os respectivos tempos. Estes registros são feitos até equalização do NA no tubo do instrumento.

7.10ANOMALIAS ESTRUTURAIS

Anomalias estruturais são aquelas que apresentam deterioração ou mau funcionamento que podem, a médio e longo prazo, causar danos à estrutura ou prejudicar sua operação. Na identificação de alguma dessas anomalias, deverá ser registrada em ficha de inspeção, cadastrada e elaborado um plano de ação corretivo (elaborado pela equipe de manutenção).

Se houver a ocorrência de alguma anomalia estrutural no maciço, deverá ser tratada conforme orientação abaixo:

Proteção vegetal inadequada: Eliminação da vegetação (musgos, líquenes ou outras espécies vegetais) na crista da barragem ou no paramento de jusante. O desmatamento das ombreiras e do pé de jusante das barragens é uma ação importante porque facilita a observação de anomalias, nomeadamente de fissuras e surgências, assim como a manutenção dos acessos aos equipamentos e à instrumentação da barragem.

Fissuras/trincas: Podem desenvolver-se fissuras/trincas na barragem associadas a deficiências do projeto, de construção, ou mesmo recalques da estrutura, em regra, afetam essencialmente as condições de funcionamento, dão origem ao aparecimento de surgências e, ao longo do tempo, podem afetar as condições de segurança da barragem. Assim, é importante identificar estas fissuras e controlar o seu desenvolvimento.

Umidade e surgências: Identificar, monitorar, avaliar e, caso necessário, implantar medidas corretivas. Surgências no paramento de jusante do maciço e contato com ombreiras, mesmo que controladas, deverão ser tratadas considerando-se condições extremas de percolação através do maciço. A forma mais eficaz de tratar estas infiltrações consiste na procura e selagem da sua entrada. Se através das inspeções de segurança se concluir pela necessidade de uma reparação deste tipo, poderá haver necessidade de esvaziar o reservatório.

Ocorrências de surgências não controladas, com tendência de aumento de vazão ou com carreamento de sólidos, deverão ser tratadas emergencialmente. Acionar engenheiro geotécnico/estrutural responsável e providenciar avaliação de consultores e projetistas para definição do tratamento.

8 CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS

Não existem equipamentos, mecânicos ou elétricos, associados à segurança da barragem. Entretanto, os instrumentos de monitoramento estão relacionados à segurança da barragem, logo foi proposto um cronograma de testes para verificar o funcionamento dos mesmos, conforme apresentado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Cronograma de testes de funcionamento dos instrumentos

INSTRUMENTO	FREQUÊNCIA DE TESTES
Medidor de nível d'agua	Teste de funcionamento anual
Medidor de Vazão	Inspeções visuais no ato da leitura

Para os piezômetros a frequência de teste de funcionamento deverá ser realizadas, conforme apresentado na Tabela 8.1. Caso seja verificada uma mudança substancial ou alguma avaria que possa prejudicar a leitura do instrumento, o mesmo deverá ser submetido ao teste de funcionamento imediatamente. Os testes de funcionamento realizados deverão ser registrados.

Os medidores de vazão deverão ser inspecionados no ato da leitura. Caso o instrumento esteja danificado, o mesmo deverá ser substituído imediatamente.

9 PLANO DE INSPEÇÃO

Inspeções e avaliações técnicas devem ser realizadas para avaliar as características hidráulicas, hidrológicas, geotécnicas e estruturais das diversas instalações da barragem.

As inspeções devem ser realizadas por pessoal qualificado e treinado para identificar, visualmente, as anomalias que possam afetar a segurança da estrutura e realizar leituras e medições dos instrumentos instalados.

Estas inspeções são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança da estrutura, uma vez que permitem detectar, visualmente, sinais prévios de processos potencialmente instabilizantes.

A vistoria e a avaliação do local devem ser guiadas e determinadas por contínua atenção, reconhecimento e compreensão das possíveis falhas nas estruturas. A fim de se criar um procedimento e, deste modo, facilitar/agilizar/uniformizar os trabalhos de inspeção de campo, é recomendável a utilização de ferramentas de apoio, tais como:

- Planilhas/ “Check lists” com os elementos e aspectos a serem observados;
- Desenhos (plantas e seções) da barragem para registros das posições das anormalidades;
- Relatórios fotográficos ilustrando as anomalias/não conformidades.

Toda inspeção deverá ser registrada (planilhas, fotos e descrições do comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias; dos testes, alterações e modernização de equipamentos; dos monitoramentos e das leituras, devidamente

validadas, de todos os instrumentos), de maneira a permitir a formação de um banco de dados com o histórico de desempenho do sistema, permitindo o seu acompanhamento contínuo.

A Figura 9.1 apresenta o fluxograma que resume as principais atividades realizadas durante a inspeção.

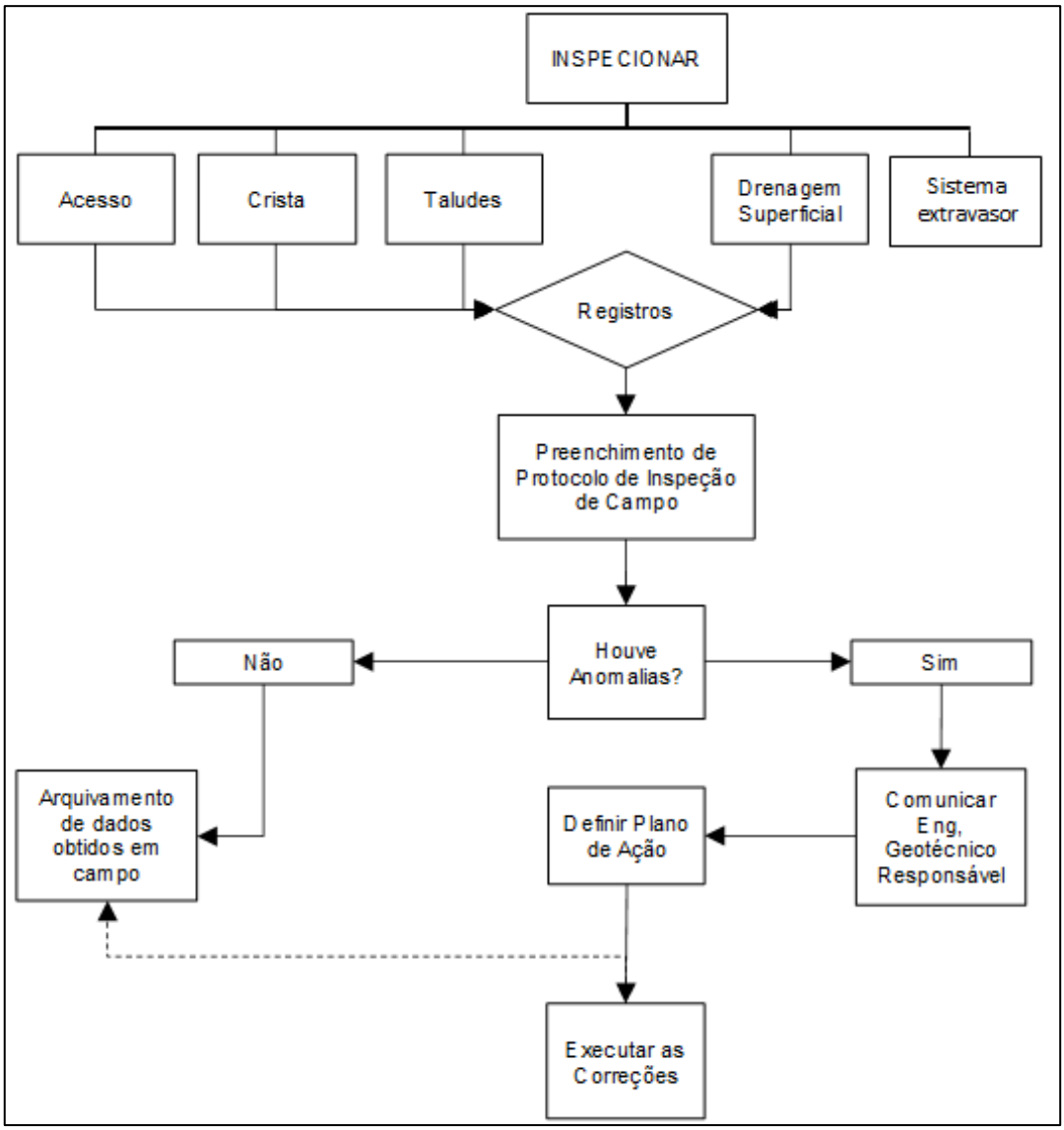


Figura 9.1 - Fluxograma das atividades de Inspeção.

As inspeções a serem realizadas são classificadas em:

- Inspeções Regulares de Rotina;

- Inspeção de Segurança Regular;
- Inspeções Especiais.

9.1 INSPEÇÃO REGULARES

As inspeções regulares de rotina são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança e conservação da estrutura, uma vez que permitem detectar, visualmente, sinais prévios de processos de instabilização e anomalias. Este tipo de inspeção será realizado pela equipe local de Operação e Monitoramento da Barragem, com uma frequência mínima quinzenal no período de seca, e semanal no período de chuvas (caso se note anomalias e/ou não conformidades neste período).

A empresa designada para a inspeção, é responsável pelo registro fotográfico das inspeções e pela implantação das adequações pertinentes e tratamentos das situações identificadas nas inspeções.

Ao fim de cada inspeção, as fichas de inspeção e os dados do monitoramento da instrumentação deverão ser entregues ao responsável pela barragem, devendo esse responsável fazer parte da equipe de Segurança de Barragens da empresa responsável pela inspeção.

9.2 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULARES (ISR)

As inspeções de segurança regulares têm, por objetivo, avaliar as condições físicas das partes integrantes da barragem, visando identificar e monitorar anomalias que possam afetar, potencialmente, a sua segurança. Essas inspeções deverão ser realizadas anualmente pela equipe de Segurança de Barragens, além do órgão fiscalizador poder exigir outra Inspeção de Segurança Regular – ISR, a qualquer tempo. Os profissionais aptos a realização destas inspeções, deverão atender aos requisitos de qualificação exigidos pela lei e/ou empresa terceirizada contratada para tal.

As inspeções regulares deverão ser registradas através dos seguintes documentos:

• Ficha de Inspeção Regular devidamente preenchida;
• Relatório de Inspeção Regular contendo a identificação do empreendedor, identificação do responsável técnico pela segurança da barragem, juntamente com a ART

(anotação de responsabilidade técnica), avaliação e classificação e/ou reclassificação (caso necessário) quanto ao Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, além do registro das inspeções de rotina compiladas (fichas de inspeção e de monitoramento), as ações mitigadoras e/ou corretivas adotadas para tratar as anomalias identificadas. Além disso, o relatório deverá listar as anomalias identificadas na inspeção regular, registro fotográfico dessas anomalias, comparação entre as inspeções regulares realizadas anteriormente, ações mitigadoras e/ou corretivas a serem tomadas;

- Extrato da Inspeção de Segurança de Barragem;
- Declaração da Condição de Estabilidade da Barragem;
- Ciente do Representante Legal do Empreendedor.

9.3 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAIS (ISE)

As inspeções especiais devem ser realizadas, em caráter excepcional, para avaliar as condições físicas das partes integrantes da estrutura sempre que a inspeção regular de rotina identificar ao menos uma anomalia que resulte em pontuação máxima (pontuação = 08) em qualquer coluna no quadro de estado de conservação referente à Categoria de Risco da Barragem. A periodicidade para realização das Inspeções de Segurança Especiais deverá ser diária até que a anomalia detectada tenha sido classificada como extinta ou controlada.

Essa inspeção poderá ser realizada pela equipe de Segurança de Barragens (desde que a mesma atenda aos requisitos de qualificação exigidos pela lei) e/ou empresa terceirizada contratada para tal.

As inspeções especiais deverão ser registradas através dos seguintes documentos:

- Ficha de Inspeção Especial devidamente preenchida;
- Relatório de Inspeção Especial contendo a identificação do representante legal da empresa, identificação do responsável técnico para a mitigação das anomalias que obtiveram máxima pontuação em qualquer coluna no quadro de estado de conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, avaliação das anomalias com pontuação máxima e registro fotográfico, reclassificação (caso necessário), avaliação das ações mitigadoras e/ou corretivas adotadas para tratar cada anomalia identificada (que obteve pontuação máxima). Salienta-se que a inspeção especial que atestar a extinção de uma anomalia ou que a anomalia com máxima pontuação encontra-se controlada deverá apresentar um relatório conclusivo assinado pelo responsável técnico, juntamente com a ART (anotação de responsabilidade técnica) atestando a liberação da estrutura para a sua operação. Caso a anomalia com pontuação máxima seja classificada como “não extinta”, deverão ser listadas as ações mitigadoras e/ou corretivas necessárias para eliminar a anomalia. Neste caso, a periodicidade da inspeção especial passa a ser diária até que a anomalia seja classificada como controlada ou extinta.

• Extrato da Inspeção de Segurança de Barragem;
• Ciente do Representante Legal do Empreendedor.

10 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Deverão ser preparados, periodicamente, os seguintes registros mínimos para documentação da operação:

• Relatório de operação mensal, com as seguintes informações mínimas:
  − Registros quinzenal de posição do NA do reservatório;
  − Registros mensais de borda livre;
  − Registros das inspeções regulares realizadas.
• Relatório mensal dos resultados da instrumentação;
• Registros mensais das inspeções regulares realizadas quinzenalmente, contemplando os registros de anomalias e planos de ação;
• Relatório anual com a síntese dos relatórios mensais e avaliação da segurança.

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

PLANOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

VOLUME III – REGISTROS E CONTROLES

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

OUTUBRO DE 2021

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....1

2 REGISTROS DE OPERAÇÃO.....2

3 REGISTROS DE MANUTENÇÃO 2

4 FICHAS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....3

5 RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR 3

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume III do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

- Registros de Operação:
- Registros da Manutenção;
- Registros de Monitoramento e Instrumentação;

- Fichas de Inspeções de Segurança de Barragens;
- Registros dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos, caso existam;
- Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (RISR);
- Relatórios conclusivos de Inspeção de Segurança Especial;
- Ciente do empreendedor ou de seu representante legal.

Todos os registros devem seguir as diretrizes e critérios operacionais apresentados no Volume II – Planos e Procedimentos.

2 REGISTROS DE OPERAÇÃO

Os registros de operação relacionado a Barragem Passa Cinco deverão ser disponibilizados em registros físicos e digitais para que possam ser disponibilizados aos fiscais e auditores.

As atividades de operação da barragem devem seguir as premissas estabelecidas do Plano de Operação apresentado no Volume II do PSB.

3 REGISTROS DE MANUTENÇÃO

Os serviços de manutenção são executados em função das inspeções de rotina de acordo com a classificação do nível de risco da anormalidade. Quando detectada anormalidade Alerta ou Emergência, a mesma é tratada através do registro de Relatório de Não Conformidade – RNC, conforme procedimento PRC04.

Os serviços de manutenção de rotina incluem:

- Corte e conservação dos gramados;
- Reaterro de erosões superficiais;
- Desobstrução e limpeza de canaletas de drenagem;

- Remoção de entulhos e obstruções no vertedouro;
- Manutenção do volume de espera no reservatório;
- Manutenção dos instrumentos;
- Calibrações e testes de verificação dos dispositivos de leitura dos instrumentos.

Os serviços de manutenção especiais, caso necessário, deverão ser executados conforme recomendação dos relatórios de inspeção e de projetos específicos.

Os registros das atividades de manutenção deverão ser disponibilizados em registros físicos e digitais para que possam ser disponibilizados aos fiscais e auditores.

4 FICHAS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

As Fichas de Inspeções de Segurança da Barragem Passa Cinco deverão ser disponibilizadas digitalmente aos fiscais e auditores. As inspeções na Barragem Passa Cinco deverão ocorrer quinzenalmente.

As avaliações de segurança da estrutura deverão ocorrer anualmente, segundo recomendações da Resolução nº 178, de 29 de junho de 2016, do CNRH. Os relatórios de Inspeção Regular da Barragem irão compor o Anexo I deste volume.

Durante as inspeções regulares caso sejam identificadas anomalias que resultem em pontuação máxima de 8 (oito) pontos, em qualquer coluna da Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco/Estado de Conservação (EC), referente anexo do Decreto Nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, o Engenheiro ou Responsável Técnico deverá realizar os procedimentos relativos às inspeções especiais, com registro de Relatório de Não Conformidade – RNC.

5 RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR

Os relatórios de inspeção regular são referentes às auditorias realizadas na estrutura. No caso da Barragem Passa Cinco, a última auditoria ocorreu no ano de 2021, pela

empresa BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia. Nesta auditoria é apresentada a matriz de classificação da estrutura, análises de estabilidade, avaliações hidrológicas e declaração de estabilidade.

Todas as auditorias realizadas na estrutura deverão ser anexadas neste volume (GBAR).

ANEXO I – RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES REGULARES

ANEXO II – RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES ESPECIAIS

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia

PLANOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

VOLUME IV – REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....1

2 ASPECTOS ATUAIS E VISITA TÉCNICA.....2

3 ANÁLISE DE PROJETOS EXISTENTES.....3

4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....3

5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL.....4

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....4

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume IV do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

Buscando discriminar ações por parte do empreendedor que consequentemente possam garantir a segurança do empreendimento, as atividades relacionadas à revisão de segurança englobam basicamente:

- Análises de toda a documentação existente acerca da barragem, em especial relatórios de inspeção;
- Avaliação dos procedimentos de manutenção e operação adotados;
- Análises comparativas de desempenho da barragem em relação a revisões anteriores.

2 ASPECTOS ATUAIS E VISITA TÉCNICA

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco**.

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no item 6.

O sistema extravasor atual da Barragem Passa Cinco encontra-se em condições inadequadas de segurança frente à cheia associada ao período de retorno de 1.000 anos no que tange o aspecto de falha por galgamento, conforme norma ABNT NBR 13.028/2017.

3 ANÁLISE DE PROJETOS EXISTENTES

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a Avaliação da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45º);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, é essencial a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento. Neste aspecto, é possível afirmar que a estrutura extravasora existente não está adequada, ou seja, será necessário o correto dimensionamento e posteriormente a sua execução obedecendo o projeto de adequação.

Atualmente não há instrumentos instalados no maciço para monitoramento da Barragem Passa Cinco.

4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

O Volume II do PSB apresenta o item Plano de Operação. Este item apresenta o controle de ocupação do reservatório, volume de ocupação do mesmo e frequência das inspeções rotineiras.

5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

O Volume V do PSB apresenta o item Plano de Ação Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM. Este item apresenta as ações emergenciais requeridas para os efeitos decorrentes de situações adversas que afetem a segurança da Barragem Passa Cinco e possam causar danos à sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco**.

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no presente documento.

Adicionalmente são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:

i. Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;

ii. Elaboração de Projeto de Reforço da Barragem;

iii. Elaboração de Projeto de Sistema Extravasor;

iv. Implantação dos Projetos supracitados;

v. Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;

vi. Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.

PREFEITURA DE PONTE NOVA

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

RELATÓRIO TÉCNICO

AUDITORIA DE SEGURANÇA

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA - MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO 2

3 LOCALIZAÇÃO 2

4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO 3

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM 4

5.1 CATEGORIA DE RISCO 5

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO 9

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO 12

7 CONDIÇÃO ATUAL 14

7.1 BARRAGEM PASSA CINCO 15

7.1.1 Crista 15

7.1.2 Talude de montante 16

7.1.3 Talude de jusante 16

7.1.4 Reservatório 19

7.1.5 Sistema extravasor 21

7.1.6 Acessos 21

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS 23

8.1 GEOLOGIA REGIONAL 23

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS 33

8.3 GEOLOGIA LOCAL 34

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS 35

8.4.1 Aluvião (fundação) 36

8.4.2 Aterro (maciço) 36

8.4.2.1 Caracterização Física 36

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência 38

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS 46

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE 46

9.1.1 Sismicidade regional 46

9.1.2 Parâmetros adotados nas análises de estabilidade 53

9.1.3 Critérios e condições de contorno 53

9.1.4 Seções analisadas 55

9.1.5 Resultados obtidos 55

10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS 58

11 CONCLUSÃO 59

ANEXOS 60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021). 1

Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021). 2

Figura 6.1 – Arranjo Geral da Barragem. 13

Figura 7.1– Aspecto atual da crista da barragem Passa Cinco. 15

Figura 7.2 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. 17

Figura 7.3 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento. 18

Figura 7.4 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento. Também verifica-se a presença de arvores e bambuzal de grande porte nas ombreiras. 19

Figura 7.5 – Vista do reservatório da barragem de Passa Cinco. 20

Figura 7.6 – Vista do medidor de vazão. 21

Figura 7.7 – Vista do acesso a barragem. 22

Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos précambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasilianos. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000). 23

Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte

leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira. 24

Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim *et al.* 2007). 25

Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b). 26

Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova. 29

Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem. 33

Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta. 35

Figura 8.8 - Amostra AM-01. 37

Figura 8.9 - Amostra AM-02. 38

Figura 8.10 - Amostra AM-03. 38

Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01. 39

Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02. 40

Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03. 41

Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita). 42

Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista). 43

Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda). 44

Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com descriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada. 47

Figura 9.2– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Aceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016). 52

Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Freática Atual – Fs = 1,10. 56

Figura 9.4 – Análise Pseudo-Estática – Condição Drenada – Freática Atual – Fs = 0,94. 57

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar a avaliação da **"Barragem Passa Cinco"** que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte da avaliação da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta dados geológicos da área, ensaios realizados para caracterização geológico-geotécnico da estrutura e sua fundação (ensaios laboratoriais e de campo), levantamento topográfico realizado na estrutura e visita técnica de campo. Além disso é apresentado um resumo das informações existentes, que subsidiaram a avaliação da estrutura e sua caracterização.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo relatar os aspectos técnico da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

Todos os dados e informações obtidas através de ensaios laboratoriais e de campo, levantamento topográfico e inspeção técnica de campo, foram avaliados quanto a consistência, validade e qualidade, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

3 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

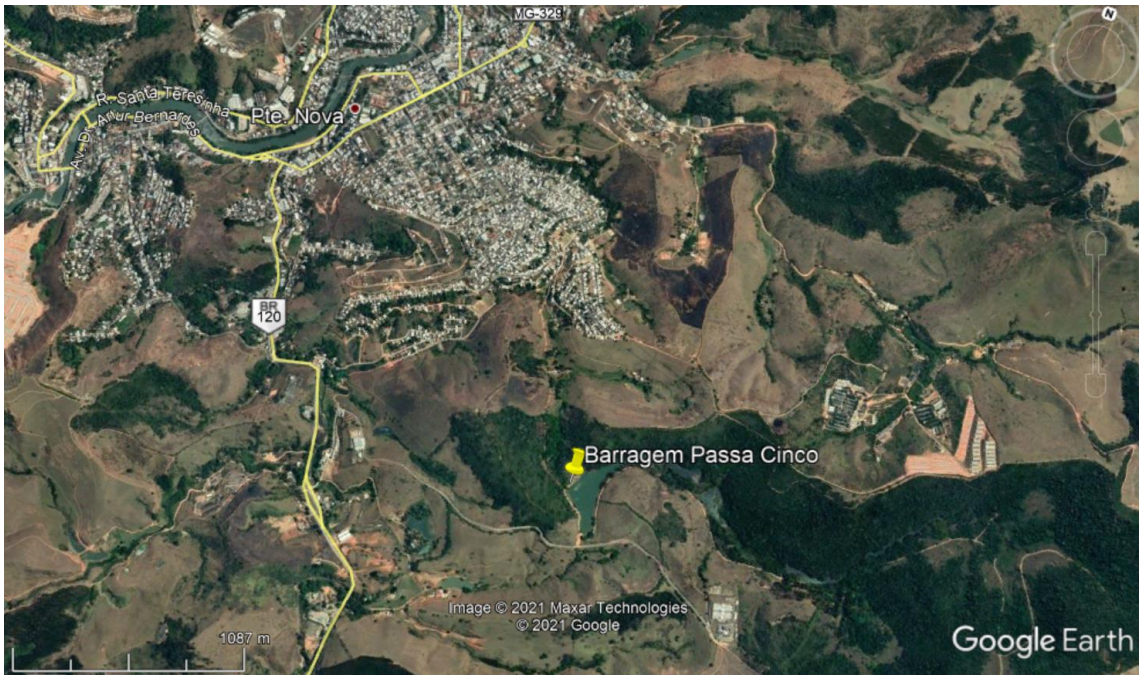


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- A base topográfica realizada pela empresa Baruk em maio de 2021 e utilizada para presente Avaliação da Estrutura (nomes dos documentos: BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg).

Para a elaboração da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 23 K;
- A barragem é destinada apenas para acumulação e armazenamento de água para fins recreativo;
- A barragem foi executada com solo e possui sua face a jusante em concreto;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;
- Os estudos de Avaliação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:

    - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;
    - O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
    - As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
    - As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS´s mínimos apresentados na Tabela 4.1, de acordo com a cada fase de projeto/ estrutura. Essas análises

de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bichop.

Tabela 4.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m^3 (três milhões de metros cúbicos);
c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
d) Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 65 sendo classificada como de ALTO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

5.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 5.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)**	**Tipo de fundação (d)**	**Idade da barragem (e)**	**Vazão do projeto (f)**
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m<Altura <30m (1)	Comprimento >200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m≤Altura ≤60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura >60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	<5 anos ou >50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/alUvião (5)		
0	**2**	**3**	**5**	**2**	**10**
CT = ∑ (a até f)			**22**		

Tabela 5.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	**Confiabilidade das estruturas de adução (h)**	**Percolação (i)**	**Deformações e Recalques (j)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (k)**	**Eclusa (l)**
Estruturas civis e hidroeletromecânicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e disposiivos hidroeletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente e controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletromecânicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecanicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
4	**4**	**8**	**0**	**0**	**0**
EC = ∑ (g até l)				**16**	

Tabela 5.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	**Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)**	**Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)**	**Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)**	**Relatórios de inspeção de seguranca com análise e interpretação (r)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
8	**8**	**6**	**0**	**5**
PS = ∑ (j até n)			**27**	

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de população a jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto socioeconômico (d)**
Pequeno ≤ 5 milhões m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área		

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de população a jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto socioeconômico (d)**
	afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	**12**	**3**	**4**
DPA= ∑ (a até d)			**20**

Tabela 5.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		**Pontos**
1.1	Características Técnicas (CT)	22
1.2	Estado de Conservação (EC)	16
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	27
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		65
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		**> = 60 ou EC*=8(*)**
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		< = 35
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		**Pontos**
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		**DPA**
ALTO		**> = 16**
MÉDIO		10 < DPA < 16
BAIXO		< = 10

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a Avaliação da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT). A estrutura será avaliada através dos fatores de segurança obtidos, se a mesmas atende aos recomendados pela por norma NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45º);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, é essencial a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento. Neste aspecto, é possível afirmar que a estrutura extravasora existente não está adequada, ou seja, será necessário o correto dimensionamento e posteriormente a sua execução obedecendo o projeto de adequação.

Na Figura 6.1 é apresentado o arranjo geral do maciço principal da Barragem Passa Cinco.

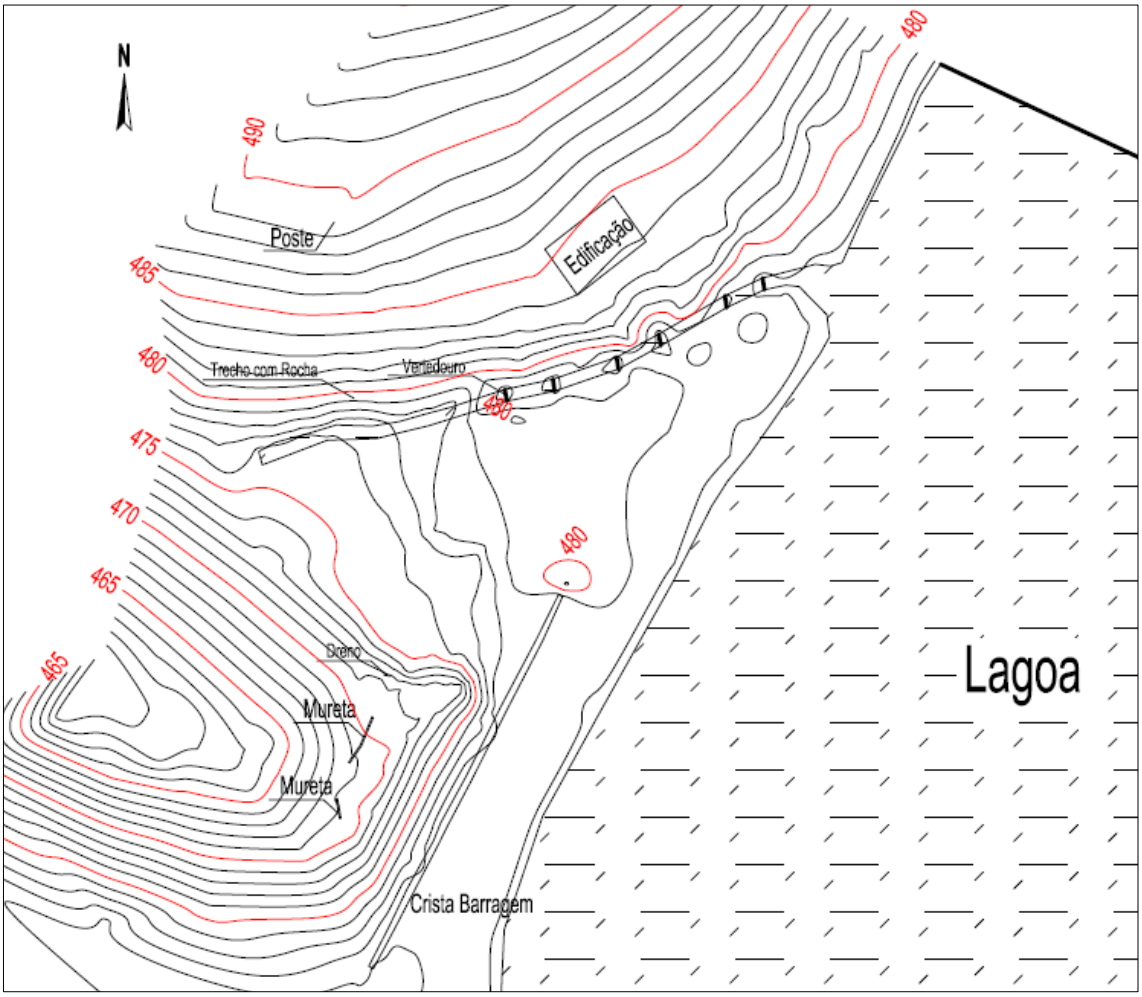


Figura 6.1 – Arranjo Geral da Barragem.

7 CONDIÇÃO ATUAL

Realizou-se inspeções (19/05/2021) nos maciços e estruturas auxiliares com o objetivo de identificar anomalias que apontem para condições de insegurança do sistema frente às solicitações operacionais impostas. Foram identificadas falhas que podem comprometer a segurança estrutural das barragens que compõem o sistema, dentre elas:

a) Identificou-se um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e consequentemente levar a estrutura ao rompimento

b) Verificou-se a presença de bambuzais, arbustos e arvores no talude de jusante, que devido sua altura e profundidade de suas raízes, pode trazer danos a estrutura da barragem em caso de incidência de ventos muito fortes além de pontos preferencias de percolação, podendo ocasionar *piping* e ocorrer rompimento da estrutura.

c) Detectou-se a presença de plantas aquáticas junto ao extravasor, dificultando a passagem de água excedente da barragem.

Neste contexto, apresentam-se as condições atuais de segurança e desempenho operacional da estrutura da barragem Passa Cinco e dos dispositivos a ele associados, com base em inspeções locais, realizadas em maio de 2021 pela equipe técnica da BARUK.

7.1 BARRAGEM PASSA CINCO

7.1.1 CRISTA

Durante as inspeções de campo não foram identificados indícios de abatimentos ou trincas ao longo de toda extensão da crista que por ventura pudessem corroborar com problemas de instabilidade da estrutura, conforme Figura 7.1, a seguir. Em campo observa-se que o revestimento apresenta-se em bom estado de conservação, permitindo o tráfego de veículos, no entanto com necessidade de correção do greide, de modo que ocorra drenagem para montante. Logo, recomenda-se a manutenção rotineira das condições de drenagem evitando-se pontos de empoçamento e/ou concentração de fluxo.



Figura 7.1– Aspecto atual da crista da barragem Passa Cinco.

7.1.2 TALUDE DE MONTANTE

De acordo com as observações da visita, o talude de montante atualmente não apresenta indícios de deformações ou erosão ao longo de toda extensão da barragem.

Conforme apresentado na Figura 7.1 apresentada anteriormente, o reservatório apresenta-se atualmente com nível d'água próximo da capacidade máxima, e por toda a extensão do talude a montante constou-se a presença de vegetação rasteira, para proteção contra à ação das ondas que se formam no reservatório e do escoamento superficial da crista, protegendo o talude de montante contra a processos erosivos. O aspecto em campo apresenta-se em condições satisfatórias não sendo identificado nenhum dano a este revestimento.

7.1.3 TALUDE DE JUSANTE

Durante a inspeção realizada não foram constatados indícios de deformações, abatimentos ou trincas ao longo do talude de jusante do barramento. Porém, é possível identificar um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e consequentemente levar a estrutura ao rompimento, conforme demonstrado nas Figura 7.2 a Figura 7.4.



Figura 7.2 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021.



Figura 7.3 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento.

Observou-se a presença de bambuzal e arvores de grande porte na parte das ombreiras que poderá acarretar danos ao talude em caso de tombamento e aberturas de caminhos preferenciais para percolação de água no talude (Figura 7.4). Reitera-se a recomendação de manutenção de rotina de conservação da estrutura e, adicionalmente, recomenda-se providenciar o corte das arvores, arbustos, bambuzais ou qualquer outra vegetação, além da capina em toda extensão do talude de jusante em uma faixa de 10m a partir da base do talude.



Figura 7.4 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento. Também verifica-se a presença de arvores e bambuzal de grande porte nas ombreiras.

7.1.4 RESERVATÓRIO

O reservatório da barragem Passa Cinco atualmente encontra-se com nível d'água próximo de seu valor máximo (Figura 7.5). Não identificou-se régua liminmétrica para monitoramento e controle do nível d´água do reservatório



Figura 7.5 – Vista do reservatório da barragem de Passa Cinco.

7.1.5 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da barragem Passa Cinco está localizado na ombreira direita, sem revestimento e não possui geometria definida (Figura 7.6). Não observou-se a presença de medidor de vazão. Observou-se durante a inspeção a presença de vegetação aquática localizado à montante do emboque.



Figura 7.6 – Vista do medidor de vazão.

7.1.6 ACESSOS

O acesso a barragem Passa Cinco encontra-se em condições adequadas de tráfego (Figura 7.7), ocorrendo por meio dos acessos em revestimento primário, devendo ser mantidas em condições de trafegabilidade de veículos e equipamentos sempre que necessário, seja para realizar manutenções e inspeções rotineiras, seja para atendimento a alguma emergência.



Figura 7.7 – Vista do acesso a barragem.

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

8.1 GEOLOGIA REGIONAL

O sistema orogênico brasiliano representado pela Província Mantiqueira (Brito-Neves *et al.* 1999, Almeida *et al.* 2000) inclui o Orógeno Araçuaí como seu setor setentrional, limitado a sul pelo Orógeno Ribeira, e a norte e oeste pelo Cráton do São Francisco (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Heilbron *et al.* 2004). A região estudada situa-se no extremo sul do Orógeno Araçuaí.

