



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS
DE VIABILIDADE, ESTUDOS
AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL,
PLANO DE REASSENTAMENTO
E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO
NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA, NO
ESTADO DO CEARÁ**

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

**ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO
EXECUTIVO DA BARRAGEM**

VOLUME 1 – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

**TOMO 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO
REVISÃO 2**



NOVEMBRO/2022



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 1 – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

**Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto
Revisão 2**

NOVEMBRO/2022

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

GOVERNADORA: Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH

SECRETÁRIO: Francisco José Coelho Teixeira

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – COGERH

PRESIDENTE: João Lúcio Farias de Oliveira

DIRETOR DE PLANEJAMENTO: Elano Lamartine Leão Joca

COMISFORAM DE FISCALIZAÇÃO (COGERH /SRH)

Geóloga Zulene Almada Teixeira (COGERH)

Geóloga Lucrécia Nogueira de Sousa (SRH)

Eng^a Civil Micaella da Silva Teixeira Rodrigues (COGERH)

Eng^a Civil Mikaelle Duarte Mariano (COGERH)

Geólogo Adahil Pereira de Sena (SRH)

Geóloga Maria Alice Guedes Marques (SRH)

Eng. Agrônomo Moacir de Lima (SRH)

EQUIPE DE APOIO (COGERH /SRH)

Eng. Civil Francisco Alves Veras Júnior (COGERH)

Arquiteto Glauter Magalhães Coutinho (COGERH)

Eng^a Civil Fernanda de Almeida Furtado (SRH)

Eng^a Civil Thaíza Alves Fernandes (SRH)

Geógrafa Albeniza Barbosa Cavalcante (SRH)

Eng. Agrônomo Luis Carlos Rocha Mota (SRH)

Eng. Agrônomo Francisco Plutarco Sousa Lima (SRH)

EQUIPE TÉCNICA IBI/TPF

Eng. Civil Iuri José Alves de Macedo

Eng. Civil Adonai de Souza Porto

Eng. Civil Orinaldo Sérgio Oliveira Freitas

Eng. Civil Flávio Lage Rocha

Eng^a Civil Ivelise Marconi Strozberg

Eng. Civil Victor Costa Porto

Eng. Civil Hypérides Pereira de Macedo

Economista Naimar Gonçalves Barroso Severiano

Eng^a Agrônoma Maria Vilalba Alves de Macedo

Economista Raimundo Eduardo Silveira Fontenele

Rev.	Data	Por	Aprov.	Descrição das revisões
00	15/07/2022	Ornaldo Freitas	Iuri Macedo	Emissão Inicial
01	30/09/2022	Ornaldo Freitas	Iuri Macedo	Revisão geral conforme solicitado pela Comissão de Fiscalização
02	07/11/2022	Ornaldo Freitas	Iuri Macedo	Revisão geral conforme solicitado pela Comissão de Fiscalização

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao **Volume I, Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto**, parte integrante da Fase C – Projeto Executivo da Barragem, Etapa C1 – Projeto Executivo da Barragem, objeto do Contrato N°009/2019/COGERH/CE, que tem como objetivo a “ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO, NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ”, firmado entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e o CONSÓRCIO IBI/TPF, como decorrência da citada empresa ter sido vencedora do processo licitatório previsto no Edital de Concorrência Pública N° 20170001/COGERH/CCC.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, foram constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Partes, Volumes e Tomos. As Fases e Tomos que compõem o acervo do contrato foram apresentados na sequência:

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

ETAPA A1 – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM – RELATÓRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA OBRA – RIO E ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL (EVA)

- Volume 1 – Relatório de Identificação de Obras – RIO
 - Tomo 1 – Estudos de Alternativas de Localização da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos
 - Tomo 2 – Estudos de Viabilidade Ambiental da Barragem Poço Comprido – EVA

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Estudos Básicos
 - Tomo 1 – Topografia – Textos
 - Tomo 1A – Topografia – Desenhos
 - Tomo 2 – Cartografia – Textos
 - Tomo 3 – Hidrologia – Textos
 - Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos
 - Tomo 4.1 – Estudo dos Materiais Construtivos - Texto
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Sondagens e Ensaios Barragem e Vertedouro – Anexos I

- Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Ensaios das Jazidas – Anexos II.
- Volume 2 – Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1 – Relatório do Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos e Plantas
 - Tomo 1B – Memória de Cálculos

ETAPA A3 – RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE (RFV)

- Volume 1 – Relatório Final de Viabilidade

FASE B – ESTUDOS AMBIENTAIS, LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

ETAPA B1 – ESTUDOS DOS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE (EIA/RIMA)

- Volume 1 – Estudo de Impacto Ambiental – EIA
 - Tomo 1 – Relatório dos Estudos Básicos
 - Tomo 2 – Relatório do Diagnóstico Ambiental
 - Tomo 3 – Relatório da Identificação a Avaliação dos Impactos Ambientais
 - Tomo 4 – Minuta do Relatório Final do EIA/RIMA
 - Tomo 5 – Relatório Final do EIA/RIMA aprovado pela SEMACE

ETAPA B2 – LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

- Volume 1 – Levantamento Cadastral
 - Tomo 1 – Relatório Geral
 - Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação
 - Tomo 3 – Levantamentos Topográficos
- Volume 2 – Plano de Reassentamento
 - Tomo 1 – Diagnóstico
 - Tomo 2 – Relatório contendo a identificação e seleção de áreas destinadas a relocação da população e levantamento das infraestruturas atingidas
 - Tomo 3 – Relatório do Projeto Básico das Infraestruturas a serem realocadas – Plano de Realocação
 - Tomo 4 – Relatório Final da Realocação, Remanejamento da População e Infraestruturas

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Projeto Executivo da Barragem
 - **Tomo 1 – Memorial Descritivo**
 - Tomo 2 – Desenhos
 - Tomo 3 – Memória de Cálculo – Texto
 - Tomo 3A – Anexos
 - Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento
 - Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento
 - Tomo 6 – Relatório Síntese

ETAPA C2 – INSTRUIR A ELABORAÇÃO DO CERTIFICADO DA SUSTENTABILIDADE DE OBRA HÍDRICA – CERTOH

O presente relatório refere-se ao **Volume 1 – Projeto Executivo da Barragem - Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto** da Barragem Poço Comprido e tem por objetivo geral, apresentar a descrição geral dos elementos do projeto executivo da referida barragem.

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 - ANTECEDENTES HISTÓRICOS DO PROJETO	16
1.2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉCNICAS DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO	17
1.2.1 - Curva Cota x Área x Volume	19
1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	21
1.4 - LISTA DE DESENHOS	23
1.4.1 - Desenhos do Projeto Executivo	23
1.4.2 - Desenhos do Anteprojeto	25
2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS.....	27
2.1 - ESTUDOS DE TOPOGRAFIA E CARTOGRÁFICO	27
2.1.1 - Estudo cartográfico.....	27
2.1.2 - Estudo topográfico.....	30
2.1.3 - Equipamentos Utilizados	30
2.1.4 - Execução dos Trabalhos	30
2.1.4.1 - Transporte de Coordenadas.....	30
2.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	38
2.2.1 - Estudos Geológicos.....	38
2.2.1.1 - Geologia Regional e Local	38
2.2.1.2 - Descrição Geológica do Eixo da Barragem.....	42
2.2.1.3 - Sismicidade	44
2.2.1.4 - Conclusões dos Estudos Geológicos	48
2.2.2 - Estudos Geotécnicos.....	49
2.2.2.1 - Sondagens no Eixo do Barramento.....	49
2.2.2.2 - Estudos dos Materiais Construtivos e Jazidas	56
2.2.2.3 - Escavações Obrigatórias.....	67
2.2.2.4 - Conclusões dos Estudos Geotécnicos	68
2.3 - ESTUDOS DE HIDROLOGIA	72
2.3.1 - Hidrologia Regional	73
2.3.2 - Hidrologia da Área em Estudo.....	82
2.3.3 - Estudo de Cheias	84
2.3.4 - Estudos Complementares	87
3 - ALTERNATIVA DE EIXO.....	90
3.1 - ESCOLHA DOS EIXOS BARRÁVEIS.....	90
3.1.1 - Introdução.....	90
3.1.2 - Elementos dos Eixos Localizados	93
3.1.3 - Características Físicas das Alternativas.....	94
3.1.4 - Geologia dos Eixos - Eixo 1, Eixo 2, Eixo 3	101
3.1.4.1 - Mapeamento do Eixo 1.....	102
3.1.4.2 - Mapeamento do Eixo 2.....	107
3.1.4.3 - Mapeamento do Eixo 3.....	109

3.1.5 - Reservas Minerais (Areia, Pedregulho/Rocha, Argila) na Área do Entorno	113
3.2 - CENÁRIOS PARA A COMPARAÇÃO E ESCOLHA DO EIXO BARRÁVEL	117
3.2.1 - Análise e Justificativa das Alternativas de Barramento	117
3.2.1.1 - Fatores Positivos	117
3.2.1.2 - Fatores Negativos	120
3.2.2 - Conclusão das Análises e Justificativas das Alternativas de Barramento	123
4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO	127
4.1 - INTRODUÇÃO	127
4.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	127
4.3 - DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM	130
4.3.1 - Definição da Geometria da Barragem Poço Comprido	130
4.3.2 - Fundações da Barragem	137
4.3.3 - Drenagem Interna da Barragem	139
4.3.4 - Curva Chave do Riacho dos Macacos à Jusante do Eixo da Barragem	144
4.3.4.1 - Condições e Critérios Utilizados para o Desenvolvimento do Cálculo Hidráulico	144
4.3.4.2 - Conclusões	148
4.3.5 - Análise de Estabilidade da Estrutura do Maciço da Barragem	150
4.3.5.1 - Introdução	150
4.3.5.2 - Resultados Obtidos	153
4.4 - DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO	154
4.4.1 - Introdução	154
4.4.2 - Nova Simulação de Enchimento do Reservatório	156
4.4.3 - Canal de Aproximação	159
4.4.4 - Canal de Restituição	162
4.4.5 - Aproveitamento do Material Escavado	164
4.5 - DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA E DESCARGA DE FUNDO	166
4.5.1 - Introdução	166
4.5.2 - Descrição das Obras	167
4.5.3 - Definição da Descarga de Fundo	167
4.5.4 - Características Gerais da Tomada d'Água	169
4.6 - INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM	172
4.7 - INTERFERÊNCIA DA OBRA COM A INFRAESTRUTURA EXISTENTE	174
4.8 - PROJETO ELÉTRICO	174
4.8.1 - Suprimento de Energia	175
4.8.2 - Instalações Elétricas Prediais	175
4.8.3 - Iluminação Externa	177
4.8.4 - Iluminação Interna	177
4.8.5 - Proteção e Medição	177
4.8.6 - Para-raios	177
4.8.7 - Aterramento	178
4.8.8 - Quadro de Carga	178

4.8.9 - Recomendações Técnicas Básicas.....	180
4.8.10 - Observações	180
4.8.11 - Motores Elétricos.....	181
5 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	183
6 - CANTEIRO DE OBRA	185
7 - EQUIPAMENTOS MÍNIMOS NECESSÁRIOS À EXECUÇÃO DA OBRA.....	187

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Cota x Área x Volume.....	20
Quadro 2.1 - Relação de Marcos no Eixo Principal da Barragem	33
Quadro 2.2 - Quadro do Levantamento de Jazidas.....	34
Quadro 2.3 - Sondagens Mistas na Barragem	51
Quadro 2.4 - Ensaios de Perda d'Água Específica	52
Quadro 2.5 - Sondagens Percussivas no Eixo da Barragem	53
Quadro 2.6 - Ensaio de permeabilidade na barragem.....	54
Quadro 2.7 - Sondagem Rotativa no Vertedouro	55
Quadro 2.8 - Sondagens Percussivas	56
Quadro 2.9 - Características Gerais das Jazidas Estudadas	57
Quadro 2.10 - Características das Jazidas de Solo Passíveis de Exploração	59
Quadro 2.11 - Resumo dos Resultados - Ensaios de Caracterização dos Solos (valores médios da segunda campanha de sondagem).....	60
Quadro 2.12 - Resumo dos Resultados – Ensaios Triaxiais CU	60
Quadro 2.13 - Resumo dos Resultados – Ensaios Triaxiais UU	60
Quadro 2.14 - Resumo dos Resultados - Ensaios Cisalhamento Direto Lento.....	61
Quadro 2.15 - Resumo do Ensaio de Permeabilidade a Carga Variável	61
Quadro 2.16 - Resumo do Ensaio de Expansão	62
Quadro 2.17 - Ensaios Realizados na Areia.....	63
Quadro 2.18 - Principais Características dos Depósitos de Areia ao Longo do Riacho dos Macacos	63
Quadro 2.19 - Resumo de Determinação do Teor de Matéria Orgânica da Areia	64
Quadro 2.20 - Resumo do Ensaio de Permeabilidade com Carga Constante da Areia	65
Quadro 2.21 - Características das Pedreiras Passíveis de Exploração	66
Quadro 2.22 - Resumo do Ensaio de Desgaste à Abrasão Los Angeles.....	66
Quadro 2.23 - Características da Jazida de Revestimento	67
Quadro 2.24 - Resumo dos Ensaios de Caracterização da Jazida para Revestimento	67
Quadro 2.25 - Quantitativos de Material Pétreo	68
Quadro 2.26 - Cota x Área x Volume.....	72
Quadro 2.27 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C)	74
Quadro 2.28 - Umidade Relativa Média	74
Quadro 2.29 - Insolação Média	75
Quadro 2.30 - Nebulosidade.....	76
Quadro 2.31 - Evaporação Total Média Mensal	76
Quadro 2.32 - Evapotranspiração Potencial Mensal	77
Quadro 2.33 - Evapotranspiração Potencial Mensal - Hargreaves	78
Quadro 2.34 - Evapotranspiração Potencial Mensal - Penman-Monteith.....	80
Quadro 2.35 - Intensidade (Velocidade) e Direção Média Mensal dos Ventos	81
Quadro 2.36 - Estações Pluviométricas Utilizadas no Estudo.....	82
Quadro 2.37 - Vazões Regularizadas para Diferentes Garantias Considerando o Reservatório a Montante (Carmina)	83
Quadro 2.38 - Cálculo do Volume Anual Regularizado para uma Garantia de 90% Considerando o Reservatório a Montante (Carmina).....	84
Quadro 2.39 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=1.000 anos.....	85
Quadro 2.40 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=10.000 anos.....	85

Quadro 2.41 - Resultados dos Estudos de Cheia Revisados para TR=1.000anos e TR=10.000 anos	86
Quadro 2.42 - Síntese das Características Hidrológicas	86
Quadro 3.1 - Coordenadas e Extensão dos Eixos	93
Quadro 3.2 - Cota x Área x Volume.....	95
Quadro 3.3 - Cota x Área x Volume.....	97
Quadro 3.4 - Cota x Área x Volume.....	99
Quadro 3.5 - Características Físicas das Alternativas.....	100
Quadro 3.6 - Capacidade de Acumulação dos Eixos Alternativos	121
Quadro 3.7 - Principais Características dos Eixos Barráveis	123
Quadro 3.8 - Custo do m ³ de Água Reservável nos Eixos Barráveis.....	124
Quadro 3.9 - Ponderação dos Aspectos Envolvidos nas Alternativas de Barramento	124
Quadro 3.10 - Análise das Alternativas Barráveis em Relação aos Critérios de Avaliação Adotados	125
Quadro 4.1 - Cascalho.....	132
Quadro 4.2 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de RIP-RAP	134
Quadro 4.3 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição.....	135
Quadro 4.4 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição Brita	141
Quadro 4.5 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição Brita	141
Quadro 4.6 - Resumo do Cálculo de Verificação da Ponte Sobre o Riacho dos Macacos ..	148
Quadro 4.7 - Valores de FS mínimos Segundo Critérios Eletrobrás	153
Quadro 4.8 - Resumo das Análises de Estabilidades	153
Quadro 4.9 - Resumo das Análises de Estabilidades com os Menores FS	154
Quadro 4.10 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=1.000 anos.....	154
Quadro 4.11 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=10.000 anos.....	155
Quadro 4.12 - Resultados dos Estudos de Cheia Revisados para TR=1.000anos e TR=10.000 anos	155
Quadro 4.13 - Dimensionamento do canal de aproximação	160
Quadro 4.14 - Resumo da Localização e Instalação dos Piezômetros nas Seções	173
Quadro 4.15 - Resumo da Localização e Instalação dos Marcos Superficiais.....	173
Quadro 4.16 - Resumo da localização e Instalação dos Medidores de Recalque	173
Quadro 4.17 - Resumo da Localização e Instalação dos Medidores de Vazão	173
Quadro 4.18 - Identificação dos Motores a Serem Instalados.....	175
Quadro 4.19 - Cargas do Sistema Elétrico	179

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Curva Cota x Área x Volume - Barragem Poço Comprido	20
Figura 2.1 - Localização da Área de Imageamento	29
Figura 3.1 - Alternativas dos Eixos Barráveis	91
Figura 3.2 - Cota x Área x Volume	96
Figura 3.3 - Cota x Área x Volume	98
Figura 3.4 - Cota x Área x Volume	100
Figura 3.5 - Mapa Geológico Resumido da Região de Santa Quitéria e Hidrolândia e Localização dos Três Eixos Estudados, Cavalcante et al (2003).....	101
Figura 3.6 - Eixo 1, Perfil e Planta, Cartografia, Geologia Local e Estrutural.....	103
Figura 3.7 – A) Distribuição da Foliação com Direção Preferencial NE e NW e Caimento Quase Leste Oeste. B) Fraturas no Eixo 1.	104
Figura 3.8 - Eixo 2, Perfil e Planta, Cartografia, Geologia Local e Estrutural.....	108
Figura 3.9 - Eixo 3, Perfil e Planta, Cartografia, Geologia Local e Estrutural.....	111
Figura 3.10 - Estereogramas Mostrando Distribuição da Foliação (A) e das Fraturas em (B) no Eixo 3.....	112
Figura 4.1 - Arranjo Geral da Obra	129
Figura 4.2 - Detalhe das Transições.....	133
Figura 4.3 - Curvas Granulométricas dos Materiais de Montante	135
Figura 4.4 - Seção Tipo da Barragem	136
Figura 4.5 - Curva Granulométrica dos Materiais de Construção Disponíveis nas Jazidas Estudadas.....	140
Figura 4.6 - Curvas Granulométricas de Cada Material do Sistema de Drenagem	140
Figura 4.7 - Seção de Estudo	142
Figura 4.8 - Rede de Fluxo	142
Figura 4.9 - Esquema de Cálculo do Filtro Inclinado.....	143
Figura 4.10 - Planta Baixa com Localização das Seções.....	146
Figura 4.11 - Perfil Longitudinal do Riacho dos Macacos	149
Figura 4.12 - Seção Transversal Eixo 2	149
Figura 4.13 - Seção Máxima Estaca 130+0,0 m.....	150
Figura 4.14 - Vertedouro de soleira espessa para período de retorno 1.000 anos	157
Figura 4.15 - Vertedouro de soleira espessa para período de retorno 10.000 anos.....	158
Figura 4.16 - Canal de aproximação	161
Figura 4.17 - Curva do remanso do canal de aproximação.....	161
Figura 4.18 - Canal de restituição esquema da série de quedas	163
Figura 4.19 - Planta Baixa e Perfil do Vertedouro	165
Figura 4.20 - Curva Cota x Tempo de Esvaziamento com Dois Tubos Diâm. 1.500mm	168
Figura 4.21 - Arranjo Geral da Tomada d'água	171

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

A região do alto rio Acaraú que atravessa os sertões dos municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia, apresenta, como em várias outras regiões do semiárido nordestino, geologia cristalina que produz rios intermitentes, pluviometria irregular concentrada em poucos meses do ano provocando uma intensificação dos processos migratórios para os grandes centros urbanos, afetando de forma direta a qualidade de vida da população.

A melhoria do suprimento de água para múltiplos usos é uma medida fundamental para o desenvolvimento local. Neste contexto, a execução de obras de barragens se apresenta como opção de medidas não apenas de combate às secas periódicas, mas sim, de convívio com as mesmas, de forma a melhorar as condições adversas.

O rio Acaraú nasce na Serra das Matas, na região centro-oeste, em cotas superiores a 800,00 m e se desenvolve, predominantemente, no sentido sul-norte por 315,00 km até sua foz, drenando uma área de 14.423,00 km². Seu trecho inicial apresenta uma forte declividade como resultado da região montanhosa e, no seu primeiro terço, a declividade se reduz bastante, traduzindo a predominância do relevo suave que caracteriza a bacia. Os principais afluentes encontram-se na margem direita, podendo-se citar os seguintes rios: riacho dos Macacos, Groaíras, Jacurutu e Sabonete, sendo os dois primeiros formadores de bacias de grande porte. Pela margem esquerda, o afluente de maior destaque é o rio Jaibaras.

No médio curso do rio Acaraú, próximo à área onde este apresenta estreitamento de sua calha fluvial, mais especificamente a montante da cidade de Sobral, a confluência dos rios Groaíras, Jacurutu e riacho dos Macacos, tornam-se bastante caudalosos nas suas confluências com o rio Acaraú, produzindo como resultado enchentes que atingem o município de Sobral. Como o rio Jacurutu e o riacho dos Macacos não foram controlados por barramentos e, especificamente este último, por ser bastante caudaloso nos períodos chuvosos, contribui muito para o evento extremo de enchentes em Sobral.

A barragem Poço Comprido é uma obra planejada, que objetiva o abastecimento da população regional, como também sua integração ao sistema de perenização de água da bacia do rio Acaraú e minimização dos efeitos das enchentes em Sobral.

O açude Poço Comprido foi planejado em local estratégico, aproximadamente a 80 km a montante da cidade de Sobral, próximo à confluência com o rio Acaraú, barrando o riacho dos Macacos, de forma a melhorar as condições de perenização a jusante de todo o Acaraú.

A obra se destina, principalmente, ao abastecimento humano dos municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia, favorecendo diretamente uma população de aproximadamente 64.000 habitantes. Também permitirá a redução das enchentes na cidade de Sobral, além do reforço da perenização do rio Acaraú, promovendo melhor sustentabilidade ao perímetro irrigado do Baixo Acaraú, bem como às pequenas irrigações nos municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia.

Dentre as demais finalidades, se destacam a perenização de 33 km do riacho dos Macacos, a irrigação potencial de 200 hectares em aluvião ao longo do trecho perenizado, o aproveitamento de vazantes e implementação da piscicultura com produção anual estimada de 775 toneladas de peixes possibilitando ampliar as oportunidades de ocupação, renda e oferta de alimentos.

Portanto, a construção e operação da barragem Poço Comprido possibilitará o armazenamento da água nos períodos chuvosos e melhor distribuição dessa nos períodos secos, permitindo a continuidade e melhoria das atividades humanas na região.

1.1 - ANTECEDENTES HISTÓRICOS DO PROJETO

O projeto da barragem Poço Comprido decorre dos Estudos Integrados do Plano Diretor de desenvolvimento do Vale do Acaraú (DNOCS-1977), que incluiu no seu contexto um programa de novos barramentos destinados a complementar as disponibilidades hídricas do sistema do Vale do Acaraú.

Estes estudos foram elaborados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS e constaram de estudos de Viabilidade Técnica, do Projeto da Barragem, elaborados pela extinta consultora SEEBLA Engenharia de Projetos, no âmbito do contrato PGE 11/77.

Um segundo estudo relevante sobre o projeto, trata do Plano de Gerenciamento das águas da bacia do Acaraú, de novembro de 2010. Este estudo foi atualizado segundo informações disponibilizadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e pela Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, em que a infraestrutura hídrica atual dos açudes (construídos ou em construção) foi atualizada. Como parte integrante do Plano Estadual dos Recursos Hídricos – PLANERH, nos estudos realizados para o horizonte de 2020, o açude Poço Comprido tem como objetivo contribuir para a diminuição das regiões com “vazios hídricos” no vale do Acaraú.

1.2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉCNICAS DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO

Identificação

- Denominação Barragem Poço Comprido
- Município Santa Quitéria
- Estado Ceará
- Localização 9.529.849,109; 354.003,243
- Localidade Poço Comprido
- Curso d'água barrado Riacho dos Macacos
- Bacia Acaraú
- Proprietário Governo do Estado do Ceará/COGERH
- Autor do Projeto Consórcio IBI-TPF

Bacia Hidrográfica

- Área 1.469,27 km²
- Perímetro 283,95 km
- Comprimento do rio 91,88 km
- Cota do talvegue à montante 690,00 m
- Cota do talvegue à jusante 160,00 m
- Declividade média do rio 5,77 m/km

Características do Reservatório

- Área da Bacia Hidráulica 3.677,83 ha.
- Área a ser desapropriada 5.999,62 ha.
- Área de Preservação Permanente 1.439,19 ha.
- Volume de Acumulação (soleira 182,00m) 329,59 hm³
- Volume Morto (cota 160,0m) 2,00 hm³
- Volume Útil 327,59 hm³
- Volume médio afluente anual 139,93 hm³/ano
- Vazão afluente máx. de projeto (TR=1.000 anos) 2.475,00 m³/s
- Vazão máxima de projeto amortecida (TR=1.000 anos) 1.273,00 m³/s
- Vazão afluente máx. de projeto de verificação (TR=10.000 anos) 3.284,00 m³/s
- Vazão máxima de verificação amortecida (TR=10.000 anos) 1.765,00 m³/s
- Vazão regularizada com 90% de garantia 2,675 m³/s
- Nível d'água máximo maximorum (TR=1.000 anos) 184,500 m
- Nível d'água máximo maximorum (TR=10.000 anos) 185,200 m

Barragem

- Tipo mista terra-enrocamento
- Localização estaca E4+5,00m à E187+5,00m
- Altura máxima acima das fundações (est.130)37,70 m
- Altura máxima a partir da cota do fundo do CUT-OFF (est.127)..... 41,06 m
- Largura do coroamento8,00 m
- Extensão pelo coroamento3.660,00 m
- Cota do coroamento.....187,00 m
- Folga1,40m
- Revanche.....3,90 m
- Talude de montante2,5 H:1,0 V
- Talude de jusante (com bermas de equilíbrio)2,0 H: 1,0 V
- Volume total do maciço 3.851.602,18 m³

Vertedouro

- Tipo soleira espessa escavado em rocha
- Localização (eixo da barragem)..... Ombreira esquerda
- Comprimento total do canal aproximação..... 210,00 m
- Comprimento total do canal restituição..... 590,00 m
- Cota da soleira 182,00 m
- Cota do final do canal de restituição 168,80 m
- Cordão de fixação concreto simples fck=15MPa
- Largura do Cordão de fixação 200,00 m
- Lâmina máxima vertente (TR = 1.000 anos)..... 2,50 m
- Descarga de projeto (TR = 1.000 anos)..... 1.273,00 m³/s
- Lâmina máxima vertente (TR = 10.000 anos)..... 3,20m
- Descarga de projeto (TR = 10.000 anos)..... 1.765,00 m³/s

Tomada D'água

- Tipo Galeria
- Localização (eixo da barragem)..... perpendicular a ombreira esquerda na estaca 136+00m da barragem
- Número de condutos..... 2 unidades
- Diâmetro da tubulação..... 1500,00m
- Comprimento 173,00 m
- Cota do eixo à montante..... 158,50 m
- Cota do eixo à jusante 158,50 m
- Cota do eixo assentamento 158,50 m
- Equipamento de controle Válvula dispersora DN700 mm
- Vazão média de regularização..... 2,675 m³/s
- Esvaziamento do reservatório (Cota 160,00m)..... 126,90 dias

1.2.1 - Curva Cota x Área x Volume

Os dados da Curva Cota x Área x Volume foram mostrados no **Quadro 1.1** e as curvas foram mostradas na **Figura 1.1**.

Quadro 1.1 - Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
156	0.01	0.01
157	0.25	0.14
158	0.49	0.52
159	0.74	1.13
160	0.99	2.00
161	1.40	3.19
162	1.81	4.79
163	2.60	7.00
164	3.40	10.00
165	4.30	13.85
166	5.21	18.61
167	6.41	24.42
168	7.60	31.42
169	9.43	39.94
170	11.26	50.28
171	12.95	62.39
172	14.64	76.18
173	16.65	91.82
174	18.66	109.48
175	20.79	129.20
176	22.92	151.05
177	25.07	175.04
178	27.23	201.19
179	29.71	229.66
180	32.20	260.61
181	34.49	293.95
182	36.78	329.59
183	39.39	367.67
184	42.00	408.36
185	44.91	451.81
186	47.82	498.18

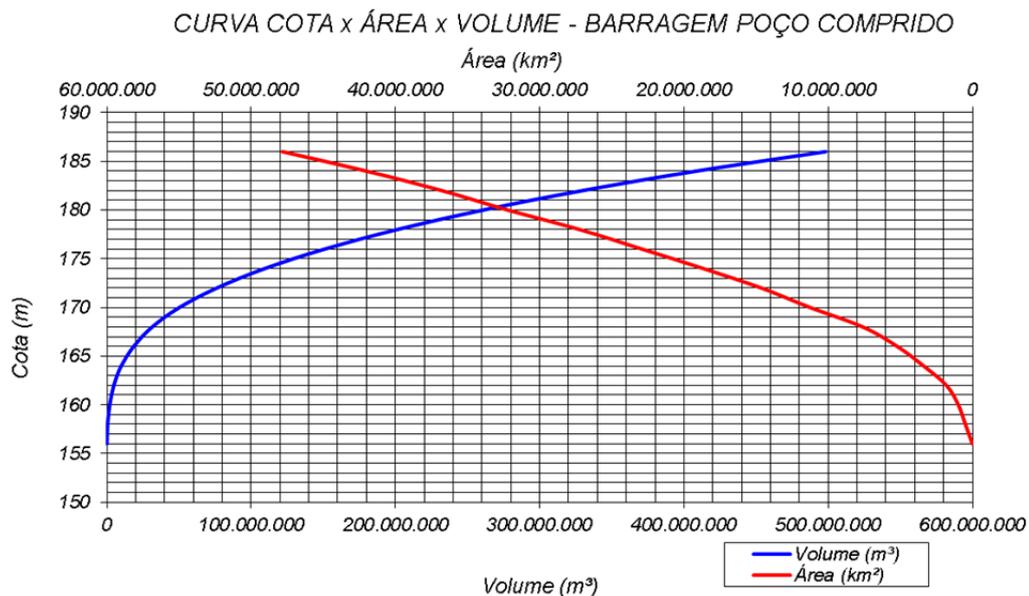


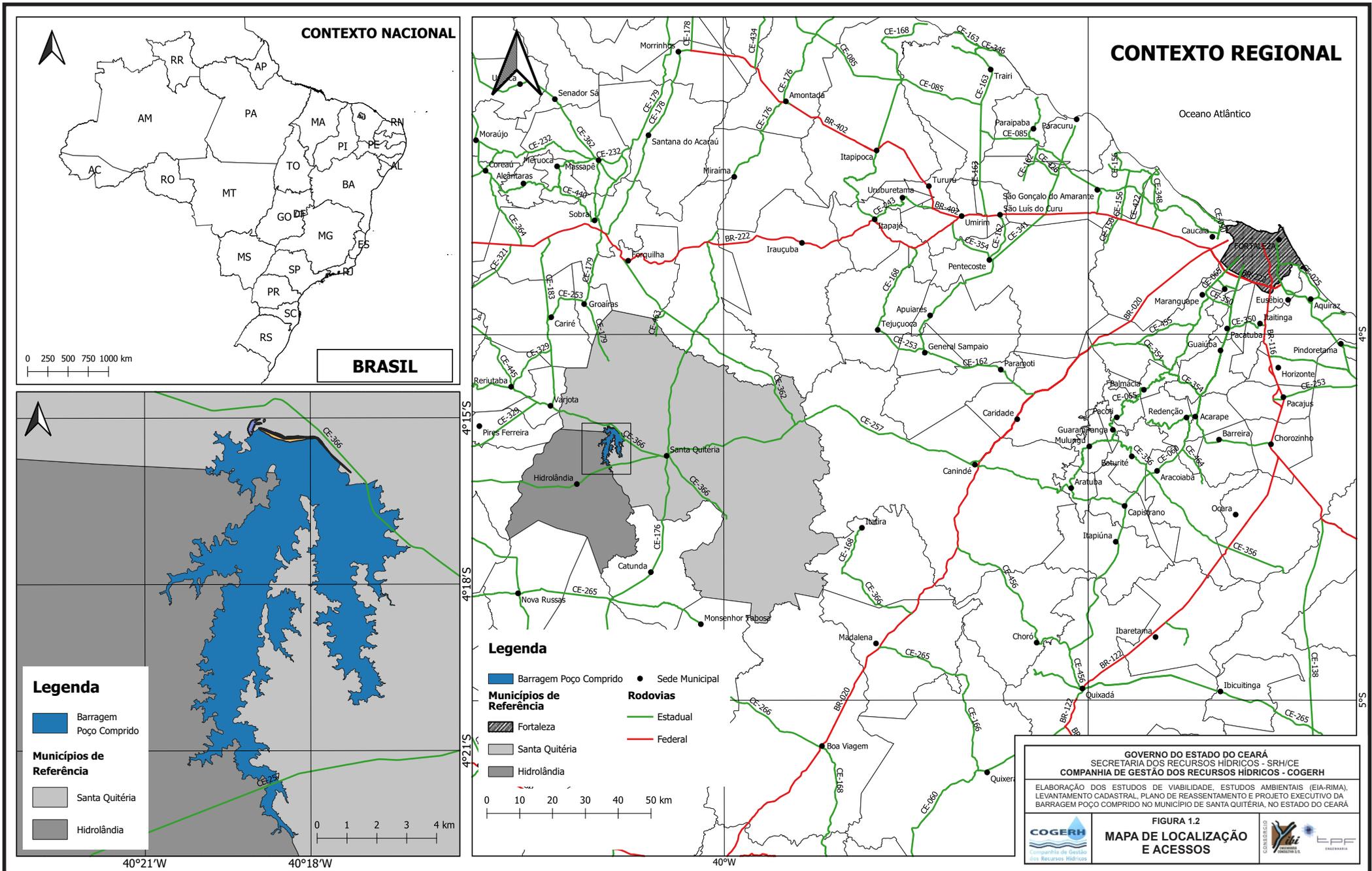
Figura 1.1 - Curva Cota x Área x Volume - Barragem Poço Comprido

1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O município de Santa Quitéria localiza-se na porção noroeste do estado do Ceará, a aproximadamente 221 km da capital Fortaleza, situando-se na Macrorregião do Sertão Central, Mesorregião Noroeste Cearense e Microrregião de Santa Quitéria. Possui área de 4.260,68 km² e está a 197,7 m de altitude. Suas coordenadas geográficas foram 4° 19' 55" de latitude sul e, 40° 09' 24" de longitude oeste. Santa Quitéria faz limite com os seguintes municípios: Sobral, Forquilha, Groaíras e Cariré ao norte; Catunda, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem e Madalena ao sul; Itatira, Canindé e Sobral ao leste; Cariré, Varjota, Pires Ferreira e Hidrolândia ao oeste. O acesso ao município pode ser feito pelas rodovias BR-020 e CE-257.

O acesso rodoviário ao local do empreendimento, a partir da cidade de Fortaleza, se dá pela BR-020, por um percurso de 118 km, até a interseção com a CE-257 na cidade de Canindé. A partir daí, percorre-se 103 km até a cidade de Santa Quitéria, depois pela CE-366 mais 17,00 km até uma estrada de terra à esquerda, logo após a interseção com a ponte sobre o riacho dos Macacos, percorrendo-se mais 1 km, até o local do eixo da barragem identificada neste projeto.

O mapa da **Figura 1.2** mostra a localização da barragem e seu acesso até Fortaleza.



1.4 - LISTA DE DESENHOS

1.4.1 - Desenhos do Projeto Executivo

ITEM	Nº DO DESENHO	NOME DO DESENHO	DESCRIÇÃO DOS DESENHOS
1	I-2-01/90-000	GERAL	BACIA HIDROGRÁFICA
2	I-2-02/90-000	GERAL	BACIA HIDRÁULICA
3	I-2-03/90-000	GERAL	GEOLOGIA GERAL - PLANTA BAIXA
4	I-2-04/90-000	GERAL	GEOLOGIA GERAL - PERFIL DO EIXO DA BARRAGEM TRECHO EST. 0 A 70
5	I-2-05/90-000	GERAL	GEOLOGIA GERAL - PERFIL DO EIXO DA BARRAGEM TRECHO EST. 70 A 140
6	I-2--06/90-000	GERAL	GEOLOGIA GERAL - PERFIL DO EIXO DA BARRAGEM TRECHO EST. 140 A 191
7	I-2-07/90-000	GERAL	GEOLOGIA GERAL - PERFIL VERTEDOIRO
8	I-2-08/90-000	GERAL	PLANTA DE LOCAÇÃO E ACESSO DAS JAZIDAS
9	I-2-09/90-000	GERAL	PLANTA GERAL DE LOCAÇÃO DA OBRA
10	I-2-10/90-000	GERAL	ENSECADEIRAS NO RIACHO DOS MACACOS PLANTA E PERFIL
11	I-2-11/90-000	GERAL	ENSECADEIRAS NO RIACHO DOS MACACOS SEÇÕES
12	I-2-12/90-000	GERAL	ESTRADA DE ACESSO E SERVIÇO
13	I-2-13/90-000	GERAL	BUEIRO BTS E BTD DE 1000mm
14	I-2-14/90-000	GERAL	CERCA POLIGONAL DE DESAPROPRIAÇÃO
15	I-2-15/90-000	FUNDAÇÃO	PLANTA DE ESCAVAÇÃO DA BARRAGEM E VERTEDOIRO
16	I-2-16/90-000	FUNDAÇÃO	PLANTA DE TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL
17	I-2-17/90-000	FUNDAÇÃO	PLANTA DE TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO SUBSUPERFICIAL DA BARRAGEM
18	I-2-18/90-000	BARRAGEM	ARRANJO GERAL DAS OBRAS
19	I-2-19/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO TIPO
20	I-2-20/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 0 A 47
21	I-2-21/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 48 A 86
22	I-2-22/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 87 A 109
23	I-2-23/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 110 A 118
24	I-2-24/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 119 A 122
25	I-2-25/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 123 A 126
26	I-2-26/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 127 A 130
27	I-2-27/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 131 A 134
28	I-2-28/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 135 A 138
29	I-2-29/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 139 A 143
30	I-2-30/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 144 A 147
31	I-2-31/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 148 A 151
32	I-2-32/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 152 A 155
33	I-2-33/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 156 A 159
34	I-2-34/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 160 A 163
35	I-2-35/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 164 A 167
36	I-2-36/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 168 A 177
37	I-2-37/90-000	BARRAGEM	SEÇÃO ESTACA 178 A 188
38	I-2-38/90-000	VERTEDOIRO	VERTEDOIRO - PLANTA BAIXA E PERFIL
39	I-2-39/90-000	VERTEDOIRO	VERTEDOIRO - SEÇÕES DE MONTANTE ESTACA 0 A ESTACA 18
40	I-2-40/90-000	VERTEDOIRO	VERTEDOIRO - SEÇÕES DE JUSANTE ESTACA 0 A ESTACA 15

ITEM	Nº DO DESENHO	NOME DO DESENHO	DESCRIÇÃO DOS DESENHOS
41	I-2-41/90-000	VERTEDOURO	VERTEDOURO - SEÇÕES DE JUSANTE ESTACA 18 A ESTCA 36
42	I-2-42/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- PLANTA BAIXA E PERFIL DA ESCAVAÇÃO
43	I-2-43/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 0 A 2+15
44	I-2-44/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 3 A 5+15
45	I-2-45/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 6 A 8+15
46	I-2-46/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 9 A 11+15
47	I-2-47/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 12 A 14+15
48	I-2-48/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- SEÇÕES DE ESCAVAÇÃO 14 A 17+5
49	I-2-49/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- GALERIA PLANTA BAIXA SEÇÃO TIPO E CORTES
50	I-2-50/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CAIXA DE MONTANTE, TORRE E PASSARELA PLANTA BAIXA E CORTE
51	I-2-51/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CAIXA DE JUSANTE PLANTA BAIXA E CORTE
52	I-2-52/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS CAIXA DE MONTANTE/JUSANTE E DETALHES DA COMPORTA E GRADE
53	I-2-53/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETOS AQUITETÔNICO E ESTRUTURAL
54	I-2-54/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETO ELÉTRICO INSTALAÇÃO ELÉTRICA, CASA DE COMANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA E DETALHE DA SE AÉREA 45kVA
55	I-2-55/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETO ELÉTRICO UNIFILAR GERAL DETALHES DA SUBESTAÇÃO BPC E LAYOUTE PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DA BPC
56	I-2-56/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETO ELÉTRICO UNIFILAR GERAL DETALHES DE ATERRAMENTO DA BPC
57	I-2-57/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETO ELÉTRICO CASA DE COMANDO DETALHES GERAL ATERRAMENTO SPDA DA BPC
58	I-2-58/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- CASA DE COMANDO PROJETO ELÉTRICO DETALHE GERAL CASA DE COMANDO ATERRAMENTO SPDA DA BPC
59	I-2-59/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL-LOCAÇÃO E FORMAS DOS NIVEIS 1 e 2 E DAS FUNDAÇÕES, CORTE DA ESTRUTURA E SEÇÃO TRANSVERSAL
60	I-2-60/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL-PASSARELA FORMA NIVEL 2 CORTE ESQUEMÁTICO E SEÇÃO TRANSVERSAL
61	I-2-61/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL-FORMA E ARMADURA DA FUNDAÇÃO E PILARES P1, P2, P3, P4, P5
62	I-2-62/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL ARMADURA DAS VIGAS DO NÍVEL NIVEL 1 e 2, FORMA NIVEL 3 E ARMADURA DA LAJE DA PASSARELA
63	I-2-63/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL ARMADURA DAS VIGAS DO NIVEL 2- COTA 186.98 ARMADURA DA LAJE DA PASSARELA
64	I-2-64/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL FORMA E ARMADURA DOS PILARES P6, P7, P8 E P9
65	I-2-65/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL TORRE DE COMANDO FORMAS
66	I-2-66/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL TORRE DE COMANDO ARMADURA DAS VIGAS
67	I-2-67/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL TORRE DE COMANDO ARMADURA DAS VIGAS
68	I-2-68/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL ARMADURA DAS LAJES DO NIVEL 7 E NÍVEL 9, ARMADURA DOS PILARES P1, P3, P2 E P4 E ARMADURA DA ESCADA
69	I-2-69/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL TORRE DE COMANDO ARMADURA DAS PAREDES

ITEM	Nº DO DESENHO	NOME DO DESENHO	DESCRIÇÃO DOS DESENHOS
70	I-2-70/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL CASA DE COMANDO FORMAS DAS FUNDAÇÕES E DAS CINTAS E ARMADURAS DAS SAPATAS
71	I-2-71/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL FORMA E ARMADURA DA GALERIA
72	I-2-72/90-000	TOMADA DÁGUA	TOMADA- ESTRUTURAL FORMA E ARMADURA DA CAIXA DE DISSIPACÃO
73	I-2-73/90-000	DRENAGEM	DRENAGEM SUPERFICIAL DA BARRAGEM
74	I-2-74/90-000	INSTRUMENTAÇÃO	PLANTA GERAL, MEDIDOR DE VAZÃO E MARCO SUPERFICIAL
75	I-2-75/90-000	INSTRUMENTAÇÃO	SEÇÕES E DETALHES DOS PIEZÔMETROS
76	I-2-76/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	PLANTA DE LOCAÇÃO DO CANTEIRO
77	I-2-77/90-000	INSTRUMENTAÇÃO	CANTEIRO DE OBRAS - PRÉDIO ADMINISTRAÇÃO-PLANTA BAIXA E DETALHES
78	I-2-78/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - PRÉDIO ADMINISTRAÇÃO-PLANTA DE ESCAVAÇÃO E CORTES
79	I-2-79/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - PRÉDIO ADMINISTRAÇÃO-PLANTA DE COBERTA E FACHADA
80	I-2-80/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - OFICINA-PLANTA BAIXA, CORTES E DETALHES
81	I-2-81/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - OFICINA-PLANTA DE COBERTA E FACHADAS
82	I-2-82/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - REFEITÓRIO-PLANTA BAIXA, CORTE AA E DETALHES
83	I-2-83/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - REFEITÓRIO-PLANTA DE COBERTA, CORTES E FACHADAS
84	I-2-84/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS - PORTARIA-PLANTA BAIXA, CORTES E DETALHES
85	I-2-85/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA ARMAÇÃO CARPINTARIA
86	I-2-86/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA ALMOXARIFADO PLANTA E CORTES
87	I-2-87/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA ALMOXARIFADO COBERTA E FACHADAS
88	I-2-88/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA SANITÁRIOS
89	I-2-89/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA LABORATÓRIO
90	I-2-90/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRA ESTACIONAMENTO
91	I-2-91/90-000	CANTEIRO DE OBRAS	CASA DO AGIR
92	I-2-92/90-000	INTERFERENCIAS	INTERFERÊNCIA ELÉTRICAS

1.4.2 - Desenhos do Anteprojeto

ITEM	Nº DO DESENHO	NOME DO DESENHO	DESCRIÇÃO DOS DESENHOS
1	II-1A-42/45-000	INTERFERÊNCIAS	DESVIO DA RODOVIA CE-252
2	II-1A-43/45-000	INTERFERÊNCIAS	DESVIO DA RODOVIA CE-366 - TRECHO EST. 0 A EST. 87+10.00m
3	II-1A-44/45-000	INTERFERÊNCIAS	DESVIO DA RODOVIA CE-366 - TRECHO EST. 87+10.00m A EST. 175
4	II-1A-45/45-000	INTERFERÊNCIAS	PONTE SOBRE O RIACHO MACACOS

2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

Serão apresentados, a seguir, a síntese e conclusões dos estudos desenvolvidos para topografia, cartografia, hidrologia e investigações geológico-geotécnicas que serviram de subsídio para o desenvolvimento do anteprojeto elaborado. Os estudos básicos foram apresentados nos volumes completos dos estudos conforme a seguinte itemização:

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

- Volume I – Estudos Básicos
 - Tomo 1 – Topografia – Textos
 - Tomo 1A – Topografia – Desenhos
 - Tomo 2 – Cartografia – Textos
 - Tomo 3 – Hidrologia – Textos
 - Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos
 - Tomo 4.1 – Estudo dos Materiais Construtivos - Texto
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Sondagens e Ensaios Barragem e Vertedouro – Anexos I
 - Tomo 4B – Geologia e Geotecnia – Ensaios das Jazidas – Anexos II.

2.1 - ESTUDOS DE TOPOGRAFIA E CARTOGRÁFICO

2.1.1 - Estudo cartográfico

O levantamento cartográfico da bacia hidráulica da barragem Poço Comprido foi executado com base no imageamento por satélite de alta resolução, geração de Modelo Digital de Terreno (MDT), e extração de curvas de nível com equidistância de 2 (dois) metros, com precisão cartográfica compatível com escala 1:5.000, segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) Classe “A”.

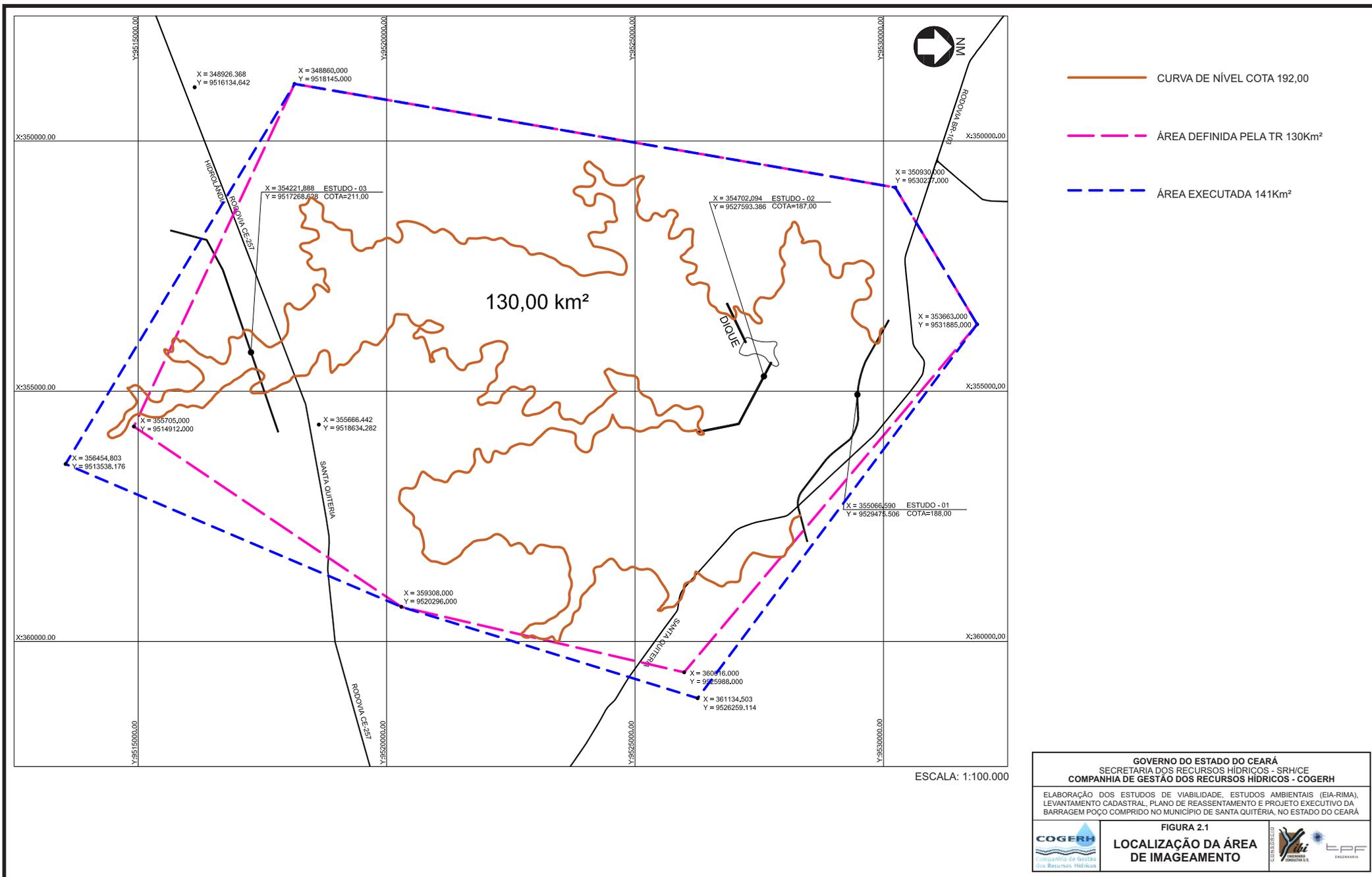
As imagens utilizadas foram produzidas pela empresa AIR AIRBUS DEFENSE&SPACE com os seguintes *layers*:

- LAYER: 05_PHR1B_201909151303589_FR1_PX_W041505_0917_01728;
- LAYER: 05_PHR1B_201909151304360_FR1_PX_W041505_0917_01728.

A área de interesse definida para o levantamento abrangeu 141 km² e está delimitada pelas seguintes coordenadas UTM, Fuso 24S, Hemisfério Sul, Meridiano Central 39:

- P1: 353663E / 9531885N
- P2: 361134E / 9526259N
- P3: 359308E / 9520296N
- P4: 356454E / 9513538N
- P5: 348860E / 9518145N
- P6: 350930E / 9530237N

Na **Figura 2.1** é apresentada a localização da área de trabalho.



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
 LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
 BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FIGURA 2.1
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA
DE IMAGEAMENTO

2.1.2 - Estudo topográfico

Os serviços de topografia executados na área da barragem Poço Comprido obedeceram às orientações preconizadas nos termos de referência, conforme os seguintes trabalhos que seguem:

- Implantação dos marcos de apoio em concreto;
- Locação e abertura de picadas no eixo da barragem principal, eixo do vertedouro e canais de desemboque e restituição;
- Georreferenciamento dos marcos de apoio para implantação do eixo barrável;
- Transporte de coordenadas e referencial vertical do nivelamento geométrico;
- Locação, nivelamento e contranivelamento geométrico do eixo barrável, com estaqueamento a cada 20,00 m e levantamento de seções transversais com faixa de domínio de 150,00 metros para jusante e montante;
- Locação dos eixos e implantação de marcos, nivelamento e levantamento das seções longitudinal e transversais do vertedouro;
- Locação das áreas de empréstimo e locação dos furos de sondagem;
- Cálculos e elaboração dos desenhos topográficos.

2.1.3 - Equipamentos Utilizados

Os equipamentos utilizados em campo para o levantamento topográfico dos eixos e região do sangradouro da barragem Poço Comprido foram:

- GPS Geodésico de dupla frequência L1 e L2 – RTK, precisão horizontal 3mm + 0,5 ppm e vertical 3mm + 0,5 ppm;
- Estação Total – Modelo CTS 3005 W, com precisão angular de 5" e linear de 1mm, Marca TOPOCON;
- Nível Topográfico – Modelo AT-G6, com precisão de 1,5mm/km, da marca TOPOCON.

2.1.4 - Execução dos Trabalhos

2.1.4.1 - Transporte de Coordenadas

Foi utilizada como metodologia para o transporte de coordenadas do eixo da barragem Poço Comprido, a IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso ou Posicionamento Absoluto Preciso), que é um serviço on-line gratuito para o pós-processamento de dados GPS (*Global Positioning System*). Ele permite aos usuários de GPS obterem coordenadas de boa precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

Para o levantamento de campo foi utilizado equipamento tipo GPS RTK (REAL TIME CENTIMETRO), tendo sido corrigida a coordenada e cota da Base pelo PPP (Posicionamento por Ponto Preciso, do IBGE). O equipamento utilizado foi GPS TOPOMAP. T.10, com precisão Horizontal de 5,00 mm e Vertical de 10,00 mm.

Para o transporte das coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), foi utilizado o marco geodésico do IBGE mais próximos da barragem Poço Comprido, no caso o RN1861F, foi realizado o transporte das coordenadas para um marco denominado marco de partida, localizado na ombreira esquerda do eixo barrado.

O transporte de cotas foi realizado através do marco do IBGE RN1861 F; chapa cravada no lado esquerdo de um bueiro a 120,00 m do entroncamento para os municípios de Varjota e Hidrolândia e a 5,00 km, além da Igreja Matriz de Santa Quitéria.

A partir do marco do IBGE, foi feito um caminhamento inicial de 14.672,00 m, às margens da CE-366, até o ponto chamado marco de apoio, localizado na ombreira direita da barragem (357.219,472; 9.528.313,282). O transporte continuou seguindo o estaqueamento do eixo da barragem até o marco 0 (zero) na ombreira esquerda (353.907,450; 9.529.819,746), perfazendo assim um total de 18.529,17 m de transporte de cotas. Durante todo o percurso foi efetuado o nivelamento e o contranivelamento.

