



CONTRATO Nº 13/SRH/CE/2022

FORTALEZA

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO, ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL – EVA, PLANO DE DESMATAMENTO RACIONAL E DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BOA VISTA DOS PARENTES, NO MUNICÍPIO DE SENADOR POMPEU, NO ESTADO DO CEARÁ.

LOCALIDADE BOA VISTA,
DISTRITO DE ENCANTADO,
QUIXERAMOBIM, DIVISA COM
SENADOR POMPEU/CEARÁ

**FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
VOLUME 6 – RELATÓRIO SÍNTESE**

FORTALEZA
JULHO - 2024

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	4
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Contextualização do Projeto da Barragem.....	6
1.2 Localização e Acesso	7
1.3 Características Técnicas da Barragem Boa Vista dos Parentes	9
2 CONTEÚDO DO PROJETO EXECUTIVO.....	12
2.1 Volumes do Projeto Executivo	12
2.2 Lista de Desenhos.....	12
3 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO EXECUTIVO	15
3.1 Estudos Básicos	15
3.2 Estudos Cartográficos e Topográficos	15
3.3 Estudos Geológicos e Geotécnicos	16
3.4 Estudos Hidrológicos	18
3.5 Descrição Geral do Barramento.....	25
3.6 Barragem.....	26
3.7 Dimensionamento do Vertedouro	28
3.8 Dimensionamento da Tomada D'Água	30
4 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Marcos implantados no eixo da Barragem Boa Vista dos Parentes	16
Tabela 3.2 – Sondagens da Barragem Boa Vista dos Parentes	17
Tabela 3.3 – Cota x Área x Volume	21
Tabela 3.4 – Área de influência dos postos selecionados	23
Tabela 3.5 – Precipitações máximas intensas com duração de 6 minutos, 1 hora e de 24 horas (mm) associadas aos períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos	24
Tabela 3.6 – Distribuição acumulada da chuva sobre a bacia de contribuição	24
Tabela 3.7 - Resultados obtidos com simulação do vertedouro com o HEC-RAS, para TR = 1.000 anos.....	29
Tabela 3.8 – Coeficientes de perda das peças da tomada d'água.....	31
Tabela 3.9 – Coeficientes de perda da válvula borboleta, considerando seus ângulos de abertura	31

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Mapa de localização e acesso.....	8
Figura 3.1 – Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem.....	19
Figura 3.2 – Mapa hipsométrico	20
Figura 3.3 – Curva Cota x Área x Volume	21
Figura 3.4 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos	23
Figura 3-5 - Esvaziamento do reservatório em função do tempo, operando uma tubulação de 250 mm na tomada d'água	32
Figura 3-6 - Ábaco de vazões devidas à abertura da válvula borboleta, em caso de tomada d'água com diâmetro de 250 mm	33

APRESENTAÇÃO

A empresa de Consultoria e Engenharia Maximino dos Santos & Cia Ltda – EPP, no âmbito do contrato Nº 13/SRH/CE/2022 assinado em 05/09/2022 com ordem serviço nº 02/2023/SRH emitida em 20/04/2023 tem por finalidade a ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO, ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL-EVA, PLANO DE DESMATAMENTO RACIONAL E DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BOA VISTA DOS PARENTES, SITUADA NO MUNICÍPIO DE SENADOR POMPEU, NO ESTADO DO CEARÁ.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento ao Termo de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em FASE A – Estudos Básicos, FASE B – Estudos ambientais e FASE C – Detalhamento do Projeto Executivo, conforme são apresentados na sequência:

- ❖ FASE A: Estudos Básicos
 - Volume 1: Estudos Cartográficos;
 - Volume 2: Estudos Topográficos;
 - Volume 3: Estudos Geológico-Geotécnicos;
 - Volume 4: Estudos Hidrológicos;
 - Volume 5: Relatório de Concepção da Barragem
- ❖ FASE B: Estudos Ambientais
 - Volume 1: Estudos de Viabilidade Ambiental – EVA;
 - Volume 2: Plano de Desmatamento Racional – PDR
- ❖ FASE C: Detalhamento do Projeto Executivo
 - Volume 1: Memorial Descritivo do Projeto;
 - Volume 2: Desenhos;
 - Volume 3: Memória de Cálculo;
 - Volume 4: Especificações Técnicas;
 - Volume 5: Quantitativos e Orçamentos;
 - Volume 6: Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao **Relatório de Detalhamento do Projeto Executivo – Volume 6: Relatório Síntese**.

Este relatório tem como principal objetivo apresentar as principais conclusões dos Detalhamento do Projeto Executivo.



1 - INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O presente documento é parte integrante da Fase C e compõe um dos produtos do detalhamento do PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BOA VISTA DOS PARENTES, a ser construída nos Municípios de Quixeramobim e Senador Pompeu, no Estado do Ceará, objeto do contrato Nº 13/SRH/CE/2022, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos básicos e Concepção, Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) e Plano de Desmatamento Racional e Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem Boa Vista dos Parentes, situada no Município de Senador Pompeu, no Estado do Ceará.

1.1 Contextualização do Projeto da Barragem

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por ser semiárida, com chuvas irregulares e períodos prolongados de seca. A escassez hídrica nessa região é um desafio constante, impactando a disponibilidade de água para consumo humano, agricultura e outras atividades econômicas. A gestão sustentável dos recursos hídricos é essencial para lidar com essas condições climáticas adversas.

O Ceará, em particular, enfrenta desafios significativos relacionados à escassez de água. A construção de infraestrutura hídrica, como açudes e sistemas de irrigação, é uma estratégia comum para lidar com a falta de água. Além disso, programas de conscientização sobre o uso eficiente da água e a implementação de tecnologias sustentáveis são fundamentais para enfrentar a escassez hídrica.

A aprimoração do fornecimento de água para diversas finalidades é uma ação essencial para o progresso regional. Dentro desse cenário, a implementação de barragens não apenas se configura como uma alternativa para lidar com as secas recorrentes, mas também como uma estratégia de convivência com essas condições desafiadoras, visando melhorar as circunstâncias adversas.

A Barragem Boa Vista dos Parentes é uma obra planejada, que objetiva o abastecimento da população regional.

Neste contexto, a Barragem Boa Vista dos Parentes terá como finalidade reforçar a garantia hídrica na região entre os municípios de Quixeramobim e Senador Pompeu, permitindo o armazenamento de água durante os períodos de chuva e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

1.2 Localização e Acesso

A barragem Boa Vista dos Parentes será formada pelo barramento do riacho Boa Vista tributário do rio Banabuiú situada a 1,5 km da Sede do Distrito de Encantado, no município de Quixeramobim na divisa com o município de Senador Pompeu, no Estado do Ceará.

A localização da referida barragem está materializada por três marcos implantados no eixo do barramento indicado, com base no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), sua realização do ano de 2000 (SIRGAS 2000), conforme a descrição a seguir:

- ✓ Marco (M5) - Estaca 00: 466.862,010E; 9.390.794,696N - Cota 187,20m (margem direita);
- ✓ Marco (M3) - Estaca 09: 466.927,890E; 9.390.628,812N – Cota 164,74m (riacho principal);
- ✓ Marco (M4) - Estaca 14+11,77m: 466.961,911 E; 9.390.520,744 N–Cota 183,71m (margem esquerda).

Partindo de Fortaleza, o percurso pode ser feito pela BR 116 até o Triângulo de Quixadá (67 km). Depois segue-se pela CE 060 / BR 122 até a Sede do Município de Quixeramobim, após passar pela barragem Quixeramobim, entra à esquerda na CE 166, quando se segue até o Distrito de Encantado, num total de 246 km. Para chegar ao local do barramento entra à esquerda na estrada vicinal após o Posto Arruda, e percorre-se 1,5 km até o eixo do barramento proposto situado no Povoado Boa Vista dos Parentes. Ver Figura 1.1 a seguir.