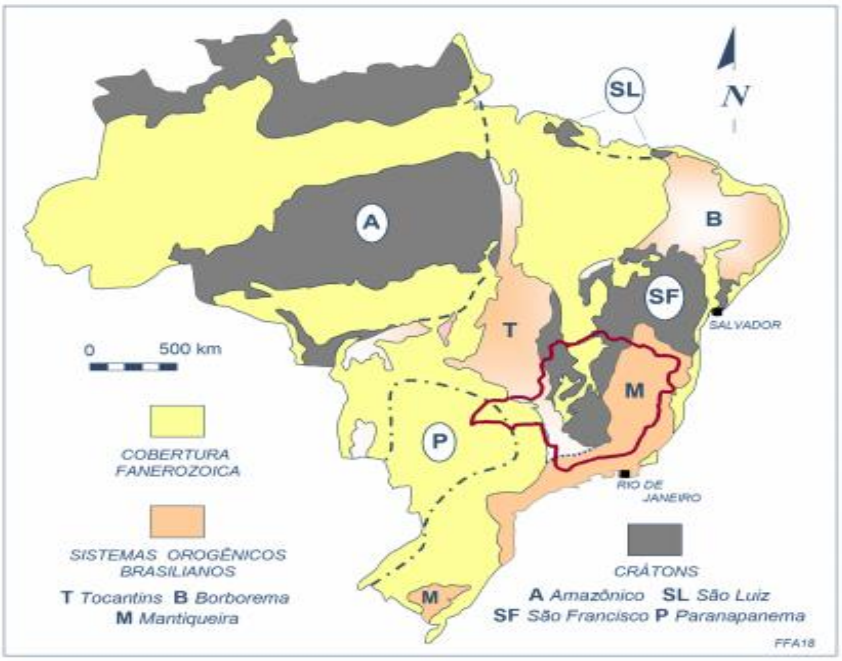


Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos précambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasilianos. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000).

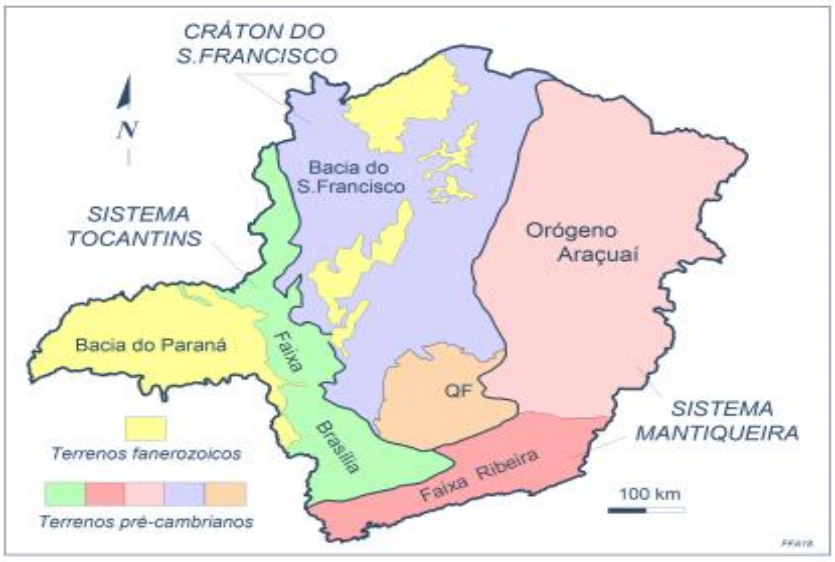


Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasilianos Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.

O Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000) abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e margem continental leste brasileira (Figura 8.2), ou seja, toda a Serra do Espinhaço meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha, nos estados de Minas, Espírito Santo e pequena porção da Bahia. O seu limite sul com a Faixa Ribeira é marcado na altura do paralelo 21° de latitude sul, onde as suas estruturas de orientação geral norte-sul encurvam-se e assumem a direção nordeste. Como parte do grande sistema montanhoso erigido durante Evento Brasiliano, o Orógeno Araçuaí teve o clímax do seu soerguimento atingido entre 580 e 570 milhões de anos (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Em função do tipo de rochas envolvidas, o Orógeno Araçuaí é subdividido em dois grandes setores (Alkmim *et al.* 2007). Na sua parte externa, conhecida como Faixa Araçuaí (Almeida 1977, Pedrosa-Soares *et al.* 2007) e localizada ao longo da margem do Cráton do São Francisco, predominam rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico, que se organizam no espaço na forma de um típico cinturão orogênico. Na sua parte interna, ou núcleo cristalino, predominam rochas metamórficas de alto grau e

granitos com uma disposição espacial bem mais complexa. Em Minas Gerais, estão localizados o segmento de orientação norte-sul da Faixa Araçuaí e a maior parte da zona granítica do núcleo cristalino (Figura 8.3).

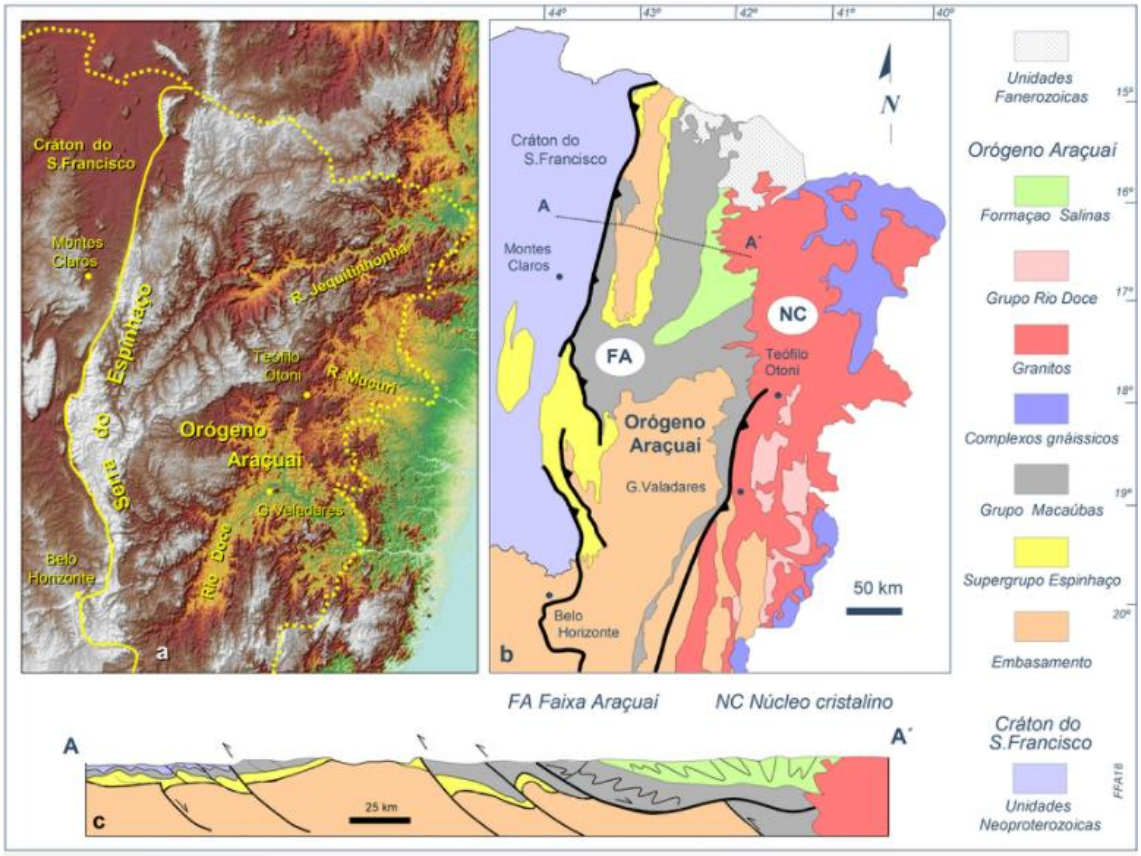


Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim *et al.* 2007).

Do Orógeno Araçuaí tomam parte várias assembleias litológicas. A sua unidade típica é o Grupo Macaúbas, constituído por rochas metamórficas formadas a partir de sedimentos acumulados por vários agentes geológicos (Figura 8.4), mas principalmente pela ação de geleiras em uma grande bacia marinha (Uhlein *et al.* 1999, 2007, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2008, Martins *et al.* 2008, Kuchenbecker *et al.* 2015b). Dentre estas rochas, tem-se filitos, meta-diamictitos, xistos, quartzitos e formações ferríferas, além de intercalações de camadas de origem vulcânica. A espessura total do grupo deve chegar aos 10.000 m e as idades de suas formações recaem no intervalo de 900 a 620 milhões de

anos. A maioria dos pesquisadores que se dedica ao estudo do Grupo Macaúbas interpretam-no como equivalente em idade à Formação Jequitaí da Bacia do Francisco e preenchimento de uma bacia sedimentar de margem e interior continental, que, intensamente deformada durante o Evento Brasiliano, deu origem ao Orógeno Araçuaí.

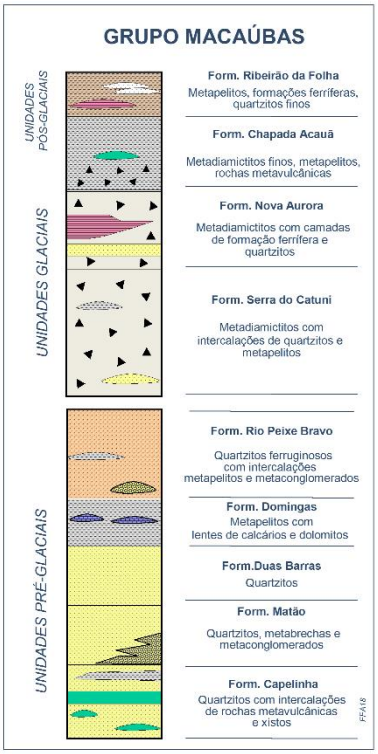


Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).

As unidades litológicas mais velhas que o Grupo Macaúbas envolvidas no Orógeno Araçuaí são o embasamento, composto por rochas metamórficas e ígneas mais velhas que 1,8 bilhões de anos, e o Supergrupo Espinhaço. Essa unidade, aflorante na serra homônima, abarca uma sucessão de mais de 6.000 m de espessura de rochas metassedimentares e metavulcânicas, depositadas durante uma série de episódios de formação de bacias sedimentares ocorridos entre 1,8 e 0,9 bilhões de anos, ou seja, entre o final da Era paleoproterozoica e durante a Era Mesoproterozoica (Dussin & Dussin 1995, Uhlein et al. 1998, Martins-Neto 1998, Chemale Jr. *et al.* 2012). Predominam no supergrupo os quartzitos, que se destacam nas paisagens da Serra do Espinhaço, seguidos por filitos e, em menor proporção metaconglomerados e rochas carbonáticas.

As assembleias de rochas mais jovens que o Grupo Macaúbas que igualmente integram o orógeno são as seguintes: i) cinco suítes de rochas graníticas; ii) o Grupo Rio Doce, composto por rochas vulcânicas e sedimentares; iii) associações de rochas metamórficas de alto grau, agrupadas em complexos gnáissicos; iii) a Formação Salinas, que abarca uma sucessão de xistos e meta-arenitos formados durante o processo de soerguimento do orógeno (Lima *et al.* 2002, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2011). Os granitos, presentes em grande volume no núcleo cristalino do orógeno, são agrupados em supersuítes (G1 a G5), as quais registram os principais estágios de sua evolução. A Supersuíte G1 engloba corpos graníticos formados entre 630 e 580 milhões de anos, no estagio de convergência de placas que antecedeu o processo colisional que deu origem ao orógeno. A esta supersuíte se associam temporal e espacialmente as rochas do Grupo Rio Doce. As supersuítes G2 e G3 foram geradas entre 580 e 540 milhões de anos, no curso do processo colisional, através da fusão de rochas pré-existentes. Já as supersuites G4 e G5, formaram-se depois de cessada a colisão brasiliana, entre 540 e 490 milhões de anos (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

No interior das cadeias de montanhas, sejam elas antigas ou jovens, as camadas presentes encontram-se deformadas em variados graus de intensidade. Caracteristicamente, apresentam-se dobradas e cortadas por falhas, ao longo das quais grandes volumes de rochas são empurrados em um sentido preferencial. O Orógeno Araçuaí não foge a esta regra. Os elementos principais da sua arquitetura são dobras e falhas de empurrão de orientação geral norte-sul, as quais refletem seu soerguimento em associação com a movimentação geral da massa rochosa em direção a oeste, isto é, em direção ao Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 2007, Figura 10c).

O Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas. Diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no alto Jequitinhonha (região da cidade de Diamantina) tornaram do Brasil o maior produtor mundial desta gema desde o princípio do século XVIII até meados do século XIX, quando África do Sul começou também a produzi-la. O famoso Distrito Diamantino de Minas Gerais persistiu ainda como importante produtor mundial até os anos 1980. Além dos diamantes, o Orógeno Araçuaí foi aquinhoado com vários depósitos de berilo

(esmeraldas, águas marinhas) e turmalinas, todos eles associados aos granitos abundantes no seu núcleo cristalino. O orógeno hospeda também importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro (Dardenne & Schobbenhaus 2003, 2001, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Na área coberta pela folha Ponte Nova (parcial do mapa representado na Figura 8.5 são individualizados, como conjuntos maiores, as unidades do embasamento paleoproterozóico (complexos Mantiqueira e Juiz de Fora) e sua cobertura neoproterozóica (grupos Andrelândia e Dom Silvério). Além disto, ocorrem rochas metamáficas (Santo Antônio do Grama), ultramáficas (Córrego do Pimenta), graníticas (Corpo Serra dos Vieiras) e pegmatíticas (Suíte Paula Cândido), todas neoproterozóicas, e unidades litológicas formadas por hidrotermalismo em zonas de cisalhamento, diques máficos mesozóicos e aluviões recentes. Uma síntese das descrições dessas unidades encontra-se na Tabela 9.3.

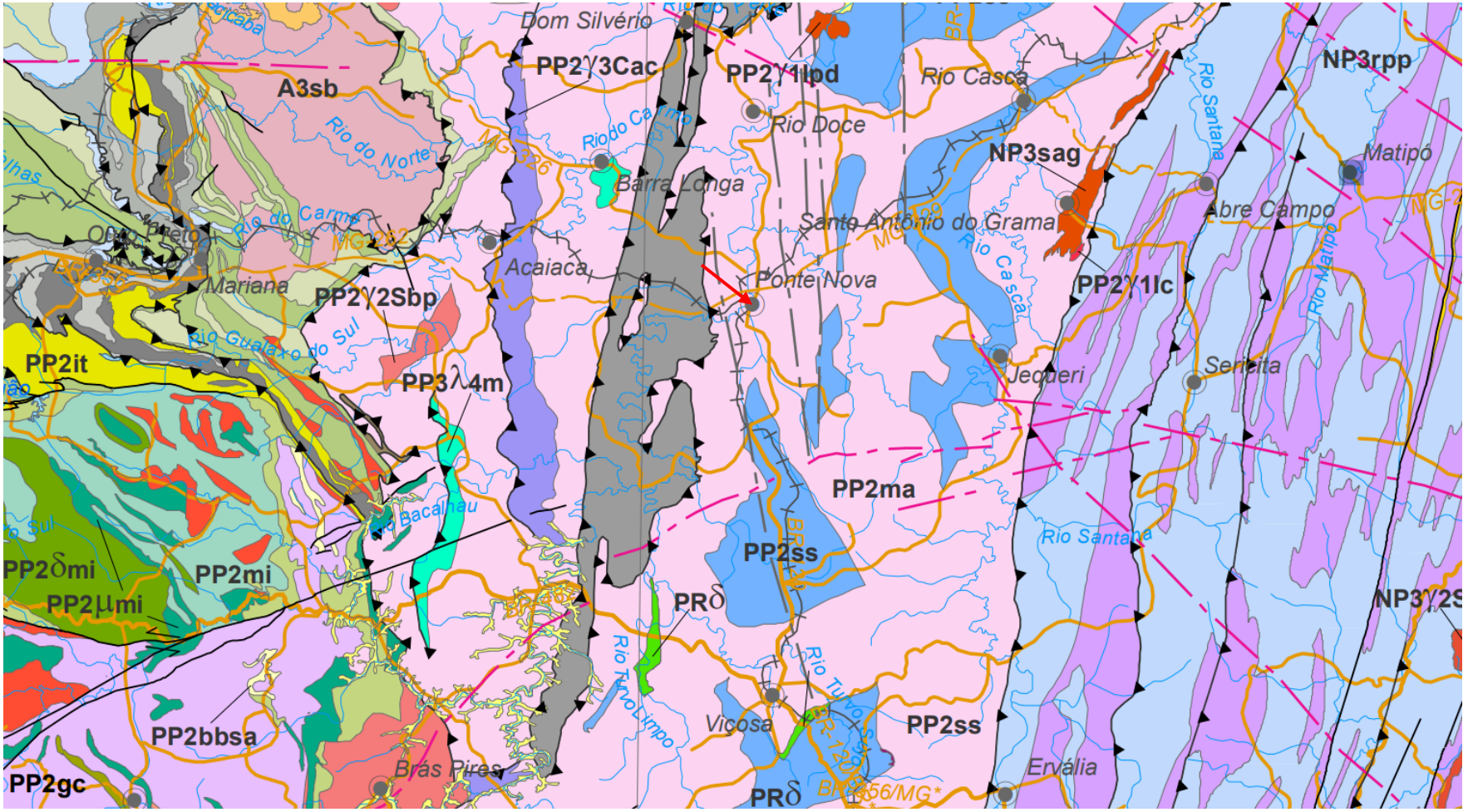


Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.

Tabela 8.1 - Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas encontradas na região de Ponte Nova.

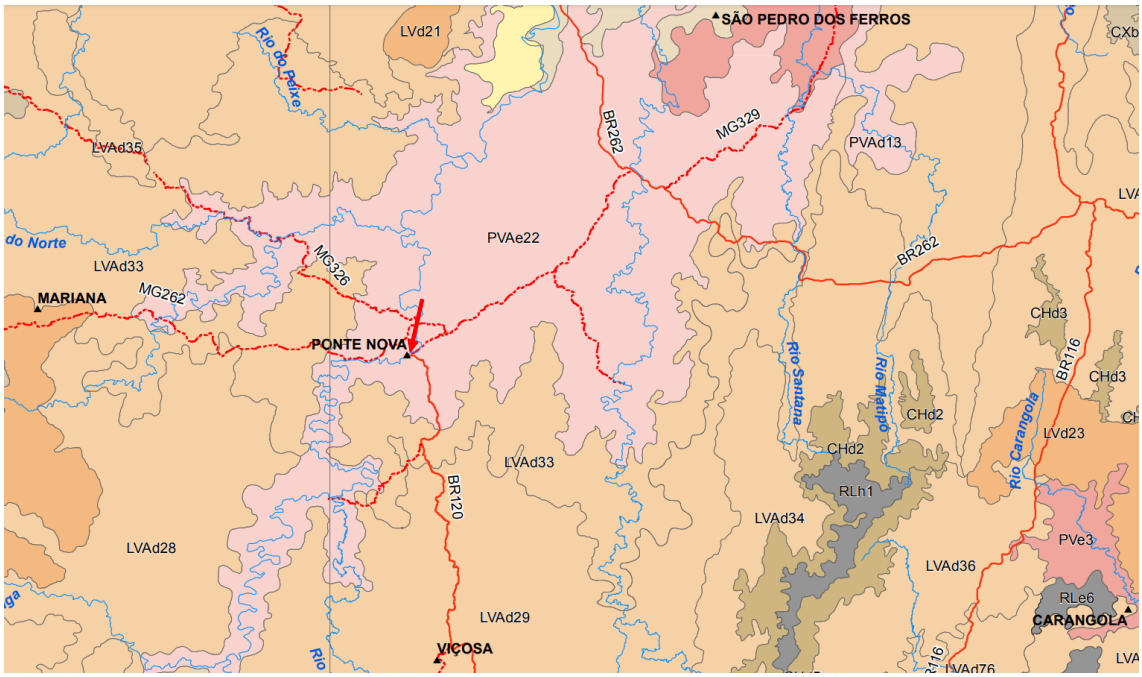
UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
Diques Máficos	Diabásio composto por Pl+Cpx, sem vestígio de metamorfismo, mostrando textura do tipo intergranular.	-
Hidrotermalitos	O hidrotermalito quartzoso é composto basicamente por quartzo, com micas e/ou feldspatos como acessórios. O hidrotermalito ferruginoso compõe-se essencialmente de quartzo e magnetita/hematita.	-
Suíte Pegmatítica Paula Cândido	Pegmatitos compostos essencialmente por Qz+Kfp+Msc+Bt±Tur.	-
Corpo Serra dos Vieiras	Esses (meta) granitóides, compostos essencialmente pela paragênese Qz+Mc+Pl±Grt±Bt, exibem microestrutura milonítica, com minerais félsicos, alongados, definindo a foliação da rocha. Comumente apresentam a textura inequigranular porfiroclástica, com cristais maiores de Pl, Mc e Qz imersos em uma matriz cominuída fina.	Recristalização sob F.Anfibolito
Ortoanfibolito Santo Antônio do Grama	A mineralogia principal desses metabasitos resume-se a Hbl+Pl+Cpx+Ttn. Com granulação predominantemente média e microestrutura granonematoblástica, os anfibolitos SAG apresentam feições de recristalização, observadas em cristais de Pl com extinção ondulante, subgrãos, e contatos retilíneos a interlobados. O Pl, levemente saussuritizado, exibe maclas polissintéticas acunhadas, e, com menor frequência, difusas. Além da saussuritização, tem-se a alteração dos Px por uralitização; e os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap	F. Anfibolito
Grupo Andrelândia	O litotipo predominante nessa unidade é um paragnaisse granatífero de microestrutura granoblástica a lepidoblástica, cujos cristais apresentam granulação variando entre fina e média. Em termos de composição mineralógica, essas rochas se resumem à associação mineral Pl+Qz+Grt+Bt±Kfp±Opx±Sil. Nos minerais félsicos, podem ser observadas situações de recristalização moderada a intensa, com extinção ondulante, formação de subgrãos, e contatos intercristalinos interlobados a suturados; sendo possível, localmente, observar microestruturas núcleo-manto. Os cristais de Pl, levemente sericitizados,	F. Anfibolito a Granulito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	apresentam maclas difusas e/ou acunhadas; e o Kfp, quando presente, altera-se para caulinita. Os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap.	
Grupo Dom Silvério	O biotita-quartzo xisto descrito do Grupo Dom Silvério é constituído pela assembléia mineral Qz+Bt+Pl±Mc. Texturalmente, essa rocha apresenta granulação variando de fina a média; e, em termos de microestrutura, pode ser caracterizadas como granolepidoblástica. A foliação, definida pela Bt, pode apresentar-se dobrada; e sutis feições de recristalização são observadas apenas no Qz, no qual extinção ondulante e subgrãos podem estar presentes, simultaneamente ou separadamente. As maclas do Pl e da Mc podem apresentar-se difusas, acunhadas ou ausentes; e a biotita, levemente cloritizada. Quanto a minerais acessórios, tem-se Opq e Zrn. O hornblenda xisto é composto por Hbl+Pl±Bt±Qz, e seus cristais, de granulação fina a média, estão dispostos segundo a microestrutura nematoblástica. Cristais de Pl, deformados, podem se apresentar maclados de maneira difusa e exibir bordas albitizadas. Os contatos intergranulares nessa rocha são predominantemente retilíneos e os processos de recristalização mostram-se pouco intensos, com extinção ondulante e subgrãos, localmente visíveis no Pl. Estão ainda presentes a seritica como produto de alteração do Pl, e os minerais acessórios Opq, Ttn, e Zrn.	F. Anfibolito
Complexo Mantiqueira	Os ortognaisses do Complexo Mantiqueira, constituídos pela associação mineral Pl+Mc+Qz+Bt, apresentam cristais de granulação fina a média, e comumente exibem a microestrutura granolepidoblástica, com foliação gnáissica bem definida pela Bt. Maclas difusas e/ou acunhadas são frequentes nos cristais de Pl, cujas bordas podem mostrar-se albitizadas. Contatos interlobados a amebóides, e subgrãos caracterizam os cristais de Pl e Qz, levemente recristalizados; sendo que, nesse último, é ainda observado o fenômeno da extinção ondulante. Quanto a processos de alteração, tem-se sericirização do Pl e alteração de Hbl para Bt. Opq e Ap são os acessórios mais comuns nessas rochas. Os anfibolitos pertencentes a essa unidade são compostos essencialmente por Hbl+Pl+Ttn+Bt e apresentam microestrutura nematoblástica, com cristais de granulação predominantemente fina. A	F. Anfibolito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	recristalização do minerais félsicos é muito sutil, podendo ser observados, por vezes, extinção ondulante e subgrãos, coexistindo com contatos intergranulares predominantemente retilíneos. Os cristais de Pl apresentam-se maclados de maneira difusa e afetados pelo processo de sericitização. Opq, Qz, Zrn e Ap são acessórios comumente observados. Granada anfibolitos também ocorrem e são compostos pela associação Hbl+Cpx+Pl+Grt.	
Complexo Juiz de Fora	Os ortognaisses do Complexo Juiz de Fora, de típica coloração verde escura, podem ser representados pela associação mineral Pl+Cpx+Qz+Opx, com Hbl e Bt retrometamórficas. Com textura inequigranular seriada, e granulação predominantemente média, esses gnaisses são mais comuns em sua forma granoblástica, podendo apresentar, subordinadamente, as microestruturas nematoblástica e lepidoblástica. O bandamento gnáissico mostra-se comumente visível em lâmina delgada, devido a suas dimensões centimétricas; e os processos de recristalização encontram-se evidentes em cristais de Pl e Qz, com contatos interlobados a serrilhados, extinção ondulante, e formação de subgrãos. Por ação da deformação, as maclas dos cristais de Pl apresentam-se difusas e/ou acunhadas, e a foliação gnáissica, quando presente, se mostra dobrada. Os acessórios mais comuns são Opq, Ttn, Ap e Zrn; e os processos de alteração são a uralitização do Px, e a transformação de Hbl em Bt. Os granulitos máficos do Complexo Juiz de Fora, encaixados nos ortognaisses enderbíticos típicos dessa unidade, são constituídos pela associação Pl+Hbl+Cpx+Opx+Grt. Com granulação fina a média e microestrutura dominantemente granoblástica, essas rochas contêm cristais de Pl com maclas difusas e contatos predominantemente retilíneos, apresentando evidências de recristalização tais como extinção ondulante e formação de subgrãos. A uralitização do Px e a sericitização do Pl encontram-se presentes enquanto processos de alteração, e os minerais acessórios resumem-se a Opq, Zrn e Ap. O granulito ultramáfico é porfiroblástico e composto por Opx+Cpx+Anf+Hy+Cl.	F. Granulito

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa (Figura 8.6) foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.



LEGENDA
Primeiro elemento da associação

Água	*Corpos d'água*
AR	*Afloramento rochoso*
AU	*Área urbanizada*
CXbd	*Cambissolo háplico Tb distrófico*
CXbdf	*Cambissolo háplico Tb distroférrico*
CXbe	*Cambissolo háplico Tb eutrófico*
CHd	*Cambissolo húmico distrófico*
CYbe	*Cambissolo flúvico Tb eutrófico*
FTd	*Plintossolo argilúvico distrófico*
GMd	*Gleissolo melânico Tb distrófico*
GXbd	*Gleissolo háplico Tb distrófico*

LEGENDA
Primeiro elemento da associação

LAd	*Latossolo amarelo distrófico*
LVAd	*Latossolo vermelho-amarelo distrófico*
LVd	*Latossolo vermelho distrófico*
LVdf	*Latossolo vermelho distroférrico*
LVe	*Latossolo vermelho eutrófico*
LVef	*Latossolo vermelho eutroférrico*
NVe	*Nitossolo vermelho eutrófico*
NVef	*Nitossolo vermelho eutroférrico*
NXd	*Nitossolo háplico distrófico*
PVAd	*Argissolo vermelho-amarelo distrófico*
PVAe	*Argissolo vermelho-amarelo eutrófico*

LEGENDA
Primeiro elemento da associação

PVd	*Argissolo vermelho distrófico*
PVe	*Argissolo vermelho eutrófico*
RLd	*Neossolo litólico distrófico*
RLdh	*Neossolo litólico distro-úmbrico*
RLe	*Neossolo litólico eutrófico*
RLh	*Neossolo litólico húmico*
RQg	*Neossolo quartzarênico hidromórfico*
RQo	*Neossolo quartzarênico órtico*
RUbd	*Neossolo flúvico Tb distrófico*
SXe	*Planossolo háplico eutrófico*
TCo	*Luvissolo crômico órtico*

Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou- se o Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe22) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa,

ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para ser enquadrado nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

8.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por materiais argilosos com coloração variando entre amarela, cinza e marrom, com consistência de mole a rija, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região do barramento. A Tabela 8.2 e Figura 8.7 mostra os Spt's realizados na região e a sua localização e profundidade.

Os Spt's realizados na região apresentou valores de NSPT's baixos variando de 4 a 14 golpes por camada.

Tabela 8.2 - Informações dos ensaios Spt's realizados

VÉRTICES DOS FUROS DE SONDAGENS			
FUROS DE SPT	**COORD. E(X)**	**COORD. N(Y)**	**PROFUNDIDADE**
SP-01	721.004,03	7.740.059,01	10,45
SP-02	721.011,31	7.740.073,57	10,45
SP-03	720.997,79	7.740.077,07	2,54
SP-04	720.992,03	7.740.064,07	2,55

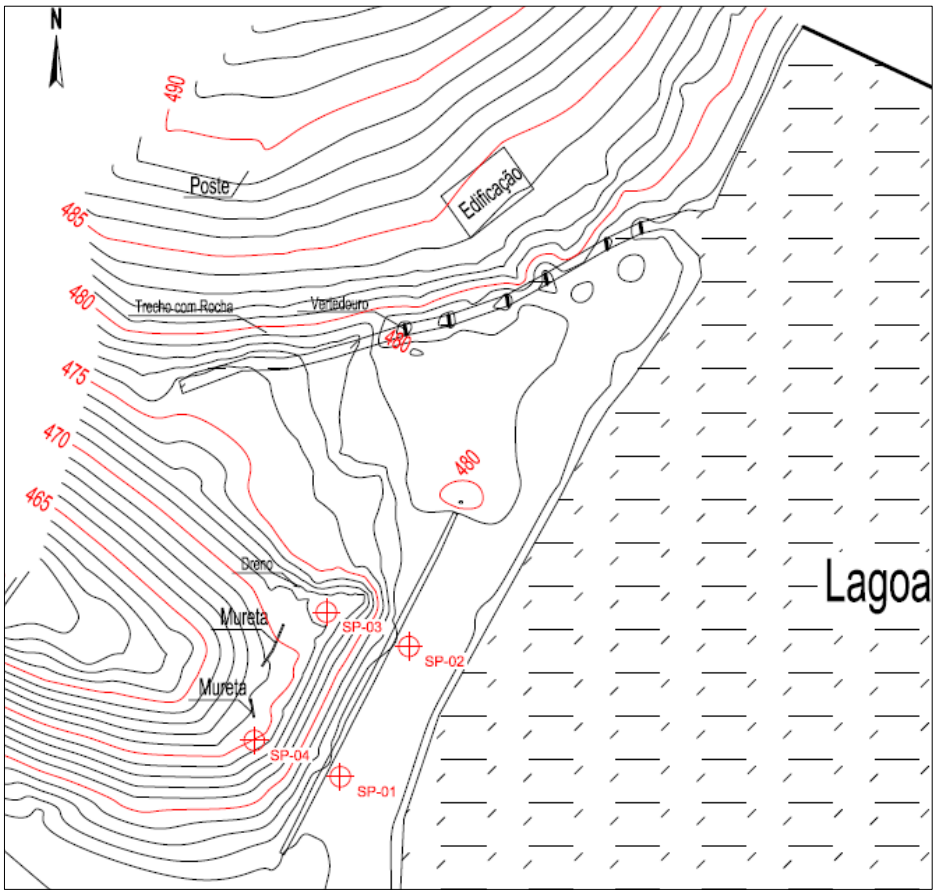


Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratório para dar suporte ao estudo de estabilidade.

Foram coletadas três (3) amostras indeformadas do tipo bloco, as amostras são nomeadas por AM-01 (ombreira direita), AM-02 (crista) e AM-03 (ombreira esquerda). Os ensaios laboratoriais realizados foram o triaxial do tipo CIU (nas tensões de 75, 150 e 300 Kpa), caracterização completa (limites de atterberg, granulometria completa e massa específica dos grãos) e ensaio de permeabilidade a carga variável.

O ensaio de campo realizado, foi o ensaio de sondagem à percussão (*Standard Penetration Test* - Spt). Foram realizados 4 pontos deste ensaio, ou seja, o SP-01 e SP-02 na crista e SP-03 e SP-04 no pé da barragem.

8.4.1 ALUVIÃO (FUNDAÇÃO)

Esta unidade se refere ao material presente na fundação da barragem. Não foram coletadas amostras deste material e, deste modo os parâmetros do material foram determinados com base em correlação com NSPT. Foram testadas diferentes metodologias e os resultados obtidos apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Aterro a jusante

Parâmetros Estatísticos	ÂNGULO DE ATRITO (ϕ') EM FUNÇÃO DO N_{SPT}							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mediana	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mín	<28	29	29	31	26	26	27	26
Máx	28	30	29	33	28	27	29	28
Moda	<28	29	29	33	26	26	29	26

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nas correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 26°.

8.4.2 ATERRO (MACIÇO)

Para o aterro, foram realizados ensaios Spt's pela empresa Viçosa Fundações e Sondagens LTDA e foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU, permeabilidade a carga variável, além da caracterização completa pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

8.4.2.1 Caracterização Física

Neste material foram coletadas amostras indeformadas do tipo bloco. Nestas amostras foram realizados ensaios de caracterização (granulometria completa, massa específica dos sólidos, peso específico, limites de consistência) além de ensaios de resistência ao cisalhamento triaxial do tipo CIUsat e permeabilidade com carga variável. Na Tabela 8.4 é apresentado um resumo dos resultados dos referidos ensaios.

Conforme apresentado na Tabela 8.4, a amostra obtida tem textura granular (31,5% a 44,1 de pedregulhos e areia). A fração argila é elevada (acima 45%), com característica plástica. O peso específico dos grãos é de aproximadamente 2,7 g/cm³.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização

Amostra	γ_s (g/cm³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Permeabilidade k (cm/s)	Granulometria (%)			
						Pedr.	Areia	Silte	Arg
AM-02 (Ombreira Direita)	2,75	58	33	25	$5,2 \times 10^{-4}$	1,1	33,0	11,9	54,0
AM-01 (Ombreira Direita)	2,72	45	27	18	$1,6 \times 10^{-3}$	1,6	42,5	10,9	45,0
AM-03 (Ombreira Esquerda)	2,73	57	36	21	$5,96 \times 10^{-5}$	1,1	30,5	13,3	55,0

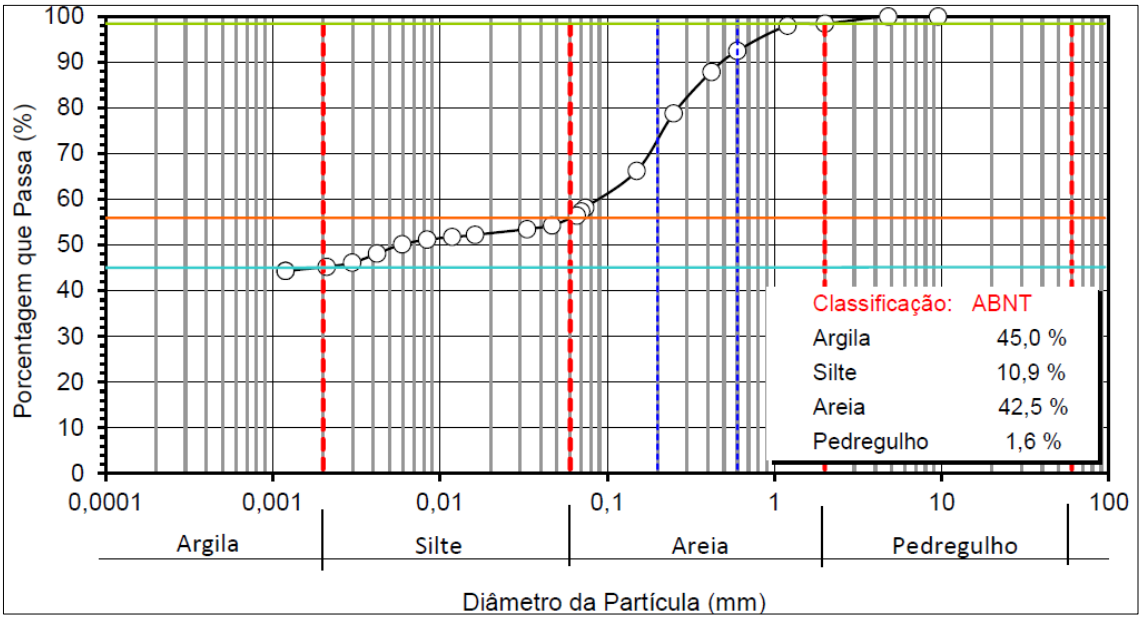


Figura 8.8 - Amostra AM-01.