O erro do levantamento de campo foi de 9,00 mm, valor menor do que o admissível, que seria de 53,00 mm, conforme calculado pela fórmula $12,5 \times \sqrt{k}$ (em milímetros), onde “k” é o comprimento do caminhamento expresso em km, considerando o comprimento transportado de 18,529 km.

Os levantamentos topográficos do eixo principal da barragem foram executados através de processos convencionais, constando dos seguintes serviços: locação, implantação de marcos para a futura realocação, nivelamento e contranivelamento, e levantamento de seções transversais.

Em cada uma das ombreiras foram implantados marcos de concreto, conforme apresentado na caderneta de campo do Relatório de Topografia, no volume de Estudos Básicos.

O levantamento das seções da barragem e vertedouro foi realizado com uma estação total, Modelo CTS 3005 W, com precisão angular de 5” e linear de 1mm.

O eixo principal da barragem foi locado e materializado a cada 20,00 metros por pontos estaqueados e numerados através de piquetes de madeira, com ponta cravada no terreno, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos

notáveis, tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno, entre outros, segundo as plantas topográficas e geologia apresentadas.

O levantamento topográfico do eixo da barragem teve início na ombreira esquerda na estaca 0+00 m e terminou na estaca 191+18,53 m, perfazendo um total de 3.838,53 m.

O levantamento das seções transversais do eixo barrável abrangeu uma faixa de domínio de 150,00 metros à montante e à jusante do referido eixo. Tendo sido levantadas seções transversais ao eixo, com pontos cotados a cada 20,00 metros, de acordo com a faixa de domínio recomendada. Os pontos foram estaqueados, numerados e cotados a cada 20,00 metros, tendo sido implantadas estacas intermediárias indicando elementos importantes como talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno, etc.

Para a obtenção da área da barragem foram executadas 191 seções de levantamento, com total levantado de 57.300,00 m.

O levantamento dos eixos longitudinal e transversal do vertedouro obedeceu à sistemática descrita anteriormente, sendo que as seções foram prolongadas a montante até a cota fixada para a soleira. O levantamento do canal de restituição até o leito do rio foi realizado acompanhando o canal de sangria, através de poligonais seccionadas a cada 20,00 metros, com 150,00 metros de largura para cada lado, com pontos cotados a cada 20,00 metros a partir da jusante de sua soleira.

O eixo do vertedouro levantado foi dividido em dois trechos: de montante, com extensão de 860,00 m, e o de jusante, com extensão de 980,00 m.

Foram executadas 100 seções de levantamento com total de 30.000,00 m.

A partir desses levantamentos, foi elaborada uma planta baixa com curvas de nível do terreno natural a cada metro.

O levantamento altimétrico do eixo principal da barragem Poço Comprido foi realizado utilizando um Nível TOPCON– Modelo AT-G6, com precisão de 1,50 mm/km.

Foram niveladas e contraniveladas todas as estacas do eixo materializado, partindo do marco de apoio localizado na ombreira direita, chamado marco de apoio (9.528.313,282; 357.219,472).

Na ombreira esquerda da barragem foi implantado o marco 0 (zero) (353.907,450; 9.529.819,746). As cotas foram transportadas a partir do marco do IBGE RN1861 F RN 1655L (IBGE).

Em cada uma das ombreiras foram implantados marcos de concreto, conforme apresentado na caderneta de campo do Relatório de Topografia constante dos estudos básicos. O **Quadro 2.1** apresenta a relação dos marcos implantados no eixo da barragem.

Quadro 2.1 - Relação de Marcos no Eixo Principal da Barragem

PONTO	COORDENADAS (SIRGAS 2000 UTM 24S)		COTA (m)	DESCRIÇÃO
	X	Y		
296	9521240,762	369039,177	205,95	RN186F
1	9529849,104	354003,243	198,356	BASE PARTIDA
932	9528313,282	357219,476	187,914	MARCO DE APOIO

O levantamento planimétrico das jazidas foi realizado nas áreas de ocorrências de materiais identificadas pela equipe de geotecnia, materiais estes que serão utilizados na construção da barragem.

Através do transporte de coordenadas, todos os furos foram levantados e a poligonal de cada jazida foi referenciada em relação ao eixo da barragem. Todos os poços escavados na investigação das jazidas foram locados, nivelados, numerados e referenciados topograficamente.

O **Quadro 2.2** relaciona as jazidas e suas áreas levantadas topograficamente, com a sua área de utilização, e a **Figura 2.2** mostra a localização geral das jazidas.

Quadro 2.2 - Quadro do Levantamento de Jazidas

JAZIDA DE SOLO	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m ²)	ÁREA DE CONTORNO (m ²)	MATERIAL
1	532.685,81	697.354,22	SOLOS
2	589.424,57	758.226,93	SOLOS
3	482.509,99	671.166,07	SOLOS
4	192.330,08	290.270,74	SOLOS
5	424.488,58	596.680,96	SOLOS
6	428.995,29	576.838,10	SOLOS
7	194.298,04	322.888,61	SOLOS
8	327.962,79	461.443,47	SOLOS
14	329.617,12	475.692,78	SOLOS
15A	174.925,55	237.619,53	SOLOS
16	225.986,40	333.287,25	SOLOS
17	318.977,05	442.510,00	SOLOS
18	366.789,74	497.415,86	SOLOS
19	415.686,17	557.034,69	SOLOS
TOTAL	5.004.677,18	6.421.013,35	SOLOS
JAZIDA DE REVESTIMENTO	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m ²)	ÁREA DE CONTORNO (m ²)	MATERIAL
15B	189.380,48	258.718,53	REVESTIMENTO
JAZIDA DE AREIA	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m ²)	ÁREA DE CONTORNO (m ²)	MATERIAL
JA. 1.1	269.071,28	269.071,28	AREIA
JA 1.2	207.429,77	207.429,77	AREIA
JA 1.3	185.178,40	185.178,40	AREIA
JA 1.4	250.077,53	250.077,53	AREIA
TOTAL	911.756,98	911.756,98	AREIA
PEDREIRA	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m ²)	ÁREA DE CONTORNO (m ²)	MATERIAL
1	4.131,82	28.320,60	ROCHA
2	6.431,95	39.606,77	ROCHA
3	26.312,88	69.922,40	ROCHA
TOTAL	36.876,65	137.849,77	ROCHA



E: 354.000

E: 352.000

E: 354.000

E: 356.000

E: 358.000

N: 9.526.000

N: 9.528.000

N: 9.530.000

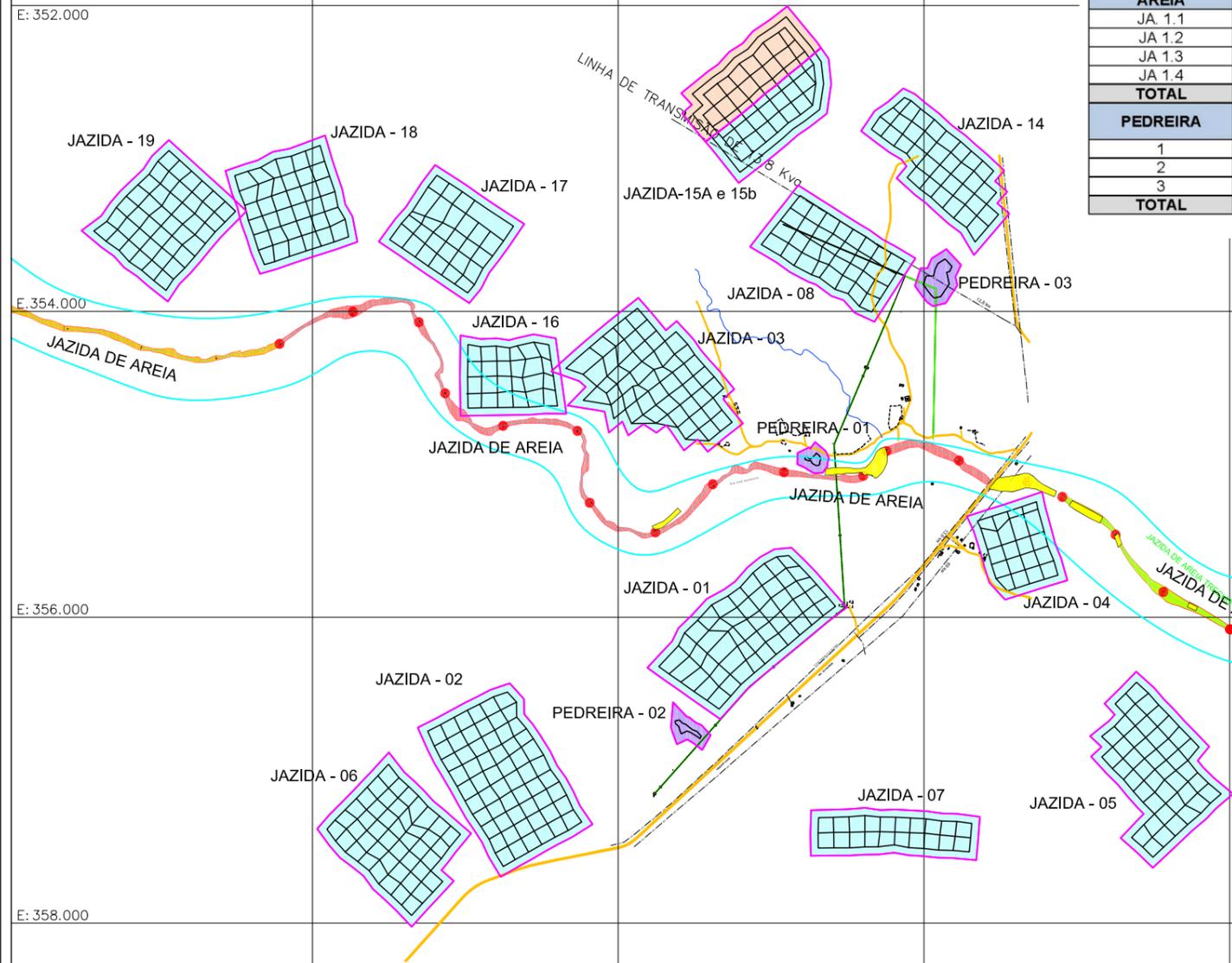
N: 9.532.000

N: 9.534.000

N: 9.536.000

N: 9.538.000

JAZIDA DE SOLO	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m²)	ÁREA DE CONTORNO (m²)	MATERIAL
1	532.685,81	697.354,22	SOLOS
2	589.424,57	758.226,93	SOLOS
3	482.509,99	671.166,07	SOLOS
4	192.330,08	290.270,74	SOLOS
5	424.488,58	596.680,96	SOLOS
6	428.995,29	576.838,10	SOLOS
7	194.298,04	322.888,61	SOLOS
8	327.962,79	461.443,47	SOLOS
14	329.617,12	475.692,78	SOLOS
15A	174.925,55	237.619,53	SOLOS
16	225.986,40	333.287,25	SOLOS
17	318.977,05	442.510,00	SOLOS
18	366.789,74	497.415,86	SOLOS
19	415.686,17	557.034,69	SOLOS
TOTAL	5.004.677,18	6.421.013,35	SOLOS
JAZIDA DE REVESTIMENTO	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m²)	ÁREA DE CONTORNO (m²)	MATERIAL
15B	189.380,48	258.718,53	REVESTIMENTO
JAZIDA DE AREIA	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m²)	ÁREA DE CONTORNO (m²)	MATERIAL
JA 1.1	269.071,28	269.071,28	AREIA
JA 1.2	207.429,77	207.429,77	AREIA
JA 1.3	185.178,40	185.178,40	AREIA
JA 1.4	250.077,53	250.077,53	AREIA
TOTAL	911.756,98	911.756,98	AREIA
PEDREIRA	ÁREA LEVANTADA EM CAMPO (m²)	ÁREA DE CONTORNO (m²)	MATERIAL
1	4.131,82	28.320,60	ROCHA
2	6.431,95	39.606,77	ROCHA
3	26.312,88	69.922,40	ROCHA
TOTAL	36.876,65	137.849,77	ROCHA



LEGENDA

- JAZIDA DE AREIA TRECHO 01
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 02
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 03
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 04
- ÁREAS DE AFLORAMENTO ROCHOSO
- JAZIDA DE SOLO
- PEDREIRA
- JAZIDA DE REVESTIMENTO

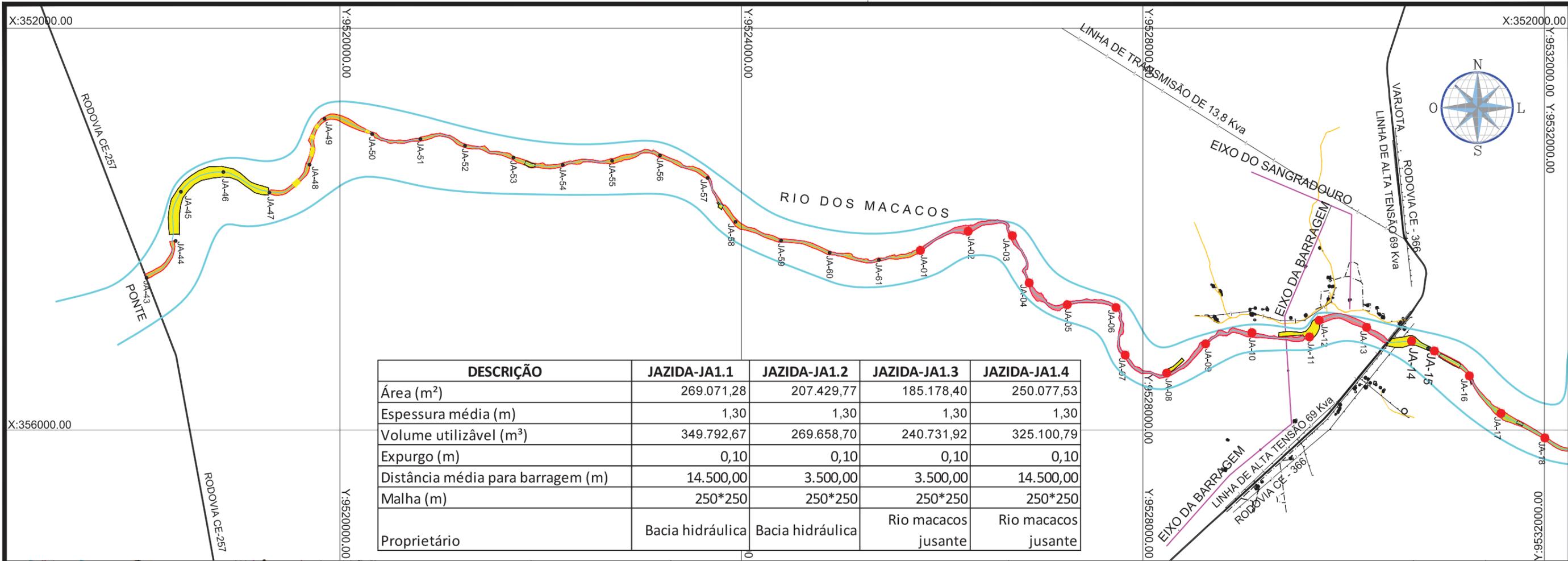
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUIÉTERIA, NO ESTADO DO CEARÁ

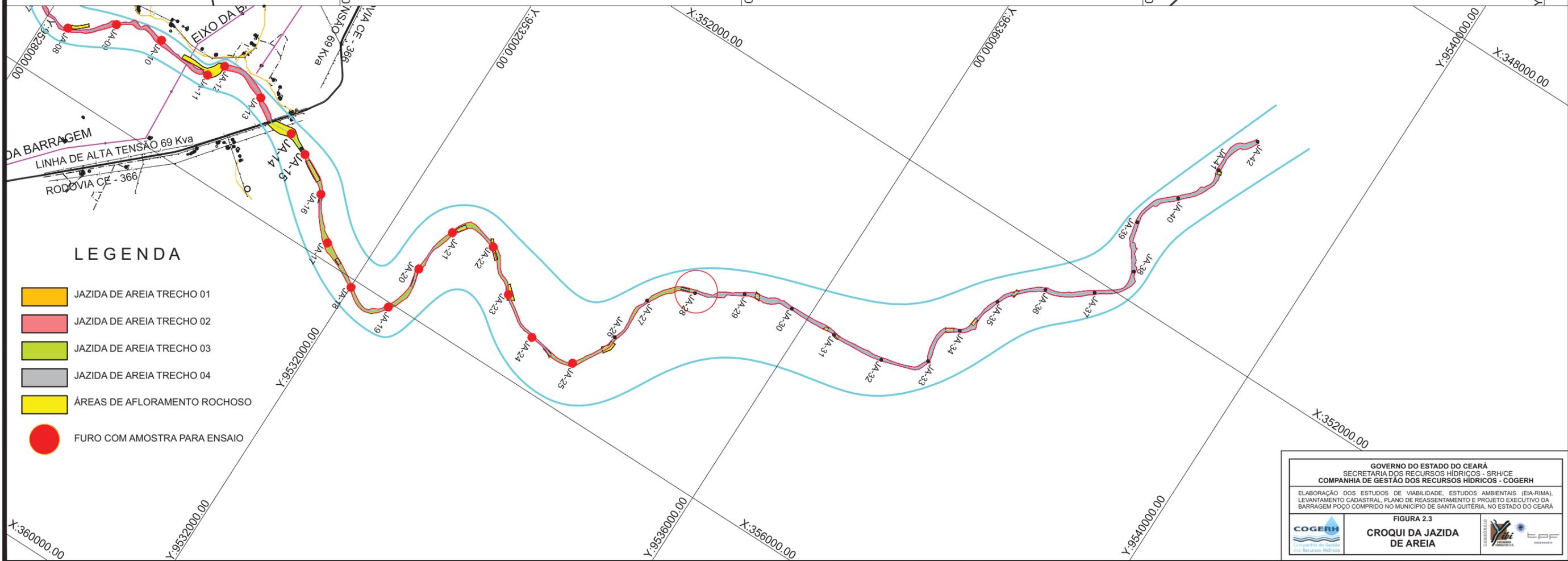
FIGURA 2.2
LOCALIZAÇÃO
DAS JAZIDAS

Para o caso específico da jazida de areia, foram levantados topograficamente todos os 61 pontos de prospecção feitos ao longo do riacho dos Macacos. Foi realizado o levantamento de 28,00 km ao longo do rio, com furos a cada 500,00 m. Do total das 61 prospecções de areia, foram selecionadas 25 para ensaios de laboratório.

É apresentada a seguir na **Figura 2.3** a localização dos 61 furos. O areal se apresenta de forma linear ao longo do riacho dos Macacos, entremeados, em alguns pontos, por afloramentos de rocha.



DESCRIÇÃO	JAZIDA-JA1.1	JAZIDA-JA1.2	JAZIDA-JA1.3	JAZIDA-JA1.4
Área (m ²)	269.071,28	207.429,77	185.178,40	250.077,53
Espessura média (m)	1,30	1,30	1,30	1,30
Volume utilizável (m ³)	349.792,67	269.658,70	240.731,92	325.100,79
Expurgo (m)	0,10	0,10	0,10	0,10
Distância média para barragem (m)	14.500,00	3.500,00	3.500,00	14.500,00
Malha (m)	250*250	250*250	250*250	250*250
Proprietário	Bacia hidráulica	Bacia hidráulica	Rio macacos jusante	Rio macacos jusante



LEGENDA

- JAZIDA DE AREIA TRECHO 01
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 02
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 03
- JAZIDA DE AREIA TRECHO 04
- ÁREAS DE AFLORAMENTO ROCHOSO
- FURO COM AMOSTRA PARA ENSAIO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
 COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
 LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
 BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUIITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FIGURA 2.3
CROQUI DA JAZIDA
DE AREIA

2.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

O objetivo principal dos estudos geológico-geotécnicos foi de caracterizar o subsolo local bem como os materiais de construção disponíveis para construção da barragem, definindo assim, condições gerais e particulares que fornecerão subsídios para que as obras sejam executadas com o máximo de economia, eficiência e segurança. Os estudos foram divididos em duas fases a saber: estudos geológicos e investigações geotécnicas.

O estudo geológico foi iniciado através de informações existentes em mapas geológicos, sendo estes dados complementados através de incursão à área em questão a fim de se desenvolver a identificação da estrutura geológica presente no local escolhido: tipos, ocorrência de afloramentos, extensão, arranjo, espessura e propriedades das rochas detectadas e mapeamento de possíveis falhas na rocha, no local a ser implantada a barragem.

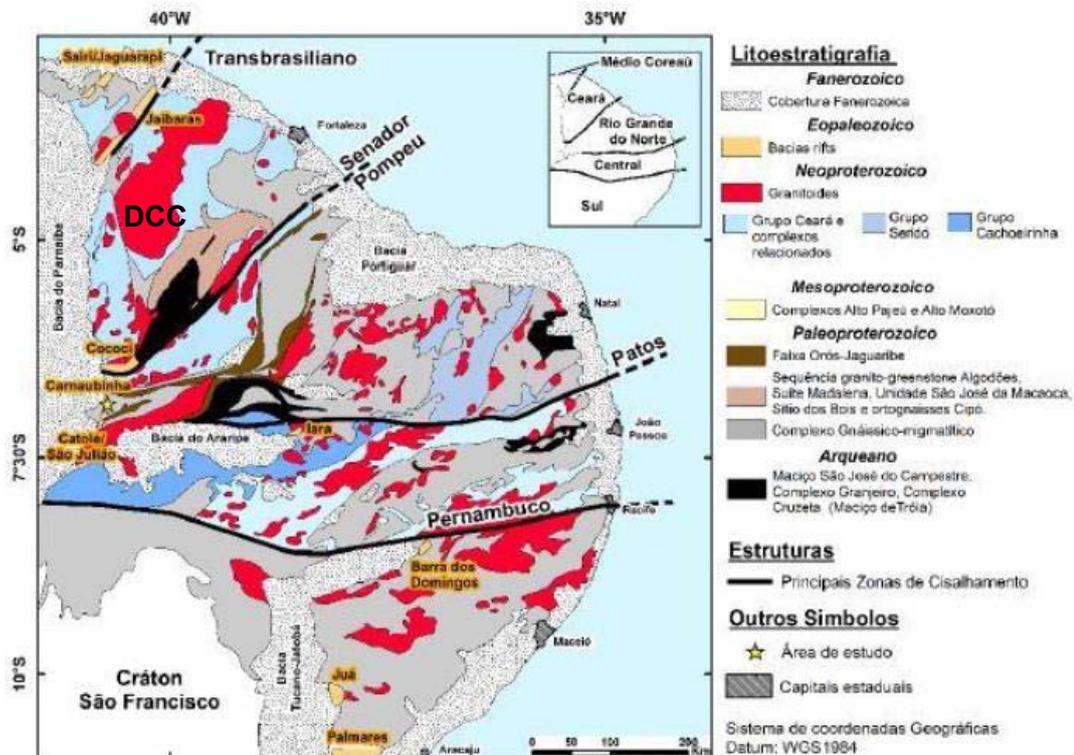
As investigações geotécnicas proporcionaram o conhecimento do subsolo local através da execução de sondagens a percussão, denominadas SP; mistas (iniciadas à percussão e seguida de rotativa) denominadas SM. Nas sondagens mistas foram executados ensaios “in situ” para determinação de permeabilidade, seja através de ensaios “Le Franc” no caso de solo, seja ensaios de perda d’água específica no caso de rocha.

Também fez parte do escopo a identificação de jazidas de materiais de empréstimo potencialmente exploráveis que serão utilizados na execução do maciço, bem como ensaios de laboratório dos materiais de jazidas de empréstimos e das fundações.

2.2.1 - Estudos Geológicos

2.2.1.1 - Geologia Regional e Local

A área em estudo está inserida na Província Borborema (Almeida *et. al.* 1977 e 1981), mais especificamente no Domínio Ceará Central. A PB cobre aproximadamente 450.000 km² do Nordeste Brasileiro (Almeida *et. al.*, 1977). Nesta porção afloram terrenos pré-cambrianos de idade variando entre o Arqueano e o Neoproterozóico, além de áreas Fanerozóicas. Tem como limites, ao norte e leste, a Província Costeira, ao sul, o cráton São Francisco e, a oeste, a Bacia do Parnaíba (**Figura 2.4**).



Fonte: Modificado de Medeiros (2004), in Almeida et al. (2008).

Figura 2.4 - Província Borborema em destaque, ao nordeste do Brasil e seus principais traços tectônicos e localização do Domínio Ceará Central (DCC).

Tendo como base as características geológicas, os extensos lineamentos transcorrentes, informações isotópicas, entre outras. Brito Neves *et al.* (2000) subdividiram a Província Borborema em cinco domínios tectônicos principais, a saber:

- i) Domínio Tectônico Médio Coreaú (DMC) – localizado a norte do Lineamento Transbrasiliano e a sul da margem retrabalhada do Cráton São Luís;
- ii) Domínio Tectônico Ceará Central (DCC) – situado entre os lineamentos Transbrasiliano e Senador Pompeu, onde está inserida a área de estudo;
- iii) Domínio Tectônico Rio Grande do Norte (DRGN) – localizado entre os lineamentos Senador Pompeu e Patos;
- iv) Domínio Tectônico Zona Transversal (ZT) – limitado pelos lineamentos Patos e Pernambuco; e
- v) Domínio Tectônico Meridional (M) – situado entre o lineamento Pernambuco e a borda norte do Cráton São Francisco.

A **Figura 2.5**, na seqüência, ilustra esta subdivisão dos domínios.



Fonte: Brito Neves, 2000 , in BIZZI et al, 2003.

Figura 2.5 - Província Borborema: principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento

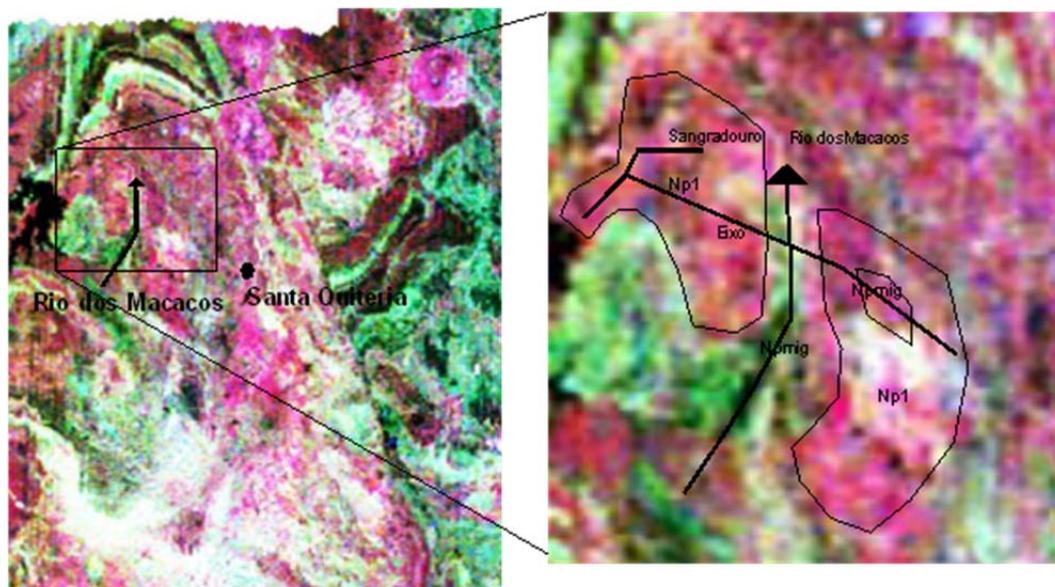
Dentre outras propostas de compartimentação para a Província Borborema, devem ser ressaltados os trabalhos de Van Schmus *et al.* (1995 e 1998). Para estes autores, a PB é constituída por um sistema complexo de domínios tectônicos, geralmente balizados por grandes zonas de cisalhamento, compostos por núcleos arqueanos menores e com grande volume de embasamento gnáissico paleoproterozoico.

Arthud *et al.*(1998) compartimentou o Pré-Cambriano do Estado do Ceará em cinco Domínios Tectônicos: NW Ceará, Ceará Central, Orós-Jaguaribe, Granjeiro e Piancó-Alto Brígida. Dentre esta divisão, a área do barramento está inteiramente contida no Domínio Ceará Central.

O conjunto litoestratigráfico, onde o eixo da barragem e o sangradouro foram implantados, bem como seu entorno, é pertencente ao denominado Arco Magmático de Santa Quitéria (Fetter, 1999) ou Complexo Tamboril Santa Quitéria (CPRM, 2006).

São rochas de idade Neoproterozoica (600Ma +/- 100Ma) que variam desde gnaisses migmatíticos diversos a granitos diferenciados, como alkaligranitos ou sienitos, além dos sedimentos inconsolidados (areia de aluvião e solo terroso). No padrão RGB ou nas bandas U-Th-K, obtidas por sensoriamento remoto, os granitos Np1 apresentam resposta em tons vermelhos devido sua alta % em K e os gnaisses migmatíticos tons mais esverdeados, conforme interpretados na **Figura 2.6**.

Segundo a Imagem U-Th-K, podem ser observadas, em ambas as ombreiras, manchas rosadas a vermelhas, que representam maciços graníticos (**Figura 2.5B**). Na parte central do eixo e onde ocorrem as drenagens, há uma coloração mais esverdeada, sendo representada por gnaisses migmatíticos diversos. O recorte geológico local (**Figura 2.7**) obtido com o imageamento e pela cartografia do mapa CPRM, de 2006, mostra este mesmo arranjo com maciços graníticos nas ombreiras circundados por gnaisses migmatíticos diversos.



Fonte: CPRM, 2008.

A

B

Figura 2.6 - A) Imagem RGB da região de Santa Quitéria e Varjota, B) detalhe mostrando os limites de cada corpo granítico (Np1) e dos gnaisses migmatíticos (Npmig).

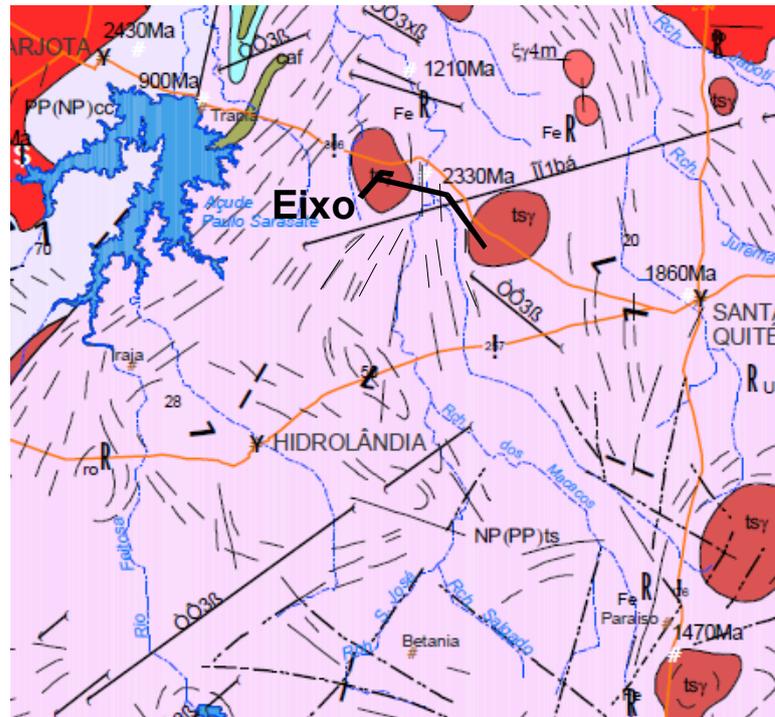


Figura 2.7 - Mapa geológico do eixo e seu entorno, mostrando dois maciços graníticos circundados por gnaisses migmatíticos diversos. Notar os traços ou linhas de direção NE, N e NW, foram foliações ou planos de cisalhamento verticais, em parte responsável pela ocorrência das drenagens.

2.2.1.2 - Descrição Geológica do Eixo da Barragem

O mapeamento geológico dos eixos da barragem e do vertedouro englobou da estaca 190+00m até a estaca 0+00m. O mapeamento iniciou na ombreira direita, onde foi implantado o **Marco de Apoio** assentado pelo consórcio IBI/TPF.

Da estaca 0+00m até a estaca 38+00 m há um predomínio do granito de composição k-feldspática que varia de porfírico a equigranular. A composição mineralógica é formada por k-feldpsatos (35%), plagioclásio (15%), quartzo (15%), sendo os demais minerais como muscovia, titanita, opalas, apatitas, biotita, microclina, compondo secundariamente. O granito ocorre na forma de lajedos decamétricos maciços ou mesmo subafiorante, possuindo foliação subhorizontal pouco penetrativa com caimento de 5 a 10 graus para oeste (Sn 260az/05 até 300az). Além da foliação, o mesmo apresenta duas famílias de fraturas nas direções variando 250az/50 a 90 e 300az/90.

Entre as estacas 38+00 m e 64+00 m ocorrem blocos métricos de rochas calcissilicáticas e veios de quartzo associados aos gnaisses migmatíticos. Estes locais mostram um hidrotermalismo, onde fluidos foram injetados, formando uma reação entre os anfíbolitos e

injeções de quartzo. É comum encontrar cascalheira de quartzo, uma vez que há mais veios nestes locais. O solo desta área é raso e intercala-se com ocorrências de lajedos, apresentando coloração marrom escuro devido à intemperização dos anfibólitos (rochas verdes) e das calcissilicáticas (rocha verde + quartzo). A foliação Sn neste trecho, Estaca 57, é 245az/10 e fraturas NW-SE.

Entre as estacas 64+00 m até 106+00 m ocorre o mesmo granito com k-feldspato variando de porfirítico a equigranular, possuindo foliação subhorizontal, Sn - 310az/5. Neste trecho, predominam lajedos intercalados com manchas de solos mais arenosos.

Nas estacas 106+00 m e 109+00 m ocorre uma falha milonítica com espessura de 2,00 m, que também marca o contato com os gnaisses migmatíticos. Ocorre uma quebra no terreno, um desnível de até 10,00 m sendo detectado nas sondagens (Furo SM-12).

Esta zona de falha pode requerer maior escavação de terra e possível tratamento de injeção, conforme os ensaios de perda d'água efetuados.

Da estaca 106+00 m até a estaca 187+00 m ocorrem gnaisses migmatíticos, com rochas anfibolíticas e clacissilicáticas que se intercalam, principalmente neste trecho e entre as estacas 150+00 m e 167+00 m.

Na calha e entre os dois rios principais foi identificado que:

- Por ser o trecho mais profundo onde ocorrem as duas calhas principais de drenagem, o riacho dos Macacos e uma drenagem secundária, foram notadas diversas quebras de terrenos que se refletem em degraus ou mesmo patamares;
- No ponto 127+00 m, estaca 119+00 m, ocorre pequeno patamar de sedimentos com espessura acima de 2,00m. Talvez um maior volume de escavação nesta região, onde os sedimentos sustentam uma área plana bem marcada pela presença de carnaúbas, demonstre um solo arenoso.

Neste trecho também ocorrem as duas calhas/drenagens principais: riacho dos Macacos (estaca 129+00 m) e uma Drenagem Secundária (estaca 151+00 m).

No riacho dos Macacos ocorrem lajedos, matacões e blocos de gnaisses migmatíticos entrecortados por granitos na forma de diques e veios. Sedimentos arenosos com profundidade de até 10,00 m, profundidade esta confirmada pela sondagem executada na região, ocorrem no leito e em toda sua lateralidade. O riacho instalou-se em cima de uma falha de direção N-S a qual também condiciona a drenagem secundária que ocorre paralela ao riacho dos Macacos.

A Drenagem Secundária, na estaca 151+00 m, é de menor porte que o riacho dos Macacos, possui terraço fluvial bem formado e espessura de sedimentos em torno de 10,00m. Nesta drenagem ocorre uma falha provocando um desnível, na estaca 151+00 m, sendo esta mais baixa que a estaca 149+00 m.

Neste local também pode ocorrer uma maior necessidade de escavação do solo, escavação esta que pode atingir espessura superior a 10,00 m. Esta drenagem também reflete uma falha/fratura na direção 30az paralela ao riacho dos Macacos.

Entre as estacas 43+00 m e 63+00 m ocorre o contato litológico entre os gnaisses migmatíticos e o granito equigranular homogêneo.

No fim do eixo, entre as estacas 187+00 m e 190+00 m, volta a ocorrer o granito equigranular homogêneo por vezes porfirítico com fenocristais de k-feldspatos, portanto o mesmo granito da ombreira direita.

O vertedouro por sua vez está locado na ombreira esquerda sendo apoiado em uma elevação rochosa, composta de rocha granítica de composição quartzo feldspática, homogêneo a equigranular com variações de porções porfiríticas (Np1-ver Mapa Geológico). Apresenta foliação magmática Sn subhorizontal com orientação 270az/5, 280az/7, 240az/6.

Entre as estacas 0+00 m e 10+00 m, do eixo longitudinal do vertedouro, ocorre um escalonamento natural do terreno onde o granito aflora com foliação subhorizontal e fraturas com orientação 320az/90, 360az/90, 80az/90, 90az/80. São fraturas de alívio de pressão e ocorrem superficialmente devido à denudação do terreno.

Este escalonamento termina em um vale a jusante do eixo. Este vale é um vertedouro natural, uma vez que ocorrem grandes lajedos e rocha aflorante em todo o percurso até o leito do riacho dos Macacos; pouco solo reside sobre o vertedouro e ocorrem rocha aflorante e lajedos do granito equigranular a porfirítico. Esta drenagem natural deve ser aproveitada como via de escoamento do próprio vertedouro.

2.2.1.3 - Sismicidade

Com relação à sismicidade, os tremores de terra (sismos) são fenômenos frequentes na história brasileira. Em maior ou menor intensidade, acontecem abalos sísmicos em todas as regiões do país.

O Brasil apresenta aspectos diferentes em cada região quanto à ocorrência de eventos sísmicos. A região brasileira de mais atividade sensitiva é a região nordeste, que apresenta uma área sísmica significativa. Todavia, outras regiões são praticamente assísmicas, como a

região norte. Na região sudeste são observadas atividades sísmicas, mas a grande maioria de baixa magnitude. Os sismos mais importantes ocorridos no Brasil são da ordem de 5 graus na escala Richter e se concentram na região nordeste. O maior evento registrado no Brasil teve magnitude de 6,20 em ocorrência na Serra do Tombador no Estado de Mato Grosso, de acordo com informações da Rede Sismográfica Brasileira (RSBR).

Os sismos que ocorrem no Brasil normalmente são superficiais e possuem baixa magnitude. Isso se dá devido à localização do país, que está situado sobre a placa tectônica da América do Sul (sul-americana), longe da tectônica dos Andes, portanto, em uma região estável. Os sismos no Brasil (**Figura 2.8**) geralmente ocorrem em áreas isoladas e quase nunca foram registrados graves danos humanos e materiais.

A *NBR 15421 – Projetos de Estruturas Resistentes a Sismos* apresenta um mapa das zonas sísmicas brasileiras com base na aceleração característica horizontal por tipo de solo, bem como uma tabela que fornece dados sobre a proporcionalidade das forças horizontais, o que dá um panorama do risco existente para cada região do Brasil.

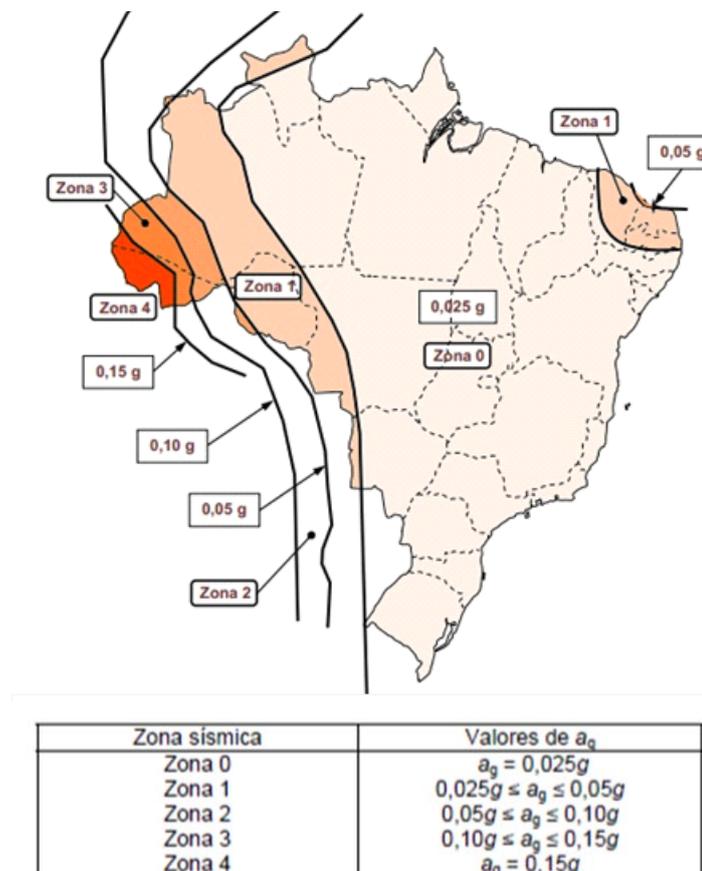
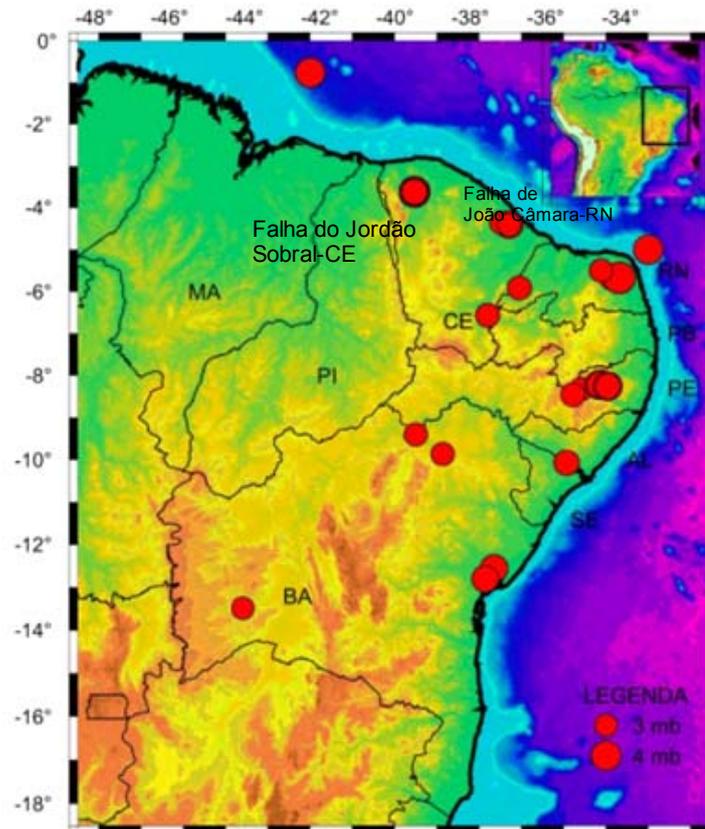


Figura 2.8 - Zoneamento sísmico brasileiro em função da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para terrenos de classe B (adaptada ABNT)

A região N-NE da Província Borborema possui dois mecanismos focais ativos que merecem destaque. A falha de João Câmara, no Rio Grande do Norte e a falha do Vale do Jordão, próximo à cidade de Sobral no NW do Ceará, este representado na figura pelas aglomerações de pontos vermelhos (**Figura 2.9**). Um terceiro aglomerado é referente à borda da Bacia Potiguar.



Fonte: @LabSisUFRN; LabSis UFRN ou Laboratório de Sismicidade UFRN Departamento de Geologia.

Figura 2.9 - Mapa recente da atividade sísmica

A região de Santa Quitéria e da barragem Poço Comprido mais especificamente, estão situadas sobre um maciço granítico descrito como Arco Magmático de Santa Quitéria (Fetter et. al, 1999). Esta unidade geológica está situada em um vazio sísmico da região central do Estado do Ceará, localmente sendo classificada de baixa sismicidade.

O Estado do Ceará apresenta sua sismicidade condicionada pelo ambiente geológico composto por crosta continental pré-cambriana entrecortada por bacias paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas, além das atividades neotectônicas das zonas transformantes oceânicas, que foram ativas em toda linha de costa também.

A distribuição dos sismos no Estado (**Figura 2.10A e 2.10B**) e a região de Santa Quitéria, especificamente, apresenta uma baixa ou nula atividade sísmica, segundo dados da Defesa Civil do Estado do Ceará.

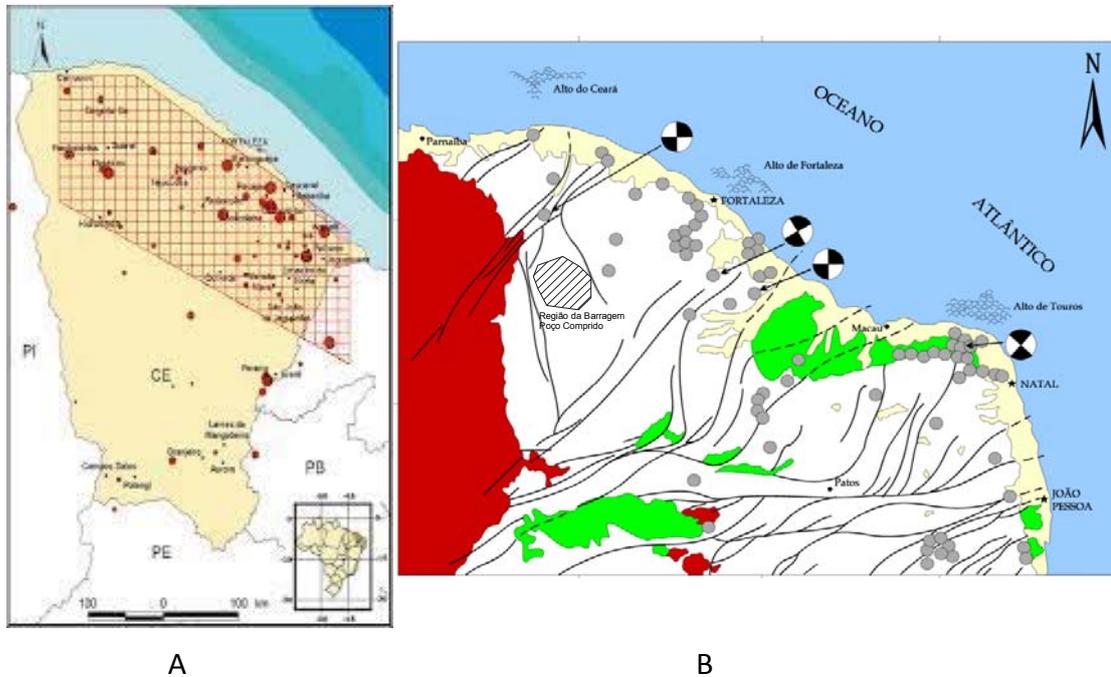


Figura 2.10 - (A) Distribuição dos sismos no estado do Ceará, fonte, Defesa Civil do estado CE, (B) Localização da barragem em relação aos sismos registrados no Ceará.

Isto ocorre tendo em vista que a barragem está situada sob um batólito granítico, denominado outrora de Complexo Tamboril Santa Quitéria, atualmente denominado e descrito como Arco Magmático de Santa Quitéria. Seu substrato granítico ocorre na forma de plutons, sheets e diques, localmente entrecortados por basaltos e fraturados pela tectônica do Neógeno. Sua estrutura é maciça formando um núcleo sólido, em relação aos terrenos xistosos que bordejam o batólito, e em parte serve de amortecimento de sismos que venham a ocorrer, por exemplo, em Sobral, onde a atividade sísmica é presente.

Quanto à falha do riacho dos Macacos, nunca foi realizado um estudo específico nesta porção do Arco Magmático. Em observação de campo, não foram notados espelhos de falhas recentes ou mesmo pequenos slumps em borda de vale com movimentação do solo ou fraturamento do solo, com formação de degraus ou sulcos expostos, não apresentando nem mesmo formação de debris flow.

Foram observados no período de seca, que poções com água se formam ao longo do curso do riacho e nas proximidades do eixo locado. Isto mostra que a falha-fratura do riacho dos

Macacos está selada e não apresenta conectividade entre os poços de água que se formam no leito.

Pela análise do histórico sísmico e pelas observações de campo, a área pode ser considerada estável quanto a sismos e com baixa probabilidade de ocorrência.

2.2.1.4 - Conclusões dos Estudos Geológicos

A barragem Poço Comprido possui suas ombreiras formadas por rocha maciça de composição granítica, com textura equigranular a porfirítica, composta por k-feldspatos, plagioclásios, quartzo, biotitas e minerais secundários, como muscovita e opalas podem ocorrer.

Estruturalmente a área apresenta foliação subhorizontal e fraturamento nas direções N-S, NE-SW e E-W. O solo arenoso a siltooso apresenta coloração amarelada com presença de cascalheira, sendo normalmente solos rasos (<2,00 m).

A parte central da barragem é formada por gnaisses migmatíticos com enclaves de anfibólitos, metassedimentos calcissilicáticas e veios de quartzo, que também foram injetados em inúmeros locais. Estes veios formam cascalheiras de quartzo, com blocos angulares em inúmeros locais do eixo. Algumas fraturas/falhas ocorrem na parte central do eixo (zona dos rios). Neste trecho ocorrem depósitos aluvionares e portanto, perfis de solo mais espessos que as ombreiras. Este comportamento com mais cobertura, reflete as atividades tectônicas das falhas, que se movimentaram verticalmente formando rejeitos, que podem chegar até 15,00 m.

Estas falhas formaram as próprias drenagens de maior porte (riacho dos Macacos e drenagem secundária). Fraturas secundárias, também formaram drenagens de menor porte, onde várias delas coincidem com as famílias de fraturas levantadas.

Sete locais apresentam lajedos que devem sofrer desmonte para nivelamento do terreno, de forma a propiciar o assentamento da barragem. Foram locais com desnível que variam de 1,00 m até acima de 5,00 m, como no riacho dos Macacos. No início do vertedouro também apresenta rocha aflorante (granito) e desníveis que variam de 1,00 m até acima de 5,00 m. Na estaca 0+00 m do eixo do vertedouro, também ocorre rocha aflorante podendo necessitar de desmonte.

Com relação a sismos na região, pela análise do histórico sísmico e pelas observações de campo, a área pode ser considerada estável.

2.2.2 - Estudos Geotécnicos

2.2.2.1 - Sondagens no Eixo do Barramento

Ao longo do eixo da barragem, foram executados 17 furos de sondagem mista, sendo que nestas foram executadas 205,45 m do tipo rotativa e 13,88 m tipo percussiva e 24 furos com um total de 14,77 metros de sondagens à percussão.

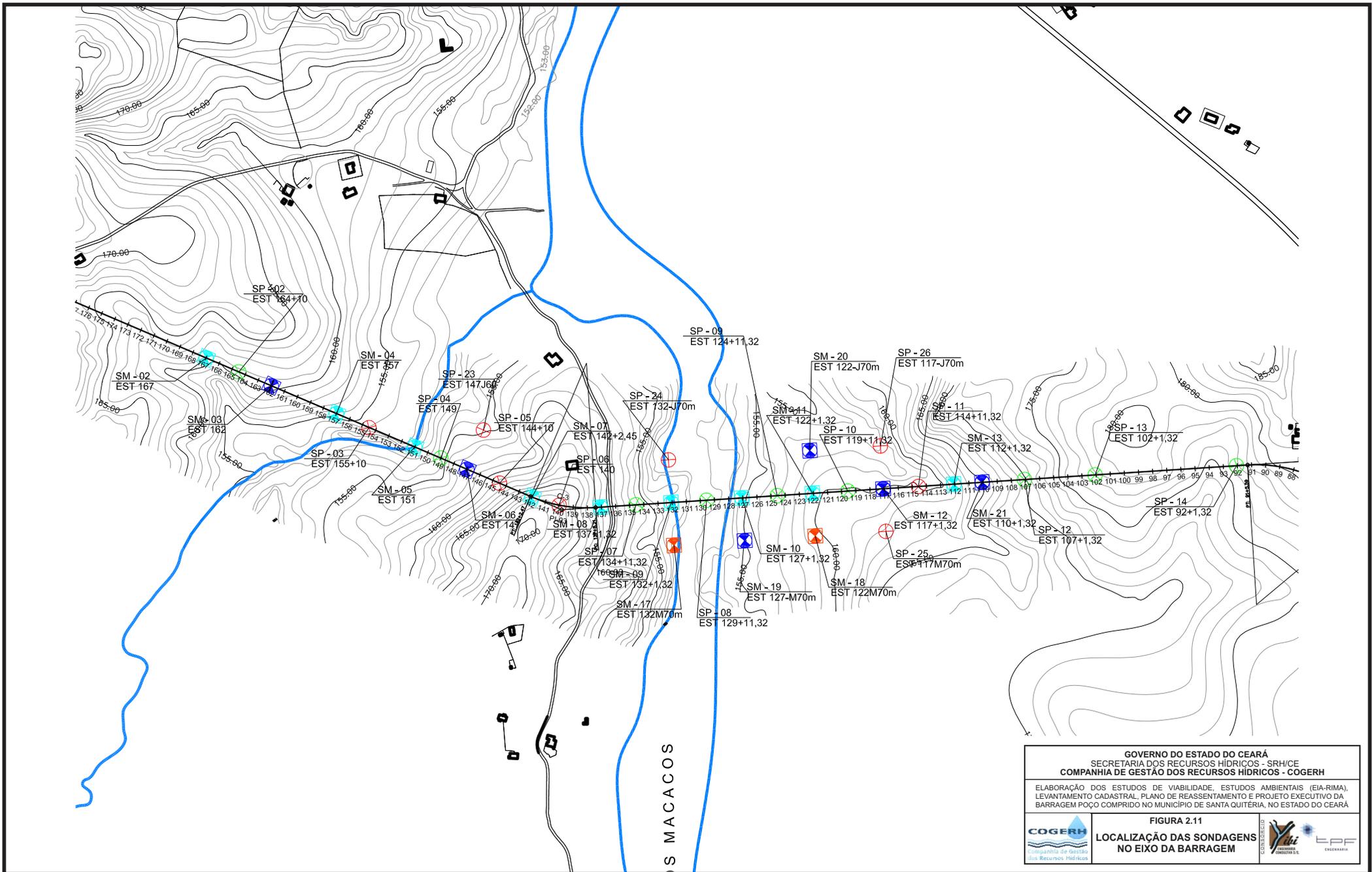
A execução dos trabalhos obedeceu ao plano de sondagem apresentado na fase preliminar dos estudos, onde havia previsão de execução faseada em três etapas, que nortearam a ordem de ação.

Foram executados, preliminarmente, 7 sondagens mistas com profundidades médias em rocha de 12,00 m, distribuídas ao longo do eixo da barragem. Após a conclusão da perfuração dos furos iniciais, foi avaliado o resultado de cada furo com a ajuda dos perfis de sondagem e de seus testemunhos. A análise permitiu o prosseguimento da campanha de sondagem para a fase seguinte, até a conclusão de todos os furos previstos.