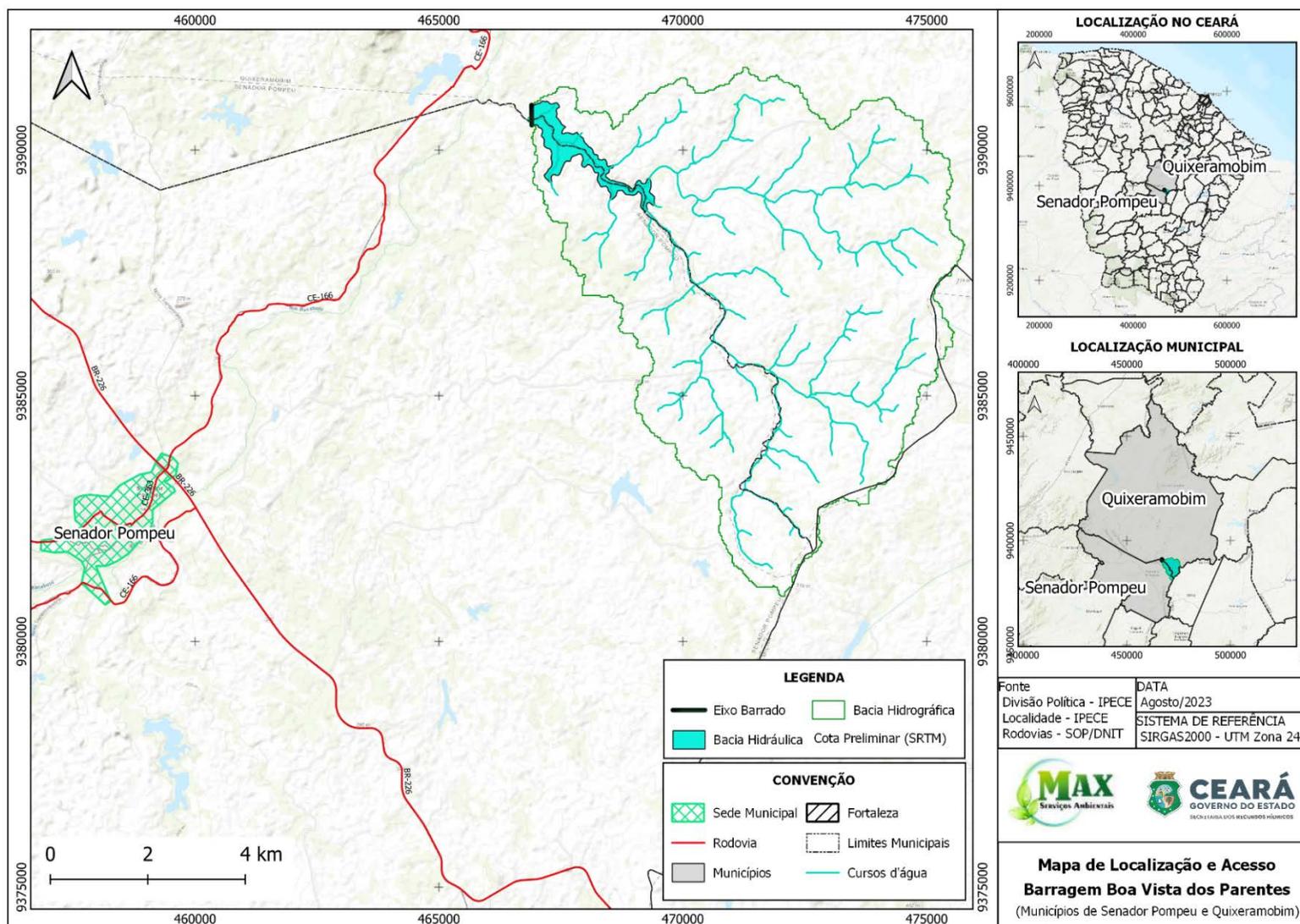


Figura 1.1 - Mapa de localização e acesso

1.3 Características Técnicas da Barragem Boa Vista dos Parentes

Identificação

Denominação:Barragem Boa Vista dos Parentes
Município:Quixeramobim / Senador Pompeu
Localidade:Boa Vista dos Parentes
Estado:Ceará
Coordenadas: 9.390.628,812N; 466.927,890E
Curso d'água barrado: Riacho Boa Vista
Bacia: Rio Banabuiú
Proprietário:.....Governo do Ceará/SRH
Autor do Projeto: Max Serviços Ambientais

Bacia Hidrográfica

Área: 58,00 km²
Perímetro: 50,20 km
Comprimento do rio: 14,40 km
Cota do talvegue a montante: 311,00 m
Cota do talvegue a jusante: 172,00 m
Declividade média do rio: 9,80 m/km

Características do Reservatório

Área da Bacia Hidráulica 84,07 ha
Volume de Acumulação (soleira 178,00m): 5,14 hm³
Volume morto: 0,10 hm³
Volume útil: 5,04 hm³
Vazão Afluente Anual: 3,08 hm³
Vazão afluente máx. de projeto (TR=1.000 anos): 355,50 m³/s
Vazão máxima de projeto amortecida (TR=1.000 anos): 221,90 m³/s
Vazão afluente máx. de projeto de verificação (TR=10.000 anos): 468,80 m³/s
Vazão máxima de verificação amortecida (TR=10.000 anos): 303,20 m³/s
Vazão regularizada 25,46 L/s

Nível d'água máximo maximorum (TR=1.000 anos): 179,80 m

Nível d'água máximo maximorum (TR=10.000 anos): 180,20 m

Barragem

Tipo: Terra Heterogênea

Altura máxima acima das fundações:20,34 m

Largura do coroamento:5,90 m

Extensão pelo coroamento: 235,80 m

Revanche.....4,50 m

Cota do coroamento : 182,50 m

Talude de montante:2,5 H:1,0 V

Talude de jusante:2,0 H: 1,0 V

Vertedouro

Tipo: Soleira Espessa Escavado em Rocha

Localização (eixo da barragem): Ombreira direita

Cota da soleira: 178,00 m

Largura do vertedouro:60,00 m

Lâmina máxima vertente (TR = 1.000 anos):2,80 m

Descarga de projeto (TR = 1.000 anos):.....221,90 m³/s

Lâmina máxima vertente (TR = 10.000 anos):3,20 m

Descarga de projeto (TR = 10.000 anos):.....302,20 m³/s

Tomada D'água

Tipo:.....Galeria

Localização (eixo da barragem): Ombreira Direita

Vazão regularizada: 25,46 L/s

Número de condutos: 2 un

Diâmetro da tubulação: 250 mm

2 – CONTEÚDO DO PROJETO EXECUTIVO

2 CONTEÚDO DO PROJETO EXECUTIVO

2.1 Volumes do Projeto Executivo

Volume 1 – Memorial Descritivo;

Volume 2 – Desenhos;

Volume 3 – Memória de Cálculo;

Volume 4 – Especificações Técnicas;

Volume 5 – Quantitativos e Orçamento;

Volume 6 – Relatório Síntese.

2.2 Lista de Desenhos

A definição da numeração das peças desenhadas procurou seguir a ordem cronológica da elaboração do projeto executivo.

DESENHO	TÍTULO	FORMATO	REVISÃO
1	LAYOUT GERAL	A1	1
2	PLANTA E PERFIL DO EIXO DA BARRAGEM E DO VERTEDOIRO	A1	1
3	PLANTA E PERFIL DO EIXO DA ENSECADEIRA	A1	1
4	ESCAVAÇÃO DA BARRAGEM E DO VERTEDOIRO	A1	1
5	SEÇÃO TIPO DETALHADA	A1	1
6	SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BARRAGEM	A1	1
7	SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BARRAGEM	A1	1
8	SEÇÕES TRANSVERSAIS DO VERTEDOIRO	A1	1
9	SEÇÕES TRANSVERSAIS DO VERTEDOIRO	A1	1
10	BACIA DE DISSIPAÇÃO	A1	1
11	CANAL DE RESTITUIÇÃO - PLANTA E PERFIL	A1	1
12	SEÇÕES TRANSVERSAIS DO CANAL DE RESTITUIÇÃO	A1	1
13	SEÇÕES TRANSVERSAIS DO CANAL DE RESTITUIÇÃO	A1	1
14	DETALHAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA	A1	1

DESENHO	TÍTULO	FORMATO	REVISÃO
15	TOMADA D'ÁGUA – PLANTA E PERFIL	A1	1
16	PLANTA E PERFIL GEOLÓGICO	A1	1
17	ESTRUTURAL – CAIXA DE ENTRADA	A1	1
18	ESTRUTURAL – CAIXA DE SAÍDA	A1	1
19	ENVELOPAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA	A1	1
20	CAMINHO DE SERVIÇO 01 – PLANTA E PERFIL	A1	1
21	CAMINHO DE SERVIÇO 02 – PLANTA E PERFIL	A1	1
22	CAMINHO DE SERVIÇO – SEÇÃO TIPO	A1	1
23	CAMINHO DE SERVIÇO 01 – SEÇÕES TRANSVERSAIS	A1	1
24	CAMINHO DE SERVIÇO 02 – SEÇÕES TRANSVERSAIS	A1	1

3 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO EXECUTIVO

3 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO EXECUTIVO

3.1 Estudos Básicos

A seguir são resumidos os estudos relacionados diretamente à concepção de alternativas de barramento, sendo eles os Estudos Cartográficos e Topográficos, os Estudos Geológicos e Geotécnicos e os Estudos Hidrológicos.

3.2 Estudos Cartográficos e Topográficos

Os estudos cartográficos foram desenvolvidos inicialmente a partir de cartas da SUDENE (SB-24-V-D-VI) digitalizadas em escala 1:100.000 e com curvas de nível a cada 40 metros; sobre as quais foi definida a localização do barramento e a área da bacia hidrográfica, de acordo com o Edital de licitação.