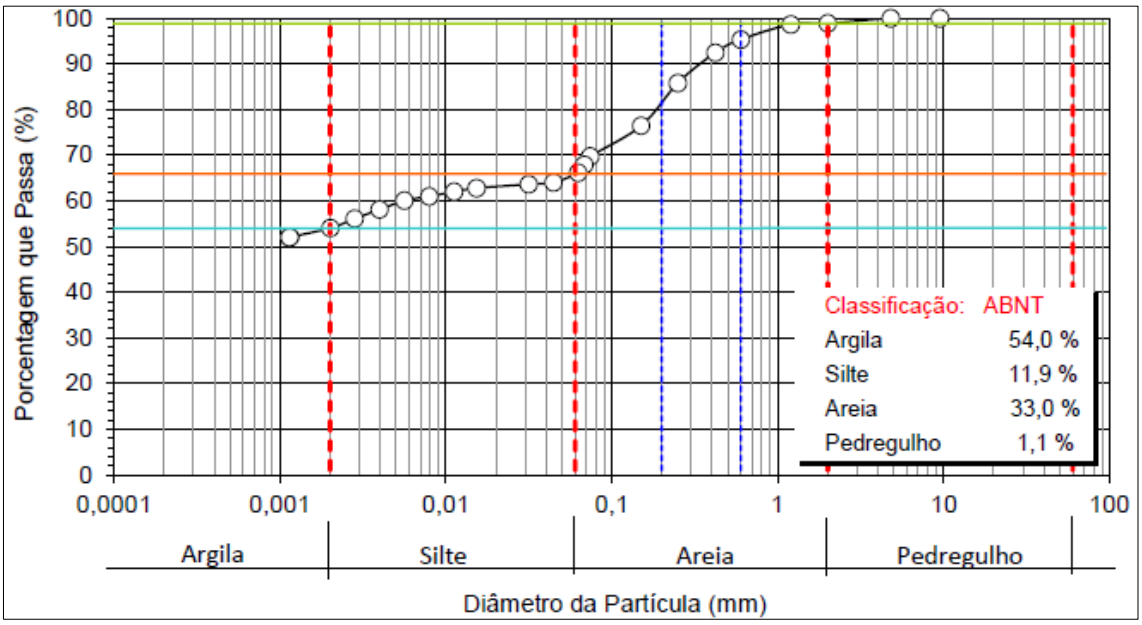


Figura 8.9 - Amostra AM-02.

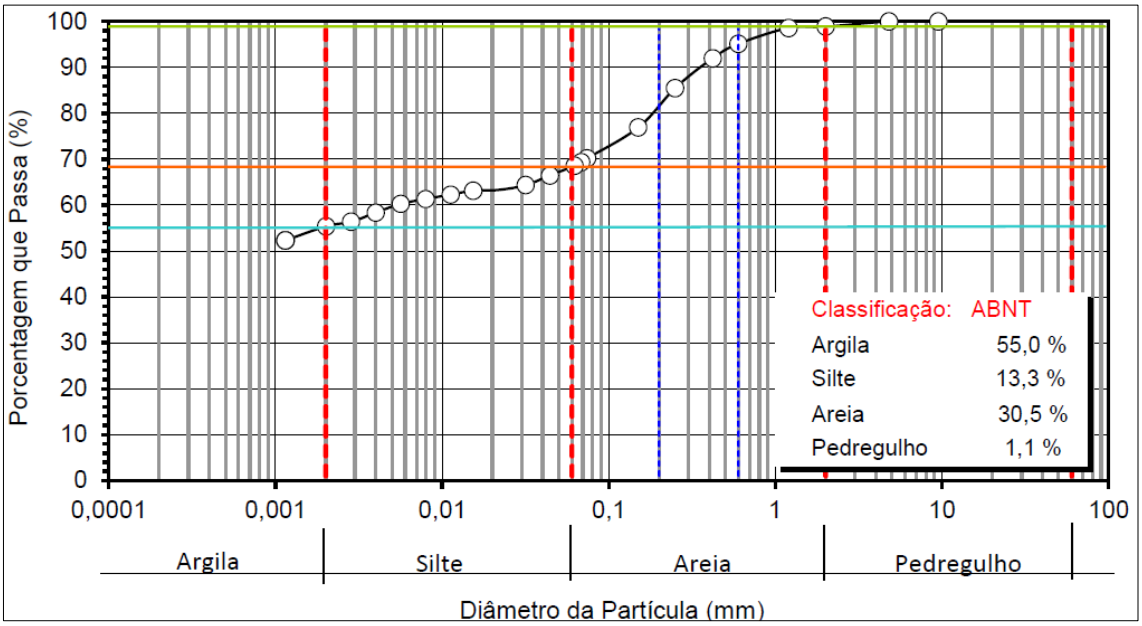


Figura 8.10 - Amostra AM-03.

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência

Foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIUsat em três amostra coletada na crista e ombreiras, AM-01, AM-02 e AM-03. Os resultados são apresentados nas Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16.

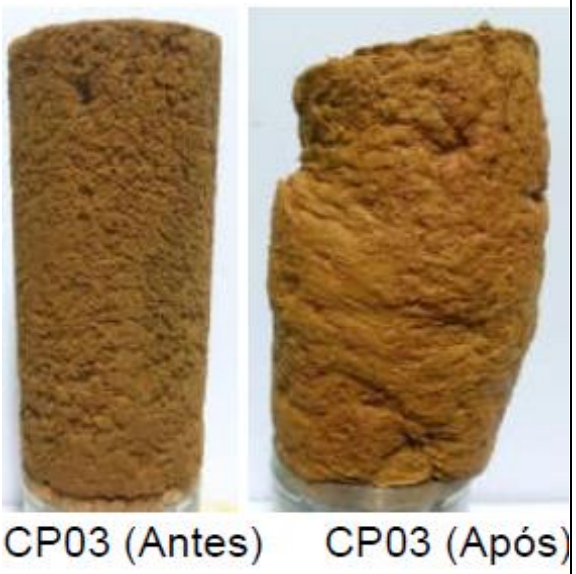
CP 01	CP-02	CP-03
		

Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.

CP 01	CP-02	CP-03
		
CP01 (Antes) CP01 (Após)	CP02 (Antes) CP02 (Após)	CP03 (Antes) CP03 (Após)

Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.

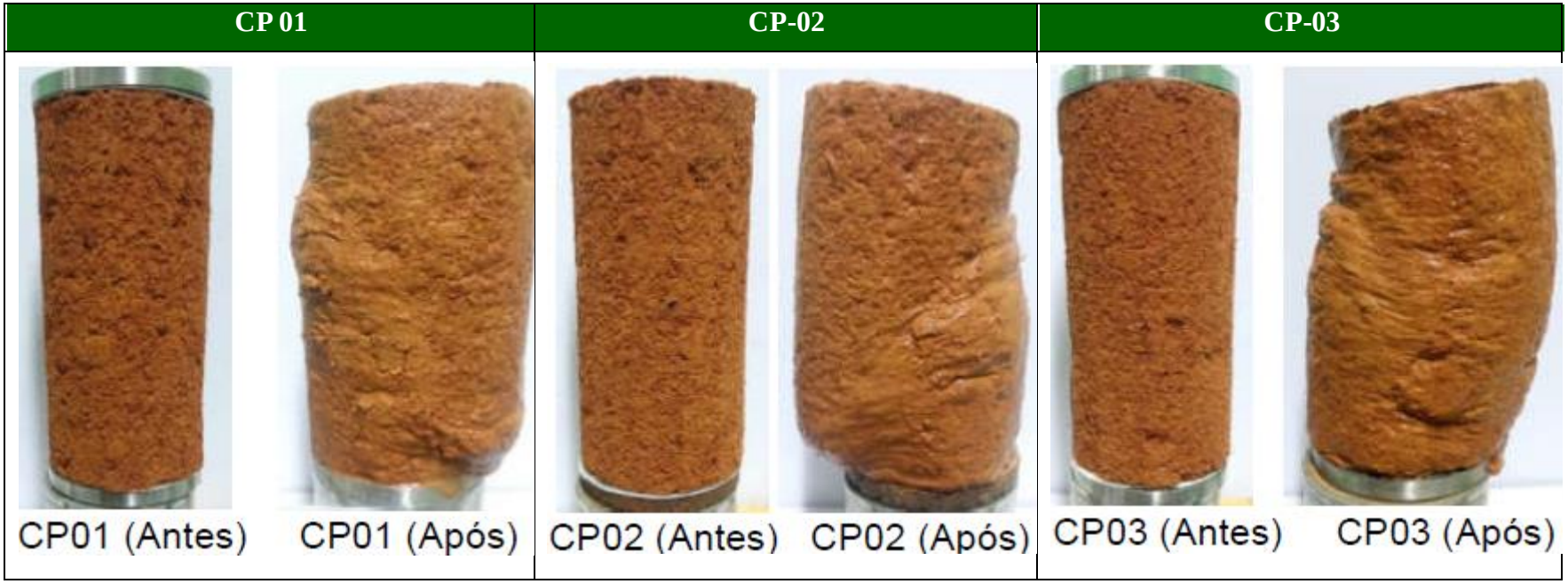


Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.

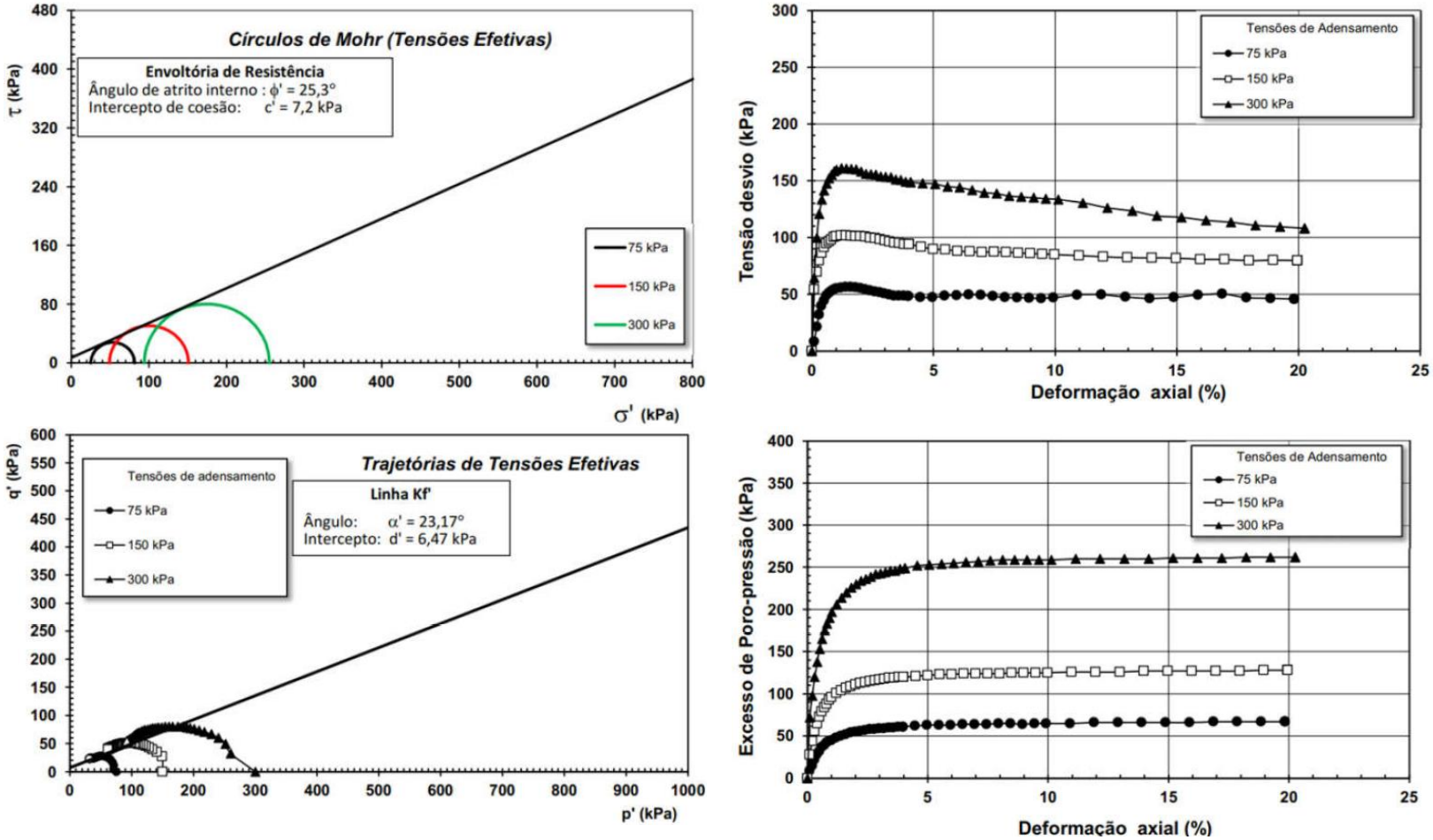


Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).

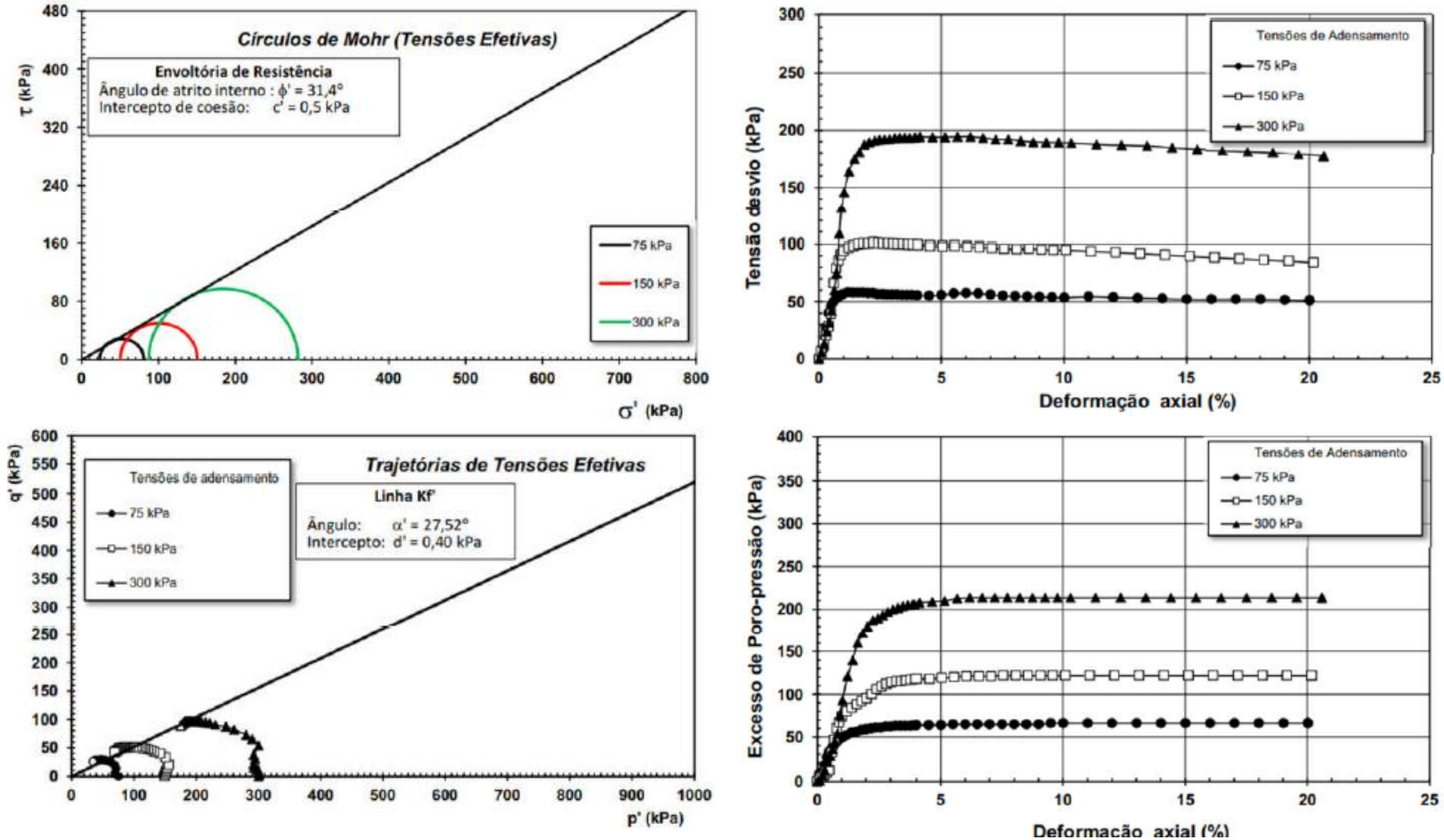


Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).

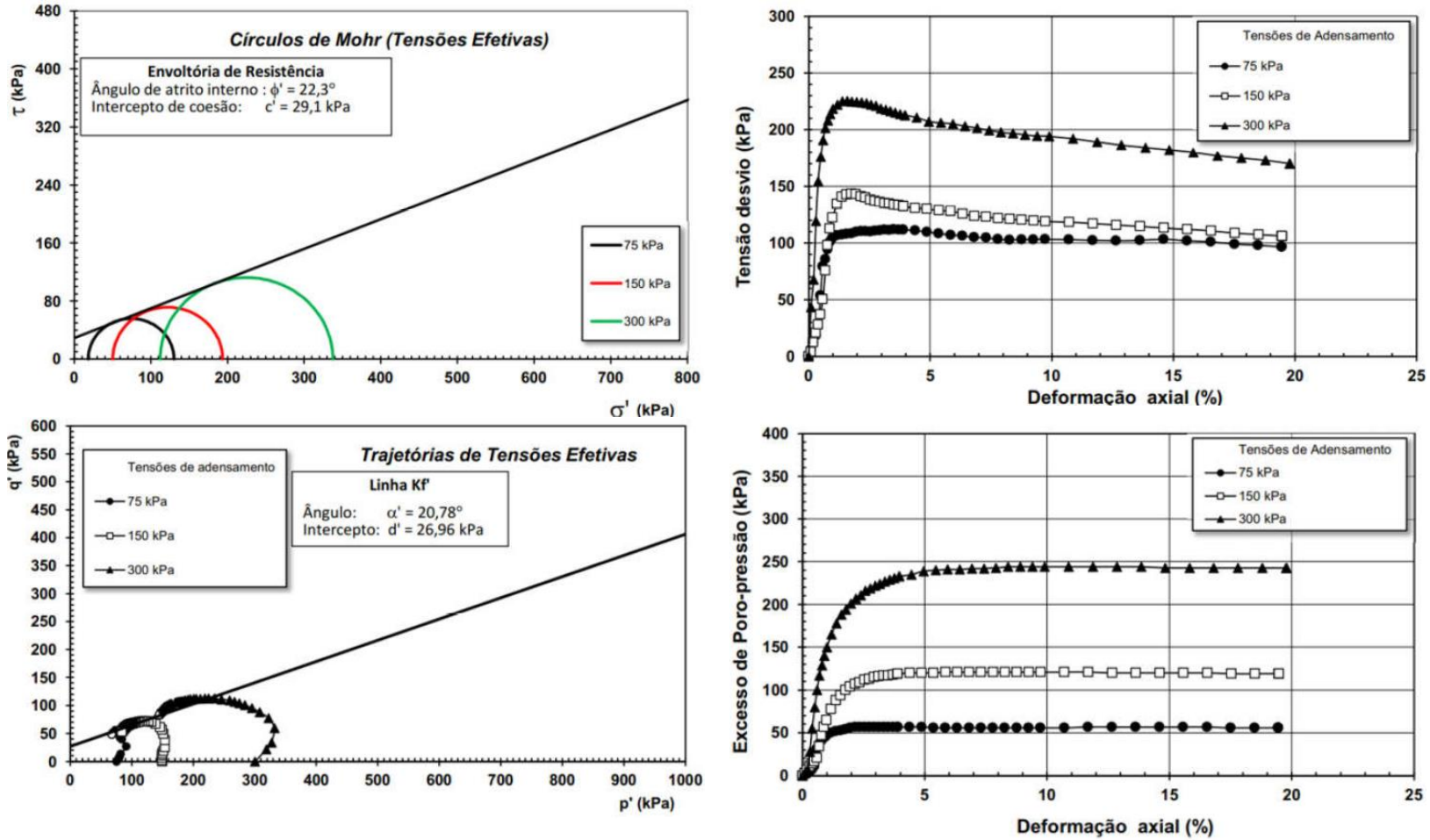


Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).

Visando ainda um contraponto em relação aos ensaios de laboratório, foram realizadas correlações com ensaios percussivos para a obtenção de ângulos de atrito. Conforme pode ser observado na Tabela 8.5, as correlações indicaram ângulo de atrito variando entre 21° e 31°.

Tabela 8.5 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Solo de Aterro.

Parâmetros Estatísticos	Ângulo de atrito (ϕ') em função do NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	29	31	30	35	28	29	32	28
Mediana	29	31	30	35	28	29	32	28
Mín	<28	29	28	28	21	24	23	21
Máx	31	34	32	38	32	33	35	31
Moda	29	31	30	35	28	29	32	28

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nos ensaios de laboratório quanto correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 28° e coesão de 15 kPa.

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e as seções analisadas para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. Adicionalmente, a condição de solicitação sísmica, foi levado em consideração nos estudos.

9.1.1 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 9.1 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

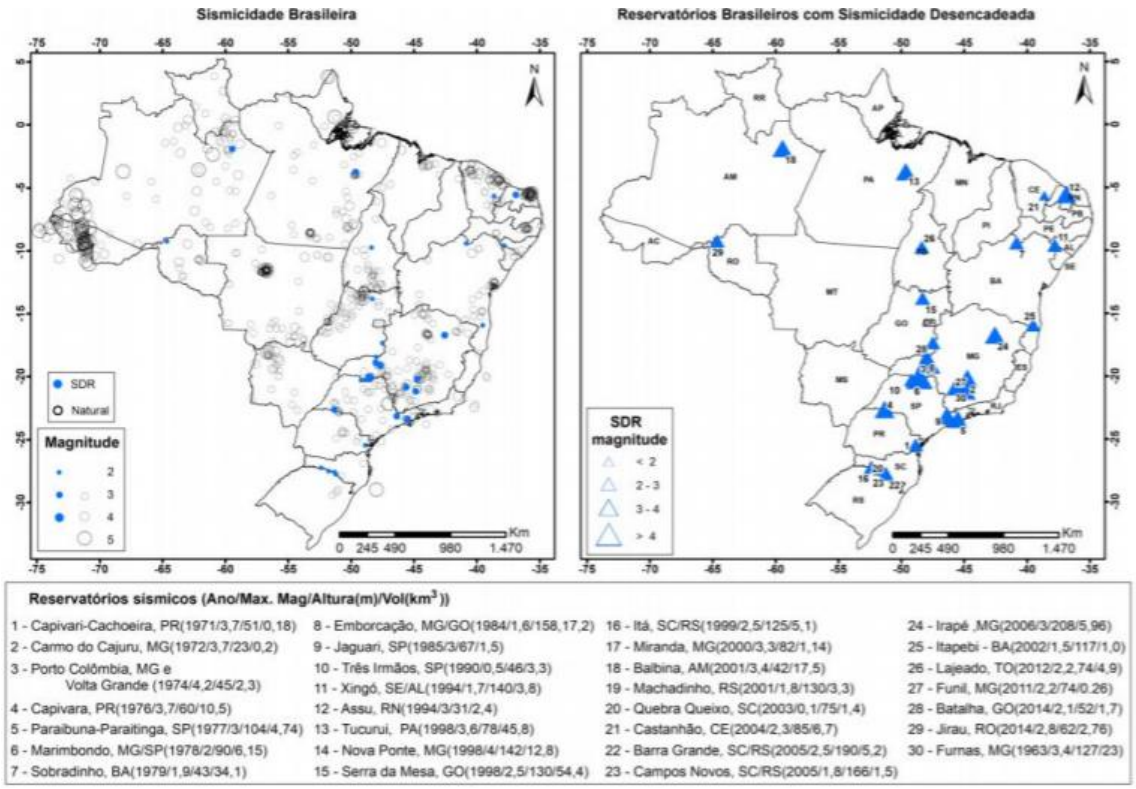


Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com descriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioreto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológicogeotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association* – CDA, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical Kv seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipóteses de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou *et al* (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines* 2007, a metodologia adotada para determinação do Kh consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudoestática.

A classificação da Barragem Passa Cinco a partir da metodologia proposta pela CDA pode ser observada na Tabela 9.1.

Tabela 9.1– Classificação da Barragem Passa Cinco (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO EM RISCO (NOTA 1)	PERDAS DE VIDA (NOTA 2)	VALORES CULTURAIS E AMBIENTAIS	INFRAESTRUTURA E ECONOMIA
Baixa	Nenhuma	0	- Perda mínima de curto prazo - Nenhuma perda de longo prazo	- Perdas econômicas baixas; - Área contem serviços e infraestrutura limitadas
Significativa	Apenas temporariamente	Não especificada	- Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis	- Perdas a instalações recreacionais, locações laborais temporárias, e rotas de transporte pouco utilizadas
Alta	Permanente	10 ou menos	**- Perda/deterioração significativa habitat natural de vida silvestre ou aquática importantes** **- Restauração e compensações altamente possível**	Perdas econômicas elevadas com consequências a infraestrutura, transporte público, e instalações comerciais
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	- Perda/deterioração significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática *críticos* - Restauração e compensações possíveis, mas impraticáveis	Perdas econômicas muito elevadas, afetando infraestrutura e serviços importantes (ex: rodovias, instalações industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)
Extrema	Permanente	Mais de 100	- Perda/deterioração grave de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Restauração e compensações impossíveis	Perdas extremas afetando infraestrutura e serviços críticos (ex: hospitais, grandes complexos industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)

Nota 1 - Definição de população em risco
Nenhuma - Não é verificada população em risco, não havendo possibilidade de perda de vidas além daquelas ligadas a qualquer infortúnio
Temporária - Pessoas que estão apenas de forma temporária na zona de inundação (ex: ocupação residencial sazonal, transeuntes em rotas de transporte, participação em atividades recreativas)
Permanente - A população em risco está habitualmente localizada na zona de inundação (ex: moradores permanentes); três classes de consequência (alta, muita alta e extrema) são propostas para permitir uma estimativa mais detalhada da potencial perda de vidas (para assistir o processo de tomada de decisões se análises apropriadas são feitas);

Nota 2- Implicações a perdas de vida
Não especificada - O nível apropriado de segurança em uma barragem onde pessoa estão

temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, a natureza de sua atividade e outras condicionantes. Uma classe maior pode ser apropriada dependendo das exigências. No entanto, as exigências da análise de cheias, por exemplo, não pode ser maior se a população temporária não é provável de estar presente durante a temporada de cheias.

Para a classificação da Barragem Passa Cinco foram considerados os seguintes critérios:

- **População em Risco**: *Permanente*. Considerando a localização da estrutura um possível rompimento atinge uma parte de um bairro de `Ponte Nova.
- **Número de Vidas em Risco**: *100 ou menos*. Devido o bairro situado a jusante da barragem, uma ruptura poderá ter perda de vidas entre 10 a 100 pessoas;
- **Perdas Ambientais e Culturais***: Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis*. Considerando a localização da estrutura, um possível rompimento não atingiria regiões significativas de habitats.
- **Infraestrutura e Economia**: *Perdas econômicas elevadas, afetando infraestrutura, transporte e estabelecimentos comerciais.* Um possível rompimento atinge ruas e avenidas onde transitam transporte público, podendo acarretar em perda econômicas elevadas.

A classe de risco da estrutura é determinada pelo item de maior consequência. Assim, a estrutura foi classificada como risco muito alto. Para estruturas de risco muito alto, a CDA recomenda adotar para definição do sismo de projeto tempo de retorno de 2.475 anos, conforme a Tabela 9.2.

Tabela 9.2– Avaliação das probabilidades de excedência (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO (NOTA 1)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - CHEIAS (NOTA 2)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - TERREMOTOS (NOTA 3)
Baixa	1/100	1/100
Significativa	Entre 1/100 e 1/1.000 (nota 4)	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2.475 (nota 6)
Muito Alta	2/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2 entre 1/2.475 e 1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Extrema	PMF* (nota 5)	1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Esta tabela trata de apenas dois riscos naturais, e não considera que outro tipo de risco que possa ser considerado em avaliações de segurança de barragem		

*PMF – *probable maximum flood* (máxima cheia provável); MCE – *maximum credible earthquake* (maior sismo credível); AEP – *annual exceedance probability* (probabilidade de excedência anual);
1 - Como definido na Tabela 4.1 - Classificação de Barragem;
2 - Simples extrapolação das estatísticas de cheias além de 10-3 AEP não é aceitável;
3 - Valores médios do intervalo estimado nos níveis de AEP para terremotos devem ser usados;
4 - Selecionado com base na análise incremental de cheias, exposição, e consequência de falha;
5 - PMF e MCE não tem AEP associados;
6 - Esse nível foi escolhido para garantir compatibilidade com o estabelecido nas normas de construção canadenses.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a ½ entre 2.475 e 10.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o mapa com tempo de retorno (TR) de 2.475 anos (Figura 9.2). Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), apresentam acelerações de pico em rocha - PGA_{rocha}, não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto dever levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travasarou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travasarou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

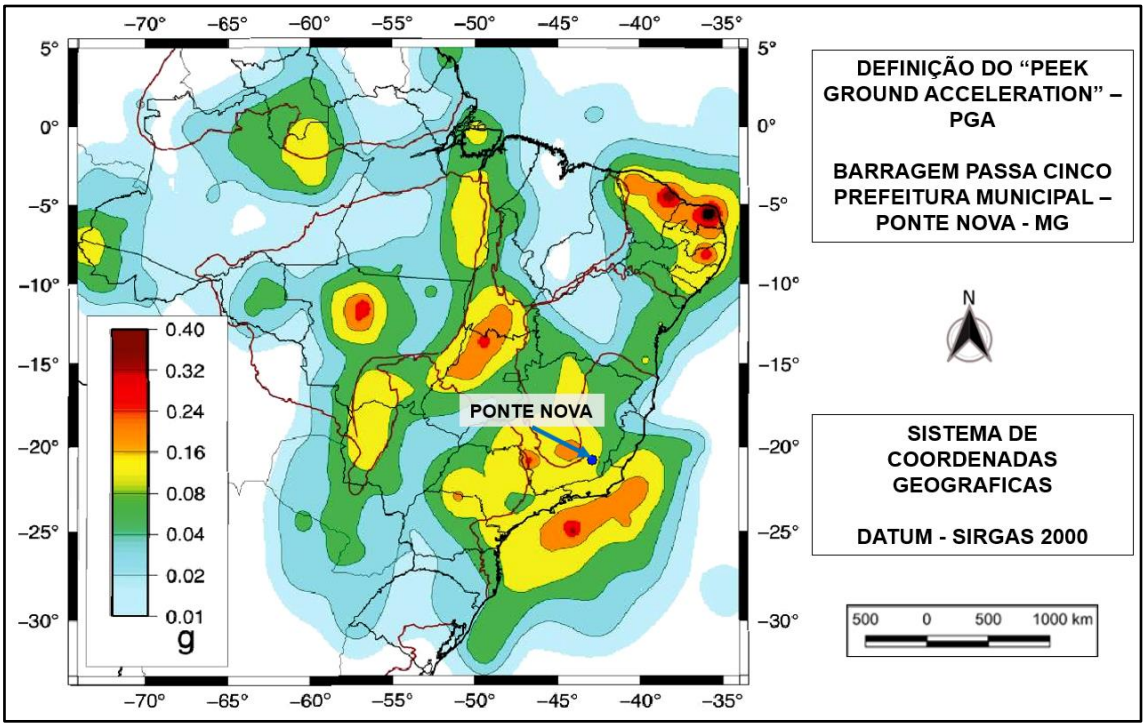


Figura 9.2– Mapas de Ameaça Sísmica ("Seismic Hazard Maps") para aceleração de pico (Peak Ground Aceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016).

Conforme indicado na Figura 9.2, a Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,16g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Portanto, o valor adotado para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudoestáticas foi igual a 0,08g, considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros).

9.1.2 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da BARUK em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9.3 apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.3 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	**Peso específico natural (Kn/m³)**	**Peso específico saturado (Kn/m³)**	**Triaxial (Tensões Efetivas)**	
			Coesão (Kpa)	**Ângulo de atrito (ϕ)**
Aterro[1]	16	17	15	28
Aluvião[2]	16	17	2	26
Rocha Alterada [2]	20	21	40	40
Gnaisse[2]	25	26	400	40

9.1.3 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos ($FS_{mín}$) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.4).

Tabela 9.4 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TALUDE	FSMIN
Operação com rede de fluxo em condição normal	Jusante	1,5
	Entre Bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Montante e Jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

Para avaliação da segurança dos taludes da Barragem Passa Cinco, foram realizadas análises de estabilidade baseadas na teoria do Equilíbrio Limite por três métodos de análises, sendo eles: Bishop Simplificado, Morgenstern-Price e Spencer por meio do programa computacional de estudos bidimensionais Slide® 2.0. Nestas análises foram buscadas superfícies circulares (maciço homogêneo) e não circulares potenciais de ruptura, em busca do menor fator de segurança (FS).

Segundo Gerscovich (2016) a superfície de ruptura tende a ser circular em solos relativamente homogêneos, podendo ter uma aparência mais achatada na ocorrência de uma anisotropia mais significativa em relação a resistência. Já as superfícies planares ou translacionais caracterizam-se pelas descontinuidades ou planos de fraquezas. E, por fim, as rupturas de forma mista ocorrem quando há uma heterogeneidade, caracterizada pela presença de materiais ou descontinuidades com resistências mais baixas. Sendo assim, entende-se que o maciço e os materiais de fundação da Barragem Passa Cinco são homogêneos, não apresentando anisotropia, portando, para todas análises foram buscadas superfícies circulares potenciais de ruptura.

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poropressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e

- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.4 SEÇÕES ANALISADAS

Para a avaliação geotécnica da Barragem Passa Cinco foi estuda a seção crítica da barragem:

- Maciço Principal - Seção Central

9.1.5 RESULTADOS OBTIDOS

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9.5 apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.5 - Fatores de segurança obtidos

FASE	TALUDE	FSMIN	FS_{OBTIDO} MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1.10
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	0.94

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão abaixo do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

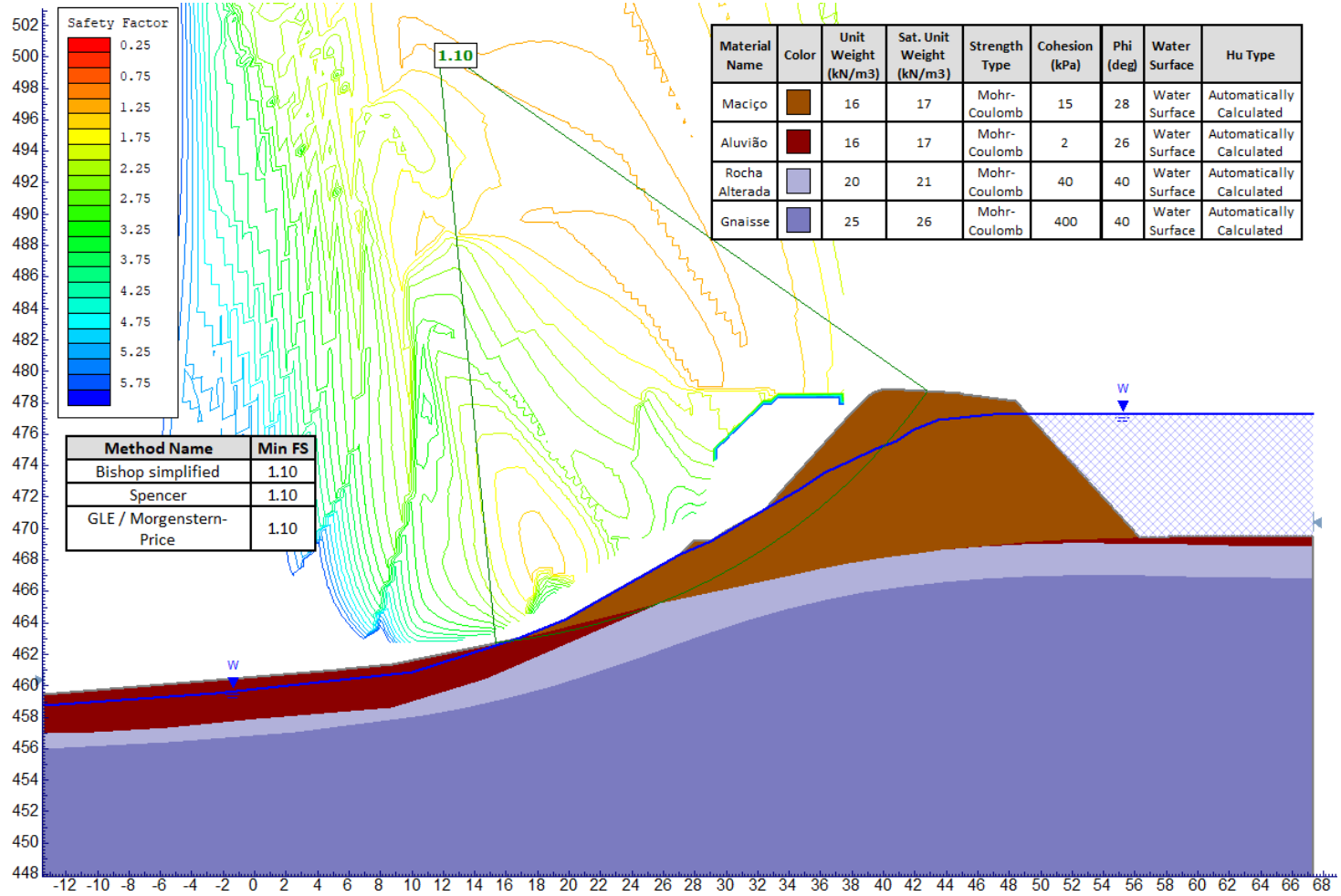


Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Freática Atual – Fs = 1,10.