Para as sondagens no eixo da barragem, não foram realizados ensaios de infiltração, conforme definido com a fiscalização, uma vez que a pequena espessura do solo existente sobre o maciço rochoso impossibilitava sua execução e seus resultados poderiam ser duvidosos. Entretanto, foram realizados ensaios de infiltração tipo “Le Franc” apenas no furo SM08, com os coeficientes de permeabilidade determinados.

Dos furos previstos no plano de sondagem, não foram executados SM-1, SM-14, SM-15 e SM-16. Os furos SM-14 e SM-15 tinham como objetivo uma possível alternativa de um vertedouro em CCR neste local. Quando da realização das sondagens na fase A, as que foram realizadas próximas às estacas indicadas para os furos SM-14 e SM-15, apresentavam condições desfavoráveis para execução da alternativa do CCR. Com isso, a execução das sondagens supracitadas foi cancelada. Além do plano previsto, foi executado o furo SM-21, para melhor definir o fraturamento existente na proximidade da estaca 110+1,32 m.

A **Figura 2.11** identifica as sondagens executadas ao longo do eixo da barragem



2.2.2.1.1 - Sondagem Mista

Foram realizadas 17 (dezessete) sondagens mistas na região do eixo da barragem, num total de 219,23 metros perfurados, sendo 13,88 m em percussão e 205,45 m em rotativa.

No **Quadro 2.3** são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens mistas realizadas.

Quadro 2.3 - Sondagens Mistas na Barragem

FURO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	FASE DE EXECUÇÃO	PROF. SOLO (m)	PROF. ROCHA (m)	SPT. MIN. (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)					
SM-01	177	9.529.702,692	354.183,572	166,780	B- NÃO EXEC.			
SM-02	167	9.529.624,540	354.367,675	160,610	A	0,6	12,00	33
SM-03	162	9.529.585,600	354.459,778	160,240	B	0,86	12,00	32
SM-04	157	9.529.546,728	354.551,913	155,470	A	0,7	12,50	33
SM-05	151	9.529.499,995	354.662,440	151,180	A	2,6	12,00	17
SM-06	147	9.529.468,722	354.736,073	157,800	B	0,79	12,00	32
SM-07	142+2,45	9.529.429,845	354.828,207	166,720	A	0,9	12,00	39
SM-08	137+1,32	9.529.415,822	354.925,009	160,770	A	1,1	11,65	50
SM-09	132+1,32	9.529.422,340	355.024,796	152,850	A	0,45	12,40	45
SM-10	127+1,32	9.529.428,834	355.124,585	154,630	A	0,95	12,10	26
SM-11	122+1,32	9.529.435,344	355.224,373	159,230	A	0,59	12,00	39
SM-12	117+1,32	9.529.441,842	355.324,161	159,970	A		13,10	45
SM-13	112+1,32	9.529.448,311	355.423,952	161,690	A	0,71	12,50	39
SM-14	24-M60m	9.529.568,814	354.343,894	161,410	B- NÃO EXEC.			
SM-15	24-j60m	9.529.679,204	354.390,655	164,610	B- NÃO EXEC.			
SM-16	44-M60m	9.529.412,990	354.712,416	158,970	B- NÃO EXEC.			
SM-17	132-M70m	9.529.361,710	355.027,715	151,400	B	0,8	12,30	30
SM-18	122-M70m	9.529.374,949	355.227,465	159,260	C	0,65	11,50	40
SM-19	127-M70m	9.529.368,422	355.127,678	154,590	B	0,9	12,10	26
SM-20	122-j70m	9.529.488,167	355.119,869	157,400	B	0,6	11,90	39
SM-21	110+1,32	9.529.449,07	355.443,47	164,103	C	0,68	11,40	
TOTAL						13,88	205,45	

Nas sondagens mistas foram realizados 67 ensaios de perda d'água específica.

De forma geral, a perda d'água em praticamente todos os ensaios foi muito baixa, entretanto, no furo SM-07 localizado na estaca 142+2,45m, entre as profundidades 9,90 m a 11,80 m, e no furo SM-11 localizado na estaca 122+1,32m, entre as profundidades 9,50 m a 12,50 m, o ensaio apresentou uma perda total de água.

O **Quadro 2.4** apresenta os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água.

Quadro 2.4 - Ensaios de Perda d'Água Específica

Sondagem	Quant.	Trecho Ensaiaados (m)	Perda d'água Especifica (l/min/m/kg/cm2)	K (cm/s)	Sondagem	Quant.	Trecho Ensaiaados (m)	Perda d'água Especifica (l/min/m/kg/cm2)	K (cm/s)
SM-2	4	0,60 - 3,6	2,355	2,46E-04	SM-10	4	0,95 - 3,95	5,223	5,45E-04
		3,6 - 6,6	1,525	1,59E-04			3,95 - 6,95	1,850	1,93E-04
		6,6 - 9,6	1,756	1,83E-04			6,95 - 9,95	1,148	1,20E-04
		9,6 - 12,6	1,480	1,54E-04			9,95 - 12,95	0,740	7,73E-05
SM-3	4	0,86 - 3,86	0,158	1,65E-05	SM-11	3	3,50 - 6,5	3,524	3,68E-04
		3,86 - 6,96	0,100	1,04E-05			6,5 - 9,5	1,333	1,39E-04
		6,86 - 9,86	0,077	8,06E-06			9,5 - 12,5	0,000	perda total
		9,86 - 12,86	0,064	6,72E-06					
SM-4	4	0,70 - 3,7	2,521	2,63E-04	SM-12	4	1,0 - 4,0	3,104	3,24E-04
		3,7 - 6,7	1,365	1,42E-04			4,0 - 7,0	1,930	2,01E-04
		6,7 - 9,7	0,686	7,16E-05			7,0 - 10,0	0,610	6,37E-05
		9,7 - 12,7	0,732	7,65E-05			10,0 - 13,0	0,600	6,26E-05
SM-5	4	2,60 - 5,6	6,431	6,71E-04	SM-13	4	1,0 - 4,0	8,252	8,61E-04
		5,6 - 8,6	2,870	3,00E-04			4,0 - 7,0	1,333	1,39E-04
		8,6 - 11,6	2,130	2,22E-04			7,0 - 10,0	0,667	6,96E-05
		11,6 - 14,6	6,296	6,57E-04			10,0 - 13,0	1,160	1,21E-04
SM-6	4	1,70 - 4,7	3,496	3,65E-04	SM-17	4	1,0 - 4,0	2,530	2,64E-04
		4,70 - 7,70	0,068	7,09E-06			4,0 - 7,0	1,733	1,81E-04
		7,70 - 10,7	0,008	8,81E-07			7,0 - 10,0	1,019	1,06E-04
		10,7 - 13,7	0,007	7,43E-07			10,0 - 13,0	0,518	5,41E-05
SM-7	5	0,90 - 3,9	9,883	1,03E-03	SM-18	4	1,0 - 4,0	2,667	2,78E-04
		3,9 - 6,9	9,545	9,97E-04			4,0 - 7,0	0,711	7,42E-05
		6,9 - 9,9	7,652	7,99E-04			7,0 - 10,0	0,508	5,31E-05
		9,9 - 12,9	0,000	perda total			10,0 - 13,0	0,276	2,62E-05
		11,80 - 12,9	15,868	1,66E-03					
SM-8	4	0,70 - 3,7	4,000	4,18E-04	SM-19	4	1,0 - 4,0	2,222	2,32E-04
		3,7 - 6,7	1,671	1,74E-04			4,0 - 7,0	2,107	2,20E-04
		6,7 - 9,7	0,379	3,95E-05			7,0 - 10,0	0,130	1,36E-05
		9,7 - 12,7	0,101	1,06E-05			10,0 - 13,0	0,716	7,48E-05
SM-9	3	2,50 - 5,5	0,867	9,05E-05	SM-20	4	1,0 - 4,0	0,321	3,36E-05
		5,5 - 8,5	0,850	8,87E-05			4,0 - 7,0	0,120	1,25E-05
		8,5 - 11,5	0,261	2,73E-05			7,0 - 10,0	0,048	4,98E-06
							10,0 - 13,0	0,038	3,95E-06
				SM-21	4	1,0 - 4,0	2,783	2,91E-04	
			4,0 - 7,0			0,063	6,53E-06		
			7,0 - 10,0			0,037	3,85E-06		
						10,0 - 13,0	0,053	5,49E-06	

2.2.2.1.2 - Sondagem Percussiva

Foram realizadas 24 (vinte e quatro) sondagens percussivas na região do eixo da barragem, perfazendo um total de 14,77 metros perfurados.

No **Quadro 2.5** são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens percussivas realizadas.

Quadro 2.5 - Sondagens Percussivas no Eixo da Barragem

FURO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. SOLO EXECUTADA (m)	SPT MÍNIMO	Descrição do material
		Eixo(x)	Eixo(y)				
SP-01	182	9.529.741,811	354.091,541	171,510	0,67	51	Areia fina, siltosa, argilosa, muito compacta, com pedregulhos, amarela clara.
SP-02	164+10	9.529.605,063	354.413,721	160,400	0,72	29	Areia fina, siltosa, argilosa, com pedregulhos, compacta, amarela clara.
SP-03	155+10	9.529.527,265	354.597,970	153,530	0,92	21	Areia siltosa, argilosa, compacta, cinza escura.
SP-04	149	9.529.484,358	354.699,256	155,740	0,51	32	Silte arenoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro.
SP-05	147	9.529.449,176	354.782,095	161,390	0,6	33	Areia siltosa, argilosa, compacta, com pedregulho, amarela escura
SP-06	140	9.529.414,461	354.865,130	167,770	0,52	49	Pedregulho arenoso, argiloso, siltoso, amarelo escuro
SP-07	134+11,32	9.529.419,082	354.974,902	156,600	0,2	38/05	Impenetrável a Percussão
SP-08	129+11,32	9.529.425,591	355.074,694	151,020	3	12	Areia fina, siltosa, argilosa, amarelo claro
SP-09	124+11,32	9.529.432,085	355.174,479	156,750	0,61	40	Pedregulho arenoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro.
SP-10	119+11,32	9.529.438,603	355.274,266	159,910	0,93	25	Areia média, argilosa, siltosa, compacta, amarela clara com pedregulhos
SP-11	114+11,32	9.529.445,076	355.374,057	160,070	0	-	Afloramento de rocha
SP-12	107+1,32	9.529.454,757	355.523,744	169,400	0,61	18	Silte arenoso, argiloso, compacto amarelo claro com pedregulho
SP-13	102+1,32	9.529.461,228	355.623,534	177,030	0,52	28	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro
SP-14	92+1,32	9.529.474,199	355.823,113	176,240	0,51	31	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulho
SP-15	82+16,36	9.529.416,479	355.992,318	179,010	0,68	22	Argila siltosa, arenoso, dura, cinza clara com pedregulho
SP-16	72+16,36	9.529.262,495	356.119,947	177,440	0,41	31	Areia siltosa, amarela clara com pedregulho
SP-17	57+16,36	9.529.031,517	356.311,386	183,140	0,54	30	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulho
SP-18	42+16,36	9.528.808,614	356.511,217	181,680	0,71	26	Silte arenoso, argiloso, amarelo claro com pedregulho
SP-19	27+16,36	9.528.609,564	356.735,670	181,500	0	-	Afloramento de rocha
SP-20	17+16,36	9.528.476,813	356.885,260	182,630	0,48	23	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulhos e mica.
SP-23	147-j60m	9.529.523,529	354.759,119	154,400	0,59	44	Pedregulho, arenoso, siltoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro.
SP-24	132-j70m	9.529.481,650	355.020,228	150,150	0	-	Afloramento de rocha
SP-25	117-M70m	9.529.381,477	355.327,251	161,920	0,52	5/0	Pedregulho siltoso, argiloso, amarelo escuro
SP-26	117-j70m	9.529.501,221	355.319,418	156,920	0,52	30	Pedregulho, arenoso, siltoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro
TOTAL						14,77	

A camada de solo sobre a rocha, ao longo de todo eixo da barragem, é rasa e apresenta espessura média de 0,70 m, o que dificultaria a execução dos ensaios de infiltração nas sondagens mistas e percussivas. Portanto, foi definido, em conjunto com a fiscalização a não execução dos ensaios de infiltração nas sondagens realizadas no eixo da barragem. Entretanto, na sondagem SM-8 foi encontrado um solo com 3,00 m de profundidade, no qual foi realizado o ensaio de permeabilidade a Carga Constante, resultado constando no **Quadro 2.6**.

Quadro 2.6 - Ensaio de permeabilidade na barragem

Sondagem	Quantidade	Trecho Ensaiaados (m)	Coef. Permeabilidade (cm/s)
SM-8	2	1,0 - 2,0	2,59E-03
		2,0 - 3,0	1,03E-03

2.2.2.1.3 - Sondagens no Vertedouro

a) Sondagens Rotativas

Para avaliação do local da alternativa onde haveria possibilidade de implantação do vertedouro, foram executadas, inicialmente, duas sondagens rotativas conforme indicado no plano de sondagem, no provável local da soleira e a jusante da mesma.

Em uma segunda fase de estudos, foram realizadas mais duas sondagens na área do canal de aproximação para ampliar as informações a respeito da área de implantação do sangradouro.

A **Figura 2.12** identifica as sondagens executadas ao longo do vertedouro.

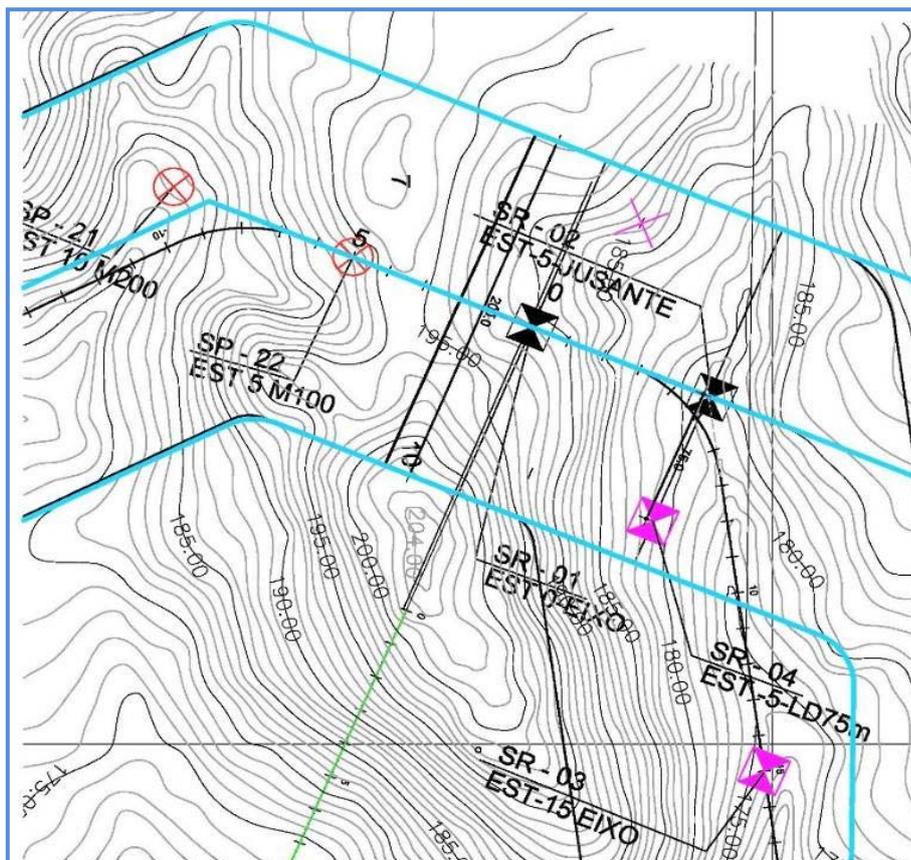


Figura 2.12 - Localização das sondagens no vertedouro

Portanto, foram realizadas 4 (quatro) sondagens rotativas, na região do eixo do vertedouro, num total de 80,35 metros perfurados.

No **Quadro 2.7** são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens rotativas realizadas.

Quadro 2.7 - Sondagem Rotativa no Vertedouro

FURO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	FASE DE EXECUÇÃO	PROF. ROCHA (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)			
SR-01	SAN-EIXO-0	9.529.876,821	353.768,755	190,800	C	20,20
SR-02	SAN-EIXO-e5JUS	9.529.968,979	353.807,574	178,460	C	20,25
SR-03	SAN-EIXO-e15Jus	9.529.990,50	354.001,64	173,772	D	18,90
SR-04	SAN-EIXO-e5JUS75D	9.529.933,29	353.863,01	181,543	D	21,00
TOTAL						80,35

Foi definido, em conjunto com a fiscalização, a não execução de ensaio por motivos já explanados.

b) Sondagem Percussiva

Foram realizadas 2 (duas) sondagens percussivas, na região à montante do eixo do vertedouro, num total de 0,89 metros perfurados.

No **Quadro 2.8** são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens percussivas realizadas.

Quadro 2.8 - Sondagens Percussivas

FURO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. SOLO EXECUTADA (m)	SPT MÍNIMO	Descrição do material
		Eixo(x)	Eixo(y)				
SP-21	SAN-EIXO-10MOM200	9.529.692,638	353.690,802	183,130	0	-	Afloramento de rocha
SP-22	SAN-EIXO-15MOM101	9.529.784,729	353.729,779	192,750	0,89	45	Areia fina, siltosa, com pedregulho, cinza claro
TOTAL					0,89		

Foi definido em conjunto com a fiscalização a não execução do ensaio de permeabilidade nesta região.

2.2.2.2 - Estudos dos Materiais Construtivos e Jazidas

Os estudos das ocorrências dos materiais, para a utilização na construção da barragem Poço Comprido, foram elaborados através do reconhecimento de área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis, preferencialmente aquelas localizadas em áreas dentro da bacia de inundação.

Numa etapa inicial, foram identificadas em campo as 14 (quatorze) ocorrências de materiais argilosos e terrosos, pesquisados anteriormente pelo anteprojeto da SEEBLA (1977), as quais somavam um total de 4.600.000,00 m³ utilizáveis de solo. Vale ressaltar que no estudo supracitado, houve apenas identificação tátil visual e de caracterização do solo a nível de anteprojeto.

É importante citar que, ao longo da atual campanha de prospecção do material, foram descartadas algumas jazidas do anteprojeto da SEEBLA, bem como identificadas outras com maior potencial em termos de volume de solo e de material similar, perfazendo, portanto, um total de 14 jazidas prospectadas.

Também foram prospectadas 03 (três) jazidas de materiais pétreos, substanciais depósitos de areia ao longo do riacho dos Macacos e 01 (uma) jazida para revestimento de estradas.

O **Quadro 2.9** apresenta as características gerais das jazidas estudadas.

Quadro 2.9 - Características Gerais das Jazidas Estudadas

Jazida	Distância (m)	Área útil (m ²)	Esp. Média prospectada (m)	Vol. Disp. (m ³)	Expurgo (m)	Tipo de material	Proprietário
jazida 1	250,00	697.354,22	1,13	718.274,85	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 2	2.500,00	758.226,93	1,22	849.214,16	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 3	1.300,00	671.166,07	1,19	731.571,02	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 4	1.500,00	290.270,74	1,34	359.935,72	0,1	Solo	Antônio Francisco
jazida 5	3.100,00	596.680,96	1,08	584.747,34	0,1	Solo	Florêncio Magalhães
jazida 6	3.100,00	576.838,10	1,18	622.985,15	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 7	1.400,00	322.888,61	1,09	319.659,72	0,1	Solo	Marco Aurélio
jazida 8	1.300,00	461.443,47	1,19	502.973,38	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 14	1.900,00	475.692,78	1,62	723.053,03	0,1	Solo	José egberto
jazida 15A	2.300,00	237.619,53	1,21	263.757,68	0,1	Solo	Edevan Rodrigues
jazida 16	2.100,00	333.287,25	1,22	373.281,72	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 17	3.000,00	442.510,00	1,13	455.785,30	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 18	4.100,00	497.415,86	1,20	547.157,45	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 19	4.900,00	557.034,69	1,19	607.167,81	0,1	Solo	Bacia Hidráulica
jazida 15B	2.400,00	258.718,53	1,02	238.021,05	0,1	Revestimento	Edevan Rodrigues
Pedreira JP01	200,00	28.320,60	-	38.000,00	0,1	Rocha	Bacia Hidráulica
Pedreira JP02	300,00	39.606,77	-	70.000,00	0,1	Rocha	Bacia Hidráulica
Pedreira JP03	500,00	69.922,40	-	142.500,00	0,1	Rocha	Bacia Hidráulica
jazida JA1.1	14.500,00	269.071,28	1,30	349.792,67	0,1	Areia	Bacia Hidráulica
jazida JA1.2	3.500,00	207.429,77	1,30	269.658,70	0,1	Areia	Bacia Hidráulica
jazida JA1.3	3.500,00	185.178,40	1,30	240.731,92	0,1	Areia	jusante rio Macacos
jazida JA1.4	14.500,00	250.077,53	1,30	325.100,79	0,1	Areia	jusante rio Macacos

As amostras coletadas foram levadas a laboratório para realização dos ensaios pertinentes. Foram efetuados segundo as prescrições das normas da ABNT, conforme cada caso a seguir:

- **Jazida Terrosa:** as amostras coletadas foram submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação de granulometria por peneiramento e sedimentação, limites de Atterberg (LL e LP), compactação Proctor Normal, Umidade, Densidade natural, Ensaio de expansibilidade, Índice de suporte Califórnia – CBR, Cisalhamento direto lento, Triaxial (UU) não consolidado não drenado, Triaxial (CiU) consolidado - não drenado, Permeabilidade (carga variável), e Expansividade.
- **Areal:** as amostras coletadas do areal identificado foram submetidas aos ensaios de: granulometria por peneiramento, teor de matéria orgânica e permeabilidade (carga constante);
- **Pedreira:** coletadas amostras aflorantes e submetidas a Ensaio de Abrasão "Los Angeles".

a) Jazidas Terrosas

Foram pesquisadas e delimitadas quatorze jazidas de material terroso, preferencialmente na área da bacia hidráulica, com distâncias economicamente viáveis, próximas à área do eixo da barragem. O material foi coletado e enviado ao laboratório de solos para os ensaios normais de caracterização, constando a determinação de:

- Granulometria por peneiramento e sedimentação;
- Limites de consistência de Atterberg (LL, LP);
- Compactação Proctor normal;
- Umidade e Densidade natural;
- Permeabilidade (carga variável).

Ensaio especiais foram realizados para as amostras coletadas nas sondagens das jazidas terrosas, conforme listados a seguir:

- Ensaio de Resistência ao Cisalhamento Triaxial – Tipo CiU (Adensado Não-Drenado) em amostras Compactadas;
- Ensaio de Resistência ao Cisalhamento Triaxial UU (não consolidado não drenado) em amostras Compactadas;
- Cisalhamento direto lento;
- Permeabilidade com Carga Variável;
- Ensaio de expansibilidade;
- Índice de suporte Califórnia – CBR.

As principais características do solo, no tocante à quantidade de material disponível, bem como distância média de transporte ao local das obras, estão resumidas no **Quadro 2.10**.

Quadro 2.10 - Características das Jazidas de Solo Passíveis de Exploração

Jazida	Distância (m)	Área (m ²)	Esp. Média útil(m)	Vol. Disp. (m ³)	Expurgo (m)	Classificação do Solo (USC)
jazida 1	250,0	697.354,22	1,13	718.274,85	0,1	SC / SM
jazida 2	2500,0	758.226,93	1,22	849.214,16	0,1	SC / SM
jazida 3	1300,0	671.166,07	1,19	731.571,02	0,1	SC / SM/CL
jazida 4	1500,0	290.270,74	1,34	359.935,72	0,1	SC / SM
jazida 5	3100,0	596.680,96	1,08	584.747,34	0,1	SC / SM
jazida 6	3100,0	576.838,10	1,18	622.985,15	0,1	SC / SM/CL
jazida 7	1400,0	322.888,61	1,09	319.659,72	0,1	SC / SM
jazida 8	1300,0	461.443,47	1,19	502.973,38	0,1	SC / SM
jazida 14	1900,0	475.692,78	1,62	723.053,03	0,1	SC / SM
jazida 15A	2300,0	237.619,53	1,21	263.757,68	0,1	SC / SM
jazida 16	2100,0	333.287,25	1,22	373.281,72	0,1	SC / SM
jazida 17	3000,0	442.510,00	1,13	455.785,30	0,1	SC / SM
jazida 18	4100,0	497.415,86	1,20	547.157,45	0,1	SC / SM
jazida 19	4900,0	557.034,69	1,19	607.167,81	0,1	SC / SM

Os resultados dos ensaios de caracterização realizados em laboratório, com os materiais coletados *in loco* de cada jazida, complementaram a classificação geotécnica dos materiais, conforme compilados nos **Quadros 2.11 a 2.16**.

Os resultados foram extraídos dos boletins de ensaios apresentados no **Tomo 4A - Geologia e Geotecnia - Ensaio das Jazidas - Anexos II** e resumem os resultados obtidos para cada jazida.

Quadro 2.11 - Resumo dos Resultados - Ensaio de Caracterização dos Solos (valores médios da segunda campanha de sondagem)

Ensaio de caracterização do solo							
Jazida	Plasticidade (%)			USC	Compactação		I.S.C. (CBR) (%)
	LL	LP	IP		hot (%)	$\gamma_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	
1	35	45	10	SC / SM	11,4	1865	18
2	35	45	10	SC / SM	12,3	1810	12
3	35	45	10	SC / SM/ CL	11,7	1828	17
4	37	48	11	SC / SM	11,9	1821	11
5	36	48	12	SC / SM	12	1772	10
6	33	44	11	SC / SM /CL	12,1	1800	10
7	36	47	11	SC / SM	11,8	1872	16
8	37	47	10	SC / SM	11,1	1800	11
14	32	44	12	SC / SM	11,8	1844	12
15 A	32	44	12	SC / SM	11,4	1811	11
15 B	32	43	11	SC / SM	11,5	1855	30
16	33	43	10	SC / SM	10,6	1821	11
17	33	43	10	SC / SM	11,5	1787	13
18	37	48	11	SC / SM	11,8	1795	13
19	33	45	12	SC / SM	11,7	1822	12

LEGENDA:

SC – Areia Argilosa

SM – Areia Siltosa

ML – Silte de Baixa Compressibilidade

CL – Argila de Baixa Compressibilidade

Quadro 2.12 - Resumo dos Resultados – Ensaio Triaxiais CU

Amostra	Parâmetros Totais		Parâmetros Efetivos	
	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)
J01 - F61	12	16,2	11	33,1
J02 - F21	14	16,4	13	31,9
J03 - F16	9	16	6	32,5
J04 - F30	8	14,8	7	33,7
J06 – F21	22	17,2	18	26,7

Quadro 2.13 - Resumo dos Resultados – Ensaio Triaxiais UU

Amostra	Parâmetros Totais	
	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)
J01 - F34	20,0	2,6
J02 - F22	29,0	1,5
J03 - F29	21,0	1,4
J04 - F01	26,0	0,6
J06 - F13	60,0	0,0

Quadro 2.14 - Resumo dos Resultados - Ensaios Cisalhamento Direto Lento

Ensaio de cisalhamento direto lento		
Amostra	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)
J01 - FURO 34	20,1	33,4
J02 - FURO 21	32,0	28,5
J03 - FURO 16	32,9	25,1
J04 - FURO 13	23,0	25,5
J 06 - FURO 21	23,0	23,9
J08 - FURO 30	20,1	25,0
J14 - FURO 19	22,6	23,5
J15 A - FURO 29	26,1	29,0

Quadro 2.15 - Resumo do Ensaio de Permeabilidade a Carga Variável

Ensaio de permeabilidade com carga variável	
Amostra	K (cm/s)
J01 - FURO 05	2,8E-06
J01 - FURO 34	3,3E-06
J02 - FURO 21	3,6E-06
J02 - FURO 41	4,2E-06
J03 - FURO 16	4,4E-06
J03 - FURO 44	4,6E-06
J04 - FURO 13	4,4E-06
J04 - FURO 30	4,8E-06
J05 - FURO 41	1,3E-06
J06 - FURO 21	5,5E-06
J06 - FURO 49	3,3E-06
J07 - FURO 16	3,4E-06
J07 - FURO 31	3,8E-06
J08 - FURO 30	1,8E-06
J08 - FURO 42	1,2E-06
J14 - FURO 19	1,8E-06
J14 - FURO 40	1,6E-06
J15 A - FURO 07	1,7E-06
J15 A - FURO 29	1,9E-06
J15 B - FURO 15	2,0E-06
J16 - FURO 10	2,1E-06
J16 - FURO 24	3,2E-06
J17 - FURO 01	2,3E-06
J17 - FURO 39	1,8E-06
J18 - FURO 24	1,6E-06
J18 - FURO 41	1,6E-06
J19 - FURO 02	1,4E-06
J19 - FURO 42	4,2E-06

Quadro 2.16 - Resumo do Ensaio de Expansão

Determinação da expansibilidade	
Amostra	Expansão (%)
J 01 - FURO 05	0,05
J 01 - FURO 34	0,04
J02 - FURO 21	0,03
J02 - FURO 41	0,05
J03 - FURO 16	0,04
J03 - FURO 44	0,05
J04 - FURO 13	0,04
J04 - FURO 30	0,04
J05 - FURO 02	0,04
J06 - FURO 15	0,05
J06 - FURO 47	0,03
J07 - FURO 03	0,04
J08 - FURO 42	0,02
J08 - FURO 30	0,04
J14 - FURO 07	0,05
J14 - FURO 40	0,03
J15 A - FURO 29	0,03
J16 - FURO 24	0,05
J17 - FURO 39	0,04
J18 - FURO 24	0,04
J19 - FURO 02	0,03

Os resultados indicam que as jazidas são na maioria dos casos, constituídas por areia argilosa (SC - conforme Sistema Unificado de Classificação de Solos - USC) ou areia siltosa (SM - conforme Sistema Unificado de Classificação de Solos), em quantidades suficientes à exploração e uso na construção da barragem. As mesmas não apresentam problema de expansividade, uma vez que os resultados específicos apresentaram valores inexpressivos para esta característica. Com relação à permeabilidade, as amostras indicam valores médios em torno de $k = 10^{-6}$ cm/s, valores estes adequados para serem utilizados na construção do corpo da barragem.

b) Areal

Os depósitos de areia identificados têm seu início demarcado 11,00 km à montante e terminam 11,00 km à jusante do eixo da barragem, dispostos ao longo do riacho dos Macacos. Na maior parte dos mesmos, está sendo atualmente realizada exploração de forma comercial.

Durante a fase de reconhecimento e prospecção inicial, ao longo de todo trecho mapeado, ficou evidenciado que toda a areia identificada possuía as mesmas características táctil e granulométrica. Entretanto, para efeito de exploração, a jazida de areia foi subdividida em quatro trechos, sendo dois a montante do eixo da barragem e dois a jusante, sendo assim subdivididas:

- JA1.1 - trecho entre o poço 43 a 61;
- JA1.2 - trecho entre o poço 01 a 14;
- JA1.3 - trecho entre o poço 14 a 28;
- JA1.4 - trecho entre o poço 28 a 42.

O areal foi estudado através de um alinhamento pelo leito do riacho dos Macacos, com sondagem a trado com diâmetro de 4", espaçadas a cada 500,00 m ao longo dos depósitos.

Foram coletadas 25 (vinte e cinco) amostras do areal para realização da classificação tátil-visual, granulometria por peneiramento (DNER - ME 51-64), teor de matéria orgânica e permeabilidade a carga constante. Vide resumo dos quantitativos no **Quadro 2.17**.

Quadro 2.17 - Ensaios Realizados na Areia

2.0	Ensaios em Areia		Quant.
2.1	Sondagem a trado	m	105,7
2.2	Preparação/coleta de amostras	und	25
2.3	Granulometria por Peneiramento	und	25
2.4	Teor de Matéria Orgânica	und	10
2.5	Permeabilidade (carga constante)	und	25

As principais características dos depósitos de areia estão resumidas no **Quadro 2.18**, e na **Figura 2.13** está apresentada a faixa granulométrica da areia estudada.

Quadro 2.18 - Principais Características dos Depósitos de Areia ao Longo do Riacho dos Macacos

DESCRIÇÃO	JAZIDA-JA1.1	JAZIDA-JA1.2	JAZIDA-JA1.3	JAZIDA-JA1.4
Área (m ²)	269.071,28	207.429,77	185.178,40	250.077,53
Espessura média útil(m)	1,30	1,30	1,30	1,30
Volume utilizável (m ³)	349.792,67	269.658,70	240.731,92	325.100,79
Expurgo (m)	0,10	0,10	0,10	0,10
Distância média para barragem	14.500,00	3.500,00	3.500,00	14.500,00
Malha (m)	500*500	500*500	500*500	500*500

FAIXA GRANULOMÉTRICA

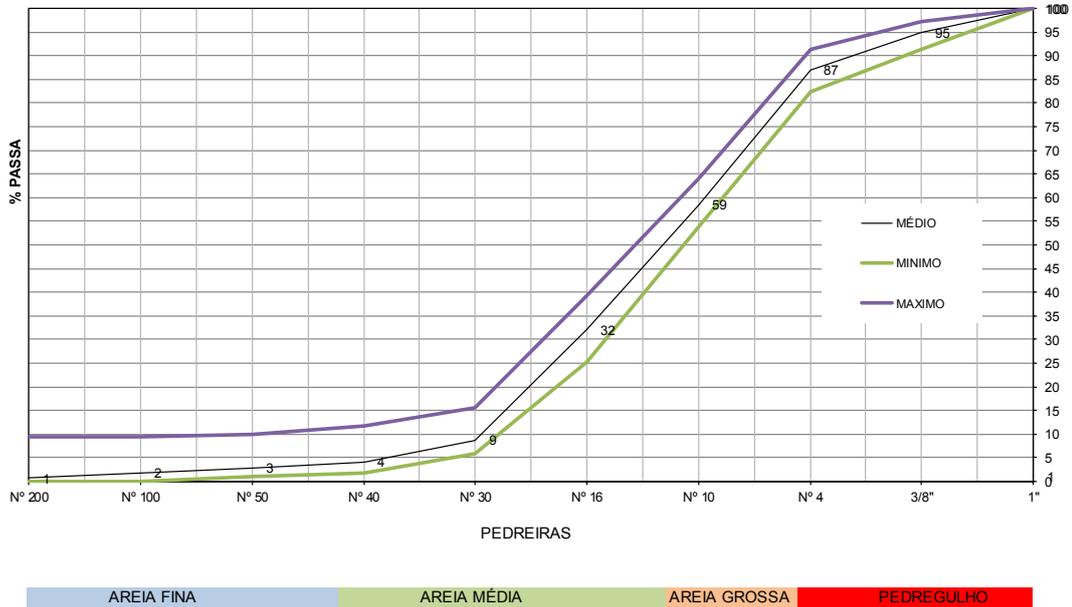


Figura 2.13 - Faixa Granulométrica da Areia

Com base no estudo de identificação dos trechos da jazida de areia, os trechos JA1.2 e JA1.3 deverão ser aproveitados, inicialmente, para os filtros da barragem, assim como na confecção dos concretos da obra. Os trechos das jazidas JA1.1 e JA1.4 ficam como reserva técnica para utilização na barragem, devido as suas distâncias de transporte menos favoráveis.

Outra necessidade de estudo se refere ao teor de matéria orgânica presente nos depósitos, cujo fator pode ser impeditivo à utilização de determinada área explorável.

O **Quadro 2.19** resume os valores obtidos em laboratório.

Quadro 2.19 - Resumo de Determinação do Teor de Matéria Orgânica da Areia

Determinação do teor de matéria orgânica do solo	
Amostra/Furo	MO (%)
1	0,04
3	0,06
5	0,03
7	0,05
9	0,04
11	0,02
13	0,06
15	0,04
17	0,02
19	0,05

Conforme consta na NBR 7211, as areias se tornam inutilizáveis com 1% em massa de ácidos do húmus. Portanto, os valores determinados foram inexpressivos e não comprometem as estruturas onde a areia foi utilizada.

A areia necessária à obra foi encontrada em bancos dispostos ao longo do riacho dos Macacos e classificada como SP – areia fina a média mal graduada, com coeficiente de uniformidade ($CNU = D_{60}/D_{10}$) variando entre 3,34 a 5,00, que corrobora a classificação de uma areia mal graduada.

Os ensaios de permeabilidade com carga constante revelaram valores em torno de $k = 1,0 \times 10^{-3}$ cm/s a $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s, conforme apresentado no **Quadro 2.20**.

Quadro 2.20 - Resumo do Ensaio de Permeabilidade com Carga Constante da Areia

Ensaio de permeabilidade com carga constante	
Amostra	K (cm/s)
1	1,0E-03
2	1,2E-03
3	1,3E-03
4	1,1E-03
5	1,4E-03
6	1,0E-03
7	1,5E-03
8	1,3E-03
9	1,4E-03
10	1,2E-03
11	1,2E-03
12	1,4E-03
13	1,6E-03
14	1,3E-03
15	1,2E-03
16	1,5E-03
17	1,4E-03
18	1,3E-03
19	1,6E-03
20	1,5E-03
21	1,4E-03
22	1,2E-03
23	1,3E-03
24	1,6E-03
25	1,5E-03

c) Pedreira

Um afloramento de rocha gnáissica migmatíticas são, de coloração acinzentada, se desenvolve ao longo do eixo da barragem e nas suas proximidades. Destes, foram selecionadas e estudadas alternativas, como fonte de material pétreo para transições, proteção de taludes em enrocamento e concreto.

No estudo, foram pesquisadas e delimitadas três pedreiras, denominadas *JP-01*, *JP-02* e *JP-03*, distando em média, 500,00 m do eixo da barragem e, destas, foram coletadas amostras para ensaios de Desgaste por Abrasão tipo “Los Angeles” (DNER - ME 35-64).

A pedreira *JP-01* está localizada na ombreira esquerda da barragem, a menos de 200,00 m de distância do eixo. A segunda pedreira *JP-02* está localizada na ombreira direita, próximo à CE-366 e a 300,00 m do eixo da barragem. A pedreira *JP-03* está localizada na ombreira esquerda, na altura do eixo do canal de restituição do vertedouro.

O **Quadro 2.21** resume as características físicas das pedreiras e o **Quadro 2.22** resume os Ensaios de Desgaste a Abrasão Los Angeles, realizados nas amostras extraídas da superfície aflorante.

Quadro 2.21 - Características das Pedreiras Passíveis de Exploração

Jazida	Distância (m)	Área (m ²)	Esp. Média (m)	Vol. Disp. (m ³)	Expurgo (m)
Pedreira JP01	200,0	28.320,60	1,34	38.000,00	0,1
Pedreira JP02	300	39.606,77	1,77	70.000,00	0,1
Pedreira JP03	500	69.922,40	2,04	142.500,00	0,1

Quadro 2.22 - Resumo do Ensaio de Desgaste à Abrasão Los Angeles

Determinação da abrasão Los Angeles	
Amostra	Perdas (%)
01 - Pedreira 1	23
02 - Pedreira 1	21
03 - Pedreira 1	18
04 - Pedreira 2	22
05 - Pedreira 2	19
06 - Pedreira 2	22
07 - Pedreira 3	24
08 - Pedreira 3	19
09 - Pedreira 3	24
10 - Pedreira 3	23

Os resultados indicaram valores de 18% a 24%, o que traduz uma boa resistência mecânica do material para uso como agregado, estando em conformidade com o preconizado nas normas da ABNT. Está parametrizado que o agregado deve ser constituído por partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas. O material apresenta como características tecnológicas valores de desgaste Los Angeles menor ou igual a 40%.

d) Jazidas para Revestimento

Foi pesquisada e delimitada uma jazida de material de revestimento, com objetivo de utilização em estradas de serviço e de acesso à barragem, com distância economicamente viável, próxima à área do eixo da barragem. A área escolhida é a denominada Jazida 15B.

A área escolhida foi sondada através de poços de inspeção (sondagem a pá e picareta), em malha entre furos de 100x100m, e coletada amostra em 20% dos furos, em pontos aleatórios. Para cada furo foi feita caracterização tátil-visual e definido o perfil do solo prospectado. Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório para os ensaios de caracterização, compactação e CBR.

As principais características da jazida estão resumidas nos **Quadros 2.23 e 2.24**.

Quadro 2.23 - Características da Jazida de Revestimento

Jazida	Distância (m)	Área (m ²)	Esp. Média (m)	Vol. Disp. (m ³)	Expurgo (m)	Classificação do material (SUCS)
jazida 15b	2400,0	202853,9	1,10	223.425,00	0,1	SC

Quadro 2.24 - Resumo dos Ensaios de Caracterização da Jazida para Revestimento

Ensaios de caracterização do solo							
Jazida	Plasticidade (%)			USC	Compactação		I.S.C (CBR) (%)
	LL	LP	IP		hot (%)	γ _{máx} (g/cm ³)	
15 B	32	43	11	SC	11,5	1855	30

2.2.2.3 - Escavações Obrigatórias

O projeto prevê uma grande quantidade de escavação obrigatória nas áreas da fundação da barragem e no vertedouro. Com isso, há a sugestão de que o material resultante das escavações seja avaliado e selecionado previamente em campo e em laboratório, de forma a viabilizar a sua utilização durante as obras.

Uma primeira indicação seria de que parte da escavação obrigatória do canal de aproximação do vertedouro faça parte da jazida 8. O mesmo ocorre com a pedreira JP-03, a qual possui parte de sua área dentro da escavação obrigatória do canal de restituição do vertedouro, denotando assim, um aproveitamento destes materiais nas obras.

O vertedouro foi definido com a construção de um canal de aproximação escavado em rocha, com largura de 200,00m e um comprimento de 180,00m até o cordão de fixação encravado na rocha. Após o cordão, foi previsto um canal de restituição com uma sequência de seis quedas abruptas e término no leito da drenagem natural existente, na estaca 30+00

m. Todo o canal deverá ser escavado com largura de 200,00m. O volume total previsto para execução do vertedouro foi de 1.451.785,12m³(solo/rocha).

A predominância da escavação obrigatória do vertedouro será de rocha, com volume de escavação estimado em 1.295.700,00 m³ que deverá ser aproveitada integralmente para a execução do Rip-Rap de montante, enrocamento do espaldar de jusante da barragem, para produção de brita e no enrocamento do dique lateral do vertedouro.

Conforme definido no anteprojeto, todo material de primeira categoria - com exceção do material expurgado - seria utilizado na construção no maciço, pois parte da área que será feita a escavação obrigatória do vertedouro se sobrepõe a jazida de solos de número 8.

O **Quadro 2.25** apresenta a quantificação do material pétreo a ser utilizado na obra.

Quadro 2.25 - Quantitativos de Material Pétreo

LOCAL DA APLICAÇÃO DA ESCAVAÇÃO OBRIGATÓRIA	VOLUME (m ³)
Rip-rap	114.551,60
Transição mont	50.546,40
Filtro horizontal brita	75.990,29
Transicao jus.	66.048,20
Enrocamento do espaldar de jus..	909.456,80
Transicao do dique	3.797,20
Enrocamento dique	16.398,00
Brita para concreto	2.834,69
RANDON	260.350,00

2.2.2.4 - Conclusões dos Estudos Geotécnicos

Ao longo do eixo da barragem, a partir dos resultados das sondagens à percussão realizadas e quando confrontadas com os dados das sondagens mistas, a camada de solo residual de uma maneira geral é pouco expressiva na quase totalidade.

O solo residual na porção central do eixo (área das drenagens) possui perfil assimétrico com maior espessura voltada para as drenagens, sendo sua profundidade máxima em torno de 10,00 m, em um caso isolado (SM -11). A classificação geotécnica exhibe entre silte arenoso de coloração cinza escuro, com mica e areia fina a média siltosa de coloração variando de marrom a cinza claro com mica, medianamente compacta a muito compacta e SPT variando de 12 a 43, em média.

Sobreposta a essa camada de solo residual, na porção central do vale, acompanhando a várzea do rio, foi detectada camada de aluvião, composta de areia fina variando em trechos com pedregulhos e seixos arredondados que se estende longitudinalmente, acompanhando o caminhamento do riacho dos Macacos como bancos de areia depositados.

Em direção às ombreiras este solo residual passa a ter a espessura reduzida gradativamente, acompanhado da diminuição da areia de aluvião que ocorre predominantemente nas drenagens. Conforme constam nos perfis desta parte do eixo, é possível notar a presença de falhas, com o bloco central sendo erguido em relação às ombreiras.

O solo nas ombreiras é raso - não superior a 3,00 m - e varia de classificação entre silte arenoso de coloração cinza escuro com mica, e areia fina a média siltosa de coloração variando de marrom a cinza claro, medianamente compacta a muito compacta. Em alguns casos, apresentam fina camada de cascalho que não ultrapassam 0,50 m.

Algumas drenagens de pequeno porte na ombreira esquerda apresentaram espessura máxima de solo de 8,00 m (SM-03 e SM-04) e fragmentos de rochas até 12,00 m de profundidade. Na ombreira direita, o solo é raso com espessura não ultrapassando 3,00 m, e substrato rochoso composto por granito.

Casos isolados, como na sondagem SP-08, a espessura atingiu 3,00 m. Este ponto está localizado no leito do riacho dos Macacos, onde também as sondagens mistas e rotativas atingiram maiores valores em profundidade em solo, variando de 3,20 a 4,70 m, em média. Somente no trecho da região onde foi executada a SM-11, a camada de solo residual foi detectada com 10,00 metros de espessura. Este comportamento deve-se à presença do próprio vale e do falhamento associado às drenagens, condicionando a uma maior espessura nestes pontos. O furo SM-20 exhibe comportamento de camadas entre solo e rocha alterada, podendo refletir mais de um nível freático.

Com relação ao comportamento do maciço, no tocante à percolação de água pelas fundações, os ensaios de perda d'água específica realizados ao longo do eixo da futura barragem mostram que as vazões de perda foram relativamente baixas, com valores variando de $1,39 \times 10^{-4}$ cm/s a $5,49 \times 10^{-6}$ cm/s.

Na estaca 137+1,32 m (SM-08), mesmo próximo da zona de falhamento (zona central) do eixo, as vazões apresentadas mostram um único ensaio de permeabilidade em solo, com $1,03 \times 10^{-3}$ cm/s. No furo SM-07, localizado na estaca 49, o ensaio apresentou uma perda

total entre as profundidades 9,90 a 11,80 m, situação esta isolada, devendo ser previsto tratamento adequado.

O pacote de solo sobrejacente ao maciço rochoso, ao longo do eixo da barragem apresenta características geomecânicas que o qualifica como adequado para funcionar como fundação do maciço terroso da barragem. Entretanto, como sua constituição é predominante arenosa, em toda área de implantação haverá limpeza através de escavação de material não consolidado, classificado pela geologia. Bem como detectado nas sondagens como sedimentos de aluvião arenoso e solos inconsolidados, limitados por camada de solo residual, consistindo na remoção deste solo de recobrimento com espessuras médias variando de 1,00 a 5,00 metros

Abaixo desta linha de escavação, na região situada entre as estacas E112+00 m a E130+00 m e E148+00 m a E168+00 m, há alternância no perfil geotécnico entre solo residual muito permeável e fragmentos de rocha muito fraturadas com baixa recuperação, principalmente na região entre o rio principal e seu rio secundário. Nesta região, foram executadas as SM-11 e SM-10, onde a camada de solo residual foi detectada com 10,00 metros de espessura. O comportamento deve-se à presença do próprio vale e do falhamento associado às drenagens, condicionando maiores espessuras nestes pontos.

Para a fundação da estrutura da tomada d'água, as escavações deverão ultrapassar o pacote de solos residuais afetados por intemperismo, até atingir níveis de consistência/compacidade que revelem a boa capacidade de suporte.

Com base na porção do vertedouro que inclui o canal de aproximação, tanto a sua soleira como o canal de restituição das águas se localizam na ombreira esquerda. A área foi investigada inicialmente através de duas sondagens mistas, além de um mapeamento geológico de superfície. Entretanto, as sondagens se concentraram na parte mais alta da ombreira e não forneceram subsídios para a área de implantação do canal de restituição. Em uma segunda fase de estudo, foram realizadas mais duas sondagens na área do canal de restituição.

Inicialmente, foram realizadas duas sondagens rotativas no eixo do vertedouro SR-01 e SR-02. A sondagem SR-01 teve profundidade prevista para atingir a fundação da soleira do vertedouro e a SR-02, a fundação do canal de restituição. Na análise efetuada, na sondagem representativa do canal de aproximação e soleira (SR01) abaixo da cota 182,00 m (cota máxima do reservatório), há a verificação de que o grau de alteração da rocha entre as cotas 182,00 m e 176,00 m propicia sua classificação como rocha sã a pouco alterada (A1 a A2), grau de coerência variando de C1 a C3 (coerente a medianamente coerente) e

grau de fraturamento entre F1 (ocasionalmente fraturada) a F4 (muito fraturada). Estes resultados, adicionados às boas características observadas nos testemunhos de sondagem, revelam uma rocha com capacidade razoável de resistir à saturação imposta pela água do canal de aproximação, mantendo os taludes estáveis e com possibilidades de erosões pouco significativas.

A sondagem representativa da região do canal de restituição do vertedouro foi realizada a partir da cota 179,00 m, abaixo da cota relativa à máxima acumulação de água (182,00m). A rocha do maciço é apontada nos seus primeiros 2,00 m como do tipo medianamente alterada (A3), extremamente fraturada (F5) e com grau de coerência medianamente a pouco coerente até o nível 177,00m. A partir da cota 177,00 m, a rocha é classificada como sã (A1), grau de coerência de C1 (coerente) e grau de fraturamento entre F1 (ocasionalmente fraturada) a F2 (pouco fraturada). A cota de assentamento do fundo do canal de restituição deve estar abaixo da cota 177,00 m, considerando a altura da lâmina da água em torno de 2,50 m; o topo da parede do canal deve estar abaixo da cota 177,00 m, logo é recomendado que a cota do fundo do canal esteja na cota 174,50 m.

Na segunda campanha de sondagem, foram realizados mais dois furos de sondagens rotativas, denominadas de SR-03 e SR-04, cujo objetivo era definir melhor a cota de implantação do canal de restituição, sendo a SR-04 mais próxima à parede do lado direito do Vertedouro, enquanto a SR-03 foi realizada no eixo do vertedouro mais à jusante do canal de restituição.

A análise no local da sondagem SR-03 mostra nos primeiros 3,20 m a existência de rocha alterada com matacões, preenchida com solo. Após esta profundidade a rocha é classificada como sã, com o grau de alteração (A1), grau de coerência (C1), e grau de fraturamento possuindo pouca variação, sendo pouco fraturada (F1 e F2), com profundidade total do furo de 18,90 m. A permeabilidade registrada para o referido nível foi de $1,80$ a $3,40 \times 10^{-6}$ cm/s.

Com relação à SR-04, esta apresenta nos primeiros 4,00 m predominância de solos arenosos, com rochas alteradas. Após esta profundidade, a rocha é classificada como sã, com o grau de alteração (A1), grau de coerência (C1) e grau de fraturamento com pouca variação, sendo pouco fraturada (F1 a F3). A profundidade total do furo foi de 21,00 m e a permeabilidade registrada para o referido nível foi de $1,7$ a $6,7 \times 10^{-7}$ cm/s.

As características da rocha sugerem que o fundo do canal poderá ser fixado sobre a rocha sã, existente ao longo do canal de restituição. Da mesma forma, para as paredes laterais, devendo ser cortada sobre rocha sã, notadamente no trecho da lâmina máxima do

escoamento do canal, para evitar a instabilidade do talude e a percolação pelas fraturas da rocha.

2.3 - ESTUDOS DE HIDROLOGIA

Os estudos compreenderam a caracterização da área, com coleta e análise de informações de estações climáticas próximas. O uso do solo na bacia hidrográfica foi objeto de avaliação, baseado em estudos desenvolvidos anteriormente.

Em seguida, nos estudos pluviométricos, foram coletadas e analisadas as informações de estações próximas à região. Foram elaborados dois estudos a partir dos dados de chuvas:

- Estudo de caracterização do regime pluviométrico;
- Estudo de chuvas intensas.

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais utilizando um método chuva-deflúvio calibrado para o posto fluviométrico imediatamente à montante do eixo barrável.

A caracterização morfológica da bacia hidráulica corresponde basicamente à determinação do diagrama cota x área x volume, fundamental para os estudos de cheia.

Através da cartografia realizada durante os estudos básicos deste projeto, foi definida a bacia hidráulica da área do estudo, a partir da qual é possível a observação da relação cota x área x volume, detalhada no **Quadro 2.26** e na **Figura 2.14**.

Quadro 2.26 - Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
156	0,01	0,01
157	0,25	0,14
158	0,49	0,52
159	0,74	1,13
160	0,99	2,00
161	1,40	3,19
162	1,81	4,79
163	2,60	7,00
164	3,40	10,00
165	4,30	13,85
166	5,21	18,61
167	6,41	24,42
168	7,60	31,42
169	9,43	39,94
170	11,26	50,28
171	12,95	62,39
172	14,64	76,18
173	16,65	91,82

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
174	18,66	109,48
175	20,79	129,20
176	22,92	151,05
177	25,07	175,04
178	27,23	201,19
179	29,71	229,66
180	32,20	260,61
181	34,49	293,95
182	36,78	329,59
183	39,39	367,67
184	42,00	408,36
185	44,91	451,81
186	47,82	498,18

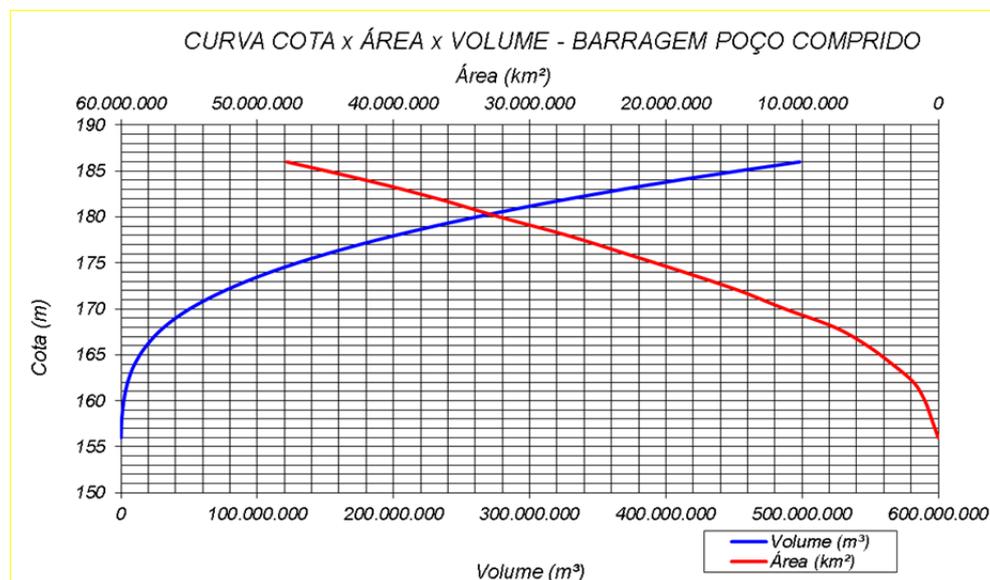


Figura 2.14 - Curva Cota x Área x Volume - Barragem Poço Comprido

2.3.1 - Hidrologia Regional

Para caracterizar a hidroclimatologia da região foi considerada representativa a estação de Sobral - 82392 (estação disponível mais próxima da área de estudo).