Para uma melhor avaliação topográfica do local indicado pela SRH-CE, embora que de modo expedito, mais em primeira aproximação, foi gerado o MDT utilizando a cartografia SRTM – “Shuttle Radar Topography Mission” elaboradas pela NASA e NIMA, para toda bacia hidrográfica do eixo indicado. Para complementar as informações da carta gerada, foram utilizadas imagens recentes do Google Earth para definir o traçado das rodovias e estradas vicinais, imobiliário de propriedades e delimitação das cercas das propriedades, etc.

Os serviços de levantamento topográfico tiveram início com realização do transporte de coordenadas geográficas, utilizando GPS (Sistema de Posicionamento Global) Geodésico de dupla frequência, L1 e L2, amarrados na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC. Foram determinadas as coordenadas e cotas dos Marcos (M5); (M3) e (M4) indicados acima (item 2), alinhados com o eixo da barragem com base no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS 2000).

O levantamento da área da barragem teve como base o levantamento de dois eixos, o primeiro a ser levantado foi eixo da barragem. O estaqueamento iniciou na ombreira direita na estaca 0 e terminou na estaca 14 + 11,77, perfazendo um total da 291,77 m. Adiante foram levantadas as alternativas de sangradouro, com extensão de 120,00 m. A Tabela 3.1 apresenta a relação de marcos implantados ao longo o eixo a ser barrado.

Tabela 3.1 – Marcos implantados no eixo da Barragem Boa Vista dos Parentes

MARCOS IMPLANTADOS-BARRAGEM BOA VISTA-SEN.POMPEU/QUIXERAMOBIM/CE					
Nº	ESTACA	POSIÇÃO	COORDENADAS		COTA (M)
			E	N	
M2	E4	Omb. Direita	466.889,42	9.390.719,54	177,03
M3	E9	Leito riacho	466.927,89	9.390.628,81	164,75
M4	E14+11,77	Omb. Esquerda	466.961,91	9.390.520,74	183,71
M5	E0	Omb. Direita	466.862,01	9.390.794,69	187,20
M6	E5S+10	Sangradouro	466.933,84	9.390.878,00	192,84

O levantamento planimétrico das jazidas, foi realizado nas áreas de ocorrências de materiais identificadas pela equipe de campo, materiais estes que serão utilizados na construção da barragem. Através do transporte de coordenada todos os furos foram levantados e a poligonal de cada jazida foi amarrada ao eixo da barragem.

3.3 Estudos Geológicos e Geotécnicos

A bacia hidrográfica do Açude Boa Vista dos Parentes está situada na microregião geográfica do Banabuiú, no Estado do Ceará, numa área em que predominam as rochas do embasamento cristalino.

Ao longo do eixo locado, abrangendo uma faixa de 150m para montante e 150m para jusante foram estudadas as ocorrências e mapeados os principais afloramentos contendo rocha em superfície. Na bacia hidráulica os percursos foram feitos de carro de passeio pelos acessos disponíveis na área, com utilização de GPS de mão para anotação dos pontos visitados.

O terreno da área do sangradouro apresenta afloramentos formados por rochas gnáissicas, sendo observada a lineação estrutural dos minerais, apresentando uma granulometria média a grossa que possui cor cinza-clara com tons amarelados de alteração, contendo essencialmente feldspato, biotita, moscovita e quartzo. Nessa área a foliação se dá preferencialmente em torno de N33ºAz, ou seja, a direção se orienta praticamente segundo E-W, com mergulhos sub-verticais. Essa condição é favorável com relação ao fluxo de percolação de montante para jusante na área do sangradouro, pois o eixo locado fica posicionado obliquamente ou quase perpendicular à foliação.

Foram realizados no total de 07 (sete) furos de Sondagem Mista (percussão + rotativa). Na execução foram utilizadas sondas rotativas da SONDEQ modelo 920 de avanço hidráulico, empregando-se coroa diamantada de diâmetro NWM e barrilete duplo móvel.

As investigações geotécnicas realizadas no local da barragem objetivaram a identificação e compreensão das características e peculiaridades do solo de fundação e do substrato rochoso deste sítio, visando a concepção de um maciço tecnicamente adequado e seguro além, de economicamente viável.

Para concretização deste objetivo foram realizadas 07 prospecções mecânicas mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa), nas posições indicadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Sondagens da Barragem Boa Vista dos Parentes

EIXO BARRAGEM E SANGRADOURO – SENADOR POMPEU/QUIXERAMOBIM-CEARÁ					
Nº	ESTACA	POSIÇÃO	COORDENADAS		COTA(m)
			E	N	
SM 1	E7+10m	Leito riacho	466914,810	9390654,368	162,459
SM 2	E9 + 10m	Leito riacho	466927,300	9390620,020	163,359
SM 3	E11	Leito riacho	466937,737	9390588,863	162,260
SM 4	E5	Omb. Direita	466896,272	9390700,740	173,067
SM 5	E12 + 10m	Omb. Esquerda	466947,669	9390559,798	168,601
SM 6	E3S + 10m	Eixo Sangrad.	466906,162	9390837,724	190,320
SM 7	E3S + 10m	Sangradouro	466873,070	9390860,000	181,950
	(40m à Jusante)				

Portanto, na região do maciço foram executadas 7 sondagens mistas, totalizando 40,20m, dos quais 7,60 m com emprego de equipamento percussivo e 32,60m com equipamento rotativo.

Os estudos geotécnicos no local do sangradouro foram realizados com a finalidade de fazer a identificação e caracterização do subsolo, inclusive, avaliando a capacidade do material rochoso de resistir aos processos erosivos provocados pelas descargas previstas.

Para este fim foram realizados 2 furos de sondagens mistas (iniciado por percussiva e prosseguido com sonda rotativa), nas posições indicadas no mapa anexo, do Volume 3 – Estudos Geológico-Geotécnicos. Os resultados destas sondagens e ensaios de campo são, também, apresentados nos Desenhos do Volume 3 – Estudos Geológico-Geotécnicos, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

Todos os furos de sondagem foram georeferenciados ao eixo topográfico implantado e tiveram suas coordenadas UTM – SIRGAS 2000 registradas. Altimetricamente tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico.

As sondagens mistas foram iniciadas a percussão e prosseguidas por rotativa. O processo de execução destas sondagens obedeceu ao mesmo processo descrito anteriormente para sondagens a percussão e rotativa.

Na Tabela 3.2, apresenta as sondagens realizadas no local do sangradouro.

Próximo ao eixo do barramento, as ocorrências de solos são escassas, não tendo sido identificada no reconhecimento de campo, nenhuma área potencialmente aproveitável como área de empréstimo. No entorno do eixo é generalizada a ocorrência de solo residual de gnaise,

cuja espessura é igual 0,60m, nas ombreiras. No leito do rio ocorrem aluviões silto arenosos com espessuras variáveis, atingindo até 3,45m.

Áreas com ocorrências de solos argilosos impermeáveis, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas na área do reservatório, a distâncias de 7,00 km. Nestas áreas, o capeamento de solo apresenta espessura média da ordem de 2,40m m de material aproveitável. Assim, extensas áreas tiveram de ser pesquisadas, para obtenção de material em volume suficiente para execução do maciço.

A localização das Jazidas de Solo (JS 1 e JS 2) e dos respectivos poços de investigação estão indicados no Desenho - Localização das Áreas de Jazidas – parte integrante do Volume 3 – Estudos Geológico-Geotécnicos.

Os solos ocorrentes, foram classificados segundo a USCS, como solos areno argilosos e argilosos de baixa plasticidade e pouco compressíveis, tipo SC e SM-SC, respectivamente. A análise das curvas de distribuição granulométrica e da carta de plasticidade revelam que os solos das duas áreas selecionadas são razoavelmente uniformes.

Os ensaios de permeabilidade, em permeâmetro de carga constante, revelaram para Jazida de Solo (JS 1), os seguintes valores para o coeficiente de permeabilidade:

- Amostra nº 1: $k = 5,6 \times 10^{-5}$;
- Amostra nº 2: $k = 6,7 \times 10^{-5}$;
- Amostra nº 3: $k = 5,3 \times 10^{-7}$;
- Amostra nº 4: $k = 5,1 \times 10^{-7}$

Observa-se também através da permeabilidade, uma excelente uniformidade dos solos das duas áreas selecionadas como fonte de material para construção do maciço.

Um extenso lastro de areia foi identificado à jusante do barramento, no leito do rio Banabuiú, o qual se inicia a 3,0 km do eixo da barragem e possui extensão de 2,0 km. Este banco de areia foi denominado Jazida de Areia (JA 1), com dimensões (2.000x40x1,10)m apresentando volume igual a 88.000m³, sendo suficiente para o atendimento às necessidades da obra.