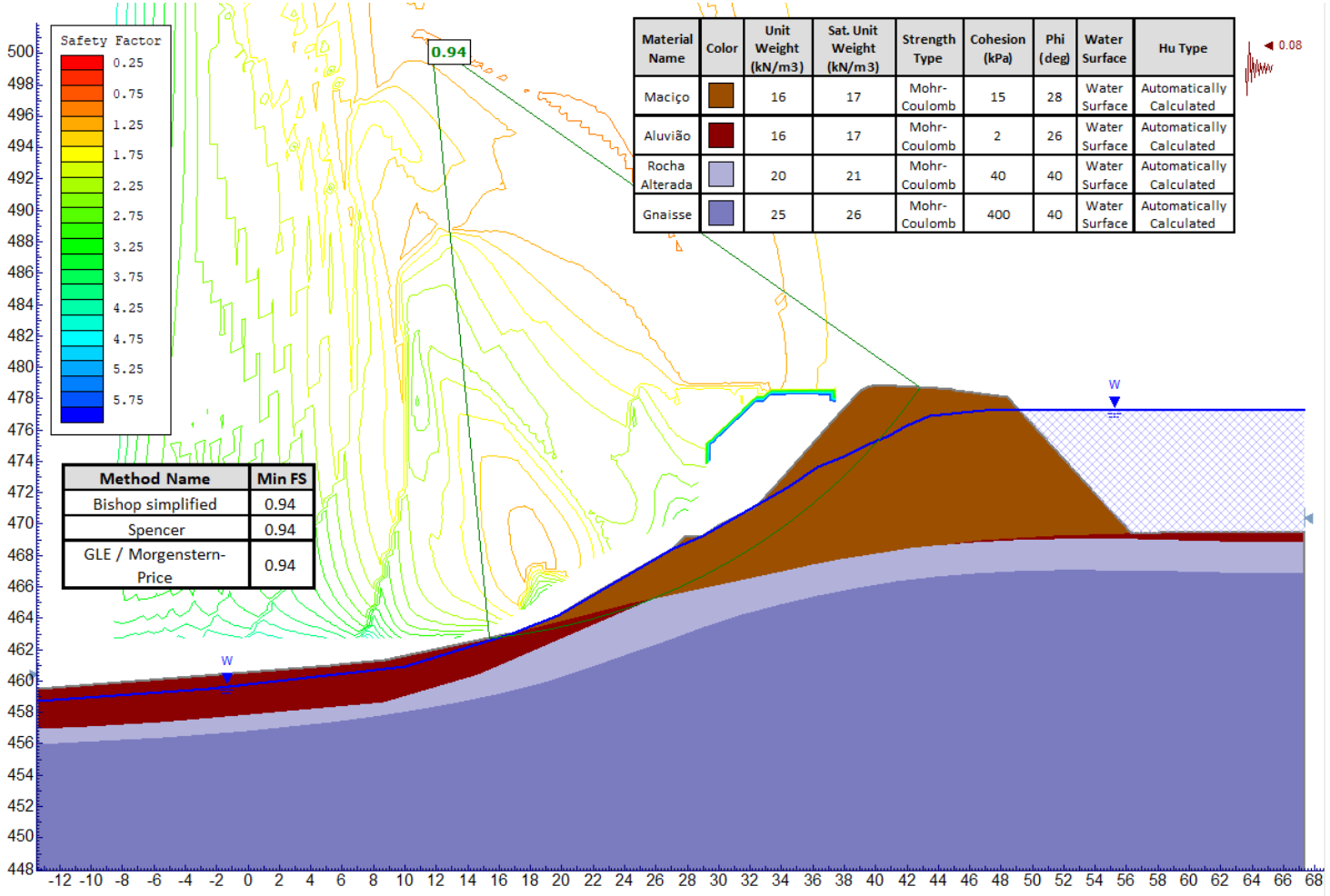


Figura 9.4 – Análise Pseudo-Estática – Condição Drenada – Freática Atual – Fs = 0,94.

10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação dos parâmetros e dados para o dimensionamento do vertedouro, e consequentemente a garantia de segurança da barragem do ponto de vista hidráulico, para que se evite o transbordo causando assim danos a estrutura.

Os estudos hidrológicos e hidráulicos, consiste na verificação do sistema extravasor de emergência da estrutura, a fim de atender a eventos pluviométricos intensos associado ao período de retorno (TR) de 10.000 anos. Neste aspecto, a estrutura extravasora como já relatado, não possui geometria definida, sendo assim não é possível avaliar a presente estrutura. Deste modo, a estrutura extravasora deverá ser reimplantada conforme o adequado dimensionamento considerando a capacidade perante o trânsito de cheias

11 CONCLUSÃO

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco**.

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no presente documento.

Adicionalmente são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:

a) Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;

b) Elaboração de Projeto de Reforço da Barragem;

c) Elaboração de Projeto de Sistema Extravasor;

d) Implantação dos Projetos supracitados;

e) Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;

f) Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.

_____

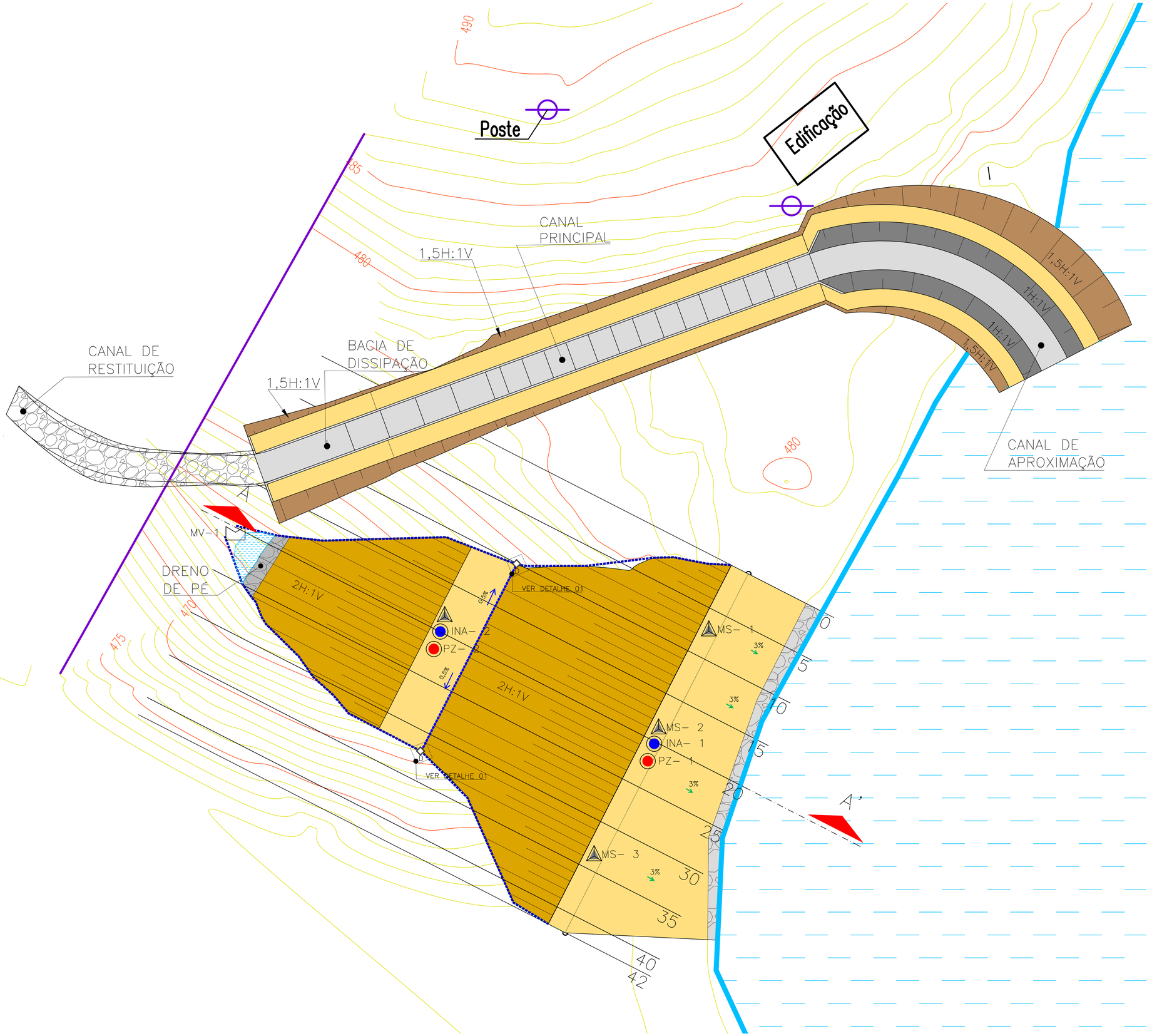
D.Sc. Acothai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 Adobe Acrobat Document	**ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA** Formato: [“pdf”] 8 páginas
 Adobe Acrobat Document	**ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA_CINCO_PONTE_NOVA_MG** Formato: [“pdf”] 15 páginas
 Package	**ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO** Formato: [“dwg”]

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.



LEGENDA

- COROAMENTO E BERMAS
- TALUDE DE JUSANTE
- DRENO DE PÉ
- ENROCAMENTO
- PROTEÇÃO CONTRA ONDAS
- LÂMINA D'ÁGUA
- CORTE
- NÍVEL D'ÁGUA OPERACIONAL - EL 474,60m
- INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - INA - PROPOSTO
- PIÊZOMETRO - PZ - PROPOSTO
- MARCO SUPERFICIAL - MS - PROPOSTO
- MEDIDOR DE VAZÃO - MV - PROPOSTO
- CANALETA TIPO 01 - 30x50cm
- CANALETA TIPO 02 - 40x50cm

NOTAS GERAIS

1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MAXIMAS DE 5%;
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRA.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESSURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMNETO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM;
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA;
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O *OFFSET* DE 10M EM RELAÇÃO AO PERIMÉTRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERA SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
17. OS MATERIAIS A SEREM UTILZIADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
18. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APILOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
19. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INA'S E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

GEOTECNIA

ENDEREÇO:
R. Cel. Emilio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:

PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:

Engenheiro Civil Dr. Ronnai Gomes Fineza
C.P.F.:053.732.426-12
CREA:MG 094.683/D

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU (S) AUTOR(ES) . ALTERAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA 01/05

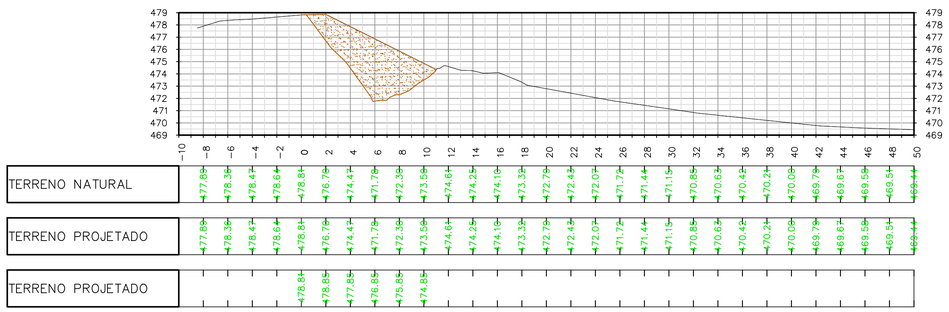
ETAPA	PROJETISTA	ESCALA	DATA
Projeto Final	Anderson/Gian	INDICADA	15/11/2021

BARUK PLANTA BAIXA
ESC.: 1 : 200

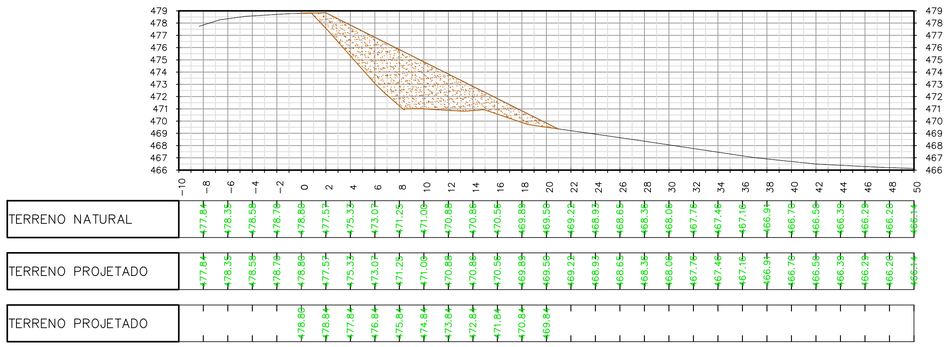
COLOR 1(preto) - PENA 0,10
COLOR 2(preto) - PENA 0,20
COLOR 3(preto) - PENA 0,30
COLOR 4(preto) - PENA 0,40
COLOR 5(preto) - PENA 0,50
COLOR 6(preto) - PENA 0,60
COLOR 7(preto) - PENA 0,70
COLOR 8(preto) - PENA 0,80
COLOR 9(preto) - PENA 0,90

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.

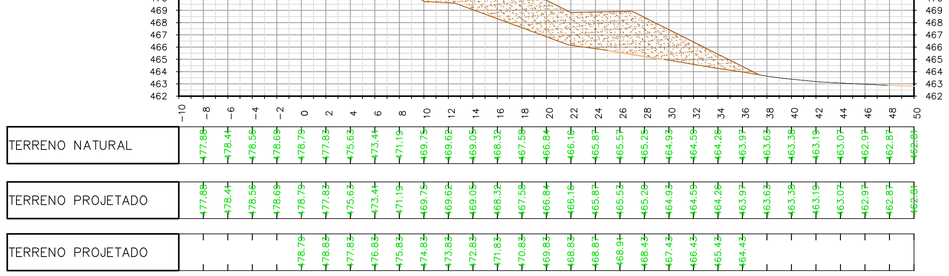
5.00



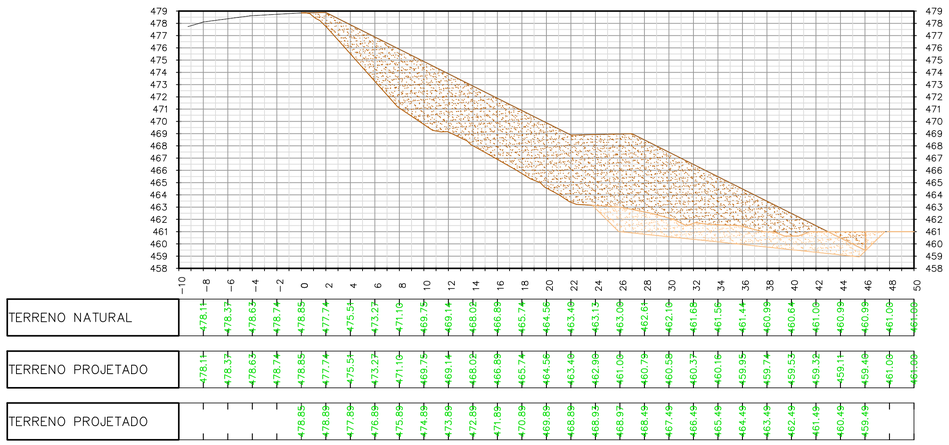
10.00



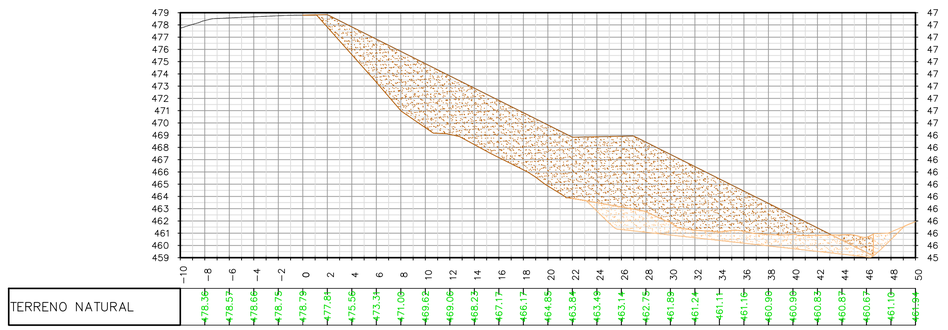
15.00



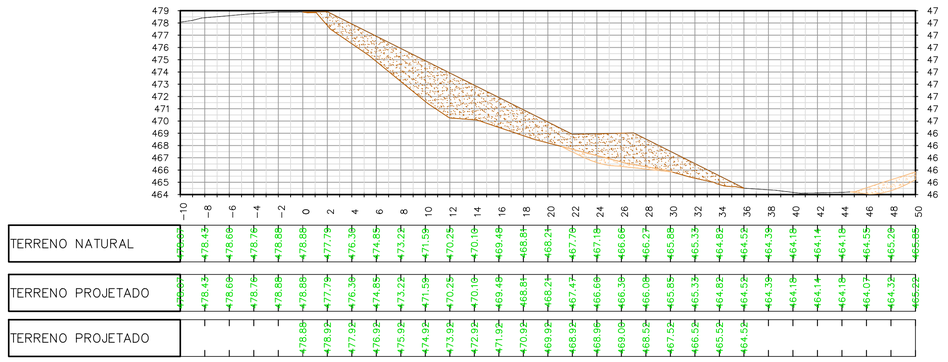
20.00



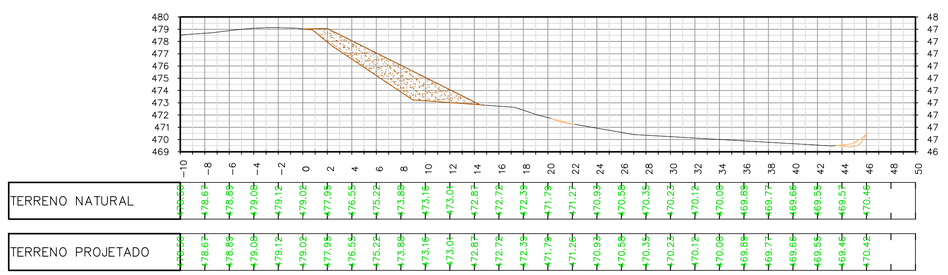
25.00



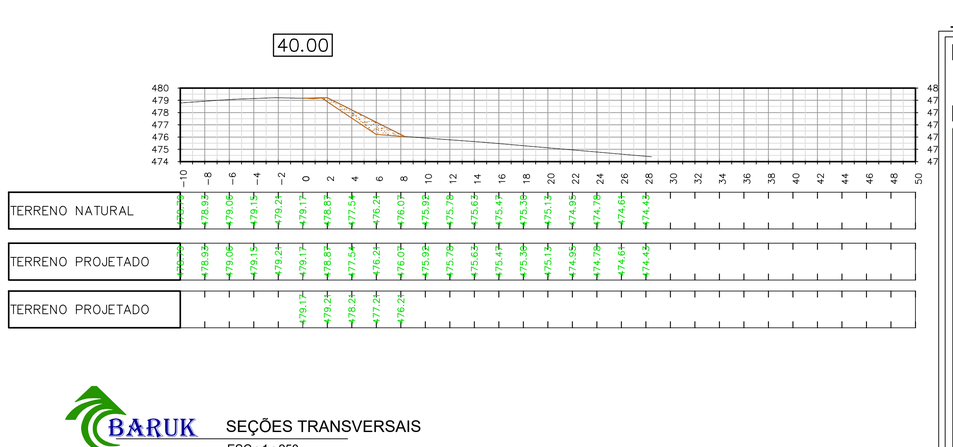
30.00



35.00



40.00



BARUK

SEÇÕES TRANSVERSAIS

ESC.: 1 : 250

LEGENDA

- DRENO VERTICAL E COLCHÃO DRENANTE
- MACIÇO DA BARRAGEM
- ATERRO DE MELHORAMENTO DE FUNDAÇÃO
- DRENO DE PÉ

NOTAS GERAIS

1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MAXIMAS DE 5%;
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRA.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESSURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMNETO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM;
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA;
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O *OFFSET* DE 10M EM RELAÇÃO AO PERIMÊTRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERA SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
17. OS MATERIAIS A SEREM UTILIZIADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
18. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APILOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
19. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INA'S E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

QUANTITATIVO

LIMPEZA SUPERFICIAL DO TERRENO - 1000 m²
ESCAVAÇÃO DO SOLO DE BAIXA CONSISTÊNCIA DA FUNDAÇÃO - 300 m³
ATERRO DO MACIÇO - 3.300 m³
AREIA - 400 m³
BRITA - 175 m³
DEMOLIÇÃO DA FACE DE CONCRETO DA BARRAGEM - 50 m³
ENROCAMENTO (PEDRA DE MÃO) - 100 m³
CANALETA TIPO 1 - 22 m
CANALETA TIPO 2 - 100 m
ESCAVAÇÃO DO EXTRAVASOR - 1.900 m³
REATERRO DO EXTRAVASOR - 750 m³
CANAL DE APROXIMAÇÃO - 30 m
DESCIDA EM DEGRAUS - 55 m
BACIA DE DISSIPAÇÃO - 10m
CANAL DE RESTITUIÇÃO - 27 m
INDICADOR DE NÍVEL DE ÁGUA- 2 UN
PIÉZOMETRO - 2 UN
MARCO SUPERFICIAL - 5 UN
MEDIDOR DE VAZÃO - 1 UN
RÉGUA LIMNIMÉTRICA - 1 UN
REVESTIMENTO VEGETAL - 900 m²
PROTEÇÃO RIP RAP - 26 m³

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

GEOTECNIA

ENDEREÇO:
R. Cel. Emílio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Dr. Vitor Hugo Gomes Fineza
C.P.F.:051.732.426-12
CREA:MG 094.683/D

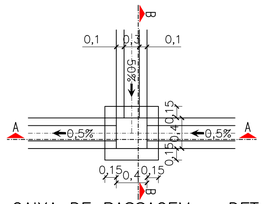
BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU (S) AUTOR(ES) . ALTERAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

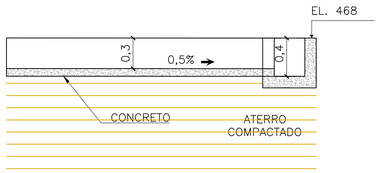
FOLHA 02/05

ETAPA	PROJETISTA	ESCALA	DATA
Projeto Final	Anderson/Glan	INDICADA	15/11/2021

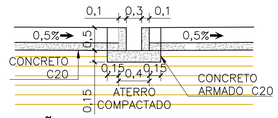
COLOR 1(preto) - PENA 0,10
COLOR 2(preto) - PENA 0,20
COLOR 3(preto) - PENA 0,30
COLOR 4(preto) - PENA 0,40
COLOR 5(preto) - PENA 0,50
COLOR 6(preto) - PENA 0,60
COLOR 7(preto) - PENA 0,70
COLOR 8(preto) - PENA 0,80
COLOR 9(preto) - PENA 0,90



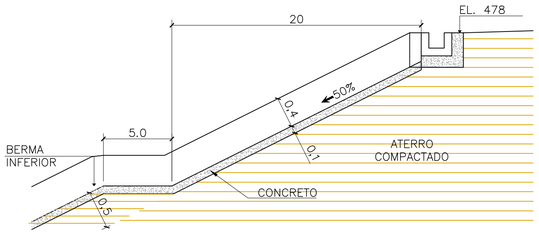
CAIXA DE PASSAGEM – DETALHE 01
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



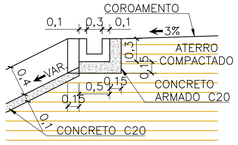
CANALETAS TIPO 01 – DETALHE 02
ESCALA: 1/50



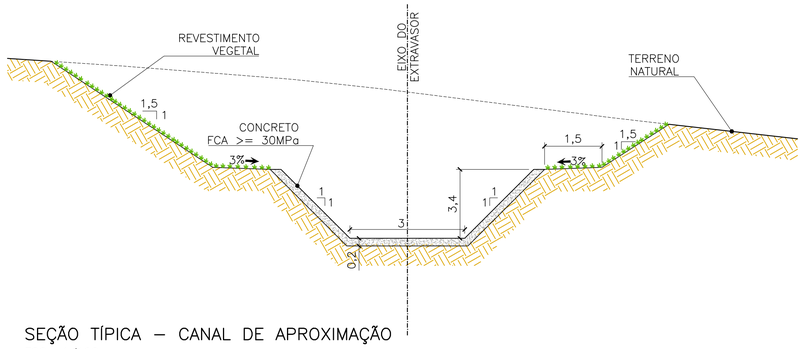
SEÇÃO A–A
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



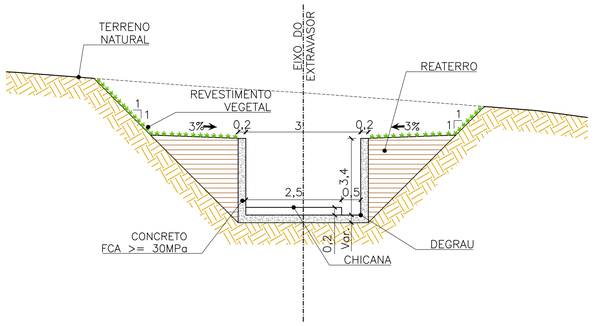
CANALETAS TIPO 02 – DETALHE 03
ESCALA: 1/50



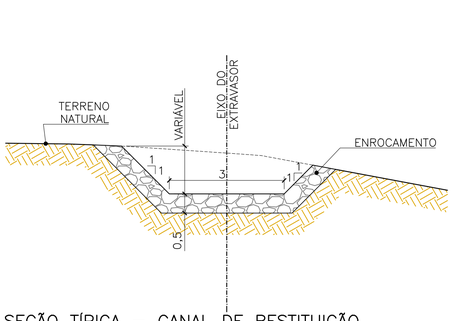
SEÇÃO B–B
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



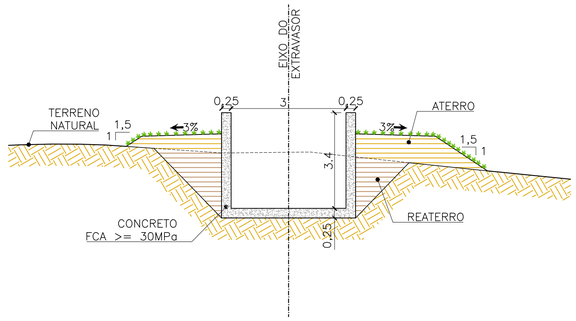
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE APROXIMAÇÃO
ESC.: 1/100



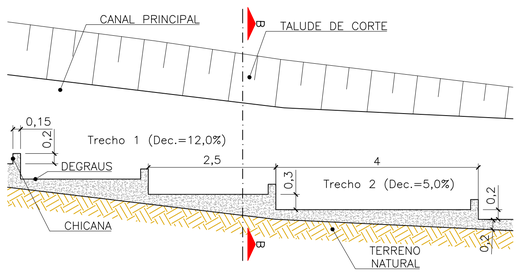
SEÇÃO BB – CANAL PRINCIPAL EM DEGRAUS
ESC.: 1/100



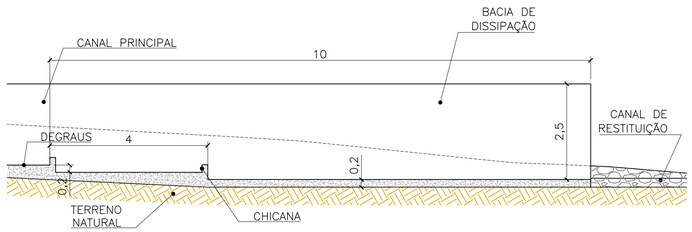
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE RESTITUIÇÃO
ESC.: 1/100



SEÇÃO TÍPICA – BACIA DE DISSIPAÇÃO
ESC.: 1/100



DETALHE 01 – TRANSIÇÃO DE DEGRAUS
ESC.: 1/75



DETALHE 02 – CANAL PRINCIPAL E BACIA DE DISSIPAÇÃO
ESC.: 1/100

LEGENDA

- ATERRO COMPACTADO
- REATERRO COMPACTADO
- CONCRETO

NOTAS GERAIS

1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MAXIMAS DE 5%;
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRA.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESSURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMNETO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM;
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA;
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O *OFFSET* DE 10M EM RELAÇÃO AO PERIMÉTRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERA SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
17. OS MATERIAIS A SEREM UTILZIADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
18. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APILOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
19. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INA'S E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

GEOTECNIA

ENDEREÇO:
R. Cel. Emílio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Daniel Ferreira Gomes Fineza
C.P.F.:051.732.426-12
CREA:MG 094.683/D

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

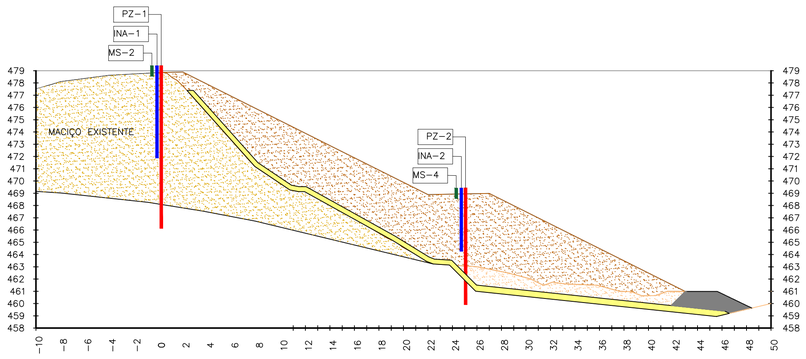
OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU (S) AUTOR(ES) ; ALTERAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA 03/05

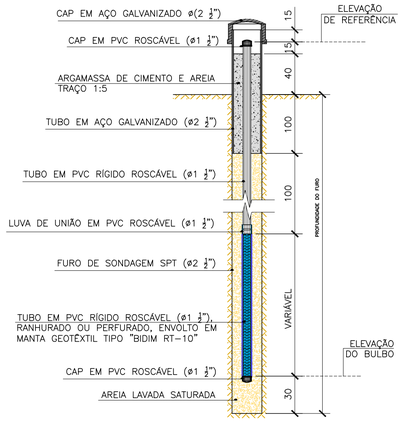
ETAPA	PROJETISTA	ESCALA	DATA
Projeto Final	Anderson/Gian	INDICADA	15/11/2021

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.

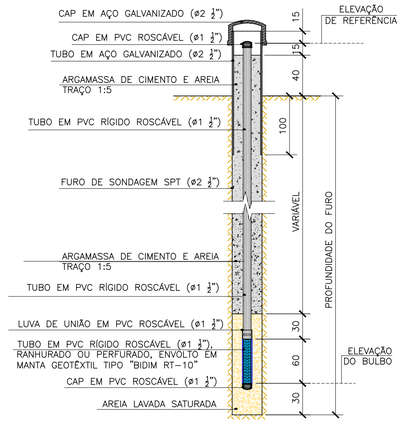
COLOR 1(preto) - PENA 0,10
COLOR 2(preto) - PENA 0,20
COLOR 3(preto) - PENA 0,30
COLOR 4(preto) - PENA 0,40
COLOR 5(preto) - PENA 0,50
COLOR 6(preto) - PENA 0,60
COLOR 7(preto) - PENA 0,70
COLOR 8(preto) - PENA 0,80
COLOR 9(preto) - PENA 0,90



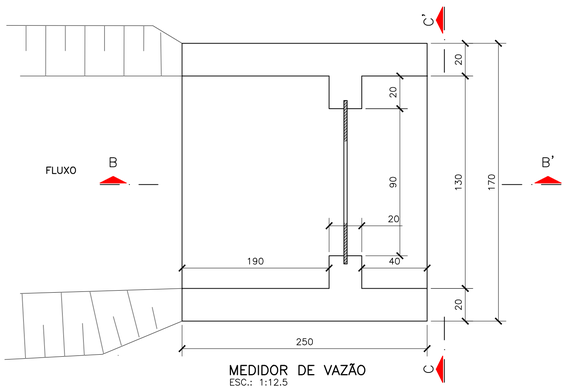
SEÇÃO – AA
ESC.: 1:250



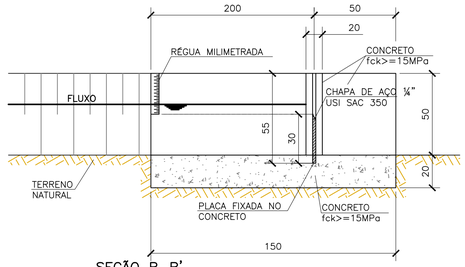
INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA
SEM ESCALA



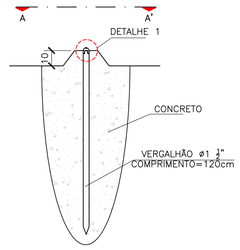
PIEZÔMETRO
SEM ESCALA



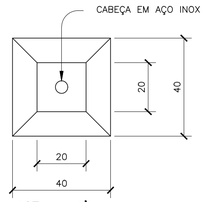
MEDIDOR DE VAZÃO
ESC.: 1:12.5



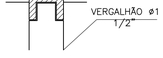
SEÇÃO B–B'
ESC.: 1:12.5



MARCO SUPERFICIAL
SEM ESCALA



VISTA A–A'
ESC.: 1:12.5



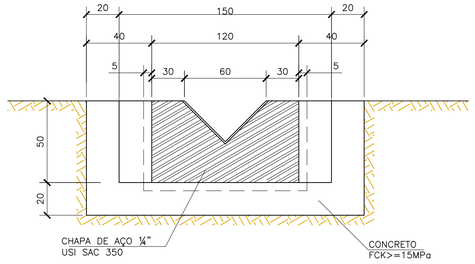
DETALHE 1– CABEÇA EM AÇO INOX
SEM ESCALA

LEGENDA

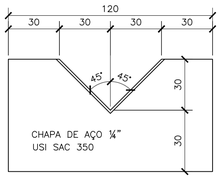
- INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - INA - PROPOSTO
- PIÉZOMETRO - PZ - PROPOSTO
- MARCO SUPERFICIAL - MS - PROPOSTO
- MEDIDOR DE VAZÃO - MV - PROPOSTO

NOTAS GERAIS

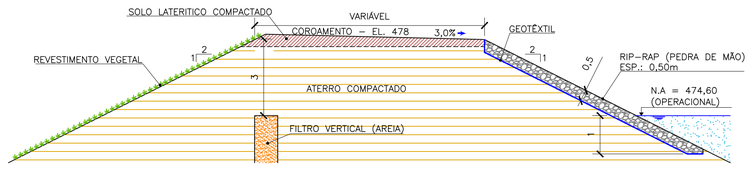
1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MAXIMAS DE 5%;
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRA.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESSURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMNETO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM;
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA;
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS); ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O *OFFSET* DE 10M EM RELAÇÃO AO PERIMÉTRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERA SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
17. OS MATERIAIS A SEREM UTILZIADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
18. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APILOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
19. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INA'S E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.