A bacia apresenta características predominantes do semiárido do Polígono das Secas, com classe de relevo suave a forte, nas proximidades dos cursos hídricos.

A região da bacia é encontrada sob um clima de acentuada evaporação, característica do Nordeste brasileiro, com cursos d'água intermitentes, apresentando vazões mais reduzidas, coincidentes com a época em que é mais acentuado o déficit hídrico regional.

A distribuição temporal de temperaturas diárias mostra pequenas variações para três pontos discretos de monitoramento realizadas às 12:00; 18:00 e 24:00 do tempo do meridiano de Greenwich – TMG, sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes.

As médias máximas e mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de outubro (36,6°C) e julho (21,1°C), conforme pode ser observado no **Quadro 2.27** e na **Figura 2.15** de temperaturas médias máximas, mínimas e compensadas.

Quadro 2.27 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C)

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÁXIMA	34,0	32,6	31,8	31,3	31,7	32,6	33,9	35,4	36,4	36,6	36,5	35,9
MÍNIMA	23,2	22,8	22,7	22,7	22,2	21,2	21,1	21,3	22,1	22,5	22,8	23,2
MÉDIA	27,5	26,7	26,2	26,0	26,0	26,1	26,8	27,5	28,1	28,3	28,4	28,5

Fonte: INMET (2018)

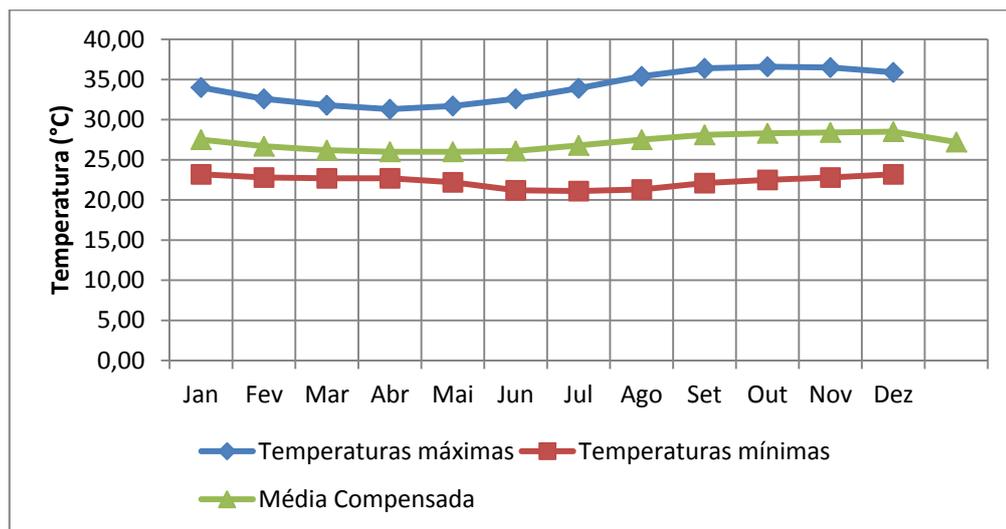


Figura 2.15 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 30%, ocorrida entre os meses de Abril (85,9%) e Outubro (56,2%), como pode ser verificado no **Quadro 2.28** e na **Figura 2.16**.

Quadro 2.28 - Umidade Relativa Média

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
(%)	71,3	79,0	84,9	85,9	82,0	73,9	67,0	59,3	56,8	56,2	58,0	63,7

Fonte: INMET (2018)

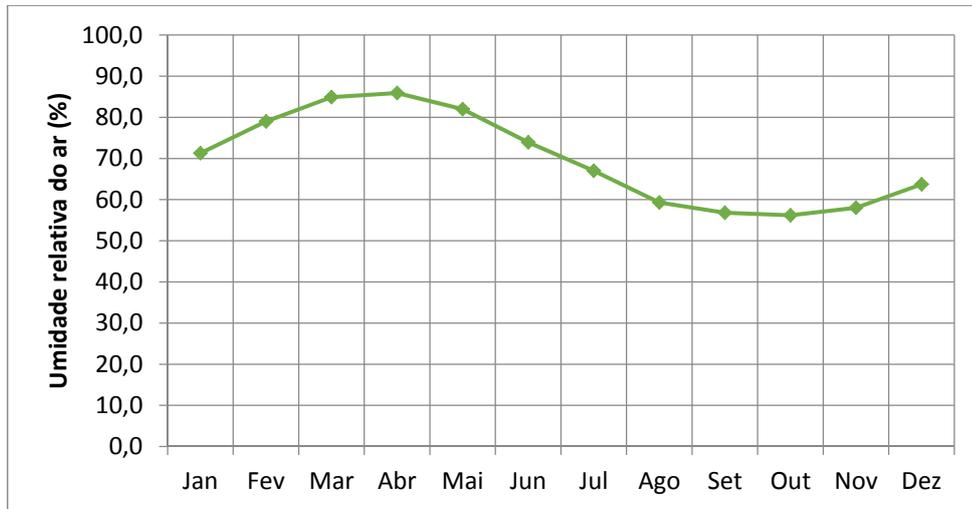


Figura 2.16 - Umidade Relativa Média

Com relação à insolação média, o **Quadro 2.29** e a **Figura 2.17** mostram, respectivamente, o número médio de horas de exposição solar e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 2.707,40 horas de exposição, com a conclusão de que cerca de 61,81% dos dias do ano possuem incidência solar direta (admitindo-se que o dia está composto por 12 horas de luz diurna e 12 horas de luz noturna). Durante o trimestre agosto/setembro/outubro ocorrem os maiores valores de horas de insolação, ao passo que os menores valores ocorrem no trimestre fevereiro/março/abril. O mês de outubro apresenta o maior índice de insolação (280,7 horas) e o mês de fevereiro o menor (169,8 horas).

Quadro 2.29 - Insolação Média

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	191,9	169,8	171,3	177,6	206,8	218,1	243,8	277,8	273,5	280,7	253,7	242,4

Fonte: INMET (2018)

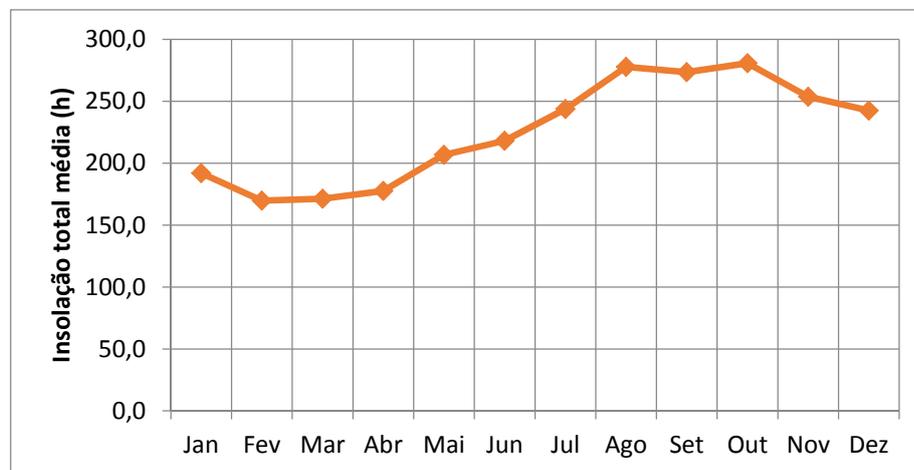


Figura 2.17 - Insolação Total Média

Entre os meses de fevereiro e abril ocorre o maior índice de nebulosidade (0,7) e o de menor em setembro (0,30). O **Quadro 2.30** e a **Figura 2.18** permitem observar sua variação temporal.

Quadro 2.30 - Nebulosidade

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Décimos	0,60	0,70	0,70	0,70	0,60	0,50	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40	0,40

Fonte: INMET (2018)

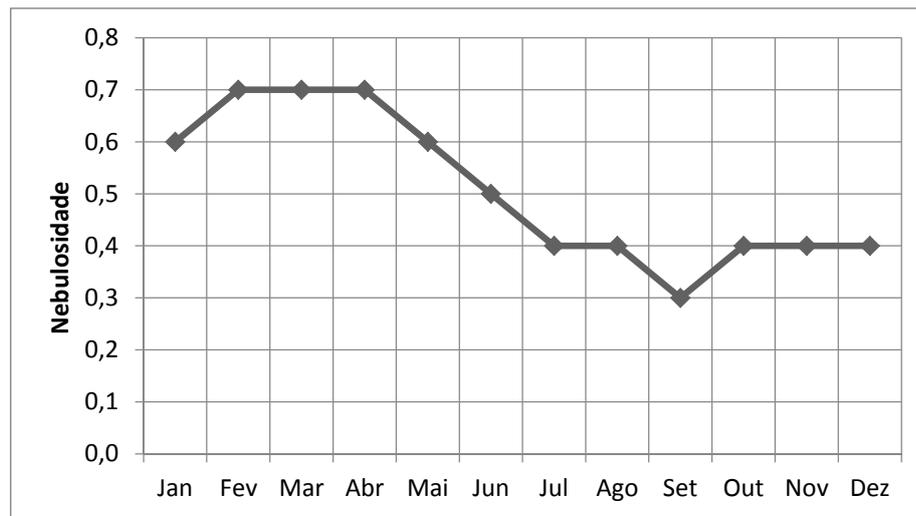


Figura 2.18 - Nebulosidade

A evaporação média anual na estação, medida pelo evaporímetro de Piché, cuja somatória anual é 2.343,70 mm, possui valores distribuídos ao longo dos meses, conforme demonstram o **Quadro 2.31** e a **Figura 2.19**.

A utilização do método de Piché foi motivada pela não existência de medição recente em tanque classe A, sendo utilizado o fator de correção 1,0, como é utilizado pela ANA (2017).

Quadro 2.31 - Evaporação Total Média Mensal

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	M. ANUAL
mm	193,3	114,4	87,7	69,9	91,5	142,5	203,2	268,5	297,9	309,0	293,8	272,0	2.343,7

FONTE: INMET (2018)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (309,0 mm).

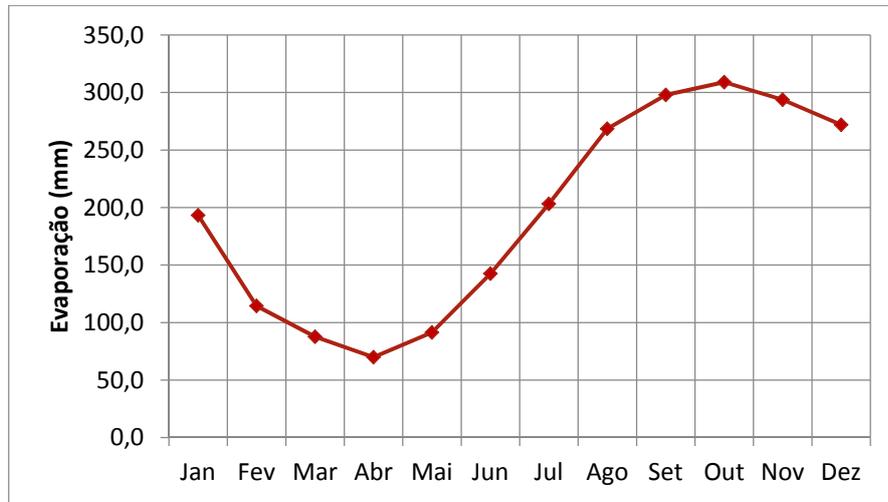


Figura 2.19 - Evaporação Total Média

A evaporação potencial, disponibilizada nas normais climatológicas pelo INMET (2018), foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948).

Os valores mensais da estação de Sobral estão apresentados no **Quadro 2.32** e na **Figura 2.20**.

Quadro 2.32 - Evapotranspiração Potencial Mensal

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	200,9	161,2	158,9	142,4	151,7	144,3	165,8	182,4	192,9	213,6	200,6	212,3

FONTE: INMET (2018)

Os maiores valores foram observados nos meses de outubro a janeiro, variando entre 200,60 a 213,60 mm. O menor valor é relativo ao mês de abril (142,4 mm).

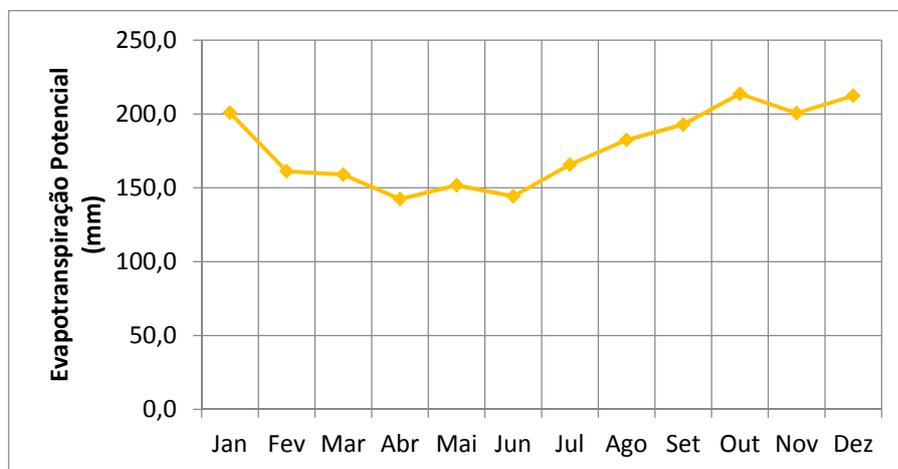


Figura 2.20 - Evapotranspiração Potencial Mensal – Normais Climatológicas

A evapotranspiração potencial calculada apresentou resultados diários, os quais foram agregados em mensais, desprezando os meses com algum dia de falhas presentes nos dados, e estão apresentados no **Quadro 2.33** e na **Figura 2.21**. O período de 1979 a 1992 foi suprimido devido à ausência dos dados necessários e, conseqüentemente, dos resultados.

Quadro 2.33 - Evapotranspiração Potencial Mensal - Hargreaves

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	175,01	128,17	143,97	130,96	130,20	136,89	153,56	182,11	185,46	196,75	190,10	184,96
1962	172,42	144,84	152,71	133,51	137,50	143,81	159,98	181,43	188,55	213,99	197,22	203,46
1963	189,01	157,91	165,28	156,57	155,84							
1964	169,68	158,51	165,07	147,63								
1965	184,26	174,46	171,21		143,84	131,25	158,82	188,79			183,73	181,89
1966	180,19	151,91	159,04	139,26	130,56	130,37	141,06	172,11	176,60	192,10	173,13	176,71
1967	172,06	152,00	161,98									178,38
1968								174,46	179,28	189,78		167,24
1969	165,14	142,48	143,07	123,58	118,72	124,37	141,13	169,57			186,89	189,03
1970	174,72	161,75	142,67		149,99	143,61	159,52	174,13	178,89	192,59	167,70	181,44
1971												
1972												
1973	149,42	127,19		118,85	121,77	120,07	140,46	170,57	183,91	198,86	188,64	178,31
1974	160,00	128,80	128,63	118,76	116,43	111,41	140,77	179,93	181,06	189,80	182,60	167,16
1975	173,98	130,12	137,27	126,48	118,97	121,66	136,38	172,94	183,74	189,68	186,81	164,94
1976	170,48	134,23	142,01	131,35	141,78	138,35	163,05			181,93	174,62	187,33
1977	146,28	131,82	141,52	127,09	128,04							
1978	171,16	146,10		129,19	130,01	138,51	151,16	175,05	176,15	186,38	180,16	
1993												192,88
1994	153,65	130,60	143,24	129,45						198,09	188,24	181,00
1995	167,81	126,49	147,41	118,08	121,18	120,80	143,54	179,32	189,42	195,18	180,51	
1996			135,83	123,62	131,54	136,32	153,78	173,15	184,55	196,16	182,21	192,14
1997		171,41	169,14	125,62	129,89	157,02	164,97	174,18	188,98	199,34	184,41	185,18
1998	155,46	162,32	165,15	154,79	163,38	157,54		183,08	190,24	202,33	189,79	190,53
1999	175,89	141,81	141,55	133,44	124,34	140,19	162,94	185,79	188,38	201,64	185,69	178,08
2000	149,76	143,38	145,54	130,31	129,76	134,31						
2001											188,11	
2002					135,22	133,56	159,85		189,53		191,12	189,12
2003	176,67	124,43	140,05	128,34	134,49	142,00	166,88	186,21	195,25	203,24	190,21	178,43
2004	154,83	133,25		141,46	147,46	132,28	142,60		195,92	203,01	183,74	192,83
2005	181,71	155,86	159,27	147,26	138,05	134,29	169,10	183,97	191,63	204,91	196,22	181,47
2006	188,71		147,29	130,23	127,17	128,33	159,38	188,05	191,83	208,64	195,95	
2007	193,63	137,61	151,72	132,21	142,90	149,14	160,32	185,03	195,36	206,18	195,81	171,50
2008	158,01	151,95	142,49	127,80	127,23	132,93	149,65	178,63	185,80	208,50	197,51	
2009	172,43	136,03	135,78	124,72	119,57	119,75	130,07	173,94	194,40		198,60	183,42
2010	177,86	161,67	185,06	143,45	158,61	155,37	164,71	189,96	201,06	205,45	198,93	172,28
2011	148,15	135,35	146,10	131,22	123,99	129,92	135,60	179,71	187,58	194,29	193,68	190,05
2012	180,94	161,42	163,48	152,69	169,54	159,59	162,28	187,60	183,74		192,67	183,91
2013	176,51	162,02	177,91	146,88	140,98	139,48	147,78	184,01	191,23	206,35	187,70	185,28
2014	179,24	155,88	161,90		141,05	151,56	167,19	192,61	190,30	203,21	188,18	180,45
2015	190,85	156,05	148,87	139,07	154,87	157,10	152,09	191,92	192,51	207,79	202,25	188,63
2016	150,44	150,87	165,86	139,99	159,88	163,22	168,93	196,96	186,60	210,76	197,02	179,53
2017	173,68	139,46	140,47	134,85	136,42	141,66	156,06	190,47	194,94	203,98	195,69	183,01

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2018	184,00	136,03	152,94	135,42	135,08	151,40	160,21	192,72	203,70		197,06	166,21
2019	175,95	131,47	144,83	128,60								
Média	170,81	145,29	151,84	133,79	136,56	138,47	153,87	181,88	188,60	199,69	188,94	182,02
Máxima	193,63	174,46	185,06	156,57	169,54	163,22	169,10	196,96	203,70	213,99	202,25	203,46
Mínima	146,28	124,43	128,63	118,08	116,43	111,41	130,07	169,57	176,15	181,93	167,70	164,94

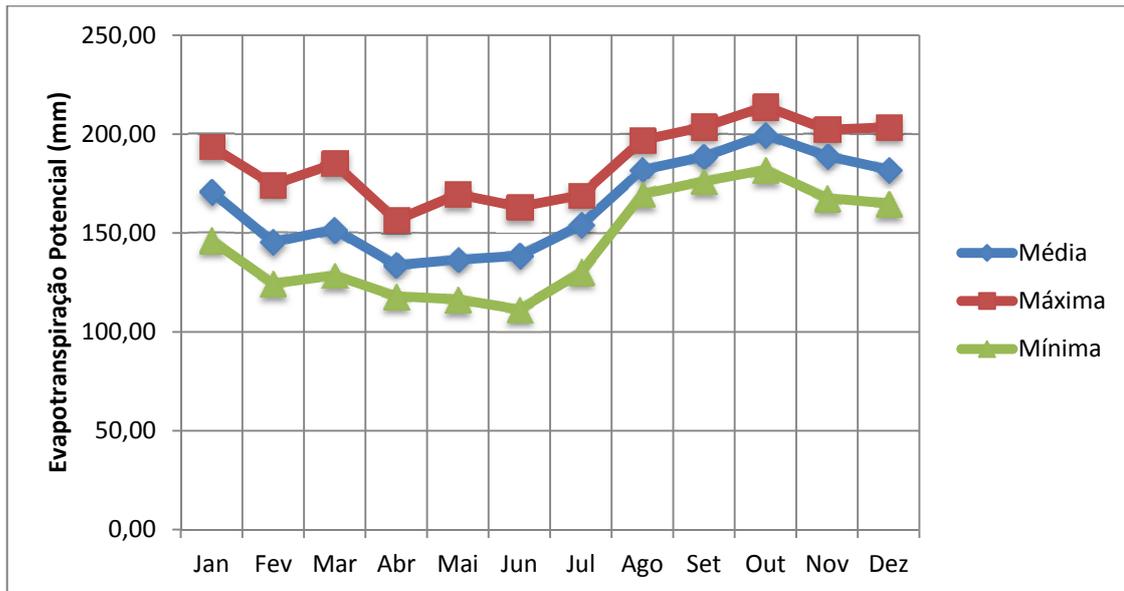


Figura 2.21 - Evapotranspiração Potencial Mensal (Máxima, Mínima e Média) - Hargreaves

O cálculo da ETP diária pelo método de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN *et al.* 1998) necessita de dados das variáveis: insolação, temperatura máxima e mínima, velocidade do vento média e umidade relativa máxima e mínima.

Analogamente aos resultados por Hargreaves-Samani, os resultados diários foram agregados em mensais, desprezando os meses com algum dia de falhas presentes nos dados, e estão apresentados no **Quadro 2.34** e na **Figura 2.22**. O período de 1979 a 1993 foi suprimido devido à ausência dos dados necessários e, conseqüentemente, dos resultados.

Quadro 2.34 - Evapotranspiração Potencial Mensal - Penman-Monteith

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	129,62	96,47	119,22	105,96	104,51	108,73	125,89	157,70	170,91	185,80	163,42	158,30
1962	142,54	122,51	118,15	104,05	108,20	118,49	123,55	157,01	155,07	161,45	137,69	146,03
1963	131,01	105,89		106,61	105,15							
1964	110,20		102,41	88,30								
1965	129,02	140,95			109,00	94,04					185,93	153,63
1966	154,77	128,84	140,81	122,80					159,98	171,18	148,58	145,76
1967	135,57		99,94									
1968								167,40		208,06		158,07
1969	158,41		124,71	110,42		113,49	125,72	163,03			201,65	206,36
1970	181,29	179,03	124,27		146,80	141,54	163,50	200,03	225,73	227,00	189,78	214,96
1971												
1972												
1973	147,13	122,38		101,97	110,19	109,47	122,70	174,70	194,28	215,36	205,61	193,83
1974	146,95	105,38	100,85	98,68	98,16	97,90	132,13	182,22	198,02	216,11	205,52	183,94
1975	181,09	113,32			99,06	109,14	122,57	177,72	203,33	220,59	226,37	
1976	184,74	117,18	127,17	116,16	135,92	143,22	188,85			203,91	204,64	232,85
1977	138,83	122,88	127,62	114,27	122,44							
1978	179,36	153,11		112,13	119,44	132,29	148,24	192,02	212,81	232,48	209,02	
1994										241,39	222,48	191,60
1995											189,81	
1996				106,13		134,17	160,18				210,54	222,96
1997		177,82	155,84	116,66	116,28				219,51			215,72
1998	133,62	165,70										
1999					104,30		139,52	181,75	197,26	206,58	192,72	173,78
2000	134,02	118,33	119,71	117,44	113,87	111,18						
2001												
2002					119,80	110,77	125,40		178,15		174,66	184,91
2003	147,83	97,37	116,98	113,33	111,79	111,47	135,83	169,63	195,39	193,52	181,89	
2004	124,47	114,56		120,28		105,94	121,01		189,04	196,17	187,63	185,94
2005	156,39	131,16	131,93	122,75	115,91	105,46	149,27	173,61	187,78	214,52	204,97	196,99
2006	183,90			113,35	111,32	105,80	125,78	174,07	191,62	208,55	192,94	
2007	187,22	114,01	125,85	112,96	127,00	126,04	138,72	182,17	197,87	211,36	191,98	166,78
2008	129,28	129,92	113,78	108,15		103,54	119,87	170,04	205,25	214,95	202,04	
2009	156,06		110,07	104,76	98,82	106,47		156,74	194,38			188,63
2010	157,50	151,85	174,67	125,80	147,16	145,93	143,71	181,63	209,34	204,82	213,98	170,33
2011	125,00	117,09	124,73	112,71		111,43		174,15	193,52	187,40	187,17	
2012	170,57	148,19			162,76	149,31	144,06	195,59	201,81			185,79
2013	152,83	152,30	162,28	132,48	122,85	119,85		174,73	192,84	202,36	169,88	
2014	149,87	119,47	133,20			121,70		171,44	185,18	199,06		
2015	177,98	128,60	123,84	117,00	130,45	136,01		171,35	174,77	195,54	182,13	179,71
2016	125,09	122,97	138,61	117,47	125,59	124,25		168,30	176,18	191,77	181,98	149,47
2017		112,48	111,32	118,02	117,20	115,21	124,38	164,72	185,28	201,60	171,64	
2018	153,37	108,24	129,12		109,73	112,26		167,82	191,47		178,44	132,46
2019	135,10	106,60	118,47	105,35								
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	150,49	128,21	126,28	112,62	118,29	118,11	137,19	173,98	192,10	204,46	190,17	180,78
Máxima	187,22	179,03	174,67	132,48	162,76	149,31	188,85	200,03	225,73	241,39	226,37	232,85
Mínima	110,20	96,47	99,94	88,30	98,16	94,04	119,87	156,74	155,07	161,45	137,69	132,46

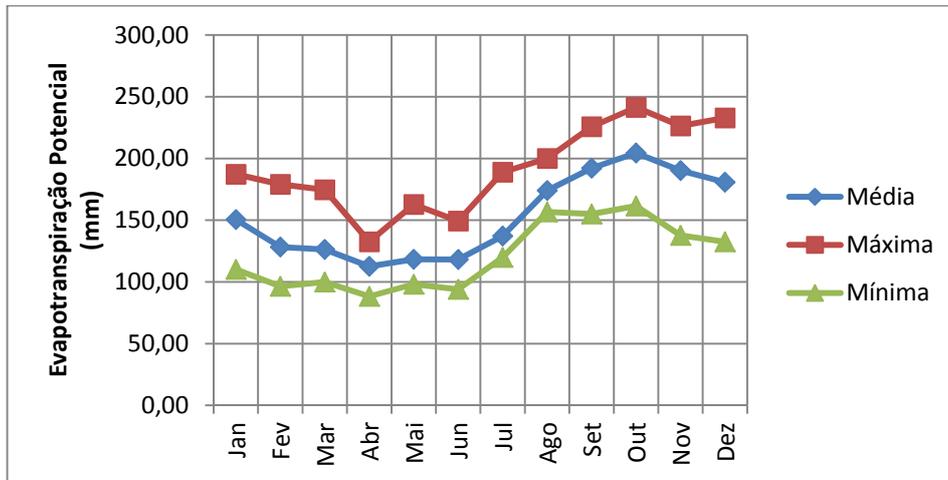


Figura 2.22 - Evapotranspiração Potencial Mensal (Máxima, Mínima e Média) – Penman-Monteith

Com relação à intensidade dos ventos, as normais climatológicas do INMET (2018) forneceram ainda os resultados de intensidade e direção dos ventos, que estão apresentados no **Quadro 2.35**.

É observado que é a 10,00 m de altura que ocorre a maior velocidade média dos ventos. As menores, nos meses de fevereiro a julho, e as maiores no resto do ano, tendo dezembro apresentado o maior valor, $v=3,30$ m/s. O mês de abril apresenta uma intensidade em torno de 36% da intensidade máxima observada em dezembro.

A direção dos ventos é classificada predominantemente como nordeste, exceto para os meses de abril e maio, cujas normais classificam como “Calmo”, e para os meses julho e agosto, com direção leste.

O **Quadro 2.35** e a **Figura 2.23** mostram, respectivamente, a intensidade e a direção dos ventos.

Quadro 2.35 - Intensidade (Velocidade) e Direção Média Mensal dos Ventos

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Intensidade (m/s)	2,2	1,8	1,5	1,2	1,3	1,3	1,4	2,2	2,7	2,7	3,0	3,3
Direção (Cardeal)	NE	NE	NE	Calmo	Calmo	NE	E	E	NE	NE	NE	NE

Fonte: INMET (2018)

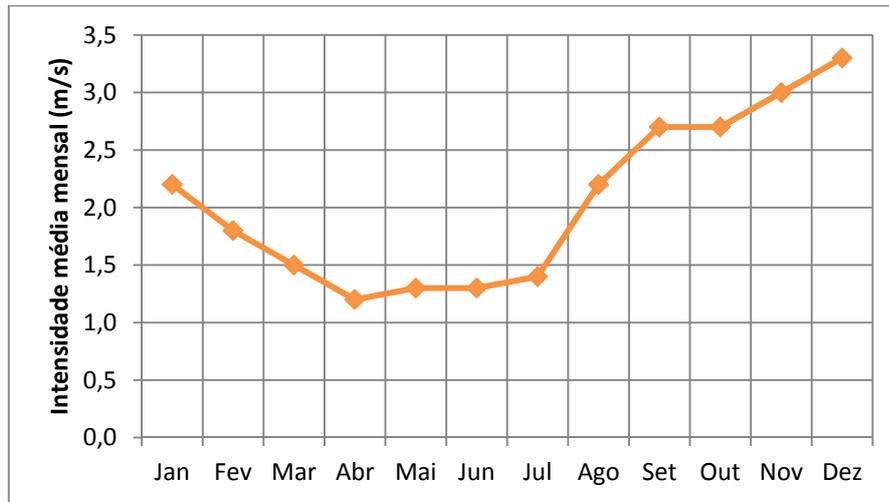


Figura 2.23 - Intensidade Média Mensal dos Ventos (m/s)

2.3.2 - Hidrologia da Área em Estudo

Os Estudos Hidrológicos objetivam fornecer os elementos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas da referida obra. Os estudos contemplaram a caracterização da área, com coleta e análise de informações de estações climáticas próximas. Também, é importante ressaltar que o uso do solo na bacia hidrográfica foi objeto de avaliação.

Nos estudos pluviométricos, foram coletadas e analisadas as informações das estações próximas à região e elaborados dois estudos a partir dos dados de chuva, a saber: Estudo de caracterização do regime pluviométrico e Estudo de chuvas intensas. O **Quadro 2.36** apresenta os postos pluviométricos utilizados no estudo.

Quadro 2.36 - Estações Pluviométricas Utilizadas no Estudo

CÓDIGO	POSTO	ÁREA (km ²)	INFLUÊNCIA (%)	PERÍODO
439023	JACAMPARI	129.8	9%	1926-2000
440009	CATUNDA	774.3	53%	1962-2017
440077	SANTAQUITÉRIA	297.8	20%	1974 - 2017
440029	MONSENHOR TABOSA	86.2	6%	1912 – 2017
440034	HIDROLÂNDIA	173.0	12%	1943 – 2017
TOTAL		1461.2	100%	

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais utilizando um método chuva-deflúvio, calibrado para o posto pluviométrico imediatamente à montante do eixo barrável.

Para realização dos estudos, foi selecionado o posto fluviométrico Trapiá (35240000).

O processo de calibração do modelo foi realizado aplicando o algoritmo de otimização PSO - *Particle Swarm Optimization*, através de biblioteca em R, utilizando como função objetivo o coeficiente de eficiência de Nash-Suthcliffe. A calibração chegou aos valores de SAT=596,3276, PES=2,0798, CREC=0, K=1, obtendo o valor de 0.6876.

O reservatório foi simulado para cada uma das séries geradas, considerando o volume inicial de 100,00 hm³ e retiradas operacionais fixas determinadas pelo nível de garantia. As retiradas operacionais médias, resultantes deste procedimento, com garantias de 85 a 99% estão apresentadas no **Quadro 2.37**. O estudo apresentado levou em consideração a interferência da Barragem Carmina.

Com os novos valores de média e desvio padrão das séries anuais, foram geradas as 100 séries sintéticas para o reservatório Poço Comprido. As séries sintéticas do reservatório Carmina foram determinadas, considerando a sua participação na área total, a partir das séries sintéticas do reservatório Poço Comprido.

Para cada uma das séries sintéticas do reservatório Carmina houve uma simulação e os resultados dos vertimentos obtidos foram acrescentados às respectivas séries sintéticas do reservatório Poço Comprido, o que configurou uma operação tipo em série dos reservatórios. As novas séries sintéticas do reservatório Poço Comprido, com os vertimentos do Carmina, foram simuladas e, então, foram verificadas as vazões regularizadas para diferentes garantias e configurações do reservatório.

Os resultados das simulações estão apresentados nos **Quadros 2.37 e 2.38** e na **Figura 2.24**.

Quadro 2.37 - Vazões Regularizadas para Diferentes Garantias Considerando o Reservatório a Montante (Carmina)

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Q85 (hm ³ /mês)	Q90 (hm ³ /mês)	Q95 (hm ³ /mês)	Q99 (hm ³ /mês)
178	201.19	7.30	6.39	5.13	3.40
179	229.66	7.73	6.72	5.40	3.61
180	260.61	8.07	7.11	5.75	4.05
181	293.95	8.61	7.50	6.00	4.24
182	329.59	8.93	7.89	6.30	4.64
183	367.67	9.13	8.01	6.67	5.03
184	408.36	9.33	8.25	6.93	5.29
185	451.81	9.52	8.50	7.08	5.46
186	498.18	9.72	8.62	7.24	5.71

Quadro 2.38 - Cálculo do Volume Anual Regularizado para uma Garantia de 90% Considerando o Reservatório a Montante (Carmina)

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Volume Regularizado (hm ³ /ano)	Volume Regularizado (m ³ /s)	Volume Evaporado (hm ³ /ano)	Volume Vertido (hm ³ /ano)
Com reservatório de montante								
178	201.19	52.63	21.90	25.46	72.55	2,33	30.19	35.10
179	229.66	54.83	23.22	21.95	75.50	2,43	31.98	30.22
180	260.61	57.02	24.40	18.58	78.43	2,52	33.56	25.56
181	293.95	58.95	25.53	15.52	81.00	2,60	35.08	21.32
182	329.59	60.61	26.56	12.83	83.19	2,67	36.46	17.61
183	367.67	62.00	27.52	10.48	85.01	2,73	37.73	14.37
184	408.36	63.20	28.41	8.39	86.57	2,78	38.91	11.49
185	451.81	64.23	29.21	6.56	87.89	2,83	39.98	8.98
186	498.18	65.12	29.86	5.02	89.05	2,86	40.83	6.87

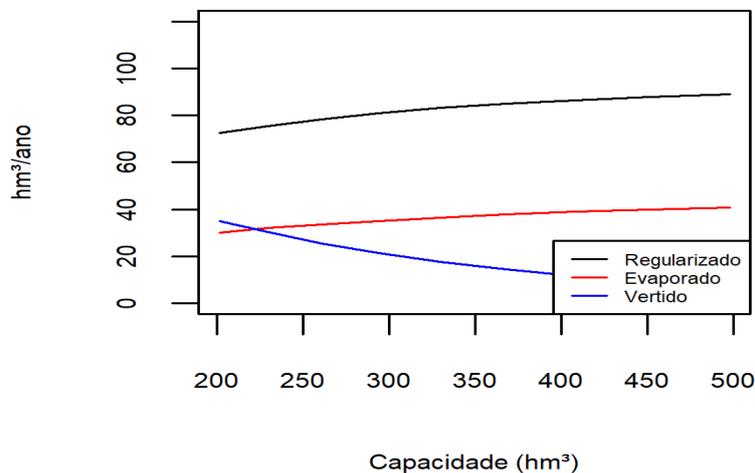


Figura 2.24 - Volume Anual Regularizado para uma Garantia de 90% Considerando o Reservatório a Montante

2.3.3 - Estudo de Cheias

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do vertedouro foi realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;

- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Em barragens pequenas, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode ser utilizado o hidrograma de projeto baseado no último caso. Assim, foram calculadas para a barragem Poço Comprido as cheias de projeto de 1.000 e 10.000 anos.

Uma vez escolhida a dimensão do açude, foram elaborados os estudos de laminação para a cheia de 1.000 anos, para dimensionamento do vertedouro e para a cheia de 10.000 anos, visando garantir que a barragem não seja galgada nesta cheia, servindo assim para a definição da folga da barragem e da cota de coroamento da barragem.

Os resultados das simulações efetuadas para o tempo de retorno de 1.000 e 10.000 anos são apresentados para as opções de largura do vertedouro de 150, 200 e 250 metros, onde se apresentam as cheias afluentes para os dois períodos de retorno a as efluentes para as larguras adotadas.

No estudo hidrológico do projeto básico, para a simulação do dimensionamento do vertedouro, foi utilizado vertedouro de soleira do tipo Creager com o objetivo da simulação do reservatório e das lâminas de inundação preliminares para servir de guia para a definição do local em que deverá ser escavado o vertedouro. Para isto, no cálculo hidrológico foi adotado um coeficiente de descarga ($C_o = 2,20$ m), o que resultou nas lâminas apresentadas nos quadros a seguir.

O estudo hidrológico apresentou os seguintes dados para o dimensionamento do vertedouro, conforme os **Quadros 2.39 e 2.40**.

Quadro 2.39 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=1.000 anos

Tr = 1.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182,00m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2475 m ³ /s		
Cheia Efluente	1314 m ³ /s	1504 m ³ /s	1640 m ³ /s
Cota Operacional	184.5 m	184.2 m	184.1 m
Lâmina	2.5 m	2.2 m	2.1 m
Amortecimento	46.91%	39.23%	33.74%

Quadro 2.40 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=10.000 anos

Tr = 10.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182,00m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3284 m ³ /s		
Cheia Efluente	1819 m ³ /s	2077 m ³ /s	2277 m ³ /s
Cota Operacional	185.1 m	184.8 m	184.5 m
Lâmina	3.1 m	2.8 m	2.5 m
Amortecimento	44.61%	36.75%	30.66%

Nesta fase do projeto executivo já tendo sido identificado a largura do vertedouro, foi realizada uma nova simulação de enchimento do reservatório, com base na configuração do vertedouro definida na fase de anteprojeto. Para esta nova simulação foi utilizado vertedouro do tipo soleira espessa escavado em rocha. Para isto, no cálculo hidrológico foi adotado um coeficiente de descarga ($C_o = 1,55$ m) adequado ao modelo, o que resultou em novos valores de lâminas conforme descrito no **Quadro 2.41** abaixo.

Quadro 2.41 - Resultados dos Estudos de Cheia Revisados para TR=1.000anos e TR=10.000 anos

Tr = 1000 anos	Soleira espessa		Tr = 10000 anos	Soleira espessa	
	Largura			Largura	
	L=200m			L=200m	
Cheia Afluente (m ³ /s)	2475		Cheia Afluente (m ³ /s)	3284	
Cheia Efluente (m ³ /s)	1273		Cheia Efluente (m ³ /s)	1765	
Cota operacional (m)	184,50		Cota operacional (m)	185,20	
Lâmina (m)	2,50		Lâmina (m)	3,20	
Amortecimento (%)	48,58%		Amortecimento (%)	46,24%	

Do ponto de vista do dimensionamento hidráulico, tais como cheias de projeto do vertedouro, descarga de projeto da tomada d'água e borda livre da barragem, foram adotados os parâmetros resumidos no **quadro 2.42**.

Quadro 2.42 - Síntese das Características Hidrológicas

Área de drenagem (km ²)	1.469,27 km ²
Volume médio afluente anual (hm ³)	137,26 hm ³
Volume do reservatório (hm ³)	329,59 hm ³
Descarga regularizável com 90% de garantia (m ³ /s)	2,675 m ³ /s
Descarga máxima afluente (Tr=1000 anos) (m ³ /s)	2.475,00m ³ /s
Descarga máxima efluente (Tr=1000 anos) (m ³ /s)	1.273,00m ³ /s (L= 200 m)
Descarga máxima afluente (Tr=10000 anos) (m ³ /s)	3.284 m ³ /s
Descarga máxima efluente (Tr=10000 anos) (m ³ /s)	1.765,00m ³ /s (L= 200 m)

2.3.4 - Estudos Complementares

Os estudos complementares tiveram o objetivo de analisar e indicar a intensidade de problemas inerentes à construção da barragem. Dentre estes problemas são destacados: a viabilidade hidrológica e o assoreamento do reservatório.

A viabilidade hidrológica, ou seja, se o regime de vazões naturais é suficiente para abastecer o reservatório com a dimensão e a retirada determinada, foi verificada por meio de um estudo de probabilidade de enchimento.

Em resumo, as probabilidades de enchimento do reservatório, a partir da situação de volume zero para a de volume completo, em função do número de anos seguintes por meio da simulação do conjunto de anos da série histórica de vazões afluentes, mostram também a probabilidade que o reservatório tem de encher nos primeiros anos após a construção.

O estudo de probabilidade de enchimento foi realizado por meio da simulação mensal da variação de volume do reservatório para conjuntos de anos da série pseudo-histórica de vazões afluentes.

As referidas probabilidades de enchimento estão apresentadas na **Figura 2.25**.

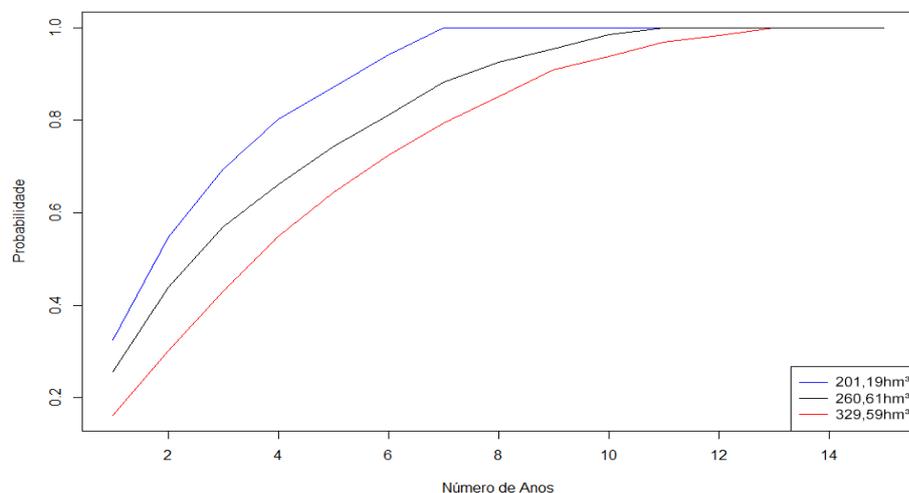


Figura 2.25 - Curva de Probabilidade de Enchimento

Observa-se que o reservatório possui baixa probabilidade de enchimento para o primeiro ano (cerca de 25% em média para os três tamanhos) e já apresenta probabilidade considerável para os conjuntos de 5 anos (75% em média para as três capacidades).

Também se verifica que, a partir de 7, 11 e 13 anos, respectivamente, para as capacidades 201,19 hm³, 260,61 hm³ e 329,59 hm³, a probabilidade de enchimento do reservatório se torna 100%. Esta probabilidade de 100% significa que o reservatório encheu para todas as sequências desse número de anos ou mais da série histórica.

Quanto ao assoreamento, foi observado que a formação de um reservatório por meio da construção de uma barragem, altera as condições naturais do curso d'água, resultando na redução das velocidades da corrente, provocando a deposição dos sedimentos conduzidos pelo curso d'água. O assoreamento diminui gradativamente a capacidade de armazenamento e de regularização do reservatório e limita a sua vida útil.

Desta forma, foi realizado um estudo de análise da possibilidade de assoreamento, que buscou determinar a taxa de assoreamento do reservatório projetado, com a utilização do método simplificado proposto para os reservatórios cearenses por Negreiros e Lima Neto (2014).

Com relação ao assoreamento, os estudos revelaram que a taxa de assoreamento (ϕ) encontrada de 0,05% ao ano, ou de 1% a cada 20 anos, mostra a redução percentual da capacidade de armazenamento em relação à capacidade inicial e indica que seriam necessários pelo menos 2000 anos para que o reservatório, após a construção, assoreasse completamente.

3 - ALTERNATIVA DE EIXO

3 - ALTERNATIVA DE EIXO

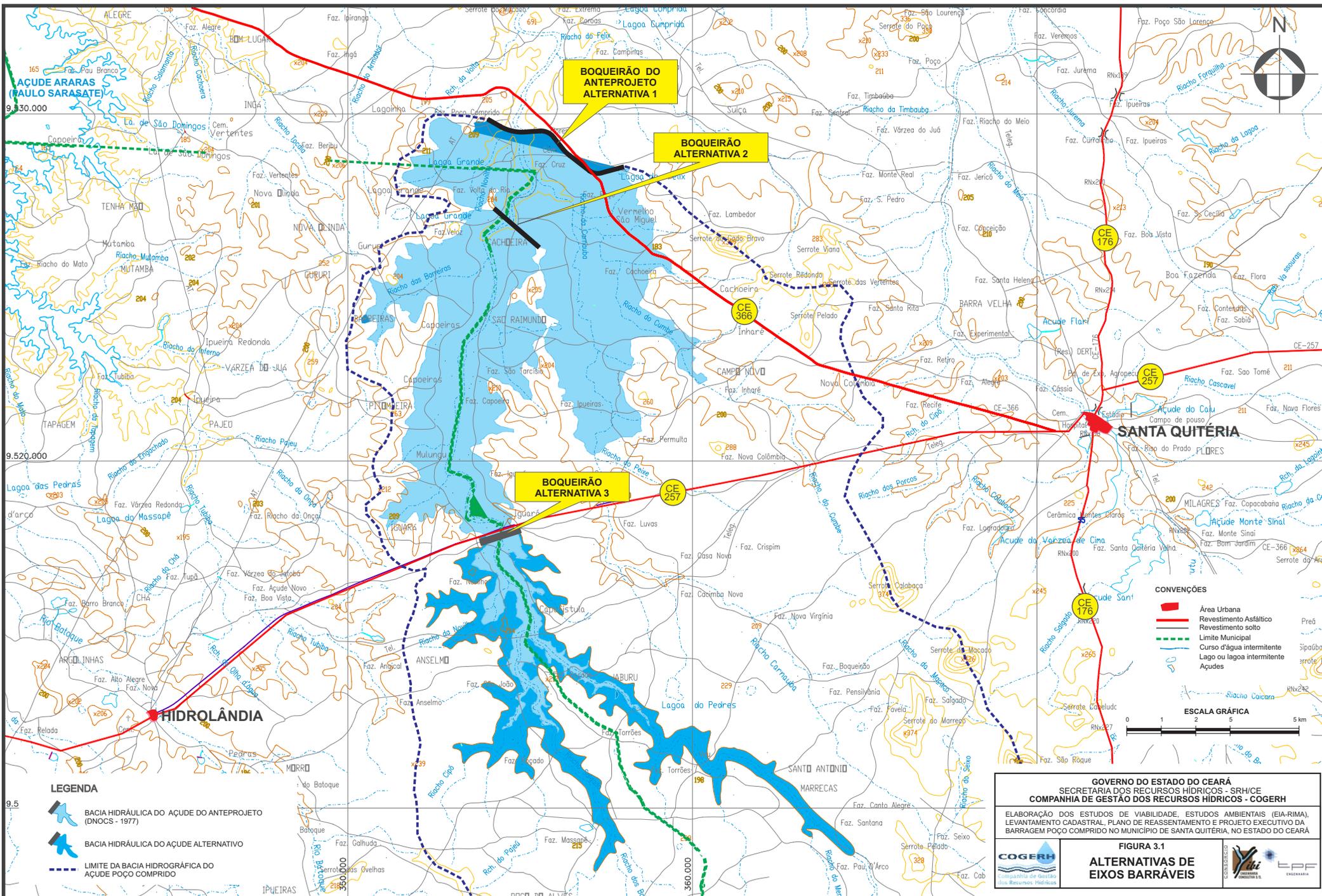
3.1 - ESCOLHA DOS EIXOS BARRÁVEIS

3.1.1 - Introdução

Para identificar as alternativas de eixos barráveis, para elaboração do Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica, o que permitiu identificar estudos anteriores sobre a barragem. Estudos estes, que foram elaborados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS e, dentre eles, constaram os estudos de Viabilidade Técnica, do Projeto da Barragem Poço Comprido, elaborados pela extinta consultora SEEBLA Engenharia de Projetos. Tal projeto possibilitou a identificação de possíveis eixos de barramento existentes na área do estudo indicado.

Na sequência, foi feita visita de campo, com a finalidade de examinar o entorno da região onde será executado o barramento no riacho dos Macacos para a implantação da barragem Poço Comprido.

A análise do entorno do sítio, com a identificação do eixo que foi objeto dos estudos da Empresa SEEBLA – Serviços de Engenharia Emilio Baumgart, entre os anos de 1980 e 1981, foi denominado de Eixo 01. Além desse eixo, foram identificados outros dois possíveis locais de barramentos, denominados de Eixos 02 e 03, apresentados na **Figura 3.1**.



As cartas da Embrapa/IBGE SRAM/CEARÁ - SB-24V-B e SB-14V-D, na escala de 1:250.000, permitiram elaborar o modelo digital do terreno, através de soft GLOBAL Mapper, tendo como produto final as curvas de nível a cada metro de toda área a ser estudada para a identificação dos eixos. Com base nesta carta altimétrica, foi possível localizar inicialmente as alternativas de eixo, e posteriormente elaborar a coleta dos dados para elaboração da curva Cota x Área x Volume (CAV), para cada alternativa de eixo. Com os eixos definidos, foram implantados em campo os vértices e alinhamento principal, através da topografia clássica.

A área ao longo do riacho dos Macacos, contendo os três eixos observados, possíveis de serem barrados, tem relevos de feição altimétrica semelhantes às características a seguir explicitadas:

A lateral esquerda do rio é caracterizada por um cordão de morros, cuja altitude alcança a cota de 200,00 m, referida ao Datum (SIRGAS2000). Na lateral direita do rio, as características do relevo mostram duas feições. Até ser atingido o nível de cerca de 10,00m acima do leito do rio, a subida se dá em inclinação forte. Desse nível para cima, a inclinação é bem suave, necessitando percorrer grande extensão para atingir a cota de 200,00m.

Sobre o aspecto geológico, os três eixos apresentam similaridade: são encontrados extensos afloramentos de rochas metamórficas, onde se destacam gnaisses, migmatitos, granodioritos e granitóides diversos (monzogranitos, sienogranitos, anfibolitos e rochas calcissilicáticas).

A seguir é feito um breve comentário sobre a localização de cada um dos eixos.

EIXO 1:

Este eixo foi escolhido pela empresa SEEBLA – Serviços de Engenharia Emilio Baumgart Ltda para detalhar o projeto, o seu comprimento é da ordem de 3.422,00 m. Essa alternativa do eixo inicia-se pela ombreira esquerda com cotas em torno de 190,00 metros, percorrendo 1.000,00 m até chegar ao leito do riacho dos Macacos, prosseguindo por mais 2.400,00 metros com suave inclinação até alcançar, já próximo à rodovia CE-366, a cota de 187,00 metros em sua ombreira direita. Durante esse percurso, pode ser verificado que os solos são pouco profundos (até 2,00m), em sua ombreira direita, havendo uma predominância de afloramentos rochosos na calha do rio, onde os gnaisses e migmatitos são abundantes, tanto em extensas superfícies, como também em blocos e matacões rolados e, em relação à topografia da bacia, parece não existir ponto de fuga, pois as curvas de níveis se

apresentam sempre crescentes até formar uma cumeada constante ao longo do traçado do rio.

EIXO 2:

Este eixo está posicionado um pouco à montante da confluência do riacho dos Macacos com o riacho da Carnaúba, medindo em torno de 2.491,00 metros de extensão. Esse eixo é bastante semelhante ao eixo 1, principalmente nas suas ombreiras, com características idênticas, como também no seu leito, onde além de ocorrerem afloramentos rochosos com a mesma litologia, também são encontrados aluviões compostos por areia grossa.

É importante ressaltar que, como esse eixo está muito próximo ao eixo 1, o comportamento quanto à topografia da bacia é favorável, por não permitir pontos de fuga e, conseqüentemente, a necessidade da construção de barragem auxiliar.

Seria um local onde haveria capacidade de aumento do volume de armazenamento. Entretanto, a implantação do barramento nesse local implicaria em custo elevado para construir a variante da CE-257, com uma ponte sobre o riacho dos Macacos.

EIXO 3:

Este eixo está situado a cerca de 13.500,00m à montante do eixo 01 e margeando a CE-257, que liga a cidade de Santa Quitéria a Hidrolândia. O eixo tem uma extensão em torno de 3.190,00 metros. Do ponto de vista geológico, o relevo possui características semelhantes aos eixos 1 e 2, com capacidade de aumentar o volume de armazenamento, sem interferências com as infraestruturas existentes.

3.1.2 - Elementos dos Eixos Localizados

O **Quadro 3.1** apresenta as coordenadas dos eixos observados.

Quadro 3.1 - Coordenadas e Extensão dos Eixos

Local	Ombreira	Coord. X	Coord. Y	Extensão (m)
EIXO 1	ESQUERDA	354.742	9.529.446	3.422
EIXO 1	DIREITA	355.810	9.529.416	
EIXO 2	ESQUERDA	354.415	9.527.745	2.491
EIXO 2	DIREITA	355.651	9.252.087	
EIXO 3	ESQUERDA	352.575	9.516.702	3.190
EIXO 3	DIREITA	355.821	9.517.818	

Obs.: As coordenadas foram obtidas na carta do IBGE.

3.1.3 - Características Físicas das Alternativas

Para efeito de análise comparativa, foi definida a capacidade de armazenamento de cada reservatório em torno de 200,00 hm³, para possibilitar a quantificação e orçamento das alternativas. Foi utilizada a seção tipo de anteprojeto, desenvolvida pela Empresa SEEBLA, mostrando um maciço em solo, com materiais oriundos de escavações de jazidas. O vertedouro é constituído de um canal escavado em material de 1^a, 2^a e 3^a categorias, com dominância desta última classificação, ou seja, materiais rochosos. A dimensão do vertedouro é de 240,00m de largura. A cota da soleira vertente varia de acordo com a alternativa, sendo utilizada uma estrutura de vertimento tipo Creager. A tomada d'água será composta de uma torre de controle de entrada, uma galeria com duas tubulações de 1.500mm em aço.