A obtenção de material rochoso para aplicação nas obras do rip rap, rock fill e talude de jusante deverão ser usados os materiais das escavações obrigatórias do sangradouro, e se necessário escavações complementares na Pedreira 01(150 x 100m) nas proximidades do sangradouro. Ver localização no Anexo 3 do Volume 3 – Estudos Geológico-Geotécnicos.

3.4 Estudos Hidrológicos

Para avaliação morfológica do local de estudo, utilizou-se a imagem de um modelo digital de elevação (MDE) derivado da imagem SRTM, obtida pelo projeto Topodata

(www.dsr.inpe.br/topodata) em escala 1:250.000, com curvas de nível a cada 30 metros. O MDE é um arquivo tipo *raster*, formado por *pixels* com informações de coordenadas e elevação, possibilitando a representação contínua das superfícies.

Na Figura 3.1 são apresentados o traçado da bacia e a rede de drenagem classificada segundo o critério de *Strahler* (1952). Na Figura 3.2 tem-se ilustrado o mapa hipsométrico da área de estudo, em conformidade com os limites hidrográficos estabelecidos.

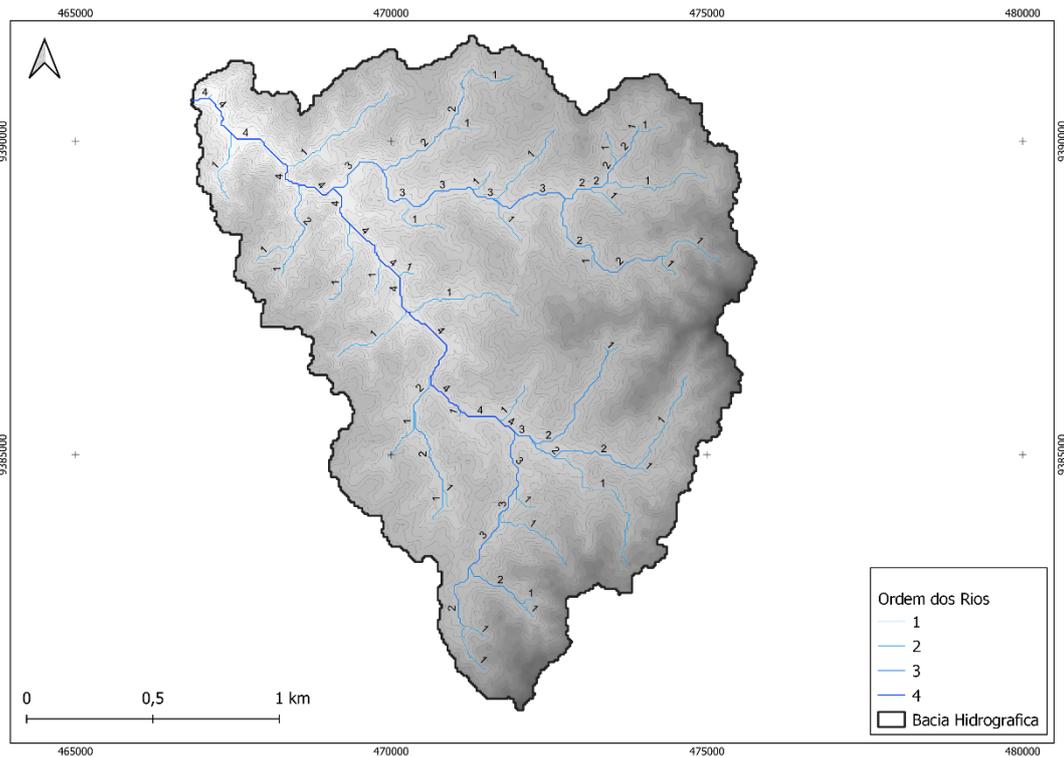


Figura 3.1 – Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem

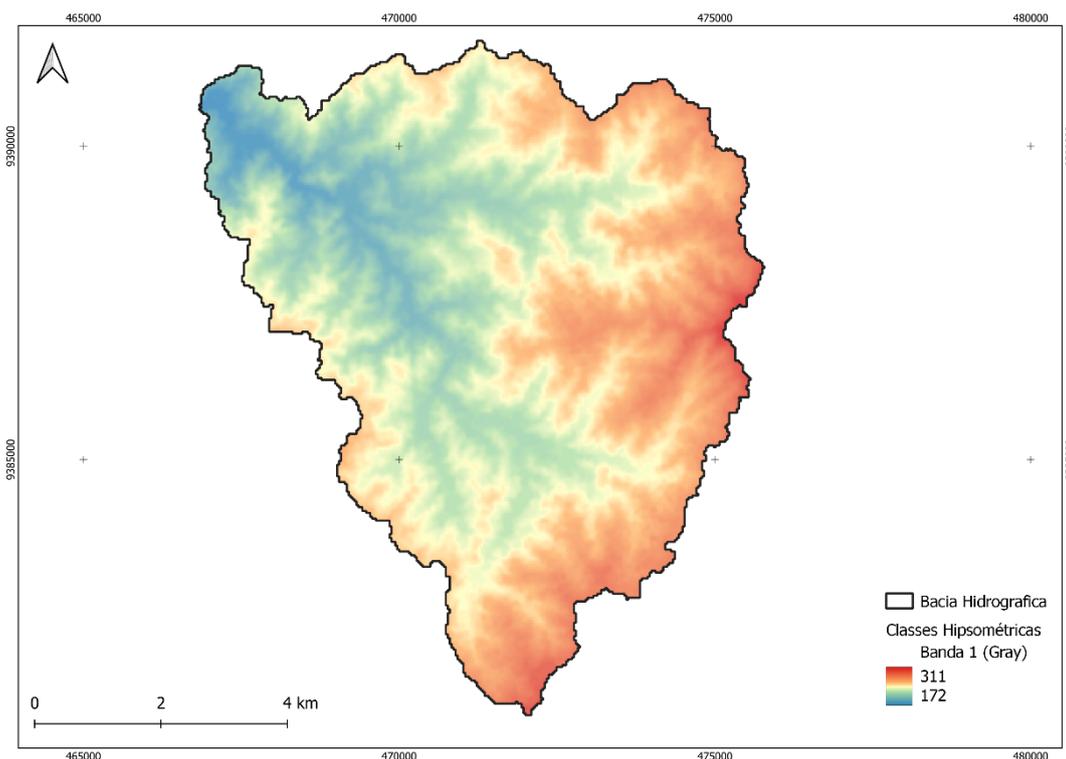


Figura 3.2 – Mapa hipsométrico

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

Através da cartografia realizada durante o estudo básico deste projeto, foi definida a bacia hidráulica da área do estudo, a partir da qual permite-se observar a relação do diagrama detalhado na Tabela 3.3 e na Figura 3.3 .

Tabela 3.3 – Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (ha)	Volume (m3)
161	0,01	6,41
162	0,18	510,61
163	1,14	6.627,91
164	2,93	26.365,04
165	5,21	66.763,56
166	8,54	133.660,45
167	13,21	242.140,36
168	18,15	397.840,35
169	23,01	603.914,63
170	28,11	859.014,19
171	33,90	1.168.540,76
172	39,69	1.536.347,00
173	45,90	1.963.430,76
174	52,46	2.454.715,11
175	59,46	3.014.386,70
176	66,57	3.643.687,86
177	74,73	4.349.682,80
178	84,07	5.142.049,75
179	94,15	6.030.743,34
180	106,39	7.031.478,06
181	120,36	8.165.669,81
182	134,50	9.439.479,16
183	150,01	10.859.119,26
184	167,42	12.445.354,01