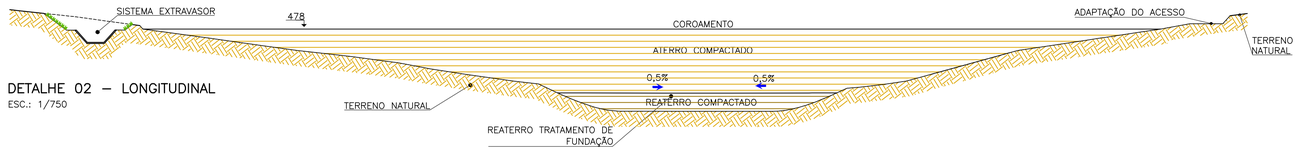
SEÇÃO C–C'
ESC.: 1:12.5



DETALHE DA PLACA
ESC.: 1:10



DETALHE 01 – COROAMENTO
ESC.: 1/40



DETALHE 02 – LONGITUDINAL
ESC.: 1/750

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

GEOTECNIA

ENDEREÇO:
R. Cel. Emílio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Dr. Marcial Gomes Fineza
C.P.F.:053.732.426-72
CREA:MG 094.683/D

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

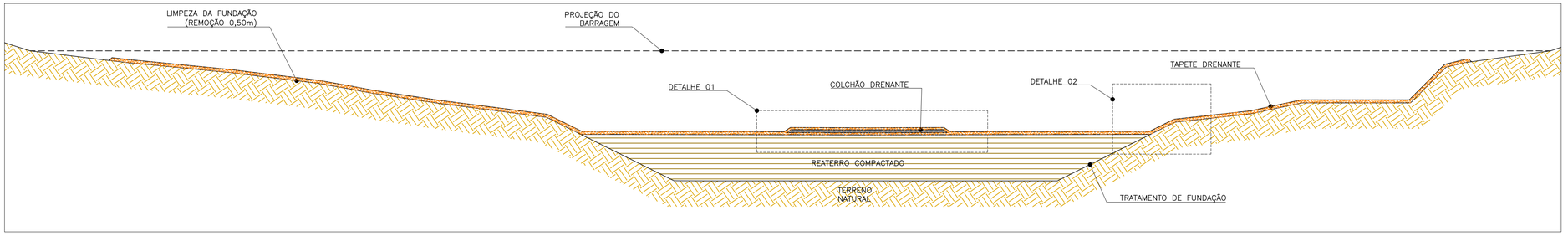
OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU (S) AUTOR(ES). ALTERAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA 04/05

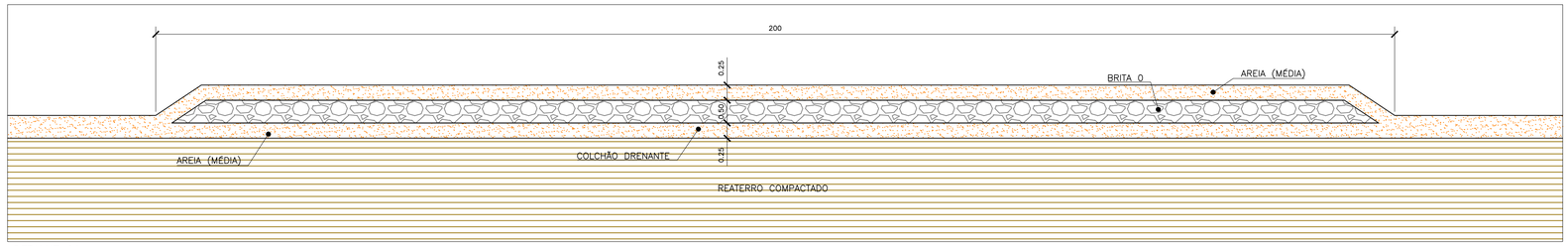
ETAPA	PROJETISTA	ESCALA	DATA
Projeto Final	Anderson/Gian	INDICADA	15/11/2021

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.

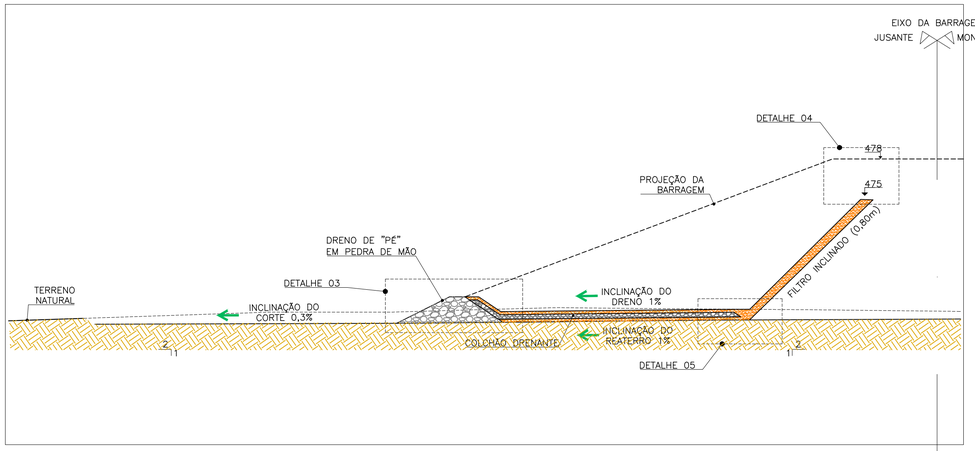
COLOR 1(preto) - PENA 0,10
COLOR 2(preto) - PENA 0,20
COLOR 3(preto) - PENA 0,30
COLOR 4(preto) - PENA 0,40
COLOR 5(preto) - PENA 0,50
COLOR 6(preto) - PENA 0,60
COLOR 7(preto) - PENA 0,70
COLOR 8(preto) - PENA 0,80
COLOR 9(preto) - PENA 0,90



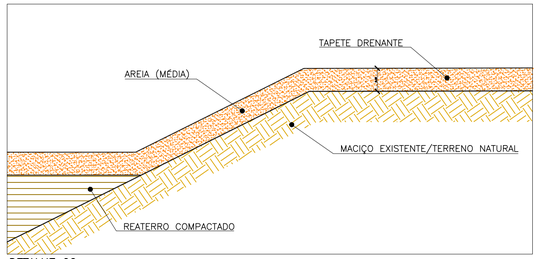
SEÇÃO – LONGITUDINAL
SEM ESC.



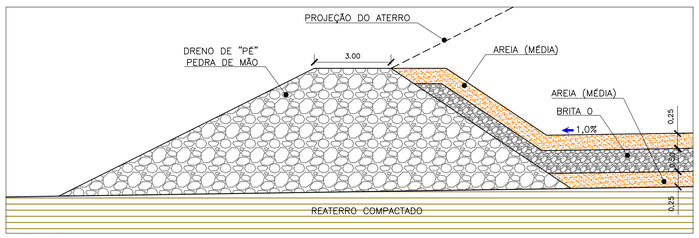
DETALHE 01
ESC.: 1/40



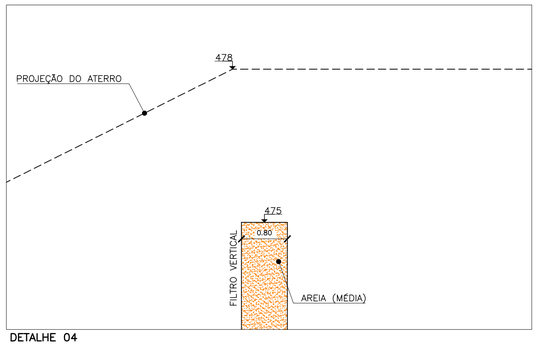
SEÇÃO – TRANSVERSAL
SEM ESC.



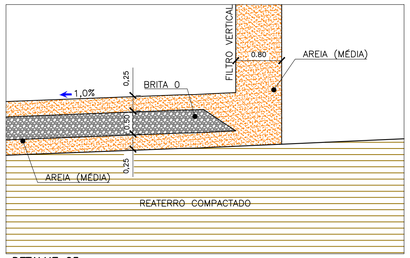
DETALHE 02
ESC.: 1/40



DETALHE 03
ESC.: 1/40



DETALHE 04
ESC.: 1/40



DETALHE 05
ESC.: 1/40

1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MAXIMAS DE 5%;
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRA.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESSURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMNETO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM;
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA;
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O *OFFSET* DE 10M EM RELAÇÃO AO PERIMÉTRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERA SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
17. OS MATERIAIS A SEREM UTILZIADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
18. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APILOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
19. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INA'S E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.

COLOR 1(preto) - PENA 0.10
COLOR 2(preto) - PENA 0.20
COLOR 3(preto) - PENA 0.30
COLOR 4(preto) - PENA 0.40
COLOR 5(preto) - PENA 0.50
COLOR 6(preto) - PENA 0.60
COLOR 7(preto) - PENA 0.70
COLOR 8(preto) - PENA 0.80
COLOR 9(preto) - PENA 0.90

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

GEOTECNIA

ENDEREÇO:
R. Cel. Emílio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Daniel Gomes Fineza
C.P.F.:055.732.426-12
CREA:MG 094.683/D

BARUK
Consultoria Ambiental e Engenharia

OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU (S) AUTOR(ES). ALTERAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA 05/05

ETAPA	PROJETISTA	ESCALA	DATA
Projeto Final	Anderson/Gian	INDICADA	15/11/2021

LAUDO TÉCNICO

RELATÓRIO de INSPEÇÃO de SEGURANÇA REGULAR

BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA

2025

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 3

2 INFORMAÇÕES GERAIS 4

2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR 4

2.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 4

2.3 ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA 4

2.4 IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR 5

2.5 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO . 5

2.6 EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO 6

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 7

4 CÓDIGOS E NORMAS 8

5 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO 9

6 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA 11

6.1 LOCALIZAÇÃO 12

7 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS 14

7.1 GEOLOGIA REGIONAL 14

7.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS 15

7.3 GEOLOGIA LOCAL 18

7.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS 19

8 SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA, DRENAGEM EXTERNA E EXTRAVASORES 20

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS 21

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE 21

9.1.1 Sismicidade regional 21

9.1.2 Parâmetros adotados nas análises de estabilidade 24

9.1.3 Critérios e condições de contorno..... 25

9.1.4 Seções analisadas..... 26

9.1.5 Resultados obtidos..... 26

10 AUSCULTAÇÃO.....33

11 SEGURANÇA OPERACIONAL 33

12 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....34

13 ANEXOS.....35

ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM - IGAM..... 36

ANEXO II - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART 38

ANEXO III - RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025..... 41

ANEXO IV - RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325 56

ANEXO V - DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA..... 71

ANEXO VI - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS 83

1 INTRODUÇÃO

Em atendimento às disposições dadas na Lei Estadual de Minas Gerais n° 23.291, de 25 de fevereiro de 2019 (institui a política estadual de segurança de barragens) e do Decreto Estadual de Minas Gerais n° 48.140 de 25 de fevereiro de 2021, a EngX Soluções Integradas contratou a Baruk Engenharia Geotécnica para elaboração de Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) pós-obra e início de operação da barragem de armazenamento de água denominada Passa Cinco, para fins de irrigação e abastecimento, pertencente ao Parque Passa Cinco, localizada no município de Ponte Nova – MG.

Este estudo tem por objetivo atualizar os conhecimentos gerais relativos à segurança estrutural/hidráulica e de performance da barragem de armazenamento de água, denominada Barragem Passa Cinco, de maneira que este conhecimento possibilite qualificar o comportamento geotécnico e hidráulico da estrutura submetida às condições operacionais, bem como, permitir a realização de eventuais manutenções quando identificada a necessidade.

Neste contexto, para realização deste estudo, levou-se em consideração o resultado da inspeção realizada em 05 de maio de 2025, pela equipe técnica da BARUK composta pelo engenheiro geotécnico Dr. Adonai Gomes Fineza e o engenheiro Rômulo Ulysses Vieira Rodrigues.

A partir das análises apresentadas neste documento tem-se as condições de estabilidade atual do maciço, a qual resultou na declaração de estabilidade encaminhada junto a este documento.

2 INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Tabela 2.1 – Identificação do empreendedor

Razão Social: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS	
Nome Fantasia: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX	
CNPJ: 36.978.684/0001-48	
Endereço: Avenida Bernardes Filho, 31 - Lourdes, Viçosa - MG, CEP 36.572-016	
Telefone: 31 97575-2025	
E-mail	alex@engxsolucoes.com.br

2.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.2 – Identificação do empreendimento

Razão Social: Parque Natural Municipal Tancredo Neves	
Nome Fantasia: Parque Natural Municipal Tancredo Neves/ Passa Cinco	
CNPJ: 23.804.149/0001-29	
Endereço: Parque Natural Municipal Tancredo Neves	
Telefone: 31 3819-5454	
E-mail: semam@pontenova.mg.gov.br	
Processo administrativo : 96/2023	

2.3 ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA

Tabela 2.3 – Endereço para envio de correspondência

Destinatário:
Razão Social: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS
Endereço: Avenida Bernardes Filho, 31 - Lourdes, Viçosa - MG, CEP 36.572-016

2.4 IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR

Tabela 2.4 – Identificação do auditor

Responsável Técnico: **ADONAI GOMES FINEZA**
CPF: 051.732.426-12
Cargo: Sócio
Profissão: Engenheiro Civil/ Geotécnico
CREA: 94.683/D-MG
Telefone: (31) 98877-5005
E-mail: adonaifineza@gmail.com

2.5 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.5 – Identificação da equipe de auditoria externa ao empreendimento

Empresa Contratada: **BARUK Engenharia Geotécnica Ltda**			
CNPJ: 11.261.426/0001-15			
Endereço: Condomínio Privê Morada Sul Etapa C – Conjunto 21, Casa 14 – Jardim Botânico CEP: 71.680-348 – Brasília – DF			
Telefone: (31) 98877-5005			
E-mail: adonaifineza@gmail.com			
Responsável Técnico: **ADONAI GOMES FINEZA**			
CPF: 051.732.426-12			
Profissão: Engenheiro Civil e Geotécnico			
CREA: 94.683/D-MG			
Telefone: (31) 98877-5005			
E-mail: adonaifineza@gmail.com			
EQUIPE TÉCNICA			
PROFISSIONAL	AREA DE ATUAÇÃO	RESPONSABILIDADE	CREA:
Rômulo Ulysses Vieira Rodrigues	Geotecnia	Revisão/Inspeção	203.831/D-MG
Dr. Adonai Gomes Fineza	Geotecnia	Revisão/Inspeção	94.683/D-MG

2.6 EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.6 – Equipe técnica interna do empreendimento

EQUIPE TÉCNICA		
NOME	FORMAÇÃO	CARGO
Alex Junio Alves de Oliveira	Engenheiro Geotécnico	Gerente de contratos
Ivanilda Texeira da Sila	Engenheira Civil	Gerente administrativo

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados a seguir na Tabela 3.1 foram utilizados na elaboração deste relatório ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele.

Tabela 3.1 – Documentos de referência.

NÚMERO	TÍTULO	EMPRESA
-	RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325	Geopontuall
	RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025	Prospecsolos
-	LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE	Rayra Bellico Cária e Coelho
	DENSIDADE *"IN SITU"* MÉTODO FRASCO DE AREIA	ENGX
	AS BUILT FINAL	INOVE ENGENHARIA

4 CÓDIGOS E NORMAS

Para o desenvolvimento deste projeto foram consideradas as diretrizes constantes nas seguintes normas técnicas e legislações vigentes:

Lei Ordinária 23291/2019	Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens
Decreto 48140/2021	Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências.
Decreto 48460/2022	Altera o Anexo I.2 do Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, que regulamenta dispositivos da Lei nº 23291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências
Portaria FEAM nº 679/2021	Estabelece procedimento a ser seguido para o cadastro e classificação das barragens submetidas à Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB e dá outras providências.
Termo de referência para a elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens	Estabelece o conteúdo mínimo para elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens

5 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração da avaliação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- As sondagens geotécnicas realizadas pelas empresas Prospecsolos e Geopontuall em janeiro e abril de 2025 respectivamente e utilizadas para avaliação da estrutura
- A base topográfica realizada pela empresa INOVE Engenharia em fevereiro de 2025 e utilizada para presente avaliação da estrutura.
- A batimetria realizada pela engenheira Rayra Bellico Cária e Coelho realizada em setembro de 2021 utilizada para avaliação estrutural.
- Os ensaios de densidade *in situ* realizados pela empresa EngX durante o período de execução do barramento e utilizado para avaliação estrutural.

Para a elaboração da avaliação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 21 L;
- O reservatório é destinado apenas para acumulação e armazenamento de água;
- O reservatório foi executado com solo e possui filtro vertical e horizontal;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;
- Os estudos de Avaliação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:

    - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;

- O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
- As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela *Rocscience*. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
- As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS´s mínimos apresentados na Tabela 5.1, de acordo com a cada fase de projeto/estrutura. Essas análises de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela *Rocscience*, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bishop.

Tabela 5.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Final de Construção	Maciço e Fundações	Maciço e Fundações	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço e Fundação	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição extrema	Maciço e Fundação	Jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

6 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 21 sendo classificada como de BAIXO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO. A Barragem Passa Cinco foi devidamente caracterizada e identificada, apresentando, as informações na Tabela 6.1 e nos subitens a seguir.

Tabela 6.1 – Ficha de caracterização e de identificação da Barragem Passa Cinco.

DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Entidade fiscalizadora	ANA
Localização	R. Cel. Emílio Martins - Ponte Nova
Coordenadas Geográficas (ponto central da crista)	20°25'29.6"S 42°52'54.5"W
Finalidade do Barramento	Reservatório de Água
Ano de início de implantação	2022
Ano de início de operação	2025
Ano de término da operação	Reservatório operando
Ano de descaracterização	Não há obrigatoriedade
Situação (status) de operação atual da barragem	Ativa
Volume do reservatório (m³)	153.780,5
Área do reservatório (ha)	3,49
Elevação (m) média do atual coroamento da barragem	477,1
Elevação (m) do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	460,0
Altura atual da barragem (m):	17,1
Extensão (m) aproximada da crista do maciço principal	88,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	Etapa única
Alteamentos previstos	Nenhum
Curso d'água interceptado:	( ) não (X) sim ( ) total (X) parcial Nome: Córrego do Passa Cinco
Classificação de risco (CRI)	**Baixo**
Potencial de Dano Ambiental (DPA)	**Alto**
Instrumentação:	Medidores de Nível d'água, Marco Superficial, Medidor de vazão e Piezômetro.

6.1 LOCALIZAÇÃO

A Barragem Passa Cinco, de propriedade do município de Ponte Nova, está localizada no município de Ponte Nova/MG e situa-se a 2,2 km ao sudeste da cidade de Ponte Nova, aproximadamente ente as coordenadas 20°25'29.6"S 42°52'54.5"W (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Localização da Barragem Passa Cinco.

7 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

7.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Barragem Passa Cinco, alvo da presente avaliação, está inserido na porção da zona da mata de Minas Gerias, encontra-se inserida no bioma mata atlântica, na bacia do grupo Piranga, está localizada na região de um orógeno, que é uma área de formação de montanhas. Especificamente, a região de Ponte Nova faz parte do Complexo Mantiqueira, um sistema orogênico brasiliano (Figura 7.1). Essa área é caracterizada por rochas metamórficas e grandes zonas de cisalhamento.

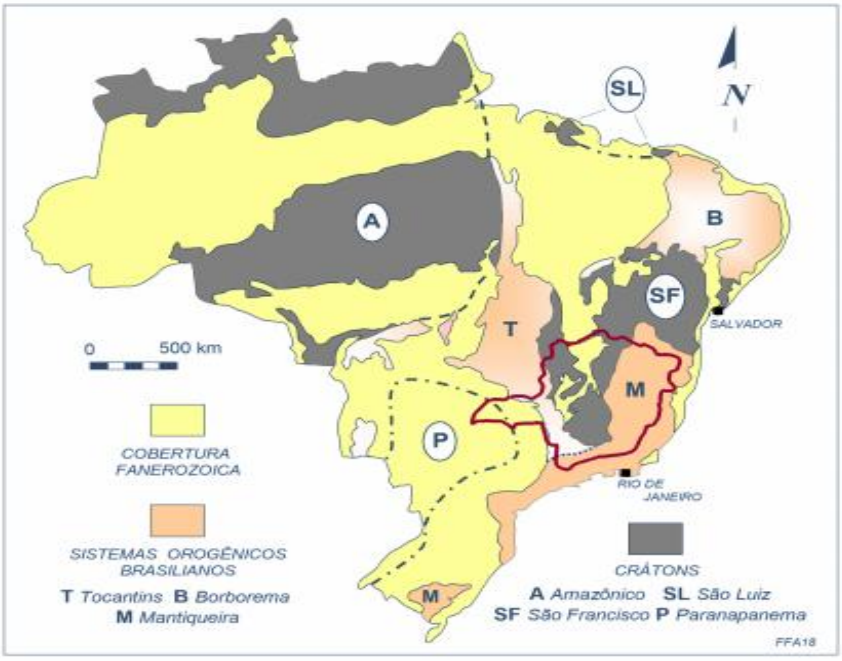


Figura 7.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil.

O Orógeno Araçuaí é um orógeno confinado localizado no Brasil, formado entre o Neoproterozoico e o início do Paleozoico durante a amalgamação do supercontinente Gondwana.

O Orógeno Araçuaí ou Faixa de dobramentos Araçuaí foi definido primeiramente pelo professor Fernando Flávio Marques de Almeida em 1977. Este orógeno representa o segmento setentrional da Província Mantiqueira[1] e localiza-se a leste do Cráton do São Francisco, entre os paralelos 15° e 21°S[2] sendo limitado a Norte por este cráton e ao Sul pela Faixa Ribeira.(Figura 7.2)

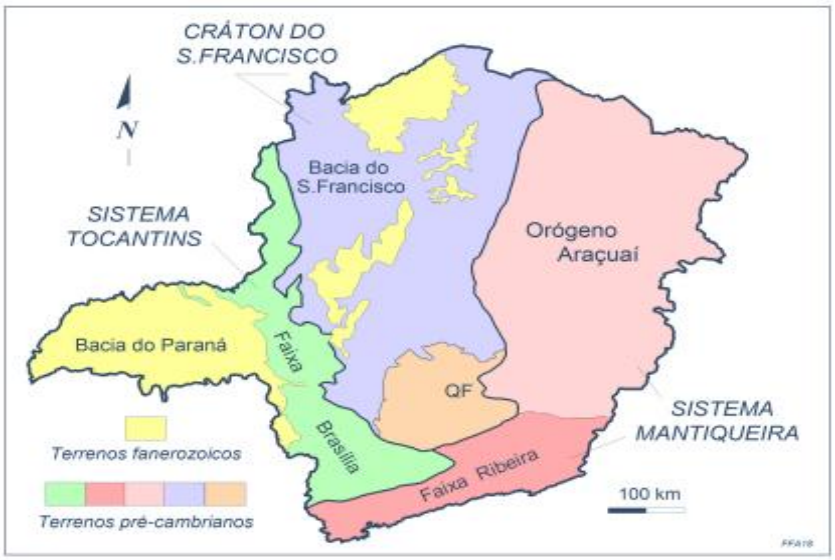


Figura 7.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais.

Em resumo: A compartimentação geológica de Minas Gerais é complexa, com diversas estruturas e tipos de rochas. Ponte Nova está inserida nesse contexto, com características geológicas que podem influenciar o seu desenvolvimento e gerenciamento do espaço físico.

7.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa Figura 7.4 foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.

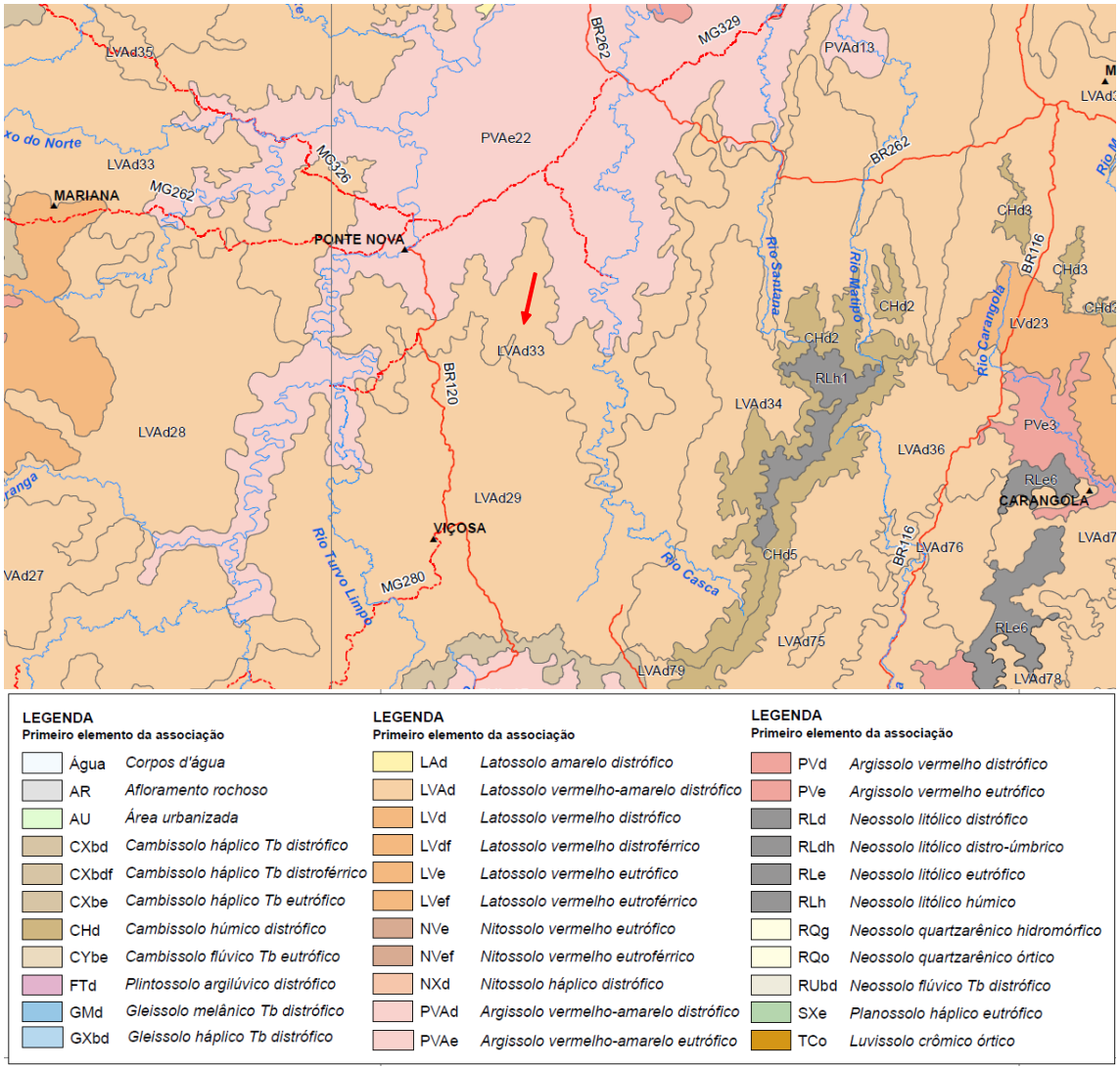


Figura 7.4 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou- se o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd33) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos são solos em avançado estádio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e têm capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, inferior a 17 cmolc kg^{-1} de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos

predominantemente caulinítico, com valores de K_i mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de K_i extremamente baixo.

Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização.

São normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a 1 m. Têm sequência de horizontes A, B, C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem cores mais vivas, variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas, nos matizes 2,5YR a 10YR, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes minerais – sobretudo dos óxidos e hidróxidos de ferro –, segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro no material de origem e se a hematita é herdada ou não. No horizonte C, comparativamente menos colorido, a expressão cromática é bem variável, mesmo heterogênea, dada a sua natureza mais saprolítica ou do sedimento. O incremento de argila do A para o B é pouco expressivo ou inexistente, e a relação textural B/A não satisfaz aos requisitos para B textural. De um modo geral, os teores da fração argila no solo aumentam gradativamente com a profundidade ou permanecem constantes ao longo do perfil. A cerosidade, se presente, é pouca e fraca. Tipicamente, é baixa a mobilidade das argilas no horizonte B, ressalvados comportamentos atípicos de solos desenvolvidos de material com textura mais leve (de composição arenoquartzosa), de interações com constituintes orgânicos de alta atividade ou de solos com Δ pH positivo ou nulo. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases média e até mesmo alta. Esses últimos são encontrados geralmente em zonas (semiáridas ou não) que apresentam estação seca pronunciada, ou ainda que apresentam influência de rochas básicas ou calcárias.

Esses solos são típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas mais acidentadas, inclusive em relevo montanhoso. São

originados a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos.

Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila. O horizonte B incipiente (B_i) tem textura francoarenosa ou mais argilosa, e o solo geralmente apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. Admite-se diferença marcante de granulometria do A para o Bi em casos de solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica ou estratificação do material de origem. A estrutura do horizonte B incipiente (B_i) pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos também de solos com ausência de agregados, com estrutura em grãos simples ou maciça.

Alguns solos desta classe possuem características morfológicas similares às dos solos da classe dos Latossolos, mas distinguem-se destes por apresentarem, no horizonte B, uma ou mais das características especificadas, não compatíveis com solos muito evoluídos como a capacidade de troca de cátions, sem correção para carbono, ≥ 17 cmolc kg^{-1} de argila; e/ou, 4% ou mais de minerais primários alteráveis ou 6% ou mais de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à TFSA; e/ou, Relação molecular SiO2/Al2O3 (Ki), determinada na ou correspondendo à fração argila, > 2,2; e/ou, 5% ou mais do volume do solo com estrutura da rocha original, como estratificações finas, saprólito ou fragmentos de rocha semi ou não intemperizada.

7.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por argila siltosa e argila arenosa, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região da construção do barramento antes da fase inicial de construção.

Todo solo de baixa qualidade ou solos que não se encaixaram nas determinações de norma, foram substituídos por outros com melhor funcionabilidade

7.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratorial para dar suporte ao estudo de estabilidade, sondagens e batimetria (ensaios entregues pelos responsáveis da ENGX). Conforme Anexos I, II, III e IV.

O material de fundação foi utilizado o próprio material de rocha alterada encontrada no local.

Foi apresentado pelos responsáveis da ENGX relatórios de ensaio de compactação e umidade de campo, realizados pela mesma do material lançado e compactado (os referidos laudos em anexo no fim deste relatório).

8 SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA, DRENAGEM EXTERNA E EXTRAVASORES

O reservatório de água para irrigação, Barragem Passa Cinco, possui sistema de drenagem interna construído de brita 0, tanto verticalmente quanto horizontalmente. No ato da vistoria o dreno interno encontrava-se em perfeito estado de operação, mesmo a barragem ainda em fase de enchimento sem estar na sua cota de operação.

O reservatório tem a função de armazenamento de água, assim o sistema extravasor está localizado na ombreira direita contendo um canal de aproximação, vertedouro em U.

O sistema extravasor não estava em funcionamento no momento da vistoria pois o nível de água ainda não alcançou a cota de funcionamento da barragem.

O sistema de drenagem externa está construído com canaletas e escadas hidráulicas conforme indicado no projeto.

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e as seções analisadas para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. Adicionalmente, a condição de solicitação sísmica, foi levado em consideração nos estudos.

9.1.1 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 9.1 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

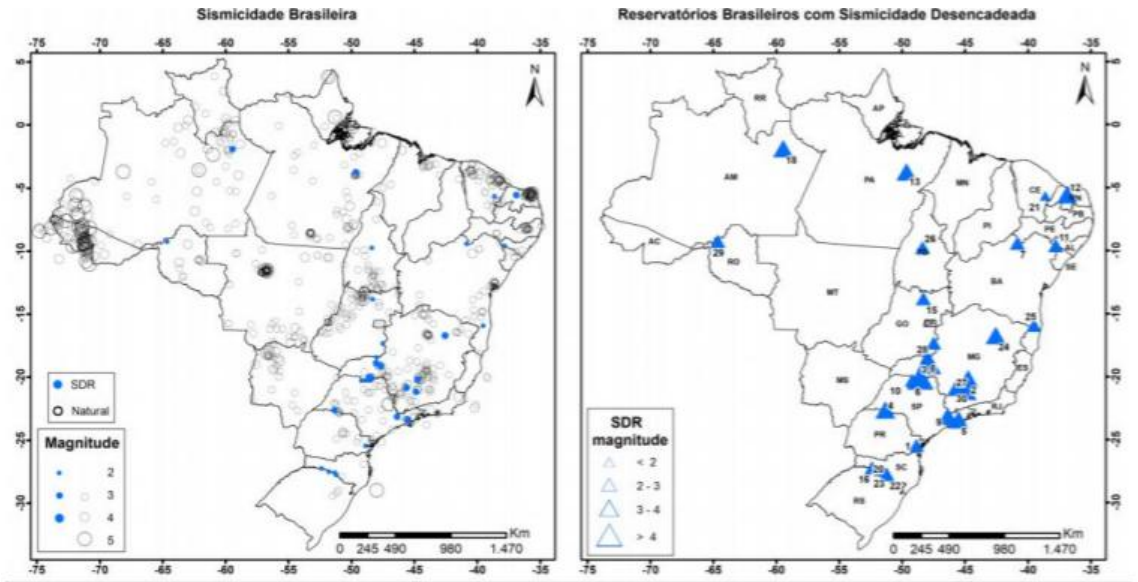


Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com descriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioreto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológico-geotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association* – CDA, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical K_v seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipóteses de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou et al (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines* 2007, a metodologia adotada para determinação do K_h consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudo-estáticas.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a 1 entre 100 e 1.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção et al. (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o tempo de retorno (TR) de 100 anos. Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção et al. (2016), apresentam acelerações de pico em rocha – PGA rocha, não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto dever levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travasarou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travasarou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

A Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,08g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros), o valor para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudo-estáticas é igual a 0,04g. No entanto, conforme recomendação da Eletrobrás (2003) deverá ser utilizado como valor mínimo de K_h igual a 0,05. Desta forma, as análises pseudo-estáticas consideraram o $K_h = 0,05$.

9.1.2 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da

Baruk em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9. apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.1 – Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	**Peso específico natural (K_n/m^3)**	**Peso específico saturado (K_n/m^3)**	**Triaxial (Tensões Efetivas)**	
			Coesão (Kpa)	**Ângulo de atrito (f)**
Solo arenoso	19	20	10	35
Solo arenoso médio	19	20	10	25
Silte arenoso com pedregulhos	19	20	10	35
Alteração de rocha arenosa com pedregulhos	19	20	10	35
Filtro de areia média	20	21	1	35
Enroncamento	19	20	1	40
Material natural	20	21	10	35

9.1.3 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos ($FS_{mín}$) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.).