Alternativa 1

O eixo dessa alternativa coincide com o estudo do DNOCS/SEEBLA, a mesma irá drenar uma área hidrográfica total de 1.469,00 km², com a soleira do vertedouro estipulada na cota 181,00 m. Sua bacia hidráulica terá uma área total de 2.547,00 hectares, e um volume acumulado de 186,00hm³. Para isto, deverá ser construído um barramento em solo, provido de drenagem interna através de drenos verticais e horizontais, e em sua saída, será construído um *Rock-Fill* em rocha. O talude de montante terá uma forma inclinada na razão de 1,0V:3,0H e como proteção superficial será construído um *rip rap de rocha*. No talude de jusante, o mesmo terá uma declividade 1,0V:2,5H, com bermas intermediárias a cada 10,0 m e a face será protegida por uma camada de 30,00 cm de brita. A berma de coroamento estará na cota 187,00m e terá uma largura de 8,00m sendo revestida com material granular.

Para a perenização do rio, será construída uma tomada d'água dividida em três partes. A primeira trata da torre de controle e manutenção de montante, e caixa de equipamentos de montante. Esta estrutura será construída em concreto armado e dotada de equipamentos mecânicos para sua operação como grades e comportas. A segunda parte trata da galeria, estrutura esta que tem como finalidade a interligação do lado de montante à jusante da barragem, atravessando todo seu maciço de solo. A galeria será composta por dois tubos de 1.500mm em aço e envelopada por uma estrutura de concreto armado. Finalmente, a terceira etapa trata da caixa de controle de comando de jusante que será construída em concreto armado, e nela serão instalados os equipamentos de controle como registros e válvula dispersora.

O vertedouro desta alternativa será na ombreira direita do maciço, escavado em rocha, e será construída uma estrutura de vertimento do tipo Creager em concreto simples. A mesma

terá uma largura 240,00m e cota de soleira de 181,0m. No Tomo 1A referente aos Desenhos do relatório RIO, volume 1, estão representados o perfil longitudinal da barragem e a seção tipo máxima desta alternativa.

O **Quadro 3.2** apresenta os dados de Cota x Área x Volume, e a **Figura 3.2**, sua representação.

Quadro 3.2 - Cota x Área x Volume

BPC-RIO-01-COTA ÁREA VOLUME DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO				
Cota (m)	Área		Volume Parcial (m³)	Volume Acumulado (m³)
	Km²	m²		
159,00		0,000		
160	0,24	244.098,668	122.049,334	122.049,334
161	0,32	323.574,874	283.836,771	405.886,105
162	0,48	478.505,950	401.040,412	806.926,517
163	0,67	668.510,173	573.508,062	1.380.434,579
164	0,85	851.578,732	760.044,453	2.140.479,031
165	1,13	1.130.679,180	991.128,956	3.131.607,987
166	1,38	1.381.974,822	1.256.327,001	4.387.934,988
167	1,99	1.992.966,119	1.687.470,471	6.075.405,459
168	3,44	3.438.807,514	2.715.886,817	8.791.292,275
169	4,57	4.567.810,093	4.003.308,804	12.794.601,079
170	5,75	5.753.680,839	5.160.745,466	17.955.346,545
171	7,01	7.009.101,929	6.381.391,384	24.336.737,929
172	8,62	8.619.892,281	7.814.497,105	32.151.235,034
173	10,23	10.228.118,027	9.424.005,154	41.575.240,188
174	11,93	11.932.821,472	11.080.469,750	52.655.709,937
175	13,95	13.950.336,826	12.941.579,149	65.597.289,086
176	15,93	15.927.508,119	14.938.922,473	80.536.211,559
177	17,85	17.851.858,630	16.889.683,375	97.425.894,933
178	19,98	19.980.528,387	18.916.193,509	116.342.088,442
179	22,13	22.125.487,716	21.053.008,052	137.395.096,493
180	24,31	24.309.889,318	23.217.688,517	160.612.785,010
181	26,63	26.631.240,021	25.470.564,670	186.083.349,680
182	28,85	28.854.492,785	27.742.866,403	213.826.216,083
183	31,35	31.354.677,027	30.104.584,906	243.930.800,989
184	33,79	33.787.866,846	32.571.271,937	276.502.072,925
185	36,43	36.429.284,863	35.108.575,855	311.610.648,780
186	38,89	38.889.888,480	37.659.586,672	349.270.235,451
187	42,50	42.497.000,437	40.693.444,459	389.963.679,910
188	44,89	44.888.230,231	43.692.615,334	433.656.295,244
189	47,44	47.437.280,916	46.162.755,574	479.819.050,817
190	49,80	49.797.456,188	48.617.368,552	528.436.419,369
190,6	51,53	51.530.680,275	50.664.068,232	579.100.487,601
191	52,38	52.383.150,662	51.956.915,469	631.057.403,069
192	55,40	55.398.896,797	53.891.023,730	684.948.426,799
193	58,42	58.421.954,282	56.910.425,540	741.858.852,338
194	61,50	61.502.700,522	59.962.327,402	801.821.179,740
195	64,45	64.453.822,122	62.978.261,322	864.799.441,062

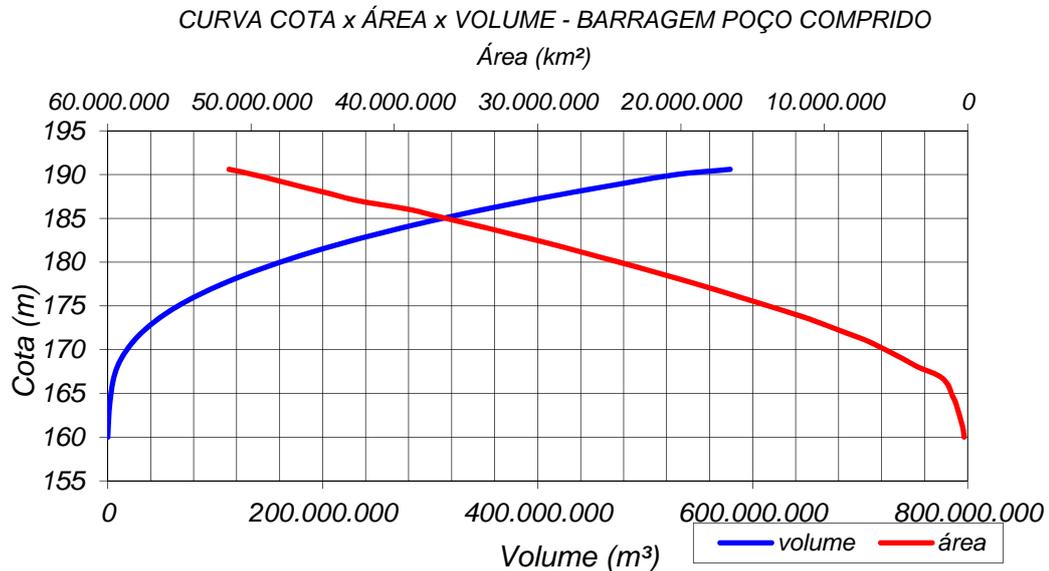


Figura 3.2 - Cota x Área x Volume

Alternativa 2

O eixo da alternativa 2 irá drenar uma área hidrográfica total de 1.283,00Km², com a soleira do vertedouro estabelecida na cota 187,00m. Sua bacia hidráulica mostra uma área total de 2.064,00 hectares e um volume acumulado de 188,00 hm³. Para isto deverá ser construído um barramento em solo, provido de drenagem interna através de drenos verticais e horizontais e, em sua saída, será construído um *Rock-Fill* em rocha. À montante, seu talude terá uma forma inclinada na razão de 1,0V:3,0H. Para a proteção superficial será construído um *rip rap* em rocha. O talude de jusante terá uma declividade 1,0V:2,5H, com bermas intermediárias a cada 10,00m e face protegida por uma camada de 30,00 cm de brita. A berma de coroamento estará na cota 192,00 m e terá uma largura de 8,00 m sendo revestida com material granular.

Para a perenização do rio, será construída uma tomada d'água dividida em três partes. A primeira trata da torre de controle e manutenção de montante e caixa de equipamentos de montante. Esta estrutura será construída em concreto armado e dotada de equipamentos mecânicos para sua operação como grades e comportas. A segunda parte compreende a estrutura da galeria que tem como finalidade a interligação do lado de montante ao de jusante da barragem, atravessando todo o seu maciço de solo. A galeria será composta por dois tubos de 1.500mm em aço e envelopada por uma estrutura de concreto armado.

Finalmente, a terceira etapa trata da caixa de controle de comando de jusante que será construída em concreto armado e nela serão instalados os equipamentos de controle como registros e válvula dispersora.

O vertedouro desta alternativa está situado na ombreira direita do maciço, será escavado em rocha e construída uma estrutura de sangria do tipo Creager em concreto simples. A mesma terá uma largura 240,00m e cota de soleira de 187,00m. No Tomo 1A referente aos Desenhos do relatório RIO, volume 1, estão representados o perfil longitudinal da barragem e a seção tipo máxima desta alternativa.

O **Quadro 3.3** apresenta os dados de Cota x Área x Volume, e a **Figura 3.3** a curva respectiva.

Quadro 3.3 - Cota x Área x Volume

BPC-RIO-04-ALTERNATIVA 02_COTA ÁREA VOLUME DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO				
Cota (m)	Área		Volume Parcial (m³)	Volume Acumulado (m³)
	Km²	m²		
165,00		0,000		
166	0,03	32.946,425	16.473,213	16.473,213
167	0,39	387.564,654	210.255,540	226.728,752
168	1,27	1.271.608,255	829.586,455	1.056.315,207
169	1,92	1.923.653,419	1.597.630,837	2.653.946,044
170	2,47	2.468.074,265	2.195.863,842	4.849.809,886
171	3,09	3.085.599,645	2.776.836,955	7.626.646,841
172	4,12	4.118.917,652	3.602.258,649	11.228.905,489
173	5,11	5.114.478,028	4.616.697,840	15.845.603,329
174	5,85	5.853.179,347	5.483.828,688	21.329.432,017
175	6,91	6.913.295,849	6.383.237,598	27.712.669,615
176	7,93	7.933.620,586	7.423.458,218	35.136.127,832
177	8,99	8.989.753,963	8.461.687,275	43.597.815,107
178	10,00	9.996.336,232	9.493.045,098	53.090.860,204
179	10,95	10.946.945,384	10.471.640,808	63.562.501,012
180	12,03	12.025.875,317	11.486.410,351	75.048.911,363
181	13,04	13.039.156,676	12.532.515,997	87.581.427,359
182	14,16	14.164.646,493	13.601.901,585	101.183.328,944
183	15,47	15.472.571,137	14.818.608,815	116.001.937,759
184	16,64	16.644.002,957	16.058.287,047	132.060.224,806
185	18,08	18.078.487,003	17.361.244,980	149.421.469,785
186	19,34	19.338.957,749	18.708.722,376	168.130.192,161
187	20,64	20.640.904,612	19.989.931,181	188.120.123,342
188	21,40	21.402.903,959	21.021.904,286	209.142.027,627
189	22,56	22.564.473,666	21.983.688,813	231.125.716,440
190	23,30	23.300.356,896	22.932.415,281	254.058.131,721
191	24,57	24.570.220,496	23.935.288,696	277.993.420,417
192	24,57	24.570.220,496	24.570.220,496	302.563.640,913

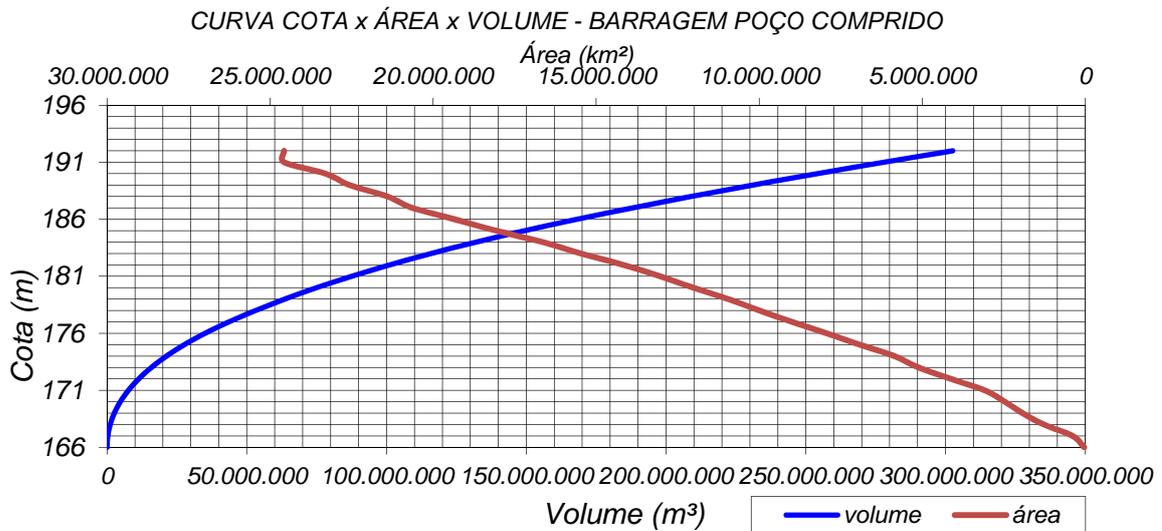


Figura 3.3 - Cota x Área x Volume

Alternativa 3

O eixo desta alternativa irá drenar uma área hidrográfica total de 1.235,00 km², com soleira do vertedouro estipulada na cota 211,00 m. A bacia hidráulica terá uma área total de 3.041,00 hectares e um volume acumulado de 239,00 hm³. Para isto, deverá ser construído um barramento em solo provido de drenagem interna através de drenos verticais e horizontais, e em sua saída será construído um *Rock-Fill* em rocha. À montante, o talude terá uma forma inclinada na razão de 1,0V:3,0H; como proteção, será construído um *rip rap* em rocha. O talude de jusante terá uma declividade 1,0V:2,5H, com bermas intermediárias a cada 10,00m e face protegida por uma camada de 30,00 cm de brita. A berma de coroamento estará na cota 216,00m e uma largura de 8,00m revestida com material granular.

Para a perenização do rio, será construída uma tomada d'água dividida em três partes. A primeira trata da torre de controle e manutenção de montante e caixa de equipamento de montante. Esta estrutura será construída em concreto armado e dotada de equipamentos mecânicos para sua operação, como grades e comportas. A segunda parte trata da galeria, que é uma estrutura cuja finalidade é a interligação do lado de montante ao de jusante da barragem, atravessando todo seu maciço de solo. A galeria será composta por dois tubos de 1.500mm em aço e envelopada por uma estrutura de concreto armado. Finalmente, a terceira etapa trata da caixa de controle de comando de jusante que será construída em concreto armado e nela serão instalados os equipamentos de controle como registros e válvula dispersora.

O vertedouro desta alternativa será na ombreira esquerda do maciço, escavado em rocha e será construída uma estrutura de vertimento do tipo Creager em concreto simples. A mesma terá uma largura 240,00m e cota de soleira de 211,00m. No Tomo 1A referente aos Desenhos do relatório RIO, volume 1 da fase de anteprojeto, estão apresentados o perfil longitudinal da barragem e a seção tipo máxima desta alternativa.

A seguir são apresentados o **Quadro 3.4**, Cota x Área x Volume, e a **Figura 3.4**, respectivamente.

Quadro 3.4 - Cota x Área x Volume

BPC-RIO-05-ALTERNATIVA 03_COTA ÁREA VOLUME DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO				
Cota (m)	Área		Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (m ³)
	Km ²	m ²		
182		0,000		
183	0,06	62.876,925	31.438,463	31.438,463
184	0,12	121.830,661	92.353,793	123.792,256
185	0,16	155.151,350	138.491,006	262.283,261
186	0,28	281.009,154	218.080,252	480.363,513
187	0,43	425.426,924	353.218,039	833.581,552
188	0,57	569.080,575	497.253,750	1.330.835,302
189	0,76	758.979,578	664.030,077	1.994.865,378
190	0,93	926.455,346	842.717,462	2.837.582,840
191	1,31	1.310.631,427	1.118.543,387	3.956.126,227
192	1,76	1.763.080,964	1.536.856,196	5.492.982,422
193	2,46	2.459.818,489	2.111.449,727	7.604.432,149
194	2,99	2.993.091,175	2.726.454,832	10.330.886,981
195	3,77	3.765.491,147	3.379.291,161	13.710.178,142
196	4,55	4.547.871,390	4.156.681,269	17.866.859,410
197	5,40	5.395.868,655	4.971.870,023	22.838.729,433
198	6,31	6.311.310,330	5.853.589,493	28.692.318,925
199	7,57	7.574.509,990	6.942.910,160	35.635.229,085
200	8,87	8.868.560,143	8.221.535,067	43.856.764,152
201	9,98	9.978.166,438	9.423.363,291	53.280.127,442
202	11,08	11.082.379,603	10.530.273,021	63.810.400,463
203	12,47	12.467.457,990	11.774.918,797	75.585.319,259
204	14,20	14.204.560,322	13.336.009,156	88.921.328,415
205	16,13	16.133.775,435	15.169.167,879	104.090.496,294
206	17,83	17.827.049,511	16.980.412,473	121.070.908,767
207	19,94	19.941.919,440	18.884.484,476	139.955.393,242
208	22,43	22.434.437,422	21.188.178,431	161.143.571,673
209	24,63	24.634.009,289	23.534.223,356	184.677.795,029
210	27,27	27.266.974,666	25.950.491,978	210.628.287,006
211	30,14	30.141.923,029	28.704.448,848	239.332.735,854
212	32,71	32.708.504,555	31.425.213,792	270.757.949,646
213	35,47	35.468.179,618	34.088.342,087	304.846.291,732
214	39,49	39.492.645,624	37.480.412,621	342.326.704,353
215	42,47	42.474.973,504	40.983.809,564	383.310.513,917
216	45,25	45.254.125,211	43.864.549,358	427.175.063,275

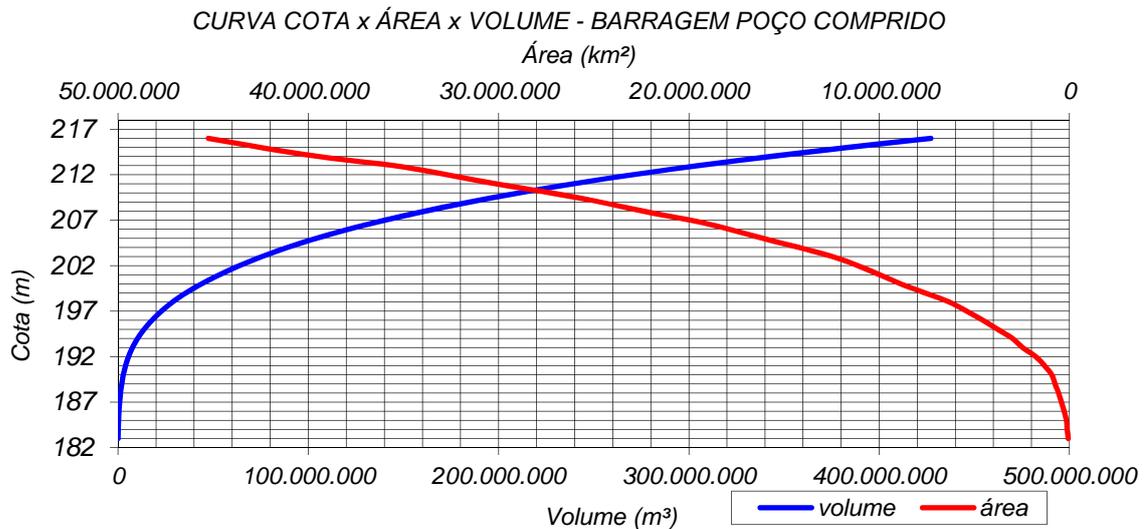


Figura 3.4 - Cota x Área x Volume

As características físicas das três alternativas levantadas estão representadas do **Quadro 3.5**.

Quadro 3.5 - Características Físicas das Alternativas

Características Gerais	Eixo I	Eixo II	Eixo III
Rio Barrado	Riacho dos Macacos	Riacho dos Macacos	Riacho dos Macacos
Capacidade de Acumulação: (cota da soleira)	186,083hm ³	188,120hm ³	239,32hm ³
Volume de Regularização	54,4 hm ³ /ano	47,5 hm ³ /ano	45,9 hm ³ /ano
Área da Bacia Hidráulica	25.470.564 m ²	20.640.904m ²	30.141.923m ²
Área da Bacia Hidrográfica	1469,27Km ²	1283,11Km ²	1235,69Km ²
Características do Maciço			
Tipo	Solo	solo	solo
Cota do coroamento (m)	187	192	216
Cota da sangria (m)	181	187	211
Largura do coroamento (m)	8	8	8
Altura máxima (m)	31	28	35
Talude de Montante	3(H):1 (V)	3(H):1 (V)	3(H):1 (V)
Talude de Jusante	2,5(H):1 (V)	2,5(H):1 (V)	2,5(H):1 (V)
Características do Vertedouro			
Tipo	Creager	Creager	Creager
Localização	Central, entre as estacas 230 a 242	Central, entre as estacas 88 a 100	Central, entre as estacas 293 a 305
Comprimento (m)	240	240	240
Descarga Total de Projeto (Milenar):	1.200m ³ /s	1.200m ³ /s	1.200m ³ /s
Lâmina Máxima Adotada hidráulicamente (m)	1,84m	1,84m	1,84m
Cota da soleira do vertedouro (m)	181	187	211
Tipo de canal de restituição	Rápido em degraus em concreto estrutural	Rápido em degraus em concreto estrutural	Rápido em degraus em concreto estrutural
Tipo de dissipação	Bacia de dissipação	Bacia de dissipação	Bacia de dissipação
Características da tomada d'água			
Tipo	Galeria	galeria	galeria
Diâmetro	2*1500mm	2*1500mm	2*1500mm
Comprimento (m)	185	179	202
Descarga regularização média:	9,20m ³ /s	9,20m ³ /s	9,20m ³ /s
Cota de assentamento (m)	164m	169m	189m
Quantidades da Obra			
Volume de terra compactada(m ³)	4.661.759,07	2.182.295,89	5.947.476,14
Volume de escavação vertedouro(m ³)	1.164.000,00	582.000,00	1.047.600,00

3.1.4 - Geologia dos Eixos - Eixo 1, Eixo 2, Eixo 3

Serão descritas as principais características geológicas, estruturais e litológicas encontradas em campo durante o mapeamento dos três possíveis locais de barramento do projeto. Cada eixo será apresentado em planta e em perfil em escala igual à base DWG. A localização dos eventos descritos foi realizada com ajuda de GPS manual, sendo que a descrição e a classificação do material foram realizadas pelo tático visual.

Os eixos estão localizados conforme sua geologia na **Figura 3.5**.

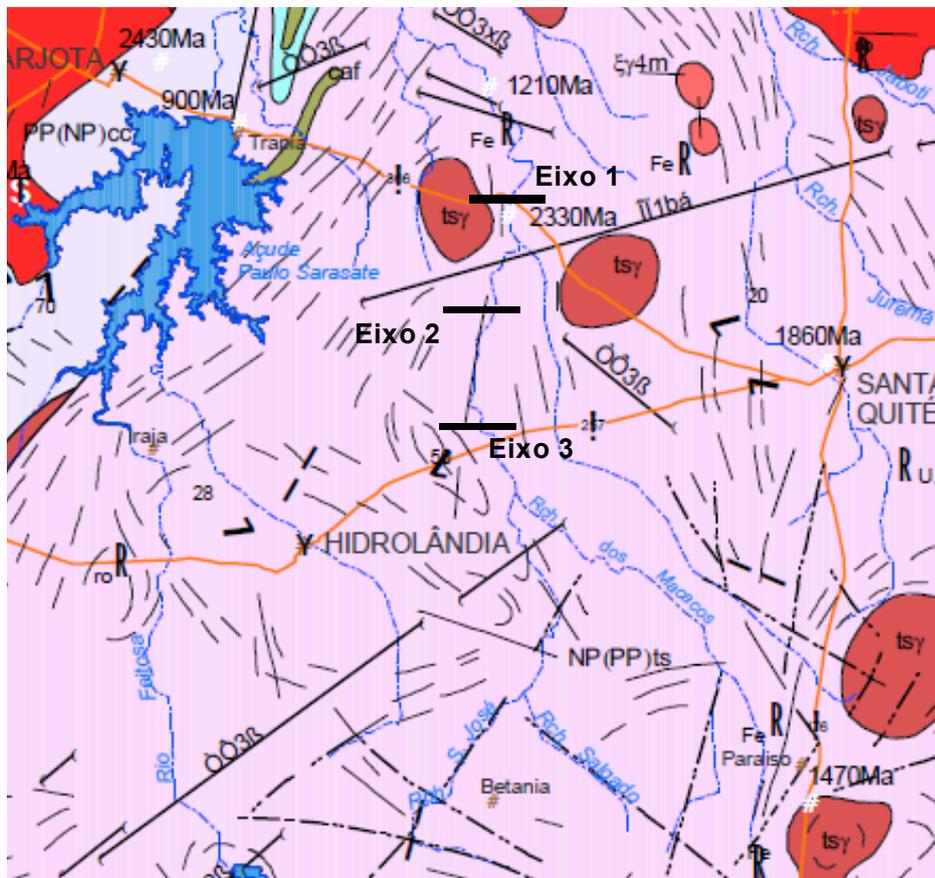


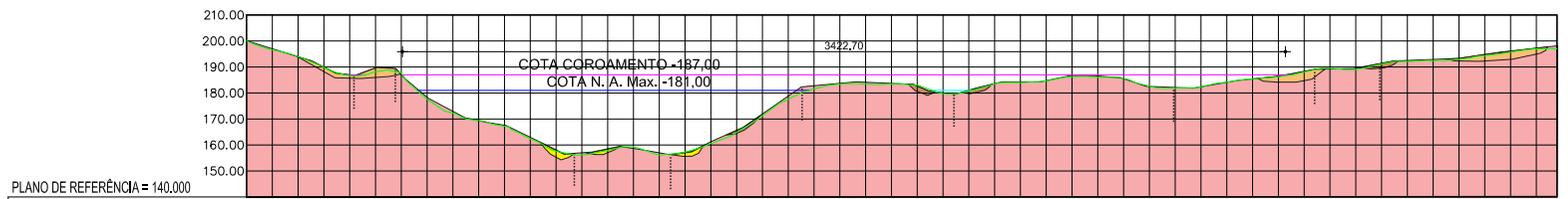
Figura 3.5 - Mapa Geológico Resumido da Região de Santa Quitéria e Hidrolândia e Localização dos Três Eixos Estudados, Cavalcante et al (2003).

3.1.4.1 - Mapeamento do Eixo 1

Situa-se próximo da junção entre o riacho dos Macacos e a CE-366.

O percurso do eixo pela ombreira direita é caracterizado por algumas reservas de cascalho (área em laranja, ponto 2, UTM - 357620/9528130, **Foto 1**) e solo raso pouco argiloso (área em marrom). A espessura máxima estimada para estas reservas está em torno de 5,00m. Ocorrem lajedos (Ponto 3, **Foto 2**, UTM – 357947/9528384), **Foto 5** – Ponto 11, próximo a CE, lajedos de granito-gnaisses (UTM – 356555/9528990), alternando solo e cascalho que formam o substrato de todo o perfil/eixo.

Ocorre corpo minerável de basalto entre os pontos 5 e 10 (**Foto 3**, Ponto 5, UTM – 357389/9518002, **Foto 6** – ponto 10 UTM – 356974/9527938), passível de reserva de rocha e brita. Esse fato é importante para o enrocamento pois, o basalto maciço apresenta densidade média de 3,0, enquanto as rochas graníticas e migmáticas, que predominam na região, possuem densidade de 2,7, portanto 10% a mais. Abaixo das reservas de solo e cascalho, ocorrem de forma maciça rochas graníticas e gnaisses migmatíticos (cor rosa), cuja superfície apresenta fraturamento de moderado a fraco, quase sempre marcados pela quebra no relevo, sendo possível posicionar algumas fraturas no perfil (**Figura 3.6**).

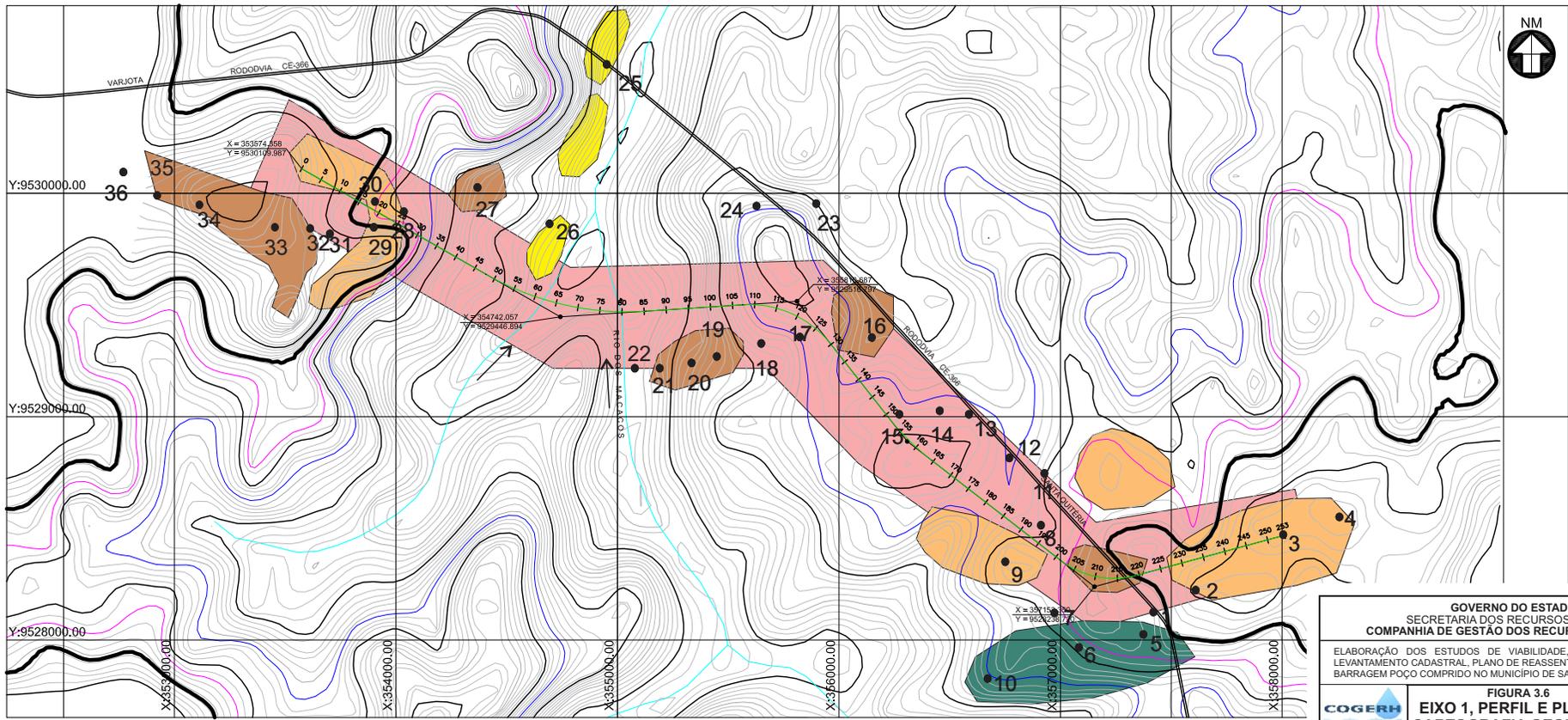


PLANO DE REFERÊNCIA = 140,000

ESTAQUEAMENTO	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	254																																						
COTAS DO TERRENO NATURAL (m)	200,000	196,612	194,018	189,874	186,691	188,136	187,612	177,686	172,264	169,369	167,218	162,427	157,649	156,072	159,194	156,227	157,297	164,867	171,251	177,604	181,569	183,421	183,454	183,471	183,005	179,783	180,682	183,489	184,017	184,657	186,234	186,044	185,645	182,620	181,837	182,413	184,139	185,475	186,987	191,120	192,118	192,405	192,889	194,323	195,713	197,003	197,003	197,932	197,010			
DISTÂNCIA ACUMULADA	0,00	100,00	200,00	300,00	400,00	500,00	600,00	700,00	800,00	900,00	1000,00	1100,00	1200,00	1300,00	1400,00	1500,00	1600,00	1700,00	1800,00	1900,00	2000,00	2100,00	2200,00	2300,00	2400,00	2500,00	2600,00	2700,00	2800,00	2900,00	3000,00	3100,00	3200,00	3300,00	3400,00	3500,00	3600,00	3700,00	3800,00	3900,00	4000,00	4100,00	4200,00	4300,00	4400,00	4500,00	4600,00	4700,00	4800,00	4900,00	5000,00	5079,92

- LEGENDA**
- Basalto
 - Solo
 - Cascalho
 - Areia
 - Granito-gnaisses migamítico
 - Calcissilicita-anfibolitos
 - Porcoes xistosas
 - Fratura
 - Zona de cisalhamento local

PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO BARRAVEL PROJETO BÁSICO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUIÉTERIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FIGURA 3.6
EIXO 1, PERFIL E PLANTA,
CARTOGRAFIA GEOLÓGICA
LOCAL E ESTRUTURAL

No ponto 8 foi identificado um marco antigo (**Foto 4**) e próximo do ponto 9 e 10 um segundo marco, marcações do anteprojeto inicial feito anos atrás.

Na parte central existem duas áreas com reserva de solo areno-argiloso, sendo que uma foi testada anteriormente no ponto 14 (**Foto 7**, Ponto 14, UTM-356310/9529042), estendendo-se não continuamente até o ponto 16. Na calha do rio é notada grande reserva de areia média a grossa. Toda a parte basal é formada por granitos-gnaisses migmatítico, rocha sã rasa, **Foto 8** (Ponto 20). Os riachos dos Macacos e Carnaúba mostram fraturas/falhas mais profundas que aquelas identificadas nas partes mais superiores. No ponto 24, aparece maior ocorrência de xistos em meio aos granitos e gnaisses (**Foto 9**, Ponto 24 UTM-355703/9529974), que são restos de rochas xistosas derivadas dos granitos que podem produzir áreas com maior fraqueza, porém sem continuidade.

Na ombreira esquerda existem duas reservas de solo, arenoso (Ponto 25, **Foto 10**) areno-argiloso (Ponto 35, **Foto 12**) e uma reserva de cascalho na encosta de todo o alto topográfico, entre os pontos 30 e 31 (**Foto 11**), onde também é encontrado um marco topográfico do anteprojeto. Neste local, foi encontrada a picada feita no eixo e na sua lateral, todas as picadas possuem rocha aflorante e cascalho.

A foliação possui direção predominante NW e NE com caimento para E e W. As fraturas exibem 5 famílias, sendo as direções 300az e 10az as principais e E-W, NE e NW secundárias (**Figura 3.7**).

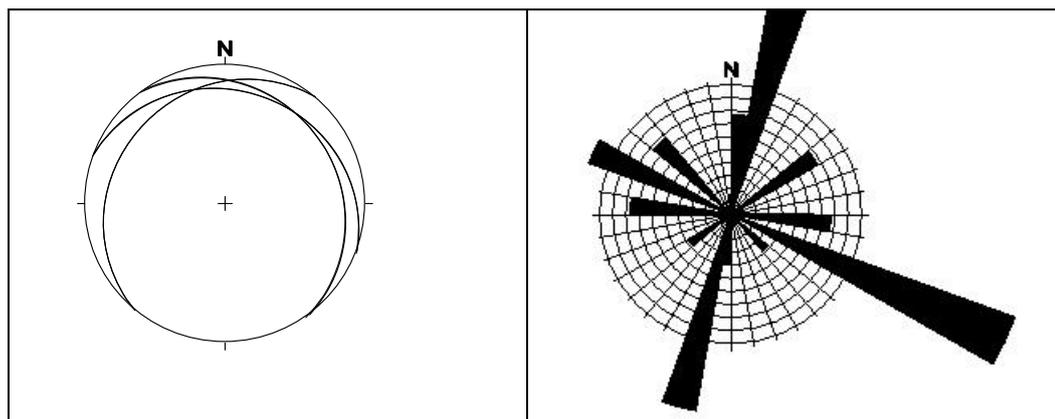


Figura 3.7 – A) Distribuição da Foliação com Direção Preferencial NE e NW e Caimento Quase Leste Oeste. B) Fraturas no Eixo 1.



Foto 1 - Ponto 2 (UTM- 357620/9528130) – Cobertura de cascalho espessura não maior que 3m, possível reserva, vai até o ponto 4 (UTM 358148/9528462).



Foto 2 - lajedos de granito e granodiorito maciço, rocha sã.



Foto 3 – blocos de basalto (ponto 5, UTM – 357389/9518002) formando um corpo de dimensão lavrável para brita e blocos de entroncamento.



Foto 4 – Marco topográfico do anteprojeto, situa-se na ombreira direita (Ponto 8, UTM – 357169/9528560).



Foto 5 – Ponto 11, próximo a CE, lajedos de granito-gnaisses (UTM – 356555/9528990).



Foto 6 - ponto 10 (UTM-356974/9527938) blocos de basalto.



Foto 7 - Ponto 14, UTM-356310/9529042, cava de teste para cubagem de reserva de solo.



Foto 8 - Ponto 20, UTM 355390/9529300, matações de granitos, rocha sã.



Foto 9 - Ponto 24, UTM 355703/9529974, rocha granítica com faixas xistosas descontínuas mais rica em biotita.



Foto 10 - ponto 25 UTM 354826/9530022, corte de estrada do terraço fluvial, solo arenoso 2m a 3m.



Foto 11 - Ponto 30 (UTM-354013/9529840) Marco e cascalho que ocorrem em toda a encosta.

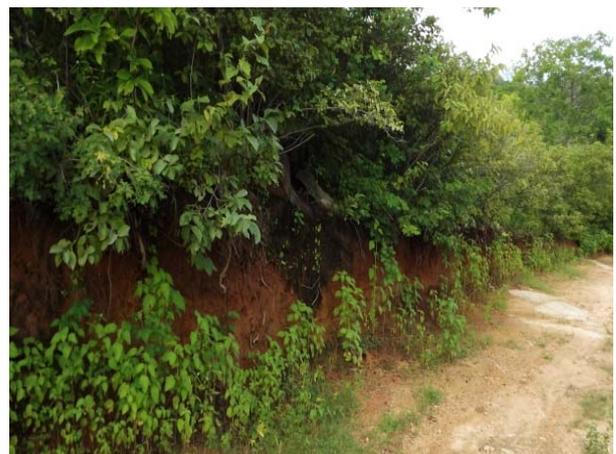
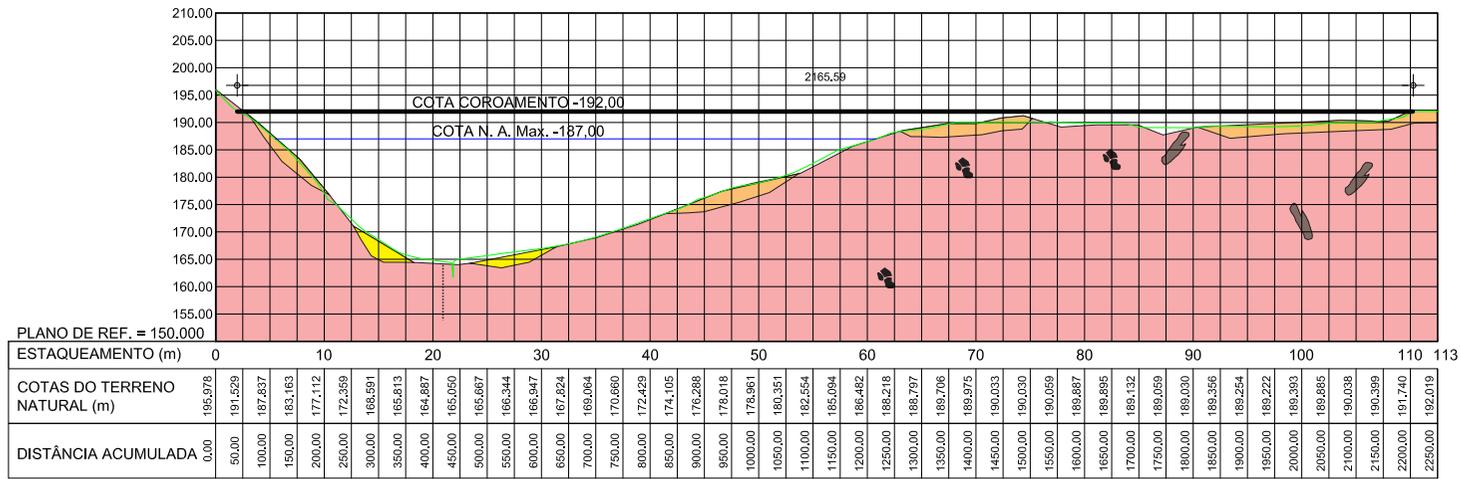


Foto 12 - ponto 35 UTM-352949/9530016, solo de 2 a 3m argilo-arenoso passível de reserva.

3.1.4.2 - Mapeamento do Eixo 2

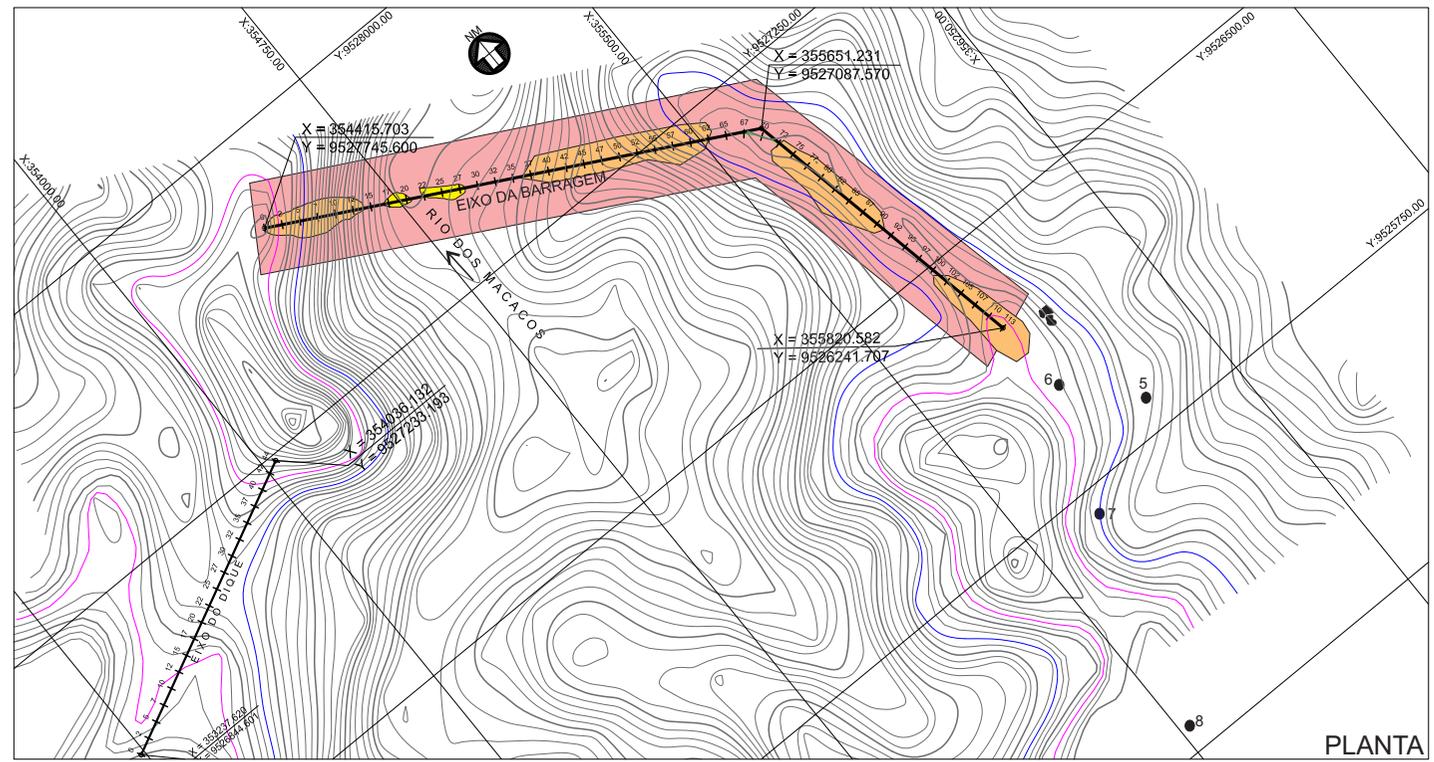
Este eixo está situado ao sul do eixo 1, aproximadamente a 5,00 km de distância. A localização está inacessível devido às cheias dos rios e riachos situados na ombreira esquerda e a mata na ombreira direita. Portanto, o acesso se deu pelo início da ombreira direita, onde foi possível inferir parte do perfil com certa confiabilidade.

Neste eixo e suas proximidades foram encontradas porções não contínuas de restos de xisto que foram submetidos à fusão, além de anfíbolitos (rocha básica de coloração verde). Nos altos topográficos foi confirmada a presença de cascalho e, juntamente com a rocha aflorante, gnaisses graníticos (**Figura 3.8**).



- LEGENDA**
- Solo
 - Cascalho
 - Areia
 - Granito-gnaisses migamítico
 - Calcissilicica-anfibolitos
 - Porções xistosas
 - Fratura
 - Zona de cisalhamento local

PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO BARRAVEL



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUIÉTERIA, NO ESTADO DO CEARÁ



COGERH
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

FIGURA 3.8
EIXO 2, PERFIL E PLANTA,
CARTOGRAFIA GEOLÓGICA
LOCAL E ESTRUTURAL



BPF
BENTONITE PARTICULADA

Na parte central na calha do rio são encontradas reservas de areia e rocha aflorante. A ombreira esquerda está inacessível tanto pelo norte como pelo sul.

Foi encontrado, nesta região, um grande patamar de solo escuro argiloso que é passível de reserva, pois possui uma profundidade em torno de 2,00 a 3,00m, conforme mostra o Ponto 1, que está fora do mapa DWG (UTM-357388/9530176), **Foto 13**.

Próximo à ombreira direita, foram identificados blocos de granito que confirmam substrato rochoso. Ponto 5, **Foto 14** (UTM- 355859/9525598).

Pode-se identificar uma reserva de cascalho na encosta de todo o alto topográfico, no Ponto 9, UTM-355400/9525700.

Não foi possível fazer um tratamento estatístico das fraturas e foliação no eixo 2.



Foto 13 - Ponto 1 Eixo 2, a sul do eixo aproximadamente 2km. (UTM - 357388/9526322).



Foto 14 – Blocos de granito, rocha aflorante pouco solo ponto 5 (UTM-355859/9525598).

3.1.4.3 - Mapeamento do Eixo 3

Na ombreira direita ocorrem grandes maciços (**Foto 15**, ponto 3) de rocha aflorante composta por granitos, gnaisses migmatíticos e uma área de solo raso, rocha pouco fraturada e por vezes ocorrendo com calcissilicáticas métricas (**Foto 16**, ponto 5).

Na parte central ocorrem reservas de areia associadas à calha do rio, e uma pequena área de cascalho no encontro da vertente virada para oeste, bem como, fraturas por onde se encaixa o riacho dos Macacos. O substrato todo é composto de rocha maciça (**Foto 17**, ponto 10).



Foto 15 – ponto 3 (UTM 355261/9517852) lajedos maciços de gnaisses graníticos.



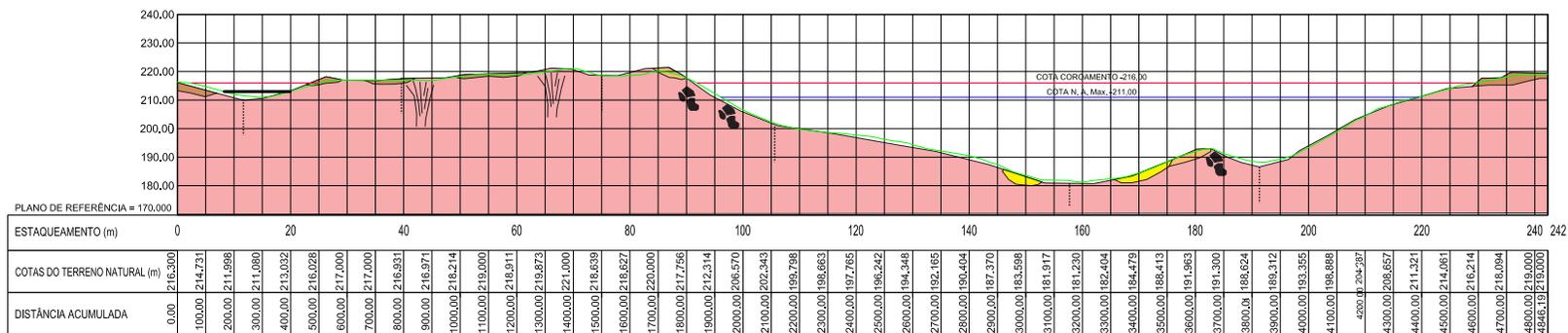
Foto 16 – ponto 5 mostrando rocha calcissilicática, que pode ser mais fraturada que os gnaisses-graníticos.



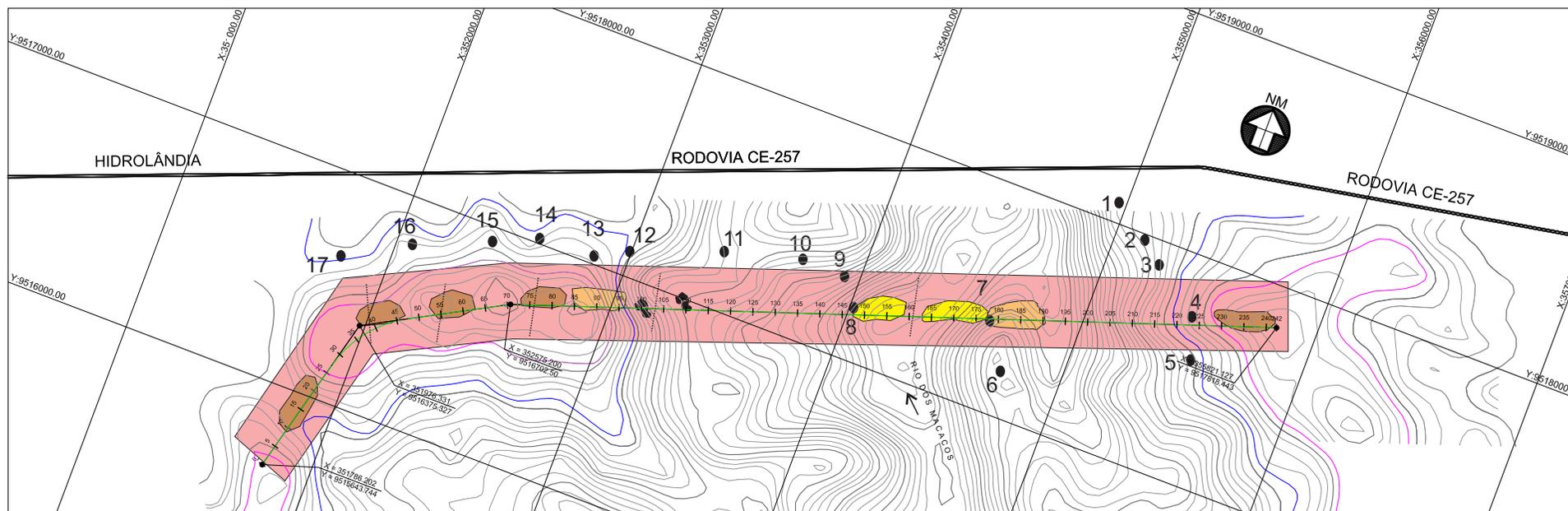
Foto 17 – Ponto 10 UTM 353769/9517544, lajedos maciços de granito-gnaisse.

Na ombreira esquerda foi identificada uma ondulação no terreno, que reflete pequenos altos e baixos, marcados pela presença de solo raso areno argiloso de profundidade não superior a 3,00m. As ondulações no relevo possuem drenagens e marcam fraturas existentes na rocha. Também foram identificadas duas pequenas zonas de cisalhamento perpendicular ao eixo.

A foliação possui caimento preferencial para NW e NE, com direção variando de 330az até 30az em média, porém, algumas medidas marcam mergulhos para SW. Portanto, há uma heterogeneidade de direção. Isto ocorre devido à forma como a rocha foi gerada com bolsões de granito em meio a gnaisses. As fraturas mostram 4 famílias: uma predominante norte sul que normalmente é perpendicular ao eixo; uma família secundária de direção 300az, uma terceira de direção W-E e a quarta de direção NW-SE (**Figura 3.9**).



PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO BARRAVEL PROJETO BÁSICO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUIITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FIGURA 3.9
EIXO 3, PERFIL E PLANTA,
CARTOGRAFIA GEOLÓGICA
LOCAL E ESTRUTURAL

Também foi identificada uma maior concentração de rochas calcissilicáticas entre os pontos 11 e 12. Estes locais podem apresentar um grau de fraturamento maior que a média, devido ao contraste geológico entre as duas litologias. Todo o substrato também é composto por rocha granítica e gnaisses graníticos maciços e sem alteração (**Figura 3.10**).

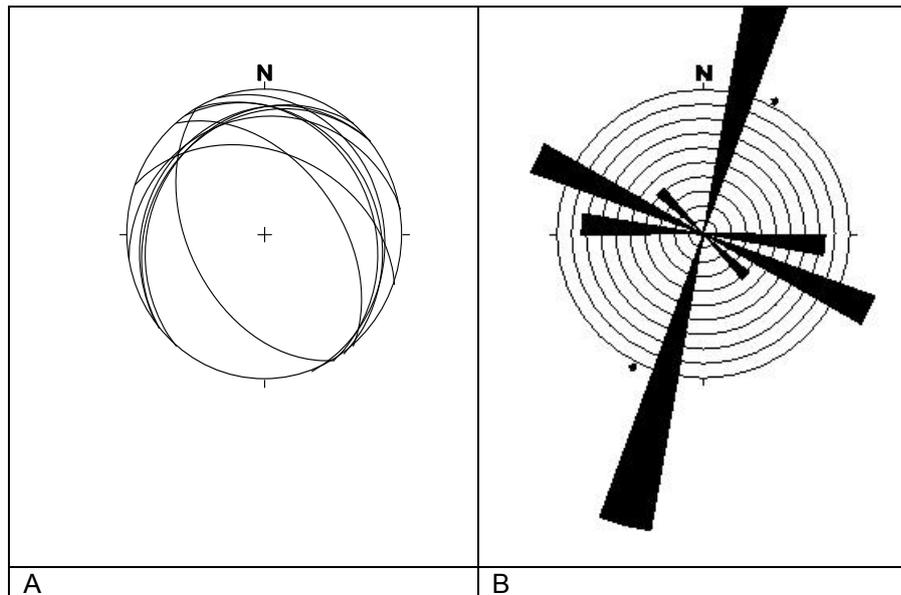


Figura 3.10 - Estereogramas Mostrando Distribuição da Foliação (A) e das Fraturas em (B) no Eixo 3

No ponto 15 ocorre uma zona de cisalhamento local que pode indicar algum deslocamento vertical, **Foto 18**. Os planos da foliação são verticais.