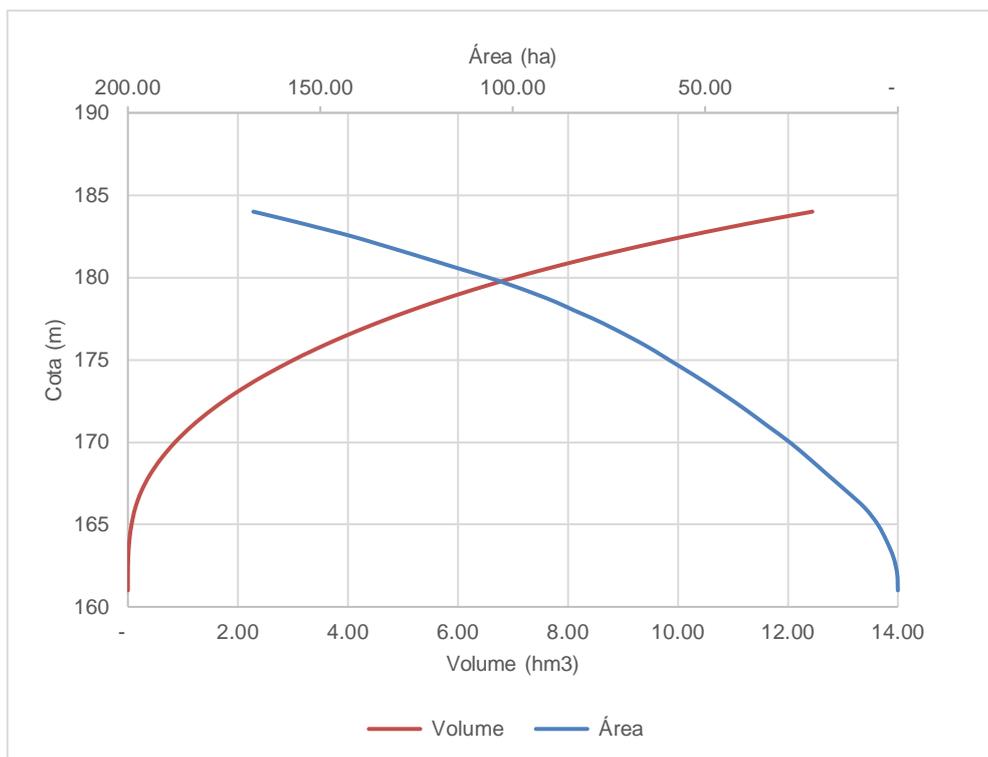


Figura 3.3 – Curva Cota x Área x Volume

A Sub-bacia do Banabuiú apresenta um padrão geológico simples, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino (96,53%), representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica, Pré-Cambriano. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos (3,47%) terciários do Grupo Barreiras, coberturas terciário-quadernárias, que afloram sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e coberturas aluviais, densidade quadernária, encontradas ao longo dos cursos d'água.

O tipo de vegetação predominante nos quadrantes da região hidrográfica do Banabuiú com ampla ocorrência, concentradas ou presente em descontínuas faixas vegetacionais, é a Savana-Estéptica Arborizada, segundo a Chave de Classificação do IBGE (2012). É também chamada de Caatingas do Cristalino, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta.

As caatingas arbustivas são as mais comuns entre todos os tipos de caatingas. O pequeno porte é a regra em sua fisionomia, sendo espaçadas ou fechadas. São caducifólias e xeromórficas. Ocupam as terras dos sertões, genericamente.

Atualmente, as áreas onde a vegetação típica da caatinga predomina são intercaladas por áreas de pastagens e lavouras e outras áreas modificadas pelo homem, como assentamentos e rodovias. A vegetação nativa apresenta sinais de uso, devido, por exemplo, à exploração da madeira e ao pisoteio pelo gado bovino e caprino.

A abordagem da climatologia visa caracterizar a área de estudo nos seus mais variados elementos hidro meteorológicos. Para caracterizar a hidro climatologia da região, foi considerada representativa a estação de Quixeramobim - 82586 (estação disponível mais próxima da área de estudo). A caracterização hidro climatológica da zona é feita utilizando-se as normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018), as quais foram obtidas a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1981 a 2010.

A região da bacia encontra-se 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 abordagem da climatologia visa caracterizar a área de estudo nos seus mais variados elementos hidro meteorológicos. Para caracterizar a hidro climatologia da região, foi considerada representativa a estação de Quixeramobim - 82586 (estação disponível mais próxima da área de estudo). A caracterização hidro climatológica da zona é feita utilizando-se as normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018), as quais foram obtidas a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1981 a 2010.

A região da bacia encontra-se 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.

foi verificada a existência de poucos postos pluviométricos próximos à bacia hidrográfica. Foram utilizados os postos com séries maiores que 30 anos válidos. A precipitação local foi obtida através dos polígonos de Thiessen. Os postos utilizados e suas áreas de influência, calculadas através do método de Thiessen, estão expostos na Tabela 3.4.

Os anos com falhas de preenchimento foram desconsiderados, visto que cada ano é considerado uma realização da variável aleatória e que a série é estacionária.

Tabela 3.4 – Área de influência dos postos selecionados

CÓDIGO	POSTO	ÁREA (km ²)	INFLUÊNCIA (%)	PERÍODO DA SÉRIE	ANOS INCOMPLETOS
539072	ENCANTADO	41,64	71,79	01/01/1917 a 01/03/1976	1917, 1919, 1947, 1951, 1976
539019	ITABATINGA	16,36	28,21	01/01/1988a 01/12/2023	1988, 1993, 1994, 1995, 2012
TOTAL		58,00	100%	-	-

A Figura 3.4 ilustra a área de influência dos postos utilizados no estudo de cheias.

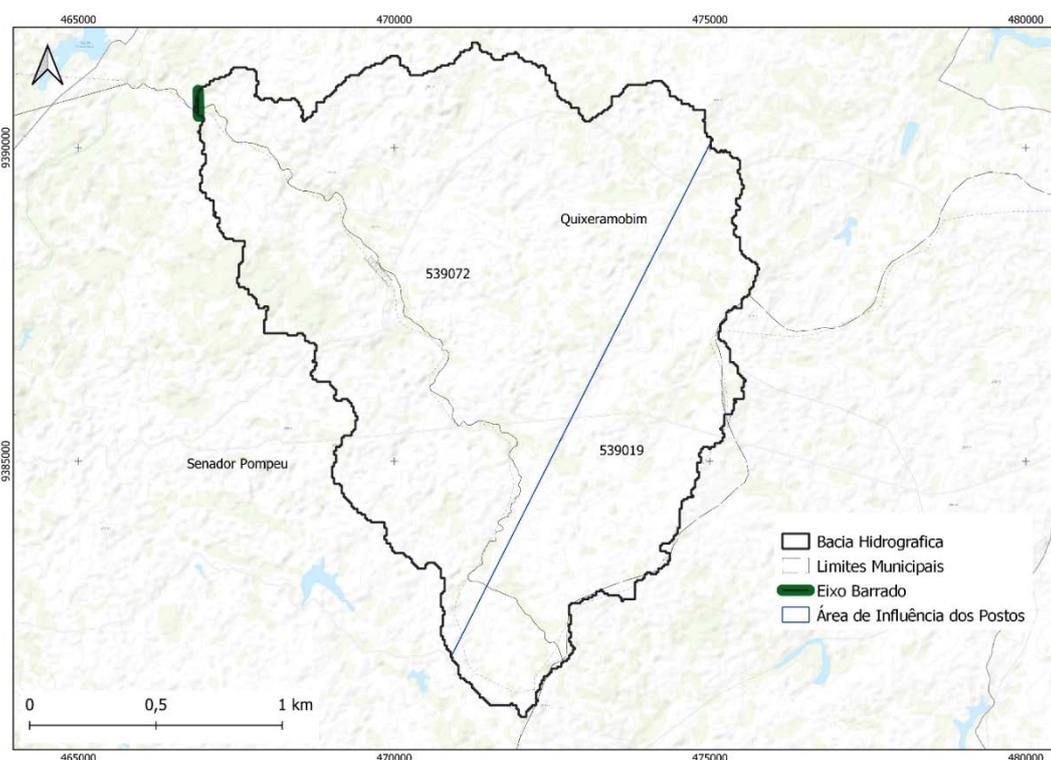


Figura 3.4 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos

A fim de obter as precipitações máximas de 24h e de 1h de duração sobre a bacia, foram utilizadas as áreas dos polígonos de Thiessen. Assim, foram calculadas as chuvas de 24h e de

1h de duração pela média ponderada das áreas de influência de cada posto para os períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos. Os resultados estão dispostos no Tabela 3.5 .

Tabela 3.5 – Precipitações máximas intensas com duração de 6 minutos, 1 hora e de 24 horas (mm) associadas aos períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos

Tr (anos)	Precipitação Máxima (mm)		
	P24h	P1h	P6min
100	151,45	69,51	17,29
1.000	191,33	85,14	21,84
10.000	231,24	99,67	26,40

A Tabela 3.6 exhibe a distribuição acumulada da precipitação máxima sobre a área da bacia do barramento Boa Vista dos Parentes, obtida através da interpolação logarítmica entre os valores da chuva de 24h e de 1h de duração exibidos na Tabela 2.23.

Tabela 3.6 – Distribuição acumulada da chuva sobre a bacia de contribuição

Duração da Chuva	Precipitação (mm)	
	1.000	10.000
01:00	85,14	99,67
02:00	108,30	128,36
03:00	121,85	145,15
03:10	123,66	147,39
04:00	131,46	157,06
05:00	138,92	166,30
06:00	145,01	173,85
07:00	150,16	180,23
08:00	154,62	185,76
09:00	158,56	190,63
10:00	162,08	195,00
11:00	165,26	198,94
12:00	168,17	202,54

Observa-se que a chuva milenar é de 123,66 mm e a decamilenar é de 147,39 mm.

A lâmina média escoada na área em estudo é de 53,0 mm/mês, com um coeficiente de escoamento médio na bacia de 7,80% e um volume afluente anual médio de 3,08 hm³/ano.

A alternativa de barragem que se mostrou mais indicada é barragem de terra, com sangradouro escavado em rocha e soleira espessa com largura de 60 metros; cota de sangria = 178,00 m e cota de coroamento = 183,00 m.