Tabela 9.2 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TALUDE	FS_{MIN}
Final de Construção	Montante e Jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal	Jusante	1,5
	Entre Bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Montante e Jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

As análises de percolação e de estabilidade foram realizadas com o emprego do software Slide 6.0, desenvolvido pela *Rocscience*. Nas análises de estabilidade adotou-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb e o método do equilíbrio limite de Bishop para os materiais da barragem e das fundações

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poro-pressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e
- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.4 SEÇÕES ANALISADAS

Para a avaliação geotécnica da Barragem Passa Cinco foi estuda a seção crítica da barragem:

- Maciço Principal - seção crítica de maior altura

9.1.5 RESULTADOS OBTIDOS

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9. apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.3 - Fatores de segurança obtidos

FASE	TALUDE	FS_{MIN}	FS_{OBTIDO} MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Final de Construção	Montante / Jusante	1,3	2,102/2,427
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	2,102
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3	1,687
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	1,630

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão acima do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

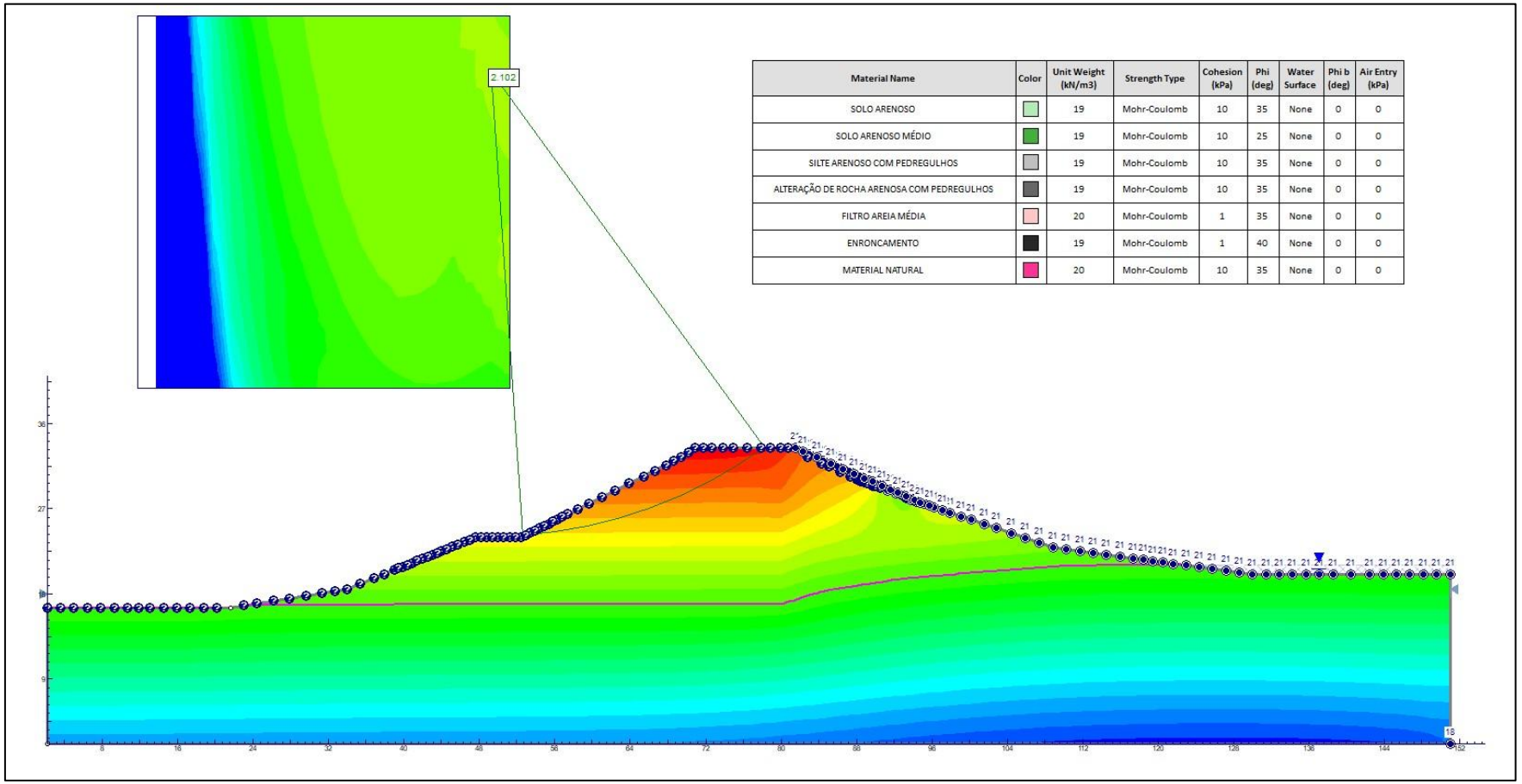


Figura 9.2 – Análise Estática – Condição Drenada – Final da Construção – Jusante – FS = 2,102.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Phi b (deg)	Air Entry (kPa)
SOLO ARENOSO		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
SOLO ARENOSO MÉDIO		19	Mohr-Coulomb	10	25	None	0	0
SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
FILTRO AREIA MÉDIA		20	Mohr-Coulomb	1	35	None	0	0
ENRONCAMENTO		19	Mohr-Coulomb	1	40	None	0	0
MATERIAL NATURAL		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0

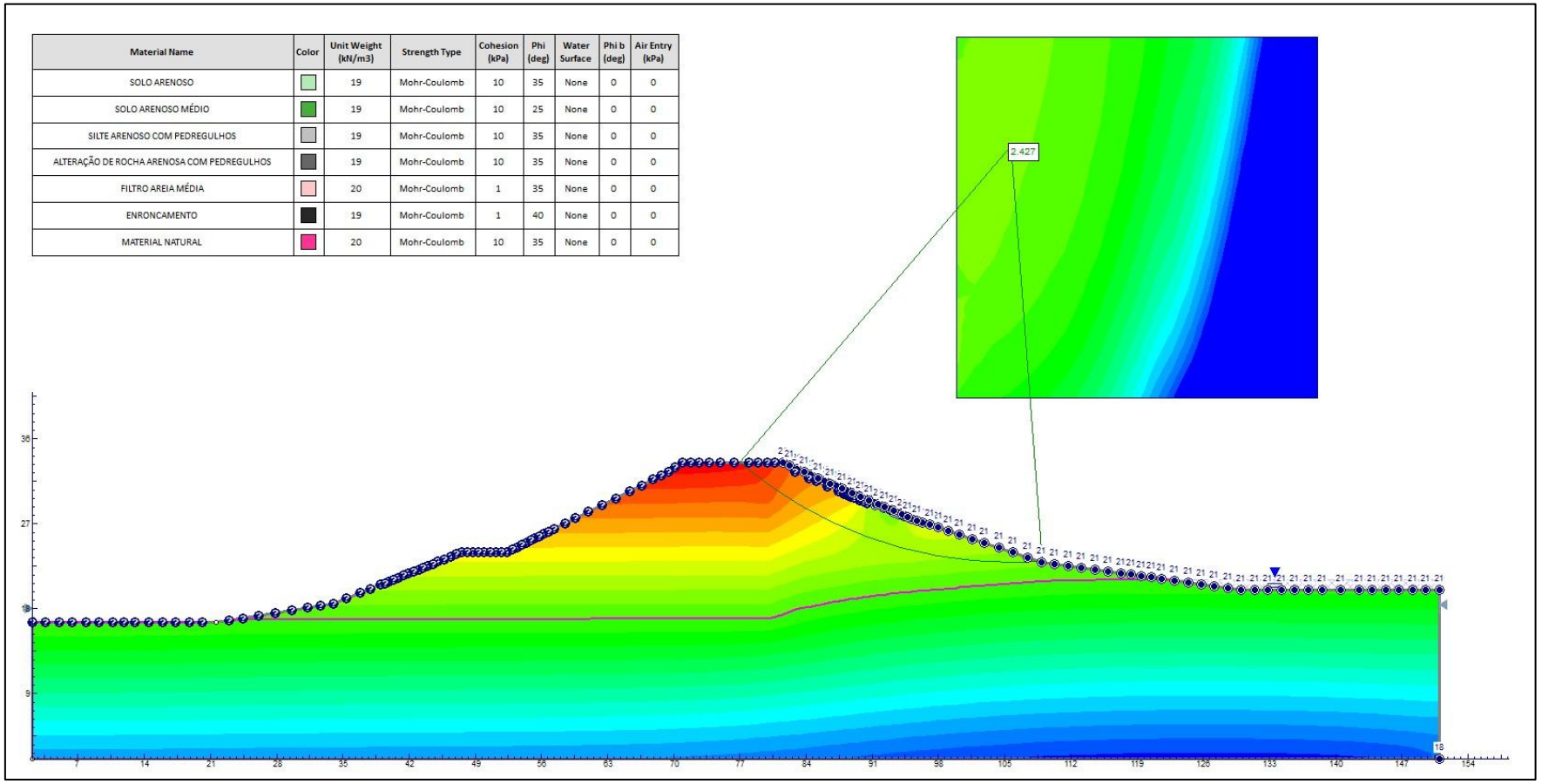
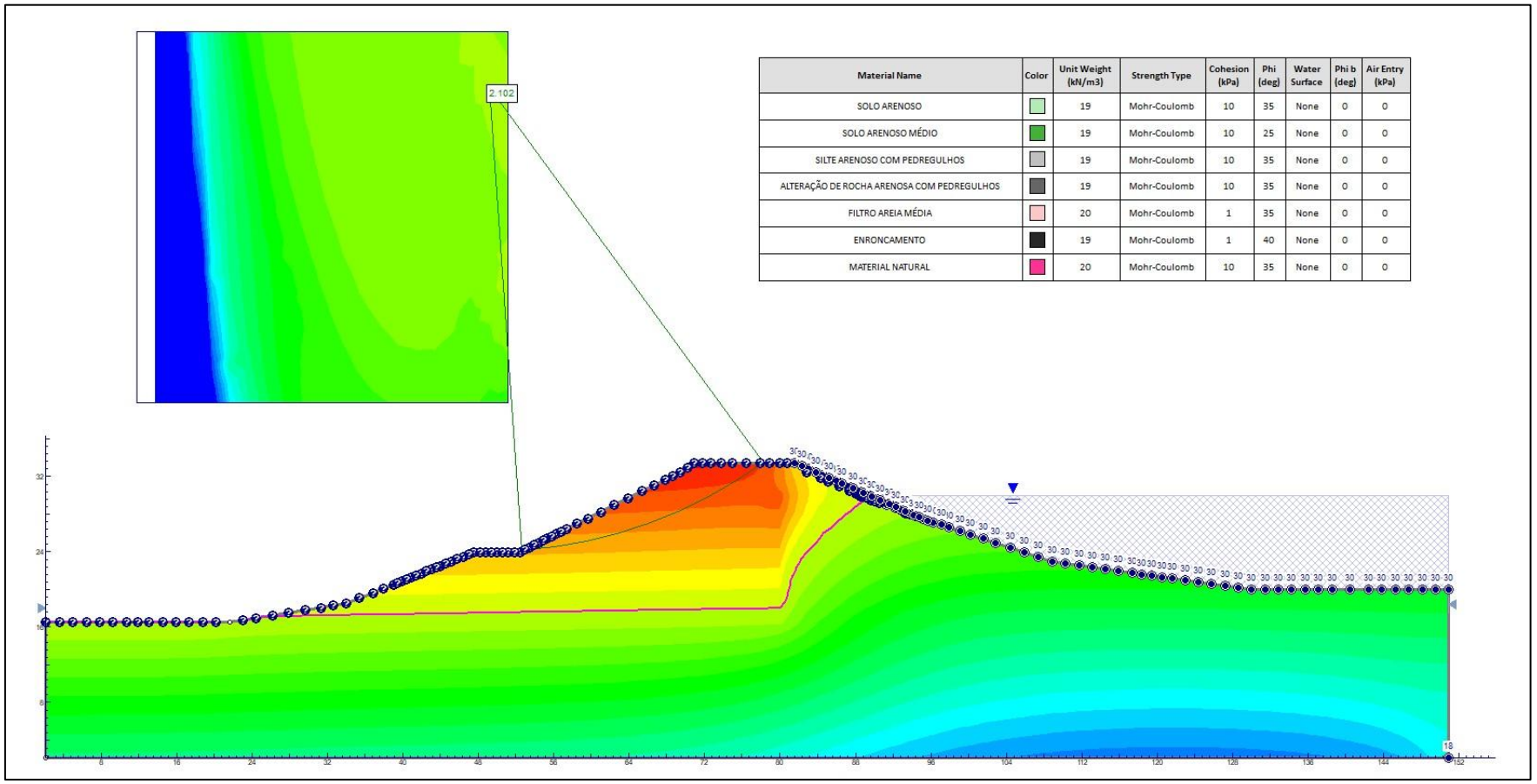
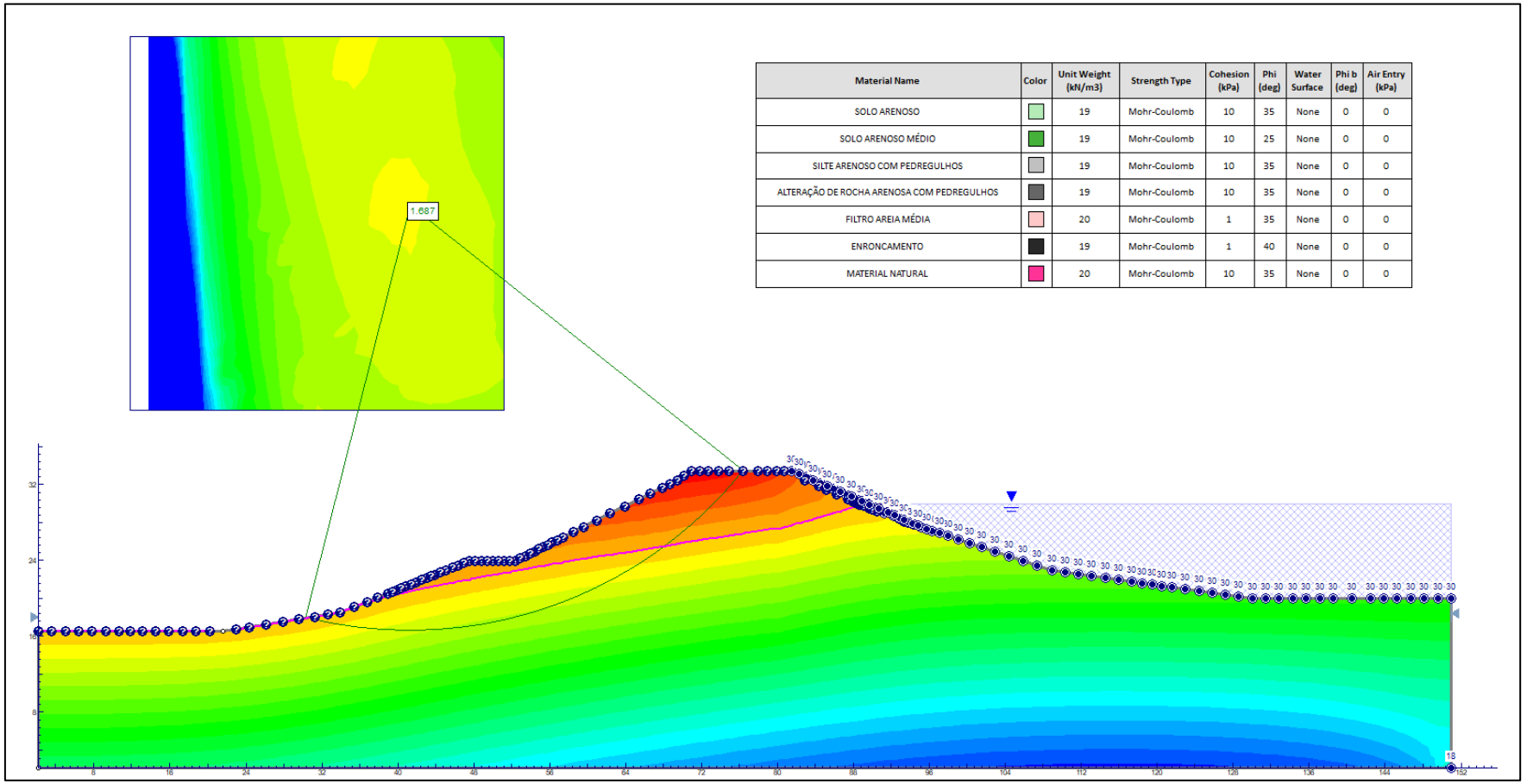


Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Final de Construção Montante – FS = 2,427.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Phi b (deg)	Air Entry (kPa)
SOLO ARENOSO		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
SOLO ARENOSO MÉDIO		19	Mohr-Coulomb	10	25	None	0	0
SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
FILTRO AREIA MÉDIA		20	Mohr-Coulomb	1	35	None	0	0
ENRONCAMENTO		19	Mohr-Coulomb	1	40	None	0	0
MATERIAL NATURAL		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0

Figura 9.4 – Análise Estática – Condição Cheia – Operação Jusante – FS = 2,102.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Phi b (deg)	Air Entry (kPa)
SOLO ARENOSO		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
SOLO ARENOSO MÉDIO		19	Mohr-Coulomb	10	25	None	0	0
SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS		19	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0
FILTRO AREIA MÉDIA		20	Mohr-Coulomb	1	35	None	0	0
ENRONCAMENTO		19	Mohr-Coulomb	1	40	None	0	0
MATERIAL NATURAL		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0	0

Figura 9.5 – Análise Estática – Condição Cheia – Crítica Jusante – FS = 1,687.

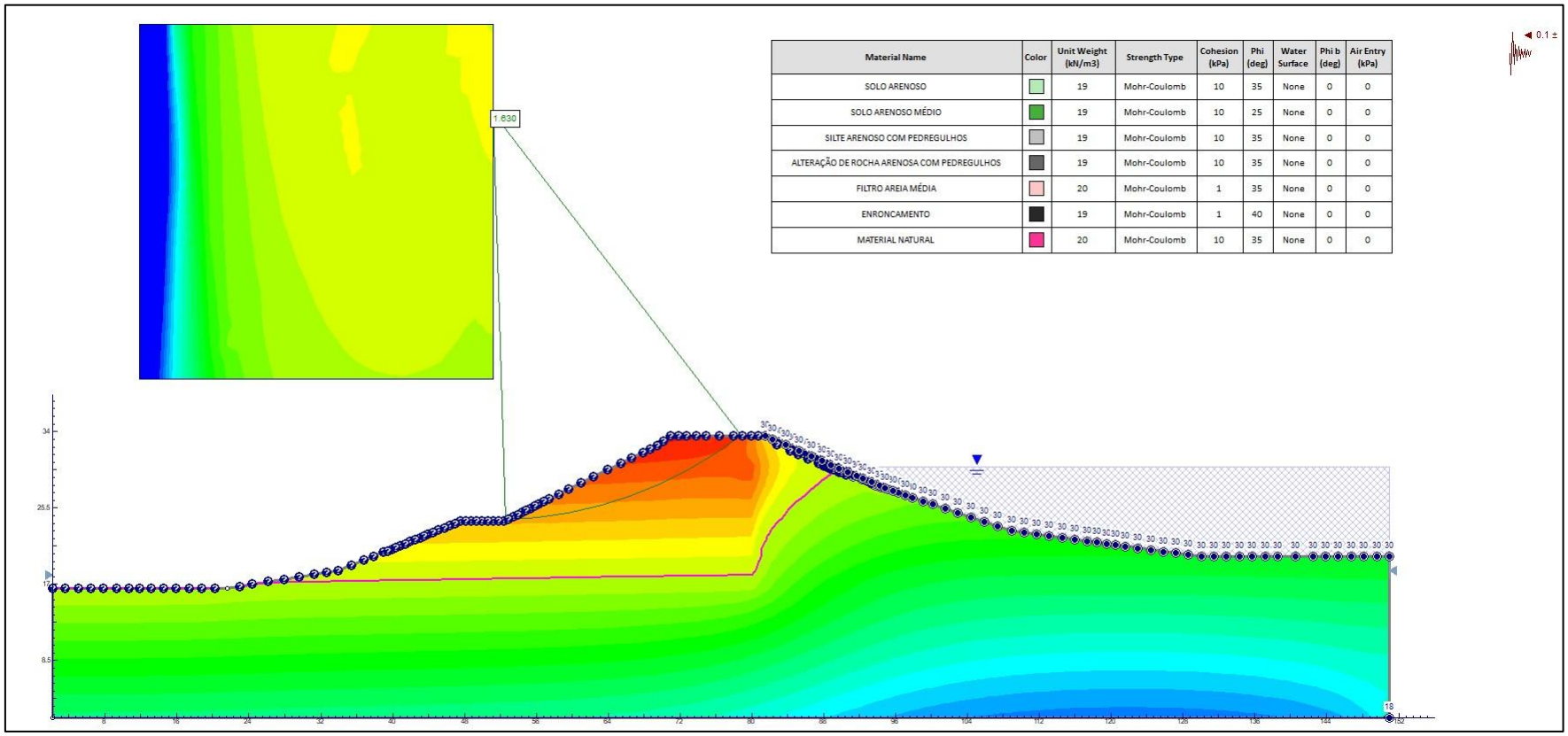


Figura 9.6 – Análise Estática – Condição Cheia – Sísmica Jusante – FsS= 1,630.

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os fatores de segurança obtidos estão acima do mínimo recomendado pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

10 AUSCULTAÇÃO

Atualmente, a estrutura não consta com instrumentos de auscultação e não se vê necessidade da implantação de instrumentos, visto a pequena estatura do reservatório e boas condições observadas durante a inspeção de campo.

11 SEGURANÇA OPERACIONAL

A Barragem Passa Cinco possui planos de ação emergencial para auxílio em casa de necessidades, recomenda-se que os níveis do reservatório sejam verificados por meio de inspeções visuais periódicas e deverão ser feitos regularmente, atentando para o nível de operação da estrutura, além da verificação das condições dos taludes de jusante e montante, vertedouro e crista, além de manutenção rotineira.

12 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco.**

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da Baruk, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura se encontra em condições adequadas de segurança.

Este relatório apresentou classificação completa da estrutura em relação a atualização do PDA, mas também a classificação em relação a Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança da Barragem (PS) respectivamente.

13 ANEXOS

ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM - IGAM

Barragem destinada à acumulação ou à disposição final ou temporária de barragem de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração.

ANO-BASE: 2025

Semestre: Primeiro

Empreendimento: Barragem Passa Cinco – Ponte Nova/MG

Empreendedor: ENGX

CNPJ: 36.978.684/0001-48

Município/UF: Ponte Nova /MG

Nome da Barragem: Barragem Passa Cinco

Finalidade: Reservação de água

Categoria de Risco: Baixo

Potencial de Dano Ambiental: Alto

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao IGAM, que realizei auditoria técnica de segurança na estrutura acima especificada, conforme Relatório de Auditoria de Segurança elaborado em maio/2025.

Atesto a condição de estabilidade da barragem supracitada.

A mencionada estrutura, de acordo com a inspeção realizada em 05/05/2025 e análise dos documentos disponibilizados, encontra-se atualmente em condições adequadas de segurança física. As seções de análises apresentaram fatores de segurança superiores ao mínimo esperado para condições de nível de água atual, e demais cenários avaliados, atestando assim a estabilidade física do maciço.

Em Anexo, está apresentada uma cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do Relatório Técnico de Segurança de Barragem elaborado em 2025/1.

Ponte Nova, 22 de maio de 2025.

Dr. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

Romulo Ulysses Vieira Rodrigues
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 203.831/D

ANEXO II - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253967636

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ROMULO ULYSSES VIEIRA RODRIGUES
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1415378568**
Registro: **MG0000203831D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX** CPF/CNPJ: **36.978.684/0001-48**
AVENIDA BERNARDES FILHO Nº: **31**
Complemento: Bairro: **LOURDES**
Cidade: **VIÇOSA** UF: **MG** CEP: **36572016**

Contrato: **001** Celebrado em: **20/05/2025**
Valor: **R$ 200,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA Avenida Antônio Constantino Trivellato Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **CENTRO**
Cidade: **PONTE NOVA** UF: **MG** CEP: **35430022**
Data de Início: **01/05/2025** Previsão de término: **22/05/2025** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS** Código: **Não Especificado**
Proprietário: **ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX** CPF/CNPJ: **36.978.684/0001-48**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.3 - DE TERRA-ENROCAMENTO	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ART de Elaboração de LAUDO TÉCNICO, RELATÓRIO de INSPEÇÃO de SEGURANÇA REGULAR, BARRAGEM PASSA CINCO CO-AUTOR Adonai Gomes Fineza

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ROMULO ULYSSES VIEIRA RODRIGUES - CPF: 100.100.726-32

_____, _____ de _____ de _____
Local data

ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX - CNPJ: 36.978.684/0001-48

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253967636

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 103,03** Registrada em: **22/05/2025** Valor pago: **R$ 103,02** Nosso Número: **8608269965**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 7y39d
Impresso em: 22/05/2025 às 14:54:53 por: , ip: 177.128.109.233

ANEXO III

RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025

RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025 -

CLIENTE: Engx Soluções Integradas

OBRA / PROJETO: Projeto conceitual de reforço de barragem

LOCAL: Ponte Nova- MG

Revisão (Nº)	Descrição	Data	Elaboração	Verificação	Aprovação
00	Relat. Parcial	14/01/2025		E. Rezende	E. Rezende

Rua Kennedy, 82 – Jardim Canadá – Nova Lima (MG)

Tel. (31) 3273-4573 / (31) 3110-0020 99941-5001 / Site: www.prospecsolos.com

Á Alex Junio

E-mail: alex@engxsolucoes.com.br

Contato: 31 97575-2025

Prezado (s) Senhor (es),

Atendendo à solicitação de V. Sas. apresentamos no presente relatório, os resultados finais dos serviços em referência, para pronta informação e arquivo.

Sumário

1. APRESENTAÇÃO 4

2. INTRODUÇÃO 4

3. SERVIÇOS REALIZADOS 4

4. MÉTODOS UTILIZADOS 5

4.1 Sondagem Rotativa (SR) 5

4.2 Medidor de Nível de Água 5

4.3 Teste de Vida (Ensaio de Equalização ou Dissipação) 6

4.4 Piezômetro tipo Casagrande 8

5. CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS 9

6. RESULTADOS 10

6.1 Croqui de Instalação INA 01 10

6.2 Croqui de Instalação INA 02 11

6.3 Croqui de Instalação Piezômetro 01 12

6.4 Croqui de Instalação Piezômetro 02 13

7. REAPRESENTAÇÃO 14

1. APRESENTAÇÃO

A Prospecsolos é uma empresa atuante em geologia e serviços especiais de engenharia. Foi constituída em 1997 por profissionais que trabalham na área há mais de 30 anos. Atua em projetos e obras viárias, barragens, obras industriais e urbanas, portuárias, construção civil e mineração. Em 2017 ampliou suas atividades, passando a executar também os serviços de laboratório, incluindo ensaios simples e ensaios especiais. Tem como missão, prover aos clientes, serviços com eficiência, qualidade e segurança, respeitando em primeiro lugar a vida humana e o meio ambiente.

2. INTRODUÇÃO

O presente relatório consiste na apresentação dos resultados dos serviços de campo. Inicialmente, expõem-se a identificação das amostras e os serviços realizados correspondentes. Em seguida, apresentam-se os métodos utilizados em cada ensaio e finalmente, os resultados obtidos.

3. SERVIÇOS REALIZADOS

No quadro abaixo são apresentados os itens referentes aos quantitativos dos serviços realizados.

Quadro 1 – Quantificação dos serviços realizados.

Item Nº	Furo	Quantitativo programado (m)	Quantitativo realizado (m)
1	INA-01	10	10
2	INA-02	10	5
3	PZ-01	13	13
4	PZ-02	13	8
TOTAL			36

Quadro 1 – Quantificação dos serviços realizados de Sondagem Mista.

4. MÉTODOS UTILIZADOS

Os métodos utilizados para a execução dos serviços, seguiram fielmente as normas brasileiras (NBR), nas situações em que estas encontram-se disponíveis. Os demais ensaios seguem as definições de ABGE e DNER.

4.1 Sondagem Rotativa (SR)

Para a sondagem rotativa, são atendidos os procedimentos, equipamentos e dispositivos conforme o procedimento DNER. PRO 102/97 e Manual de Sondagens ABGE.

A sondagem do tipo rotativa tem como objetivo permitir a identificação dos materiais em toda a extensão do furo por meio da recuperação integral dos testemunhos de sondagem.

A profundidade de cada SR (sondagem rotativa) é definida nos quadros de locação indicados em documentos específicos e o diâmetro de perfuração é o NW. Os testemunhos das SRs apresentam descrição geológico-geotécnica, conforme norma DNER PRO 102/97, além de registro fotográfico.

4.2 Medidor de Nível de Água

O medidor de nível de água é constituído por um tubo de PVC rígido com diâmetro Ø=1” (25 mm). Para sua instalação, o trecho perfurado contém furos de Ø=3 mm, dispostos seguindo 4 linhas longitudinais e espaçados 25 mm entre si e ser envolto por duas camadas de tela de nylon (# 60) perfeitamente ajustadas, presas e envoltas por fio de nylon. A parte inferior do tubo é vedada por um tampão com cola apropriada. No caso dos medidores de nível d’água o comprimento do trecho perfurado é variável, em função da profundidade dos furos e deve ser 2,0 m menor que o comprimento total do tubo de PVC, de modo que o trecho perfurado não tenha contato com a calda de cimento e bentonita que é executada na porção superior do instrumento. A parte inferior do tubo é vedada por um tampão com cola apropriada.

Inicialmente preenche o fundo do furo com areia (pré-filtro) em uma extensão de cerca de 0,75 m, que serve de base para assentar o tubo de PVC. Após a execução do pré-filtro, coloca-se o tubo e lança-se areia até a profundidade de 0,60 m abaixo da superfície do terreno. As características

da areia utilizada como filtro e pré-filtro são as mesmas especificadas para a areia utilizada na instalação dos piezômetros.

Depois de completada a instalação dos medidores de nível d'água, estes passam por processo de limpeza através de circulação d'água, injetada sob baixa pressão (1m.c.a). A seguir, após aproximadamente 3 dias da instalação do instrumento, são realizados ensaios para determinação da curva de recuperação dos medidores de nível d'água. Estes ensaios são realizados preenchendo-se o tubo de leituras com água e medindo as variações do nível d'água no instrumento em intervalos de tempo de 30", 1', 2', 5', 10', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 12h, 24h e assim por diante, até a estabilização. Recomendamos que o ensaio de recuperação seja executado tanto nos instrumentos do programa complementar de instrumentação quanto nos medidores de nível d'água existentes.

4.3 Teste de Vida (Ensaio de Equalização ou Dissipação)

A realização da limpeza e teste dos instrumentos têm por objetivo garantir a confiabilidade das leituras, de modo que seja traduzido o real comportamento de cada estrutura. A execução do serviço pode ser descrita em quatro etapas, sendo elas o 1º teste de vida (1º ensaio de equalização), a limpeza, o 2º teste de vida (2º ensaio de equalização) e por último, a análise de funcionamento (tratamento dos dados, cálculo da equalização e coeficiente de permeabilidade). Estas etapas são descritas nos tópicos abaixo.

Os materiais e métodos empregados para a realização do ensaio são baseados na Teoria de Hvorslev, M.J – 1951 "*Time-lag and soil permeability in ground – water observations*", com as seguintes indicações:

- Solo isotrópico com extensão infinita;
- Solo incompressível (não ocorrência de adensamento ou expansão);
- Água e tubos de leituras incompressíveis;
- Validade da lei de Darcy;
- Não ocorrência de variação do nível piezométrico do solo durante a aplicação dos excessos de carga ΔH nos ensaios.

A primeira etapa é executada de acordo com a seguinte sequência:

a) Procedida a leitura do nível d'água e da profundidade de cada instrumento; registro dos dados;

b) No caso de instrumento seco, promove a saturação do solo em torno do bulbo drenante através da injeção de água por um período em torno de 10 minutos;
c) A água que se utiliza no teste é de procedência limpa e isenta de partículas sólidas em suspensão. Se a água da estrutura estiver contaminada, não deve ser utilizada, devendo ser providenciado o transporte de água livre de impurezas para a realização deste serviço;
d) Imediatamente após a colocação da sobrecarga, são executadas as leituras das profundidades do nível d'água no interior do tubo de leitura até a posição de equilíbrio, nos seguintes intervalos de tempo: 0, 30 segundos, 1, 2, 3,4, 5, 6, 8, 15, 30 e 45 minutos, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas, ou até que haja a dissipação da carga hidráulica;
e) Considera-se o ensaio concluído quando o nível d'água atingir a posição de equilíbrio;

Observações:

- Caso o tempo do ensaio seja insuficiente para atingir o nível anterior, são prosseguidas as leituras com 12, 24 e 48 horas, ou até que a haja dissipação da carga;
- Nos piezômetros em que houver dissipação excessivamente rápida, efetuam-se leituras em intervalos menores dos que os indicados acima até atingirem o equilíbrio. Estes não têm necessidade de limpeza;
- A pressão utilizada para fazer a circulação de água não é excessiva para que não cause ruptura hidráulica.
- Os instrumentos somente podem ser testados se estiverem em nível constante, sem influência de testes realizados em instrumentos próximos.

Para a limpeza do equipamento, segue-se como definido abaixo:

a) Injeção de desincrustante (*easy clean* ácido ou similar) nas células piezométricas através de mangueira, na proporção de 5% da quantidade de água dentro da tubulação do piezômetro ou medidor de NA. Agita-se com o auxílio de um vergalhão ou tubo de PVC de diâmetro inferior ao tubo do instrumento. O desincrustante fica em repouso pelo período necessário para a limpeza do instrumento;
b) Expulsa-se a água existente no tubo de leitura e proximidades da célula;
c) Repete-se a operação visando expulsar toda a água com partículas em suspensão até que saia água limpa;

d) Registra-se a leitura final do nível piezométrico;

A pressão da água injetada para a limpeza é suficiente para a retirada dos materiais em suspensão durante a limpeza, tomando o cuidado de não remover areia do interior da célula. Essa medida tem por finalidade evitar o risco de ruptura hidráulica.

Após o fim da limpeza, aguarda-se que a água injetada se dissipe para o interior do solo. Caso não haja dissipação no período de 24 horas após a limpeza, a operação é repetida.

O segundo teste de vida tem como objetivo verificar a eficácia da limpeza ou desobstrução executadas, portanto é executado exatamente como no primeiro ensaio. Após o processo de limpeza e testes são executadas as análises de funcionamento, ou seja, busca de cadastro nos projetos existentes, tratamento dos dados, e cálculo da equalização e coeficiente de permeabilidade. Após o cálculo do coeficiente de permeabilidade, são plotados os gráficos dos ensaios de equalização para a representação matemática em forma de curva da dissipação hidráulica em função do tempo. O eixo y em escala logarítmica representa a razão $\Delta H / \Delta H_o$; e o eixo x, o tempo (em horas).

4.4 Piezômetro tipo Casagrande

O piezômetro tipo Casagrande deverá apresentar tubo de PVC rígido com diâmetro Ø=1” (Ø=25 mm).

O trecho inferior do tubo piezométrico deverá ser perfurado com furos de Ø=3 mm de diâmetro, dispostos segundo 4 linhas longitudinais e espaçados 25 mm entre si. O comprimento do trecho perfurado deverá ser igual a 1,0 m. Todo o trecho perfurado deverá ser envolto por duas voltas de tela de nylon com abertura de malha # 60, envoltos por fio de nylon.

Toda emenda entre tubos piezométricos deverá ser devidamente impermeabilizada com fita de teflon ou cola apropriada, a fim de que seja garantida a sua estanqueidade sob a condição de pressão prevista.

O tubo piezométrico deverá ser vedado em sua parte inferior por um tampão (cap).

Instalação

Inicialmente, deve-se preencher o fundo do furo com areia (pré-filtro) em uma extensão de cerca de 0,75 m, que servirá de base para assentar o bulbo do piezômetro. Após a execução do pré-

filtro, colocar o tubo piezométrico e lançar areia, de maneira a envolver o trecho perfurado (1,0 m) e mais 0,50 m acima dele.

Para o pré-filtro, deverá ser utilizada areia, lavada, com partículas passando na peneira 3/8 polegadas (9,5mm) e retidas na peneira nº 40 (0,42mm). Esta areia deverá ter permeabilidade igual ou superior ao trecho do maciço adjacente.

Acima do pré-filtro, deverá ser feito um selo impermeável de 0,50 m, constituído por bentonita granulada ou em forma de pequenas bolas, que deverá ser lançada no furo de forma controlada e em poucas quantidades por vez, a fim de se evitar que durante a descida os grãos se hidratem em grupos permitindo que espaços vazios sejam mantidos. Tais vazios prejudicariam a formação do selo do bulbo piezométrico possibilitando a comunicação entre o trecho drenante e a camada superior de preenchimento do furo.

O espaço restante do furo, entre o selo impermeável e a sua extremidade superior poderá ser preenchido com argila plástica, argamassa de bentonita e argila na relação 1:8 em volume.

Depois de completada a instalação dos piezômetros, estes deverão passar por processo de limpeza através de circulação d'água, injetada sob baixa pressão (1m.c.a).

A seguir, após aproximadamente 3 dias da instalação do instrumento, deverão ser realizados ensaios para determinação da curva de recuperação dos piezômetros. Estes ensaios deverão ser realizados preenchendo-se o tubo piezométrico com água e medindo as variações do nível d'água no instrumento em intervalos de tempo de 30'', 1', 2', 5', 10', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 12h, 24h e assim por diante, até a estabilização. Recomendamos que o ensaio de recuperação seja executado tanto nos instrumentos do programa complementar de instrumentação quanto nos piezômetros existentes.

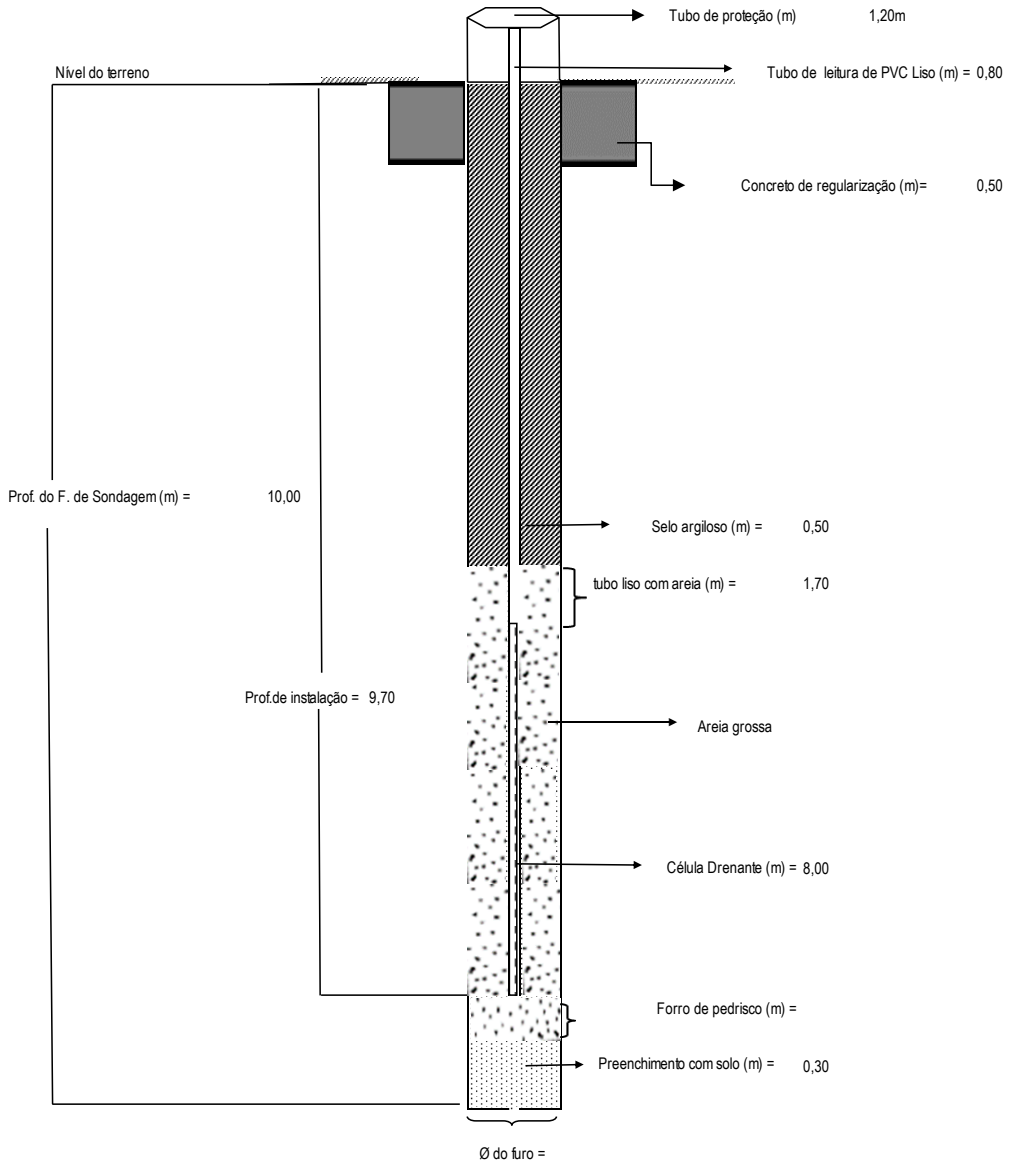
5. CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Após o recebimento das amostras no laboratório, essas são mantidas em local adequado e com a devida identificação, de forma a preservar suas configurações, assim como retiradas em campo. Após a classificação dos testemunhos de sondagens, descrição das amostras, e entrega do relatório, as amostras e testemunhos serão mantidas por um prazo MÁXIMO de 60 (sessenta) dias. Caso o cliente queira mantê-los, tal comunicado deve ser feito IMPRETERÍVELMENTE durante esse prazo. Não havendo manifestação do cliente, as amostras e testemunhos de sondagem serão descartados no 31º (trigésimo primeiro) dia após a entrega do relatório.

6. RESULTADOS

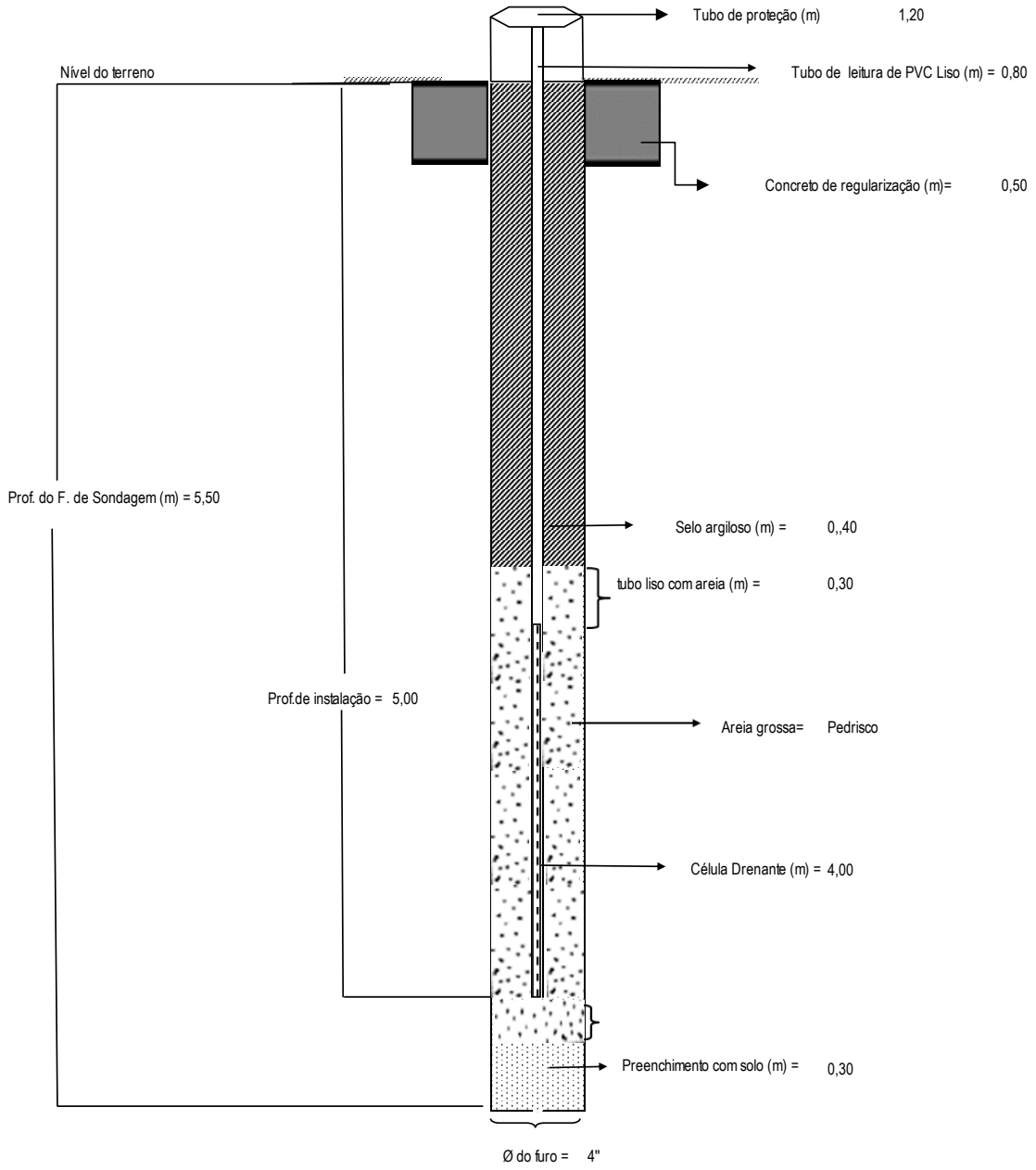
6.1 Croqui de Instalação INA 01

PROSPECSOLOS	**CROQUI CONSTRUTIVO DE INA**		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		**INA 01**
	Obra: Projeto conceitual de reforço de barragem		
	Local: Ponte Nova- MG		Desenho sem escala
COTA TOPO:	**COTA BASE**	**DATA:** 14/12/2024	
COORDENADAS (X,Y):		**N.A. (m):**	**Ø do tubo:**
COMPRIMENTO DO INSTRUMENTO (m): 9,70	**PROF. DO FURO SONDAGEM (m):** 10,00		1 1/2'



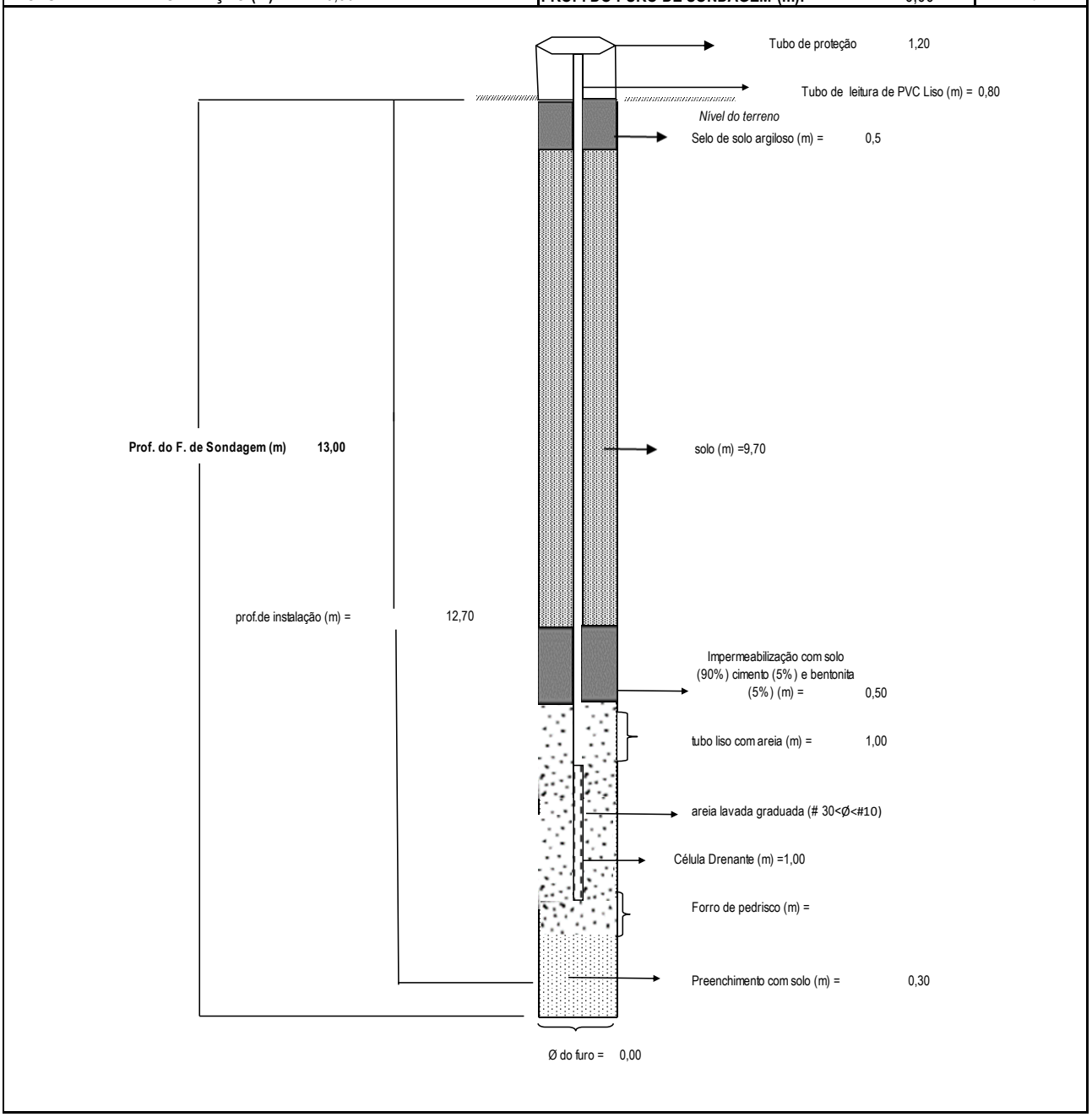
6.2 Croqui de Instalação INA 02

PROSPECSOLOS	**CROQUI CONSTRUTIVO DE INA**		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		**INA-02**
	Obra: Projeto conceitual de reforço de barragem		
	Local: Ponte Nova- MG		Desenho sem escala
COTA TOPO:	**COTA BASE**	**DATA:** 14/12/2024	
COORDENADAS (X,Y):		**N.A. (m):**	**Ø do tubo:**
COMPRIMENTO DO INSTRUMENTO (m): 4,70	**PROF. DO FURO SONDAGEM (m):** 10,00		1 1/2"



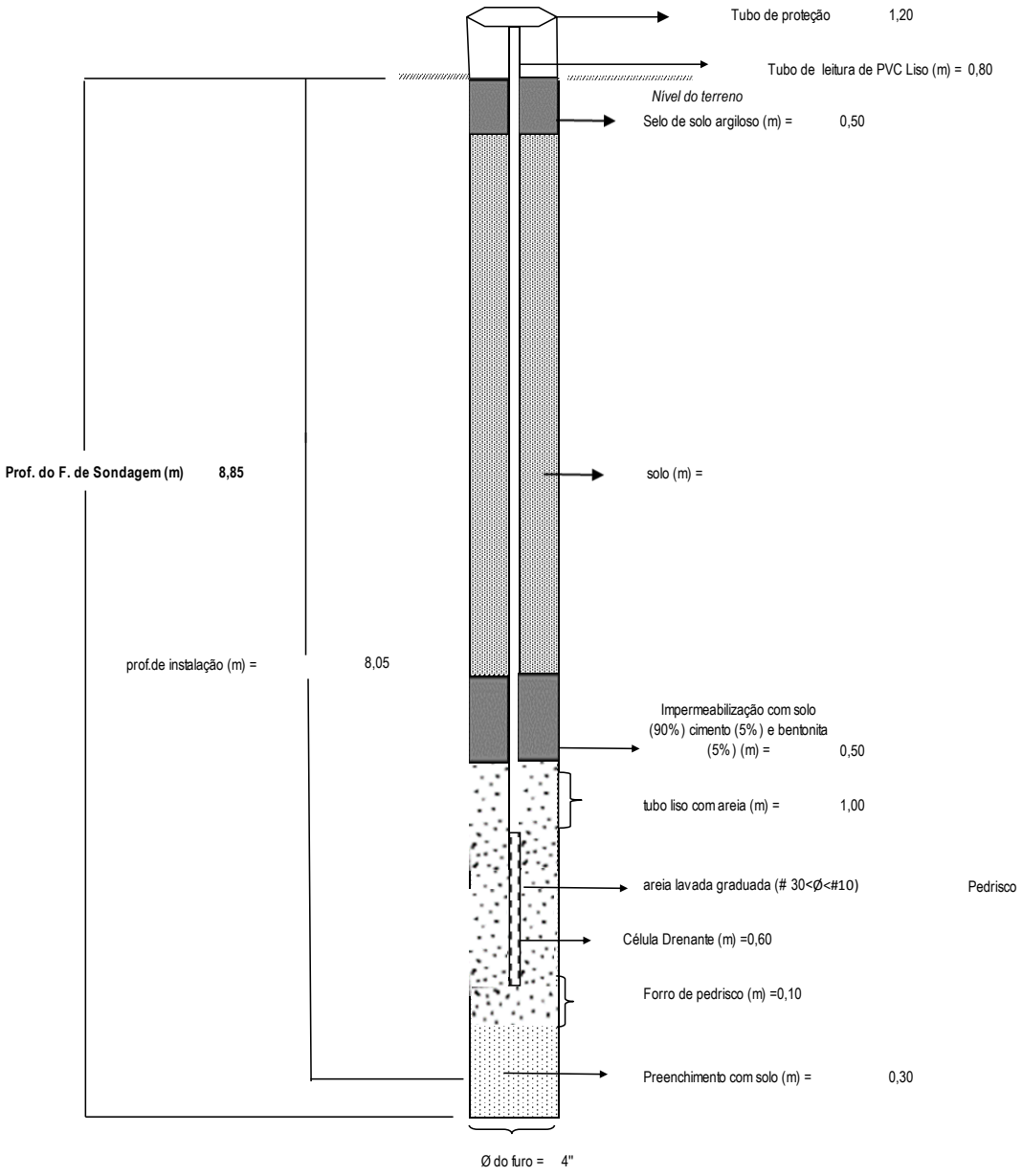
6.3 Croqui de Instalação Piezômetro 01

PROSPECSOLOS Geologia e Sondagens	CROQUI CONSTRUTIVO DE PIEZÔMETRO			PZ 01
	Cliente:	Engx Soluções Integradas		
	Obra:	Projeto conceitual de reforço de barragem		
	Local:	Ponte Nova- MG		Desenho sem escala
COTA TOPO (m):	COTA BASE (m):	DATA: 14/12/2024		
COORDENADAS (X,Y):		N.A. (m):		Ø do tubo:
PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO (m): 13,50		PROF. DO FURO DE SONDAGEM (m): 0,00		1 1/2"



6.4 Croqui de Instalação Piezômetro 02

PROSPECSOLOS Geologia e Sondagens	CROQUI CONSTRUTIVO DE PIEZÔMETRO		PZ 02
	Cliente:	Engx Soluções Integradas	
	Obra:	Projeto conceitual de reforço de barragem	
	Local:	Ponte Nova- MG	Desenho sem escala
COTA TOPO (m):	COTA BASE (m):	DATA: 18/12/2024	
COORDENADAS (X,Y):		N.A. (m):	Ø do tubo:
PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO (m): 8,05		PROF. DO FURO DE SONDAGEM (m): 8,85	1 1/2"

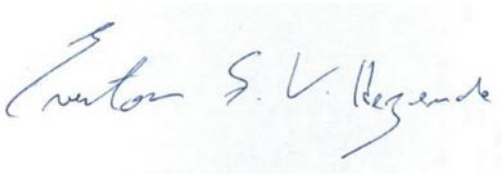


7. REAPRESENTAÇÃO

Colocamo-nos à inteira disposição de V.Sas, para possíveis esclarecimentos.

Nova Lima, 14 de Janeiro de 2025

Atenciosamente,



PROSPECSOLOS
Everton F. V. Rezende
CREA-MG 216981/D

ANEXO IV

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325
CLIENTE: ENG X
LOCAL: PONTE NOVA - MG
OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Viçosa, 07 de Abril de 2025.

A ENGX

Att. Eng André

Local: Ponte Nova -MG

Prezados (as) Senhores (as).

Servimo-nos do presente para apresentar-lhes os resultados da prospecção geológico-geotécnica do subsolo realizada para a obra em foco.

A administração dos serviços abaixo é executada pela Empresa Geopontuall Engenharia Ltda.

1. LOCAL:

O ensaio foi executado em um terreno localizado na cidade de Ponte Nova - MG.

2. METODOLOGIA:

Processo de execução de sondagens de simples reconhecimento do subsolo de acordo com as recomendações da **NBR – 6484/2020,** da **ABNT** e uso do amostrador padronizado **"*RAYMOND*"** ou **S.P.T.**

3. QUANTIDADE DE FUROS EXECUTADOS:

Para a determinação das características geológico-geotécnicas do subsolo foram executados 04 (quatro) ensaios, **designados por SPT-01 a SPT-04.**

4. CARACTERÍSTICAS DA SONDAGEM À PERCUSSÃO:

4.1. **Método de Execução**: No desenvolvimento da sondagem à percussão podem se distinguir três etapas básicas: perfuração, medição de resistência à penetração e amostragem.

a) Perfuração: A técnica de perfuração, a fim de possibilitar a medição da resistência à penetração, é feita observando-se a presença do nível do lençol freático.

- Perfuração acima do nível d'água – executada com trado;
- Perfuração abaixo do nível d'água – executada com a lavagem por circulação de água com o auxílio do trépano. Sendo também usada quando o trado ficar inoperante.

b) Amostragem: A retirada de amostras do subsolo, tipo deformada pode ser feita durante a perfuração, através do trado, da lavagem com circulação de água, ou quando da medição da resistência à penetração pelo amostrador padronizado **S.P.T**.

c) Medição da Resistência à Penetração: A resistência à penetração é representada pelo índice de resistência à penetração, **N (S.P.T)**, que é a soma do número de golpes de um martelo com peso de 65 kgf, caindo em queda livre de uma altura de 75 cm, necessários à penetração dos 30 cm finais do amostrador padronizado **S.P.T.**

WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

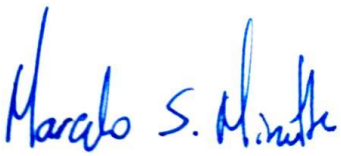
4.2. Generalidades:

a) A classificação do material é feita por método táctil-visual (NBR 7250/82).
b) Amostrador padronizado **"*RAYMOND*"** ou **S.P.T.** de diâmetro externo de 50,80 mm e diâmetro interno de 34,90 mm
c) Haste de aço para avanço: diâmetro interno de 25,00 mm e peso de 30 kgf/ml.
d) Tubo de revestimento com diâmetro interno de 66,50 mm

5. ANEXOS:

- Observações técnicas sobre o nível d'água determinado nas sondagens;
- Relatório individual dos furos de sondagem mostrando: as seqüências dos tipos de solo, os níveis subterrâneos e os valores dos índices de resistência à penetração;
- Registro Fotográfico

Cordialmente,



Marcelo Soares Minette
Engenheiro Civil CREA: 190631D/MG
Diretor Técnico – Geopontuall Engenharia Ltda.

WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

ANEXO 1 – OBSERVAÇÕES TÉCNICAS SOBRE O NÍVEL D'ÁGUA DETERMINADO NAS SONDAGENS

Laboratório de Geotecnia
Geopontuall Engenharia Ltda.

1- A posição do nível d'água relacionada em cada relatório é determinada 24 horas, no mínimo, após o término de cada sondagem, sendo medida a partir da cota da "boca do furo". É importante a sua verificação do lençol sob pressão (não-freático) ou artesiano, bem como a variação de suas cotas no período entre a execução das sondagens e a execução das fundações das obras;

2- A diferença entre as cotas encontradas para o "N.A." nas sondagens ou mesmo a não ocorrência deste, e sua posterior posição à época da execução das fundações das obras, pode ser devida a alguns fatores, a saber:

2.1**- Dimensão dos furos de sondagens**: o pequeno diâmetro destes furos pode implicar em dificuldade de drenagem, não permitindo a estabilização do lençol d'água, o que torna as leituras após 24 horas, como não reais para o local investigado;

2.2- **Condições específicas do subsolo do maciço local**: em subsolos muito argilosos, de baixa permeabilidade, a drenagem é difícil, podendo até mesmo deixar locais em condições impermeáveis, principalmente se for empregada argila bentonita para a estabilização das paredes dos furos. Se houver a ocorrência de camadas arenosas ao longo das paredes do furo, variações imprevistas do lenço d'água poderão ocorrer. Inclusive, diferenças localizadas de cotas de níveis de água podem ser explicadas por estas condições do subsolo local.

2.3- **Condições topográficas**: Em locais topograficamente acidentados, deve-se controlar mais cuidadosamente a posição do nível d'água, considerando-se que condições particulares de drenagem, obras na circunvizinhança e a instalação de poços de bombeamento de água na região podem modificar grandemente as condições verificadas durante a investigação do subsolo.

2.4- **Variações sazonais**: de acordo com as estações do ano, o nível d'água pode variar grandemente, apresentando-se mais próximo da superfície em épocas chuvosas, do que em épocas de menor precipitação pluviométrica. Aconselha-se, por conseguinte, a verificação do "N.A." na data de execução da fundação das obras.

WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

3- Recomendações:

Consubstanciado nas observações citadas, além das que influem na escolha do tipo de fundação e nas “pressões ou taxas admissíveis do subsolo”, citam a seguir algumas recomendações que podem ajudar nas decisões de ordem geotécnica, como por exemplo:

3.1 – Todos os furos são paralisados após 30 minutos de lavagem na cota final do furo, indicando desta forma, a impossibilidade de prosseguir a perfuração a partir de tal cota, provavelmente pela existência de um topo rochoso ou devido à elevada resistência à penetração do amostrador, apresentada pelo solo, conforme estabelecido em norma;

3.2 – O nível d’água está indicado individualmente no boletim;

WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Anexo – Localização dos ensaios

Figura 1- Localização dos ensaios



WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Anexo – Registro Fotográfico

Fotografia 1- SPT-01



WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Fotografia 2- SPT-02



WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Fotografia 3- SPT-03



WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Fotografia 4- SPT-04



WWW.GEOPONTUALL.COM.BR
(31) 3885-1902
R. Araponga, 100, B. Santo Antônio - Viçosa/MG, 36570-000

Geopontuall

Rua Araponga, n° 100, Santo Antônio, Viçosa-MG

GEO SONDAGEM

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO
(SPT)

REVESTIMENTO..... Ø = 2 1/2"
AMOSTRADOR..... Øext= 2"
PESO..... 65 kg
ALTURA DE QUEDA..... 75 cm

SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)
SPT 01	01	0,00

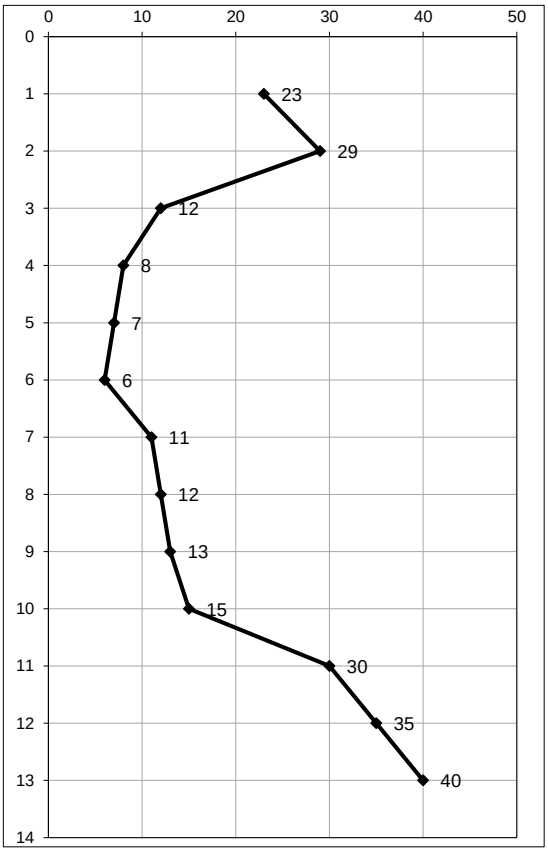
RELATÓRIO N° 086 S1 0325
FOLHA : 01 / 04 OPERADOR ANTÔNIO

CLIENTE: ENGX
OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
LOCAL: PONTE NOVA-MG
INÍCIO: 31/03/25 **FINAL:** 01/04/25

PROFUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'AGUA : -
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 8,00
PROFUNDIDADE TOTAL : 13,45

AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES 15	30	45	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO FIN.	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO / CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)
TH	1R	10	11	12	23	ATERRO ARENOSO, COR VARIEGADA	1	-
TH	2R	13	14	15	29		2	
TH	3R	7	6	6	12		3	
TH	4R	6	4	4	8		4	
TH	5R	4	4	3	7	ATERRO ARENOSO MÉDIO, COR VARIEGADA	5	
TH	6R	4	3	3	6		6	
TH	7R	5	5	6	11		7	
TH	8R	5	6	6	12		8	
TH	9R	6	6	7	13		9	
CA	10R	7	7	8	15	SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS, COR CINZA	10	
CA	11R	14	15	15	30		11	
CA	12R	16	17	18	35	ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS, COR CINZA VARIEGADA	12	
CA	13R	19	20	20	40		13	
						EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1° 10 min: 1cm 2° 10 min: 1cm 3° 10 min: 0cm		

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO
N (SPT)



NOTAS :
01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL
02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA
03) R= AMOSTRA RECUPERADA
04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM

OBS :

RESP. TÉCNICO : MARCELO SOARES MINETTE
CREA : 190631-D/MG

DESENHO : MARCELO MINETTE

Geopontuall

Rua Araponga, n° 100, Santo Antônio, Viçosa-MG

GEO SONDAGEM

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO
(SPT)

REVESTIMENTO..... Ø = 2 1/2"
AMOSTRADOR..... Øext= 2"
PESO..... 65 kg
ALTURA DE QUEDA..... 75 cm

SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)
SPT 02	02	0,00

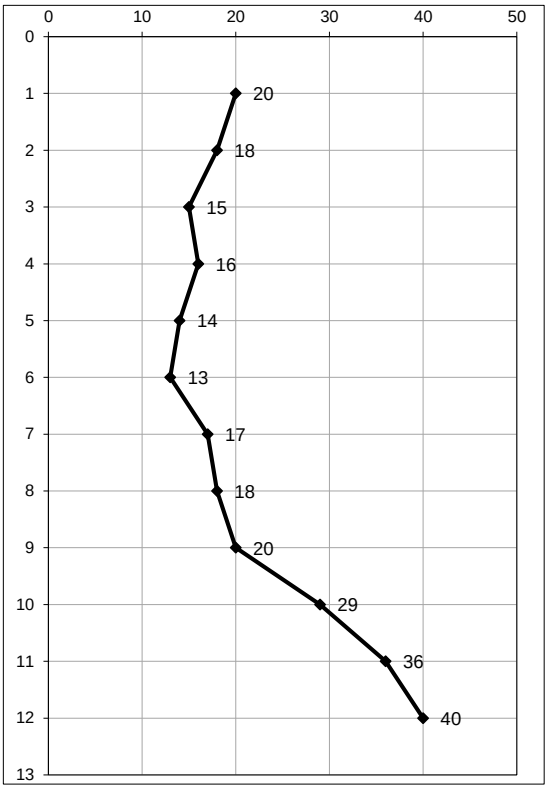
RELATÓRIO N° 086 S1 0325
FOLHA : 02 / 04 OPERADOR ANTÔNIO

CLIENTE: ENGX
OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
LOCAL: PONTE NOVA-MG
INÍCIO: 01/04/25 **FINAL:** 01/04/25

PROFUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'AGUA : -
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 8,00
PROFUNDIDADE TOTAL : 12,45

AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES 15	30	45	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO FIN.	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO / CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)
TH	1R	11	10	10	20	ATERRO ARENOSO, COR VARIEGADA	1	-
TH	2R	10	9	9	18		2	
TH	3R	8	8	7	15		3	
TH	4R	7	8	8	16		4	
TH	5R	8	7	7	14		5	
TH	6R	7	7	6	13	ATERRO ARENOSO MÉDIO, COR VARIEGADA	6	
TH	7R	8	8	9	17		7	
TH	8R	8	9	9	18		8	
TH	9R	9	10	10	20	SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS, COR CINZA	9	
CA	10R	13	14	15	29		10	
CA	11R	15	18	18	36	ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS, COR CINZA VARIEGADA	11	
CA	12R	18	19	21	40		12	
						EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1° 10 min: 3cm 2° 10 min: 2cm 3° 10 min: 1cm		

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)



NOTAS :
01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL
02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA
03) R= AMOSTRA RECUPERADA
04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM

OBS :

RESP. TÉCNICO : MARCELO SOARES MINETTE
DESENHO : MARCELO MINETTE
CREA : 190631-D/MG

Geopontuall

Rua Araponga, n° 100, Santo Antônio, Viçosa-MG

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO
(SPT)

REVESTIMENTO.....	Ø =	2 1/2"	
AMOSTRADOR.....	Øext=	2"	
PESO.....	65 kg		
ALTURA DE QUEDA.....	75 cm		

SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)
SPT 03	03	0,00

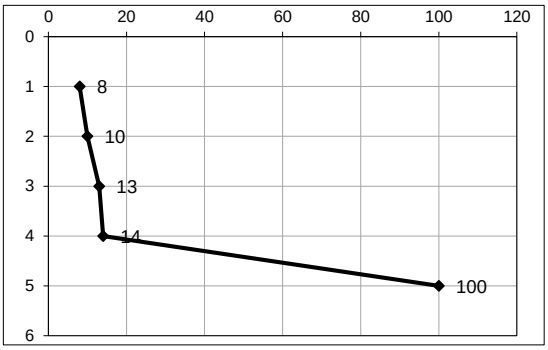
RELATÓRIO N° 086 S1 0325
FOLHA : 03 / 04 OPERADOR ANTÔNIO

CLIENTE: ENGX
OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
LOCAL: PONTE NOVA-MG
INÍCIO: 02/04/25 FINAL: 02/04/25

PROFUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'AGUA : -
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 2,00
PROFUNDIDADE TOTAL : 5,45

AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES 15	30	45	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO FIN.	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO / CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)
TH	1R	3	4	4	8	ATERRO ARGILO ARENOSO MICÁCEO, COR VERMELHA	1	-
TH	2R	5	4	6	10		2	
TH	3R	6	6	7	13		3	
TH	4R	6	7	7	14		4	
TH	5R	50	50	50	100	ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS, COR CINZA VARIEGADA	5	
						EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1° 10 min: 2cm 2° 10 min: 2cm 3° 10 min: 0cm		

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO
N (SPT)



NOTAS :
01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL
02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA
03) R= AMOSTRA RECUPERADA
04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM

OBS :

RESP. TÉCNICO : MARCELO SOARES MINETTE
DESENHO : MARCELO MINETTE
CREA : 190631-D/MG

Geopontuall

Rua Araponga, n° 100, Santo Antônio, Viçosa-MG

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO
(SPT)

REVESTIMENTO.....	Ø =	2 1/2"	
AMOSTRADOR.....	Øext=	2"	
PESO.....	65 kg		
ALTURA DE QUEDA.....	75 cm		

SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)
SPT 04	04	0,00

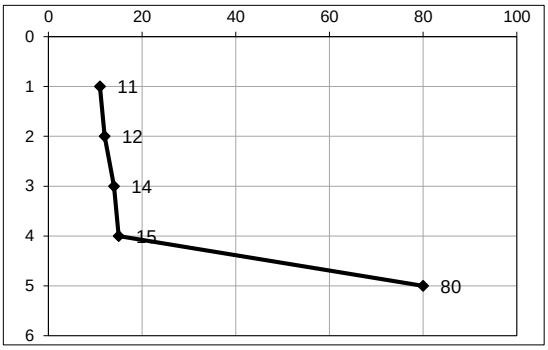
RELATÓRIO N° 086 S1 0325
FOLHA : 04 / 04 OPERADOR ANTÔNIO

CLIENTE: ENGX
OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
LOCAL: PONTE NOVA-MG
INÍCIO: 02/04/25 FINAL: 02/04/25

PROFUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'AGUA : -
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 2,00
PROFUNDIDADE TOTAL : 5,45

AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES 15	30	45	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO FIN.	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO / CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)
TH	1R	5	5	6	11	ATERRO ARGILO ARENOSO MICÁCEO, COR VERMELHA	1	-
TH	2R	5	6	6	12		2	
TH	3R	6	7	7	14		3	
TH	4R	7	7	8	15	AREIA MÉDIA , COR VARIEGADA	4	
TH	5R	40	40	40	80	ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS, COR CINZA VARIEGADA	5	
						EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1° 10 min: 2cm 2° 10 min: 2cm 3° 10 min: 1cm		

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO
N (SPT)



NOTAS :
01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL
02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA
03) R= AMOSTRA RECUPERADA
04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM

OBS :

RESP. TÉCNICO : MARCELO SOARES MINETTE
CREA : 190631-D/MG

DESENHO : MARCELO MINETTE

ANEXO V

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FURO	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BE	BD	EIXO	BE	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7010	7002	7006	7126	7090	7054	7000	6960	7008
PESO DO FRASCO DEPOIS	2594	2516	2579	3020	2911	3668	3436	3399	3109
PESO DA AREIA DESLOCADA	4416	4486	4427	4106	4179	3386	3564	3561	3899
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3796	3866	3807	3486	3559	2766	2944	2941	3279
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,791	2,843	2,799	2,563	2,617	2,034	2,165	2,163	2,411
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,0	27,8	26,9	28,0	28,5	29,0	29,5	29,5	27,5
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4960	4996	4899	4555	4600	3632	3850	3840	4198
DENSIDADE ÚMIDA	3875	3909	3861	3559	3580	2816	2973	2965	3293
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1388	1375	1379	1388	1368	1384	1373	1371	1366
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,8	98,9	99,1	99,8	98,3	99,5	98,7	98,6	98,2
DESVIO DE UMIDADE	-1,0	-1,2	-2,1	-1,0	-0,5	0,0	0,5	0,5	-1,5
PROFUNDIDADE DO FURO	21	22	21	23	23	19	18	17	21
DATA	24/08/24	24/08/24	24/08/24	26/08/24	26/08/24	27/08/24	27/08/24	27/04/24	29/08/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	10	11	11	11	12	12	13	14	14
FURO	1	1	2	3	1	2	1	1	2
AFASTAMENTO	BE	EIXO	BE	BD	BE	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7003	7000	7000	7001	7007	7010	7014	7022	7018
PESO DO FRASCO DEPOIS	3349	4022	4116	2887	2998	3300	3632	3436	3483
PESO DA AREIA DESLOCADA	3654	2978	2884	4114	4009	3710	3382	3586	3535
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3034	2358	2264	3494	3389	3090	2762	2966	2915
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,231	1,734	1,665	2,569	2,492	2,272	2,031	2,181	2,143
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,0	27,5	27,5	28,0	28,5	28,5	30,0	31,0	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4054	2986	2936	4498	4391	3992	3692	3934	3891
DENSIDADE ÚMIDA	3118	2342	2303	3514	3417	3107	2840	3003	2970
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1398	1351	1383	1368	1371	1367	1398	1377	1386
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,5	97,1	99,4	98,3	98,6	98,3	100,5	99,0	99,6
DESVIO DE UMIDADE	1,0	-1,5	-1,5	-1,0	-0,5	-0,5	1,0	2,0	2,0
PROFUNDIDADE DO FURO	22	19	18	25	21	19	17	19	21
DATA	29/08/24	30/08/24	30/08/24	30/08/24	02/09/24	02/09/24	03/09/24	03/09/24	03/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FURO	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7002	7016	7004	7064	7002	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3477	3790	3790	3634	3642	3981	3844	3788	3855
PESO DA AREIA DESLOCADA	3525	3226	3214	3430	3360	3019	3156	3212	3145
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2905	2606	2594	2810	2740	2399	2536	2592	2525
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,136	1,916	1,907	2,066	2,015	1,764	1,865	1,906	1,857
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	26,5	31,0	31,0	27,0	30,0	28,5	29,2	29,9	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3752	3508	3494	3588	3594	3158	3347	3421	3411
DENSIDADE ÚMIDA	2966	2678	2667	2825	2765	2458	2592	2635	2604
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1389	1398	1398	1367	1372	1393	1390	1382	1402
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,8	100,5	100,5	98,3	98,6	100,2	99,9	99,4	100,8
DESVIO DE UMIDADE	-2,5	2,0	2,0	-2,0	1,0	-0,5	0,1	0,9	2,0
PROFUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	04/09/24	05/09/24	05/09/24	06/09/24	07/09/24	09/09/24	09/09/24	10/09/24	10/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

Engx
ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	24	25	26	27	27	28	28	29	30
FURO	1	1	1	1	2	1	2	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3387	3752	3722	3434	3542	3901	3244	3388	3745
PESO DA AREIA DESLOCADA	3613	3248	3278	3566	3458	3099	3756	3612	3255
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2993	2628	2658	2946	2838	2479	3136	2992	2635
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,201	1,932	1,954	2,166	2,087	1,823	2,306	2,200	1,938
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	27,8	31,2	31,7	29,4	29,8	28,5	29,2	29,9	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3889	3528	3594	3888	3794	3288	4117	4011	3561
DENSIDADE ÚMIDA	3043	2689	2729	3004	2923	2559	3188	3089	2718
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1383	1392	1396	1387	1401	1404	1382	1404	1403
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,4	100,0	100,4	99,7	100,7	100,9	99,4	100,9	100,9
DESVIO DE UMIDADE	-1,2	2,2	2,7	0,4	0,8	-0,5	0,1	0,9	2,0
PROFUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	11/09/24	11/09/24	11/09/24	12/09/24	12/09/24	12/06/24	13/09/24	13/09/24	13/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	31	32	33	33	33	34	35	35	36
FURO	1	1	1	2	3	1	1	2	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3384	3189	3480	3854	3921	3800	3924	3487	3711
PESO DA AREIA DESLOCADA	3616	3811	3520	3146	3079	3200	3076	3513	3289
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2996	3191	2900	2526	2459	2580	2456	2893	2669
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,203	2,346	2,132	1,857	1,808	1,897	1,806	2,127	1,963
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,1	29,1	29,6	30,1	30,0	30,0	29,2	30,0	29,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3942	4208	3852	3368	3266	3158	3247	3839	3551
DENSIDADE ÚMIDA	3077	3259	2973	2590	2512	2430	2514	2953	2744
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1397	1389	1394	1394	1389	1281	1392	1388	1398
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,4	99,9	100,2	100,2	99,9	92,1	100,1	99,8	100,5
DESVIO DE UMIDADE	-0,9	0,1	0,6	1,1	1,0	0,9	0,1	1,0	0,4
PROFUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	14/09/24	14/09/24	14/09/24	14/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	37	37	38	38	39	39	40	40	40
FURO	1	2	1	2	1	2	1	2	3
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3255	3684	3571	3385	3444	3278	3381	3580	3400
PESO DA AREIA DESLOCADA	3745	3316	3429	3615	3556	3722	3619	3420	3600
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3125	2696	2809	2995	2936	3102	2999	2800	2980
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,298	1,982	2,065	2,202	2,159	2,281	2,205	2,059	2,191
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,0	28,0	28,7	28,4	28,6	29,4	29,2	30,0	30,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4105	3525	3710	3932	3897	4102	3957	3721	3991
DENSIDADE ÚMIDA	3183	2754	2883	3062	3030	3170	3063	2862	3061
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1385	1389	1396	1391	1404	1390	1389	1390	1397
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,6	99,9	100,3	100,0	100,9	99,9	99,8	99,9	100,4
DESVIO DE UMIDADE	-0,1	-1,0	-0,3	-0,6	-0,4	0,4	0,2	1,0	1,4
PROFUNDIDADE DO FURO	19	18	17	18	20	19	18	20	21
DATA	17/,09/24	17/,09/24	17/,09/24	17/,09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	41	41	42	42	43	43	44	44	44
FURO	1	2	1	2	1	2	1	2	3
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3155	3614	3501	3325	3404	3078	3321	3480	3200
PESO DA AREIA DESLOCADA	3845	3386	3499	3675	3596	3922	3679	3520	3800
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3225	2766	2879	3055	2976	3302	3059	2900	3180
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,371	2,034	2,117	2,246	2,188	2,428	2,249	2,132	2,338
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,8	28,7	29,5	29,5	28,6	29,4	29,2	29,4	29,7
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4305	3625	3790	4032	3909	4372	4052	3841	4205
DENSIDADE ÚMIDA	3317	2817	2927	3114	3040	3379	3136	2968	3242
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1399	1385	1383	1386	1389	1392	1394	1392	1387
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,5	99,6	99,4	99,6	99,9	100,0	100,2	100,1	99,7
DESVIO DE UMIDADE	0,8	-0,3	0,5	0,5	-0,4	0,4	0,2	0,4	0,7
PROFUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	19/09/24	19/09/24	19/09/24	19/09/24	19/09/24	20/09/24	20/09/24	20/09/24	20/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	45	45	46	46	46	47	47	48	48
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4012	4005	4000	4085	4022	4032	4012	4033	4027
PESO DA AREIA DESLOCADA	2988	2995	3000	2915	2978	2968	2988	2967	2973
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2368	2375	2380	2295	2358	2348	2368	2347	2353
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,741	1,746	1,750	1,688	1,734	1,726	1,741	1,726	1,730
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,1	30,1	30,5	30,5	30,7	30,8	30,7	30,6	30,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3152	3175	3188	3075	3179	3162	3175	3160	3150
DENSIDADE ÚMIDA	2424	2440	2443	2356	2432	2417	2429	2420	2416
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1392	1397	1396	1396	1403	1400	1395	1402	1396
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,1	100,5	100,4	100,4	100,9	100,7	100,3	100,8	100,4
DESVIO DE UMIDADE	1,1	1,1	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4
PROFUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	21/09/24	21/09/24	21/09/24	21/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	49	49	49	50	50	51	51	52	52
FURO	1	2	3	1	2	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4055	4075	4125	4177	4134	3988	4055	4121	4111
PESO DA AREIA DESLOCADA	2945	2925	2875	2823	2866	3012	2945	2879	2889
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2325	2305	2255	2203	2246	2392	2325	2259	2269
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,710	1,695	1,658	1,620	1,651	1,759	1,710	1,661	1,668
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,1	29,4	29,4	29,5	29,2	29,4	29,5	29,1	29,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3082	3075	2988	2917	2979	3182	3075	2980	2980
DENSIDADE ÚMIDA	2387	2376	2309	2253	2306	2459	2375	2308	2310
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1396	1402	1393	1391	1396	1398	1389	1390	1385
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,4	100,8	100,1	100,0	100,4	100,5	99,9	99,9	99,5
DESVIO DE UMIDADE	0,1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,5	0,1	0,0
PROFUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	24/09/24	24/09/24	24/09/24	24/09/24	24/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

ENGENHARIA INTEGRADA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	53	53	54	54	54	55	55	56	56
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3955	3982	3980	4001	3974	3967	3988	4010	3987
PESO DA AREIA DESLOCADA	3045	3018	3020	2999	3026	3033	3012	2990	3013
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2425	2398	2400	2379	2406	2413	2392	2370	2393
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,783	1,763	1,765	1,749	1,769	1,774	1,759	1,743	1,760
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,5	30,8	30,7	30,7	30,1	30,6	30,7	29,8	29,7
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3262	3195	3210	3179	3199	3225	3197	3152	3177
DENSIDADE ÚMIDA	2500	2443	2456	2432	2459	2469	2446	2428	2449
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1402	1385	1392	1390	1390	1392	1391	1393	1392
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,8	99,6	100,1	100,0	99,9	100,1	100,0	100,2	100,1
DESVIO DE UMIDADE	1,5	1,8	1,7	1,7	1,1	1,6	1,7	0,8	0,7
PROFUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	25/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	**OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO**			**ATERRO: CONTROLADO**					
CAMADA	57	57	58	58	59	59	60	60	60
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4011	4122	4054	4200	4177	4102	4092	4066	4077
PESO DA AREIA DESLOCADA	2989	2878	2946	2800	2823	2898	2908	2934	2923
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2369	2258	2326	2180	2203	2278	2288	2314	2303
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,742	1,660	1,710	1,603	1,620	1,675	1,682	1,701	1,693
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,9	28,9	28,7	28,7	28,1	28,5	28,4	28,3	28,3
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3122	2985	3065	2869	2892	3002	3010	3040	3021
DENSIDADE ÚMIDA	2422	2316	2382	2229	2258	2336	2344	2369	2355
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1390	1395	1392	1391	1394	1395	1393	1393	1390
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,0	100,3	100,1	100,0	100,2	100,3	100,2	100,1	100,0
DESVIO DE UMIDADE	-0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
PROFUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	27/09/24	27/09/24	27/09/24	27/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24
Observaçãoes								**Engenheiro Responsável**	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

ANEXO VI

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS

Gestão Engenharia
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

PONTE NOVE - MINAS GERAIS
SETEMBRO DE 2021

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035
Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, rayrabcc@gmail.com, cel.: (31)983286799, Whatsapp: (31) 999519788

RELATÓRIO TÉCNICO

Ficha Técnica

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

Equipe Técnica

Engenheira Agrimensora e Cartógrafa: Rayra Bellico Cária e Coelho – CREA: MG-299.677/D
Estagiários:Felipe Catão Mesquita Santos
Mayke Nogueira de Miranda

Gestão Engenharia
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

DATA: 09 de setembro de 2021.

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035
Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, rayrabcc@gmail.com, cel.: (31)983286799, Whatsapp: (31) 999519788

RELATÓRIO TÉCNICO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório tem a finalidade de apresentar os produtos das etapas dos levantamentos batimétricos realizados no reservatório Passa Cinco, no município de Ponte Nova-MG.
Os serviços foram executados visando a geração de produtos na escala de mapeamento 1:8.000, abrangendo uma área estimada de 5 ha, representando a área molhada do empreendimento.
Além da descrição da metodologia de execução, também serão evidenciados os equipamentos utilizados, resultados obtidos e os produtos entregues.

1.1. EMPRESA CONTRATANTE

Nome: PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA – SECRETÁRIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMAM).

1.2. EQUIPE TÉCNICA

Os trabalhos de escritório foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho

Os trabalhos de campo foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho
- Felipe Catão Mesquita Santos
- Mayke Nogueira de Miranda

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório em que os testes foram realizados (Figura 1) é localizado no município de Ponte Nova – MG e apresenta uma área de 5 hectares.

Figura 1. Localização da área do levantamento. Fonte: Google Earth.



3. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO

3.1. APOIO DE CAMPO

3.1.1. Normas Técnicas

Na execução dos trabalhos foram observadas todas as Normas Técnicas e Padronizações pertinentes a realização de cada fase dos serviços, dentre as quais se destacam:

- Decreto-Lei nº 1.177 de 21/06/1971 - Dispõe sobre o aerolevantamento em território nacional;
- Decreto nº 2.278 de 17/07/1997 – RAA - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1177 de 21/06/1971 que dispõe sobre aerolevantamento no território nacional;
- Portaria nº 0637-SC-6/FA-61 de 05/03/1998 - IRA - Aprova as Instruções Reguladoras de Aerolevantamento em território nacional;
- Lei nº 7.565 de 19/12/1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica;

- RPR 22 de 21/07/1983 - IBGE - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos no Território Brasileiro;
- RPR 1/2005 – IBGE - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro para o SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- RPR 4/2012 - Retifica a RPR 1/2005;
- N 1/2008 - IBGE - Norma de Serviço sobre Padrão de Marco Geodésico;
- NBR 13.133, de 30/06/1994 - Que trata da execução de levantamentos topográficos;
- Decreto 89.817, de 20/06/1984 - Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional quanto aos padrões de exatidão;
- Decreto nº 5.334 de 6/01/2005 - Da nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional;
- Decreto-lei nº 243/1967 de 28 de fevereiro de 1967 - Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências;

3.1.2. Sistema Geodésico Empregado

3.1.2.1. Referencial Planialtimétrico

Para o presente trabalho foi considerado como referência básica as estações de primeira ordem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), homologadas junto ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) do IBGE.
Para composição dos produtos finais foi utilizado como referencial planimétrico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). A definição deste sistema é dada pelos parâmetros a seguir apresentados.

- Nomenclatura oficial: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional ITRS (*International Terrestrial Reference System*);
- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System* 1980 - GRS80);
- Semi-eixo maior a= 6.378.137 m; e
- Achatamento f= 1/298.257222101.
- Parâmetros referentes ao posicionamento espacial do elipsoide:
  Origem: Centro de massa da Terra (Geocêntrico); e
  Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em ±0.005” com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l´Heure), em 1984,0.

- Estações de Referência: 21 estações da Rede Continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil e identificadas formam a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. É incluída nesse conjunto a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000;
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4; e
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

3.1.2.2. Referencial Altimétrico

O referencial altimétrico adotado neste projeto é o mesmo utilizado pelo IBGE: datum altimétrico de Imbituba, que coincide com a superfície equipotencial do nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba-SC.

3.2. PROCESSAMENTO E AJUSTAMENTO DO RASTREIO DO VÉRTICE DE APOIO

Com o rastreio de pelo menos 3 horas no marco implantado na área “seca” do reservatório Passa Cinco, foi obtido o arquivo RINEX para o processamento. Todo o processamento foi realizado com base nas normativas do IBGE, respeitando cada detalhe, objetivando a melhor precisão do ponto. Os dados foram inseridos no PPP e logo em seguido feito a correção para os pontos de RTK.

Figura 2. Rastreio do vértice de apoio. Fonte: IBGE.



Figura 3. Processamento PPP do vértice de apoio. Fonte: IBGE.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 03313726

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/08/24 13:32:55,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/08/24 19:25:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CNTT300 NONE
Órbitas dos satélites:[1]	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s)**:**	5,00
Sigma[2] **da pseudodistância**(m)**:**	5,000
Sigma da portadora(m)**:**	0,010
Altura da Antena[3](m)**:**	2,000
Ângulo de Elevação(graus)**:**	10,000
Resíduos da pseudodistância(m)**:**	1,87 GPS 2,78 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm)**:**	1,01 GPS 1,07 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada)[4]	-20° 25′ 27,7190″	-42° 52′ 53,8670″	481,21	7740130.813	721031.077	-45
Na data do levantamento[5]	-20° 25′ 27,7105″	-42° 52′ 53,8693″	481,21	7740131.076	721031.014	-45
Sigma(95%)[6] (m)	0,001	0,003	0,006			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA		
Fator para Conversão (m):	-7,94	**Incerteza (m):**	0,08
Altitude Normal (m):	489,15		

3.3. ONDULAÇÃO GEOIDAL

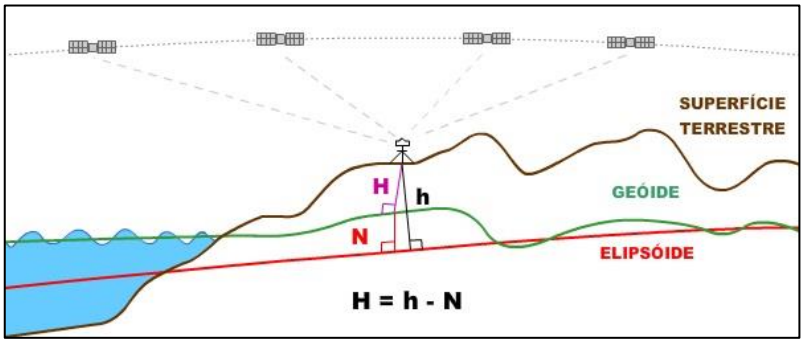
A altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar, mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a Altura (ou Ondulação) Geoidal (diferença entre as superfícies do geoide e elipsoide) para que a altitude acima do nível médio do mar possa ser obtida.
A Altura (ou Ondulação) Geoidal é empregada para converter as altitudes elipsoidais e referenciá-las ao nível médio dos mares com altitudes obtidas sobre o geoide.
O cálculo da Altitude Ortométrica foi realizado através da seguinte equação (Eq. 1) aproximada:

$$H = h - N \qquad \textit{(Eq. 1)}$$

Onde:
H = Altitude Ortométrica;
h = Altitude Geométrica; e
N = Ondulação Geoidal.

A Figura 5 ilustra a Altitude Ortométrica.

Figura 4. Altura (ou Ondulação) Geoidal. Fonte: IBGE.



A partir da Ondulação Geoidal do hgeoHNOR, fornecido pelo IBGE, foram calculadas as Altitudes Ortométricas dos pontos levantados.

Gestão Engenharia
Meio Ambiente e Agrimensura

R E L A T Ó R I O T É C N I C O

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035
Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, rayrabcc@gmail.com, cel.: (31)983286799, Whatsapp: (31) 999519788

1. EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

A equipe do adotou a metodologia de linhas transversais com equidistância de 10 metros e uma linha longitudinal intersectando todas as linhas, para validação e análise das discrepâncias, de acordo com a imagem abaixo (Figura 5).



Figura 5. Planejamento do levantamento batimétrico

Para a execução do levantamento toda a preparação foi realizada e a montagem do sistema foi feita em uma embarcação de oportunidade, de acordo com a Figura 6.

Figura 6. Preparação do levantamento

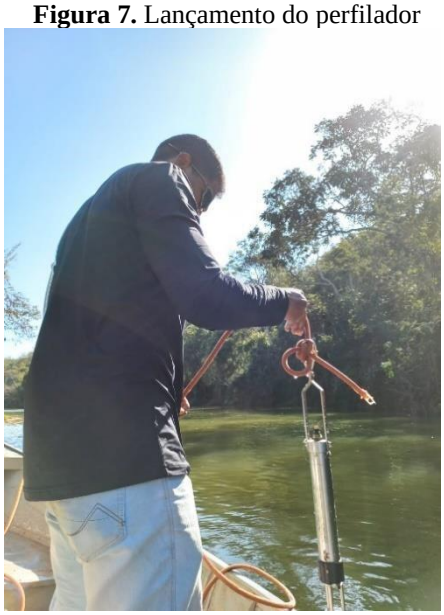


Figura 3 - Preparação do levantamento

A calibração do ecobatímetro foi feita através da utilização do perfilador de velocidade do som na água Teledyne SVP (Figura 7).

Os dados foram descarregados no software Digibar Pro 3.0 e as velocidades obtidas foram aplicadas no software do ecobatímetro BathyLogger para a correta detecção do fundo.

Figura 7. Lançamento do perfilador



Durante o levantamento, foi constatado que a região mais a nordeste do reservatório (Figura 8 e 9) encontrava-se assoreada, impossibilitando a realização da navegação segura para a sondagem, a equipe optou por fazer a coleta de alguns pontos com a metodologia do levantamento topobatimétrico (Figura 10).

Figura 8. Região assoreada

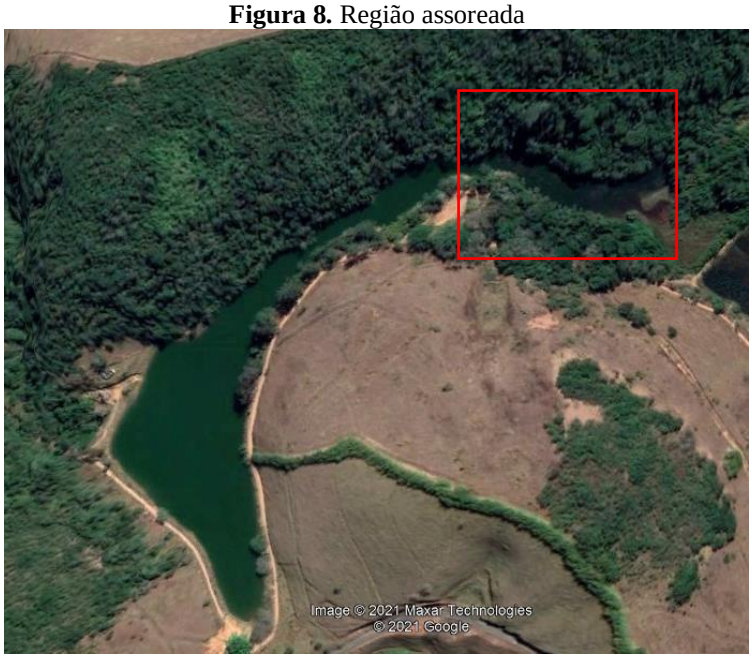


Figura 9. Região assoreada

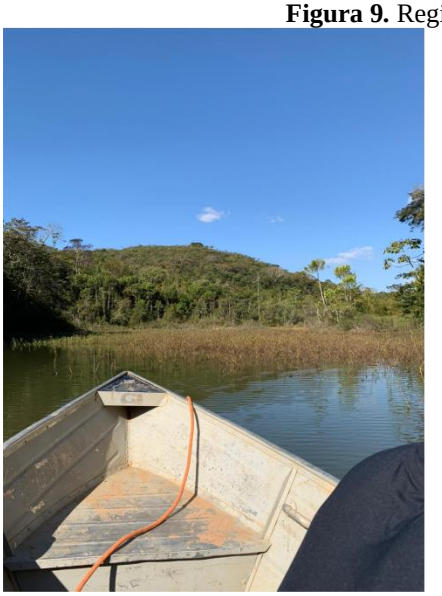




Figura 10. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



Após a coleta dos dados com a metodologia RTK, os dados são integrados com os pontos da batimetria para uma melhor representação do reservatório.

1.1. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade do apoio de campo (Levantamento, Processamento e Ajustamento) corresponde as atividades que visam garantir e atender à qualidade prevista para essa etapa. As atividades de controle da qualidade realizadas para os produtos são descritas a seguir.

1.1.1. Conferência dos Equipamentos

- Checagem do tipo de equipamento utilizado: tipo, marca, modelo, modelo de antena e código;
- Checagem do funcionamento dos equipamentos.

1.1.2. Execução dos Trabalhos de Campo

- Avaliação da localização das Estações Oficiais de Referência existentes;
- Avaliação da localização dos vértices a serem implantados no Apoio Terrestre.

1.1.3. Dados Coletados no Rastreio dos Pontos

- Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis, arquivo GNSS);
- Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
- Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
- Verificação das cadernetas de campo.

1.1.4. Processamento e Ajustamento

- Avaliação dos vetores processados através do relatório de processamento e ajustamento;
- Conferência dos resultados obtidos para atendimento das Normas Técnicas;
- Avaliação do ajustamento através do relatório de ajustamento;
- Conferência, através de testes condicionais, das precisões de todas as coordenadas (desvios-padrão de E, N, h) e ainda da resultante das componentes dos desvios-padrão.

1.1.5. Dados Técnicos

- Análise dos procedimentos metodológicos seguidos, em atendimento às Normas Técnicas;
- Validação dos produtos gerados.

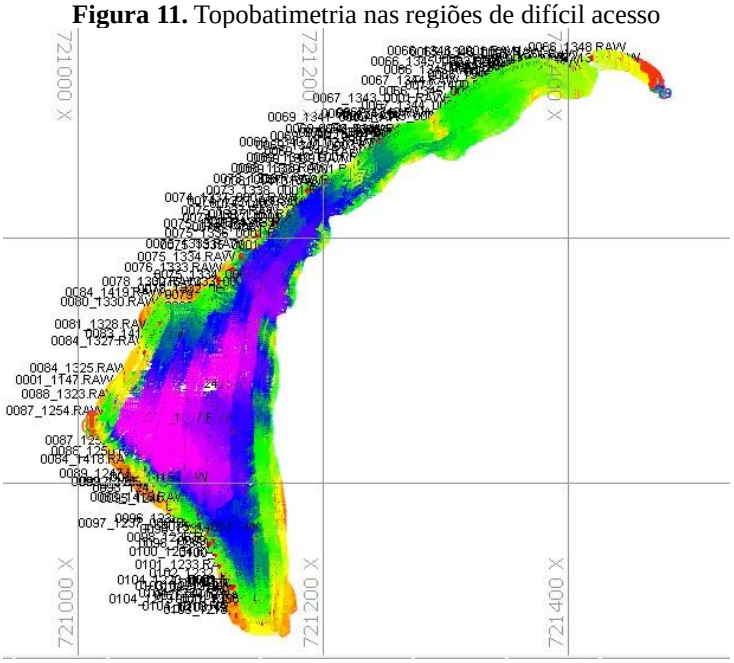
1.1.6. Monografias

- Conferência dos itinerários utilizando o Google Earth;
- Conferência da coerência nos textos gerados, da conectividade entre as palavras, se todas as indicações de nomes próprios são iniciadas por letra maiúscula e a correta pontuação;
- Conferência do tamanho das fotos de campo e fotos de localização; e
- Conferência da existência de apenas um itinerário / foto do campo / foto de localização / croqui para cada vértice e que eles estão tratando da mesma informação em cada item.

2. PROCESSAMENTO DOS LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

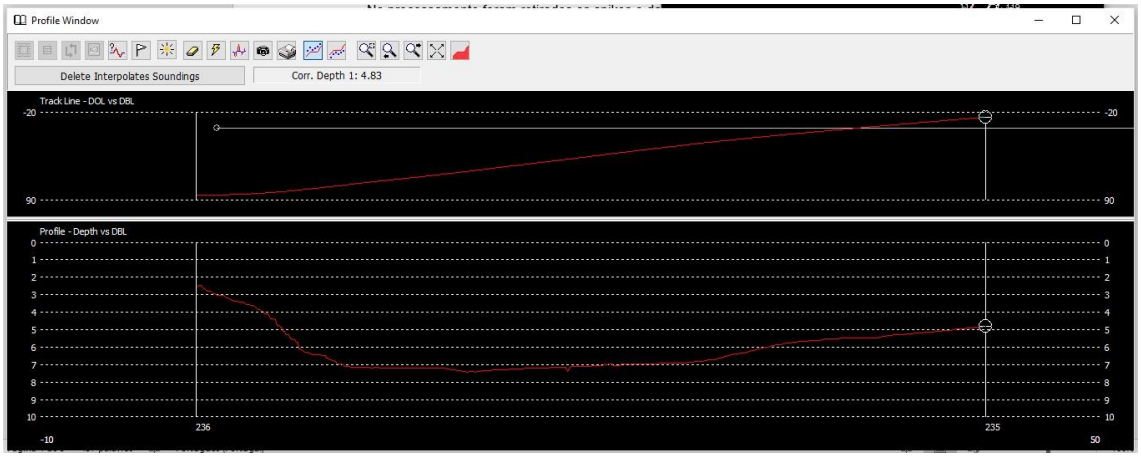
Os dados foram gerados e visualizados no Hypack MAX para que se desse início do processamento e análise das linhas sondadas. A Figura 11 mostra a visão geral dos pontos coletados.

Figura 11. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



No processamento foram retirados os spikes e dados espúrios (Figura 12), limpando os perfis, que já apresentavam poucos ruídos.

Figura 12. Perfil de uma seção realizada.



Após o processamento foram analisados os resultados do reservatório como níveis de profundidade,

volume, entre outros. A Tabela 1 apresenta esses resultados após o processamento.

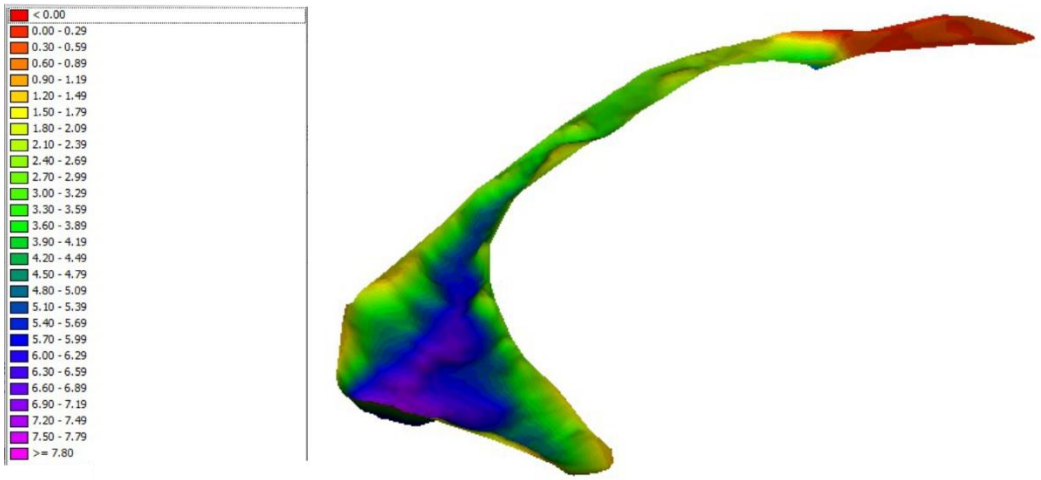
Tabela 1 - Resultados pós-processamento

RESULTADOS BATIMETRIA		

Profundidade Média:	3,87	m
Profundidade Mínima:	0,21	m
Profundidade Máxima:	7,42	m
Volume:	153.780,5	m³
Área:	34.863,8	m²

De acordo com os dados processados, foi gerado também o modelo digital de profundidade (Figura 7) com base nas profundidades obtidas.

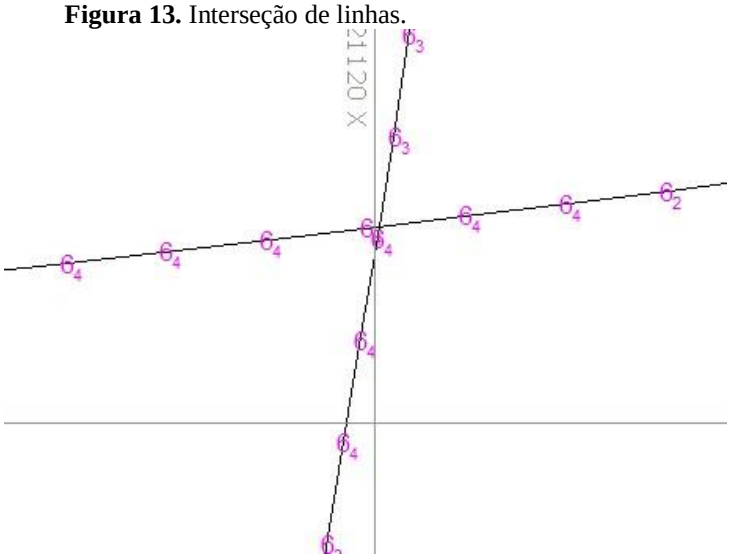
Figura 10. Modelo digital de profundidade.



3. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DOS DADOS

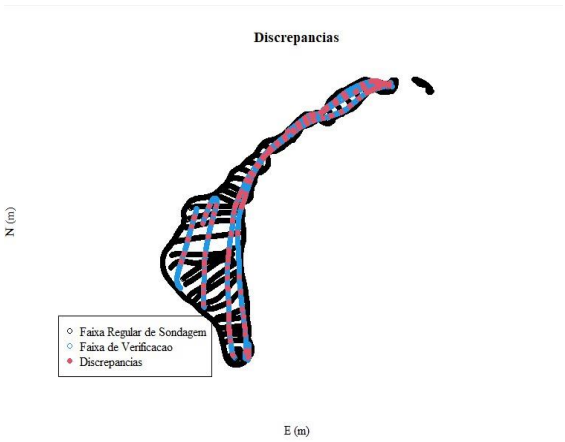
A Figura 13 mostra um exemplo de interseção entre as linhas com uma pequena discrepância das profundidades.

Figura 13. Interseção de linhas.



Para uma análise mais refinada, foi utilizado script *Point to Point* (Ferreira, 2018) para realizar as análises das discrepâncias entre as interseções das linhas transversais e longitudinais. A figura abaixo (Figura 14) apresenta os pontos identificados de interseção entre as linhas sondadas.

Figura 14. Mapa dos pontos de interseção identificados.



Após a inserção dos pontos no formato de coordenadas XYZ nas ferramentas de análise, obtiveram resultados de cada discrepância entre a profundidade da linha regular de sondagem e da linha de

verificação (Tabela 1).

Tabela 2 - Análise estatística das discrepâncias

ANÁLISE ESTATÍSTICA		
----------	----------	
Média:	-0.01	m
Mínimo:	-0.27	m
Máximo:	0.23	m
RMSE	0.22	m
Desvio Padrão	0.22	m

Foram analisadas mais de 1500 pontos de discrepâncias para o controle de qualidade do levantamento batimétrico e é notável os bons resultados apresentados para as incertezas ponto a ponto, apresentando uma incerteza média de 1 centímetro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13133. Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14166. Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro. 1996. 23p.

CIDADE-BRASIL, 2021. Município de Barão de Cocais. Disponível em: https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-barao-de-cocais.html >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

CLIMATE-DATA. **Barão de Cocais Clima (Brasil)**. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/barao-de-cocais-24994/. Acesso em: 25 maio 2021.

COPASA. **Informações sobre abastecimento**. Disponível em: https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/informacoes-sobre-abastecimento. Acesso em: 21 maio 2021.

ENGECORPS ENGENHARIA S.A. **Proposta de revisão do plano municipal de saneamento básico**. Barão de Cocais: Prefeitura Municipal de Barão de Cocais, 2020.

FERREIRA, I. O. **Controle de qualidade em levantamentos hidrográficos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 216p., 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barão de Cocais - Panorama**. 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barao-de-cocais/panorama. Acesso em: 25 maio 2021.

MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS, 2021. Homepage da Prefeitura de Barão de Cocais. Disponível em: < https://www.baraodecocais.mg.gov.br >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

SANTOS, D. A. R.; CAMARGO, P.X. **Classificação do Uso do Solo do Município de Barão de Cocais - MG**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 34p. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. 2018. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#. Acesso em: 25 maio 2021