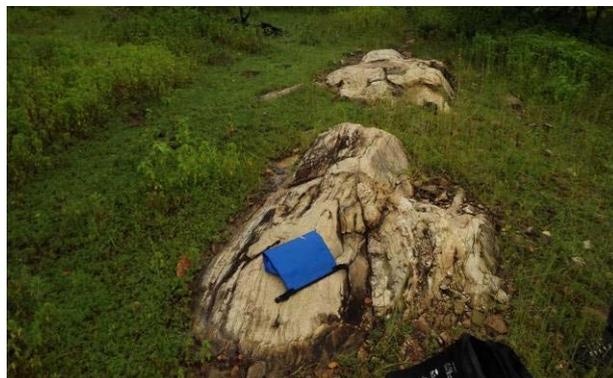


Foto 18 – Ponto 15, zonas de cisalhamento local UTM 352327/9516924.

3.1.5 - Reservas Minerais (Areia, Pedregulho/Rocha, Argila) na Área do Entorno

Eixo 1

O início da ombreira direita possui várias reservas indicadas no mapa e perfil (**Figura 3.6**). São pontos de referência:

- Ponto 3 (UTM 357947/9528384) **Foto 19** e Ponto 9 (UTM-355400/9525700) – Cascalho
- Ponto 5 (UTM 357389/9518002) **Foto 20**, Ponto 6 (UTM 357234/9528020), Ponto 10 (UTM 357389/9518002) – Basalto, material apropriado para pedreira.

Entre o ponto 16 (UTM 355985/9529380) e ponto 21 (UTM 355223/529320), existe ocorrência de solo métrico passível de cubagem, conforme consta na **Foto 21** – Teste de cubagem realizado, pequena cava, Ponto 14 (UTM 356310/9529042).



Foto 19 – Ponto 3 mostrando ocorrência de cascalho, profundidade dificilmente superior a 5m.



Foto 20 – Basaltos aflorantes, Ponto 5



Foto 21 – Teste de cubagem realizado, pequena cava, Ponto 14 (UTM 356310/9529042)

Entre o Ponto 25 (UTM 354826/9530022), **Foto 22**, e Ponto 26 (UTM 354760/9529834), ocorrem reservas de areia associada à calha do riacho dos Macacos. Importante ressaltar que a areia é abundante.



Foto 22 – Corte do terraço fluvial com reserva de areia, ponto 25.

Nos pontos 29 (UTM354206/9529814) e 30 (UTM 354013/9529840) ocorrem cascalhos que recobrem todo o topo da crista, onde estão situados esses pontos (**Foto 23**).



Foto 23 – Ponto 30 com cascalheira, região de topo de crista, indicada no mapa do perfil geológico.

Os pontos 32 (UTM 353724/9529732), 33 (UTM 353442/9519776) e 35 (UTM 352949/9530016) exibem ocorrência de solo areno-argiloso, argilo-arenoso de coloração vermelha (**Foto 24**).



Foto 24 – Ponto 35 solo vermelho passível de reserva.

Eixo 2

Não foi possível chegar ao eixo, contudo, na parte sul, próximo a ele, alguns pontos são áreas com boa presença de sedimentos. O Ponto 1 (UTM 357388/9526322) (**Foto 25**) apresenta bom volume de sedimento. O ponto 4 (UTM 354908/9524972), (**Foto 26**) também apresenta bom volume de solo argiloso, talvez o único visto nas 3 áreas. Pode ser usado no eixo 1 e 2.



Foto 25 – Ponto 1 – patamar de sedimento, passível de reserva de solo.



Foto 26 – Ponto 4 encosta com sedimento argiloso de coloração marrom escuro de 2m de espessura, só vimos este tipo de material neste ponto.

No Ponto 9 (UTM 3554009525700), grande quantidade de cascalho no topo da crista próximo ao eixo 2, no fim da ombreira direita para leste nos Pontos 6 (UTM 355832/952564) e 7 (UTM 355700/9525800).

Eixo 3

Na ombreira direita, toda parte superior possui rocha para pedreira. Os pontos de 1 a 5 são sobre lajedos, maciços, bem como seu prolongamento para E (Figura 3.9).

Ponto de referência (Ponto 3 UTM 355261/9517852 alt-240m **Foto 27** e Ponto 5, UTM 355481/9517480, alt-251m, **Foto 28**).



Foto 27 - Ponto 3, lajedos aflorantes, rocha maciça e sã.



Foto 28 – Ponto 5, lajedos aflorante local bom para pedreira, com acesso e próximo à CE.

Ponto 7: possível reserva de cascalho e talvez solo (UTM 355391/9517004).

Na ombreira esquerda, são notados muitos locais com lajedos que podem ser aproveitados para pedreira.

Próximo à CE, toda a crista é formada por rocha cristalina. Os Pontos 10 (UTM 355769/9517544), **Foto 29**, Ponto 11 (UTM 353374/9517412) e Ponto 12 (UTM 352868/9517278) são referências.



Foto 29 – Lajedos de rocha cristalina sã.

No trecho não existe registro de quantidade abundante de areia para construção, pois quando da visita ao local, todo leito do rio estava inundado, não permitindo sua visualização.

Na ombreira esquerda e ao longo da bacia hidráulica, foram identificadas ondulações no terreno que refletem pequenos altos e baixos, marcados pela presença de solo raso areno argiloso de profundidade não superior a 3,00 m, que, após uma análise quantitativa, houve constatação de que o mesmo não apresenta uma quantidade suficiente para a construção do maciço da barragem, além de sua difícil exploração.

3.2 - CENÁRIOS PARA A COMPARAÇÃO E ESCOLHA DO EIXO BARRÁVEL

3.2.1 - Análise e Justificativa das Alternativas de Barramento

A partir da análise dos fatores positivos e negativos referentes às alternativas de barramento do açude Poço Comprido, foi avaliada preliminarmente, à luz das informações atualmente disponíveis, qual delas seria a mais viável para elaboração do projeto executivo.

Essa análise abrangeu a ponderação de alguns fatores de forma qualitativa, com a criação de pesos proporcionais para cada condição dos eixos, para avaliação de cada fator, de forma a permitir a quantificação final capacitando a escolha da melhor alternativa.

3.2.1.1 - Fatores Positivos

A situação do futuro açude face à proximidade do centro consumidor, tanto atual como potencial, tem a mesma relevância para qualquer um dos eixos em estudo.

O principal centro consumidor será a população da sede do município de Santa Quitéria. Com a construção da barragem Poço Comprido, há a possibilidade de conceber dois cenários, a saber:

- a. Cenário imediato – terá a garantia de abastecimento de água potável tratada, que é um quesito indispensável para a saúde humana.
- b. Cenário futuro – os aproveitamentos potenciais estão listados a seguir:
 - Dotar a sede do município com maior oferta de água tratada, com um sistema de coleta e tratamento de esgoto, evento que reduzirá em muito as despesas com saúde preventiva e as mortes de crianças por infecções devido à falta de água tratada e esgoto;
 - Aproveitar a represa para fazer peixamento, principalmente com alevinos de tilápia, que irá gerar proteína animal a baixo custo para a população da cidade e os habitantes lindeiros ao lago;

- Sendo a tilápia um peixe de altíssima demanda, com mercado certo, é possível também formar uma cooperativa com a finalidade de beneficiar o pescado;
- Produção de filé para ser vendido nos maiores centros, beneficiamento do couro do peixe que tem um alto valor de exportação na fabricação de casacos, sapatos femininos e farinha de peixe, conforme pesquisa, para tratamento e curativo de queimaduras, além de outros usos;
- Essas atividades, bem organizadas, têm possibilidades de mudar o perfil social da população, trazendo grande aporte de recursos financeiros para o município.

População a ser beneficiada pelo Açude

A bacia hidráulica cobrirá áreas dos municípios de Santa Quitéria, Hidrolândia e Varjota. A população que mais será beneficiada é a do município de Santa Quitéria e Hidrolândia, pois a quase totalidade da bacia hidráulica está dentro destes municípios.

No município de Varjota serão beneficiadas apenas as pessoas que forem proprietárias de áreas lindeiras ao lago. Mas, tendo em vista que a distância entre os eixos 1 e 2 estudados é muito pequena, torna-se imperativo que qualquer que seja o eixo barrável escolhido para elaboração do projeto, a população beneficiada seja a dos três municípios citados. A alternativa 3 beneficia mais os municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia, devido à proximidade com a sede desses municípios.

Facilidades de adução

Devido à proximidade entre o eixo da alternativa 3 do barramento e as sedes do município de Santa Quitéria e Hidrolândia, os caminhamentos das adutoras para o abastecimento d'água da zona urbana destes municípios serão menores, refletindo assim, em menores custos, quando comparados aos das alternativas 01 e 02. Para o caso da alternativa 03, o traçado das adutoras para as sedes dos municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia será margeando a CE-257, e a distância a ser percorrida é de 16,00 km e 12,00 km, respectivamente.

Para as alternativas 01 e 02 do barramento, as extensões das adutoras partindo destes eixos serão de 23,00 km para Hidrolândia, e de 19,00 km para Santa Quitéria.

Uma segunda vantagem do eixo 3 será a cota de captação, visto que o nível médio da água neste eixo estará 20,00 m mais alto do que das outras alternativas, o que permitirá bombeamento com um menor gasto de energia.

Possibilidade de uso da água com irrigação das manchas de solos situadas a uma distância viável

A barragem Poço Comprido teve, como objetivo principal, quando da elaboração do anteprojeto desenvolvido pelo DNOCS em 1988, reforçar a disponibilidade hídrica para compor o sistema de irrigação do vale do Acaraú, contribuindo também, na forma de objetivo secundário, para amenizar as cheias do rio Acaraú, junto à cidade de Sobral.

O Açude Público Poço Comprido, atualmente, terá como objetivo primordial a garantia do abastecimento de água para o consumo da população regional e viabilizar, também, a regularização e perenização do riacho dos Macacos.

A obra se destina, principalmente, ao fornecimento de água para abastecimento humano, bem como à pequena irrigação no município de Santa Quitéria, beneficiando uma população de aproximadamente 34.000 pessoas. Caso seja utilizado para implantação de piscicultura, estima-se uma produção anual de 775 toneladas de peixe, e ampliação da ocupação e renda do município, assim como da oferta de alimentos.

A entrada em operação da barragem deverá proporcionar uma melhor distribuição da água no trecho médio da bacia do riacho dos Macacos. Em relação à situação atual, no período de estiagem cessa a distribuição de água para irrigação.

Ocorre ainda que os terrenos (solos) que margeiam a ombreira esquerda da barragem são de boa qualidade para diversos tipos de culturas. Portanto, o seu uso para irrigação deverá ser desenvolvido nessas áreas lindeiras ao lago. Ao mesmo tempo será aumentada a oferta hídrica de abastecimento do projeto de irrigação Baixo Acaraú.

Condições geológicas e geotécnicas dos locais

As condições geológicas e geotécnicas do local a ser escolhido, para implantação do empreendimento, são comuns às três opções em análise: são encontrados extensos afloramentos de rochas metamórficas, onde são destacados gnaisses, migmatitos, granodioritos e granitóides diversos (monzogranitos, sienogranitos, anfíbolitos e rochas calcissilicáticas).

Morfologia dos boqueirões

A área ao longo do riacho dos Macacos, contendo os três eixos possíveis de serem barrados, tem morfologia semelhante com as seguintes características:

A lateral esquerda do riacho é caracterizada por um cordão de morros cuja altitude alcança a cota de 200,00 m, referida ao Datum Vertical do IBGE. Já na lateral direita do riacho, o

relevo mostra duas feições. Até ser atingido o nível de 10,00m acima do leito do rio, a subida se dá em inclinação forte. Desse nível para cima, a inclinação é bem suave, sendo preciso percorrer uma grande extensão para atingir a cota de 200,00m. Para a alternativa 2, o eixo a ser barrado tem menor extensão, o que é uma vantagem em relação às outras alternativas.

A existência de jazidas de materiais para a construção da barragem:

Para as alternativas de eixo 01 e 02 já existe um estudo inicial de identificação das jazidas próximo aos eixos barráveis, onde há ocorrências de materiais terrosos, granulares, argilosos e pétreos, com características geotécnicas e volumes suficientes para atender às necessidades de construção da barragem.

Para o eixo 3 foi feita apenas uma campanha expedita de reconhecimento no local da obra, onde foram identificados locais de exploração de rocha e areia, tendo sido, entretanto, identificada uma dificuldade de material terroso em quantidade suficiente para construção do maciço da barragem.

3.2.1.2 - Fatores Negativos

População atingida com a formação do lago

Na área a ser inundada pelo lago foi constatada a existência de casas, barragens e linha de transmissão tipo bifásica, que serão atingidas pela construção do empreendimento em qualquer dos eixos propostos. A população será possivelmente remanejada.

A população atingida foi estimada com base na contagem dos imóveis existentes, dentro de cada área da bacia hidráulica para cada eixo, considerando uma família para cada casa.

Com base nesta contagem, para o eixo 1 foram identificadas 139 famílias; enquanto no eixo 2 foram reconhecidas 144 famílias e para o eixo 3 foram observadas 79 famílias.

Portanto, com relação a esse episódio, os três eixos têm o mesmo peso na avaliação conceitual.

Quantidade de benfeitorias e de terras que serão indenizadas

A área a ser inundada, para efeito de indenização, será avaliada pela existência de propriedades de pequeno e médio porte. Foi encontrada a quantidade de cinquenta casas comuns aos três eixos (algumas abandonadas ou em ruínas). As respectivas áreas submersas, segundo cada eixo, estão descritas no **Quadro 3.6** – Capacidade de Acumulação dos Eixos Alternativos.

Quadro 3.6 - Capacidade de Acumulação dos Eixos Alternativos

Eixos barráveis	Área do lago (ha)	Volume de acumulação (hm ³)
EIXO 01	2.547,05	186,08
EIXO 02	2.064,09	188,12
EIXO 03	3.014,19	239,32

Infraestruturas públicas a serem relocadas

Há estimativa da necessidade de relocação de cerca de 10,00 km de estradas vicinais em leito natural e 7,00 km de linhas elétricas (Luz para todos), sendo estes itens comuns para as três alternativas.

Para o caso específico da alternativa 2, as condições de tamanho definidas para esta análise impactam diretamente a CE-257, sendo necessário a realização de um desvio da mesma de, pelo menos, 5,00 km, como também a construção de uma ponte de 100,00 m de extensão.

Vale ressaltar que, para volumes de acumulação dos reservatórios maiores do que os definidos, poderão aparecer outros impactos diferentes do que os anteriormente citados, principalmente para as alternativas 1 e 2, podendo ser citados: interferência em duas linhas de transmissão de 69Kv, uma localizada à margem da estrada CE-366 e uma segunda na margem esquerda da bacia, que interliga o município de Hidrolândia a Varjota. O segundo tipo de interferência seria a CE-366 que poderá ser inundada dependendo da cota de sangria da alternativa 1. Ambas as interferências ficam na periferia da zona inundada da barragem, que, dependendo da solução de engenharia definida no projeto da barragem, poderá ser mitigada.

Qualidade dos solos a serem cobertos pelo reservatório

Para as três alternativas, predominam os solos bruno não cálcico. Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade alta. São de alta saturação e soma de bases, reação moderadamente ácida, praticamente neutra, ou mesmo moderadamente alcalina, bem como conteúdo mineralógico que encerra quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas.

São solos moderadamente profundos a rasos, com horizontes entre 30,00 e 90,00 cm, textura arenosa ou média no horizonte A e média ou argilosa, no Bt.

O horizonte A é fraco, coloração mais frequente (úmido) que varia de bruno-acinzentado escuro a cinzento-avermelhado escuro; estrutura maciça ou fraca a moderada, pequena a média, granular, de consistência duro a extremamente duro (seco) e muito friável a firme, quando úmido.

O horizonte Bt destes solos é bastante característico. Possui coloração mais frequente (úmido) de vermelho-escuro a vermelho-amarelado, estrutura moderada a forte, média a grande, prismática, composta de moderada a forte, média a grande, blocos angulares ou sub-angulares, de consistência extremamente duro a duro (seco) e firme a muito friável, quando úmido. É muito comum, nas áreas destes solos, a presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e, por vezes, matacões de quartzo, caracterizando um pavimento desértico.

Condições geológicas e geotécnicas nos locais barráveis

Como já comentado nos Itens 3.1.1 e 3.1.4, foi observado que as condições geológicas e geotécnicas não motivam impedimento para implantação da barragem, pois há muita semelhança nos eixos levantados.

A região está compreendida dentro do complexo pré-cambriano, constituído por gnaisses e granitos cortados por veios e segregações quartzo-feldspáticas. Localmente, um dique de caráter básico corta as rochas. Falhas de diferentes idades são comuns na região.

Quando analisadas as condições de geologia local de cada eixo, houve identificação de uma melhor condição geológica na alternativa 1, em relação às demais.

Na alternativa 2 foi encontrada uma capa de solo mais profundo (em torno de três metros), sendo um grande patamar de solo escuro argiloso.

Na alternativa 3 foi identificada uma maior concentração de rochas calcissilicáticas. Estes locais apresentam um grau de fraturamento maior. No local foi identificada uma zona de cisalhamento local que pode indicar algum deslocamento vertical.

Dificuldades de exploração das jazidas de materiais

Os locais das ocorrências não indicam dificuldades para exploração por apresentarem um relevo pouco acidentado, permitindo a operação de equipamentos pesados com facilidade.

Com base no estudo pré-existente do anteprojeto desenvolvido pelo DNOCS, existe material adequado e suficiente nas ombreiras do eixo e em sua bacia hidráulica (material de solo, areia e rocha).

Com relação à variação das distâncias de transporte até o local da obra, para as alternativas 1 e 2 o material está mais próximo. Para a alternativa 3, o solo necessário para execução do maciço está a uma distância superior a das alternativas anteriores.

Avaliação do custo de implantação de cada um dos eixos

Com base na definição da capacidade de armazenamento e definição das três alternativas, foi desenvolvida uma seção tipo da barragem e uma alternativa de vertedouro com as mesmas características construtivas. As características de cada alternativa estão descritas no **Quadro 3.7**.

Quadro 3.7 - Principais Características dos Eixos Barráveis

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	EIXO 1	EIXO 2	EIXO 3
Coordenada UTM do eixo (E)	302.056,6041	302.293,9347	302.355,4826
Coordenada UTM do eixo (N)	9.582.168,1161	9.581.541,1598	9.581.311,7995
Rio barrado	Macacos	Macacos	Macacos
Localidade mais próxima	Santa Quitéria	Santa Quitéria	Santa Quitéria
Cota máxima (m)	187	192	216
Capacidade (hm ³)	186	188	239
Extensão aproximada pelo coroamento (m)	3422	2.491,00	3.190,00
Altura máxima aproximada (m)	31	28	35
Área da bacia hidráulica (ha)	2.547,00	2.064,00	3.014,00
Área da bacia hidrográfica (km ²)	1469,27	1283,11	1235,69
Volume aproximado do maciço de terra (m ³)	4.661.759,07	2.182.295,89	5.947.476,14
Número de construções inundadas na bacia hidráulica (ud)	50	50	50
Largura média do vale inundado (m)	1.200,00	1.200,00	1.900,00

3.2.2 - Conclusão das Análises e Justificativas das Alternativas de Barramento

Após a exposição das informações constantes neste documento, principalmente no item anterior, foram elaboradas as tabelas com os dados conclusivos dos três eixos barráveis estudados.

O primeiro quadro contém apenas as características principais dos eixos, e foi apresentado anteriormente (Quadro 3.7).

O segundo quadro (**Quadro 3.8**), apresenta o custo do metro cúbico de água em relação ao custo da obra e o custo do volume regularizado da barragem. Em análise dos dados apresentados, a alternativa 2 apresenta um valor de construção por m³ de água acumulada menor das três alternativas, enquanto que a alternativa 1 tem um custo de regularização menor.

Quadro 3.8 - Custo do m³ de Água Reservável nos Eixos Barráveis

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Acumulação- hm ³	186,00	188,00	239,00
Cota Sangria	181,30	187,00	211,00
Cota da berma	187,00	192,00	216,00
Área bac. Hidraulica - hectares	2547,00	2064,00	3014,00
Vazão regularizada hm ³ /ano	54,40	47,50	45,90
Custo total R\$(2014)	R\$ 205.431.741,94	R\$ 193.135.479,03	R\$ 268.253.108,46
Custo da água R\$/m ³	1,10	1,03	1,12
Custo da Regularização R\$/m ³ /ano	3,78	4,07	5,84

O terceiro quadro (**Quadro 3.9**) se refere à análise das alternativas (dos eixos) barráveis, tendo como base os critérios de avaliação definidos, como impactos positivos e negativos resultantes da implantação do empreendimento.

Esses impactos foram quantificados através de notas previamente aprovadas e definidas pela COGERH, apresentadas nos Estudos de Viabilidade Ambiental – EVA, objetivando quantificar os resultados das notas.

Quadro 3.9 - Ponderação dos Aspectos Envolvidos nas Alternativas de Barramento

FATORES POSITIVOS	EIXO 1	EIXO 2	EIXO 3
Situação do futuro açude face à proximidade do centro consumidor, tanto atuais quanto potenciais	3	3	3
A população a ser beneficiada pelo açude	3	3	3
Facilidades de adução (extensão da futura adutora, desníveis, terrenos a serem atravessados)	2	2	3
Possibilidade de uso da água como irrigação de manchas de solos situadas a uma distância viável	3	3	3
Condições geológicas e geotécnicas dos locais	3	3	3
Morfologia do boqueirão	2	3	2
A existência de jazidas de materiais para a construção da barragem	3	3	2
ESCORE POSITIVO TOTAL	19	20	19
FATORES NEGATIVOS	EIXO 1	EIXO 2	EIXO 3
População atingida com a formação do lago	-2	-2	-1
Quantidade de benfeitorias e de terras que serão indenizadas	-2	-1	-3
Infraestruturas públicas a serem relocadas (linhas elétricas e estradas)	-1	-4	-1
Qualidade das terras a serem cobertas pelo reservatório	-2	-2	-2
Condições geológicas e geotécnicas no local barrável	-1	-2	-2
Dificuldades de exploração das jazidas de materiais	-1	-1	-2
Avaliação do custo de implantação	-1	-1	-2
ESCORE NEGATIVO TOTAL	-10	-13	-13
ESCORE FINAL	9	7	6

O resultado da ponderação entre os fatores positivos e negativos, mostrados no Quadro 3.9, aponta o **Eixo 1** como o local mais adequado para construir a barragem Poço Comprido.

Os principais fatores que desqualificaram as alternativas 2 e 3 foram respectivamente:

- O grande impacto na infraestrutura existente e a necessidade da relocação da CE-257 com a construção de uma nova ponte;
- Dificuldade de solo para construção do maciço, em quantidade e localização próxima à obra, como também porque a alternativa tem uma maior área alagada de bacia hidráulica.

Em conclusão, é apontada a **alternativa 1** como sendo a melhor para o desenvolvimento do projeto e construção da barragem do Poço Comprido. Esta escolha é justificada, inicialmente, com base no quadro comparativo de decisão, Quadro 3.9, onde se demonstra melhor pontuação para esta alternativa. Acrescido a isto, e corroborando com esta decisão, o fato que esta barragem foi estudada anteriormente por outra empresa de engenharia e, esta, indicou o mesmo boqueirão como alternativa para construção da barragem.

Conforme avaliação ambiental feita no relatório Estudo de Viabilidade Ambiental - EVA, para as três alternativas de barramento, propostas para a barragem Poço Comprido, a alternativa 1 obteve o menor escore, sendo a alternativa com menores impactos em termos ambientais.

O **Quadro 3.10** apresenta a consolidação da pontuação ambiental atribuída às alternativas de barramento estudadas.

Quadro 3.10 - Análise das Alternativas Barráveis em Relação aos Critérios de Avaliação Adotados

Alternativas	Critérios de Avaliação					Total
	Danos à Flora e à Fauna	Interferência em Infraestruturas de Uso Público	Contingente Populacional a ser Desalojado	Áreas de Mineração Requeridas	Risco Sísmico/Custos de Implantação da Obra	
Eixo I	3	5	3	1	5	17
Eixo II	3	7	3	1	5	19
Eixo III	5	1	1	6	8	21

Os custos para implantação de cada uma das três alternativas são similares, com variações não maiores do que 10%, com referência ao custo do volume d'água represado e do volume afluente para regularização do rio.

Como base nas considerações anteriormente expostas, é possível concluir que a alternativa do **Eixo 1** é claramente mais vantajosa que as demais e, portanto, deve ser eleita para o desenvolvimento do Projeto Executivo.

4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO

4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO

4.1 - INTRODUÇÃO

A seguir é apresentada a síntese dos dimensionamentos do Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido.

É importante salientar que todos os cálculos e considerações inerentes ao dimensionamento das estruturas foram apresentados e detalhados no **Volume 1 – Projeto Executivo da Barragem - Tomo 3 – Memória de Cálculos**.

Os dados que forneceram subsídios para os dimensionamentos foram aqueles apresentados nos volumes de Estudos Básicos a saber:

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Projeto executivo da barragem
- Tomo 1 – Memorial descritivo
- Tomo 2 – Desenhos
- Tomo 3 – Memória de Cálculo
- Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento
- Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento
- Tomo 6 – Relatório Síntese

4.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O fechamento do vale do riacho dos Macacos será feito por meio de uma estrutura mista em solo compactado em montante e enrocamento no espaldar de jusante, com vertedouro lateral escavado em rocha configurando uma estrutura de soleira tipo espessa.

A barragem projetada é composta por um maciço misto em terra homogênea em montante, constituído de material predominantemente classificado como tipo SM/SC - areia siltosa/areia argilosa (segundo a classificação unificada USC, apresentada nos resultados dos ensaios de laboratório efetuados nas amostras de solo coletadas) e enrocamento em jusante, com material proveniente das escavações obrigatórias do sangradouro com bermas de equilíbrio de 4,00 m de largura na cota 172,00 m.

Na compactação do maciço em montante, serão usados os solos provenientes das jazidas J01/J02/J03/J06/J08 delimitadas. É importante salientar que as jazidas J04, J05, J07, J14 a J19 foram denominadas como reserva técnica, por estarem localizadas, ou fora da área da bacia, ou por terem distâncias maiores ao eixo da barragem em comparação às demais.

A cota da crista da barragem foi fixada com base na definição de soleira determinada nos Estudos Hidrológicos, apresentados nos volumes dos estudos básicos já citados e nas estimativas de folga ou revanche efetuadas. A folga (freeboard) necessária foi obtida utilizando-se um fetch estimado, empregando a metodologia abordada no livro “100 Barragens Brasileiras” de autoria do prof. Paulo Teixeira da Cruz.

O assentamento da fundação foi baseado nas sondagens executadas na fase dos estudos básicos, realizadas ao longo do eixo barrável.

O maciço da barragem será assentado diretamente sobre o solo residual, após limpeza promovida para retirada das primeiras camadas através da escavação, em uma profundidade média de 1,00 a 5,00 metros.

Na região da calha do riacho dos Macacos e seu afluente haverá a necessidade de execução de uma trincheira tipo *cut-off*, complementada por um sistema de tratamento profundo através de injeção de cimento, uma vez que, nesta região, a camada de solo se apresenta mais espessa, menos consolidada e com maior permeabilidade.

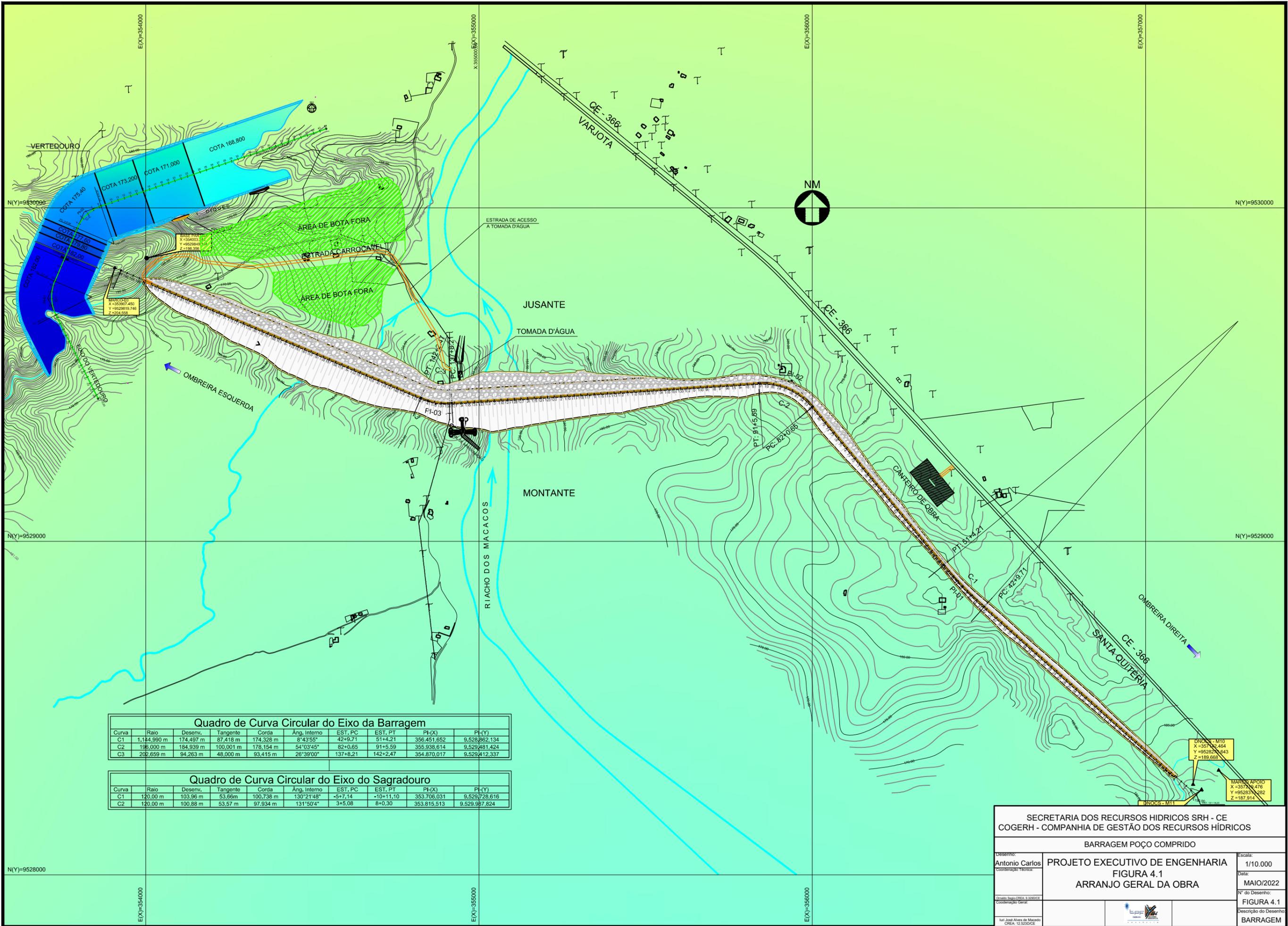
A definição da geometria da barragem proposta será ratificada por meio das hipóteses de carregamento adotadas no cálculo da estabilidade do maciço a ser apresentado mais a frente neste documento.

A seção escolhida para os cálculos foi aquela situada na estaca E130+0,00 m, uma vez que apresenta 37,70 m de altura acima das fundações. No entorno desta estaca, as sondagens detectaram subsolo com maior espessura de camada de solo. Então, a simulação de uma seção crítica se deu através da mescla de condições de subsolo mais desfavoráveis com maior altura de barragem acima das fundações. Essa composição detém as condições mais críticas para análise.

Uma tomada d’água está prevista, situada na ombreira esquerda, posicionada na estaca E136+0,00m, composta por duas tubulações em aço com diâmetro de 1.500,00 mm, envelopadas em concreto armado. Esta se posiciona formando um ângulo de 90° com o eixo da barragem, tendo o eixo da boca de montante na cota 158,50 m e o eixo da boca de jusante na mesma de montante.

O vertedouro tipo soleira espessa foi projetado com canais de aproximação e restituição escavados em rocha e em cujo eixo será construído um cordão de fixação da cota de sangria, posicionado na ombreira esquerda.

A **Figura 4.1** apresenta o arranjo geral da obra.



Quadro de Curva Circular do Eixo da Barragem

Curva	Raio	Desenv.	Tangente	Corda	Âng. Interno	EST. PC	EST. PT	PH(X)	PH(Y)
C1	1.144.990 m	174.497 m	87.418 m	174.328 m	8°43'55"	42+9.71	51+4.21	356.451,652	9.528,862,134
C2	196.000 m	184.939 m	100,001 m	178,154 m	54°03'45"	82+0,65	91+5,59	355,938,614	9.529,481,424
C3	202,659 m	94,263 m	48,000 m	93,415 m	26°39'00"	137+6,21	142+2,47	354,870,017	9.529,412,337

Quadro de Curva Circular do Eixo do Sagradouro

Curva	Raio	Desenv.	Tangente	Corda	Âng. Interno	EST. PC	EST. PT	PH(X)	PH(Y)
C1	120,00 m	103,96 m	53,66 m	100,738 m	130°21'48"	-5+7,14	+10+11,10	353,706,031	9.529,728,616
C2	120,00 m	100,88 m	53,57 m	97,934 m	131°50'4"	3+5,08	8+0,30	353,815,513	9.529,987,824

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
 COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO

Desenho: Antonio Carlos	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA FIGURA 4.1 ARRANJO GERAL DA OBRA	Escala: 1/10.000
Coordenação Técnica:		Data: MAIO/2022
Coordenação Geral: Orlando Siqueira CREA: 3.390/DCE		Nº do Desenho: FIGURA 4.1
Projeto: José Alves de Macedo CREA: 12.522/DCE		Descrição do Desenho: BARRAGEM

4.3 - DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM

4.3.1 - Definição da Geometria da Barragem Poço Comprido

A capacidade da barragem Poço Comprido foi definida nos estudos hidrológicos em 329,59 hm³. Sendo assim, de acordo com os estudos hidrológicos e topográficos, a soleira do sangradouro foi fixada na cota 182,00m e confirmada quando do dimensionamento do sangradouro (vide item de cálculo do sangradouro no volume referente aos estudos hidrológicos constantes dos estudos básicos deste projeto, na Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem – Volume 1 – Estudos Básicos – Tomo 3 – Hidrologia – Textos).

A folga da barragem (F) é definida como a diferença entre a cota da crista e o nível máximo normal do reservatório (ICOLD, 1978) e é dimensionada em função da ação dos ventos sobre a superfície da água, com dados de incidência de ventos extraídos dos estudos da CPRM–CE (para a cidade de Santa Quitéria), influenciando na velocidade e altura das ondas que se formam no lago e é determinada pelas seguintes equações empíricas:

$$F = h_o + h_w + h_e \quad \text{ou} \quad F = 0,75 \times h_o + \frac{v_o^2}{2g} \quad (I.1)$$

Onde:

h_w = altura de segurança – determinada pelo desenvolvimento da onda sobre o talude de montante, denominado “wave run up”;

h_e = altura necessária para compensar deformações residuais de fundação e do maciço – (10% da altura total da barragem segundo Cruz – 100 Barragens Brasileiras);

h_o = altura das ondas (m);

v_o = velocidade da onda (m/s);

g = aceleração da gravidade admitida como 9,81m/s².

Para o dimensionamento em questão, foi utilizada a segunda equação anteriormente apresentada, ou seja:

$$F = 0,75 \times h_o + \frac{v_o^2}{2g} \quad (I.2)$$

Sendo que h_o (altura das ondas) é determinada através das equações:

$$h_o = 0,75 + 0,34\sqrt{f} - 0,26\sqrt[4]{f} \quad \text{para } f < 18 \text{ km} \quad (I.3)$$

$$\text{ou} \\ h_o = 0,34\sqrt{f} \quad \text{para } f > 18 \text{ km} \quad (I.4)$$

Onde:

f = *fetch* - distância máxima (em km) em linha reta entre qualquer extremidade do lago e um ponto qualquer sobre o barramento.

Portanto, os cálculos elaborados levaram ao valor de folga adotada de $F = 1,40$ m //

O sangradouro, sendo operado hidráulicamente, apresentou uma lâmina máxima de 2,50 m, para o vertedouro em soleira espessa com 200,00m de largura e cheia de projeto com tempo de recorrência de 1.000 anos apresentada nos estudos hidrológicos e adotada. $Q_{1000}=1.273,00$ m³/s.

Sendo a cota do coroamento (CC) definida por:

$$CC = C_s + R \quad (1.5)$$

Onde:

C_s = cota da soleira do sangradouro

R = Revanche

A dimensão do Revanche da barragem, a partir da lâmina máxima de sangria e da folga, é a que se segue:

$$R = H_s + F \quad (1.6)$$

Onde:

R = Revanche (m)

H_s = Lâmina máxima de sangria (TR = 1.000 anos) = 2,50 m

F = folga da barragem = 1,40 m

No projeto, portanto, foi adotada a cota 187,00 m para o coroamento da barragem.

A altura máxima da barragem é dada pela seguinte expressão:

$$H_B = C_c - C_t \quad (1.7)$$

Onde:

C_c = Cota do coroamento: 187,00 m

C_t = Cota do terreno acima das fundações na seção máxima considerada, conforme levantamento topográfico, contemplando a escavação obrigatória necessária à implantação do maciço da barragem: 149,30 m

$H_B = 187,00 - 149,30 \rightarrow H_B = 37,70$ m//

Para o cálculo da largura da barragem, foi utilizada a fórmula de Preece:

$$L_C = 1,10\sqrt{H_B} + 0,90 \text{ (m)} \quad (1.8)$$

Onde:

L_C = Largura do coroamento da barragem (m);

H_B = Altura da barragem (m);

$H_B = 37,70\text{m}$

Portanto:

$$L_C = 1,10\sqrt{37,7} + 0,90 = 7,65 \text{ m}$$

Foi adotado para facilidade executiva $L_c = 8,00 \text{ m}$.

O coroamento deverá ser revestido por uma camada de 0,30 m de espessura de material tipo cascalho natural ou produto de britagem, apresentando declividade de 2% para montante, com a finalidade de facilitar o escoamento das águas pluviais para dentro do lago.

O **Quadro 4.1** indica a distribuição granulométrica para este material.

Quadro 4.1 - Cascalho

Peneira	Faixa Granulométrica (mm)
>38,1mm	100
25,4	88
19,1	79
2,0	33
n.o 40	29
n.o200	22

Ao longo da extensão do coroamento, haverá meio fio de concreto simples com $f_{ck}=15 \text{ MPa}$.

Os taludes da barragem foram inicialmente fixados através de tabelas que correlacionam tipo de material com a inclinação sugerida para o talude, tanto de montante quanto de jusante. A confirmação desta fixação dos taludes foi resultado da análise da estabilidade. Esta verificação foi efetuada a partir de uma seção pré-dimensionada com base em referências bibliográficas pertinentes, como apresentadas na sequência.

Partindo de valores dispostos nas tabelas, para as características dos solos disponíveis (tipo SM/SC) das jazidas para a referida obra, bem como para o enrocamento em jusante, foram apresentadas as sugestões iniciais para a fixação dos taludes.

Em jusante, como haverá o aproveitamento do material proveniente das escavações em rocha da área para implantação do sangradouro, este talude foi estabelecido como em enrocamento.

Para o material disponível na maioria das jazidas locais J-01, J-02, J-03, J-06 e J-08 com classificação geotécnica tipo SM/SC (areia siltosa/areia argilosa), a seção tipo foi fixada preliminarmente com inclinação do talude de montante, como 2,5:1,0 (H:V) até a linha de escavação em solo compactado. Para o talude de jusante, em enrocamento, foi fixada a inclinação de 2,0:1,0 (H:V) com berma de equilíbrio de 4,00 m de largura na cota 172,00 m.

Os resumos dos cálculos referentes à análise de estabilidade são apresentados em item específico mais à frente.

Sendo a barragem mista, o talude de montante deverá receber proteção contra erosão causada pela ação das ondas que se formarão no lago (montante).

No talude de montante, foi adotada a solução em *rip-rap* lançado. A **Figura 4.2** a seguir esquematiza as espessuras para esta camada.

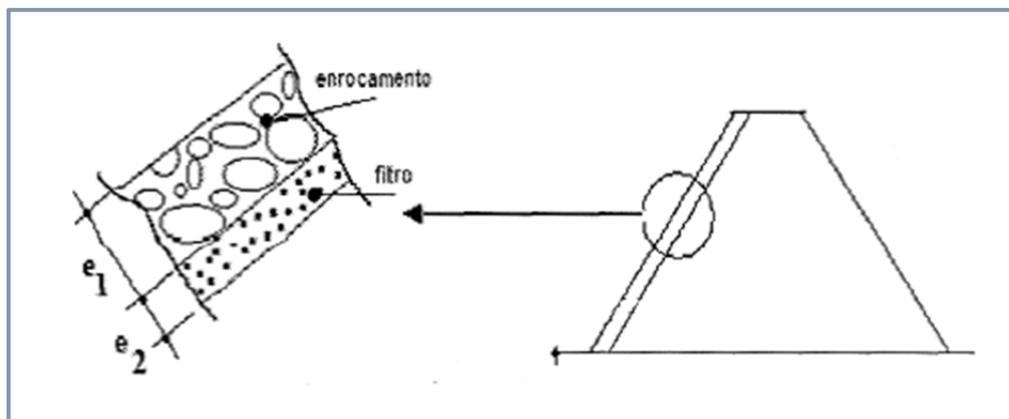


Figura 4.2 - Detalhe das Transições

Para a determinação da espessura e_1 do “*rip-rap*”, usou-se a indicação recomendada pelo *Tennessee Valley Authority*, dada pela seguinte equação:

$$e_1 = C \times v_o^2 \quad (I.9)$$

Onde:

e_1 = espessura do *rip-rap*;

C = constante dependente do tipo de rocha e inclinação do talude;

v_o = velocidade da onda.

O enrocamento amortece o choque das ondas e o filtro (transição - areia grossa ou pedregulho) impede o carreamento de material fino do maciço.

Os blocos empregados na construção do *rip-rap* devem ser tais, que no mínimo 50% do enrocamento seja constituído por rocha com peso igual ou superior a:

$$P_{50} \geq 0,52\delta \times e_1^3 \quad (I.10)$$

Onde:

P_{50} : peso do bloco em toneladas;

δ : densidade da rocha (t/m^3);

e_1 : espessura do *rip-rap* (m).

Assim, os cálculos elaborados levaram ao valor de espessura do Rip-Rap como $e_1 = D_{m\acute{a}x} = 60,00 \text{ cm}$

Portanto, as características do *rip-rap* (e_1) devem estar dentro da seguinte faixa:

$P_{m\acute{i}n}$ (tf)	$D_{m\acute{i}n}$ (m)	$P_{m\acute{a}x}$ (tf)	$D_{m\acute{a}x}$ (m)	$P_{50\%}$ (tf)	$D_{50\%}$ (m)
0,025	0,25	0,40	0,60	0,095	0,35

O material do *rip-rap* deve ser produzido com a seguinte granulometria (**Quadro 4.2**):

Quadro 4.2 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de RIP-RAP

MATERIAL RIP-RAP	
Diâmetros (mm)	Faixa Granulométrica (% passa)
800	100
600	70 – 100
350	20 – 50
300	10 - 20
250	-

O *rip-rap* foi assentado sobre uma camada de transição em brita produzida em obra, de espessura fixada como:

$$e_2 = \frac{e_1}{2} \quad (I.11)$$

Onde:

e_2 = espessura da transição em brita;

e_1 = espessura do *rip-rap* = 0,60 m.

Assim, para proteção do talude de montante, haverá uma camada de enrocamento (*rip-rap*) e_1 de 0,60 m e outra camada de transição e_2 , produzida em obra, de 0,30 m, cumprindo, como proteção, uma espessura total de 0,90 m. A configuração segue o esquema:

$e_1 = 60,00$ cm

$e_2 = 30,00$ cm

O rip-rap foi assente sobre uma camada de transição com 0,30m de espessura obtida de produto de britagem.

O gráfico a seguir apresenta as curvas granulométricas dos materiais de montante (**Figura 4.3**).

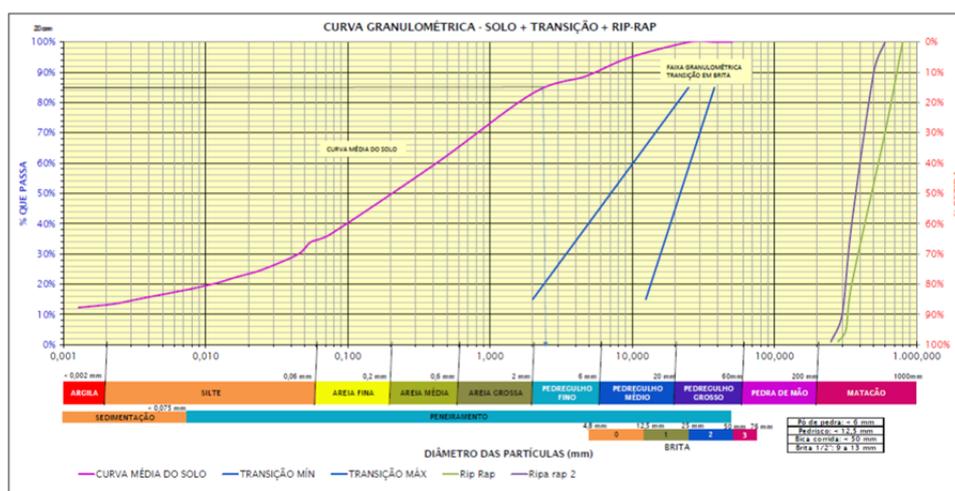


Figura 4.3 - Curvas Granulométricas dos Materiais de Montante

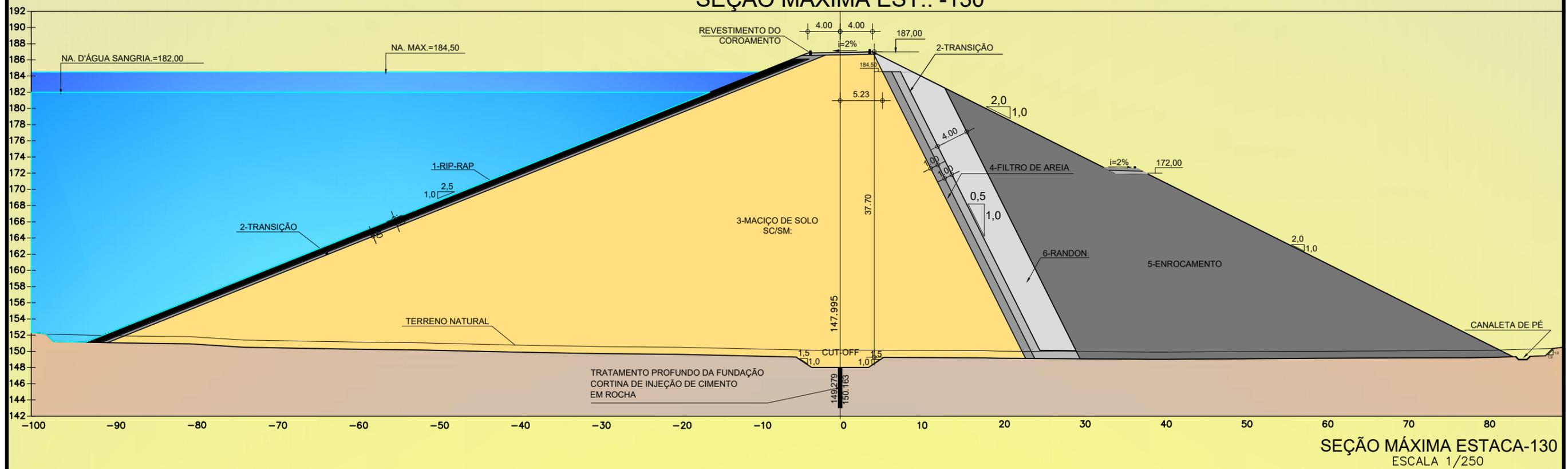
Recorrendo ao traçado das curvas granulométricas, poderá ser obtida a granulometria do material de transição que deverá ser produzido pela britagem de rochas da escavação obrigatória. O **Quadro 4.3** resume as faixas granulométricas deste material.

Quadro 4.3 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição

Material de Transição	
Peneiras (mm)	Faixa Granulométrica (%)
50	100
25,40	60 – 85
12,50	30 - 70
9,52	10 – 58
(N° 4) 4,80	0 – 34
(N° 10) 2,00	–

A **Figura 4.4** apresenta a seção tipo da barragem.

SEÇÃO MÁXIMA EST.: -130



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE			
COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS			
BARRAGEM POÇO COMPRIDO			
Desenho:	Antonio Carlos	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA FIGURA 4.4 SEÇÃO TIPO DA BARRAGEM	Escala:
Coordenação Técnica:			1/500
Coordenação Geral:			Data:
			MAIO/2022
			Nº do Desenho:
			FIGURA 4.4
			Descrição do Desenho:
			BARRAGEM

4.3.2 - Fundações da Barragem

Para as fundações da barragem, em toda área de implantação haverá limpeza através de escavação de material não consolidado, classificado pela geologia bem como detectado nas sondagens como “*sedimentos de aluvião arenoso e solos inconsolidados, limitados por camada de solo residual*”, consistindo na remoção deste solo de recobrimento com espessuras médias variando de 1,00 a 5,00 metros.

Abaixo desta linha de escavação, na região situada entre as estacas E108+00m a E173+00m, há alternância no perfil geotécnico entre solo residual, mais permeável e fragmentos de rocha muito fraturada com baixa recuperação, principalmente na região entre o rio principal e o rio secundário. Nesta região delimitada, está previsto um *cut-off* parcial com taludes de 1,5 (H):1,0 (V) localizado no eixo da barragem.

É importante salientar que tais regiões delimitadas pelas estacas acima citadas poderão ser visualizadas nos desenhos de projeto constantes no **Volume I – Tomo 2 – Desenhos**.

Para a região das ombreiras, esse *cut-off* não está previsto, uma vez que o solo residual é encontrado de modo mais aflorante.

Complementando a função do *cut-off*, está previsto um tratamento mais intenso em profundidade, através de injeção de calda de cimento, iniciando abaixo da escavação da base do *cut-off* e limitado a esta região com locação dos furos ao longo do seu eixo. Em dois trechos específicos, onde os ensaios de perda d’água específica apresentaram valores de perda total, haverá uma campanha de consolidação.

Com o preenchimento de material impermeável na trincheira vedante, comparado com o material da fundação, é esperado que se obtenha uma redução da percolação sob o maciço e das pressões no pé de jusante, que foram diretamente proporcionais à profundidade da trincheira.

Procedidos os cálculos, foi adotado o valor de **B = 7,00 m para a base do cut-off//**

Com relação ao tratamento em profundidade, embora os valores determinados nos ensaios de perda d’água específica sejam indicativos de uma campanha de injeção moderada, está previsto tratamento das fundações através de injeções de impermeabilização, com linhas de furos primários, secundários e se necessário for, terciários, locados ao longo da base do *cut-off* pelo eixo.

Quando da execução da obra, o número de linhas de injeção deverá ser aferido e validado em campo, uma vez que o comportamento do maciço, frente ao avanço das injeções de

impermeabilização, é que determinará a necessidade de continuidade executiva de linhas secundárias e terciárias, avaliada através dos boletins de execução de campo.

Em função dos resultados das investigações geológico geotécnicas, em especial dos ensaios de perda d'água sob pressão executados nas sondagens, é verificado que ao longo das fundações da barragem ocorre substrato rochoso com variações da condutividade hidráulica com valores correspondentes à fundação semipermeável de $k = 10^{-4}$ a 10^{-5} cm/s. Contudo, os trechos mais permeáveis deverão ser removidos quando das escavações, conforme já explanado anteriormente, e materializados no desenho de projeto apresentado no Volume I – Tomo 2 – Desenhos.

Esse cenário confirma a necessidade de vedação complementar das fundações da barragem através da execução de uma cortina de injeções de impermeabilização posicionada ao longo do cut off.

O tratamento das fundações do substrato rochoso a ser executado visa interceptar e minimizar eventuais caminhos preferenciais de percolação d'água subterrânea reduzindo as ações de fluxos d'água pela fundação.

Também na região da ombreira direita, mais especificamente nas estacas E142 e E122 os resultados dos ensaios de perda d'água (SM-07 e SM-11 respectivamente) apresentaram resultados de perda total. No ensaio da sondagem SM-12 (E117) o ensaio apresentou abertura de fissuras. Então, está prevista uma campanha de injeções de consolidação da região de forma a melhorar as condições do subsolo traduzindo em um incremento na resistência mecânica, módulo de elasticidade e conseqüentemente aumento na estanqueidade. De modo a abranger regiões entre sondagens, foi delimitada uma área de consolidação mais ampla, entre as estacas E148 a E154, 139 a 145 e E125 a E114 completando o tratamento pela cortina de injeções.

O tratamento das fundações do substrato rochoso com injeções de calda de cimento reduz o fluxo de água nas fundações. A literatura técnica de barragens recomenda a execução de tratamentos de fundação tais como injeção de calda de cimento, no caso em que a perda d'água determinada nos ensaios seja superior a 10^{-3} cm /s. Cruz (100 barragens Brasileiras -1998 – pg 521) indica que, para maciços rochosos com valores inferiores a 5×10^{-4} cm/s não haveria necessidade de tratamento para redução de permeabilidade. Portanto, no projeto está delimitado o horizonte possível de injeção conforme os valores de perda d'água encontrados nos ensaios in situ.

Os furos localizados no eixo do cut-off da barragem terão uma profundidade média de 5,00 a 8,00m.

A sequência executiva para os trechos de injeção de impermeabilização está prevista para se dar conforme a seguir descrito:

- Serão executados inicialmente os furos primários (FP), denominados de exploratórios, espaçados a cada 4,00 m.
- Em seguida serão executados os furos secundários (FS), espaçados a cada 2,00 m dos furos primários.

As injeções de consolidação estão previstas para serem executadas a baixa pressão, com profundidades de 8,00 metros em áreas específicas da superfície de fundação, entre as estacas E148 a E154, 139 a 145 e E125 a E114, com espaçamento entre furos de 1,00 metro e estão identificados com a nomenclatura *FC*. Neste caso de consolidação, a execução de todos os furos é obrigatória.

4.3.3 - Drenagem Interna da Barragem

O sistema de drenagem interna da barragem foi constituído por um filtro inclinado para montante face à altura da barragem, reduzindo assim as tensões nesta área. Na sequência do filtro, para jusante, está prevista uma camada de transição em brita seguida por outra camada de material random proveniente das escavações obrigatórias do sangradouro.

Conforme constante no volume de estudos básicos sobre os materiais de construção, ilustradas na **Figura 4.5**, são apresentadas as curvas granulométricas dos solos a serem compactados no maciço da barragem, bem como os materiais para filtro.

Para as transições, foram delimitadas faixas granulométricas direcionando assim a escolha dos materiais a serem produzidos em obra.