Neste caso, obtém-se como pode-se observar na curva cota x área x volume, um volume da ordem de 5.142.049,75m³, inundando uma área de 84,07 hectares.

A cheia milenar atinge valores de 355,50 m³/s e a decamilenar de 468,80 m³/s. O amortecimento da cheia para os vertedouros simulados também foi significativo, variando aproximadamente entre 56,46% a 20,82%.

A partir dos resultados apresentados, foi adotada uma largura de 60 m para o vertedouro.

3.5 Descrição Geral do Barramento

Conforme exposto nos estudos básicos e na análise de alternativas, a Barragem Boa Vista doas Parentes será composta de uma estrutura em solo compactado com vertedouro escavado em rocha. A concepção do vertedouro contará com uma estrutura composta por um canal de aproximação, uma soleira espessa e um canal de restituição.

A constituição do maciço em terra homogênea terá um material predominantemente classificado como tipo SM - SC, de acordo com os resultados dos ensaios de laboratório efetuados nas amostras de solo coletadas, apresentados no Volume 3 – Estudos Geológicos-Geotécnicos dos Estudos Básicos (Fase A), com os materiais provenientes das jazidas JS-1 e JS-2 delimitadas.

A fundação do barramento será realizada diretamente sobre no substrato rochoso, após limpeza composta através de escavação, conforme sondagens realizadas ao longo do eixo da barragem e apresentadas no Volume 3 – Estudos Geológicos-Geotécnicos dos Estudos Básicos (Fase A).

Para caracterização da fundação do barramento foram realizados 7 furos de sondagens mistas, conforme mapa apresentado no Volume 3 – Estudos Geológicos-Geotécnicos dos Estudos Básicos (Fase A). Observou-se que na zona da calha do rio ocorre um depósito aluvionar com espessura rasa, em contato com o maciço rochoso caracterizado por gnaisse. Na calha do rio subjacente ao pacote aluvionar, constatou-se a presença de uma rocha biotita-gnaisse, com veios de quartzito, muito dura com RQD em média de 80%. Na ombreira esquerda o topo rochoso encontra-se pouco profundo, inclusive aflorando em várias locais. Na parte alta da ombreira direita ocorrem também solos residuais, de composição silto arenosa ou silto argilosa, micáceos, com pequena espessura.

Os estudos geotécnicos no local do sangradouro foram realizados com a finalidade de fazer a identificação e caracterização do subsolo, inclusive, avaliando a capacidade do material rochoso de resistir aos processos erosivos provocados pelas descargas previstas. Para este fim foram realizados 2 furos de sondagens mistas, conforme mapa apresentado no Volume 3 – Estudos Geológicos-Geotécnicos dos Estudos Básicos (Fase A).

Está prevista uma tomada d'água situada na ombreira direita, composta por tubulação dupla em aço com diâmetro de 250 mm.

O vertedouro projetado foi posicionado na ombreira direita, do tipo soleira espessa e escavado em rocha, composto por um canal de aproximação, cordão de fixação e um canal de restituição.

A seguir serão apresentadas, com memoriais descritivos e de cálculo, as principais características técnicas das obras e estruturas que compõem a solução proposta para a Barragem Boa Vista dos Parentes.

3.6 Barragem

A cota do coroamento pode ser determinada pela expressão abaixo:

$$CC = C_s + H_s + F$$

Em que:

C_s = cota da soleira do sangradouro = 178,00 m;

H_s = Lâmina máxima de sangria (TR = 1.000 anos) = 2,8 m

F = folga da barragem = 1,043 m

$$CC = 178,0 + 2,8 + 1,043 = 181,843 \text{ m}$$

$$CC_{adotada} = 182,0 \text{ m}$$

Como forma de verificar a cota de coroamento adotada para a cheia decamilenar ($H_s = 3,20$), adotou-se a folga de segurança recomendada por Cruz (1996) de 0,5 m a partir da altura das ondas calculada anteriormente:

$$CC = 178,0 + 3,2 + 0,766 + 0,50 = 182,466 \text{ m}$$

$$CC_{adotada} = 182,5 \text{ m}$$

A altura máxima do barramento é definida como sendo a diferente entre a cota calculado do coroamento e a cota do terreno na seção máxima considerada e pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$H_B = C_c - C_t$$

Em que:

C_c = Cota do coroamento: 182,50 m

C_t = Cota do terreno na seção máxima considerada: 162,159 m

$$H_B = 182,50 - 162,159$$

$$H_B = 20,341 \text{ m}$$

A largura do coroamento de um barramento pode ser definida pela fórmula de Preece, descrita a seguir:

$$L_C = 1,10\sqrt{H_B} + 0,90$$

Em que:

L_c = Largura da barragem (m);

H_B = Altura da barragem (m).

Para a barragem Boa Vista dos Parentes, calculou-se a seguinte largura do coroamento:

$$L_c = 1,10\sqrt{20,34} + 0,90 = 5,9 \text{ m//}$$

Para permitir o escoamento das águas que precipitarem sobre o coroamento, este será concebido com um abaulamento de 2%, com meios fios de concreto simples em toda a extensão.

Será previsto ainda um revestimento de 0,30 m de espessura de material granular (cascalho natural ou produto de britagem).

Para determinação do substrato de fundação que receberá as cargas solicitantes da barragem, foi considerado que:

- A escavação para as obras do vertedouro torna imperiosa a utilização de material de 3ª categoria na constituição do maciço da barragem, tendo sido recomendado o uso desse material para as obras do talude de jusante;
- Barragens de enrocamento exigem substrato de fundação mais resistentes às maiores cargas solicitantes;
- Os resultados dos levantamentos geológicos e geotécnicos, por intermédio dos quais se identificou que o substrato rochoso se situa em profundidades não superiores a 3,5 m, sendo identificadas ainda significativas áreas de rocha aflorante.

Haja vista essas considerações, recomenda-se que a fundação da barragem seja executada em rocha. Para tanto, será necessária a retirada de todo o material aluvionar e silto argiloso presente ao longo da área que será ocupada pelo maciço, conforme indicado em desenhos que orientam a escavação.

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.

A permeabilidade do maciço da barragem foi obtida a partir das análises dos ensaios de granulometria efetuados nos materiais das jazidas, bem como dos ensaios de permeabilidade realizados nas amostras de materiais coletados e conforme já citado, apresentados nos volumes de estudos básicos.

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

- $Q_{\text{maciço}} = 6,40 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
- $Q_{\text{fundações}} = 2,51 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

O sistema de drenagem interna da barragem será constituído por um filtro inclinado, situado no intermédio entre os taludes de montante e jusante, ligado a uma transição em brita que, por sua vez, está ligada ao talude de jusante.

Ao analisarmos a estabilidade do talude de montante na condição de final de construção, observou-se uma resistência ao cisalhamento com fator de segurança de 1,51, frente ao fator de segurança de 1,30 admissível recomendado pelas normas da Eletrobras, indicando que o talude é estável nesta condição.

Ao analisarmos a estabilidade do talude de jusante na condição de final de construção, observou-se uma resistência ao cisalhamento com fator de segurança de 2,77, frente ao fator de segurança de 1,30 admissível recomendado pelas normas da Eletrobras, indicando que o talude é estável nesta condição.

Ao analisarmos a estabilidade do talude de jusante na condição de regime permanente (operação), observou-se uma resistência ao cisalhamento com fator de segurança de 2,87, frente ao fator de segurança de 1,50 admissível recomendado pelas normas da Eletrobras, indicando que o talude é estável nesta condição.

Ao analisarmos a estabilidade do talude de jusante na condição de regime permanente com sismo, observou-se uma resistência ao cisalhamento com fator de segurança de 2,28, frente ao fator de segurança de 1,20 admissível recomendado pelas normas da Eletrobras, indicando que o talude é estável nesta condição.

Ao analisarmos a estabilidade do talude de montante na condição de rebaixamento rápido do reservatório, observou-se uma resistência ao cisalhamento com fator de segurança de 1,40, frente ao fator de segurança entre 1,1 e 1,30 admissível recomendado pelas normas da Eletrobras, indicando que o talude é estável nesta condição.

3.7 Dimensionamento do Vertedouro

O vertedouro adotado para a Barragem Boa Vista dos Parentes será um vertedouro do tipo canal escavado em rocha de alta declividade, dadas as condições do maciço. Para a determinação da crista vertente e o projeto da bacia de dissipação, será seguida a metodologia apresentada neste capítulo, seguindo as recomendações do *United States Bureau of Reclamation* (USBR).

Ressalta-se que nos estudos hidrológicos entregues na **FASE A** foi considerada uma largura de vertedouro igual a 60,0 m, vertendo vazões de 355,50 m³/s – cheia milenar – a 468,80 m³/s – cheia decamilenar.

Para escolha do tipo de bacia de dissipação e para o dimensionamento das estruturas que farão papel de anteparo causador de ressalto, foi necessário o cálculo da velocidade no pé do canal vertedouro.

A Tabela 3.7 apresenta os resultados obtidos com simulação do vertedouro, a serem utilizadas para o dimensionamento da bacia de dissipação.

Tabela 3.7 - Resultados obtidos com simulação do vertedouro com o HEC-RAS, para TR = 1.000 anos.

Estaca	Q Total (m³/s)	Cota da Soleira (m)	Cota N.A (m)	Nível Crítico (m)	Vel (m/s)	Froude
11	250.4	178.00	179.21	179.21	3.46	1.01
9.9	250.4	177.20	177.96	178.40	5.47	2.01
8.8	250.4	176.40	177.16	177.60	5.47	2.01
7.7	250.4	175.60	176.36	176.80	5.47	2.01
6.6	250.4	174.80	175.56	176.01	5.47	2.00
5.5	250.4	174.00	174.76	175.20	5.46	2.00
4.4	250.4	173.20	173.96	174.41	5.47	2.01
3.3	250.4	172.40	173.16	173.61	5.47	2.01
2.2	250.4	171.60	172.36	172.80	5.46	2.00
1.1	250.4	170.80	171.56	172.00	5.47	2.01
0	250.4	170.00	170.76	171.21	5.46	2.00

Após cálculo do Número de Froude ($Fr = 2,00$) a jusante (pé do canal vertedouro), optou-se pela solução utilizando-se da Bacia de Dissipação Tipo I, do *Bureau of Reclamation*¹.

Os parâmetros para o dimensionamento da bacia serão:

$$y_l = \text{tirante no pé do canal (m)}$$

$$y_l = 0,76\text{m}$$

$$y_r = \text{tirante pós-ressalto (escoamento fluvial)}$$

$$\frac{y_r}{y_l} = 0,5 \times \sqrt{1 + 8 \times F^2} - 1$$

$$\text{sendo } F = 2,00$$

$$y_r = \left(0,5 \times \sqrt{1 + 8 \times 2,00^2} - 1 \right) \times 0,76 \Rightarrow y_r = 1,81\text{m}$$

Para a determinação do comprimento teórico do ressalto (L_b) de dissipação, utilizou-se a equação proposta por Simões (2008):

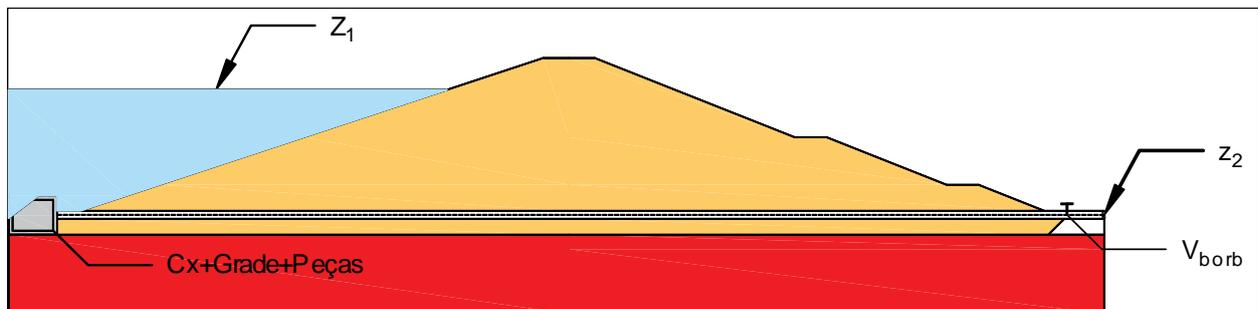
$$L_b = y_r \cdot \left(\frac{F^2 - 81,85 \cdot F + 61,13}{-0,62 - 10,71 \cdot F} \right) \Rightarrow L_b = y_r \cdot \left(\frac{2,0^2 - 81,85 \cdot 2,0 + 61,13}{-0,62 - 10,71 \cdot 2,0} \right) = 8,06\text{m}$$

¹ UNITED STATES OF AMERICA. Department of Interior. Bureau of Reclamation. Model Studies of Imperial Dam, Desilting Works, All-American Canal Structures, Boulder Canyon Project – Final Report, Hydraulic Investigations, Washington, Bulletin 4, Part VI, 1948.

Adotou-se, no projeto, a bacia de dissipação com um comprimento, no sentido do fluxo igual a 8,06m.

3.8 Dimensionamento da Tomada D'Água

A escolha do diâmetro da tomada d'água é realizado a partir da aplicação da Equação de Bernoulli entre o nível do reservatório e a cota definida para a tomada d'água.



$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h_t$$

Para a perda de carga total Δh_t , tem-se

$$\Delta h_t = \Delta h_d + \Delta h_{loc}$$

Em que,

Δh_d : Perda de carga distribuída, calculada por

$$\Delta h_d = f \frac{L V_2^2}{D 2g}$$

f : fator de atrito, calculado por:

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{Rey} \right)^8 + 9,5 \left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Rey^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{Rey} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125}$$

L : comprimento da tubulação (131,0 m)

D : diâmetro da tubulação (250 mm);

V_2 : velocidade da água na tomada d'água;

g : gravidade;

Rey : número de Reynolds, calculado por:

$$Rey = \frac{\rho V_2 D}{\mu}$$

ρ : massa específica da água;

μ : viscosidade da água;

ε : rugosidade absoluta do material da tubulação (ferro fundido = 0,25 mm);

Δh_{loc} : perda de carga localizada, calculada por:

$$\Delta h_{loc} = \left(\sum k \right) \frac{V_2^2}{2g}$$

$\sum k$: totalidade dos coeficientes de perdas de carga das peças;

Para os coeficientes de perda de carga localizada foram utilizados os valores apresentados na Tabela 3.8. A Tabela 3.9 apresenta os coeficientes de perda da válvula borboleta, considerando seus ângulos de abertura.

Tabela 3.8 – Coeficientes de perda das peças da tomada d'água

Peça	K
Grade	1,45
Crivo	2,3
Registro de Gaveta	0,1
Entrada	1
Saída	1

Tabela 3.9 – Coeficientes de perda da válvula borboleta, considerando seus ângulos de abertura

									Aberta
α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
k	670	145	47	18	7	3	1,4	0,7	0,36

Como resultado da aplicação da equação de Bernoulli, conforme descrito, obteve-se a equação para a velocidade e posteriormente, aplica-se a equação da continuidade, para a obtenção da vazão (Q).

$$z_1 - z_2 = \frac{V_2^2}{2g} \left(\sum k + f \frac{L}{D} + 1 \right)$$

$$V_2 = \left[\frac{2g(z_1 - z_2)}{\left(\sum k + f \frac{L}{D} + 1 \right)} \right]^{0,5}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V_2$$

Foram calculadas vazões considerando-se a operação da válvula borboleta com ângulos de abertura que variaram de 10° a 90° (totalmente aberta), além de terem sido simuladas cotas de operação variando de 166,0 m a 178,0 m (cota da soleira do vertedouro) tendo como base a

vazão regularizada com 90% de garantia (25,46 L/s). Para a solução do sistema de equações apresentado, utilizou-se um método iterativo, através de planilha eletrônica.

Para a verificação do esvaziamento do reservatório pela tomada d'água, contemplando o cumprimento da **PORTARIA Nº2003/SRH/CE**, de 24 de setembro de 2021, será considerado o funcionamento da tomada d'água como orifício. Portanto, foi calculado um coeficiente de descarga compatível com as vazões que passam pela tubulação com a válvula borboleta completamente aberta ($\alpha = 90^\circ$).

Recomenda-se uma linha dupla de tubos de 250 mm de diâmetro, sendo uma linha para operação com uma reserva para caso em que se necessite do esvaziamento rápido. Dessa forma, o tempo de esvaziamento passa para 124 dias, resultando numa faixa mais ampla de operação da válvula para atingir a vazão de referência (e Figura 3-5 e Figura 3-6)

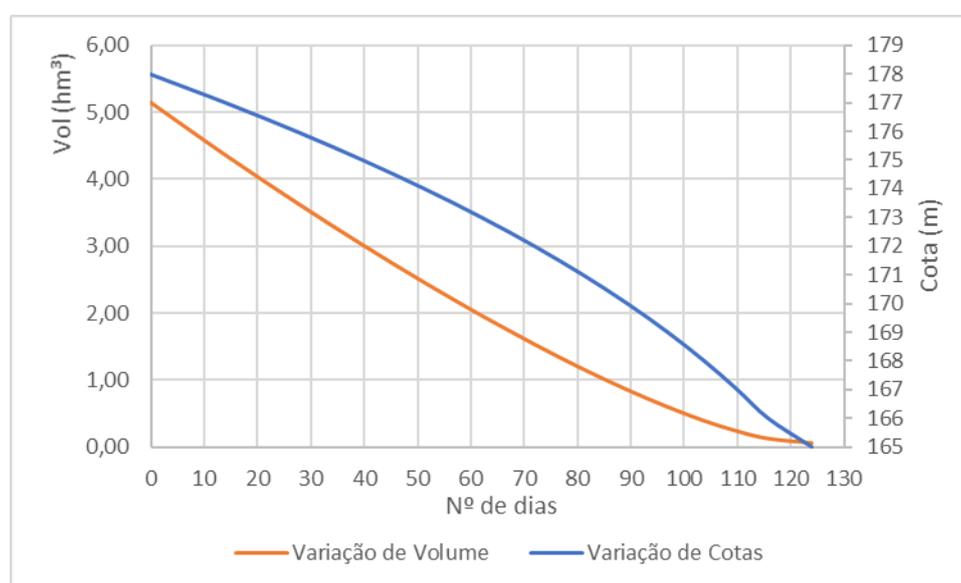


Figura 3-5 - Esvaziamento do reservatório em função do tempo, operando uma tubulação de 250 mm na tomada d'água

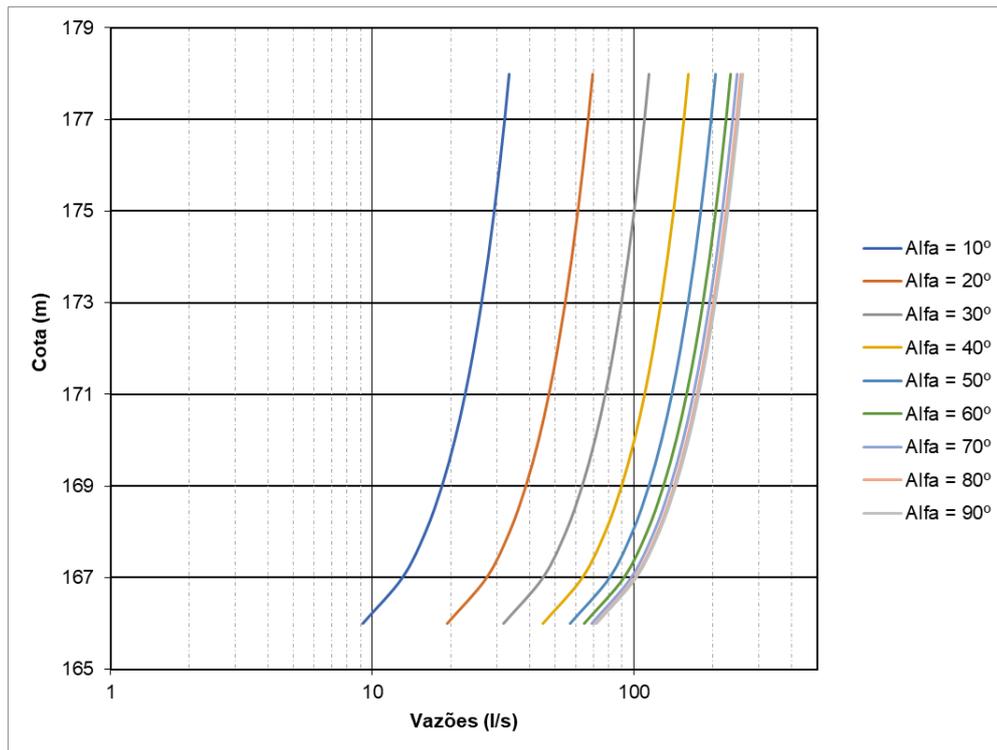


Figura 3-6 - Ábaco de vazões devidas à abertura da válvula borboleta, em caso de tomada d'água com diâmetro de 250 mm

4 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO



4 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TOTAL	CRONOGRAMA - FÍSICO FINANCEIRO														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	INSTALAÇÃO DA OBRA	3.905.730,43	40,00%	20,00%	20,00%	20,00%											
			1.562.292,17	781.146,09	781.146,09	781.146,09											
2	REDE VIÁRIA INTERNA	392.588,28	50,00%	50,00%													
			196.294,14	196.294,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	BARRAGEM EM SOLO	4.846.506,04		9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,10%	
			-	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	440.547,40	441.032,05	
4	VERTEDOIRO	4.505.022,26		16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,65%							
			-	750.987,21	750.987,21	750.987,21	750.987,21	750.987,21	750.987,21	750.086,21							
5	TOMADA D'ÁGUA	692.836,08							25,00%	25,00%	25,00%	25,00%					
				-	-	-	-	-	173.209,02	173.209,02	173.209,02	173.209,02					
6	SERVIÇO NA BACIA HIDRÁULICA	744.647,78									20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	
			-	-	-	-	-	-	-	-	148.929,56	148.929,56	148.929,56	148.929,56	148.929,56	148.929,56	
TOTAL GERAL		15.087.330,87															
	PARCIAL	(%)	11,66%	14,38%	13,08%	13,08%	7,90%	9,05%	9,04%	5,06%	5,06%	3,91%		3,91%	3,91%		
	TOTAL	(%)	11,66%	26,03%	39,11%	52,18%	60,08%	69,13%	78,17%	83,22%	88,28%	92,18%		96,09%	100,00%		
	PARCIAL	(R\$)	1.758.586,31	2.168.974,84	1.972.680,70	1.972.680,70	1.191.534,61	1.364.743,63	1.363.842,63	762.685,98	762.685,98	589.476,96		589.476,96	589.961,61		
	TOTAL	(R\$)	1.758.586,31	3.927.561,15	5.900.241,84	7.872.922,54	9.064.457,15	10.429.200,78	11.793.043,40	12.555.729,38	13.318.415,35	13.907.892,31		14.497.369,26	15.087.330,87		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, A.M.B; MARTINS, E.S.; CLARKE, R.T; REIS JR, D.S. (2005). “Regionalização de parâmetros de modelos hidrológicos” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, 17 p.

ANA (Agência Nacional de Águas). Manual do empreendedor sobre segurança de barragens. Diretrizes para elaboração de projetos de barragens - Volume V. Brasília – DF. 2016.

CRUZ, P. T. 100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto. 2. ed. São Paulo-SP: Oficina de Textos, FAPESP, 2004.

Cruz, P.T., Materón, B., Freitas, M. Barragens de Enrocamento com Face de Concreto. (Concrete Face Rockfill Dams).São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte). Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisa Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estrutura de drenagem. - 2 ed. – Rio de Janeiro. 2005. 133p. (IPR. Publ. 715).

ESTACIO, S. A. B.; COSTA, C. A.; SOUZA FILHO, F. DE A.; ROCHA, R. V. Uncertainty analysis in parameter regionalisation for streamflow prediction in ungauged semi arid catchments. Hydrological Sciences Journal, 2020.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A., Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1 n.2, p.96–99, 1985.

Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). v4.11. 2023. **US Army Corps of Engineers**. Disponível em < <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/> >.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil, 1981-2010, 2018, Brasília, DF. Disponível em < <https://portal.inmet.gov.br/normais> >.

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

LOPES, João Eduardo G.; BRAGA, Benedito B. F. Jr.; CONEJO, João Gilberto L., 1982. SMAP A Simplified Hydrologic Model. In: SINGH, P. VIJAY (Org.). Applied Modeling in Catchment Hydrology. Water Resources Publications. p. 167–176.

MARQUES, Marcelo & Maciel, Geraldo & Sobrinho, Milton. (2007). Estimativa das máximas pistas de vento no reservatório da barragem de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. Acta Scientiarum-technology - ACTA SCI-TECHNOL. 29. 10.4025/actascitechnol.v29i1.112.

MCCUEN, R.H. (2005) Hydrologic Analysis and Design. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.

NEGREIROS, J. R. Q., & Lima Neto, I. E. Relações simplificadas para estimativa do assoreamento de reservatórios.

PROJETO ALOCAR. Relatório de Cálculo das Afluências aos Reservatórios Estratégicos do Ceará: Definição das Vazões Oficiais. Fortaleza: FUNCAP/UFC/COGERH, 2021a. Disponível em: < <https://portal.cogerh.com.br/definicao-das-vazoes-oficiais-dos-reservatorios-monitorados-pela-cogerh> >.

SAVILLE, T. et al The effect of fetch width on wave generation. J. Tech. Mem., Washington, D.C, n. 70, 1954.

SOUZA, Mariana Miranda de. Estudo para o projeto geotécnico da barragem Alto Irani, SC. 2013. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PLANERH 2005), Fortaleza, SRH, 2005.

Soil Conservation Service, 1972, National Engineering Handbook, Sec. 4, Hydrology, U. S. Department of Agriculture.

STRAHLER, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117-1142.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

TORRICO, J. J. T. Práticas hidrológicas, Rio de Janeiro: Transcom, 1975, 120p.

TUCCI, C.E.M. (1998). Modelos Hidrológicos. Editora da UFRGS ABRH 650p.