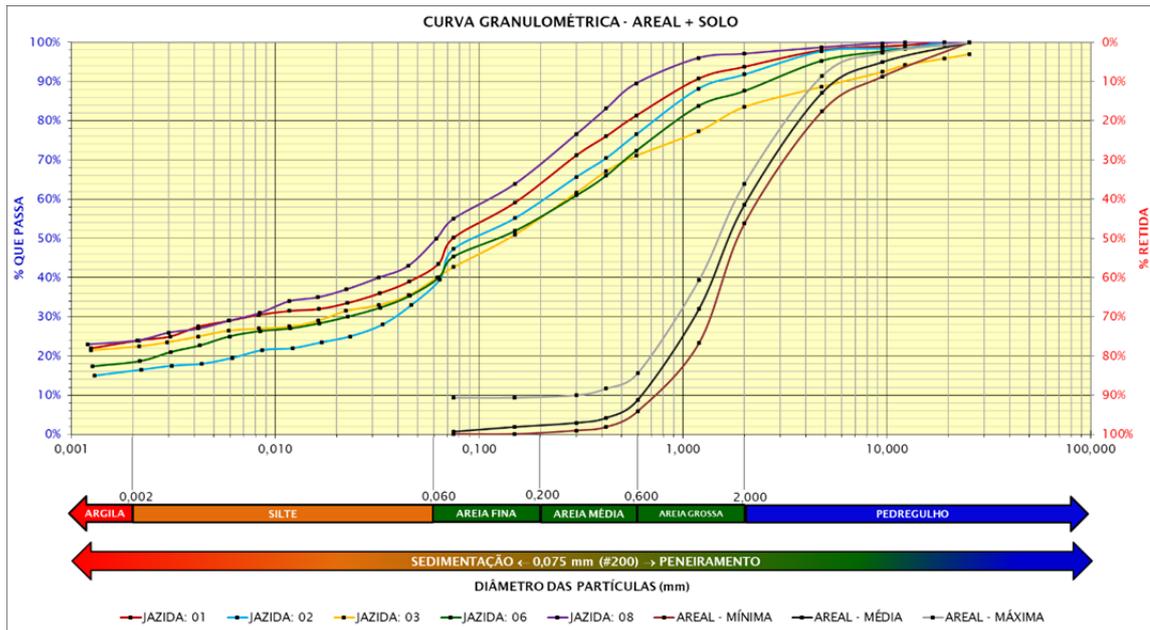


Figura 4.5 - Curva Granulométrica dos Materiais de Construção Disponíveis nas Jazidas Estudadas

Observação geral: As curvas granulométricas dos materiais de filtro deverão ser, aproximadamente, paralelas à curva do material do maciço e obedecer aos critérios de filtro anteriormente especificados.

O gráfico da **Figura 4.6** apresenta as curvas granulométricas de cada material do sistema de drenagem da barragem.

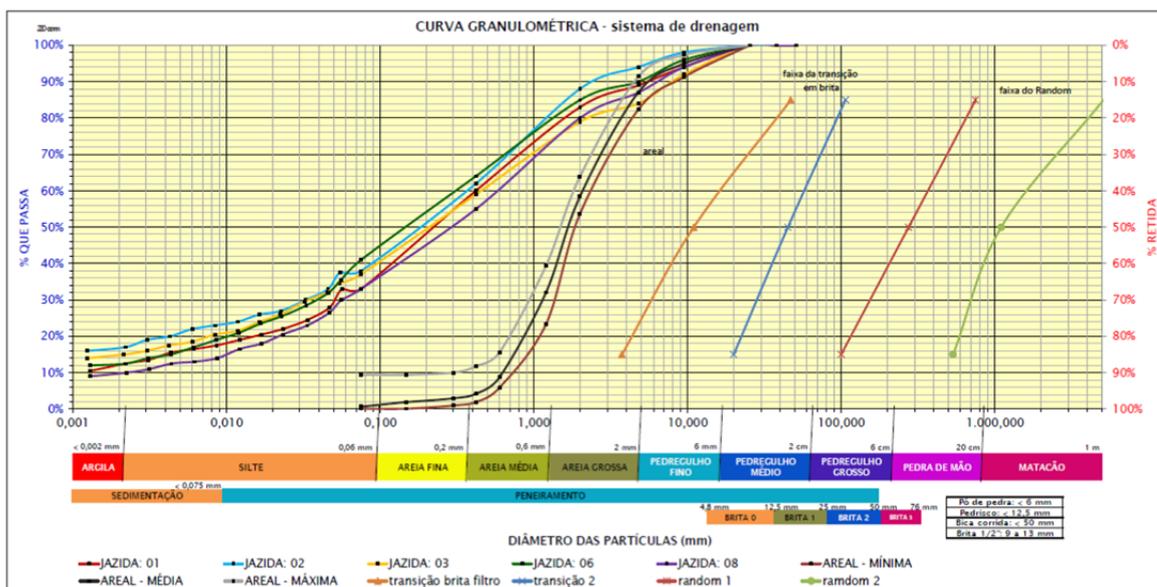


Figura 4.6 - Curvas Granulométricas de Cada Material do Sistema de Drenagem

Para os materiais a serem produzidos em obra, as curvas granulométricas fornecem os dados apresentados no **Quadro 4.4**.

Quadro 4.4 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição Brita

Material de Transição (Brita)	
Peneira (mm)	Faixa Granulométrica (%)
150	100
100	100 – 86
50,80	84 – 54
25,40	68 – 24
19,00	60 – 15
12,70	48 – 0
(Nº 4) 4,80	14 – 0
(Nº 10) 2,00	–

Para o random, material a ser reutilizado das escavações do sangradouro, a faixa granulométrica aplicável é a apresentada no **Quadro 4.5**.

Quadro 4.5 - Resumo das Faixas Granulométricas – Material de Transição Brita

Material Random	
Peneira (mm)	Faixa Granulométrica (%)
3000	100
2500	100 – 86
750,00	95 – 50
535,00	85 – 58
275,00	70 – 15
100,00	50 – 0
80,00	15 – 0

Os estudos de percolação efetuados tiveram como objetivo avaliar os valores das vazões percoladas pelo corpo da barragem e pela fundação, visando o dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna.

Para obtenção destes valores foi adotado o processo gráfico do traçado da rede de fluxo admitindo a dissipação da carga total entre a entrada e a saída, através do programa SEEP/W.

A análise dos resultados foi realizada e foram adotadas permeabilidades representativas dos ensaios, conforme a seguir:

- Solo compactado para o espaldar de montante: $k = 3,48 \times 10^{-6}$ cm/s;
- Material da fundação: nos resultados dos ensaios de perda d'água realizados nas sondagens SM-09, 10, 11 e 12 executadas na região da seção em análise de fluxo, é

observada variação dos valores referentes à permeabilidade no subsolo (os ensaios de permeabilidade executados in situ traduziram valores que variaram entre $k = 10^{-4}$ cm/s a 10^{-5} cm/s). Então, a seção elaborada para análise da rede de fluxo contemplou um subsolo com estratificação denotando valores diferentes de permeabilidade conjugados com a seção mais alta da barragem. Portanto, os valores acima mencionados foram ambos usados para compor o perfil de subsolo na mesma seção;

- Areia para filtro de drenagem interna (areia média de rio): $k = 1,3 \times 10^{-3}$ cm/s.

Para os materiais como transição e enrocamento, os valores de permeabilidade foram obtidos através de correlações constantes em tabelas de referência bibliográfica:

- Enrocamento do espaldar de jusante: $k = 10^0$ cm/s;
- Random: $k = 10^{-1}$ cm/s;
- Brita transição: $k = 10^{-2}$ cm/s.

Portanto, as análises do fluxo pelo maciço e fundações foram elaboradas combinando a seção máxima (seção tipo) com os valores de permeabilidade apresentados, tendo como resultado a seguinte seção de estudos esquematizada na **Figura 4.7**.

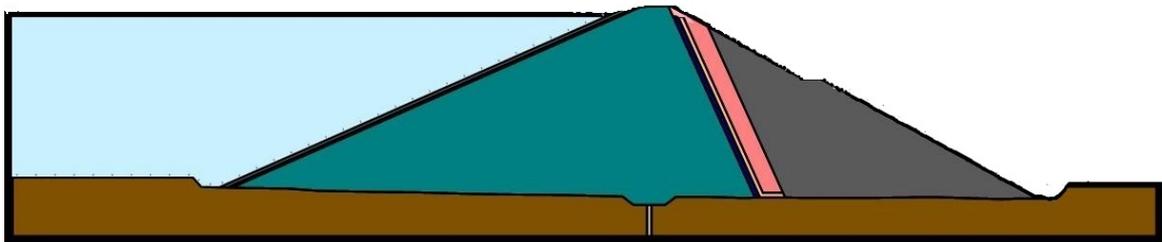


Figura 4.7 - Seção de Estudo

A rede de fluxo gerada está representada na **Figura 4.8**.

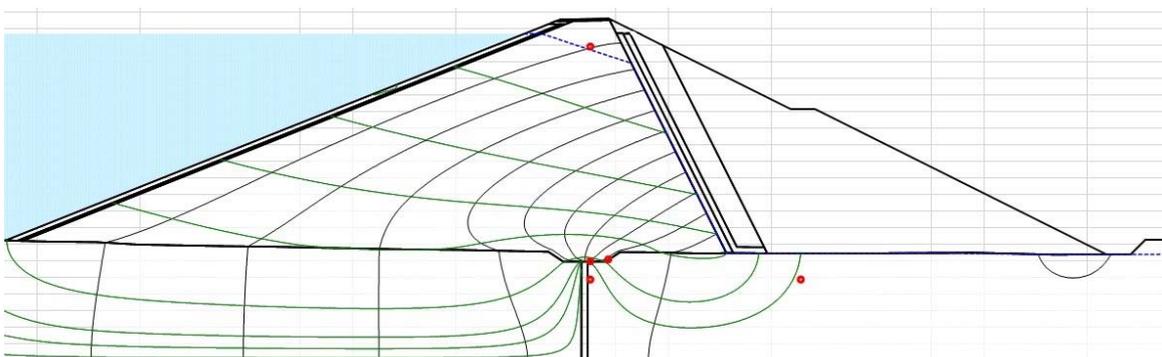


Figura 4.8 - Rede de Fluxo

Portanto, os resultados gerados pelo programa SEEP/W, em termos de vazões foram os seguintes:

- $Q_{\text{maciço}} = 8,05 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
- $Q_{\text{fundações}} = 7,93 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

A espessura do filtro vertical inclinado capaz de dar vazão à descarga de projeto foi calculada através da equação de Darcy, aplicada à seção genérica apresentada na **Figura 4.9**.

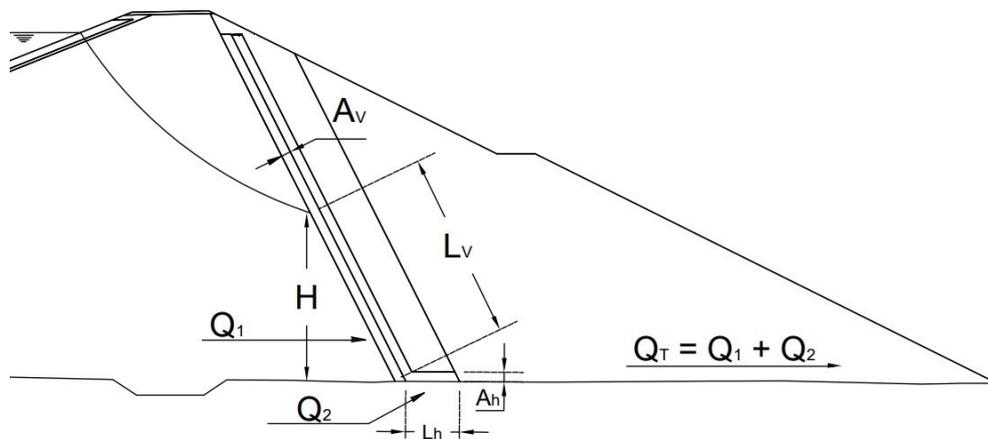


Figura 4.9 - Esquema de Cálculo do Filtro Inclinado

$$A_v = \frac{Q_1 L_v}{kH} \quad (I.12)$$

Onde:

k = permeabilidade do material do filtro inclinado = $1,3 \times 10^{-3} \text{ cm/s} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$;

L_v = comprimento de percolação no filtro inclinado;

Q_1 = vazão pelo maciço;

H = altura de entrada da freática em relação ao tapete drenante.

Do programa SEEP/W, é obtida a seção máxima com percolação no maciço, incluindo a posição da freática bem como a rede de fluxo traçada.

Tendo em vista aspectos construtivos e no intuito de evitar risco de colmatção foi adotada, no projeto, uma espessura igual a **B = 1,00 m//**

A espessura do tapete horizontal foi dimensionada de modo a dar vazão à descarga freática através do maciço (Q_1) e das fundações (Q_2), conforme mostrada anteriormente no esquema da Figura 4.9.

$$A_h = \sqrt{\frac{(Q_1 + Q_2)L_h}{k}} \quad (1.13)$$

Onde:

k = permeabilidade do filtro = 10^{-2} cm/s = 10^{-4} m/s;

L_h = comprimento de percolação no tapete horizontal;

Q_1 = vazão pelo maciço;

Q_2 = vazão pelas fundações.

Do programa SEEP/W, foi obtida a seção máxima com percolação no maciço e nas fundações, incluindo a posição da freática bem como a rede de fluxo traçada.

No caso em questão, esse tapete é de comprimento pequeno, uma vez que ele somente estará disposto após o filtro de areia e sob a transição em brita, uma vez que o espaldar de jusante é formado por enrocamento.

Portanto, os cálculos resultantes levaram à adoção de uma espessura de 1,00 metro para evitar colmatagem do sistema drenante.

4.3.4 - Curva Chave do Riacho dos Macacos à Jusante do Eixo da Barragem

O estudo teve como objetivo definir a cota máxima de inundação e a área inundada a jusante da barragem, a partir da vazão efluente milenar do vertimento do vertedouro da barragem e verificada para vazão decamilenar.

4.3.4.1 - Condições e Critérios Utilizados para o Desenvolvimento do Cálculo Hidráulico

A metodologia utilizada baseia-se em algumas hipóteses simplificadoras a seguir:

- escoamento gradualmente variado;
- O trecho escolhido foi restrito a partir do eixo da barragem até a jusante da ponte existente no cruzamento do rio com a CE-366;
- Canais com pequena declividade (menores que 1:10).

Para definição do cálculo foi empregada a fórmula de Manning, considerando o rio como um canal de escoamento livre com seções irregulares.

$$Q = \frac{1}{\eta} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times A \quad (1.14)$$

Onde:

Q = vazão no canal (m^3/s);

η = coeficiente de Manning;

R = raio hidráulico (m^2/m);

I = declividade do fundo canal (m/m);

A = área molhada (m^2).

Para definição das seções transversais a serem estudadas, foram definidos quatro eixos transversais ao escoamento fluvial do riacho dos Macacos, a partir do eixo da barragem Poço Comprido, sendo este o primeiro ponto e, tendo como base a topografia local definida no estudo básico, foram identificados possíveis estrangulamentos ou mudanças de seções extremas a jusante da barragem as quais poderiam provocar maiores inundações e remansos.

O estudo ficou limitado ao trecho entre o eixo da barragem e a jusante da estrada CE-366, com uma extensão total de 1.680,00 m.

Para o trecho foram definidas quatro seções:

- Eixo 1: no local do eixo do projeto da barragem;
- Eixo 2: a 600,00 m à jusante da barragem, logo após a entrada do canal de restituição do vertedouro e em um ponto de estrangulamento topográfico;
- Eixo 3: a 1.000,00 m do eixo da barragem e imediatamente anterior à estrada CE-366;
- Eixo 4: a 1.560,00 m do eixo da barragem e posterior a ponte da estrada CE-366.

A **Figura 4.10** apresenta a planta baixa de localização das seções elencadas.

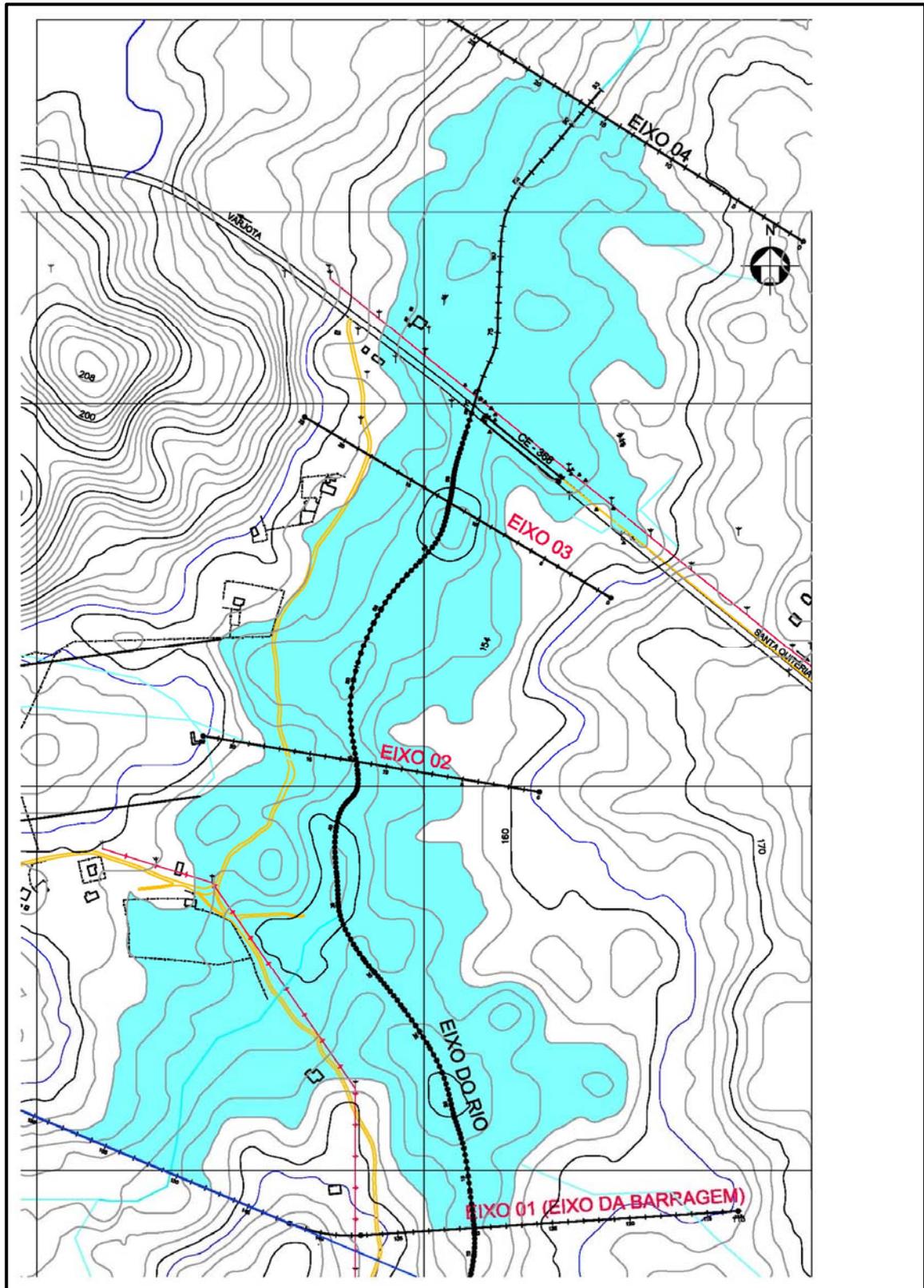


Figura 4.10 - Planta Baixa com Localização das Seções

Para o dimensionamento foi utilizada a vazão de referência definida nos estudos hidrológicos, como a vazão efluente vertente pela laminação no reservatório, sendo adotada a cheia efluente milenar ($Q = 1.273,00 \text{ m}^3/\text{s}$) e verificado para decamilenar ($Q = 1.765,00 \text{ m}^3/\text{s}$).

Para definição do coeficiente de rugosidade de Manning, foi utilizado o manual de drenagem do DNIT, onde foram definidas diversas situações de aplicação e tipo de revestimento associado ao seu coeficiente de rugosidade respectivo. Com base nesta tabela, no item de cursos de água natural com área de inundação, possuindo largura do rio maior do que 30,00m e seção regular, a tabela indica uma faixa de coeficiente entre 0,025 a 0,06, sendo adotado pelo projetista 0,025.

Para o caso específico da ponte existente, ao consultar o manual do DNIT, este trecho foi classificado como canal aberto revestido nas paredes em concreto e no fundo cascalho. O coeficiente de Manning utilizado foi de 0,015.

Foi adotada a declividade média para esse trabalho, com base em informação de levantamentos topográficos realizados durante o estudo básico do referido projeto.

Para o trecho em estudo, ao longo do leito natural do riacho, foi adotada uma declividade $S_0 = 0,002 \text{ m/m}$ para o riacho dos Macacos. Para o trecho específico da ponte, a declividade do fundo da ponte medida é $S_p = 0,001 \text{ m/m}$.

Foi verificada a cota do nível de água que passará pelo riacho dos Macacos, na altura da CE-366, com o objetivo de identificar uma possível interferência da ponte sobre o referido riacho, na barragem Poço Comprido. Para isto foi dimensionada a capacidade máxima de fluxo de água pela ponte, para vazão milenar de descarga do vertedouro da barragem ($Q = 1.273,00 \text{ m}^3/\text{s}$), onde foi obtida a cota da água (152,89m).

Para definição do cálculo foi empregada a fórmula de Manning, considerando o rio como um canal de escoamento livre e regime de escoamento como subcrítico.

O **Quadro 4.6** apresenta os dados de entrada e os resultados obtidos.

Quadro 4.6 - Resumo do Cálculo de Verificação da Ponte Sobre o Riacho dos Macacos

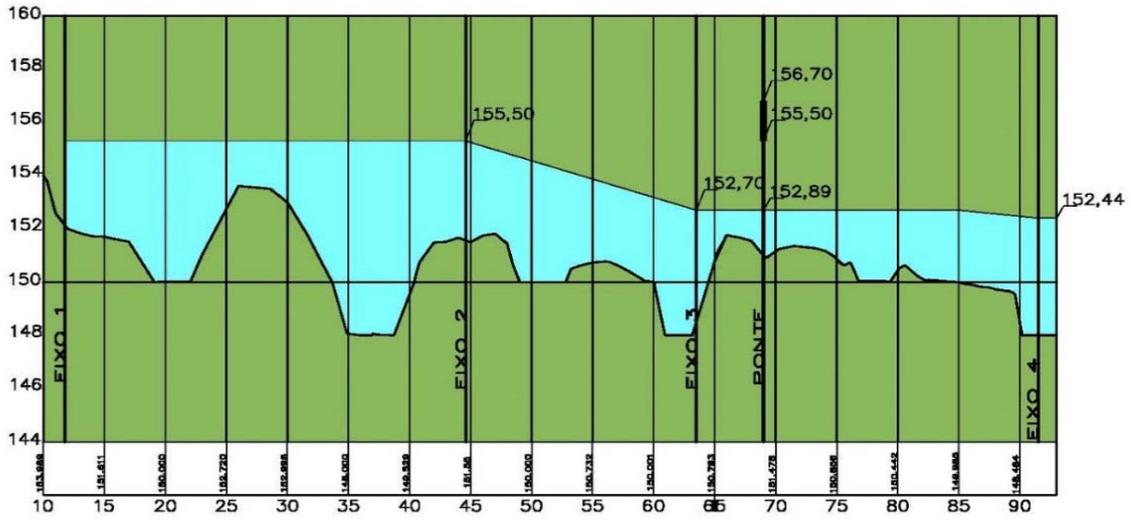
Dados de Entrada	
Vazão afluyente (m ³ /s)	1273,00
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,001
Comprimento do bueiro (m)	20,00
Largura Da ponte (m)	110,00
Altura da ponte (m)	5,00
Altura do aterro em Relação ao emboque (m)	2,00
Resultados	
Ponte	110 x 5(m)
Condição de funcionamento hidráulico do bueiro	Canal Subcrítico
Regime de escoamento do bueiro	Subcrítico
Declividade crítica (m/m)	0,0016
Profundidade crítica (m)	2,44
Vazão admissível (m ³ /s)	2.231
Profundidade Operacional em Escoamento Uniforme (m)	2,89
Velocidade Associada à Prof. Operacional em Esc. Uniforme (m/s)	4,13
Cota do nível de água máximo	152,89

4.3.4.2 - Conclusões

Como conclusões, a partir dos resultados das simulações foram obtidas:

- A seção do eixo 2, foi o ponto de maior estrangulamento do riacho o que provocará um remanso à montante de sua seção, definindo a cota de inundação de toda a área no pé da barragem;
- O nível d'água para o riacho dos Macacos no eixo 1, localizado no eixo da barragem, foi a cota **155,50m**, para a condição de cheia milenar, a qual foi estabelecida a partir das condições naturais da calha do rio, e do refluxo da água a partir do eixo 2;
- Foi verificada a cota do remanso no pé da barragem para a vazão decamilenar da cota **155,85m**;
- A cota da ponte existente a jusante da barragem não provocará condições de inundação acima da cota 155,50 m, para as vazões de maiores frequências e com períodos de retorno abaixo de 1000 anos;

A **Figura 4.11** apresenta o perfil longitudinal do riacho dos Macacos.

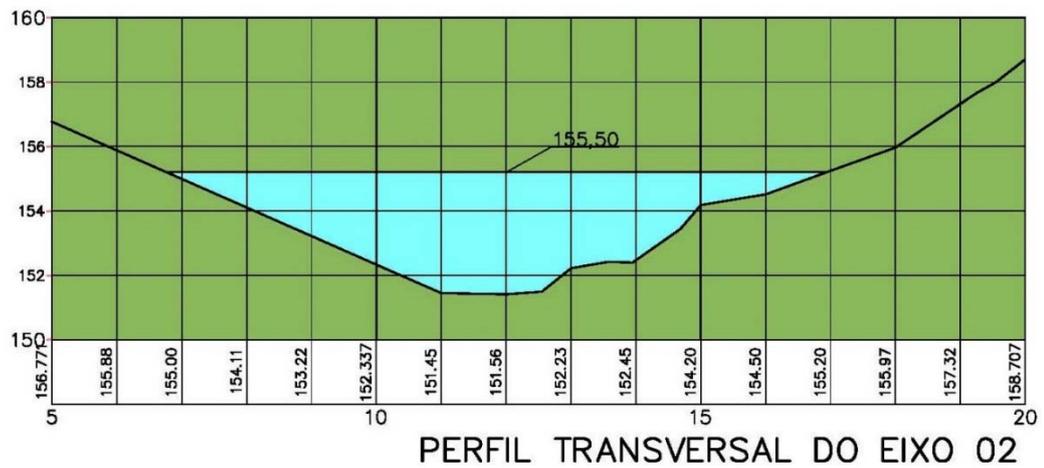


PERFIL LONGITUDINAL DO RIO

ESCALA H=1:1.000
 ESCALA V=1:200

Figura 4.11 - Perfil Longitudinal do Riacho dos Macacos

A Figura 4.12 apresenta a seção transversal do eixo 2.



PERFIL TRANSVERSAL DO EIXO 02

ESCALA H=1:2.000
 ESCALA V=1:200

Figura 4.12 - Seção Transversal Eixo 2

4.3.5 - Análise de Estabilidade da Estrutura do Maciço da Barragem

4.3.5.1 - Introdução

Os cálculos da estabilidade dos taludes do maciço foram efetuados utilizando-se a análise estática. Esta foi executada com base no método de equilíbrio limite, proposto por Bishop, e também, conforme solicitação da fiscalização, foi utilizada a metodologia segundo Morgenstern-Price, implementados automaticamente através do programa de cálculos SLOPE/W.

A seção escolhida para os cálculos foi aquela situada na estaca E130+0,00 m, uma vez que apresenta 37,70 m de altura acima das fundações. No entorno desta estaca, as sondagens detectaram subsolo com maior espessura de camada de solo. Então, a simulação de uma seção crítica se deu através da mescla de condições de subsolo mais desfavoráveis com maior altura de barragem acima das fundações. Essa composição detém as condições mais críticas para análise

A **Figura 4.13** ilustra a seção tipo adotada:

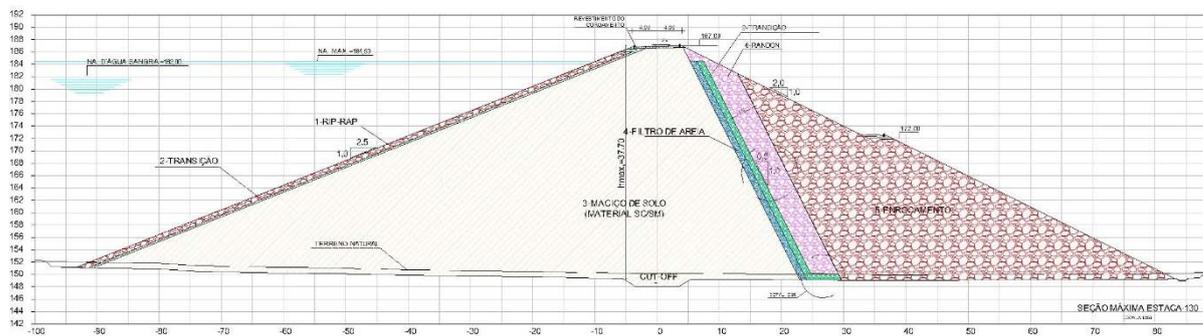


Figura 4.13 - Seção Máxima Estaca 130+0,0 m

Para a seção da barragem, como hipótese simplificadora, não foram consideradas as camadas no coroamento e *rip-rap*. Essas simplificações influem pouco nas análises, e ainda assim foram a favor da segurança, já que os materiais destas camadas foram substituídos por outros com parâmetros de resistências inferiores.

Portanto, nesta fase foram analisadas as seguintes situações:

- Final de Construção – análise feita para os taludes de montante e jusante;
- Regime Permanente (Operação) – análise feita no talude de jusante;
- Regime Permanente com sismo - análise feita no talude de jusante;

- Rebaixamento Rápido – análise feita no talude de montante, mesmo a barragem não estando propensa a este movimento.

A análise sísmica foi elaborada pelo processo pseudo-estático introduzindo um fator de aceleração da gravidade.

Conforme descrito no **Volume 2 - Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem - Tomo 4.1 – Geologia e Geotecnia - Textos**, a região de Santa Quitéria, e mais especificamente da barragem Poço Comprido, encontra-se localmente em região classificada de baixa sismicidade.

No entanto, em atendimento à solicitação feita pela fiscalização, foi analisada a sísmica do talude de jusante em operação sob influência das cargas sísmicas correspondentes a acelerações de 0,10g na direção horizontal e 0,05g da direção vertical, bem como, foi considerando o fator de segurança mínimo igual a 1,20.

No caso de solo compactado tecnologicamente para o talude de montante, o critério de ruptura utilizado na formulação original de Bishop, bem como Morgenstern Price é o de Mohr-Coulomb.

Importante salientar que, para a análise do talude de jusante composto por enrocamento, foi utilizado o critério de ruptura proposto por Hoek-Brown (1980). O critério de ruptura de Hoek-Brown descreve a ruptura de um maciço rochoso (com base em centenas de análises realizadas em estruturas subterrâneas e taludes rochosos), sendo este critério já inserido nas rotinas de cálculo do software anteriormente citado.

Portanto, para a análise de taludes em rocha se faz necessário um critério que seja capaz de representar a resistência do maciço rochoso de forma apropriada.

Foram analisadas 3 (três) superfícies potenciais de ruptura através da determinação de círculos rasos, intermediários e profundos para cada caso de carregamento.

Os estudos dos materiais de jazidas que fornecem os parâmetros geotécnicos específicos para as análises foram apresentados na íntegra no **Volume 1 – Estudos Básicos - Tomo 4.1 – Estudo dos Materiais Construtivos – Texto, Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Sondagens e Ensaio Barragem e Vertedouro – Anexos I e Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Ensaio das Jazidas – Anexos II**.

Os dados resultantes dos ensaios de laboratório executados nas amostras de solo das jazidas exploráveis (J-01, J02, J03, J06 e J08) foram compilados em planilhas no volume de estudos básicos e os valores foram avaliados. Para o presente estudo, as jazidas e furos

que apresentaram valores mais desfavoráveis aos cálculos no tocante ao ângulo de atrito e coesão foram selecionados para representar cada material a ser usado na geometria analisada.

Embora seja prática usual das análises para definição dos parâmetros geotécnicos representativos dos solos, a utilização dos menores valores obtidos nos ensaios de laboratório, para os valores de *peso específico* dos solos utilizados no presente estudo, foram seguidas as orientações elaboradas pela fiscalização no sentido de adotar a média dos resultados dos ensaios de laboratório.

Uma vez que o solo do maciço foi caracterizado predominantemente como SM/SC (areia siltosa/areia argilosa), portanto de matriz arenosa, os valores referentes à análise de estabilidade para a condição de regime permanente (operação) foram aqueles obtidos nos ensaios de cisalhamento direto, que traduzem melhor o comportamento do solo em matriz arenosa, e cuja amostra apresentou menor ângulo de atrito.

Para os materiais encontrados nas fundações, os parâmetros geotécnicos foram obtidos através de correlações com o NSPT obtido nas sondagens a percussão executadas ao longo do eixo da barragem, valor este tido como a média obtida e extrapolado para a condição de material medianamente compactado.

Para a análise do talude de jusante composto por enrocamento, foi utilizado o critério de ruptura proposto por Hoek-Brown (1980). A adoção da resistência à compressão uniaxial (σ_c) como um parâmetro normalizador foi reconhecido por HOEK & BROWN (1980) para amostras de rocha ensaiadas sob compressão triaxial, o que permitia avaliar e comparar os parâmetros apropriados para os materiais intactos e fraturados.

Este critério de ruptura descreve a ruptura de um maciço rochoso (com base em centenas de análises realizadas em estruturas subterrâneas e taludes rochosos). O critério de Hoek-Brown permite representar a resistência do maciço rochoso adequadamente sendo aplicável em taludes executados em enrocamento. A determinação dos parâmetros de resistência pode ser realizada com o conhecimento da resistência a compressão simples da rocha, da litologia e da condição do maciço rochoso, representada pelo fraturamento e condição das discontinuidades.

É recomendada a execução de aterro experimental para aferir as densidades mínimas e máximas alcançadas para o enrocamento adotado, em função do método construtivo a ser definido quando da execução da obra. Por meio dos ensaios no aterro experimental, devem ser avaliados e registrados aspectos como peso do cilindro vibratório, frequência, amplitude

da vibração, velocidade operacional, número de passadas, espessura da camada compactada, necessidade de molhagem com água e volume ótimo.

4.3.5.2 - Resultados Obtidos

As normas da Eletrobrás preconizam, como fator de segurança mínimo para cada caso, os valores constantes do **Quadro 4.7**.

Quadro 4.7 - Valores de FS mínimos Segundo Critérios Eletrobrás

CASO	COEFICIENTE DE SEGURANÇA	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	OBSERVAÇÕES
Final de Construção	1,3 (a)	Q ou S (b)	Taludes Montante e Jusante
Rebaixamento Rápido	1,1 a 1,3 (c)	R ou S	Valor mínimo para solos dilatantes Valor máximo para solos que contraem no cisalhamento
Percolação Estável	1,5	R ou S	Talude Jusante
Análise Sísmica	1,0	R ou S	Taludes Montante e Jusante

As análises de estabilidade iniciaram com a determinação de definição de círculos críticos em 3 (três) profundidades diferentes no maciço a saber: rasa, intermediária e profunda. Esta determinação é considerada interessante uma vez que a análise pode ser mais pontual e a pesquisa de superfícies críticas pode ser ampliada. Com os resultados, os menores fatores de segurança puderam ser então avaliados.

O **Quadro 4.8** apresenta um resumo com todos os fatores de segurança determinados nas análises, conforme profundidade dos círculos críticos de ruptura:

Quadro 4.8 - Resumo das Análises de Estabilidades

Caso	Talude Analisado	FS mín. obtido Bishop modificado/ superfície			FS mín. obtido Morgenstern-Price/ superfície		
		rasa	intermediária	profunda	rasa	intermediária	profunda
Reservatório Cheio – Operação	Jusante	2,65	2,12	1,77	2,75	2,2	1,79
Reservatório Cheio – Operação e sismo	Jusante	1,21	1,28	1,33	1,21	1,28	1,34
Rebaixamento Rápido parcial (até cota 160)	Montante	1,67	1,45	1,51	1,79	1,46	1,58
Final de Construção	Montante	1,74	1,41	1,96	1,74	1,41	2,07
Final de Construção	Jusante	2,58	2,22	1,87	2,65	2,17	1,88

O **Quadro 4.9** apresenta os menores fatores de segurança extraídos da avaliação de todas as análises.

Quadro 4.9 - Resumo das Análises de Estabilidades com os Menores FS

Caso	Talude Analisado	FS mín. obtido Bishop modificado	FS mín. obtido Morgenstern-Price	FS mín. admissível	Avaliação
Reservatório Cheio – Operação	Jusante	1,77	1,79	1,50	Ok
Reservatório Cheio – Operação e sismo	Jusante	1,21	1,211	1,00 / 1,20	Ok
Rebaixamento Rápido parcial (até cota 160)	Montante	1,45	1,46	1,10	Ok
Final de Construção	Montante	1,41	1,41	1,30	Ok
Final de Construção	Jusante	1,87	1,88	1,30	Ok

4.4 - DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

4.4.1 - Introdução

No estudo hidrológico entregue na fase de estudos básicos (**ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM - Volume 1 – Estudos Básicos - Tomo 3 – Hidrologia – Textos**) foram apresentadas simulações de três alternativas de volume do reservatório e mais três alternativas de largura do vertedouro.

No estudo hidrológico, para a simulação do dimensionamento do vertedouro, foi utilizado vertedouro de soleira do tipo Creager, com o objetivo da simulação do reservatório e das lâminas de inundação preliminares para servir de guia para a definição do local em que deverá ser escavado o vertedouro. Para isto, no cálculo hidrológico foi adotado um coeficiente de descarga ($C_o=2,20$ m), o que resultou nas lâminas apresentadas nos quadros a seguir.

O estudo hidrológico apresentou os seguintes dados para o dimensionamento do vertedouro, conforme os **Quadros 4.10 e 4.11**.

Quadro 4.10 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=1.000 anos

Tr = 1.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182,00m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2475 m ³ /s		
Cheia Efluente	1314 m ³ /s	1504 m ³ /s	1640 m ³ /s
Cota Operacional	184.5 m	184.2 m	184.1 m
Lâmina	2.5 m	2.2 m	2.1 m
Amortecimento	46.91%	39.23%	33.74%

Quadro 4.11 - Resultados dos Estudos de Cheia TR=10.000 anos

Tr = 10.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182,00m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3284 m ³ /s		
Cheia Efluente	1819 m ³ /s	2077 m ³ /s	2277 m ³ /s
Cota Operacional	185.1 m	184.8 m	184.5 m
Lâmina	3.1 m	2.8 m	2.5 m
Amortecimento	44.61%	36.75%	30.66%

Na fase do anteprojeto foi realizado estudo de avaliação das alternativas de vertedouro sendo simuladas e avaliadas as alternativas de largura do vertedouro, e do tipo de soleira a ser adotada, sendo apresentada uma verificação hidráulica e de custo.

Para definição do tipo de soleira a ser utilizada, foram verificadas duas alternativas, sendo elas:

- Soleira tipo espessa com canais de aproximação e restituição escavados em rocha, e em cujo eixo seria construído um cordão de fixação da cota de sangria;
- Construção de canais de aproximação e restituição escavados em rocha com soleira delgada do tipo perfil “Creager” em concreto.

Em conclusão, na fase de anteprojeto foi escolhida a utilização de soleira tipo espessa com canais de aproximação e restituição escavados em rocha, e em cujo eixo seria construído um cordão de fixação da cota de sangria conforme descrito abaixo.

Nesta fase do projeto executivo, foi realizada uma nova simulação de enchimento do reservatório, com base na configuração do vertedouro definida na fase de anteprojeto. Para esta nova simulação foi utilizado vertedouro do tipo soleira espessa escavado em rocha. Para isto, no cálculo hidrológico foi adotado um coeficiente de descarga ($C_o = 1,55$ m) adequado ao modelo, o que resultou em novos valores de lâminas, conforme descrito no **Quadros 4.12**.

Quadro 4.12 - Resultados dos Estudos de Cheia Revisados para TR=1.000anos e TR=10.000 anos

Tr = 1.000 anos	Soleira espessa Largura L = 200m	Tr = 1.000 anos	Soleira espessa Largura L = 200m
Cheia Afluente (m ³ /s)	2.475	Cheia Afluente (m ³ /s)	3.284
Cheia Efluente (m ³ /s)	1.273	Cheia Efluente (m ³ /s)	1.765
Cota Operacional (m)	184,50	Cota Operacional (m)	185,20
Lâmina (m)	2,50	Lâmina (m)	3,20
Amortecimento (%)	48,58%	Amortecimento (%)	46,24%

Em suma, a solução adotada para o desenvolvimento do projeto executivo será vertedouro do tipo soleira espessa escavada em rocha, tendo como soleira apenas um cordão de fixação na altura da estaca -M1, sendo construído em concreto na cota 182,00 m.

A montante do cordão de fixação foi projetado um canal de aproximação escavado em rocha na cota 182,00 m, com uma largura de 200,00 m. A escavação iniciará na estaca -M10,0 a montante e terminará na estaca -J0+10,0m do seu eixo, o que perfaz um total de 210,00 m de comprimento.

Para a restituição da água vertente ao leito do riacho dos Macacos, será escavado um canal em rocha a partir da estaca -J0+10,0 m até a estaca J30+00 m, com um total de 590,0m de comprimento e largura de 200,00 m. O canal terá várias quedas sucessivas escavadas em rocha, iniciando na cota 182,00 m até a cota 168,80 m.

4.4.2 - Nova Simulação de Enchimento do Reservatório

Nesta fase do projeto executivo, foi realizada uma nova simulação da onda de enchente no reservatório para a configuração de vertedouro definida no anteprojeto, por iterações sucessivas da equação de balanço de massa por meio do Método de Puls. Foi considerado, que o reservatório estava cheio (armazenamento igual ao do nível da soleira do vertedouro-182,00m).

O Método de Puls consiste na resolução por interações da seguinte equação:

$$VR(t+\Delta t) + QE(t+\Delta t) \cdot \Delta t / 2 = [QA(t) + QA(t+\Delta t)] \cdot \Delta t / 2 + [VR(t) - [QE(t) \cdot \Delta t / 2]] \quad (I.15)$$

Onde, VR é o volume retido no reservatório, QE é a vazão efluente ao reservatório e QA é a vazão afluente.

A cota da soleira foi definida como sendo 182,00 m. Nesta fase do estudo as vazões e lâminas definidas tiveram como base um vertedouro do tipo soleira espessa, mais conhecido como vertedouro “Belanger”, através da equação:

$$Q = C_0 \times L \times H_0^{3/2} \quad (I.16)$$

Onde:

Q= descarga através do sangradouro

C_0 = coeficiente de descarga (1,55 m^{1/2}/s)

L= largura do sangradouro (200,00m)

H_0 = lâmina máxima de sangria

Para definição do coeficiente de descarga, foi determinado o uso do coeficiente definido por Lesbros e recomendado pelo DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de Foram Paulo).

Com a definição do coeficiente de descarga do vertedouro foram obtidas as lâminas de água ajustadas ao projeto do vertedouro por meio de simulação no HEC-HMS (método de Puls).

Que resulta em:

$$Q_{1000} = 1.273,00\text{m}^3/\text{s} \rightarrow \text{lâmina de } H_o = 2,50 \text{ m}$$

$$Q_{10000} = 1.765,00\text{m}^3/\text{s} \rightarrow \text{lâmina de } H_o = 3,20 \text{ m}$$

Conforme apresentado nas **Figuras 4.14 e 4.15** seguintes, para os períodos de retorno 1.000 e 10.000 anos, respectivamente.

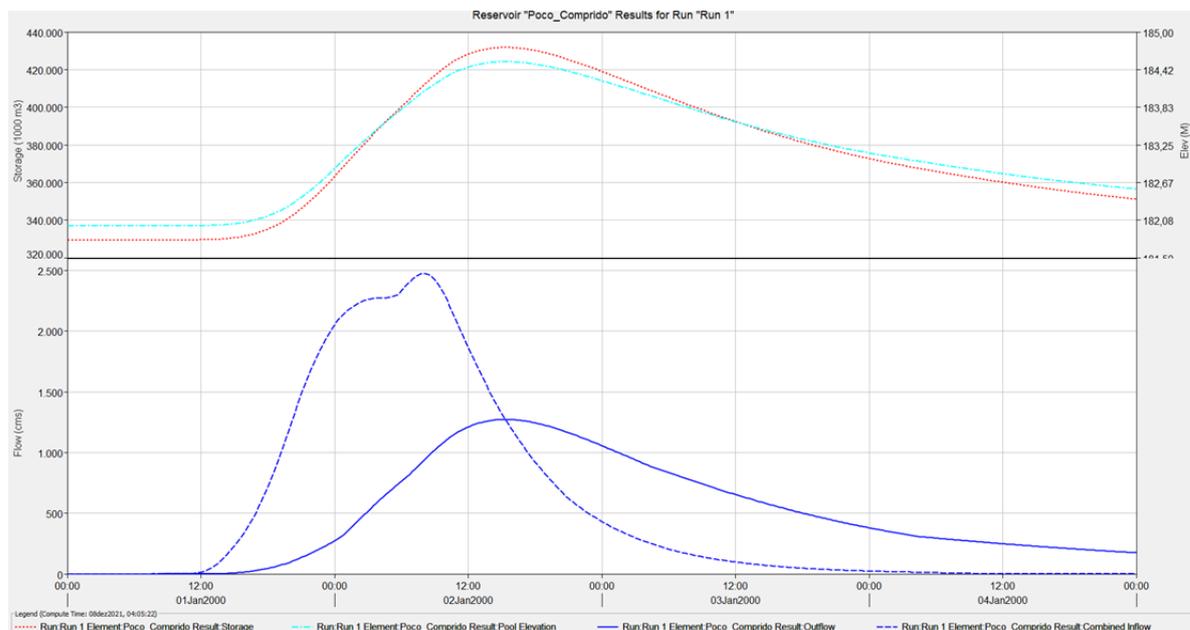


Figura 4.14 - Vertedouro de soleira espessa para período de retorno 1.000 anos

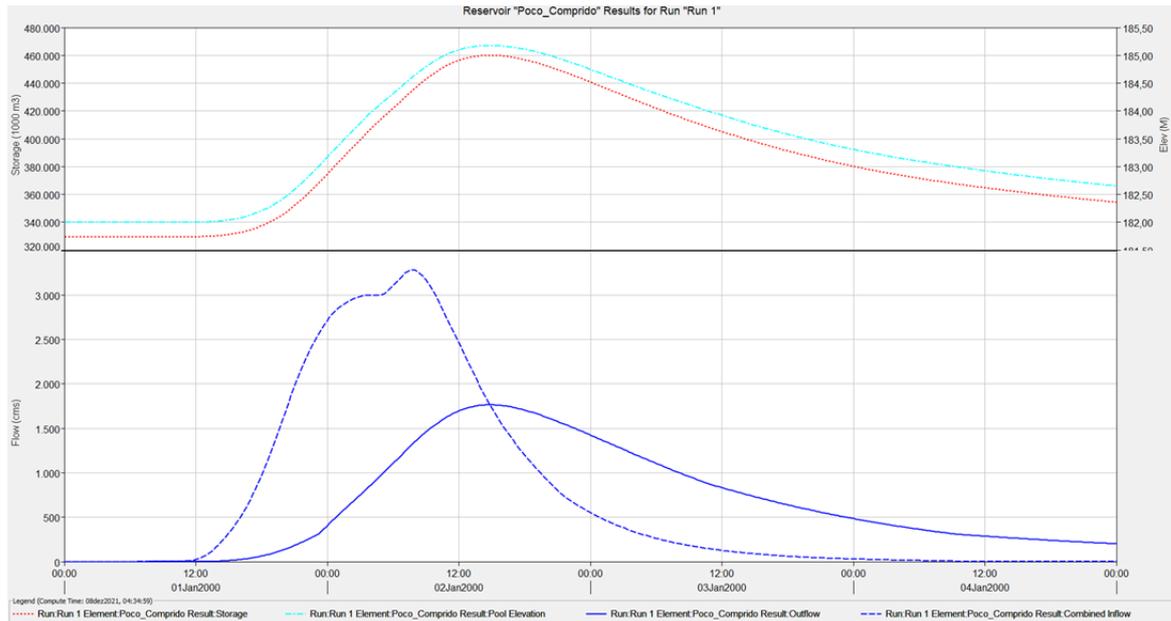


Figura 4.15 - Vertedouro de soleira espessa para período de retorno 10.000 anos

No cálculo do projeto executivo foram considerados os seguintes dados:

- Descarga Total de Projeto (Milenar) $Q = 1.273,00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Descarga Total de Projeto (Decamilenar)..... $Q = 1.765,00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lâmina Máxima Adotada (milénar) $H_0 = 2,50 \text{ m}$
- Lâmina Máxima maximorum adotada (decamilenar)..... $H_0 = 3,20 \text{ m}$
- Largura $L = 200,00 \text{ m}$
- Coeficiente de descarga para sangradouro (parede espessa): $C_0 = 1,550 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
- Cota da soleira do vertedouro:..... $C_s = 182,00 \text{ m}$
- Cota do coroamento da barragem: $C_c = 187,00 \text{ m}$
- Cota da fundação na seção da barragem:..... $C_r = 148,00 \text{ m}$

4.4.3 - Canal de Aproximação

O canal de aproximação é responsável pela ligação do lago do reservatório com a soleira do vertedouro (cordão de fixação). O canal tem seu início no lago da barragem (estaca - 10+0,00M), e terminando na primeira queda (estaca-0M+10,00m), onde tem início o canal de restituição responsável pela condução da água até o leito do riacho dos Macacos.

Para o cálculo do canal de aproximação foi definido o perfil da curva de remanso, o início se dá como ponto de partida a queda livre, fazendo, inicialmente, $y = y_c$ e, depois, vai aumentando, gradativamente, o valor da altura do nível de água (y) e é calculada a distância (L). Os cálculos foram efetuados até que o valor do “ y ” seja igual a 90% da profundidade normal ou que chegue ao lago da barragem.

O cálculo é feito no sentido de jusante para montante, ao contrário do fluxo. No caso, o ponto 0 está na estaca 0m-10,0m do canal (na primeira queda) e o final na estaca - 10M+00m, com comprimento do canal de 190,00 m. Neste ponto, o Y foi de 2,43m.

Para o desenvolvimento do cálculo, foi elaborada uma planilha de cálculo conforme mostra o **Quadro 4.13**, representando graficamente, na **Figura 4.16**, o perfil do canal e, na **Figura 4.17**, a curva de remanso do canal de aproximação.

Quadro 4.13 - Dimensionamento do canal de aproximação

Largura do vertedouro-B (m)	Vazão Q (m³/s)	Lâmina y (m)	Área molhada A (m²)	Perímetro molhado P-(m)	Raio hidráulico R (m²/m)	V (m/s)	v²/2g (m)	E (m)	ΔE	n	i (m/m)	Sfi (m/m)	Sf (m/m)	Δx	L (m)	Cota do fundo	Cota superfície + ÁGUA
200	1273	1,6044	320,88	203,2088	1,5790655	3,96722	0,80218	2,40658		0,025	0,00001	0,00535			0	182,00	183,60
200	1273	1,6944	338,88	203,3888	1,6661684	3,75649	0,71923	2,41363	0,00705	0,025	0,00001	0,00446	0,00491	-1,439	-1,439	182,00	183,69
200	1273	1,7544	350,88	203,5088	1,7241515	3,62802	0,67087	2,42527	0,01165	0,025	0,00001	0,00398	0,00422	-2,765	-4,204	182,00	183,75
200	1273	1,8144	362,88	203,6288	1,7820662	3,50805	0,62724	2,44164	0,01636	0,025	0,00001	0,00356	0,00377	-4,353	-8,556	182,00	183,81
200	1273	1,8744	374,88	203,7488	1,8399127	3,39575	0,58772	2,46212	0,02049	0,025	0,00001	0,0032	0,00338	-6,082	-14,639	182,00	183,87
200	1273	1,9344	386,88	203,8688	1,8976911	3,29043	0,55183	2,48623	0,02411	0,025	0,00001	0,00288	0,00304	-7,960	-22,599	182,00	183,93
200	1273	1,9944	398,88	203,9888	1,9554015	3,19144	0,51913	2,51353	0,0273	0,025	0,00001	0,0026	0,00274	-9,992	-32,591	182,00	183,99
200	1273	2,0544	410,88	204,1088	2,013044	3,09823	0,48925	2,54365	0,03012	0,025	0,00001	0,00236	0,00248	-12,185	-44,776	182,00	184,05
200	1273	2,1144	422,88	204,2288	2,0706188	3,01031	0,46187	2,57627	0,03263	0,025	0,00001	0,00215	0,00225	-14,545	-59,321	182,00	184,11
200	1273	2,1744	434,88	204,3488	2,128126	2,92724	0,43674	2,61114	0,03486	0,025	0,00001	0,00196	0,00205	-17,079	-76,400	182,00	184,18
200	1273	2,2344	446,88	204,4688	2,1855657	2,84864	0,4136	2,648	0,03686	0,025	0,00001	0,00179	0,00187	-19,793	-96,193	182,00	184,24
200	1273	2,2944	458,88	204,5888	2,242938	2,77415	0,39225	2,68665	0,03865	0,025	0,00001	0,00164	0,00171	-22,693	-118,886	182,00	184,30
200	1273	2,3544	470,88	204,7088	2,3002431	2,70345	0,37251	2,72691	0,04026	0,025	0,00001	0,0015	0,00157	-25,788	-144,674	182,00	184,36
200	1273	2,4844	496,88	204,9688	2,4241738	2,56199	0,33455	2,81895	0,09204	0,025	0,00001	0,00126	0,00138	-67,079	-211,753	182,00	184,49
200	1273	2,5444	508,88	205,0888	2,4812667	2,50157	0,31895	2,86335	0,04441	0,025	0,00001	0,00116	0,00121	-36,944	-248,697	182,00	184,55
200	1273	2,6044	520,88	205,2088	2,5382927	2,44394	0,30443	2,90883	0,04547	0,025	0,00001	0,00108	0,00112	-40,922	-289,618	182,00	184,61
200	1273	2,6644	532,88	205,3288	2,5952521	2,38891	0,29087	2,95527	0,04644	0,025	0,00001	0,001	0,00104	-45,130	-334,748	182,00	184,67
200	1273	2,7244	544,88	205,4488	2,652145	2,33629	0,2782	3,0026	0,04733	0,025	0,00001	0,00093	0,00096	-49,576	-384,324	182,00	184,72
200	1273	2,7844	556,88	205,5688	2,7089714	2,28595	0,26634	3,05074	0,04814	0,025	0,00001	0,00086	0,0009	-54,269	-438,593	182,00	184,78

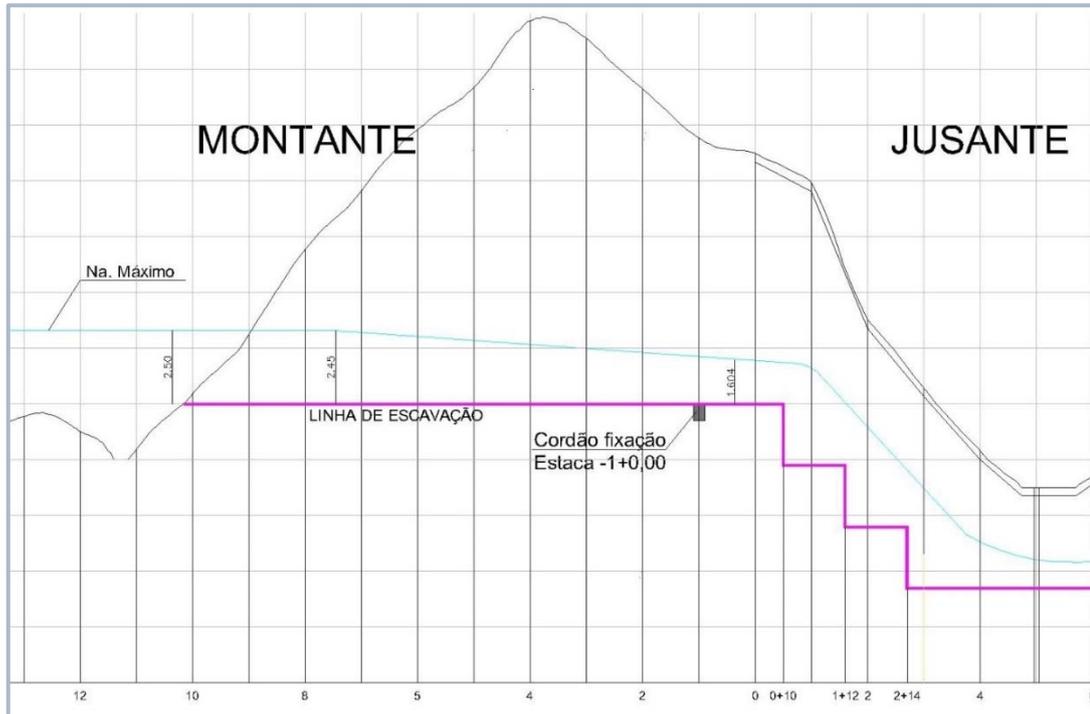


Figura 4.16 - Canal de aproximação

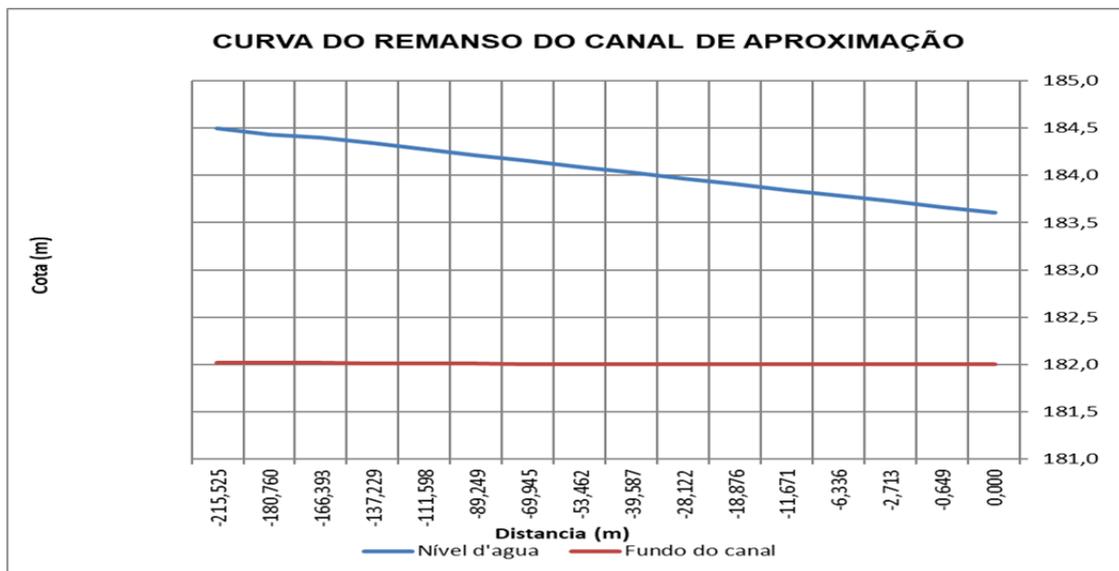


Figura 4.17 - Curva do remanso do canal de aproximação

4.4.4 - Canal de Restituição

Para a restituição da água vertente ao leito do riacho dos Macacos, foi projetado um canal de restituição com início na estaca -0m+10,00 m, logo após o cordão de fixação e término no leito da drenagem natural existente, na estaca 30+00 m do eixo de locação do vertedouro.

O canal de restituição foi projetado com várias quedas abruptas ao longo do canal de restituição. A estrutura de queda abrupta tem como principal função regular o declive do canal. A colocação desta estrutura, ao longo do percurso do canal de escoamento, faz com que o declive do canal deixe de ser constantemente acentuado, passando a ter trechos com quedas verticais, com declives suaves ou sem declividades.

Para o caso da barragem Poço Comprido foi previsto em seu canal de restituição uma série de pequenas estruturas de queda ao longo do mesmo, ao invés de uma de grandes dimensões, devido à turbulência que a queda induziria ao escoamento, aumentando a susceptibilidade de erosão a jusante da queda.

A dissipação da energia do escoamento deve ser promovida através da turbulência resultante do impacto da veia líquida (*nappe*) a jusante da estrutura de queda, bem como pelo ressalto hidráulico a jusante do ponto de impacto. Pode-se dizer que o escoamento, acelerado durante a queda, perde energia devido aos seguintes fenômenos: transição para o escoamento subcrítico (ressalto hidráulico), dispersão do jato no ar, escoamento rotacional na zona de recirculação e impacto com o piso do degrau. À jusante do ressalto hidráulico, o escoamento cruza novamente o nível crítico, atingindo, na beira do degrau, o mesmo nível de energia observado no degrau anterior. Graças a esta repetição, a dissipação de energia entre dois degraus corresponde à perda de energia potencial gravitacional, equivalente à altura do degrau. Segue figura esquemática do série de quedas, **Figura 4.18**.

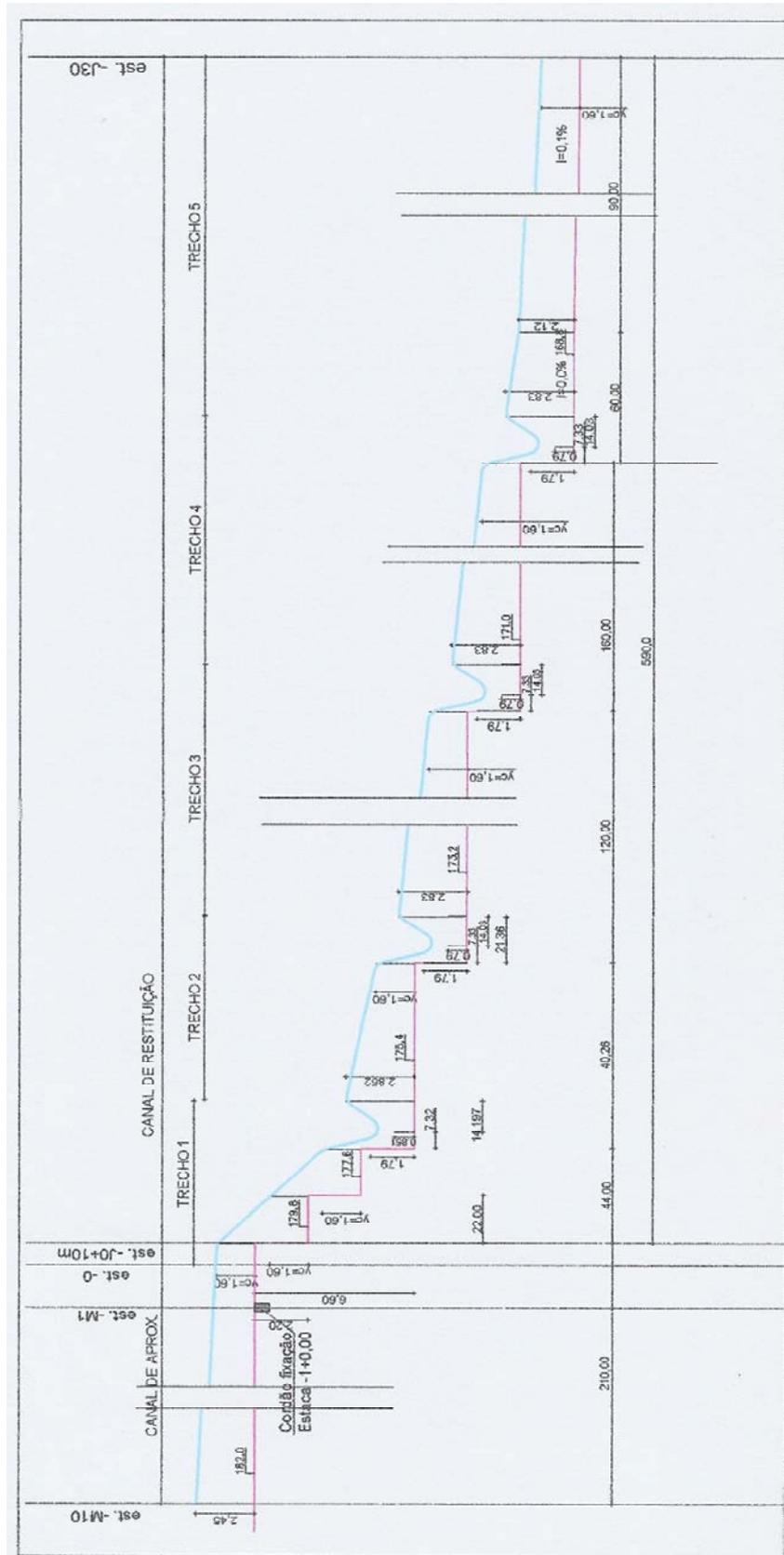


Figura 4.18 - Canal de restituição esquema da série de quedas

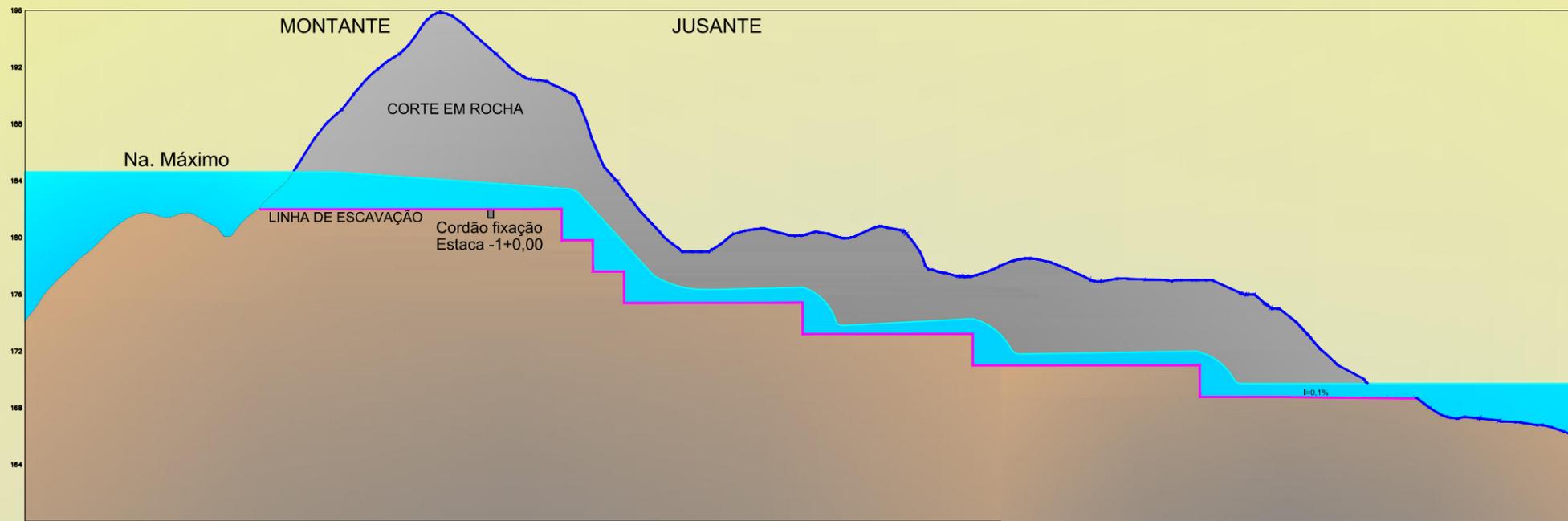
4.4.5 - Aproveitamento do Material Escavado

O projeto prevê uma quantidade significativa de escavação obrigatória na fundação da barragem e no vertedouro. Para tanto, em seu dimensionamento, foi levado em consideração o aproveitamento de todo o material resultante das escavações, o qual foi avaliado e selecionado previamente em campo e em laboratório de forma a viabilizar a sua utilização durante a obra.

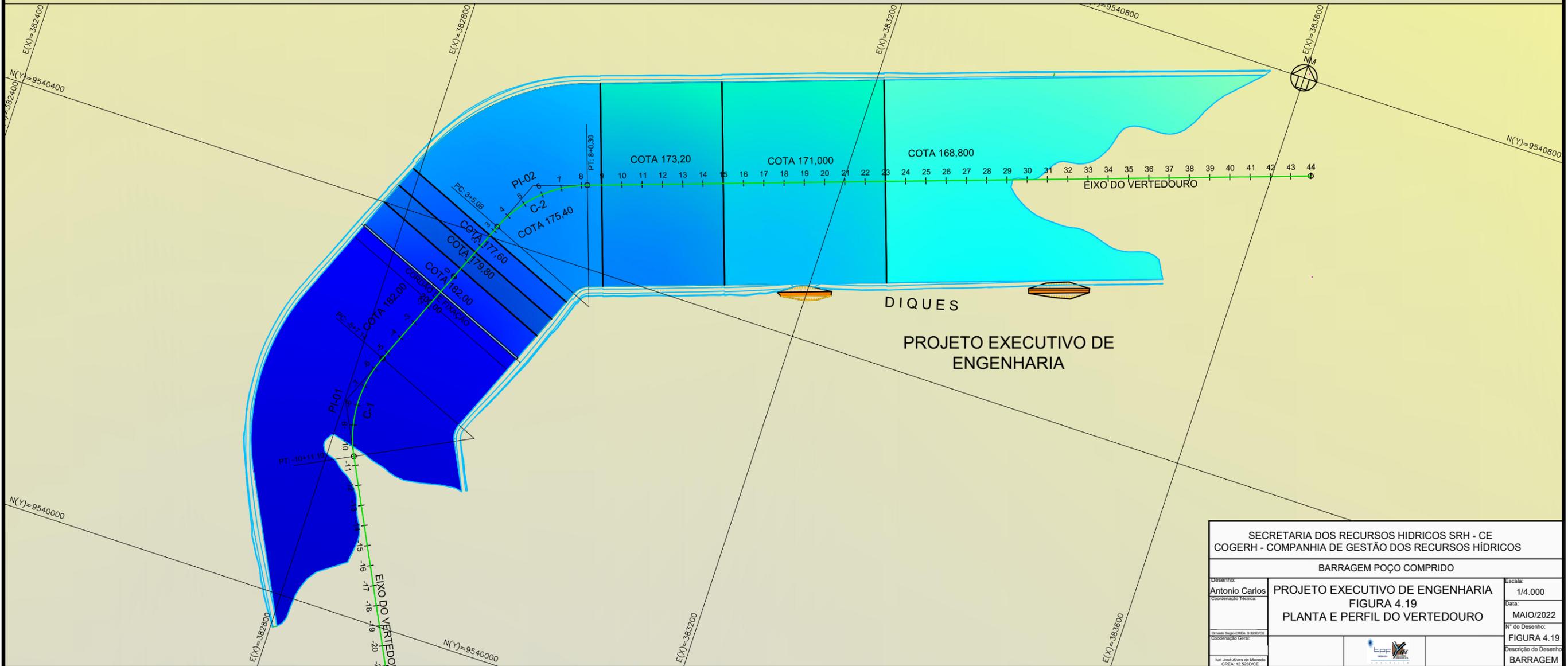
Há inicialmente a indicação de que parte da escavação obrigatória do canal de aproximação do vertedouro fará parte da jazida 8. Assim como a pedra JP-03 que possui parte de sua área dentro da escavação obrigatória do canal de restituição do vertedouro, denotando assim, um aproveitamento destes materiais nas obras.

A predominância da escavação obrigatória do vertedouro será de rocha, com volume de escavação estimado em 1.290.700,00 m³ que deverá ser aproveitada integralmente para a execução do Rip-Rap de montante, enrocamento do espaldar de jusante da barragem, para produção de brita e no enrocamento do dique lateral do vertedouro.

A **Figura 4.19** apresenta a planta baixa e perfil do vertedouro.



PERFIL LONGITUDINAL



DIQUES
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS		
BARRAGEM POÇO COMPRIDO		
Desenho: Antonio Carlos	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA FIGURA 4.19 PLANTA E PERFIL DO VERTEDEURO	Escala: 1/4.000
Coordenação Técnica:		Data: MAIO/2022
Coordenação Geral:		Nº do Desenho: FIGURA 4.19
Projeto: Iuri José Alves de Macedo CREA: 17.521/2012		Descrição do Desenho: BARRAGEM

4.5 - DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA E DESCARGA DE FUNDO

4.5.1 - Introdução

O projeto da barragem do Poço Comprido teve, em sua concepção inicial, o objetivo de atender às demandas de abastecimento d'água das cidades de Santa Quitéria e Hidrolândia, ao atendimento das áreas à jusante da barragem através da perenização do riacho dos Macacos e, como objetivo secundário, o controle das vazões ao longo do mesmo.

A concepção hidráulica da tomada d'água aqui apresentada, deverá atender a, pelo menos, 25% a mais do que a vazão média regularizada definida pelo estudo hidrológico. Além desta condicionante, a galeria deve atender às normas de segurança de barragem vigentes, onde solicita que, para barragens com capacidade maior do que 30,00 hm³, a tomada deverá ser capaz de fazer o rebaixamento do reservatório, Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Para tanto, foi projetada uma tomada d'água para a barragem Poço Comprido situada na ombreira esquerda na estaca E136+0,00m, composta por duas tubulações em aço com diâmetro de 1.500,00 mm envelopadas em concreto armado.

A tomada d'água se posiciona formando um ângulo de 90° com o eixo da barragem, tendo o eixo da boca de montante na cota 158,50 m e o eixo da boca de jusante na mesma de montante.

A tomada d'água proposta para implantação na barragem Poço Comprido foi composta por uma obra de controle de montante, uma galeria, uma caixa de jusante de controle e equipamentos.

Cada tubulação possuirá, em sua entrada, uma grade de proteção, seguida, mais para jusante, de uma comporta acionada por meio de dispositivo hidromecânico.

O controle das vazões é feito através de duas válvulas dispersoras do tipo Howell-Bunger, colocadas na extremidade jusante do circuito hidráulico, a fim de permitir uma descarga dissipada na área a jusante do maciço da barragem. Uma casa de comando abrigará o dispositivo de acionamento das válvulas.

Para o esvaziamento do reservatório está previsto, para cada tubulação de 1.500,00 mm, a instalação a jusante, de uma válvula borboleta para o controle da descarga de esvaziamento.

4.5.2 - Descrição das Obras

A obra de controle de montante é composta por uma caixa na entrada da tomada, assentada em rocha, e uma torre de operação dos equipamentos. Em seu topo será instalado um sistema de elevação para a comporta e a grade.

A caixa de montante foi projetada em concreto armado, onde será instalada uma grade de limpeza de 2,00 x 2,50 m, uma comporta tipo *vagão* com dimensão de 2,00 x 2,50 m, cuja elevação será feita por uma talha de 15 toneladas instalada na laje da torre.

Acima da caixa de montante será construída uma torre de controle de equipamentos, o que permitirá a operação desses instrumentos a serem instalados na caixa de montante, servindo de acesso ao interior da galeria da tomada d'água e, em seu topo, será instalado um sistema de elevação para a comporta e grade.

Para o acesso à torre, será construída uma ponte de acesso interligando a torre à berma da barragem.

A galeria da tomada d'água é composta por dois tubos de aço carbono com espessura de 6,00mm e diâmetro de 1.500,00 mm, sendo o mesmo envelopado em concreto armado. A mesma possui sistema de ventilação e deverá ser operada por equipamento a ser instalado a jusante da galeria.

A caixa de jusante será construída em concreto armado, possuindo duas câmaras, sendo a primeira do tipo seca, onde serão instalados os equipamentos, e a segunda para o amortecimento da descarga.

Na caixa de jusante serão instalados os equipamentos de controle sendo estes: duas válvulas borboleta de 1.500,00 mm, duas válvulas borboleta de 700,00 mm e duas válvulas dispersora tipo HOWELL BUNGER, com diâmetro de 700,00 mm.

Para operação do sistema, o mesmo será provido de energia elétrica da concessionária.

4.5.3 - Definição da Descarga de Fundo

Para definição da descarga de fundo da barragem, foi previsto o aproveitamento da estrutura da tomada d'água, para funcionar como descarga livre interligando o lago da barragem à caixa de jusante de dissipação.

Para dimensionar o circuito hidráulico a ser adotado, foi realizada simulação do tempo de esvaziamento para a opção de uma tubulação de 1.500,00 mm e para dois tubos com diâmetro de 1.500,00 mm.

Para a opção do esvaziamento do reservatório foi optado pela adoção de dois tubos de aço de 1.500 mm, o que atenderia o tempo de esvaziamento proposto pela especificação:

Dados:

- Diâmetro 1,50 m
- Quantidade de tubo 1 un
- Cd 0,56
- Cota nível máximo 182,00 m
- Cota eixo da tubulação 158,50 m
- Tempo máximo de esvaziamento 126,9 dias

Para o dimensionamento, foi feita uma simulação do esvaziamento a partir da cota de soleira da barragem (182,00 m) até a cota no nível morto (160,00 m). No início, a vazão foi limitada à vazão máxima definida para os dois tubos pela válvula dispersora (32,00 m³/s). Depois o sistema passa a funcionar como descarga livre, mantendo a válvula borboleta totalmente aberta.

Para o sistema com dois tubos de 1.500,00 mm, o tempo máximo de esvaziamento foi de 126,9 dias, conforme gráfico na **Figura 4.20**.

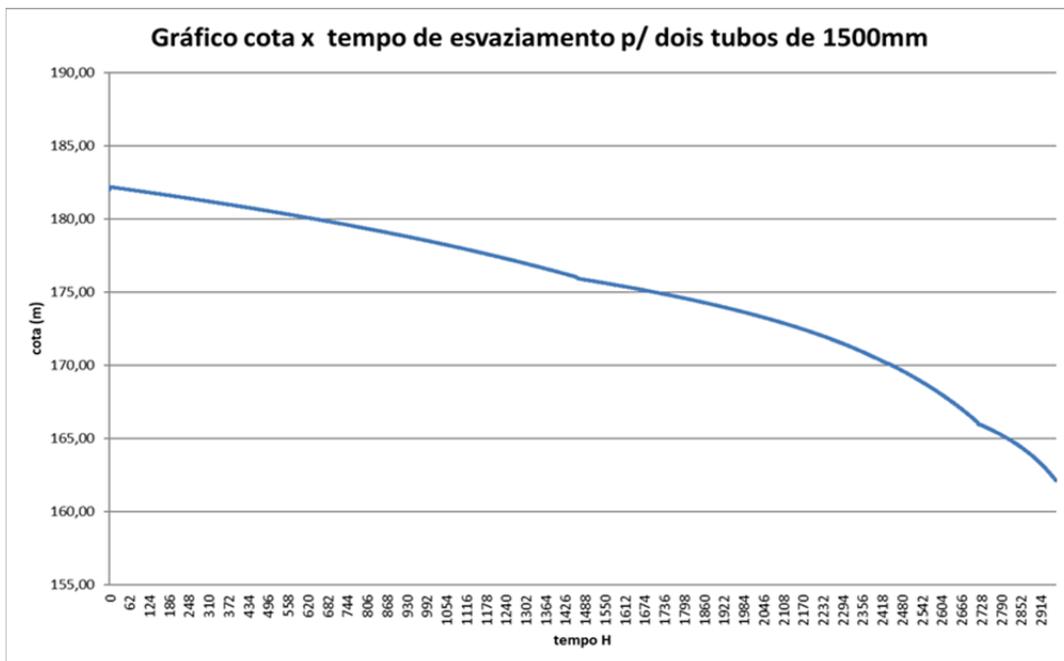


Figura 4.20 - Curva Cota x Tempo de Esvaziamento com Dois Tubos Diâm. 1.500mm

Foi definido pela projetista que o tempo de esvaziamento do reservatório deveria ser em torno de 90 a 120 dias, conforme o gráfico apresentado acima. A opção do dimensionamento foi para utilização de dois tubos de 1.500 mm para a descarga de fundo do reservatório.

A SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ, através da PORTARIA Nº 2003/SRH/CE, de 24 de setembro de 2021, em seu artigo 1º, define que, para as outorgas de obras e/ou serviços de interferência hídrica, requeridas por pessoas físicas e jurídicas, projetos de barragens sejam previstas descargas de fundo que sejam capazes de fazer seu esvaziamento em 90 dias. Segue transcrição do decreto a seguir.

Art. 1º Os requerentes de outorga para execução de obras e/ou serviços de interferência hídrica de barragens deverão apresentar, em seu projeto básico ou executivo, concepção de dimensionamento que assegure à estrutura da tomada d'água capacidade para esvaziamento do reservatório no prazo máximo de 90 (noventa) dias.

O projeto da barragem Poço Comprido atende às normas de segurança nacional – PNSB, ao prever sistema de esvaziamento da barragem.

Para o atendimento ao solicitado na portaria da SRH/CE, há o seguinte a comentar:

O projeto da descarga de fundo da Barragem do Poço Comprido previu um esvaziamento total em 126,9 dias; para que a portaria acima citada seja atendida, haveria necessidade de duplicar a tomada d'água prevista, fato que oneraria consideravelmente o custo da barragem.

4.5.4 - Características Gerais da Tomada d'Água

A localização da galeria foi fixada em função das condições hidrológicas, geotécnicas e topográficas apresentadas, sendo definida a cota 158,50 m para a soleira a montante.

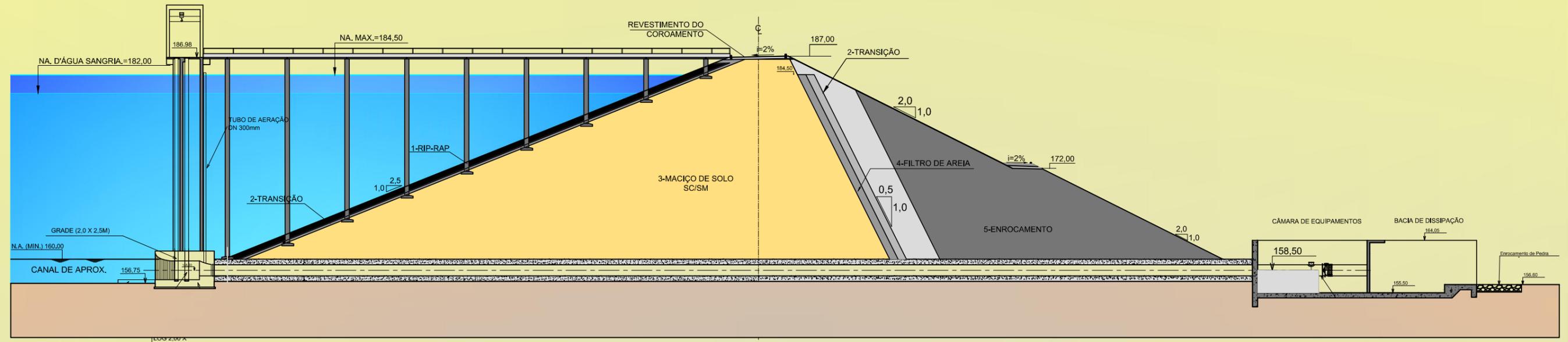
Foi definida a galeria para as seguintes condições de operação:

- Qmédia reg. = Vazão Méd..... 2,675m³/s;
- Qmáxima, reg. = Vazão Max permitida 3,344m³/s;
- Comprimento da tubulação..... L = 155,00 m;
- Cota NA normal. 182,00m;
- Cota do eixo na entrada da tubulação 158,50m;

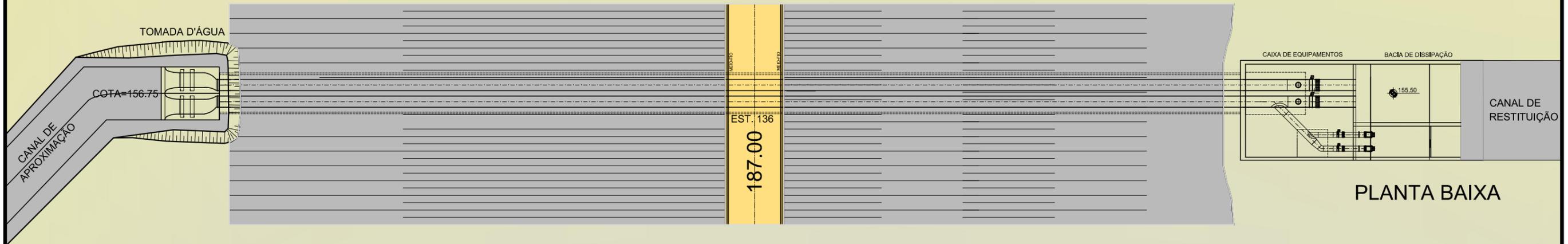
- Cota do eixo na saída da tubulação 158,50m.
- Cota mínima operacional..... 160,00m.
- Csm Cota de soleira de entrada, 157,25 m;
- CSj..... Cota de soleira do Saída, 155,50 m;
- Tipo de galeria Tubulação em aço revestido de concreto
- Diâmetro da galeria: 2x1500 mm
- Equipamento de controle..... Válvula dispersora Dn 700 mm
- Equipamento de Montante..... grade e comporta vagão
- Dimensão da comporta..... 2,0 x 2,5 m
- M= Quantidade de módulos 2 un
- B= base de cada célula 2,000 m;
- H= altura de cada célula..... 2,500 m;

A seguir, na **Figura 4.21** é apresentado o arranjo geral da tomada d'água.

SEÇÃO TIPO ESTACA - 136 - TOMADA D'ÁGUA



SEÇÃO



PLANTA BAIXA

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS			
BARRAGEM POÇO COMPRIDO			
Desenho: Antonio Carlos	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA FIGURA 4.21 ARRANJO GERAL DA TOMADA D'ÁGUA		Escala: 1/550
Coordenação Técnica:			Data: MAIO/2022
Coordenação Geral:			Nº do Desenho: FIGURA 4.21
Coordenação Geral:			Descrição do Desenho: VERTEDOURO

4.6 - INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM

O comportamento da barragem foi avaliado por meio de piezômetros, medidores de vazão de percolação e marcos superficiais. A concepção do plano de instrumentação levou em conta os seguintes aspectos:

- As características das fundações e do maciço da barragem deixam preocupações quanto ao desenvolvimento de pressões neutras durante a fase de construção do aterro;
- A definição dos tipos de instrumentos levou em conta preço, facilidade da instalação, durabilidade, a facilidade de leitura e a confiabilidade dos resultados.

A escolha dos instrumentos e localização foram definidas seguindo os critérios para cada tipo de monitoramento de grandezas conforme descrito na sequência:

- Piezômetros: para avaliação do nível d'água percolando no maciço e na fundação, totalizando 16 (dezesesseis) piezômetros distribuídos da seguinte forma: 5 (cinco) instrumentos serão localizados no talvegue principal (estaca 130), 5 (cinco) instrumentos no talvegue secundário (estaca 151), 3 (três) instrumentos na ombreira direita (estaca 122) e 3 (três) instrumentos na ombreira esquerda (estaca 164);
- Marcos superficiais: para avaliação da deformação do maciço e talude em rocha, estão previstos 4 (quatro) marcos superficiais, ao longo da crista da barragem e localizados nas estacas 122, 130, 151 e 164 junto aos medidores de recalque e 4 (quatro) na berma do talude de jusante nas mesmas estacas;
- Medidores de Recalque tipo telescópico: para o monitoramento de deformações verticais do maciço, estão previstos 4 (quatro) medidores de recalque nas estacas 122, 130, 151 e 164;
- Medidores de vazão: para determinação das vazões de percolação. Foram previstos 2 (dois) medidores que serão instalados na drenagem existente no pé da barragem, um para cada ombreira (est. 122 e 164);
- Réguas limnimétricas: Para medição do nível de água na barragem, serão instaladas 3 (três) linhas de réguas, uma em cada ombreira e uma próxima ao vertedouro.

Para os instrumentos, foram definidas 4 seções a serem monitoradas a saber:

- Seção I: estaca 164, que corresponde à ombreira esquerda (PZ 01 a PZ 03)
- Seção II: estaca 151, que corresponde ao talvegue secundário (PZ 04 a PZ 08);
- Seção III: estaca 130, que corresponde ao talvegue principal (PZ 09 a PZ 13);
- Seção IV: estaca 122, que corresponde à ombreira direita (PZ 14 a PZ 16).

Os valores da piezometria, constantes no **Quadro 4.14** foram extraídos da rede de fluxo gerada pelo programa SEEP e apresentados no volume de memorial de cálculo deste projeto executivo. Os **Quadros 4.15** até **4.17** apresentam os resumos dos demais instrumentos de monitoramento da barragem.

Quadro 4.14 - Resumo da Localização e Instalação dos Piezômetros nas Seções

Piezômetro	Local	Seção/ Estaca	Afast. em relação ao centro da crista	Cota inst. (PZ)	Cota Piezométrica
			(m)		
PZ-01	contato cut-off / fundação	I / 164	eixo + 0,5	156,341	6,3725289
PZ-02	fundação		eixo + 0,5	153,348	8,532103
PZ-03	fundação jusante		eixo + 35,894	153,3325	6,4893187
PZ-04	maciço	II / 151	eixo + 0,5	182,3832	-0,2217763
PZ-05	contato cut-off / fundação		eixo + 0,5	146,496	10,579689
PZ-06	fundação		eixo + 0,5	143,4825	12,262639
PZ-07	contato cut-off / fundação		eixo + 4,00	146,83	9,1948466
PZ-08	fundação		eixo + 35,687	143,5012	7,4564235
PZ-09	maciço	III / 130	eixo + 0,5	182,3054	-0,2090598
PZ-10	contato cut-off / fundação		eixo + 0,5	147,995	7,6040415
PZ-11	fundação		eixo + 0,5	144,9561	9,1262741
PZ-12	contato cut-off / fundação		eixo + 4,00	148,3305	6,1362178
PZ-13	fundação		eixo + 35,718	144,9376	4,3539415
PZ-14	contato cut-off / fundação	IV / 122	eixo + 0,5	150	11,534196
PZ-15	fundação		eixo + 0,5	147,0246	13,379226
PZ-16	fundação jusante		eixo + 35,923	147,0061	9,5927197

Quadro 4.15 - Resumo da Localização e Instalação dos Marcos Superficiais

Marco Superficial	Estaca (k +m):	Afast. (m):	Cota inst. (m):
MS-01	164	2,50-J	187
MS-02	151	2,50-J	187
MS-03	130	2,50-J	187
MS-04	122	2,50-J	187
MS-05	164	Berma de jusante	172
MS-06	151	Berma de jusante	172
MS-07	130	Berma de jusante	172
MS-08	122	Berma de jusante	172

Quadro 4.16 - Resumo da localização e Instalação dos Medidores de Recalque

Medidor de Recalque	Estaca (k +m):	Afast. (m):	Cota inst. (m):
MR-01	164	2,50-J	187
MR-02	151	2,50-J	187
MR-03	130	2,50-J	187
MR-04	122	2,50-J	187

Quadro 4.17 - Resumo da Localização e Instalação dos Medidores de Vazão

Med. de vazão	Estaca (k +m):	Afast. (m):
MV-01	164	Pé do talude de jusante
MV-02	122	Pé do talude de jusante

4.7 - INTERFERÊNCIA DA OBRA COM A INFRAESTRUTURA EXISTENTE

Após o enchimento do lago da barragem Poço Comprido, o mesmo deverá interferir com as seguintes infraestruturas existentes:

- Uma linha de transmissão de 69,00 Kv, pertencente à CHESF, localizada na margem da estrada CE-366, que liga a cidade de Santa Quitéria a Varjota, com comprimento total de 2,70 km;
- Duas linhas de transmissão de 13,80 Kv, pertencente à ENEL, a primeira localizada na margem da estrada CE-366 que liga a cidade de Santa Quitéria a Varjota, com comprimento total de 2,70 km, e a segunda na margem esquerda do lago passando ao lado do local do vertedouro e que interliga a cidade de Hidrolândia a Varjota, com comprimento de 1,30 km;
- Inundação da CE-366, estrada que interliga a cidade de Santa Quitéria a Varjota, com comprimento total de 3,30 km;
- Inundação de uma rede bifásica existente ao longo da margem direita do riacho do macacos, com comprimento total de 10,8 km;
- Inundação da ponte existente sobre o riacho dos Macacos, na CE-366, estrada que interliga a cidade Santa Quitéria a Hidrolândia. A ponte mede 100,00 m de comprimento, conseqüentemente, acarretará inundação de 1,90 km desta estrada, nas proximidades da ponte.

No Relatório do Anteprojeto da Barragem Poço Comprido, Volume 2 –Tomo 1A – Desenhos e Plantas, foram apresentados os estudos preliminares referentes ao deslocamento das duas estradas e da ponte sobre o riacho dos Macacos.

4.8 - PROJETO ELÉTRICO

O projeto é composto de Sistemas Hidráulicos e Válvulas Motorizadas, onde serão instalados os motores conforme **Quadro 4.18**.

Quadro 4.18 - Identificação dos Motores a Serem Instalados

Local	Nº de Motores (ativos+ Reserva)	Potência Individual (CV)	Uso	Tipo de Partida
Sistema Hidráulico	(1)	2	Equipamentos Hidráulicos	Direta
VM-01	1	2,5	Apertura / Feche Válvula	Direta
VM-02	1	2,5	Apertura / Feche Válvula	Direta
VM-03	1	1,5	Apertura / Feche Válvula	Direta
VM-04	1	1,5	Apertura / Feche Válvula	Direta

O projeto elétrico atende às Normas Brasileiras (**ABNT**) e às Normas **CNC-OMBR-MAT-18-0124-EDCE**, **CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR** e **MAT-OMBR-MAT-18-0085-EDBR02ENEL** (Concessionária de Energia do Estado do Ceará).

Este projeto foi concebido de modo a garantir uma perfeita continuidade operacional do sistema proposto.

O sistema proposto tem como principais, os seguintes componentes:

- Iluminação interna e externa;
- Interligações;
- Quadro Geral Baixa Tensão (QGBT);
- Quadro de Comando dos Motores (CCM);
- Subestação Aérea.

4.8.1 - Suprimento de Energia

O suprimento de energia para todas as instalações da tomada d'água da barragem Poço Comprido será feito através de uma subestação aérea de **13.800 / 380 / 220V de 45 KVA**, localizada no pátio interno da área da SRH – CE/COGERH.

4.8.2 - Instalações Elétricas Prediais

As instalações deverão ser executadas consonantes os projetos específicos elaborados.

O material a ser empregado deverá ser de primeira qualidade, isento de falhas, trincaduras e quaisquer outros defeitos de fabricação.

As instalações de luz e força obedecerão às Normas e Especificações **NBR-5410 / 80** da **ABNT** e as da concessionária de energia local **CNC-OMBR-MAT-18-0124-EDCE**, **CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR** da **ENEL**, sem prejuízo do que for exigido a mais nas presentes especificações ou nas especificações complementares de cada obra.

Os eletrodutos serão de plástico rígido pesado correndo embutido nas paredes ou pisos.

Os eletrodutos serão cortados à serra e terão seus bordos esmerilhados para remover toda a rebarba.

Durante a construção, todas as pontas dos eletrodutos virados para cima serão obturadas com buchas rosqueáveis ou tampões de pinho bem batidos e curtos, de modo a evitar a entrada de água ou sujeira.

Nas lajes, os eletrodutos e respectivas caixas serão colocados antes da concretagem por cima da ferragem positiva bem amarrados, de forma a evitar o seu deslocamento acidental.

Eletrodutos atravessando colunas, e o seu diâmetro seja superior a 1½", o responsável pelo concreto armado deverá ser alertado a fim de evitar possível enfraquecimento do ponto de vista da resistência estrutural.

Para colocar os eletrodutos e caixas embutidos nas alvenarias, o instalador aguardará que as mesmas estejam prontas, abrindo-se então os rasgos e furos estritamente necessários, de modo a não comprometer a estabilidade de parede.

As caixas, quando colocadas nas lajes ou outros elementos de concreto, serão obturadas durante o enchimento das formas, a fim de evitar a penetração do concreto.

Quando as caixas forem situadas em pilares e vigas (o que deve ser evitado sempre que possível, será necessário combinar a sua colocação com o responsável pelo concreto armado, de modo a evitar possíveis inconvenientes para a resistência da estrutura).

Em cada trecho de eletroduto entre duas caixas, poderão ser usadas no máximo três curvas de 90°, sendo que na tubulação de diâmetro inferior a 25 mm, será permitido o processo de curvatura a frio, desde que não reduza a seção interna da mesma.

A ligação dos eletrodutos com as caixas deverá ser feita por meio de buchas e arruelas.

Serão empregadas caixas estampadas de 4" x 2" ou 4" x 4" para os interruptores e tomada de corrente.

As tomadas comuns serão colocadas a **0,30m** do piso acabado e, em lugares úmidos, a **1,40m**.

Os interruptores próximos às portas serão colocados a **0,10 m** de distância dos alisadores e sempre do lado da fechadura.

Antes da enfição, as linhas de eletrodutos e respectivas caixas deverão ser inspecionadas e limpas, de modo a ficarem desobstruídas.

Todas as emendas devem ser eletricamente perfeitas, por meio de solda a estanho, conector de pressão por torção ou luva de emenda e recobertas por fita auto fusível e fita plástica isolante, exceto no caso de conectores de pressão por torção, que já foram isolados.

4.8.3 - Iluminação Externa

A iluminação da área externa dar-se-á através de **10 (DEZ)** luminárias com lâmpadas tipo **Vapor de mercúrio** compactas de **250 W / 220 V**, instaladas em poste **em aço telescópico** no pátio interno do empreendimento, a **6,00 m** do piso.

Os circuitos de iluminação serão protegidos por disjuntores termomagnéticos e comando automático através de fotocélulas.

4.8.4 - Iluminação Interna

A iluminação interna será feita através de 02 (duas) luminárias tipo calha aberta de sobrepor, com **02 (duas)** lâmpadas Tipo **LED** de **32W / 220V**.

Os circuitos de iluminação e tomadas serão derivados de disjuntores termomagnéticos instalados no **QGBT**, localizado no interior da casa de comando.

4.8.5 - Proteção e Medição

A proteção de média tensão das subestações será somente com chaves unipolares com elos fusíveis.

A proteção em baixa tensão será feita através de disjuntores termomagnéticos, com tensão nominal de **750V** para trifásicos, **250V** para monofásicos, com capacidade de interrupção mínima de **5kA** e compensação de temperatura.

A medição na subestação será feita em baixa tensão, com o quadro instalado no poste do transformador, observando as normas da **ENEL**.

4.8.6 - Para-raios

Devido ao baixo índice de descargas atmosféricas na região e as edificações serem urbanas de pequena altura, foi dimensionada proteção para descargas atmosféricas.

4.8.7 - Aterramento

O sistema elétrico será aterrado através de uma malha de cobre nu de **25mm²** e hastes de terra de **5/8" x 2,4m**. A esta malha serão interligados através de cabos de cobre nu **25mm²** a cerca e todas as partes metálicas não energizadas e as barras de terra dos quadros de distribuição e **CCM**.

Também deverá haver uma haste de terra próxima a cada motor e interligado a carcaça do mesmo e à malha de terra.

Todas as ligações de aterramento deverão ser executadas com conectores apropriados (conexões aparentes) ou através de solda exotérmica (conexões embutidas no solo).

Deverá haver no mínimo, um ponto de teste na malha, localizado em manilha de barro vitrificado com tampa removível.

A resistência do aterramento do sistema elétrico deverá ser menor ou igual a **10 ohms**, exceto para os **CCM's** que deverá ser menor ou igual a **5 ohm**, por causa dos equipamentos eletrônicos.

4.8.8 - Quadro de Carga

Relação das potências a serem utilizadas na obra de tomada d'água da barragem e definição dos cabos de alimentação e disjuntores, conforme **Quadro 4.19**.

Quadro 4.19 - Cargas do Sistema Elétrico

QUADRO DE CARGA DO SISTEMA ELETRICO DA TOMADA D'ÁGUA DA BARRAGEM DO POÇO COMPRIDO									
QGBT	CIRC.	DISCRIMINAÇÃO	POTÊNCIA (W)	AMPERAGEM (A)				CABO (mm ²)	DISJUNTOR
				TOTAL	R	S	T		
MODULO 1	1	ILUMINAÇÃO INTERNA - 32W x 2 x 2	128	0,72	0,72	-	-	1n1,5(1,5)	1x10
	2	ILUMINAÇÃO EXTERNA - 250W x 5	1.250	7,10	-	7,10	-	2,5(2,5) T2,5	1x16
	3	ILUMINAÇÃO EXTERNA - 250W x 5	1.250	7,10	-	-	7,10	2,5(2,5) T2,5	1x16
	3	TOMADA DE USO COMUM - 300W x 3	900	5,11	5,11	-	-	2,5(2,5) T2,5	1x16
MODULO 2	4	QGBT / CCM1 – 5 CV (VM1 2,5CV + VM2 2,5CV)	6.380	10,54	3,51	3,51	3,51	3X2,5 T2,5	3X16
MODULO 3	5	QGBT / CCM2 – 3 CV (VM1 1,5CV + VM2 1,5CV)	2.208	3,65	1,21	1,21	1,21	3X2,5 T2,5	3X10
MODULO 4	6	QGBT / CCM3 – 2 CV (COMANDO HIDRAULICO 2 CV)	1.472	2,43	0,81	0,81	0,81	3X2,5 T2,5	3X10
MODULO 1	7	RESERVA	-	-	-	-	-	-	3X16
	8	RESERVA	-	-	-	-	-	-	1X16
	9	RESERVA	-	-	-	-	-	-	1X16
GERAL		MEDIÇÃO / QGBT	13.588	36,65	11,36	12,63	12,63	3X16(16) T16	4 x 40

4.8.9 - Recomendações Técnicas Básicas

Os condutores foram dimensionados pela aplicação do critério de queda de tensão e confirmados nas tabelas de condução de corrente para condutores de cobre isolado com **EPR** ou **XLPE**, conforme **NBR 5410**, além dos fatores de agrupamento e redução de temperatura. A taxa de ocupação dos eletrodutos nunca foi superior a **40%**, de acordo com a **NBR 5410**.

Os quadros deverão ser protegidos por abrigo em alvenaria ou localizados no interior da sala da casa de comando.

Todos os eletrodutos deverão receber acabamento de bucha e arruela.

Deverá ser instalado arame guia de ferro galvanizado (**12**) em todos os eletrodutos.

Não deverá haver emendas de cabos dentro de eletrodutos.

As caixas de passagem deverão ter no fundo uma cobertura de no mínimo **10 cm** de brita.

Plantas, desenhos, diagramas e memória de cálculo complementam as informações acima, que foram descritas a seguir e em volume específico do projeto.

4.8.10 - Observações

O tipo de acionamento dos motores foi conforme as necessidades específicas do projeto.

Os painéis elétricos deverão ser executados, conforme a orientação dos termos de referência da **SRH – CE COGERH** e normas da **ENEL**, em sua última atualização.

O projeto deverá ser executado conforme:

- As exigências do projeto hidráulico e topografia;
- Última revisão da **ABNT**;
- Última revisão dos termos de referência da **SRH – CE COGERH**
- Última revisão das normas técnicas da ENEL CNC-OMBR-MAT-18-0124-EDCE, CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR;
- A última inovação tecnológica, priorizando a funcionalidade, operação, automação, eficiência, manutenção e qualidade.

Todas as instalações elétricas deverão obedecer às seguintes normas **ABNT**, **ENEL CNC-OMBR-MAT-18-0124-EDCE**, **CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR** e da **SRH – CE COGERH**

4.8.11 - Motores Elétricos

Os motores elétricos deverão ser fabricados de acordo com as Normas da **ABNT** e ter as seguintes características (**Catálogo da Weg para motores de alto rendimento elétrico plus, trifásicos de 380V, 60 Hz, 2,5 / 1,5 CV de potência ou similar**).

5 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

6 - CANTEIRO DE OBRA

6 - CANTEIRO DE OBRA

As instalações básicas do canteiro de obras contarão com as seguintes edificações: escritório da administração, almoxarifado geral e pessoal, laboratório de solo e concreto, depósito de cimento, centrais de concreto e britagem, posto de abastecimento de combustível e lubrificação, oficina mecânica, pátios, almoxarifado, carpintaria, ferraria, armação e moldagem, alojamento para pessoal de apoio, eletrificação, depósitos de explosivos e escritório de supervisão.

O projeto do canteiro elaborado contempla as seguintes edificações, conforme listado a seguir:

- Prédio da administração central (empreiteira/Fiscalização/Consultora);
- Refeitório e Cozinha;
- Almoxarifado;
- Guarita;
- Carpintaria;
- Central de Armação;
- Laboratórios (solos e concreto);
- Sanitários;
- Oficina.

Edificações industriais previstas para o projeto:

- Central de britagem com capacidade de 80 m³/h;
- Central de concreto com capacidade de 30 m³/h;
- Posto de combustível;
- Rampa de lavagem.

Os desenhos de implantação do canteiro de obras estão apresentados no **Tomo 2 - Desenhos**.

7 - EQUIPAMENTOS MÍNIMOS NECESSÁRIOS À EXECUÇÃO DA OBRA

7 - EQUIPAMENTOS MÍNIMOS NECESSÁRIOS À EXECUÇÃO DA OBRA

Deverão ser utilizados, durante o período construtivo, os equipamentos nas quantidades mínimas indicadas abaixo e ofertadas pela EMPREITEIRA na sua Proposta de Licitação.

Item	Descrição	Quant. (Total)
1.1	USINA DE CONCRETO FIXA, CAPACIDADE NOMINAL DE 30 M3/H	1
1.2	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 600 L,	3
1.3	CAMINHÃO BETONEIRA MERCEDES BENZ OU SIMILAR	1
1.4	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV	6
1.5	CONJUNTO DE BRITAGEM COM CAPACIDADE DE 80 m³/h - 313 kW	1
1.6	PÁ CARREGADEIRA SOBRE RODAS, POTÊNCIA LÍQUIDA 128 HP, CAPACIDADE DA CAÇAMBA 1,7 A 2,8 M	3
1.7	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP	4
1.8	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,20/11,65 T	2
1.9	TRATOR DE ESTEIRAS, POTÊNCIA 150 HP, PESO OPERACIONAL 16,7 T	3
1.10	ESCAVADEIRA HIDRAULICA SOBRE ESTEIRA, COM GARRA GIRATORIA DE MANDIBULAS, PESO OPERACIONAL ENTRE 22,00 E 25,50 TON.	5
1.11	RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 72 HP	3
1.12	GRADE DE DISCO	5
1.13	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 122 CV, TRAÇÃO 4X4	5
1.14	ROLO COMPACTADOR PE DE CARNEIRO VIBRATORIO, POTENCIA 125 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 11,95 / 13,30 T	6
1.15	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO	6
1.16	CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3, TRUCADO CABINE SIMPLES, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG	10
1.17	CAMINHÃO BASCULANTE MERCEDES BENZ P/ 3ª CAT.12 M3 OU SIMILAR	10
1.18	CAMINHÃO CARROCERIA TRUCK 15 T	5
1.19	GUINDAUTO HIDRÁULICO, CAPACIDADE MÁXIMA DE CARGA 6500 KG	2
1.20	CAVALO MECÂNICO C/ REBOQUE	1
1.21	COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL, VAZÃO 748 PCM, PRESSÃO EFETIVA DE TRABALHO 102 PSI, MOTOR DIESEL, POTÊNCIA 210 CV	1
1.22	MOTOBOMBA CENTRÍFUGA, MOTOR A GASOLINA, POTÊNCIA 5,42 HP, BOCAIS 1 1/2" X 1"	2
1.23	CAMINHONETE COM MOTOR A DIESEL, POTÊNCIA 180 CV, CABINE DUPLA, 4X4	3
1.24	CAMINHONETE CABINE SIMPLES COM MOTOR 1.6 FLEX, CÂMBIO MANUAL, POTÊNCIA 101/104 CV, 2 PORTAS	6
1.25	GERADOR PORTÁTIL MONOFÁSICO, POTÊNCIA 5500 VA, MOTOR A GASOLINA, POTÊNCIA DO MOTOR 13 CV	2
1.26	PERFURATRIZ PNEUMÁTICA MANUAL DE PESO MEDIO, MARTELETE, 18KG	1
1.27	PERFURATRIZ SOBRE ESTEIRA, TORQUE MÁXIMO 600 KGF, POTÊNCIA ENTRE 50 E 60 HP,	1
1.28	GRUPO DE SOLDAGEM COM GERADOR A DIESEL 60 CV PARA SOLDA ELÉTRICA	1
1.29	GRUPO GERADOR COM CARENAGEM, MOTOR DIESEL POTÊNCIA STANDART ENTRE 250 E 260 KVA	1
1.30	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10"	2
1.31	BOMBA TRIPLEX, PARA INJEÇÃO DE NATA DE CIMENTO, VAZÃO MÁXIMA DE 100 LITROS/MINUTO, PRESSÃO MÁXIMA DE 70 BAR -EQUIPAMENTO P/	2

Item	Descrição	Quant. (Total)
	INJEÇÃO DE CIMENTO	
1.32	PERFURATRIZ ROTATIVA SOBRE ESTEIRA, TORQUE MAXIMO 2500 KGM, POTÊNCIA 110 HP, MOTOR DIESEL	2
1.33	PERFURATRIZ MANUAL, TORQUE MÁXIMO 83 N.M, POTÊNCIA 5 CV, COM DIÂMETRO MÁXIMO 4" EQUIPAMENTO DE PERFURAÇÃO ROTATIVA TIPO NX	1



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos