



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 A – ESTUDOS BÁSICOS
VOLUME 4 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

FORTALEZA
NOVEMBRO - 2023

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Premissas Adotadas nos Estudos Hidrológicos – Riscos, Incertezas e Impressões	6
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	7
2.1 Localização e Acesso	7
2.2 Bacia Hidrográfica	9
2.3 Características Físicas da Bacia	10
2.4 Topografia da Bacia Hidráulica (Caracterização Morfológica)	12
2.5 Solos	14
2.6 Vegetação	15
2.7 Caracterização Climatológica	15
2.7.1 Temperatura	16
2.7.2 Umidade Relativa	17
2.7.3 Insolação Média	17
2.7.4 Nebulosidade	18
2.7.5 Precipitação Total	19
2.7.6 Evaporação Total	20
2.7.7 Evapotranspiração Potencial	20
2.7.8 Intensidade de Ventos	21
2.8 Classificação Climática de KÖPPEN-GEIGER	22
2.9 Sinopse Climatológica	27
3 REGIME DE CHUVAS INTENSAS NA BACIA	27
3.1 Postos Pluviométricos Potencialmente Utilizáveis	27
3.2 Metodologia para Cálculo das Chuvas Intensas	28
3.3 Seleção da Distribuição de Probabilidades e Estimativas dos Valores das Precipitações Máximas Anuais	30
3.4 Chuvas Máximas com Duração de 24 Horas	31
3.5 Chuvas Máximas com Duração de 1 Hora	32
3.6 Chuvas Máximas com Duração de 1 Hora e de 24 Horas sobre a Área da Bacia	33
3.7 Chuva de Projeto	35
4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	37
4.1 Caracterização Pluviométrica	37
4.2 Evapotranspiração	38
4.3 Cálculo das Afluências	38
4.3.1 Aspectos conceituais da modelagem hidrológica proposta - Modelo ML1	39

4.3.2	Aspectos conceituais da modelagem hidrológica proposta - Modelo KNN	40
4.4	Análise da Capacidade do Reservatório	43
4.5	Critérios e Justificativa de Escolha da Cota de Alagamento	45
4.5.1	Orçamento das Alternativas	45
4.5.2	Justificativa de Escolha	46
4.6	Impacto dos Reservatórios à Montante e Jusante	47
5	ESTUDO DE CHEIAS	47
5.1	Método Curva Número	48
5.2	Método Chuva-Deflúvio Adotado	51
5.3	Determinação da Precipitação Efetiva (PE)	52
5.4	Representação da Bacia no HEC-HMS	52
6	DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO	55
6.1	Equação do Vertedouro	55
6.2	Propagação da Cheia no Reservatório	55
6.3	Dimensionamento do Reservatório – Amortecimento das Cheias Milenar e Decamilenar 55	
7	ESTUDOS ADICIONAIS	56
7.1	Análise da Possibilidade de Assoreamento do Reservatório	56
7.2	Estudo de Probabilidade de Enchimento	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	ANEXO 1 – SÉRIE PSEUDO-HISTÓRICA PARA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE BOA VISTA	61
	ANEXO 2 – ESTUDO DE CHEIA E AMORTECIMENTO DOS VERTEDOUROS	72

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Dados físicos da bacia da barragem.....	10
Tabela 2.2 - Caracterização da bacia da barragem	11
Tabela 2.3 - Cota x Área x Volume.....	13
Tabela 2.4 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C).....	16
Tabela 2.5 - Umidade Relativa Média.....	17
Tabela 2.6 - Insolação Média	18
Tabela 2.7 - Nebulosidade	18
Tabela 2.8 - Precipitação (mm)	19
Tabela 2.9 – Evaporação total média	20
Tabela 2.10 – Evapotranspiração potencial mensal	20
Tabela 2.11 – Intensidade e direção média mensal dos ventos.....	21
Tabela 2.12 - Significado da primeira letra da classificação segundo Köppen-Geiger	24
Tabela 2.13 - Significado da segunda letra da classificação segundo Köppen-Geiger	25
Tabela 2.14 - Significado da terceira letra da classificação segundo Köppen-Geiger	26
Tabela 3.1 – Área de influência dos postos selecionados	27
Tabela 3.2 - Precipitação máxima (mm) com durações de 1 dia para os períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos	32
Tabela 3.3 - Precipitações máximas com duração de 24 horas (em milímetros)	32
Tabela 3.4 - Precipitações máximas intensas com duração de 1 hora (mm) associadas aos períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos.....	33
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	34
Tabela 3.6 - Distribuição acumulada da chuva sobre a bacia de contribuição	35
Tabela 4.1 - Precipitação mensal histórica para bacia hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes	37
Tabela 4.2 - Evapotranspiração mensal para bacia hidrográfica do açude Boa Vista.....	38
Tabela 4.3 - Parâmetros ML.....	40
Tabela 4.4 - Sumário estatístico das vazões ML1	40
Tabela 4.5 - Parâmetros KNN	41
Tabela 4.6 - Sumário estatístico vazões KNN	42
Tabela 4.7 – Série pseudo-histórica das vazões mensais multimodelo para bacia hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes (hm³/mês)	42
Tabela 4.8 - Vazões regularizadas para diferentes garantias	44
Tabela 4.9 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%.....	45
Tabela 4.1 – Comparação econômica entre as cotas de alagamento.....	46
Tabela 6.1 - Resultados dos estudos de cheia $Tr=1.000$ anos	56
Tabela 6.2 - Resultados dos estudos de cheia $Tr=10.000$ anos	56

Tabela 7.1 - Determinação da taxa de assoreamento (ϕ).....	57
---	----

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Mapa de localização e acesso.....	8
Figura 2.2 -Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem	9
Figura 2.3 - Mapa hipsométrico	10
Figura 2.4 - Curva hipsométrica da bacia	12
Figura 2.5 - Curva Cota x Área x Volume	13
Figura 2.6 – Mapa de solos	14
Figura 2.7 – Mapa de Vegetação	15
Figura 2.8 – Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.....	17
Figura 2.9 – Umidade Relativa Média, em horas	17
Figura 2.10 – Insolação Média	18
Figura 2.11 – Nebulosidade	19
Figura 2.12 - Precipitação	19
Figura 2.13 – Evaporação total média	20
Figura 2.14 – Evapotranspiração potencial mensal	21
Figura 2.15 – Intensidade média mensal dos ventos (m/s).....	22
Figura 3.1 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos	28
Figura 3.2 – Isozonas de igual relação (Fonte: Torrico, 1975).....	30
Figura 3.3 - Isozonas do estado do Ceará. (Fonte: Batista, 2018).....	33
Figura 3.4 - Chuvas intensas espaciais	34
Figura 3.5 – Hietograma para $T_r = 100$ anos.....	36
Figura 3.6 – Hietograma para $T_r = 1.000$ anos.....	36
Figura 3.7 – Hietograma para $T_r = 10.000$ anos.....	36
Figura 4.1 - Ilustração do modelo SMAP	39
Figura 4.2 - Volume anual regularizado para uma garantia de 90%	45
Figura 5.1 – Mapa de CN da Bacia do barramento Boa Vista dos Parentes.....	51
Figura 5.2 – Hidrograma unitário sintético do soil conservation servisse	52
Figura 5.3 – Representação da bacia do barramento Boa Vista dos Parentes no HEC-HMS...	53
Figura 5.4 – Vazão de projeto para $T_R = 1.000$ anos	54
Figura 5.5 – Vazão de projeto para $T_R = 10.000$ anos	54
Figura 7.2 - Probabilidade de enchimento de acordo com cotas (anos de 1 a 10).....	58

APRESENTAÇÃO

A empresa de Consultoria e Engenharia Maximino dos Santos & Cia Ltda – EPP, no âmbito do contrato Nº 13/SRH/CE/2022 publicado no DOE em 28/11/2022, com ordem de 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, SITUADO 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 **Estudos Básicos – Volume 4 Estudos Hidrológicos da Barragem Boa Vista dos Parentes**.

Este relatório tem como principal objetivo apresentar os estudos hidrológicos realizados para o local do eixo escolhido da barragem.

1 INTRODUÇÃO

O presente documento é parte integrante da Fase A e compõe um dos produtos dos estudos básicos do PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BOA VISTA DOS PARENTES, a ser construída no Município de 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 de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e 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, situado no distrito de Encantado, Município de Senador Pompeu, no Estado do Ceará.

1.1 Premissas Adotadas nos Estudos Hidrológicos – Riscos, Incertezas e Impressões

Dentre as diversas disciplinas que compõem os diferentes escopos das áreas de engenharia, certamente a hidrologia de águas superficiais é a que apresenta maior dependência das análises de risco e incerteza dos eventos de interesse, no caso específico, da predição das chuvas que se constitui na principal entrada de dados do ciclo hidrológico natural.

A hidrologia é cercada de riscos, incertezas e imprecisões. Essas imprecisões são decorrentes da alta complexidade dos processos hidrológicos, tais como as chuvas e o escoamento superficial que, em função da variabilidade de escalas temporal e espacial dos estudos, não permitem a construção de uma teoria completa e unificada dos mesmos. (MCCUEN, 2005)

Ademais, mesmo que tivéssemos uma informação hidrológica perfeita, o custo econômico para construção de obras que contemplassem uma otimização da disponibilidade de água em toda sua variabilidade, desde as secas até as inundações, seria ainda assim proibitivo. (MCCUEN, 2005)

Para lidar com esta problemática dos estudos hidrológicos, lançamos a mão de modelos estatísticos e determinísticos para mimetizar e simplificar a complexidade dos processos físicos reais envolvidos, cientes de que os mesmos representam uma forma idealizada daquela realidade e que, portanto, guardam incertezas e imprecisões. No entanto, se for possível quantificar objetivamente os riscos envolvidos nos estudos, poderemos “domar” as incertezas e imprecisões minimizando a subjetividade de julgamento destas dentro de nosso juízo de valores.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

2.1 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)-Estaca14+11,77m: 466.961,911 E; 9.390.520,744 N–Cota183,71m (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 2.1 a seguir.

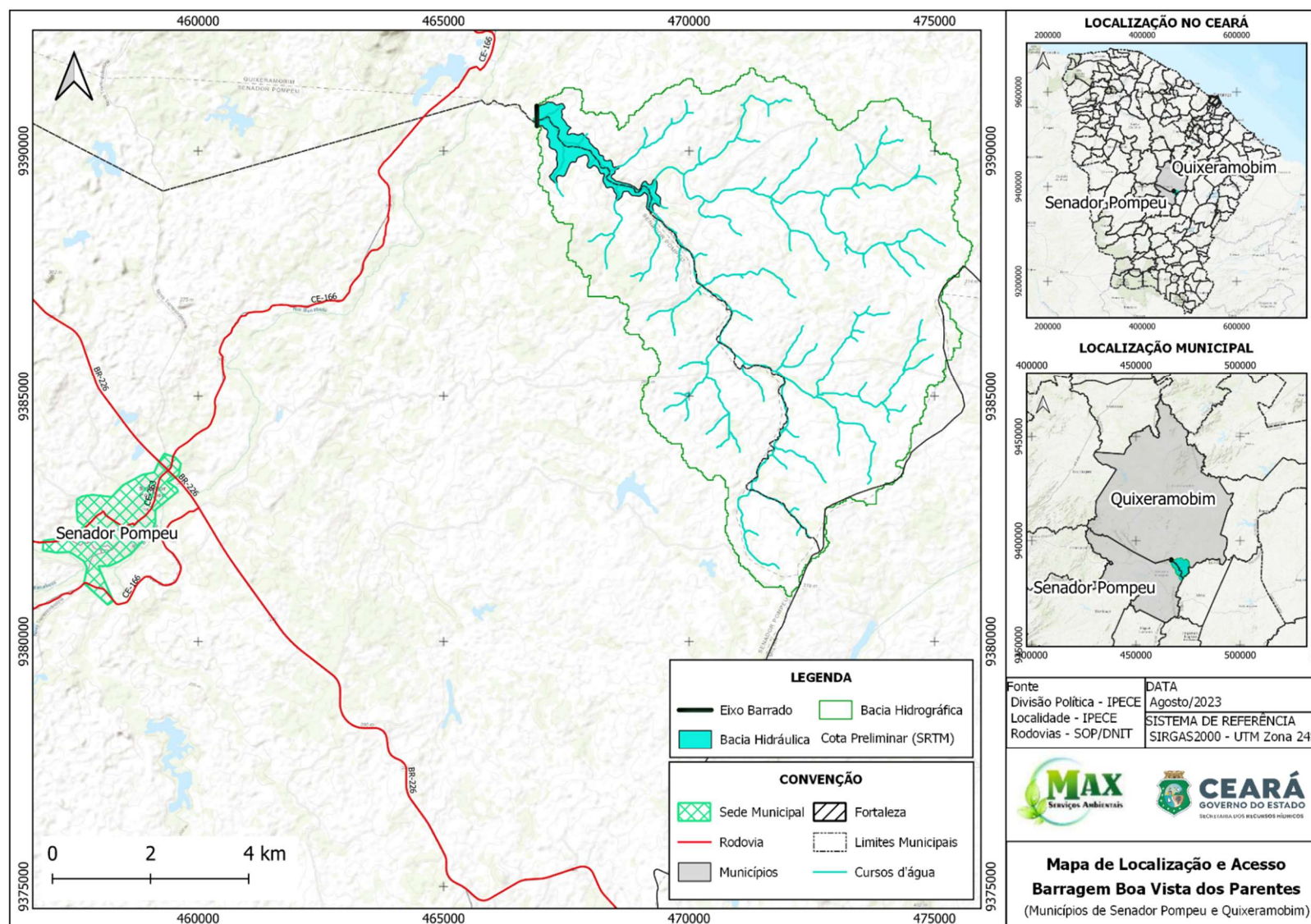


Figura 2.1 – Mapa de localização e acesso

2.2 Bacia Hidrográfica

Por definição, uma bacia hidrográfica é determinada espacialmente por divisores topográficos (cotas elevadas), de forma que a água, precipitada internamente nesses divisores, obrigatoriamente irá escoar através da sua seção de exultório. Para a delimitação da bacia, se faz necessário o conhecimento prévio do relevo ou topografia da região.

Para esta 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.

Empregou-se a ferramenta computacional *Quantum GIS (QGIS)*, versão 3.18.0 (www.qgis.org), junto ao *plugin Grass* na versão 7.0, onde, primeiramente, a imagem foi reprojeta, passando do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas; esse procedimento foi necessário para determinação de área e perímetro.

Na Figura 2.2 são apresentados o traçado da bacia e a rede de drenagem classificada segundo o critério de *Strahler* (1952). Na Figura 2.3 tem-se ilustrado o mapa hipsométrico da área de estudo, em conformidade com os limites hidrográficos estabelecidos.

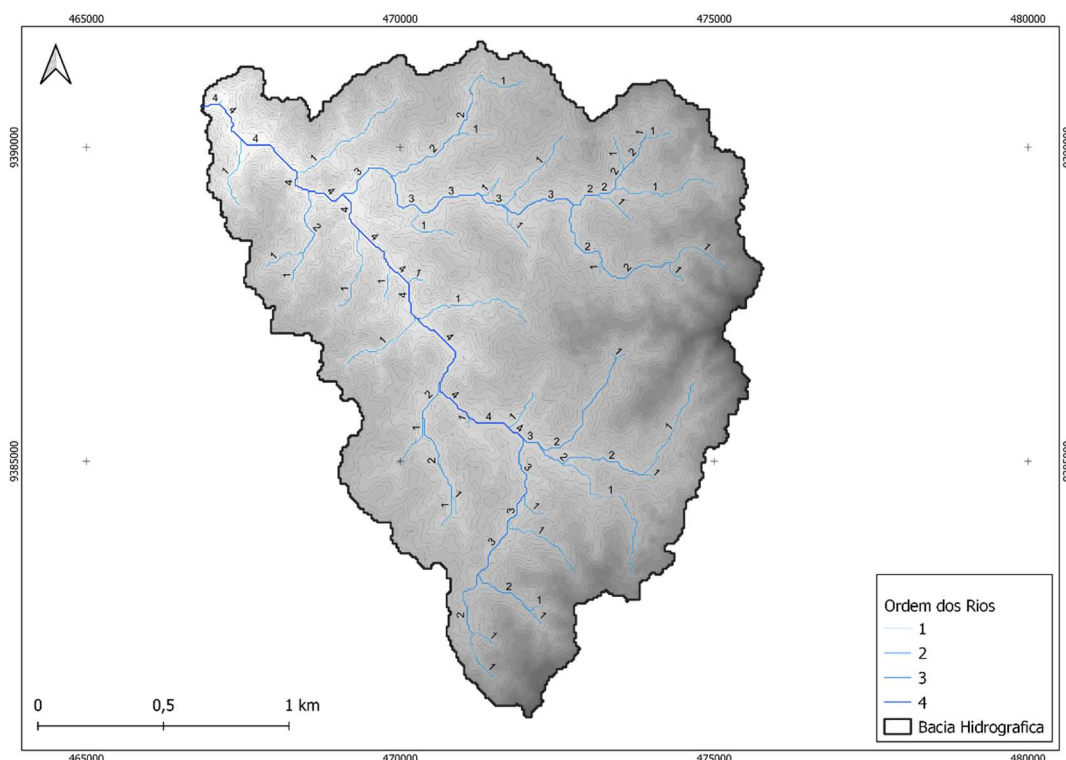


Figura 2.2 -Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem

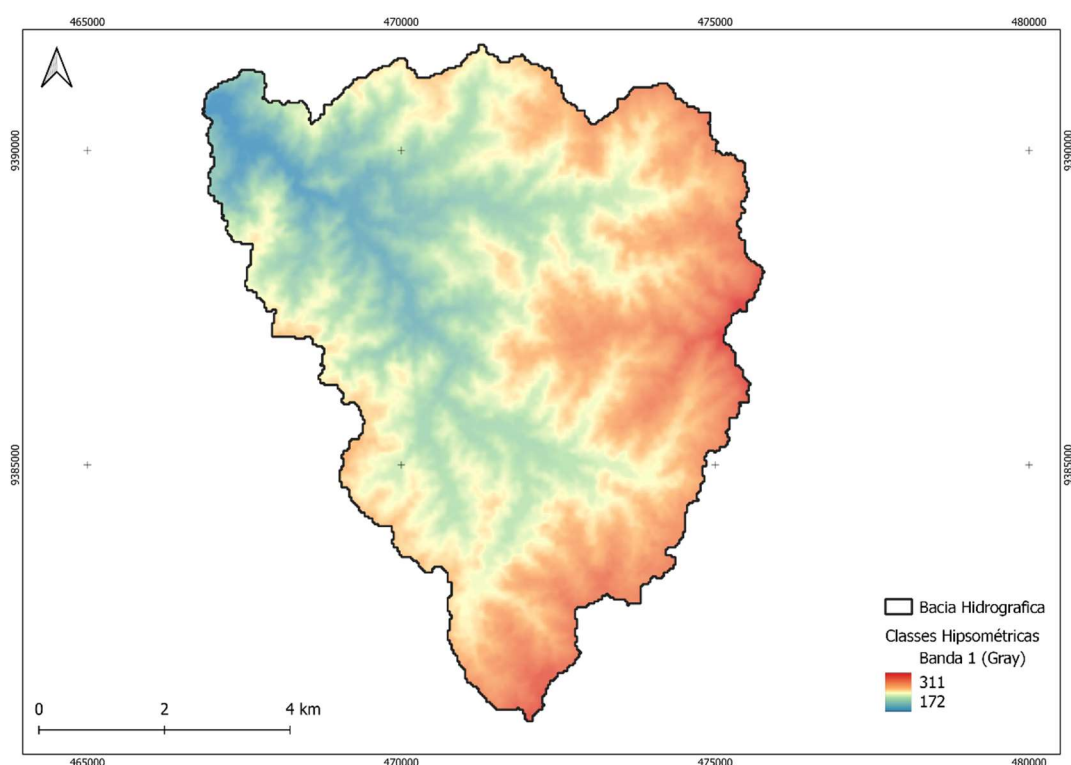


Figura 2.3 - Mapa hipsométrico

Na Tabela 2.1 a seguir é apresentado um resumo das características físicas da bacia.

Tabela 2.1 - Dados físicos da bacia da barragem

Área da Bacia Hidrográfica (Km ²)	Perímetro (km)	Comprimento do Rio (km)	Cota do Talvegue à Montante (m)	Cota do Talvegue à Jusante (m)
58,00	50,20	14,40	311,00	172,00

2.3 Características Físicas da Bacia

As características físicas e morfológicas de uma bacia hidrográfica têm grande importância em seu comportamento hidrológico, existindo uma correlação entre o regime hidrológico e estes elementos que permitem conhecer a variação no espaço do regime hidrológico.

Estas características podem afetar variáveis como o tempo de concentração, ou seja, o tempo do início da precipitação para que toda a bacia contribua no seu exultório, podendo assim servir como um indicativo de tendência para enchentes de uma bacia.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Enquanto o fator de forma relaciona a forma da bacia com um retângulo, sendo calculado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. A densidade de drenagem, por sua vez, fornece

uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. O tempo de concentração é calculado por meio da fórmula de *Kirpich* modificada (DNIT, 2005), fórmula adaptada e recomendada pelo DNIT para bacias grandes com área maior que 100 hectares. Assim, cada bacia pode ser caracterizada por estes índices calculados da seguinte forma:

$$K_C = 0,28 \frac{P_{bacia}}{\sqrt{A}} \quad (\text{Coeficiente de Compacidade})$$

$$K_f = \frac{A}{L_x^2} \quad (\text{Fator de Forma})$$

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (\text{Densidade de Drenagem})$$

$$t_c = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (\text{Tempo de Concentração})$$

A bacia de contribuição é traçada segundo os critérios mencionados, apresentado uma área de abrangência de $A = 58,00 \text{ km}^2$ e um perímetro de $P = 50,20 \text{ km}$. Possui ainda um comprimento do curso principal de $L = 14,40 \text{ km}$ e seu comprimento axial de $11,20 \text{ km}$ para um desnível de $H = 141,00$ metros, resultando numa declividade média de $9,80 \text{ m/km}$. Aplicando esses dados nas equações supracitadas, obtém-se os resultados apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Caracterização da bacia da barragem

Fator de compacidade (K_C)	Fator de forma (K_f)	Densidade de drenagem (D_d)	Tempo de concentração (horas) (t_c)
1,86	0,28	0,015	3,07

De acordo com os resultados do valor de K_C , pode-se afirmar que a bacia hidrográfica se mostra pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade. O fator de forma apresentou um valor baixo, caracterizando a bacia com uma forma mais alongada.

A Figura 2.4 mostra a representação da curva hipsométrica, que é a representação gráfica do relevo médio da bacia hidrográfica em estudo. Esta representa a variação da elevação dos vários terrenos da bacia em relação ao nível médio do mar. Essa variação é indicada em um gráfico que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações, planimetrando-se as áreas entre as curvas de nível da bacia. O uso da curva hipsométrica com valores em percentuais é mais vantajoso pois permite que a curva obtida seja comparada com outras curvas de bacias hidrográficas com tamanhos, formas e altitude diferentes.

Pode-se perceber que, aproximadamente, 50% da área da bacia encontra-se abaixo da cota de 240 metros e menos de 20% encontra-se entre 260 e 311 metros.

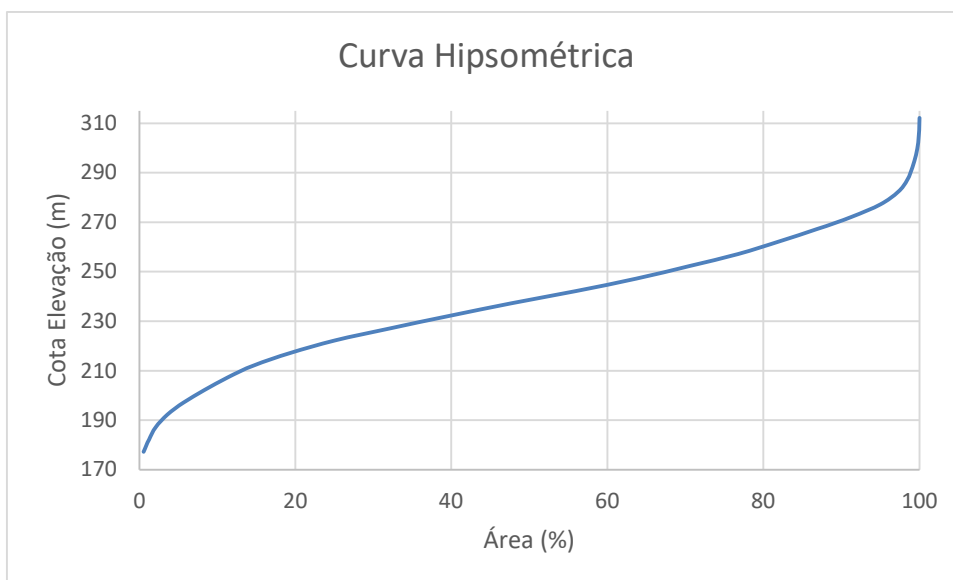


Figura 2.4 - Curva hipsométrica da bacia

2.4 Topografia da Bacia Hidráulica (Caracterização Morfológica)

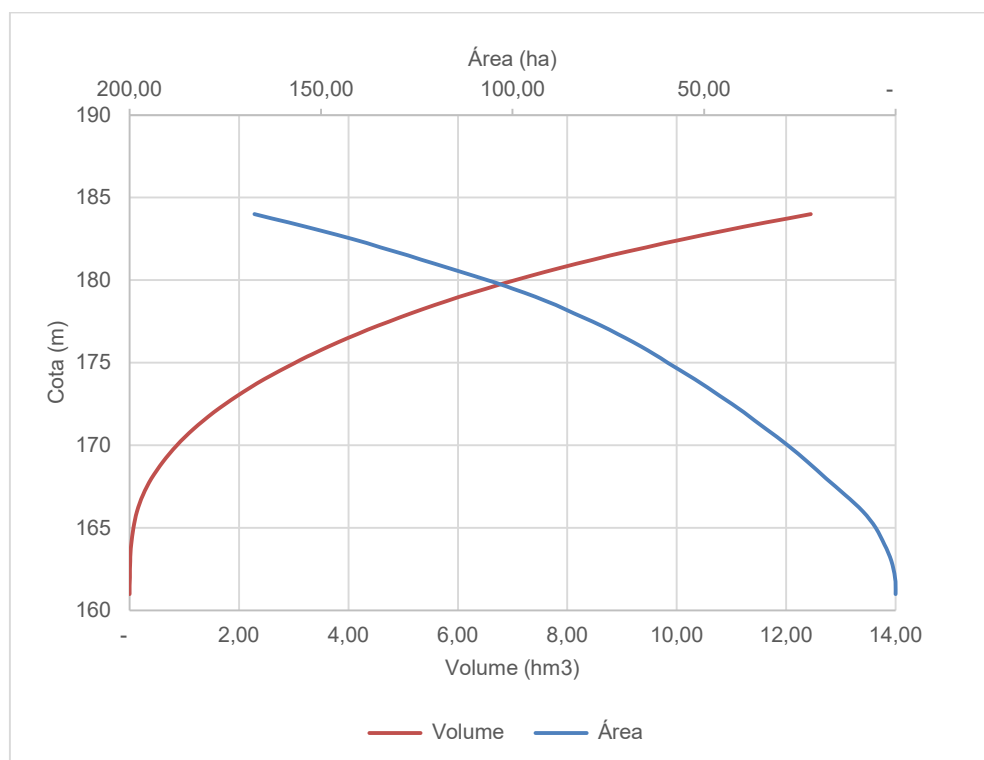
A caracterização morfológica da bacia hidráulica corresponde basicamente à determinação do diagrama cota x área x volume, fundamental para os estudos de cheia que serão apresentados posteriormente.

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 2.3 e na Figura 2.5.

Tabela 2.3 - 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 2.5 - Curva Cota x Área x Volume



2.5 Solos

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 tércio-quaternárias, que afloram sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e coberturas aluviais, densidade quaternária, encontradas ao longo dos cursos d'água.

As litologias do embasamento cristalino são recobertas por solos rasos onde há maior ocorrência de solos Neossolos Litólicos, Planossolos e Vertissolos nos sedimentos Cenozóicos do período Quaternário (recentes) e nos Aluviões do rio Banabuiú (solos Neossolos Flúvicos, com grande potencial agrícola), e rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano no restante da área, onde predominam Luvisolos (solos medianamente profundos e moderadamente ácidos, porém pedregosos e susceptíveis à erosão) e Planossolos Solódicos (rasos, susceptíveis à erosão, com limitada fertilidade natural), além de manchas de Argissolos Eutróficos (solos medianamente profundos e com grande potencial agrícola).

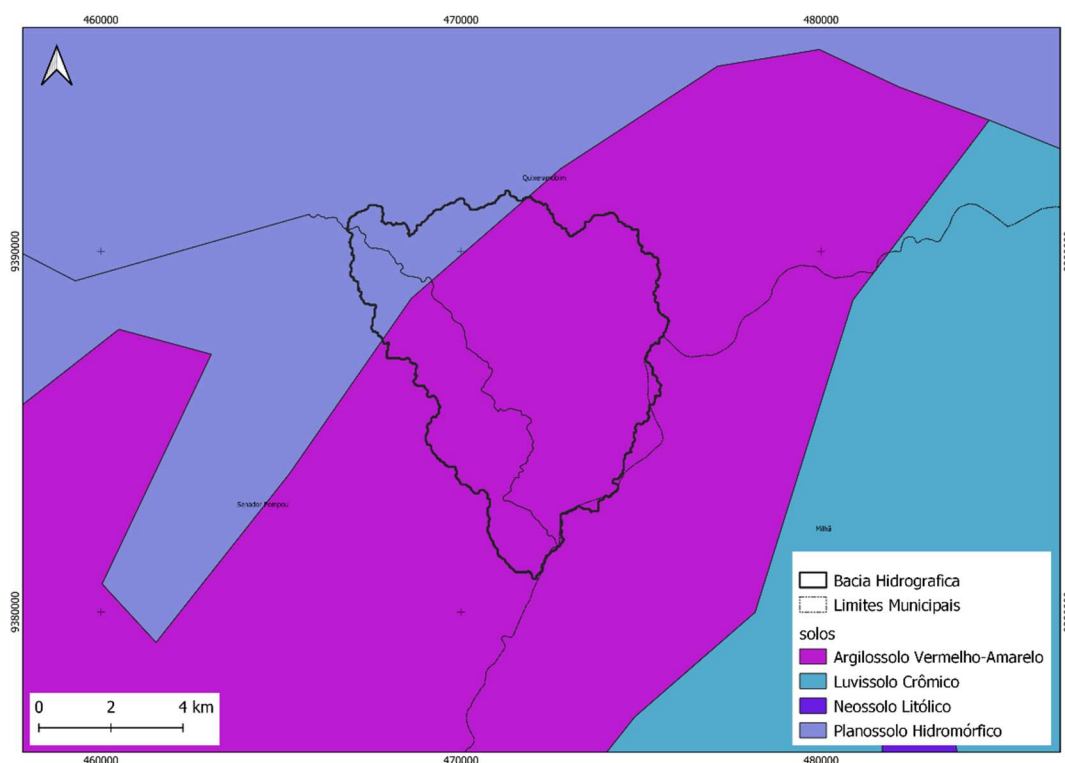


Figura 2.6 – Mapa de solos

2.6 Vegetação

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-Estépica Arborizada, segundo a Chave de Classificação do IBGE (2012). É também chamada de Caatinga 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.

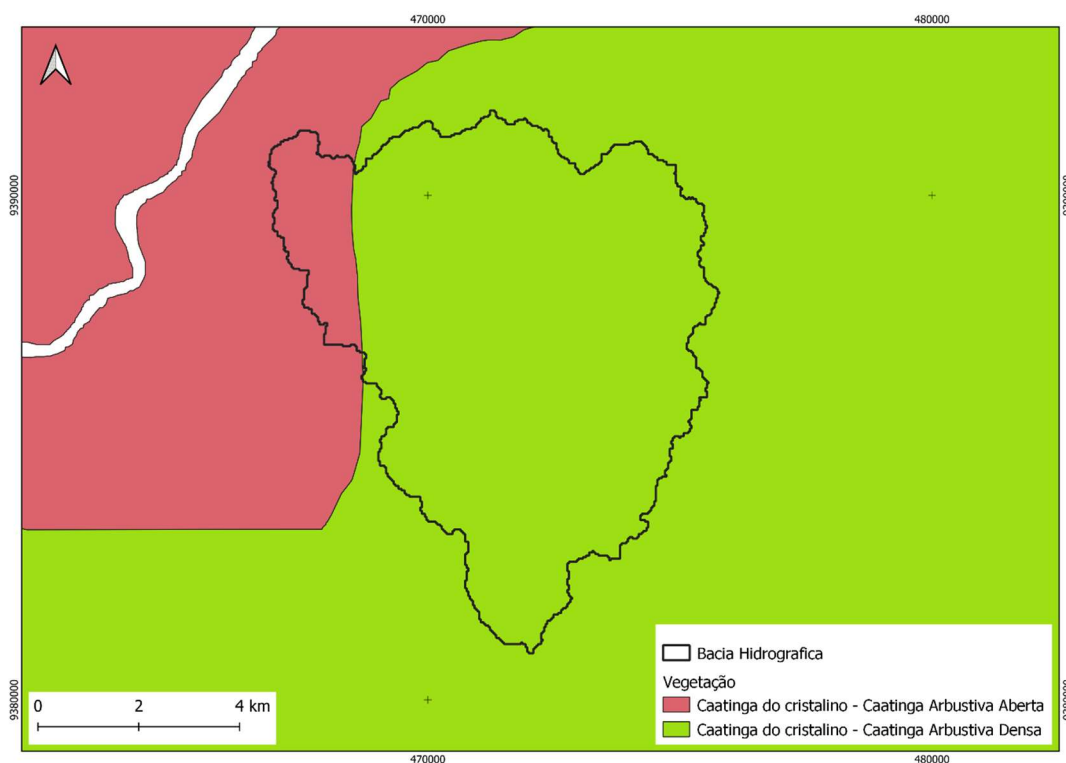


Figura 2.7 – Mapa de Vegetação

2.7 Caracterização Climatológica

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.

2.7.1 Temperatura

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.

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas na estação meteorológica, fazendo-se uso da fórmula estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial-OMM, em que:

$$T_{comp} = (TMÁX + TMÍN + T12 + T24)/5$$

Tcomp = Temperatura média compensada;

T12 = Temperatura observada às 12:00 TMG;

T24 = Temperatura observada às 24h00min TMG;

TMÁX = Temperatura máxima do dia;

TMÍN = Temperatura mínima do dia.

As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de novembro (35,5°C) e julho (21,8°C), conforme se observa na Tabela 2.4 e na Figura 2.8.

Tabela 2.4 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C)

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máxima	33,90	33,30	32,40	31,40	31,00	31,10	32,10	33,40	34,80	35,40	35,50	35,10
Mínima	23,80	23,60	23,20	22,90	22,50	21,80	21,80	22,20	22,90	23,40	23,80	24,00
Média	27,80	27,50	26,80	26,40	26,00	25,70	26,20	27,10	27,90	28,20	28,50	28,50

Fonte: INMET (2018)

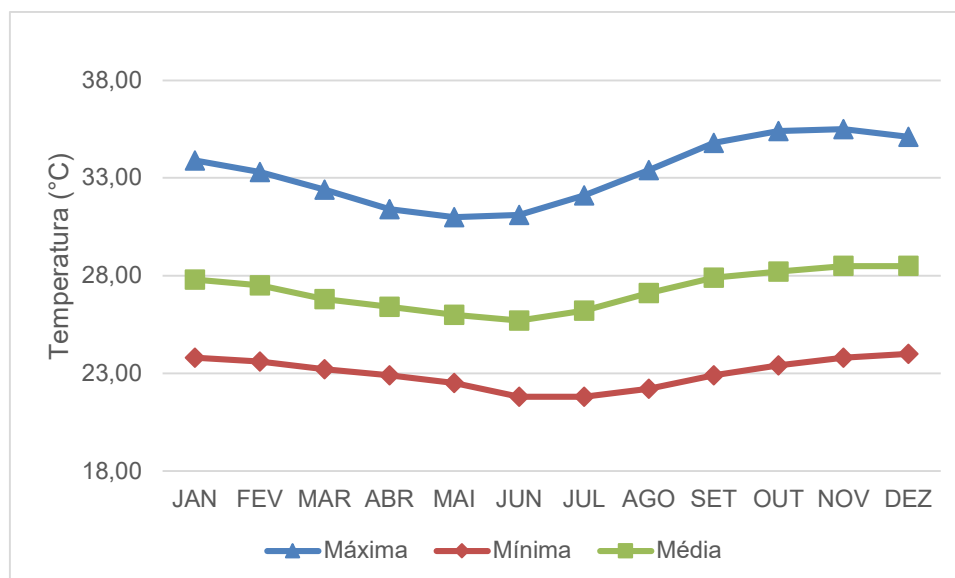


Figura 2.8 – Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas

2.7.2 Umidade Relativa

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 30% ocorrida entre os meses de Abril (73,30%) e Setembro (52,00%), como pode ser verificado na Tabela 2.5 e na Figura 2.9.

Tabela 2.5 - Umidade Relativa Média

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	63,00	66,40	71,90	73,30	72,90	66,80	59,30	53,40	52,00	53,10	54,80	58,10

Fonte: INMET (2018)

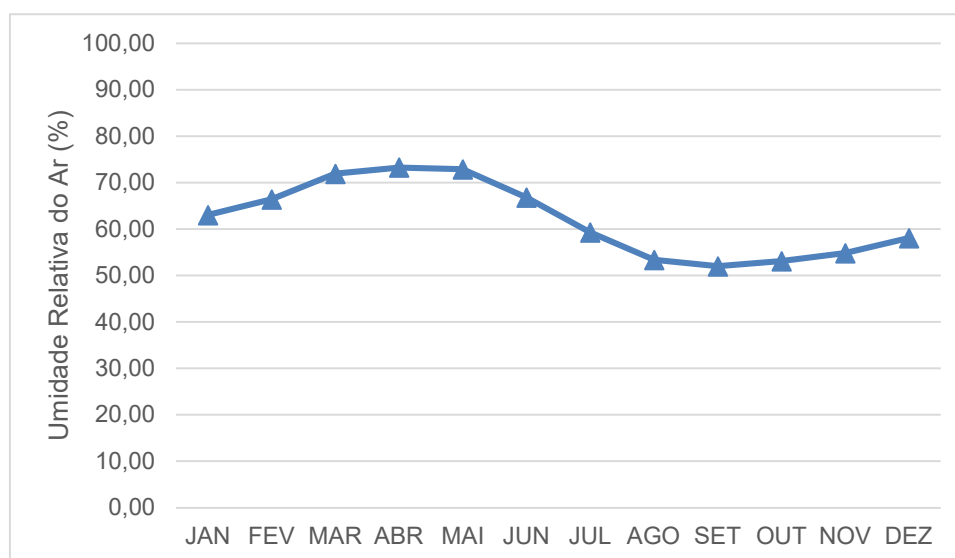


Figura 2.9 – Umidade Relativa Média

2.7.3 Insolação Média

A Tabela 2.6 e a Figura 2.10 mostram, respectivamente, o número de horas médio de exposição solar e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 2.891,70 horas de exposição. 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 (292,50 horas) e o mês de abril o menor (195,30 horas).

Tabela 2.6 - Insolação Média

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	220,10	197,90	206,30	195,30	215,20	226,10	255,40	279,30	282,40	292,50	268,20	253,00

Fonte: INMET (2018)

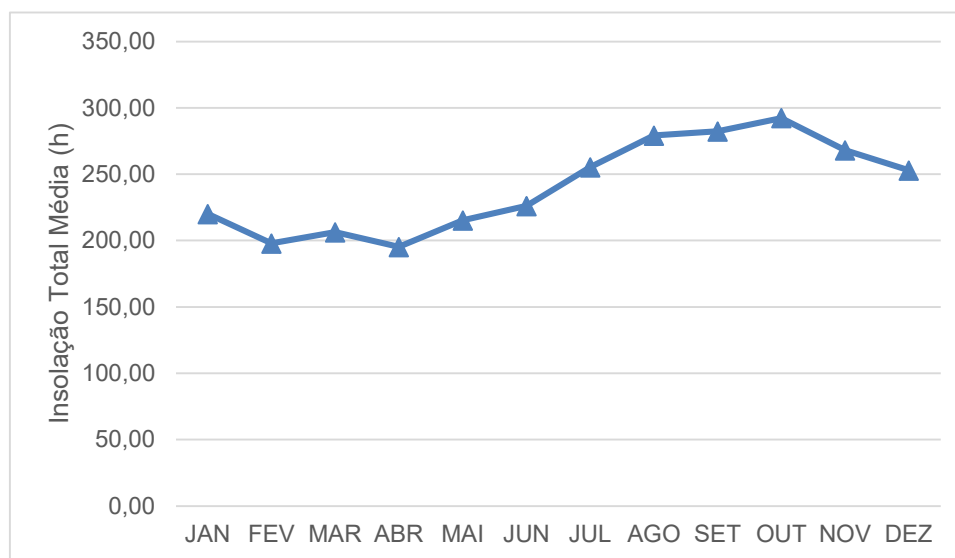


Figura 2.10 – Insolação Média, em horas

2.7.4 Nebulosidade

Segundo os dados utilizados, entre os meses de janeiro a maio é apresentado maior índice de nebulosidade (0,7) e o de menor nos meses de setembro e outubro (0,30). A Tabela 2.7 e a Figura 2.11 permitem observar a variação temporal desta variável.

Tabela 2.7 - Nebulosidade

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

Fonte: INMET (2018)

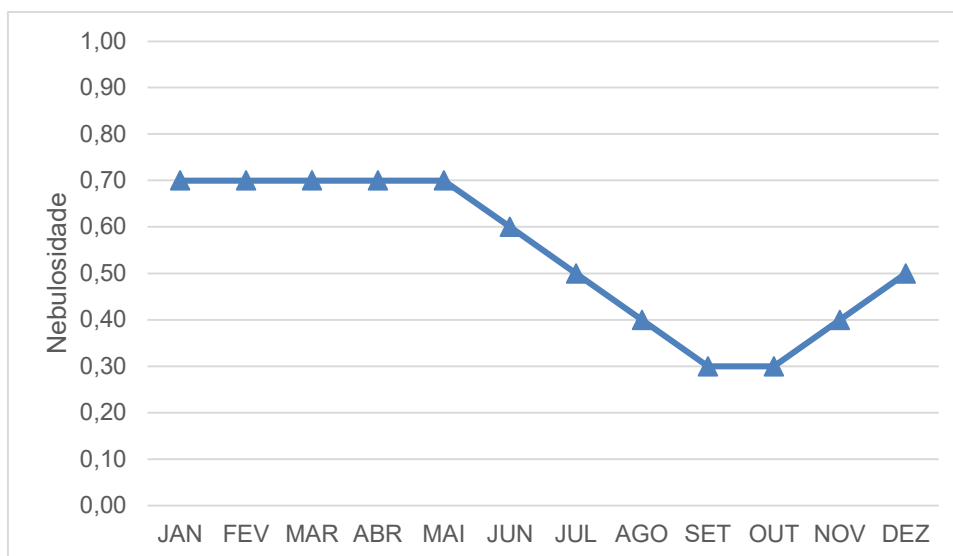


Figura 2.11 – Nebulosidade

2.7.5 Precipitação Total

A precipitação total anual média observada na região é de 712,8 mm, de acordo com as normais climatológicas do período de 1981-2010, obtidas do site do INMET. O trimestre mais chuvoso é março/abril/maio com 60% do total e o trimestre menos chuvoso é setembro/outubro/novembro em que precipita menos de 1% do total anual. O mês mais chuvoso é abril (24% do total anual) e no mês de outubro ocorre o menor índice de precipitação (1,30 mm). A distribuição temporal da precipitação é apresentada na Tabela 2.8 e na Figura 2.12.

Tabela 2.8 - Precipitação (mm)

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	87,70	77,80	146,20	173,10	105,20	55,30	23,40	16,30	2,30	1,30	3,30	20,90

Fonte: INMET (2018)

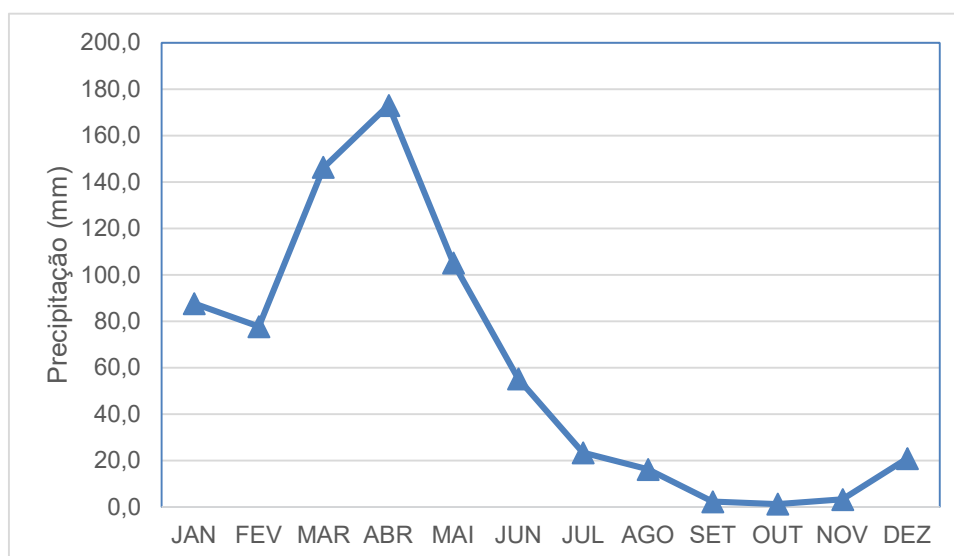


Figura 2.12 - Precipitação

2.7.6 Evaporação Total

A evaporação média anual na estação, medida em Evaporímetro de Piché foi de 2.529,70 mm distribuída ao longo dos meses conforme demonstram a Tabela 2.9 e a Figura 2.13. Os meses que apresentam os maiores valores de evaporação correspondem a setembro/outubro/novembro/dezembro, ocorrendo o máximo em setembro (307,10 mm).

Tabela 2.9 – Evaporação total média

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	224,30	183,30	144,20	125,90	120,60	149,50	197,60	239,30	307,10	292,90	278,80	266,20

Fonte: INMET (2018)

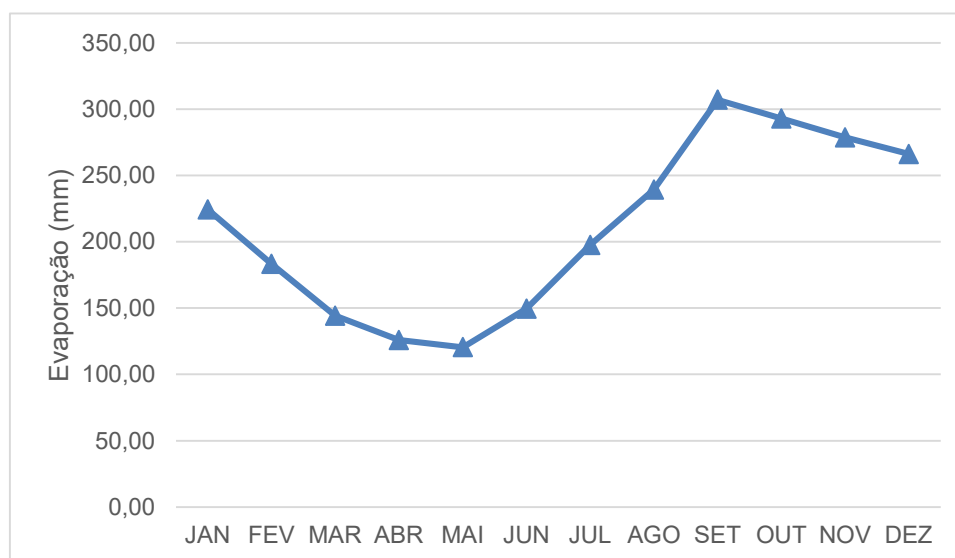


Figura 2.13 – Evaporação total média

2.7.7 Evapotranspiração Potencial

A evaporação potencial disponibilizada nas normais climatológicas pelo INMET foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Os valores mensais da estação de Quixeramobim estão apresentados na Tabela 2.10 e na Figura 2.14.

Os maiores valores são observados para os meses de dezembro e janeiro, variando entre 214,00 a 221,40 mm. O menor valor é relativo ao mês de junho (137,60 mm).

Tabela 2.10 – Evapotranspiração potencial mensal

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	214,00	186,20	184,10	160,10	151,40	137,60	158,10	177,00	182,90	201,10	205,20	221,40

Fonte: INMET (2018)

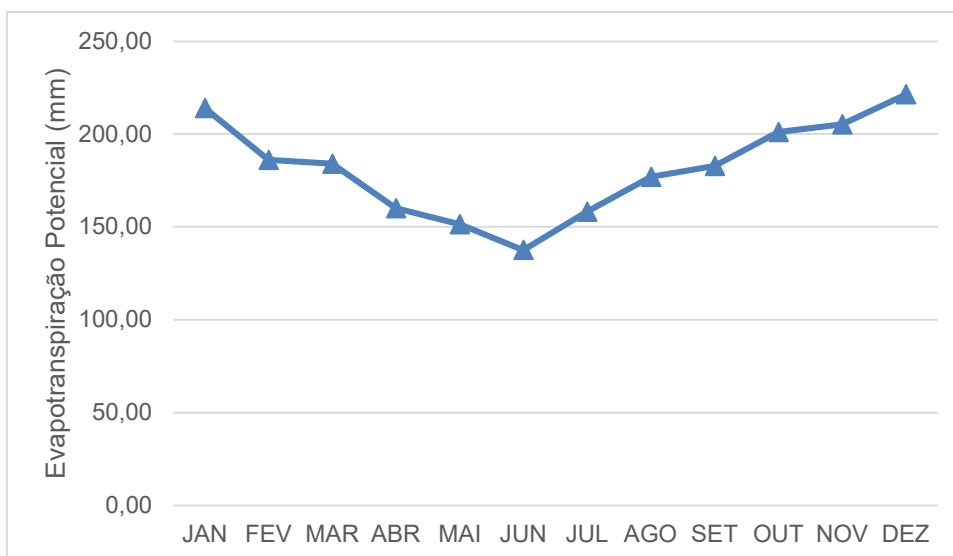


Figura 2.14 – Evapotranspiração potencial mensal

2.7.8 Intensidade de Ventos

As normais climatológicas do INMET fornecem os resultados de intensidade e direção dos ventos, sendo apresentadas na tabela e figura que seguem.

Observa-se a maior intensidade média dos ventos (a 10 m) para os meses de setembro a dezembro, onde outubro e novembro apresentaram o maior valor (4,60 m/s). O menor valor ocorreu no mês de maio (2,50 m/s).

A direção dos ventos é classificada predominantemente como Nordeste, exceto para os meses abril e maio, cujas normais classificam como calma.

Na Tabela 2.11 e na Figura 2.15 apresenta os dados de intensidade e direção média mensal dos ventos.

Tabela 2.11 – Intensidade e direção média mensal dos ventos

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
m/s	3,70	3,40	3,00	2,70	2,50	2,80	3,20	3,70	4,40	4,60	4,60	4,40

Fonte: INMET (2018)

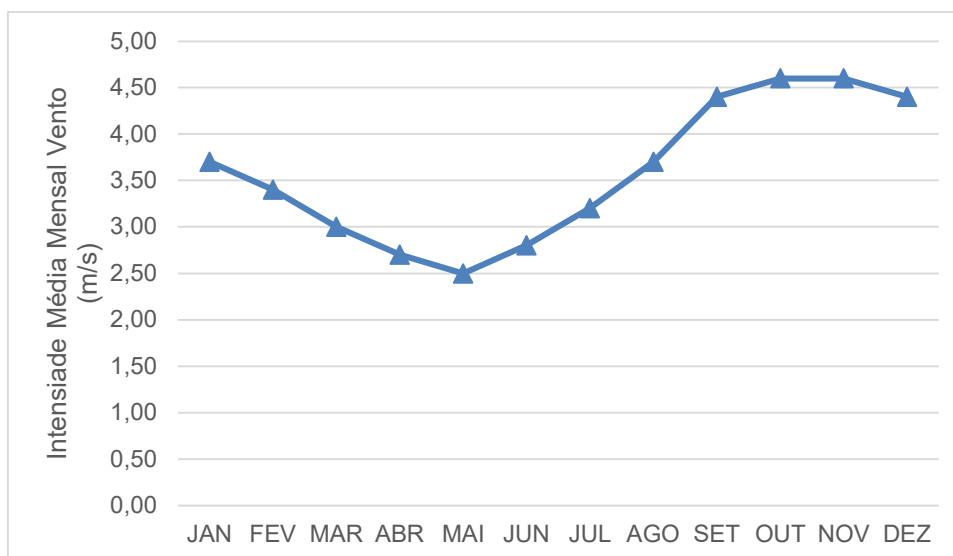


Figura 2.15 – Intensidade média mensal dos ventos (m/s)

2.8 Classificação Climática de KÖPPEN-GEIGER

Classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger). A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalente.

Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados. Contudo, a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue entre regiões com biomas muito distintos, pelo que têm surgido classificações dela derivadas, a mais conhecida das quais é a classificação climática de Trewartha.

A classificação climática de Köppen-Geiger divide os climas em 5 grandes grupos ("A", "B", "C", "D", "E") e diversos tipos e subtipos. Cada clima é representado por um conjunto variável de letras (com 2 ou 3 caracteres) com a seguinte significação:

- Primeira letra: uma maiúscula ("A", "B", "C", "D", "E") que denota a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático (em grandes linhas, os climas mundiais escalonam-se de "A" a "E", indo do equador aos pólos);
- Segunda letra: uma minúscula, que estabelece o tipo de clima dentro do grupo, e denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é, a quantidade e distribuição da precipitação (apenas utilizada caso a primeira letra seja "A", "C" ou "D"). Nos grupos cuja primeira letra seja "B" ou "E", a segunda letra é também uma maiúscula, denotando a quantidade da precipitação total anual (no caso "B") ou a temperatura média anual do ar (no caso "E");
- Terceira letra: minúscula, denotando a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes (nos casos em que a primeira letra seja "C" ou "D") ou a temperatura média anual do ar (no caso da primeira letra ser "B").

As Tabelas 2.12 a 2.14 a seguir apresentam o significado das letras utilizadas para a classificação.

Tabela 2.12 - Significado da primeira letra da classificação segundo Köppen-Geiger

Código		Tipo	Descrição
A		Clima tropical	Climas megatérmicos Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C Estação invernal ausente Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B		Clima árido	Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm) Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual Não existem cursos de água permanentes
C		Clima temperado ou Clima temperado quente	Climas mesotérmicos Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18 °C Temperatura média do mês mais quente > 10°C Estações de Verão e Inverno bem definidas
D		Clima continental ou Clima temperado frio	Climas microtérmicos Temperatura média do ar no mês mais frios < -3°C Temperatura média do ar no mês mais quente > 10 °C Estações de Verão e Inverno bem definidas
E		Clima glacial	Climas polares e de alta montanha Temperatura média do ar no mês mais quente < 10 °C Estação do Verão pouco definida ou inexistente.

Tabela 2.13 - Significado da segunda letra da classificação segundo Köppen-Geiger

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
S	Clima das estepes. Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm	B
W	Clima desértico. Precipitação anual total média < 250 mm	B
f	Clima húmido. Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano. Inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	Chuvas de Verão	A-C-D
s	Chuvas de Inverno	A-C-D
w'	Chuvas de Verão-outono	A-C-D
s'	Chuvas de Inverno-outono	A-C-D
m	Clima de monção: Precipitação total anual média > 1500 mm Precipitação do mês mais seco < 60 mm	A
T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10 °C	E
F	Temperatura média do mês mais quente < 0 °C	E
M	Precipitação abundante. Inverno pouco rigoroso	E

Tabela 2.14 - Significado da terceira letra da classificação segundo Köppen-Geiger

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
a : Verão quente	Temperatura média do ar no mês mais quente $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$	C-D
b : Verão temperado	Temperatura média do ar no mês mais quente $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	C-D
c : Verão curto e fresco	Temperatura média do ar no mês mais quente $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperaturas médias do ar $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante menos de 4 meses Temperatura média do ar no mês mais frio $> -38\text{ }^{\circ}\text{C}$	C-D
d : Inverno muito frio	Temperatura média do ar no mês mais frio $< -38\text{ }^{\circ}\text{C}$	D
h : seco e quente	Temperatura média anual do ar $> 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ Deserto ou semideserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$)	B
k : seco e frio	Temperatura média anual do ar $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ Deserto ou semideserto frio (temperatura anual média do ar inferior a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$)	B

A bacia da barragem do Boa Vista dos Parentes está inserida quase na região de classificação “BSh”. O código “BSh” caracteriza o clima da região da bacia como “Semi-árido quente” com características como temperatura média do ano maior que 18°C , evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual e precipitação anual média abaixo de 800 mm.

2.9 Sinopse Climatológica

Elementos Hidrometeorológicos	Revisão
Pluviometria média anual (Média na Bacia Hidrográfica)	742,50 mm
Evaporação média anual	2.529,70 mm
Evapotranspiração Potencial média mensal	181,60 mm
Insolação média anual	2.891,70 h
Umidade relativa média anual	62,10%
Temperatura média anual: média das máximas	35,50 °C
Temperatura média anual: média das médias	24,00 °C
Temperatura média anual: média das mínimas	28,50 °C
Classificação climática segundo Köppen-Geiger	BSh

3 REGIME DE CHUVAS INTENSAS NA BACIA

O presente capítulo tem como objetivo principal a determinação das chuvas intensas, com períodos de retorno igual a 100, 1.000 e 10.000 anos, sobre a área de drenagem da Barragem Boa Vista dos Parentes. A metodologia utilizada foi a das Isozonas (Torrico, 1975), na qual são estimadas as precipitações máximas espaciais com duração de 1 (um) dia sobre as bacias.

3.1 Postos Pluviométricos Potencialmente Utilizáveis

No capítulo anterior 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 3.1

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 3.1 – 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 3.1 ilustra a área de influência dos postos utilizados no estudo de cheias.

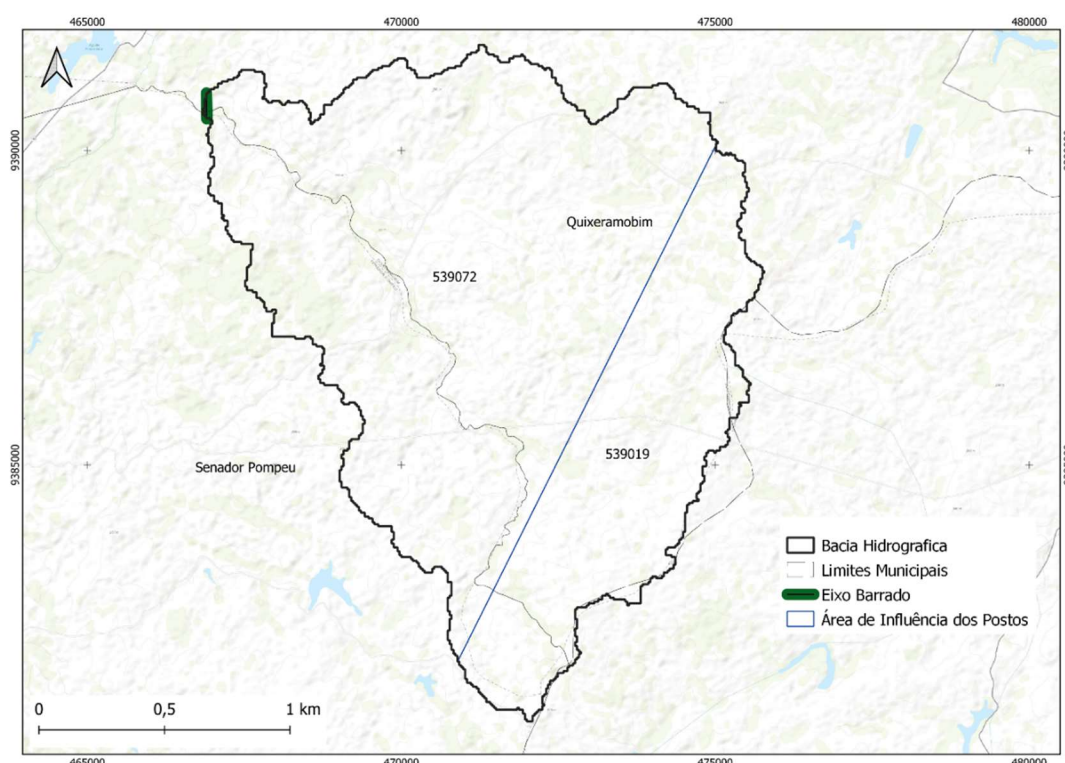


Figura 3.1 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos

3.2 Metodologia para Cálculo das Chuvas Intensas

O Método das Isozonas (Torrico, 1975) é uma alternativa ao método clássico dos pluviogramas. Este método utiliza dados de chuvas diárias e, através de um processo de desagregação, transforma, para um dado período de retorno, a chuva de 1 dia de duração em chuvas de duração variando de 6 minutos a 24 horas.

O método tem por base o uso de "Isozonas", determinadas por Torrico, nas quais as relações entre as alturas de chuva de 1 hora e 24 horas e 6 minutos e 24 horas são constantes para um dado período de retorno (Figura 3.2). A metodologia empregada obedece a sequência descrita a seguir:

- Selecionar o posto pluviométrico;
- Selecionar, para cada ano, os valores das precipitações máximas diárias e formar a série de máximas anuais;
- Ajustar a série de máximas anuais a uma ou mais distribuições de probabilidade e executar, para cada uma delas, testes de aderência para verificar a qualidade do ajustamento;
- Selecionar uma distribuição de probabilidades e estimar, para os períodos de retorno desejados, a chuva intensa de um dia de duração;

- Transformar a chuva de um dia em chuva de 24 horas de duração através da relação a seguir:

$$P_{24h} = 1,1 * P_{1dia}$$

- Localizar a isozona do posto estudado e extrair da tabela os valores das relações entre a chuva de 24 horas e as chuvas de 1 hora e de 6 minutos (fator R), para os períodos de retorno em estudo;
- Calcular a chuva de 1 hora de duração, através da multiplicação pelo fator R:

$$P_{1h} = R * P_{24h}$$

- Para obtenção de chuvas de durações intermediárias, são utilizados os valores P24h e P1h para realizar uma interpolação logarítmica.

Inicialmente, foi determinada a série de máximas diárias anuais para cada posto pluviométrico e foi verificada a distribuição de probabilidade que melhor se ajustava a série de cada posto. Em seguida, através da função de distribuição cumulativa inversa, foi obtido o valor da precipitação máxima de um dia de duração correspondente aos períodos de retorno desejados (1.000 e 10.000 anos). A chuva de um dia foi convertida em chuva de 24h de duração e 1h de duração, de acordo com a metodologia descrita acima.

A partir da área de influência de cada posto, determinada a partir do método de Thiessen, foi calculada a precipitação ponderada de 24h de duração e de 1h de duração válida para toda a área da bacia, de acordo com as equações a baixo.

$$P_{24h} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} P_{i,24h}$$

$$P_{1h} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} P_{i,1h}$$

Onde A_i corresponde a área de influência do posto i , A equivale a área total e P_i , a precipitação máxima de 24h ou 1h de duração para o posto i .

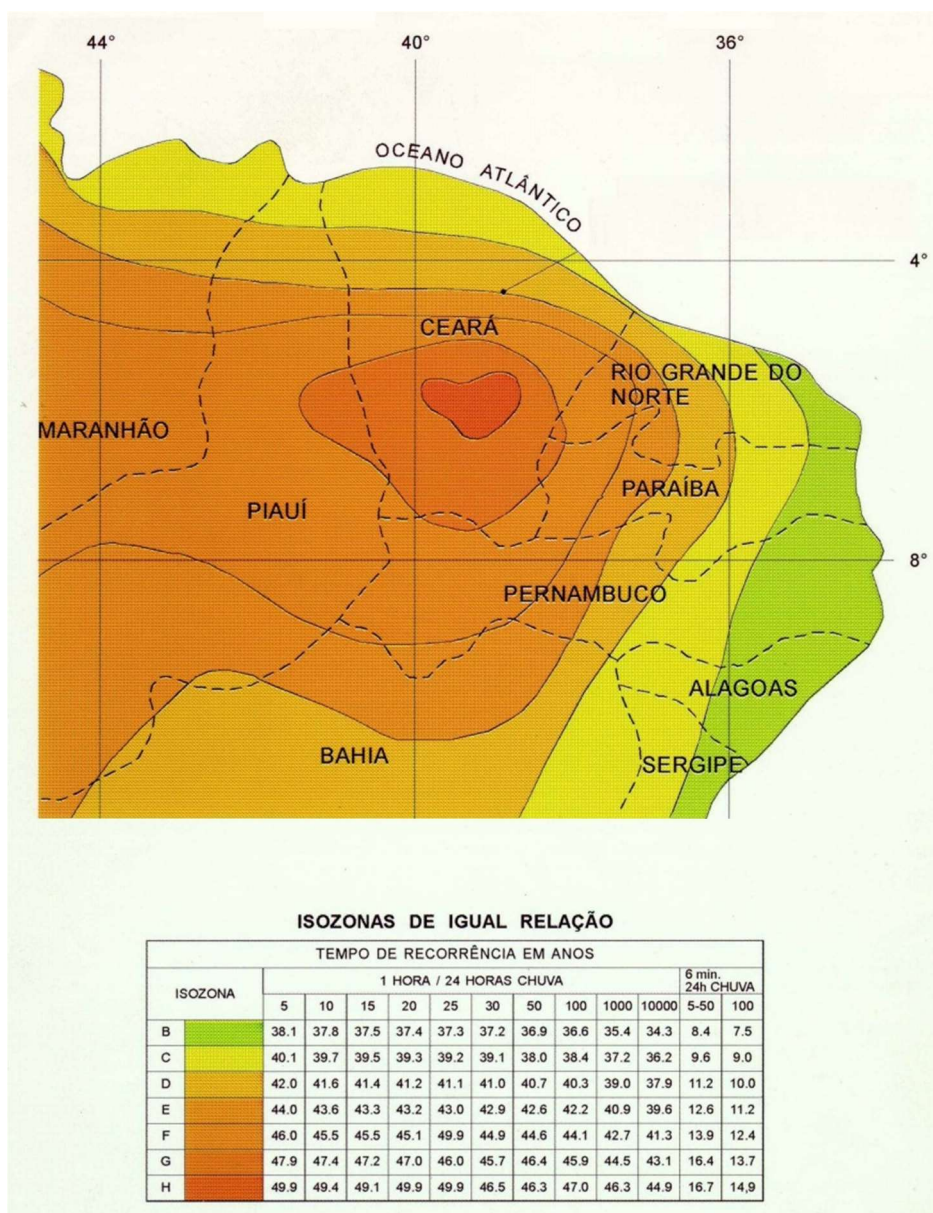


Figura 3.2 – Isozonas de igual relação (Fonte: Torrico, 1975)

3.3 Seleção da Distribuição de Probabilidades e Estimativas dos Valores das Precipitações Máximas Anuais

A determinação dos eventos extremos de precipitação, correspondentes a um determinado tempo de recorrência, baseia-se no ajuste de uma distribuição de frequência (probabilidade) adequada aos dados extremos observados.

O ajuste de diferentes distribuições de probabilidades (log-normal, gama, weibull, logística e gumbel) foi testado para cada uma das séries de chuvas máximas anuais de cada posto. Para isso, foram utilizados dois testes de aderência: Qui-quadrado e Anderson-Darling (AD).

O teste de significância Qui-quadrado tem sua estatística baseada na comparação dos dados experimentais com os valores previstos pela distribuição esperada e seu parâmetro é calculado através da seguinte equação:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

As frequências observadas (O_i) e as frequências esperadas (E_i) são encontradas multiplicando-se as frequências relativas, para cada classe i de um total de l classes, pelo tamanho da amostra (N). A regra de decisão é baseada no valor p :

$$p = P(\chi_q^2 \geq \chi_{obs}^2)$$

Em que χ_{obs}^2 é o valor calculado, a partir dos dados, usando a expressão apresentada para χ^2 . A hipótese nula assume que os dados seguem a distribuição testada. Para um nível de significância de 95%, o valor de p deve ser maior do que 0,05 para que a hipótese nula não seja rejeitada.

O teste Anderson-Darling é comumente utilizado para comparar o ajuste de várias distribuições de probabilidade a um determinado conjunto de dados. É um teste não-paramétrico baseado na diferença entre as funções de probabilidades acumuladas empírica e teórica de variáveis aleatórias contínuas.

As caudas da distribuição (valores extremos do conjunto de dados) recebem maior ponderação. A estatística AD é calculada através da seguinte equação:

$$AD = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1) \{ \ln F_X(x_{(i)}) + \ln [1 - F_X(x_{(N-i+1)})] \}}{N}$$

Onde N é o tamanho da amostra e F_X é a função de distribuição contínua que está sendo testada. Valores elevados de AD implicam uma diferença significativa entre as distribuições empírica e teórica. Assim, quanto menor o valor da estatística AD, melhor a distribuição testada se ajusta aos dados.

De acordo com os testes de Anderson-Darling e Qui-quadrado, a distribuição das chuvas máximas anuais dos postos 539072 se aproxima da Log-Normal, enquanto os postos 539019 têm distribuição Maior Valor Extremo.

3.4 Chuvas Máximas com Duração de 24 Horas

Após a determinação da distribuição de melhor ajuste para cada posto, através da função de distribuição cumulativa inversa, foram obtidos os valores da precipitação máxima de um dia

de duração para os períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos para cada posto, resumidos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Precipitação máxima (mm) com durações de 1 dia para os períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	
	539072	539019
100	153,30	140,60
1.000	194,90	174,50
10.000	236,50	208,50

As chuvas virtuais de 24 horas de duração, contidas na Tabela 3.3, foram obtidas multiplicando-se as precipitações contidas na Tabela 3.2 pelo fator 1,1 (para P1dia).

Tabela 3.3 - Precipitações máximas com duração de 24 horas (em milímetros)

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	
	539072	539019
100	168,63	154,66
1.000	214,39	191,95
10.000	260,15	229,35

3.5 Chuvas Máximas com Duração de 1 Hora

As precipitações intensas pontuais de 1 hora de duração para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos foram obtidas multiplicando-se a chuva pontual de 24 horas (Tabela 3.4) pelo fator R.

$$P_{1h} = R * P_{24h}$$

A fim de identificar em qual isozona a bacia da barragem Boa Vista dos Parentes está contida, sua área foi sobreposta ao mapa das isozonas do Ceará (Batista, 2018). Verificou-se que a bacia está inserida nas isozonas G e H. Entretanto, a maior parte de sua área (cerca de 57,38%) está localizada na isozona G. Os valores de R, para cada período de retorno, foram extraídos da tabela contida na Figura 3.3.

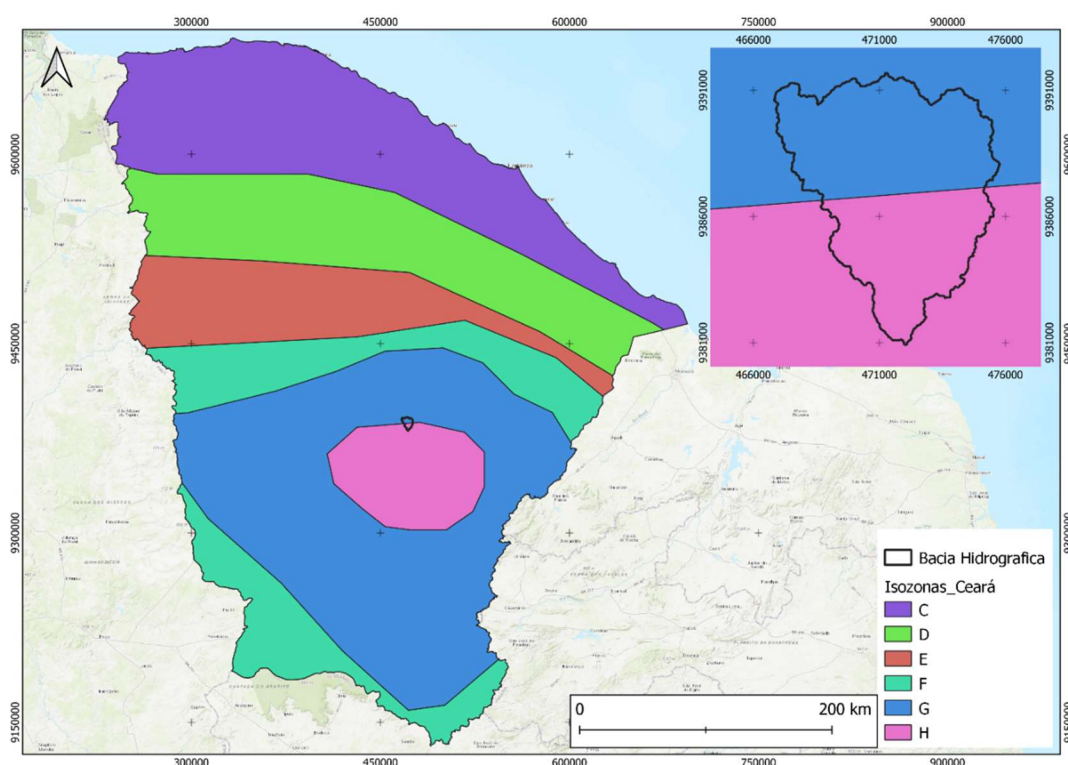


Figura 3.3 - Isozonas do estado do Ceará. (Fonte: Batista, 2018)

Assumindo que a barragem Boa Vista dos Parentes está localizada na Isozona G, foram corrigidos os valores de precipitação a partir do fator R correspondente. Os valores de precipitação corrigidos estão exibidos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Precipitações máximas intensas com duração de 1 hora (mm) associadas aos períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos

Tr (anos)	R (Isozona G)	Precipitação Máxima Diária 1h (mm)	
		539072	539019
100	0,459	77,40	70,99
1.000	0,445	95,40	85,42
10.000	0,431	112,12	98,85

3.6 Chuvas Máximas com Duração de 1 Hora e de 24 Horas sobre a Área da Bacia

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 na Tabela 3.5.

A ponderação pelo método de Thiesen é realizada para que se tenha um valor de chuva extrema que seja representativo para a bacia. A ponderação precisa considerar um único posto (o de maior série, o de maior área de influência ou o de maior intensidade de chuva) como representativo da bacia visto o seu tamanho e heterogeneidade espacial. A ponderação produz

resultados de chuvas extremas menores que ao considerar o posto de maior intensidade como representativo, entretanto tem maior precisão, visto que considera a distribuição espacial dos postos ao longo da bacia. Logo, adotar o posto de maior intensidade de precipitação extrema (Posto Encantado – 539072) significaria em um sobredimensionamento da cheia.

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

As chuvas intensas espaciais de durações entre 1 e 24 horas para a bacia da Barragem Boa Vista dos Parentes podem ser observadas na Figura 3.4.

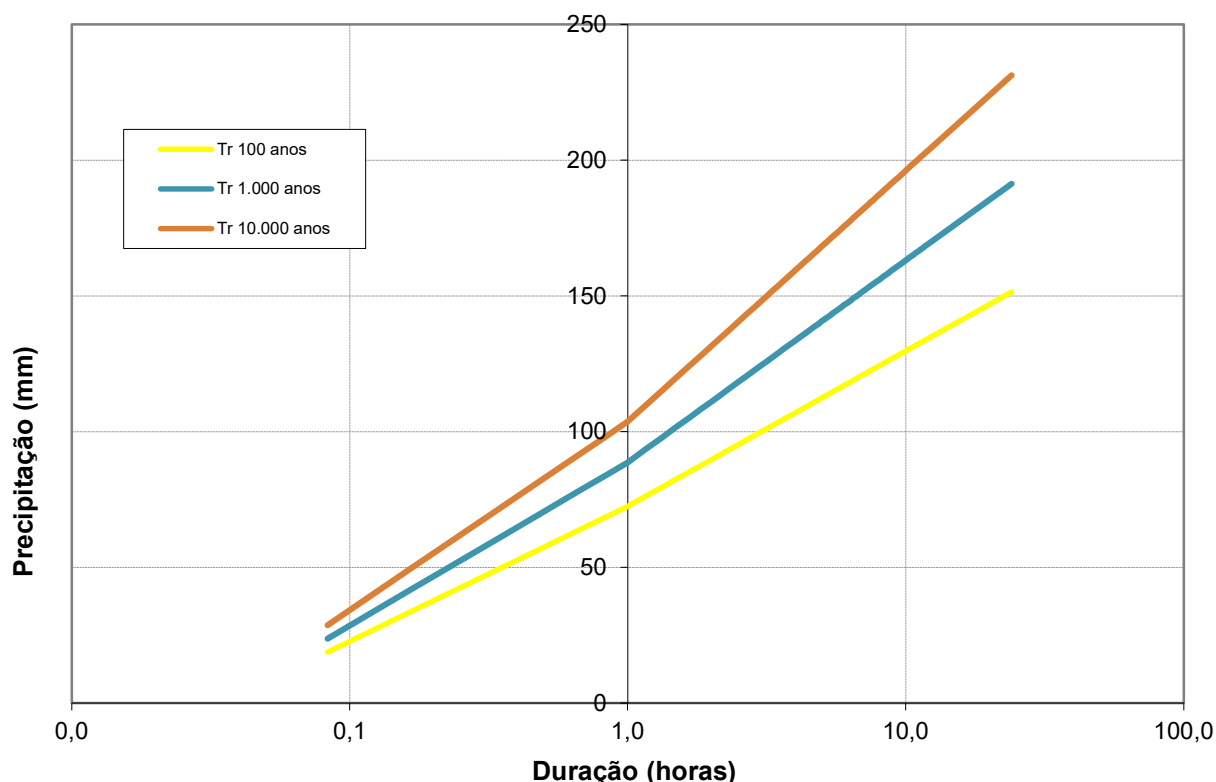


Figura 3.4 - Chuvas intensas espaciais

Para o desenvolvimento da cheia de projeto em capítulo posterior, dois parâmetros devem ser estimados: a duração da chuva e o intervalo de tempo para cada incremento de chuva. A duração da chuva deve ser, no mínimo, igual ao tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração da bacia da Barragem Boa Vista dos Parentes é igual a 3,10 horas, valor assumido equivalente à duração da chuva de projeto. 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 3.5.

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.

3.7 Chuva de Projeto

Os valores de pluviometria apresentados na Tabela 3.4 são de precipitação acumulada da chuva em períodos de 1 hora, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos. Porém, para simulação adequada dos hidrogramas de cheias há necessidade de se adotar um padrão temporal (Hietograma) de chuva regional, uma vez que não há elementos para se desenvolver curvas intensidade-duração-frequência (IDF) para o posto pluviométrico selecionado na bacia. A precipitação foi distribuída em intervalos de 10 minutos de duração e foi calculada a precipitação, através de interpolação logarítmica, para cada um deles. Dessa forma, as chuvas foram acumuladas até o último intervalo de tempo e foram calculados os incrementos dos totais acumulados por intervalos. Os incrementos obtidos foram rearranjados de acordo com o método dos blocos alternados, de forma que no centro da duração do evento de precipitação se situa o bloco maior, e em seguida os demais blocos são dispostos em ordem decrescente, um à direita e o outro à esquerda do bloco maior, alternadamente. As Figuras 3.5 e 3.7 mostram a chuva balanceada milenar e decamilenar.

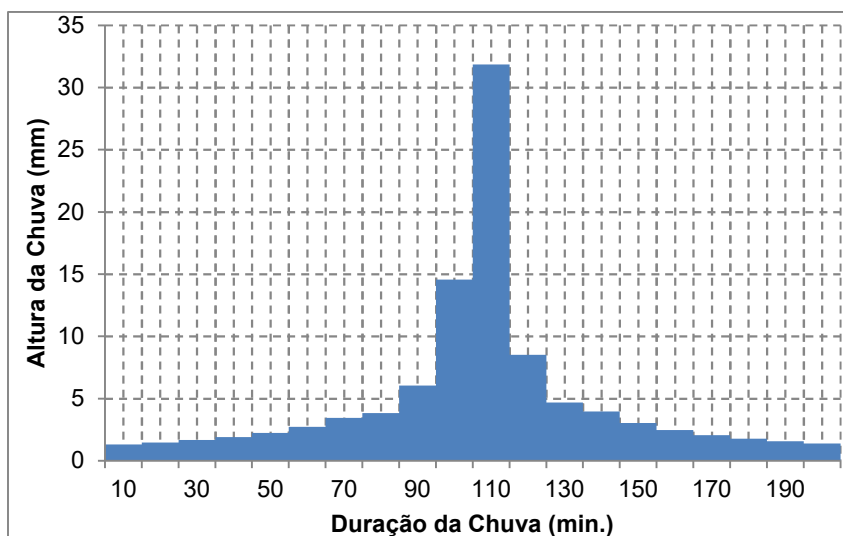


Figura 3.5 – Hietograma para $T_r = 100$ anos

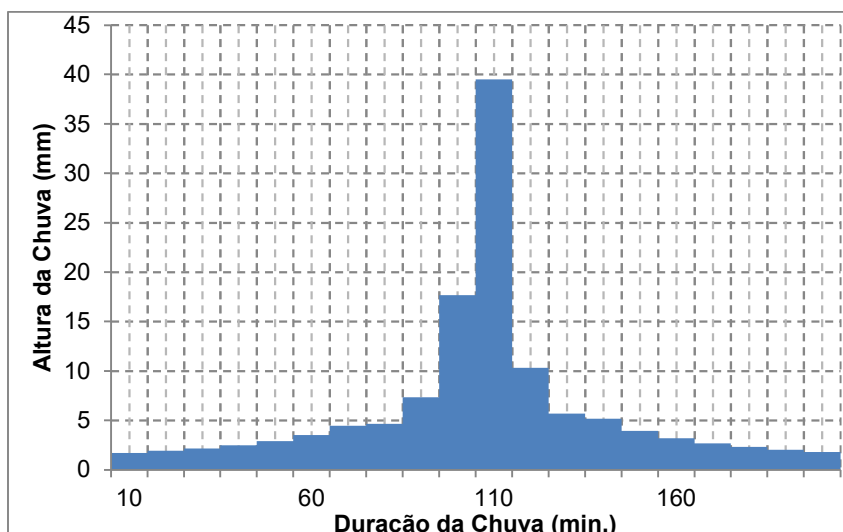


Figura 3.6 – Hietograma para $T_r = 1.000$ anos

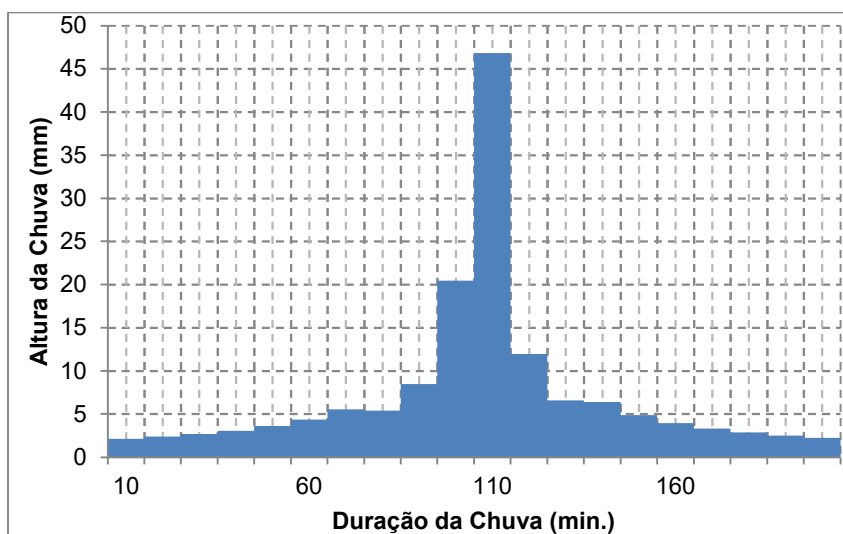


Figura 3.7 – Hietograma para $T_r = 10.000$ anos

4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

4.1 Caracterização Pluviométrica

A análise pluviométrica realizada utilizou a metodologia de Thiessen, selecionando os postos pluviométricos mais próximos à área da bacia de interesse, englobando um raio de aproximadamente 7 km. Quatro postos foram inicialmente selecionados, nesta análise, sendo que apenas dois deles (539019, 539072) se mostraram com dados adequados para prosseguimento do cálculo da precipitação média mensal por Thiessen (também denominado polígono de Voronoi), de acordo com a Tabela 3.1.

Após o cálculo pela metodologia de Thiessen alguns meses ainda constavam sem dados; quando os valores ausentes ocorriam no início do ano, aquele ano era eliminado como um todo; quando os valores ocorriam nos últimos meses do ano, estes eram substituídos pela média dos valores que constavam nos anos sem falhas. Os resultados seguem na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Precipitação mensal histórica para bacia hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1918	114,50	213,60	110,60	116,00	97,00	73,80	45,70	26,40	0,00	0,00	0,00	4,70	802,30
1919	75,10	26,70	9,30	0,00	0,00	0,00	42,50	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	166,20
1920	0,00	0,00	243,60	210,10	194,10	49,90	15,30	4,60	4,00	9,10	4,20	65,30	800,20
1921	100,20	159,30	362,40	238,90	330,70	41,70	6,40	1,20	5,20	0,00	91,00	0,00	1337,00
1922	0,00	26,10	95,00	602,10	164,00	85,10	29,70	40,30	0,00	0,00	19,60	32,70	1094,60
1923	26,50	127,40	97,50	305,00	66,80	66,20	22,00	0,00	0,00	2,10	0,00	18,00	731,50
1924	71,20	336,40	306,00	505,50	192,50	188,60	7,00	35,00	1,40	0,00	0,00	18,80	1662,40
1925	377,40	166,00	232,80	209,50	20,00	14,20	10,00	0,00	0,00	8,00	0,00	4,30	1042,20
1926	38,60	214,80	207,60	189,40	108,80	44,70	10,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	814,50
1927	49,50	136,80	156,90	0,00	120,70	26,40	83,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	573,80
1928	51,90	0,00	121,90	173,00	45,00	32,50	0,00	0,00	7,30	0,00	0,00	35,00	466,60
1929	20,00	179,90	268,30	274,10	50,70	17,80	30,70	0,00	0,00	0,00	16,00	57,50	915,00
1930	50,10	26,50	120,90	99,90	23,40	24,60	0,00	0,00	0,00	32,00	0,00	0,00	377,40
1931	71,00	118,10	56,80	123,50	55,20	11,70	2,20	22,50	0,00	0,00	0,00	3,30	464,30
1932	66,40	114,10	51,50	28,10	8,70	4,20	11,20	10,50	14,80	2,00	0,00	3,00	314,50
1933	83,20	24,40	250,50	272,90	17,50	3,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	10,20	663,60
1934	27,60	250,20	299,10	232,60	215,50	40,30	0,00	4,50	0,00	0,00	7,00	36,70	1113,50
1935	40,50	243,60	162,90	307,70	66,50	28,00	5,10	5,00	0,00	0,00	0,00	0,50	859,80
1936	4,00	243,40	127,00	61,20	115,70	50,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	602,00
1937	9,00	138,60	72,00	168,10	99,70	10,20	44,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	541,60
1938	37,00	42,50	311,80	140,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	531,80
1939	3,00	101,20	233,20	48,40	71,10	118,30	21,90	24,00	50,60	3,00	9,80	0,00	684,50
1940	133,00	91,50	277,40	274,10	213,60	24,90	22,30	9,30	26,00	0,00	3,00	0,00	1075,10
1941	15,00	21,80	238,60	172,80	48,90	2,70	12,40	6,30	0,50	0,00	0,60	0,00	519,60
1942	1,80	242,50	23,90	85,10	2,70	13,50	0,00	19,70	0,00	0,00	0,40	25,10	414,70
1943	68,70	157,20	99,00	131,30	10,70	10,60	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	487,70
1944	10,90	6,10	184,40	149,40	22,80	45,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,70	444,60
1945	43,30	185,90	34,40	60,70	201,90	68,50	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	609,70
1946	144,30	142,20	38,80	276,80	78,50	61,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	766,50
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1948	17,00	17,70	177,80	138,00	108,30	47,10	61,60	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	587,50
1949	0,00	66,30	63,20	86,60	102,40	28,70	0,00	0,00	0,00	0,00	55,80	10,80	413,80
1950	39,60	77,10	189,30	232,50	67,50	10,70	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	644,70
1952	13,70	62,30	182,10	168,50	153,30	16,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,40	622,60
1953	0,00	31,00	126,20	143,80	106,90	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	420,90
1954	37,70	79,10	167,50	79,80	166,70	36,50	8,80	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00	585,30
1955	63,30	75,60	46,90	96,10	87,80	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	375,70
1956	61,50	74,40	169,80	183,70	5,20	0,00	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	520,10

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1957	46,90	35,00	156,70	320,90	62,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	621,90
1958	32,70	15,00	30,00	23,50	96,90	28,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	226,80
1959	95,00	106,30	159,80	149,10	78,90	31,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	620,20
1960	12,00	5,30	223,90	81,90	76,10	37,20	20,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	456,90
1961	132,40	107,60	215,60	156,50	160,00	0,00	25,50	7,53	4,48	3,40	5,57	15,61	834,18
1963	64,80	89,60	323,50	210,40	34,60	68,00	0,00	0,00	0,00	0,00	107,00	101,40	999,30
1964	227,50	186,10	314,20	278,70	84,50	22,50	26,20	62,80	13,10	0,00	0,00	0,00	1215,60
1965	90,50	40,00	76,40	260,40	159,70	153,30	3,80	0,00	0,00	23,30	0,00	0,00	807,40
1966	5,00	137,20	52,60	274,50	70,20	45,04	21,55	0,00	0,00	45,70	0,00	0,00	651,79
1967	0,00	162,30	232,60	221,60	182,50	5,00	94,10	17,10	0,00	0,00	0,00	138,20	1053,40
1968	60,00	39,30	206,40	75,80	159,30	62,00	22,40	12,80	0,00	0,00	0,00	75,00	713,00
1969	112,80	0,00	241,70	155,00	186,90	52,40	57,40	27,30	0,00	0,00	0,00	0,00	833,50
1970	46,20	17,00	217,80	114,30	0,00	55,70	15,70	12,50	0,00	0,00	26,00	0,00	505,20
1971	70,20	72,00	86,40	140,40	289,30	67,70	38,40	12,00	0,00	9,20	5,57	15,61	806,78
1972	20,20	114,40	62,30	279,50	50,40	67,40	0,00	107,40	0,00	0,00	0,00	125,50	827,10
1973	41,80	132,10	137,90	166,30	149,20	60,50	112,20	2,00	112,20	21,60	0,00	8,00	943,80
1974	81,30	86,10	350,90	316,90	216,30	29,60	0,00	0,00	33,00	3,00	0,00	39,00	1156,10
1975	127,60	67,00	174,20	118,00	260,40	146,90	130,60	0,00	0,00	30,00	6,50	0,00	1061,20
1992	2,50	13,90	49,10	239,50	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	330,00
1999	0,00	108,00	167,00	115,00	103,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,20	569,40
2000	112,70	80,50	100,80	150,80	96,00	59,10	59,80	7,53	4,48	3,40	5,57	15,61	696,28
2001	61,00	32,00	121,60	143,50	30,80	102,00	38,50	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	536,40
2002	312,70	39,20	188,20	251,00	128,00	51,00	19,50	0,00	4,48	0,00	5,57	0,00	999,65
2003	12,00	60,30	200,30	222,40	75,00	107,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	677,20
2004	346,90	200,40	121,40	67,80	60,00	225,40	57,80	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1092,70
2005	0,00	7,20	143,70	65,40	132,40	99,10	98,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	557,80
2006	52,50	58,80	166,50	136,20	272,70	34,70	16,80	6,00	33,80	9,50	0,00	0,00	787,50
2007	58,60	180,40	90,70	169,80	95,30	34,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	629,30
2008	33,50	43,00	252,40	139,90	159,00	78,40	21,55	7,53	4,48	3,40	5,57	15,61	764,33
2010	101,30	21,30	57,00	183,10	51,40	36,70	9,00	0,00	0,00	23,50	0,00	59,30	542,60
2011	161,40	31,40	238,80	151,60	243,00	82,62	92,40	0,00	0,00	15,70	17,00	0,00	1033,92
2014	8,41	38,23	154,75	133,32	106,57	9,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	450,74
2015	12,34	91,54	161,85	6,43	20,06	62,60	19,77	0,00	0,00	0,00	0,00	3,78	378,37
2016	127,43	11,08	51,16	103,54	61,30	29,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	384,02
2017	12,92	161,60	147,52	69,28	83,40	0,00	31,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	505,95
Média	63,69	93,31	158,80	168,19	102,42	45,04	21,55	7,53	4,48	3,40	5,49	15,40	689,29
Desvio	74,99	75,94	88,37	105,80	77,26	43,94	29,63	16,33	15,46	8,63	17,76	29,03	288,49
CV	1,18	0,81	0,56	0,63	0,75	0,98	1,37	2,17	3,45	2,54	3,23	1,89	0,42
Máximo	377,40	336,40	362,40	602,10	330,70	225,40	130,60	107,40	112,20	45,70	107,00	138,20	1662,40
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4.2 Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial foi calculada pela equação de *Penman-Monteith*, utilizando as informações de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento medidas nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sobre o território cearense. A Tabela 4.2 apresenta os resultados obtidos com método de Thiessen para a área de interesse:

Tabela 4.2 - Evapotranspiração mensal para bacia hidrográfica do açude Boa Vista

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	196,91	155,50	139,40	122,71	119,86	124,40	149,06	195,21	231,31	255,55	225,98	207,54

4.3 Cálculo das Afluências

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, primeiramente foram verificados os postos fluviométricos no entorno do ponto barrado do riacho da Boa Vista - no mesmo curso do riacho -, mas não foram encontradas estações fluviométricas com dados de vazão válidos. Recorreu-se a modelos matemáticos de

conversão de chuva em vazão, dentre os quais o “*Soil Moisture Accounting Procedure*” - SMAP (LOPES, 1982), que vem sendo utilizado na Universidade de São Paulo e desde 2013 no Ceará, em trabalhos de pesquisa da Universidade Federal do Ceará.

O SMAP com passo mensal consiste em dois reservatórios, um representando o reservatório do solo (superficial) e um representando o reservatório subterrâneo, em que as entradas consistem na precipitação e as saídas do sistema consistem em evapotranspiração, escoamento superficial, recarga do aquífero e escoamento subterrâneo.

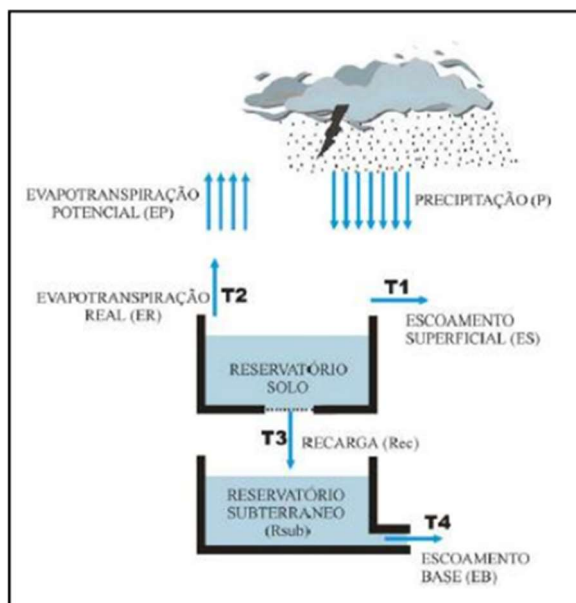


Figura 4.1 - Ilustração do modelo SMAP

O funcionamento do modelo na escala mensal consiste no tempo inicial na atribuição de valores aos parâmetros de entrada do modelo: umidade inicial do solo (SOLIN, %), vazão básica inicial (SUBIN, em m^3/s), capacidade de saturação do solo (SAT, em mm), parâmetro de escoamento superficial (Pes, adimensional), coeficiente de recarga (CREC, adimensional) e constante de recessão do escoamento de base (K, mês⁻¹).

A calibração destes parâmetros, pela ausência de posto fluviométrico no curso do riacho barrado, bem como por restrição de informações devido a Agência Nacional de Águas está com seu banco de dados indisponível, utilizou-se dois modelos de regionalização. Os modelos de regionalização utilizados no projeto foram: Modelagem Linear (ML1) e Vizinhos Mais Próximos (KNN).

4.3.1 Aspectos conceituais da modelagem hidrológica proposta - Modelo ML1

Este modelo, utilizado para áreas onde não há posto fluviométrico próximo, consiste na determinação dos parâmetros SAT e PES, partindo do pressuposto que há uma relação linear direta entre certas características fisiográficas da bacia de interesse e os parâmetros que se quer

determinar. (ALEXANDRE, 2005), após vários experimentos entre características fisiográficas das bacias chegou às equações:

$$SAT = 3213,4 - 22,9Crist$$

$$PES = -0,888 + 0,0034P + 0,041CAD$$

Onde:

- Crist = porção da bacia composta de rochas cristalinas (%);
- P = precipitação média da área (mm/ano);
- CAD = capacidade de água disponível no solo (mm).

A bacia hidrográfica apresenta Crist = 100%, enquanto P = 694,10 mm e CAD = 77,47. Daí pode-se extrair os parâmetros do modelo, apresentados na Tabela 4.3. Vale ressaltar que, no estado do Ceará, composto em sua maioria por solos cristalinos, os parâmetros CREC tendem a zero, enquanto o parâmetro K, dependente de CREC, foi fixado em 3.

Tabela 4.3 - Parâmetros ML

SAT	PES	CREC	K
923,4	4,65	0,00	3,00

A Tabela 4.5 apresenta resumo dos dados estatísticos das vazões geradas pelos modelos ML1.

Tabela 4.4 - Sumário estatístico das vazões ML1

Q (hm³/mês)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Média	0,01	0,04	0,20	0,75	0,71	0,28	0,11	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	2,13
Desvio	0,06	0,13	0,55	2,04	1,42	0,64	0,24	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	4,20
CV	4,20	3,37	2,68	2,72	2,01	2,27	2,28	2,84	4,93	3,86	4,18	3,42	1,97
Máximo	0,42	0,79	3,45	15,90	9,03	4,85	1,66	0,31	0,24	0,03	0,03	0,03	28,57
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4.3.2 Aspectos conceituais da modelagem hidrológica proposta - Modelo KNN

Pelo método do KNN, cada bacia incremental é comparada às bacias das estações fluviométricas, sendo identificadas aquelas mais similares, em função das características fisiográficas. Assim, os parâmetros calibrados para as bacias das estações fluviométricas com bacias similares são emprestados para as bacias incrementais dos açudes. Como medida para avaliar se duas bacias são similares, uma ideia inicial é adotar o inverso da distância euclidiana no espaço das características fisiográficas reduzidas, como apresentado na equação:

$$S_{w(a,b)} = 1/D_{EW(a,b)} = 1/\sqrt{\sum_{i=1}^n [w_i(c_i^a - c_i^b)]^2}$$

Onde:

- $S_{w(a,b)}$ = medida de similaridade preliminar entre duas bacias quaisquer a e b ;
- $D_{EW(a,b)}$ = distância euclidiana entre as bacias a e b ;
- c_i^a e c_i^b = valor reduzido da característica i para as bacias a e b ;
- n = número de características fisiográficas consideradas ($n = 6$).

A variável reduzida equivale à variável após subtraída a média e dividida pelo desvio padrão do conjunto de observações dessa variável; este procedimento evita que valores extremos influenciem, de forma indesejada, o conjunto das observações. Somada à distância euclidiana, o modelo adicionou pesos às características da bacia, de forma a considerar a relevância de determinada característica fisiográfica frente às medidas de similaridade entre as bacias (ESTACIO et al, 2020). A equação linear resultante da regressão foi:

$$q = 0.325Crist - 0.020Kc - 0.096DD - 0.208CAD - 0.176Decliv + 0.181CN + 1.003P$$

- Crist = porção da bacia composta de rochas cristalinas (%);
- Kc = fator de compacidade;
- DD = densidade de drenagem;
- CAD = capacidade de água disponível no solo (mm);
- Decliv = declividade entre ponto mais distante da bacia e o ponto barrado;
- CN = *Curve Number*;
- P = Precipitação média anual (mm).

No caso da metodologia tradicional, quando não havia posto fluviométrico nas proximidades, era selecionado o posto mais próximo em termos de distância. Atualmente, com a metodologia KNN, a proximidade do posto é compartilhada com outras características fisiográficas da bacia, resultando na escolha de um posto fluviométrico mais similar de forma global. Inserindo as características obtidas do processamento do sistema de informações geográficas, obtém-se os parâmetros da Tabela 4.5:

Tabela 4.5 - Parâmetros KNN

SAT	PES	CREC	K
550,51	5,19	2,41	4,36

As tabelas 4.6 apresenta resumo dos dados estatísticos das vazões geradas pelos modelos KNN.

Tabela 4.6 - Sumário estatístico vazões KNN

Q (hm³/mês)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Média	0,03	0,07	0,46	1,65	1,13	0,36	0,15	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	4,02
Desvio	0,06	0,23	1,27	4,15	1,93	0,56	0,28	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	6,64
CV	1,82	3,07	2,78	2,52	1,71	1,56	1,86	0,99	0,92	0,85	0,85	0,85	1,65
Máximo	0,39	1,28	7,54	32,35	12,93	2,63	2,01	0,23	0,18	0,10	0,09	0,07	42,65
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03

Considerando que os modelos apresentaram vazões distintas (2,13 e 4,02 hm³/ano) será utilizada a média desses modelos para geração das vazões para a barragem Boa vista dos Parentes. Este método é o mesmo utilizado para a geração das vazões afluentes dos açudes do estado do Ceará (Projeto Alocar, 2021), com a adaptação dos coeficientes levando-se em conta a obtenção de dados pluviométricos por polígonos de Thiessen. Na Tabela 4.7 temos as vazões geradas pelo multimodelo (média dos modelos ML1 e KNN).

Tabela 4.7 – Série pseudo-histórica das vazões mensais multimodelo para bacia hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes (hm³/mês)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1	0,27	3,44	5,05	6,77	6,78	4,54	2,02	0,75	0,37	0,33	0,28	0,24	30,86
2	0,21	0,16	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	1,19
3	0,03	0,02	0,09	4,32	19,36	4,38	0,91	0,44	0,36	0,32	0,26	0,23	30,74
4	0,23	0,70	35,35	55,37	116,03	6,40	1,57	1,19	1,01	0,88	0,76	0,64	220,16
5	0,55	0,42	0,42	79,35	38,74	14,52	3,36	2,11	0,92	0,82	0,68	0,60	142,50
6	0,51	0,45	0,67	14,58	6,84	4,71	1,26	0,55	0,47	0,42	0,35	0,31	31,11
7	0,26	3,03	54,86	286,89	8,98	21,44	1,60	1,81	0,96	0,85	0,70	0,62	382,01
8	3,55	11,40	36,37	42,95	3,38	1,73	1,21	0,93	0,78	0,69	0,57	0,50	104,05
9	0,43	0,50	5,29	17,78	12,86	3,85	0,99	0,64	0,55	0,48	0,40	0,35	44,12
10	0,30	0,27	1,05	0,19	1,27	0,44	0,96	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	5,14
11	0,08	0,06	0,07	0,75	0,55	0,31	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	2,18
12	0,03	0,09	6,53	48,51	6,41	1,49	1,29	0,56	0,47	0,42	0,35	0,31	66,46
13	0,27	0,20	0,28	0,56	0,26	0,20	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	2,30
14	0,05	0,07	0,11	0,55	0,52	0,11	0,06	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	1,67
15	0,03	0,04	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,27
16	0,01	0,01	0,67	20,91	1,56	0,37	0,32	0,30	0,25	0,22	0,18	0,16	24,93
17	0,14	0,36	19,14	46,17	50,93	6,19	1,04	1,04	0,85	0,75	0,62	0,55	127,77
18	0,47	0,95	5,38	53,04	9,02	2,52	0,90	0,75	0,61	0,54	0,44	0,39	75,01
19	0,33	0,39	1,76	1,26	3,26	1,61	0,27	0,26	0,22	0,20	0,16	0,14	9,88
20	0,12	0,10	0,15	1,18	2,43	0,28	0,50	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	5,28
21	0,07	0,05	1,57	7,59	0,14	0,21	0,21	0,19	0,16	0,14	0,11	0,10	10,53
22	0,09	0,07	0,81	0,71	1,06	2,81	0,53	0,29	0,25	0,13	0,11	0,09	6,94
23	0,11	0,18	7,03	50,25	48,51	3,75	1,95	1,00	0,83	0,67	0,55	0,49	115,32
24	0,42	0,32	0,59	4,61	2,09	0,34	0,38	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	9,78
25	0,13	0,20	0,17	0,43	0,09	0,10	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	1,42
26	0,03	0,12	0,51	1,97	0,21	0,14	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04	3,35
27	0,04	0,03	0,05	0,93	0,26	0,34	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	1,91
28	0,03	0,13	0,12	0,20	3,60	2,63	0,41	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	7,72
29	0,09	0,38	0,24	9,43	6,56	3,79	0,35	0,35	0,30	0,27	0,22	0,20	22,18
30	0,17	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,95
31	0,02	0,02	0,04	0,68	1,91	0,93	0,96	0,22	0,10	0,09	0,08	0,07	5,13
32	0,06	0,05	0,05	0,08	0,34	0,15	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,90
33	0,02	0,02	0,57	10,40	5,10	0,61	0,37	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	18,12
34	0,13	0,10	0,30	2,92	9,19	0,92	0,27	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	14,85

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
35	0,13	0,10	0,11	0,56	1,62	0,24	0,11	0,10	0,08	0,08	0,06	0,05	3,23
36	0,05	0,04	0,27	0,60	4,23	1,20	0,25	0,15	0,13	0,12	0,10	0,08	7,21
37	0,07	0,06	0,07	0,16	0,43	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	1,06
38	0,02	0,02	0,32	3,99	0,19	0,10	0,20	0,10	0,09	0,08	0,06	0,06	5,21
39	0,05	0,04	0,11	11,74	5,78	0,25	0,32	0,30	0,25	0,22	0,18	0,16	19,41
40	0,14	0,11	0,10	0,08	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,82
41	0,02	0,04	0,70	3,54	3,16	0,94	0,18	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	9,24
42	0,08	0,06	0,15	0,54	0,82	0,40	0,18	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	2,54
43	0,00	0,01	0,24	0,74	1,46	0,02	0,09	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	2,67
44	0,01	0,01	0,52	2,31	0,35	0,44	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	3,84
45	0,27	0,80	5,49	7,24	1,69	0,32	0,22	0,26	0,07	0,05	0,04	0,03	16,49
46	0,03	0,02	0,03	0,34	1,11	1,61	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	3,35
47	0,02	0,02	0,02	0,38	0,33	0,16	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	1,06
48	0,01	0,01	0,23	1,53	2,54	0,07	0,58	0,09	0,03	0,03	0,03	0,04	5,19
49	0,03	0,02	0,18	0,18	0,71	0,33	0,09	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	1,64
50	0,02	0,01	0,15	0,59	1,74	0,46	0,34	0,10	0,03	0,03	0,02	0,02	3,50
51	0,02	0,01	0,05	0,15	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,34
52	0,00	0,00	0,01	0,07	1,58	0,58	0,21	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	2,58
53	0,01	0,01	0,02	0,43	0,23	0,24	0,02	0,15	0,01	0,01	0,01	0,02	1,17
54	0,01	0,04	0,16	0,58	1,15	0,45	0,75	0,04	0,21	0,04	0,02	0,02	3,47
55	0,02	0,03	1,08	7,08	5,19	0,52	0,06	0,06	0,08	0,05	0,04	0,03	14,24
56	0,04	0,04	0,18	0,33	2,64	2,15	1,84	0,05	0,05	0,06	0,04	0,03	7,43
57	0,03	0,02	0,02	0,08	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,24
58	0,00	0,00	0,02	0,09	0,19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,35
59	0,01	0,01	0,04	0,20	0,28	0,18	0,15	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,92
60	0,01	0,01	0,01	0,08	0,03	0,12	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,34
61	0,06	0,04	0,41	2,50	1,77	0,54	0,14	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	5,63
62	0,02	0,02	0,05	0,59	0,41	0,60	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	1,79
63	0,13	0,87	0,90	0,45	0,33	2,18	0,57	0,09	0,04	0,03	0,03	0,02	5,65
64	0,02	0,02	0,02	0,02	0,08	0,15	0,22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,57
65	0,01	0,01	0,03	0,16	2,06	0,30	0,09	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	2,77
66	0,01	0,03	0,07	0,36	0,41	0,13	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	1,09
67	0,01	0,01	0,06	0,31	0,90	0,51	0,10	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	1,99
68	0,01	0,01	0,01	0,08	0,07	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,26
69	0,02	0,01	0,26	0,76	3,36	1,05	0,92	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	6,56
70	0,02	0,02	0,03	0,10	0,21	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,46
71	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
72	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
73	0,00	0,00	0,04	0,05	0,10	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
74	0,00	0,00	0,00	0,47	0,46	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	1,11
75	0,01	0,05	0,19	0,23	0,55	0,03	0,09	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	1,21
76	0,01	0,01	0,09	0,21	1,28	0,09	0,50	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	2,28
77	0,01	0,01	0,10	0,19	0,70	0,19	0,28	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	1,58
78	0,02	0,01	0,07	0,16	0,45	0,57	0,17	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	1,70
média	0,54	1,29	7,89	28,41	19,44	6,18	2,62	0,90	0,66	0,56	0,46	0,41	3,08
desvio	0,98	3,96	21,89	71,63	33,29	9,67	4,86	0,89	0,61	0,48	0,39	0,35	114,44
CV	1,82	3,07	2,78	2,52	1,71	1,56	1,86	0,99	0,92	0,85	0,85	0,85	1,65
máximo	6,67	22,01	129,97	557,89	223,04	45,30	34,72	3,96	3,18	1,77	1,49	1,29	735,44
mínimo	0,01	0,01	0,05	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,54

Observa-se, através dos dados apresentados, que 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.

4.4 Análise da Capacidade do Reservatório

Para a análise da capacidade de armazenamento da barragem Boa Vista dos Parentes foi adotado o procedimento de simulação do balanço hídrico do reservatório para as vazões existentes na série histórica apresentada (78 anos), considerando-se a série de vazões mensais

pseudo-históricas obtidas da aplicação do modelo SMAP de passo mensal com os parâmetros de calibração do projeto Alocar, com uma vazão afluente anual de 3,08 hm³. A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por:

$$Vol_{t+1} = Vol_t + Afl_t - \left(\frac{A_{t+1} + A_t}{2} \right) E - Reg_t - Vert_t$$

Onde:

- Vol_t = volume armazenado no início do mês t (hm³);
- Afl_t = volume afluente ao reservatório durante o mês t (hm³);
- A_t = área do espelho d'água no início do mês t;
- E = lâmina evaporada durante o mês t;
- $Vert_t$ = volume perdido por vertimento durante o mês t;
- Reg_t = volume regularizado ou retirado no mês t;
- Vol_m = Volume "morto" do reservatório;
- K = capacidade do reservatório.

A equação tem como condições que o volume armazenado (Vol_t) seja sempre maior igual ao volume morto do reservatório (Vol_m).

O reservatório foi simulado para cada uma das séries geradas com garantias de 90%, 95% e 98%, apresentadas na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Vazões regularizadas para diferentes garantias

Cota de soleira (m)	Capacidade (hm ³)	Q90 (l/s)	Q95 (l/s)	Q98 (l/s)
174	2,45	19,03	14,36	11,85
175	3,01	20,22	15,32	12,51
176	3,64	22,11	16,41	13,07
177	4,34	23,22	17,41	13,31
178	5,14	25,46	18,09	13,66
179	6,03	27,41	18,30	13,86
180	7,03	28,61	18,62	14,26
181	8,17	30,55	19,75	14,72
182	9,44	31,89	19,93	14,68

Em seguida, são determinados os percentuais médios regularizados, evaporados e vertidos do volume total afluente para diferentes tamanhos de reservatórios e considerando garantia de 90% conforme a Tabela 4.9. Estes estão plotados em termos absolutos de vazão anual na Figura 4.2.

Tabela 4.9 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%

Cota de Soleira (m)	Altura Soleira (m)	Capacidade (hm³)	Q90 (L/s)	% Vert.	Vol Vert. (hm³/ano)	% Evap.	Vol Evap. (hm³/ano)	% Reg.	Vol Reg. (hm³/ano)	dM/dK
174	12,00	2,45	19,03	60,66%	1,87	17,90%	0,55	21,43%	0,66	-
175	13,00	3,01	20,22	57,80%	1,78	19,84%	0,61	22,36%	0,69	0,05
176	14,00	3,64	22,11	54,60%	1,68	21,58%	0,66	23,82%	0,73	0,07
177	15,00	4,34	23,22	51,73%	1,59	23,65%	0,73	24,62%	0,76	0,04
178	16,00	5,14	25,46	46,79%	1,44	26,24%	0,81	26,98%	0,83	0,09
179	17,00	6,03	27,41	42,15%	1,30	28,71%	0,88	29,15%	0,90	0,08
180	18,00	7,03	28,61	39,10%	1,20	31,02%	0,96	29,88%	0,92	0,02
181	19,00	8,17	30,55	35,61%	1,10	33,07%	1,02	31,31%	0,96	0,04
182	20,00	9,44	31,89	31,08%	0,96	36,25%	1,12	32,67%	1,01	0,03

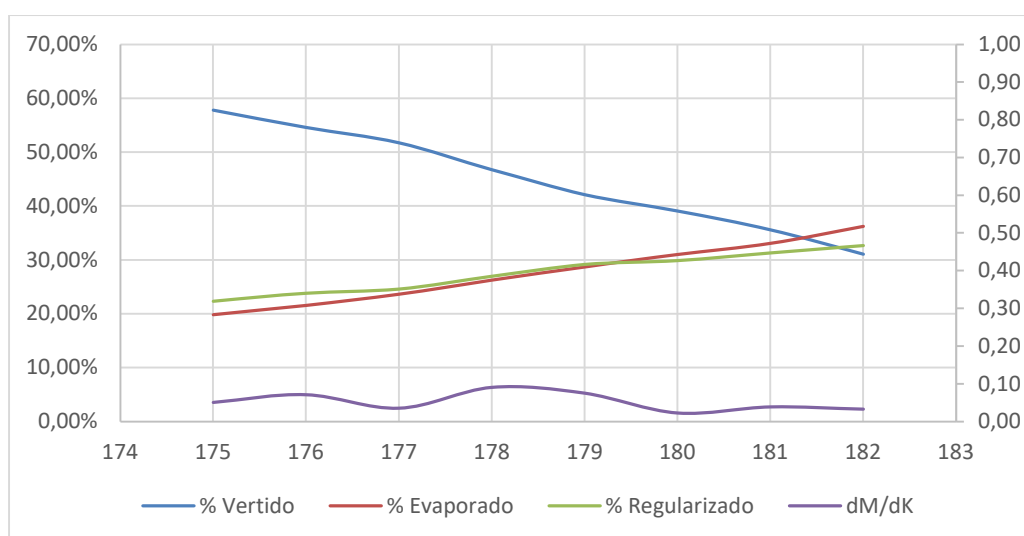


Figura 4.2 - Volume anual regularizado para uma garantia de 90%

A Figura 4.2 e os dados apresentados na Tabela 4.9 sugerem que a partir da cota 178 m (volume em torno de 5,14 hm³) os ganhos incrementais na capacidade de regularização com o aumento do barramento não são significativos e o volume evaporado se tornar maior que o volume regularizado após essa cota. Para esta capacidade o reservatório regulariza 26,98% do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 0,83 hm³/ano. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada de 90% de garantia de 25,46 l/s.

4.5 Critérios e Justificativa de Escolha da Cota de Alagamento

Aproveitando todo o potencial topográfico e hidrológico do boqueirão de cada alternativa e simuladas as quantificações dos materiais necessários à execução com detalhamento suficiente para possibilitar o levantamento dos grandes itens, iniciou-se o processo de escolha da solução ótima.

4.5.1 Orçamento das Alternativas

Foram elaborados a título preliminar e comparativo, estimativas de custo de cada alternativa os quais são apresentados na Tabela 4.1. Aproveitando todo o potencial topográfico do boqueirão e respaldadas na capacidade hidrológica.

A partir daí, preparou-se o quantitativo de materiais de escavação e construção de cada seção para a obtenção do custo. Foram levantados somente os grandes itens.

Para tanto, adotou-se taludes com inclinação de 1:2, revanche de 5 metros e um sangradouro escavado em rocha com largura de 60 metros.

Para este estudo comparativo de alternativas, os preços unitários tiveram como base as tabelas do SICRO/ABR/2023 e SINAPI/JUL/2023.

4.5.2 Justificativa de Escolha

A metodologia de escolha foi iniciada pela avaliação das variáveis condicionantes técnicas que se destacam e na sequência, as avaliações econômicas inerentes a cada alternativa.

A partir de então, procedeu-se a um confronto econômico entre as opções de cotas de coroamento, destacando-se fatores diferenciadores como custo total do empreendimento, volume de acumulação, custo/m³ de água acumulada, regularização anual.

Tabela 4.1 – Comparação econômica entre as cotas de alagamento

Fatores	Cotas de Coroamento (m)		
	181	183	185
Volume Acumulado (m ³)	3.519.263,87	5.142.049,75	7.031.478,06
Cota da soleira (m)	176	178	180
Área da Bacia Hidráulica (Hectares)	66,57	84,07	106,39
Volume Afluente Médio (hm ³ /ano)	3,08	3,08	3,08
Volume Regularizado (hm ³ /ano)	0,73	0,83	0,92
Custo da Construção	R\$ 14.590.455,09	R\$ 15.207.185,30	R\$ 16.606.657,13
Custo da Água em Relação a sua Construção (R\$/m ³)	R\$ 4,15	R\$ 2,96	R\$ 2,36

Com base nestes dados, na presente fase de realização do projeto, 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.

Conforme planilha apresentada referente ao orçamento, necessitará de recursos estimados nessa fase para a implantação do barramento estão na ordem de R\$ 15.207.185,30.

Sugere-se, portanto, que a próxima fase de projeto se paute nesta alternativa de armazenamento para desenvolvimento dos detalhes construtivos inerentes ao empreendimento.

4.6 Impacto dos Reservatórios à Montante e Jusante

A barragem Boa Vista dos Parentes se encontra a montante do açude Banabuiú. A atual área não controlada (incremental) do açude Banabuiú é de 4.407,72 km² resultando em uma vazão regularizada Q90 de 8,91 m³/s (Projeto Alocar, 2021).

Considerando-se a nova área não controlada do Banabuiú, excluindo-se a parcela referente à Barragem Boa Vista dos Parentes (58,00 km²), partindo-se do pressuposto que há uma relação linear entre a área da bacia incremental e a vazão regularizada Q90, obtém-se nova Q90 de 8,79 m³/s, visto que a porção de bacia incremental removida equivale a apenas 1,32% do valor anterior. Assim, observa-se que a implantação da barragem Boa Vista dos Parentes trará um pequeno impacto ao reservatório a jusante.

Não existem reservatórios a montante do açude Boa Vista dos Parentes.

5 ESTUDO DE CHEIAS

A cheia de projeto, muitas vezes denominada de cheia sintética, é frequentemente utilizada na análise, planejamento e dimensionamento de obras hidráulicas. No presente capítulo, as cheias de projeto com período de retorno de 1.000 e 10.000 anos são utilizadas na análise do comportamento hidráulico do sangradouro da Barragem Boa Vista dos Parentes, no sentido de verificação da capacidade atual de regularização da estrutura vertente. Os períodos de retorno selecionados estão de acordo com as orientações sobre do Manual do Empreendedor para Segurança de Barragens, volume V (ANA, 2016). O programa utilizado é o HEC-HMS, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineer Center*, do *U.S. Army Corps of Engineers (EUA)*.

Nos padrões definidos pelo *U.S. Army Corps of Engineers* - e disponíveis no programa - são três os diferentes métodos para a determinação das cheias sintéticas:

- I. a cheia de projeto padrão (*standard project storm*);
- II. a cheia máxima provável e,
- III. a cheia de projeto de diferentes durações derivadas de dados área-altura de chuva.

O método da cheia de projeto de diferentes durações foi desenvolvido pelas agências americanas *National Weather Service (NWS)* e *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. O método também é conhecido como cheia balanceada, porque suas alturas incrementais acumuladas podem ser organizadas em relações consistentes frequência x duração para cada intervalo de duração da chuva total. Isso significa que intervalos de chuvas de diferentes durações - 1h, 2h, 4h, 8h - produzem totais de chuva com a mesma frequência de excedência (ou período de retorno). Aceitando-se os princípios do NWS, optou-se, para o

presente estudo, adotar uma cheia de projeto balanceada usando-se os parâmetros do clima local.

Para o desenvolvimento da cheia de projeto, dois parâmetros devem ser inicialmente estimados: a duração da chuva e o intervalo de tempo para cada incremento de chuva. A duração da chuva foi considerada igual ao tempo de concentração da bacia.

Por sua vez, o intervalo de cálculo deve ser suficientemente curto para definir com precisão o hidrograma de cheia. Dentro destas premissas, adotou-se neste estudo um intervalo de tempo (Δt) igual a 10 minutos.

Os dados de entrada e saída, utilizados pelo o programa HEC-HMS para o dimensionamento do reservatório da barragem Boa Vista dos Parentes, serão apresentados no anexo digital deste relatório.

5.1 Método Curva Número

De maneira geral, existem três metodologias utilizadas para determinação da chuva efetiva: equações de infiltração, índices e relações funcionais. Especificamente, o HEC-HMS possibilita o uso de 5 métodos:

- I. Taxa de perda inicial e uniforme;
- II. Taxa de perda exponencial;
- III. Curva-Número;
- IV. Holtan;
- V. Função de Infiltração Green e Ampt.

Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método Curva-Número do Soil Conservation Service.

O método Curva-Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia:

- I. tipo de solo hidrológico;
- II. uso do solo e tratamento;
- III. condição da superfície subterrânea;
- IV. condição de umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

em que Q = escoamento, P = precipitação, S = capacidade máxima de armazenamento do solo e I_a = perdas antes do início do escoamento.

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação e infiltração. I_a é altamente variada, mas, a partir de dados de pequenas bacias, é aproximada pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20.S$$

Substituindo a equação das perdas no início da equação do escoamento, elimina-se I_a , resultando em:

$$Q = \frac{(P - 0,20.S)^2}{P + 0,80.S}$$

Em que S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Em que CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solo e cobertura, sendo estes valores tabelados apresentados para condições de umidade antecedente normal (AMC II). Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CNs equivalentes podem ser calculados pelas seguintes fórmulas:

CONDIÇÕES SECAS

$$CN(I) = \frac{4,2.CN(II)}{10 - 0,058.CN(II)}$$

CONDIÇÕES ÚMIDAS

$$CN(III) = \frac{2,3.CN(II)}{10 + 0,13.CN(II)}$$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos a partir da condição normal (AMC II) através de tabelas¹.

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solo, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração. Estes quatro grupos são descritos a seguir:

¹ PONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p.

A – São solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouco silte e argila, consistindo principalmente em areia e cascalho, ambos profundos e excessivamente bem drenados. São solos que possuem taxa mínima de infiltração (f_c), segundo a classificação de Horton, de ordem superior a 7,62 mm/h podendo chegar até 11,4 mm/h, de acordo com o TR-55 (1986);

B – São solos contendo moderada taxa de infiltração quando completamente molhados, consistindo, principalmente, de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa. São solos que apresentam taxa mínima de infiltração entre 3,81 mm/h a 7,62 mm/h;

C – São solos com baixa taxa de infiltração e que geram escoamento superficial acima da média principalmente quando completamente molhados. São solos contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo. A taxa mínima de infiltração destes solos fica compreendida entre 1,27 a 3,81 mm/h;

D – São solos que possuem o mais alto potencial de escoamento superficial. São solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com baixa taxa de infiltração. Pertencem a esta categoria solos com grande permanência do lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próximas da superfície e solos expansivos. A taxa de infiltração mínima é inferior a 1,27 mm/h.

Desde que o método do SCS dá o excesso total para uma tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior. A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método da curva número.

A Agência Nacional de Águas (ANA) disponibiliza uma base vetorial com o Curve Number (CN) para todo o Brasil, calculado a partir da topografia de precisão 1:250.000; do mapa pedológico multiescalas compilado pela Coordenação de Conjuntura dos Recursos Hídricos da ANA (ANA, 2017); do mapa de cobertura e uso do solo do IBGE construído a partir do processamento de imagens de satélite (IBGE, 2014).

A Bacia Hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes está situada numa região com CNs entre 73 e 81, conforme a Figura 5.1. O valor de CN da bacia foi adotado como o médio ponderado pelas áreas, que resultou em 75,89.

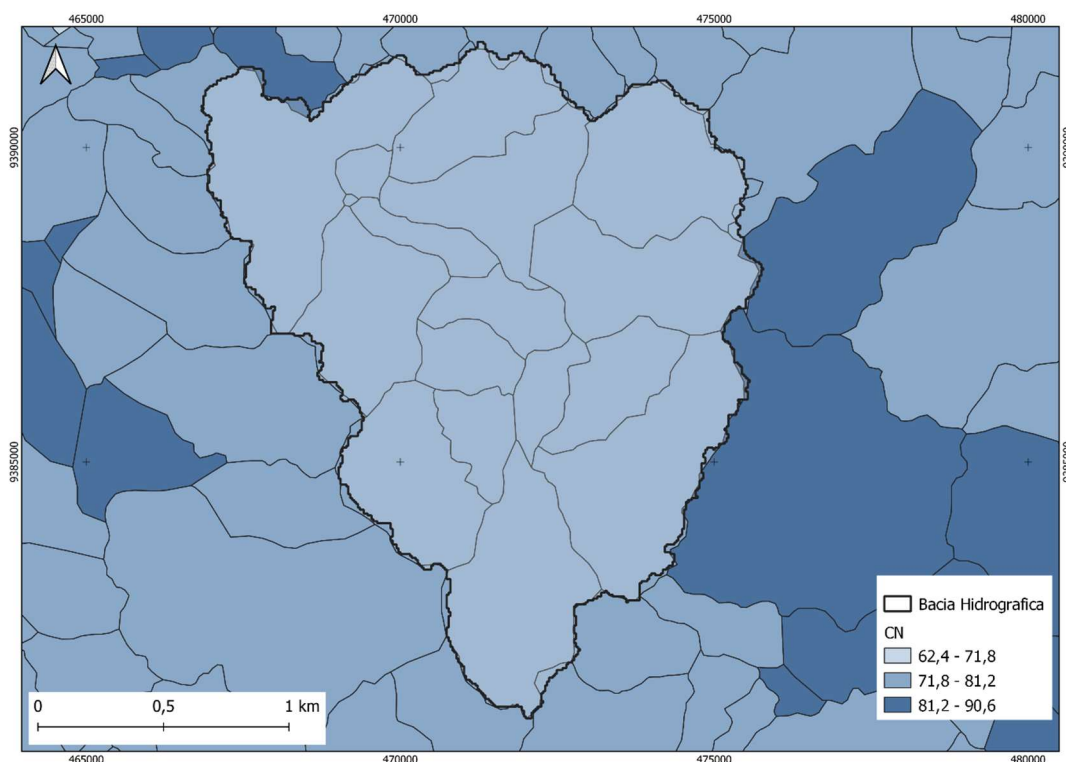


Figura 5.1 – Mapa de CN da Bacia do barramento Boa Vista dos Parentes

5.2 Método Chuva-Deflúvio Adotado

O programa HEC-HMS dispõe de várias metodologias para a transformação de precipitação em escoamento superficial. A metodologia adotada neste estudo pelos consultores é a do Método do Hidrograma Unitário Triangular, desenvolvido pelo U. S. Soil Conservation Service (1972). Este método, largamente utilizada em estudos desta natureza no Nordeste, se baseia em um hidrograma adimensional, resultado da análise de um grande número de hidrogramas unitários naturais de bacias de variadas extensões e localizações geográficas nos Estados Unidos. De simples aplicação, depende basicamente do tempo de concentração da bacia e nas relações geométricas.

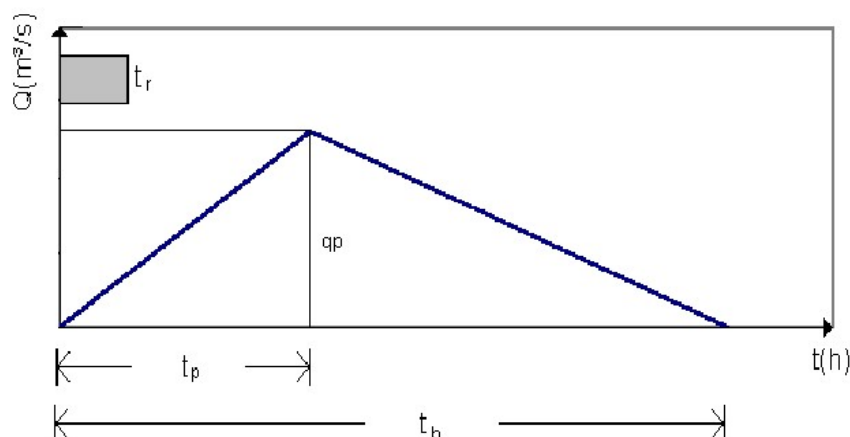


Figura 5.2 – Hidrograma unitário sintético do soil conservation servisse

O Hidrograma Triangular do SCS tem seu tempo de pico igual a:

$$t_p = 0,5t_r + 0,6t_c$$

onde: t_r = tempo de duração da chuva unitária, em horas (recomenda-se $t_r=0,2t_c$ para reduzir o trabalho de cálculo), e t_c = tempo de concentração da bacia (em horas).

O tempo de base t_b é dado por:

$$t_b = 2,67t_p$$

Obtém-se a descarga de pico q_p observando-se que a área do triângulo representa o volume escoado da bacia para um deflúvio de 1mm.

$$q_p = \frac{2 \times P \times A}{t_b}$$

onde P é igual a 1mm, A é a área da bacia e t_b é o tempo de base. A aplicabilidade do Método do Hidrograma Unitário se dá somente em bacias hidrográficas com áreas até 2.500 km². A bacia hidrográfica da barragem Boa Vista dos Parentes está dentro deste limite.

5.3 Determinação da Precipitação Efetiva (PE)

A retenção de parte da chuva nas depressões do solo e sua infiltração são os principais fatores que afetam a relação chuva-deflúvio, determinando a quantidade de chuva que se transforma em escoamento superficial, conhecida como precipitação efetiva. Segundo o *Soil Conservation Service*:

$$PE = (P - 5.080 / CN + 50,8)^2 / (P + 20.320 / CN - 203,2)$$

O parâmetro CN, denominado “*curve number*” varia de 0 a 100, conforme a permeabilidade do solo, cobertura vegetal, textura da superfície e umidade antecedente do solo, e se encontra tabelado para diversos tipos de cobertura vegetal, tratamento agrícola e grupos hidrológicos de solos classificados de acordo com sua permeabilidade.

5.4 Representação da Bacia no HEC-HMS

Conforme o que foi exposto anteriormente, a bacia do barramento Boa Vista dos Parentes pode ser representada no HEC-HMS por 2 elementos interligados conforme a Figura 5.3: i) a sub-bacia (representação da transformação da chuva extrema em vazão) e ii) o reservatório (representação do armazenamento e da propagação a cheia no vertedouro) com as seguintes características (dados de entrada):

- Sub-bacia: Área = 58,00 km²;
- *Loss Method* = *SCS Curve Number* (calcular a precipitação efetiva a partir do CN);

- *Transform Method* = *SCS Unit Hydrograph* (utilizar o hidrograma unitário do SCS para a transformação da chuva em vazão);
- *Initial Abstraction* = 16,14mm ($I_a = 0.2S$);
- *Curve Number* = 75;89;
- *LAG TIME* = 110,43min ($0.6 \cdot T_c$);
- *Canopy* (Interceptação) = *Baseflow* (escoamento de base) = No item *Precipitation Gauge* (Modelo meteorológico) = Os hietogramas especificados na Seção 3; *Downstream* (Jusante) = Reservatório.
- Reservatório: *Method* = *Outflow Structure* (simular vertedouro);
- *Storage Method* = *Elevation-Storage* (usar a curva cota-volume do reservatório);
- Elev Storage Function = CAV do reservatório; *Initial Elevation* = Cota do Vertedouro (para iniciar a simulação com o reservatório cheio);
- *Spillways* = 1 (usar 1 vertedouro);
- *Elev-Discharge* = curva chave do vertedouro.

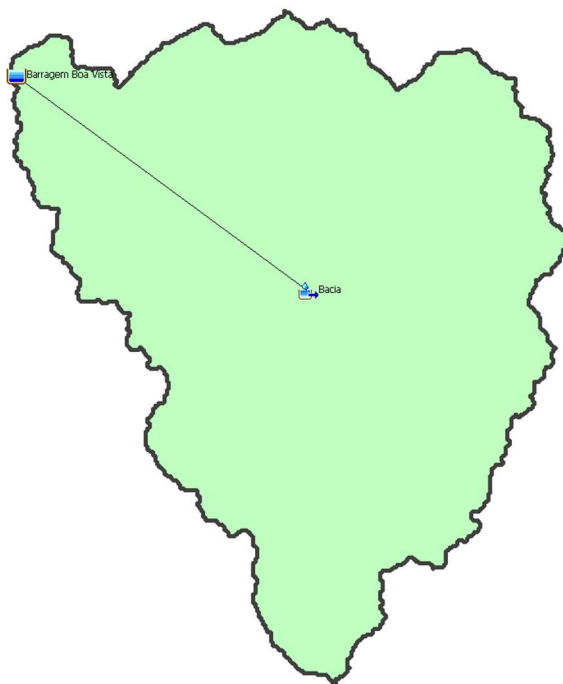


Figura 5.3 – Representação da bacia do barramento Boa Vista dos Parentes no HEC-HMS

Os resultados de cheia obtidos pela simulação deste modelo no HEC-HMS estão apresentados nas Figura 5.4 e 5.5 para as chuvas de 1.000 e 10.000 anos respectivamente (vazões de pico: 355,50 m³/s e 468,80m³/s).

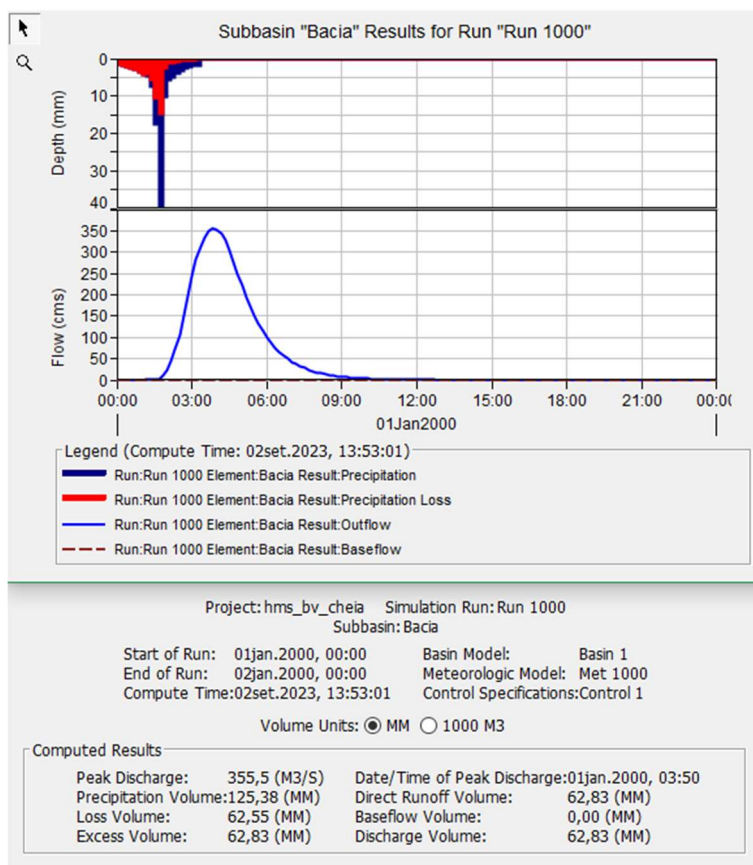


Figura 5.4 – Vazão de projeto para TR = 1.000 anos

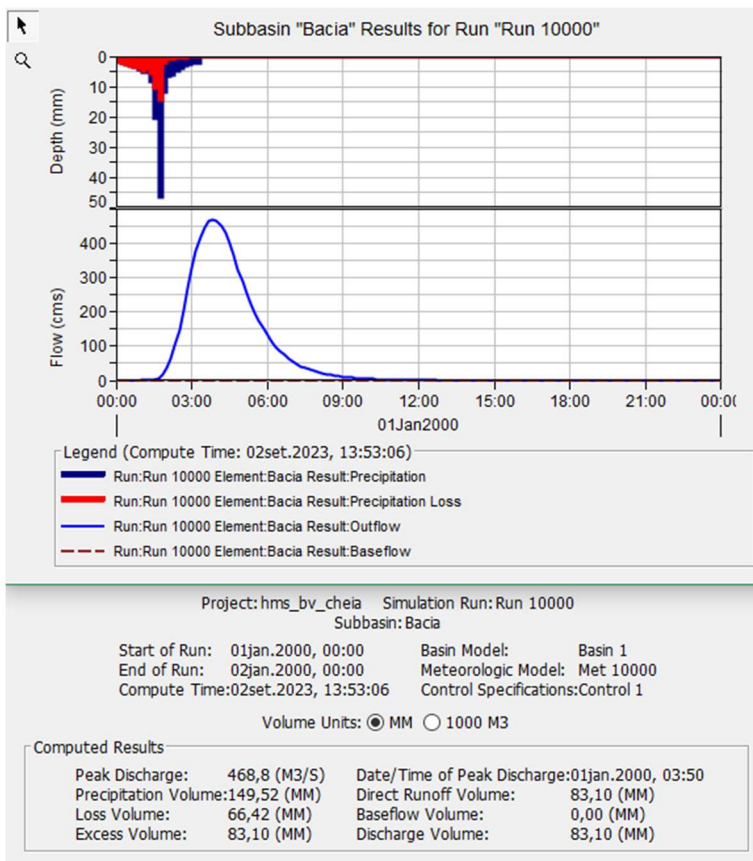


Figura 5.5 – Vazão de projeto para TR = 10.000 anos

6 DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

6.1 Equação do Vertedouro

Para o dimensionamento do vertedouro foi escolhido o tipo soleira espessa, com canais de aproximação e restituição escavados em rocha, com o objetivo da simulação do reservatório e das lâminas de inundação preliminares para que possam servir de guia para a definição do local em que deverá ser escavado o vertedouro. A definição final do sistema do vertedouro será feita apenas na fase do relatório de concepção, onde será definida a capacidade final da barragem, o tipo da barragem a ser utilizada e, consequência, o tipo de vertedouro.

Para este dimensionamento preliminar foi considerado um vertedouro soleira espessa escavado em rocha com o equacionamento proposto no termo de referência.

$$Q = C * L * H^{3/2}$$

Onde:

- C = coeficiente de descarga (adotado 1,55 m^{1/2}/s);
- Q = a vazão que passa pela seção do vertedouro (m³/s);
- L = a largura do vertedouro (m);
- H = o nível da água em relação à cota do vertedouro (m).

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 São Paulo).

6.2 Propagação da Cheia no Reservatório

A simulação da onda de enchente no reservatório para cada uma das configurações de vertedouro analisadas (cota e largura) foi realizada pela resolução por interações 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).

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

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

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

6.3 Dimensionamento do Reservatório – Amortecimento das Cheias Milenar e Decamilenar

Adotando um cenário de cheia do reservatório para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, de acordo com informações obtidas no Estudo de Cheias, considerando três

opções para a largura do vertedouro tipo soleira espessa – 40, 60 e 80 m para três tamanhos de reservatório – 3,52 hm³, 5,14 hm³ e 7,03 hm³ (Cotas de soleira 176, 178 e 180 m respectivamente). Foram obtidos os seguintes resultados, apresentados nos Quadros 6.1 e 6.2, para lâmina de sangria, vazões afluentes e efluentes.

Tr = 1.000 anos	V = 3,64 hm ³			V = 5,14 hm ³			V = 7,03 hm ³		
	H = 176,00 m			H = 178,00 m			H = 180,00 m		
	L=40m	L=60m	L=80m	L=40m	L=60m	L=80m	L=40m	L=60m	L=80m
Cheia Afluente	355,50 m ³ /s								
Cheia Efluente	212,40 m ³ /s	250,40 m ³ /s	274,30 m ³ /s	183,70 m ³ /s	221,90 m ³ /s	248,50 m ³ /s	154,80 m ³ /s	191,70 m ³ /s	218,90 m ³ /s
Cota operacional	178,30 m	177,90 m	177,70 m	180,10 m	179,80 m	179,60 m	181,80 m	181,60 m	181,50 m
Lâmina	2,30 m	1,90 m	1,70 m	3,10 m	2,80 m	2,60 m	1,80 m	1,60 m	1,50 m
Amortecimento	40,25%	29,56%	22,84%	48,33%	37,58%	30,10%	56,46%	46,08%	38,42%

Tabela 6.1 - Resultados dos estudos de cheia Tr=1.000 anos

Tr = 10.000 anos	V = 3,64 hm ³			V = 5,14 hm ³			V = 7,03 hm ³		
	H = 176,00 m			H = 178,00 m			H = 180,00 m		
	L=40m	L=60m	L=80m	L=40m	L=60m	L=80m	L=40m	L=60m	L=80m
Cheia Afluente	468,80 m ³ /s								
Cheia Efluente	290,40 m ³ /s	339,60 m ³ /s	371,20 m ³ /s	252,90 m ³ /s	303,20 m ³ /s	338,30 m ³ /s	215,20 m ³ /s	265,30 m ³ /s	300,30 m ³ /s
Cota operacional	178,80 m	178,40 m	178,10 m	180,60 m	180,20 m	180,00 m	182,30 m	182,00 m	181,80 m
Lâmina	2,80 m	2,40 m	2,10 m	3,60 m	3,20 m	3,00 m	2,30 m	2,00 m	1,80 m
Amortecimento	38,05%	27,56%	20,82%	46,05%	35,32%	27,84%	54,10%	43,41%	35,94%

Tabela 6.2 - Resultados dos estudos de cheia Tr=10.000 anos

Observa-se que 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%.

Este estudo do amortecimento de cheias para várias seções de vertedouro irá nortear a escolha da dimensão econômica do vertedouro durante a elaboração do Anteprojeto da Barragem.

No Anexo 2 são apresentados os hidrogramas de cheia, o amortecimento dos vertedouros e os dados de entrada do software HEC-HMS.

7 ESTUDOS ADICIONAIS

7.1 Análise da Possibilidade de Assoreamento do Reservatório

Neste estudo foi utilizado o modelo empírico desenvolvido por Negreiros e Lima Neto (2014), que relaciona a taxa de assoreamento dos reservatórios exclusivamente ao regime de precipitação da bacia hidrográfica. Este modelo, denominado de Método Simplificado, foi calibrado e teve seus parâmetros determinados para os reservatórios do Estado do Ceará, resultando na seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & V_{t+1} = V_t \times (1 - \varphi) \\ \text{ii)} \quad & \varphi = 93,9 \times \sum_{1}^{12} R_m \\ \text{iii)} \quad & R_m = p^{3/2} / P^3 \end{aligned}$$

Onde:

- V_{t+1} = volume do reservatório ao final do ano t;
- V_t = volume do reservatório no início do ano t;
- φ = taxa de assoreamento anual do reservatório;
- R_m = erosividade média da chuva para cada um dos meses;
- p = precipitação média do mês; e
- P = precipitação anual média.

O Método Simplificado foi o adotado neste projeto e a taxa de assoreamento calculada está apresentada na Tabela 7.1:

Tabela 7.1 - Determinação da taxa de assoreamento (φ)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Prec (mm)	64,6	93,8	157,4	167,7	104,9	44,6	23,7	7	4	3,2	6,4	15,4	694,1
Erosividade	2E-06	3E-06	6E-06	6E-06	3E-06	9E-07	3E-07	6E-08	2E-08	2E-08	5E-08	2E-07	5E-05

A taxa de assoreamento (φ) encontrada de 0,20% ao ano ou de 2% a cada 10,00 anos mostra a redução porcentual da capacidade de armazenamento em relação à capacidade inicial e indica que seriam necessários mais de 350 anos para o reservatório, após a construção, assorear em metade de sua capacidade.

7.2 Estudo de Probabilidade de Enchimento

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 histórica de vazões afluentes, cujas vazões foram obtidas por meio da média dos dois modelos (ML1 e KNN), utilizando-se como retirada a vazão regularizada Q90.

A simulação foi realizada por meio da equação do balanço hídrico:

$$Vol_{t+1} = Vol_t + Q_{Afl} + (E \times A(Vol_t)) - Q_{Reg} - Vert_t$$

Onde:

- Vol_{t+1} = volume armazenado no final do mês t (hm^3);
- Vol_t = volume armazenado no início do mês t (hm^3);
- Q_{Afl} = vazão afluente ao reservatório ($\text{hm}^3/\text{mês}$);

- A = área do espelho d'água (ha), função do volume no início do mês;
- E = lâmina média evaporada (hm);
- $Vert_t$ = volume perdido por vertimento durante o mês t ;
- Q_{Reg} = vazão regularizada/retirada ($hm^3/mês$);

Para encontrar as probabilidades de enchimento, foram simulados os conjuntos sequenciais de anos da série de vazões afluentes e analisada a frequência com que o reservatório alcançou o volume máximo nas simulações; nestes casos, foram analisados reservatórios com capacidade máxima de $-3,52\text{ hm}^3$, $5,14\text{ hm}^3$ e $7,03\text{ hm}^3$ (Cotas de soleira 176, 178 e 180 m respectivamente).

Deste modo, caso o reservatório apresentasse probabilidade de enchimento de 0,5 para 6 anos, por exemplo, significaria que em 50% de todos os conjuntos de 6 anos sequenciais da série histórica, o reservatório apresentaria volume completo. Neste estudo foram realizadas análises para os conjuntos de 1 a 10 anos sequenciais; as probabilidades de enchimento estão apresentadas na Figura 7.2.

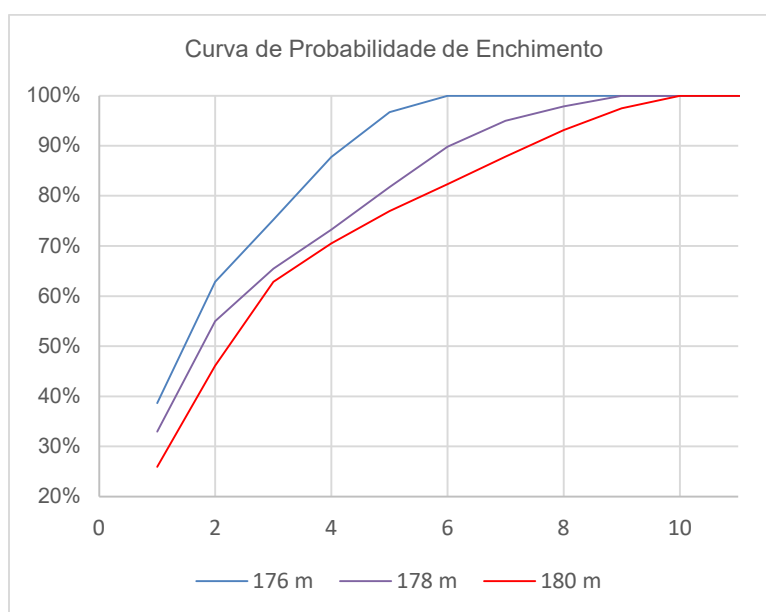


Figura 7.2 - Probabilidade de enchimento de acordo com cotas (anos de 1 a 10)

Verifica-se que as cotas de soleira 176, 178 e 180 m alcançam 100% de probabilidade de enchimento em ao menos um ano, respectivamente, aos 7, 9 e 10 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McCuen, R.H. (2005) Hydrologic Analysis and Design. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- 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.
- 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.
- 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.
- Torrico, J. J. T. Práticas hidrológicas, Rio de Janeiro: Transcom, 1975, 120p.
- ANA (Agência Nacional de Águas). Manual do empreendedor sobre segurança de barragens. Diretrizes para elaboração de projetos de barragens - Volume V. Brasília – DF. 2016.
- 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.
- Negreiros, J. R. Q., & Lima Neto, I. E. Relações simplificadas para estimativa do assoreamento de reservatórios.
- 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).
- 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.

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

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

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

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

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> >.

ANEXO 1 – SÉRIE PSEUDO-HISTÓRICA PARA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE BOA VISTA

A. Série Pseudo-Histórica da Média da Vazão do Modelo ML (hm³/mês)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
0	0,04	0,25	0,33	0,46	0,50	0,38	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,12	0,56	0,20	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
3	0,01	0,06	1,39	3,33	9,03	0,89	0,08	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	14,82
4	0,00	0,00	0,01	2,84	3,52	1,55	0,37	0,26	0,00	0,00	0,01	0,00	8,55
5	0,00	0,02	0,05	0,81	0,42	0,35	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74
6	0,00	0,19	2,11	15,90	5,09	4,85	0,13	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	28,57
7	0,42	0,79	2,40	3,46	0,30	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,55
8	0,00	0,03	0,29	0,85	0,80	0,29	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30
9	0,00	0,01	0,07	0,00	0,09	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,24	1,66	0,46	0,11	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60
12	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
13	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,03	0,58	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
16	0,00	0,02	0,67	2,10	3,66	0,60	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	7,07
17	0,00	0,08	0,33	2,37	0,79	0,23	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,84
18	0,00	0,02	0,11	0,07	0,21	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52
19	0,00	0,00	0,01	0,07	0,12	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
20	0,00	0,00	0,08	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37
21	0,00	0,00	0,04	0,03	0,06	0,15	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,36
22	0,01	0,02	0,36	2,05	3,51	0,35	0,19	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	6,56
23	0,00	0,00	0,04	0,25	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
24	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
25	0,00	0,01	0,03	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
26	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
27	0,00	0,01	0,01	0,01	0,18	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
28	0,00	0,03	0,02	0,45	0,34	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
31	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
32	0,00	0,00	0,03	0,37	0,24	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68
33	0,00	0,00	0,02	0,14	0,39	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
34	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
35	0,00	0,00	0,02	0,03	0,19	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
37	0,00	0,00	0,02	0,15	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
38	0,00	0,00	0,01	0,38	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	0,00	0,00	0,03	0,13	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
41	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
42	0,00	0,01	0,14	0,39	0,86	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50
43	0,00	0,01	0,33	1,25	0,25	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	2,27
44	0,24	0,58	3,45	6,18	1,82	0,32	0,22	0,31	0,03	0,00	0,00	0,00	13,14
45	0,01	0,00	0,01	0,27	0,69	1,12	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,13
46	0,00	0,01	0,01	0,26	0,20	0,12	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,63
47	0,00	0,01	0,15	0,79	1,62	0,04	0,56	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	3,25
48	0,02	0,01	0,17	0,14	0,52	0,26	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
49	0,01	0,00	0,12	0,37	1,08	0,35	0,30	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33
50	0,00	0,00	0,04	0,10	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
51	0,00	0,00	0,01	0,05	0,76	0,38	0,17	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39
52	0,00	0,01	0,01	0,28	0,14	0,18	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,78
53	0,01	0,04	0,13	0,40	0,78	0,35	0,65	0,01	0,24	0,03	0,00	0,00	2,64
54	0,01	0,02	0,76	4,21	4,88	0,53	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	10,46
55	0,02	0,02	0,16	0,25	1,67	1,70	1,66	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	5,52
56	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
57	0,00	0,00	0,01	0,05	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
58	0,01	0,01	0,03	0,13	0,18	0,13	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62
59	0,00	0,00	0,01	0,06	0,02	0,09	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
60	0,05	0,03	0,28	1,41	1,34	0,47	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
61	0,00	0,00	0,04	0,35	0,26	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07
62	0,10	0,52	0,62	0,35	0,29	1,73	0,52	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20
63	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,10	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
64	0,00	0,00	0,03	0,10	1,03	0,21	0,06	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	1,48
65	0,00	0,03	0,05	0,25	0,28	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
66	0,00	0,00	0,04	0,17	0,50	0,34	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14
67	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
68	0,01	0,01	0,18	0,44	1,94	0,88	0,87	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	4,33
69	0,00	0,00	0,02	0,08	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
70	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
71	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
72	0,00	0,00	0,03	0,03	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
73	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52
74	0,00	0,04	0,12	0,15	0,37	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78
75	0,00	0,01	0,06	0,13	0,72	0,06	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
76	0,00	0,00	0,08	0,13	0,44	0,14	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03
77	0,02	0,00	0,07	0,12	0,32	0,40	0,14	0,16	0,00	0,00	0,02	0,01	1,26
média	0,01	0,04	0,20	0,75	0,71	0,28	0,11	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	2,13
desvio	0,06	0,13	0,55	2,04	1,42	0,64	0,24	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	4,20
CV	4,20	3,37	2,68	2,72	2,01	2,27	2,28	2,84	4,93	3,86	4,18	3,42	1,97
máximo	0,42	0,79	3,45	15,90	9,03	4,85	1,66	0,31	0,24	0,03	0,03	0,03	28,57
mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

B. Série Pseudo-Histórica da Média da Vazão do Modelo KNN (hm³/mês)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
0	0,03	0,38	0,57	0,76	0,76	0,50	0,22	0,08	0,04	0,04	0,03	0,03	3,45
1	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,14
2	0,00	0,00	0,01	0,49	2,21	0,50	0,10	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	3,51
3	0,03	0,08	4,02	6,23	12,93	0,69	0,18	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	24,67
4	0,06	0,05	0,05	9,04	4,29	1,59	0,37	0,23	0,11	0,10	0,08	0,07	16,03
5	0,06	0,05	0,07	1,64	0,77	0,53	0,14	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	3,51
6	0,03	0,34	6,24	32,35	0,75	2,21	0,18	0,19	0,11	0,10	0,08	0,07	42,65
7	0,39	1,28	4,08	4,78	0,38	0,19	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	11,63
8	0,05	0,06	0,60	2,01	1,44	0,43	0,11	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	4,98
9	0,03	0,03	0,12	0,02	0,14	0,05	0,11	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,58
10	0,01	0,01	0,01	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,25
11	0,00	0,01	0,74	5,53	0,72	0,17	0,14	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	7,56
12	0,03	0,02	0,03	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,26
13	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
14	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,08	2,39	0,18	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	2,85
16	0,02	0,04	2,18	5,23	5,69	0,68	0,12	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	14,41
17	0,05	0,10	0,61	6,01	1,00	0,28	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	8,48
18	0,04	0,04	0,20	0,14	0,37	0,18	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,12
19	0,01	0,01	0,02	0,13	0,27	0,03	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,60
20	0,01	0,01	0,18	0,86	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	1,20
21	0,01	0,01	0,09	0,08	0,12	0,32	0,06	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,78
22	0,01	0,02	0,79	5,71	5,42	0,42	0,22	0,11	0,09	0,08	0,06	0,06	12,99
23	0,05	0,04	0,07	0,52	0,24	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,11
24	0,01	0,02	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,16
25	0,00	0,01	0,06	0,22	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,38
26	0,00	0,00	0,01	0,11	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,22
27	0,00	0,01	0,01	0,02	0,41	0,30	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,87
28	0,01	0,04	0,03	1,07	0,74	0,42	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	2,51
29	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
30	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,11	0,11	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,58
31	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
32	0,00	0,00	0,06	1,19	0,58	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	2,06
33	0,01	0,01	0,03	0,33	1,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,69
34	0,01	0,01	0,01	0,06	0,18	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,37
35	0,01	0,00	0,03	0,07	0,48	0,14	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,82
36	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
37	0,00	0,00	0,04	0,45	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,59
38	0,01	0,00	0,01	1,34	0,66	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	2,21
39	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
40	0,00	0,01	0,08	0,40	0,36	0,11	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	1,05
41	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,29
42	0,01	0,01	0,34	1,08	2,05	0,04	0,12	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	3,84
43	0,02	0,02	0,72	3,37	0,44	0,50	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,05	5,41
44	0,31	1,02	7,54	8,31	1,56	0,32	0,22	0,21	0,11	0,09	0,08	0,07	19,84
45	0,06	0,05	0,05	0,42	1,52	2,10	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	4,57
46	0,04	0,03	0,03	0,51	0,45	0,21	0,08	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	1,48
47	0,02	0,02	0,31	2,27	3,47	0,11	0,61	0,11	0,07	0,06	0,05	0,05	7,14
48	0,05	0,03	0,20	0,22	0,89	0,41	0,11	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	2,08
49	0,03	0,02	0,17	0,80	2,40	0,57	0,37	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	4,66
50	0,03	0,02	0,05	0,19	0,02	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,48
51	0,01	0,01	0,01	0,08	2,40	0,79	0,26	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	3,77
52	0,02	0,02	0,02	0,58	0,32	0,31	0,03	0,16	0,03	0,03	0,02	0,02	1,56
53	0,02	0,04	0,18	0,76	1,52	0,54	0,84	0,06	0,18	0,06	0,04	0,04	4,30
54	0,03	0,03	1,41	9,95	5,51	0,51	0,13	0,12	0,11	0,09	0,07	0,07	18,02
55	0,06	0,05	0,19	0,40	3,60	2,60	2,01	0,10	0,10	0,09	0,07	0,06	9,35
56	0,05	0,04	0,04	0,09	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,40
57	0,01	0,01	0,03	0,14	0,27	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,53
58	0,01	0,02	0,05	0,27	0,38	0,22	0,17	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	1,22
59	0,01	0,01	0,02	0,10	0,04	0,15	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,44
60	0,07	0,05	0,55	3,60	2,20	0,61	0,17	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	7,56

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
61	0,04	0,03	0,06	0,82	0,56	0,78	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	2,52
62	0,15	1,23	1,17	0,54	0,38	2,63	0,62	0,12	0,07	0,07	0,06	0,05	7,09
63	0,04	0,03	0,03	0,03	0,10	0,19	0,27	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,80
64	0,01	0,01	0,04	0,21	3,08	0,38	0,11	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	4,06
65	0,02	0,04	0,09	0,47	0,54	0,16	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,47
66	0,01	0,01	0,07	0,45	1,30	0,68	0,13	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	2,85
67	0,02	0,02	0,02	0,09	0,08	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,36
68	0,02	0,01	0,35	1,08	4,77	1,23	0,98	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	8,79
69	0,04	0,03	0,04	0,13	0,27	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,67
70	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
71	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
72	0,00	0,00	0,06	0,08	0,13	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,33
73	0,00	0,00	0,00	0,71	0,69	0,12	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	1,70
74	0,02	0,06	0,25	0,30	0,73	0,04	0,10	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,63
75	0,01	0,02	0,11	0,28	1,84	0,13	0,58	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	3,16
76	0,02	0,02	0,12	0,26	0,96	0,25	0,33	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	2,12
77	0,03	0,02	0,08	0,20	0,59	0,73	0,20	0,17	0,04	0,03	0,03	0,03	2,15
média	0,03	0,07	0,46	1,65	1,13	0,36	0,15	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	4,02
desvio	0,06	0,23	1,27	4,15	1,93	0,56	0,28	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	6,64
CV	1,82	3,07	2,78	2,52	1,71	1,56	1,86	0,99	0,92	0,85	0,85	0,85	1,65
máximo	0,39	1,28	7,54	32,35	12,93	2,63	2,01	0,23	0,18	0,10	0,09	0,07	42,65
mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03

C. Série Pseudo-Histórica da Média da Lâmina de Escoamento (mm/mês)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
0	0,59	5,43	7,70	10,51	10,87	7,65	3,60	1,27	0,37	0,33	0,28	0,25	48,85
1	0,23	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	1,22
2	0,03	0,02	0,11	5,27	23,94	6,05	1,26	0,49	0,37	0,33	0,26	0,26	38,40
3	0,32	1,16	46,63	82,40	189,37	13,61	2,21	1,25	1,08	0,88	1,02	0,64	340,56
4	0,55	0,43	0,49	102,40	67,32	27,10	6,35	4,23	0,92	0,82	0,73	0,64	211,97
5	0,53	0,62	1,05	21,19	10,23	7,59	1,95	0,55	0,47	0,42	0,35	0,31	45,27
6	0,28	4,59	71,97	416,03	50,31	60,81	2,63	4,25	0,99	0,85	0,70	0,64	614,06
7	6,97	17,86	55,89	71,07	5,78	2,71	1,60	0,93	0,78	0,70	0,57	0,50	165,35
8	0,43	0,75	7,65	24,70	19,35	6,18	1,34	0,64	0,55	0,48	0,40	0,35	62,83
9	0,31	0,34	1,61	0,19	2,03	0,65	1,63	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	7,40
10	0,09	0,06	0,10	1,11	0,79	0,46	0,08	0,07	0,07	0,05	0,04	0,04	2,95
11	0,03	0,15	8,52	61,97	10,18	2,36	2,23	0,56	0,47	0,42	0,36	0,33	87,59
12	0,29	0,22	0,41	0,89	0,36	0,28	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	2,99
13	0,05	0,10	0,16	0,83	0,77	0,15	0,06	0,09	0,04	0,04	0,03	0,03	2,36
14	0,03	0,07	0,10	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,37
15	0,01	0,01	0,92	25,63	2,13	0,42	0,32	0,30	0,25	0,22	0,18	0,16	30,55
16	0,14	0,56	24,54	63,23	80,68	11,07	1,04	1,18	0,85	0,75	0,63	0,57	185,23
17	0,49	1,61	8,03	72,26	15,47	4,40	1,10	0,83	0,61	0,54	0,44	0,39	106,17
18	0,33	0,59	2,62	1,87	4,97	2,49	0,27	0,26	0,22	0,20	0,16	0,14	14,13
19	0,12	0,12	0,21	1,72	3,40	0,37	0,79	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	7,25
20	0,07	0,05	2,22	9,90	0,14	0,21	0,21	0,19	0,16	0,14	0,11	0,10	13,50
21	0,09	0,07	1,15	0,97	1,53	4,06	0,77	0,44	0,42	0,13	0,11	0,09	9,84
22	0,17	0,31	9,97	66,94	77,01	6,59	3,46	1,29	1,15	0,67	0,56	0,49	168,61
23	0,42	0,32	0,95	6,66	3,04	0,38	0,47	0,30	0,23	0,20	0,17	0,15	13,29
24	0,13	0,29	0,23	0,65	0,10	0,12	0,07	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	1,83
25	0,03	0,18	0,73	2,74	0,29	0,19	0,08	0,09	0,06	0,06	0,05	0,04	4,55
26	0,04	0,03	0,08	1,26	0,35	0,50	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	2,52
27	0,03	0,21	0,17	0,31	5,04	3,70	0,60	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	10,67
28	0,12	0,61	0,37	13,05	9,32	5,80	0,35	0,35	0,30	0,27	0,22	0,20	30,96
29	0,17	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,95
30	0,02	0,02	0,05	0,84	2,39	1,22	1,35	0,31	0,10	0,09	0,08	0,07	6,55
31	0,06	0,05	0,06	0,13	0,51	0,22	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	1,20
32	0,02	0,03	0,85	13,40	7,01	0,83	0,45	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	23,63
33	0,13	0,10	0,47	4,03	12,39	1,29	0,27	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	19,70
34	0,13	0,10	0,14	0,82	2,28	0,33	0,11	0,10	0,08	0,08	0,06	0,05	4,27
35	0,05	0,04	0,41	0,85	5,74	1,70	0,33	0,15	0,13	0,12	0,10	0,08	9,70
36	0,08	0,08	0,09	0,26	0,66	0,08	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	1,45
37	0,02	0,02	0,47	5,22	0,24	0,10	0,29	0,10	0,09	0,08	0,06	0,06	6,74
38	0,05	0,04	0,17	14,82	7,75	0,25	0,32	0,30	0,25	0,22	0,18	0,16	24,52
39	0,14	0,11	0,10	0,08	0,11	0,09	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,86
40	0,02	0,06	0,95	4,61	4,27	1,34	0,18	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	12,09
41	0,08	0,06	0,22	0,76	1,17	0,59	0,25	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	3,45
42	0,06	0,20	4,15	12,68	25,17	0,33	1,63	0,57	0,40	0,34	0,28	0,25	46,04
43	0,22	0,23	9,03	39,85	5,96	7,64	0,60	0,57	0,48	0,43	0,50	0,66	66,17
44	4,72	13,74	94,71	124,90	29,09	5,53	3,84	4,53	1,20	0,81	0,67	0,59	284,33
45	0,57	0,43	0,51	5,92	19,06	27,74	1,00	0,64	0,56	0,56	0,41	0,36	57,76
46	0,31	0,30	0,33	6,56	5,66	2,81	1,00	0,31	0,26	0,29	0,19	0,17	18,19
47	0,15	0,18	3,93	26,34	43,87	1,28	10,06	1,54	0,60	0,54	0,44	0,64	89,57
48	0,55	0,37	3,13	3,11	12,17	5,74	1,53	0,63	0,33	0,29	0,24	0,24	28,33
49	0,35	0,14	2,54	10,10	30,07	7,93	5,82	1,72	0,49	0,44	0,37	0,32	60,29
50	0,29	0,22	0,78	2,55	0,17	0,87	0,30	0,20	0,13	0,11	0,10	0,08	5,79
51	0,08	0,08	0,18	1,14	27,17	10,06	3,69	0,81	0,38	0,36	0,28	0,25	44,48
52	0,22	0,23	0,29	7,46	3,96	4,15	0,28	2,67	0,25	0,23	0,19	0,31	20,23
53	0,23	0,67	2,71	10,07	19,87	7,71	12,86	0,61	3,68	0,74	0,37	0,34	59,84
54	0,39	0,44	18,65	122,01	89,55	8,91	1,11	1,04	1,39	0,79	0,64	0,60	245,52
55	0,72	0,63	3,02	5,68	45,45	37,08	31,69	0,88	0,84	1,02	0,65	0,55	128,20
56	0,47	0,37	0,36	1,41	0,25	0,42	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	4,15
57	0,08	0,07	0,41	1,62	3,26	0,10	0,12	0,12	0,10	0,09	0,07	0,07	6,10
58	0,13	0,22	0,68	3,47	4,88	3,03	2,51	0,33	0,21	0,17	0,14	0,13	15,90
59	0,12	0,09	0,24	1,42	0,57	2,08	0,88	0,11	0,11	0,09	0,07	0,06	5,84
60	1,09	0,65	7,14	43,19	30,57	9,30	2,46	0,68	0,63	0,52	0,44	0,38	97,04

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
61	0,33	0,26	0,80	10,10	7,07	10,37	0,40	0,42	0,36	0,32	0,27	0,23	30,94
62	2,19	15,07	15,45	7,73	5,77	37,57	9,88	1,56	0,65	0,58	0,48	0,42	97,36
63	0,36	0,28	0,33	0,38	1,40	2,55	3,73	0,20	0,19	0,17	0,14	0,13	9,85
64	0,11	0,10	0,57	2,73	35,46	5,09	1,52	0,56	0,65	0,36	0,28	0,24	47,68
65	0,22	0,55	1,20	6,22	7,13	2,19	0,28	0,27	0,23	0,21	0,17	0,15	18,83
66	0,13	0,10	1,01	5,37	15,45	8,80	1,75	0,57	0,38	0,32	0,26	0,23	34,37
67	0,24	0,17	0,20	1,36	1,13	0,69	0,20	0,12	0,10	0,09	0,07	0,07	4,43
68	0,27	0,13	4,55	13,13	57,88	18,18	15,91	0,74	0,68	0,70	0,54	0,45	113,16
69	0,38	0,30	0,52	1,76	3,59	0,46	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	8,01
70	0,09	0,08	0,38	0,08	0,11	0,22	0,10	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	1,23
71	0,03	0,02	0,03	0,18	0,29	0,15	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,80
72	0,01	0,03	0,76	0,94	1,68	0,05	0,29	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	4,02
73	0,03	0,03	0,03	8,11	7,93	1,52	0,46	0,29	0,24	0,22	0,18	0,16	19,20
74	0,17	0,90	3,23	3,95	9,50	0,49	1,57	0,27	0,23	0,21	0,17	0,15	20,83
75	0,13	0,20	1,48	3,54	22,11	1,60	8,58	0,44	0,41	0,32	0,28	0,24	39,33
76	0,20	0,18	1,67	3,31	12,03	3,33	4,91	0,48	0,34	0,27	0,23	0,21	27,17
77	0,39	0,18	1,29	2,82	7,78	9,77	2,95	2,89	0,36	0,28	0,42	0,27	29,40
média	0,54	1,29	7,89	28,41	19,44	6,18	2,62	0,90	0,66	0,56	0,46	0,41	69,37
desvio	0,98	3,96	21,89	71,63	33,29	9,67	4,86	0,89	0,61	0,48	0,39	0,35	114,44
CV	1,82	3,07	2,78	2,52	1,71	1,56	1,86	0,99	0,92	0,85	0,85	0,85	1,65
máximo	6,67	22,01	129,97	557,89	223,04	45,30	34,72	3,96	3,18	1,77	1,49	1,29	735,44
mínimo	0,01	0,01	0,05	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,54

D. Série Pseudo-Histórica da Média da Vazão (hm³/mês)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
0	4,12	12,69	11,14	13,64	13,59	10,49	6,25	2,94	0,16	0,16	0,13	0,19	75,51
1	1,20	0,45	0,19	0,05	0,05	0,04	0,29	0,10	0,02	0,02	0,02	0,01	2,44
2	0,01	0,01	0,99	5,86	14,27	4,71	1,31	0,33	0,21	0,27	0,11	0,89	28,96
3	1,83	4,82	37,65	50,77	114,51	14,98	2,34	0,85	1,20	0,54	5,42	0,39	235,30
4	0,33	0,77	2,67	81,57	49,63	25,33	8,09	8,35	0,51	0,49	1,31	1,51	180,57
5	1,04	4,08	4,99	31,22	10,71	9,96	3,13	0,24	0,21	0,27	0,16	0,39	66,40
6	1,12	14,38	46,08	178,03	88,94	86,36	3,71	11,06	1,28	0,97	0,81	1,52	434,24
7	33,98	25,39	53,25	61,07	6,43	3,84	2,46	0,64	0,55	0,86	0,40	0,42	189,28
8	0,84	5,79	15,42	24,12	18,53	7,38	1,68	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	74,78
9	0,66	2,32	6,16	0,07	6,25	1,55	4,98	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	22,26
10	0,35	0,03	1,11	4,29	1,83	1,26	0,02	0,02	0,12	0,02	0,02	0,16	9,23
11	0,09	1,61	11,72	33,11	8,46	2,56	3,71	0,15	0,14	0,13	0,42	1,08	63,19
12	0,95	0,46	2,79	3,64	1,02	0,93	0,04	0,04	0,03	0,32	0,02	0,02	10,25
13	0,33	1,03	0,92	3,04	2,00	0,40	0,07	0,47	0,02	0,01	0,01	0,02	8,32
14	0,24	0,83	0,69	0,40	0,12	0,05	0,10	0,07	0,07	0,01	0,00	0,01	2,60
15	0,17	0,07	3,34	16,76	1,66	0,25	0,05	0,12	0,05	0,04	0,03	0,09	22,64
16	0,16	3,64	21,73	36,57	52,88	10,15	0,30	0,96	0,32	0,30	0,46	1,06	128,53
17	1,00	9,01	14,17	50,67	14,90	5,50	1,07	0,83	0,27	0,25	0,20	0,18	98,06
18	0,19	4,96	6,89	4,00	9,29	4,46	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	30,27
19	0,09	1,09	1,24	5,33	5,64	0,60	2,23	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	16,40
20	0,19	0,22	7,47	9,62	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	17,77
21	0,03	0,40	4,48	1,82	3,09	6,64	1,37	1,18	1,90	0,12	0,19	0,03	21,23
22	1,89	2,02	16,66	40,30	52,30	6,19	4,69	1,65	2,72	0,30	0,35	0,22	129,30
23	0,42	0,39	6,96	12,25	4,61	0,31	0,87	0,38	0,10	0,08	0,07	0,06	26,49
24	0,05	2,81	0,67	2,50	0,11	0,35	0,03	0,31	0,02	0,02	0,02	0,08	6,96
25	0,27	1,50	2,33	5,05	0,51	0,40	0,02	0,23	0,02	0,02	0,01	0,01	10,37
26	0,03	0,02	1,07	3,25	0,73	1,36	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	6,60
27	0,15	1,74	0,68	1,29	8,74	4,57	0,97	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	18,29
28	1,41	3,06	1,27	17,62	8,73	6,83	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,30	39,62
29	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,25
30	0,01	0,01	0,35	1,57	2,79	1,55	2,23	0,65	0,01	0,01	0,01	0,01	9,21
31	0,01	0,22	0,40	0,92	2,04	0,70	0,01	0,01	0,01	0,01	0,26	0,05	4,63
32	0,17	0,44	3,45	13,02	6,15	0,89	0,50	0,05	0,05	0,05	0,04	0,18	24,99
33	0,10	0,37	3,04	7,27	12,42	1,45	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,24	25,15
34	0,03	0,16	1,19	3,32	4,59	0,60	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	10,02
35	0,12	0,36	2,39	2,22	8,27	2,31	0,50	0,03	0,03	0,03	0,10	0,02	16,38
36	0,38	0,62	0,58	1,65	2,45	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	5,92
37	0,15	0,32	2,34	7,14	0,28	0,02	0,86	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	11,19
38	0,16	0,13	1,55	15,34	5,99	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	23,48
39	0,18	0,08	0,15	0,12	0,78	0,33	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	1,69
40	0,17	0,55	2,71	5,75	4,66	1,83	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	15,83
41	0,05	0,02	2,07	2,07	2,66	1,39	0,72	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	9,07
42	0,79	1,41	8,06	11,91	19,34	0,06	2,56	0,64	0,30	0,19	0,17	0,25	45,68
43	0,81	1,37	17,47	27,68	5,53	9,68	0,16	0,17	0,16	0,14	2,97	3,69	69,83
44	14,33	18,77	63,69	87,53	29,98	7,02	6,79	12,22	2,24	0,55	0,46	0,40	243,98
45	2,76	1,30	2,67	17,31	20,94	25,92	0,84	0,25	0,24	1,25	0,18	0,16	73,83
46	0,19	2,11	1,40	15,10	6,93	4,27	1,87	0,10	0,09	1,27	0,07	0,06	33,48
47	0,05	1,88	9,90	22,06	30,82	0,94	14,50	2,35	0,20	0,19	0,16	4,35	87,41
48	2,36	1,34	11,61	6,25	17,60	7,84	2,65	1,20	0,14	0,13	0,10	1,33	52,54
49	2,71	0,06	10,24	13,46	26,14	8,22	8,42	3,32	0,18	0,17	0,14	0,12	73,18
50	0,73	0,27	5,66	6,15	0,06	2,83	0,79	0,49	0,05	0,05	0,27	0,03	17,37
51	0,50	0,68	1,38	4,03	23,62	8,46	4,56	1,16	0,10	0,41	0,20	0,30	45,40
52	0,29	1,62	1,46	15,05	4,73	6,13	0,07	7,86	0,08	0,08	0,07	2,82	40,26
53	1,14	4,08	7,77	14,67	20,00	8,78	17,04	0,41	11,17	1,88	0,16	0,40	87,50
54	2,45	2,81	31,65	69,36	70,94	9,46	0,50	0,55	4,06	0,68	0,39	1,52	194,36
55	4,80	2,89	11,48	11,25	41,90	32,36	32,18	0,35	0,38	2,70	0,63	0,28	141,19
56	0,28	0,37	0,90	8,47	0,11	1,19	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	11,72
57	0,03	0,39	2,32	3,54	5,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,46	11,93
58	1,25	1,33	2,73	6,88	6,77	4,52	4,68	0,52	0,23	0,14	0,13	0,20	29,37
59	0,66	0,35	2,08	4,88	1,43	5,18	2,21	0,04	0,22	0,03	0,03	0,02	17,13
60	6,67	1,62	12,13	31,94	24,35	9,52	3,27	0,23	0,52	0,20	0,31	0,15	90,89

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
61	0,25	0,70	5,26	15,39	8,00	12,36	0,11	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	42,60
62	11,10	17,20	15,99	9,25	8,28	38,60	11,64	2,22	0,26	0,25	0,21	0,19	115,19
63	0,16	0,18	2,30	1,76	5,41	5,84	7,33	0,07	0,07	0,07	0,06	0,16	23,41
64	0,50	0,60	3,69	6,14	28,16	4,73	2,00	0,60	1,97	0,46	0,09	0,08	49,03
65	0,80	4,08	4,04	11,46	9,42	3,37	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	33,63
66	0,24	0,29	5,43	7,79	14,79	8,87	2,33	0,67	0,31	0,19	0,17	0,26	41,36
67	1,53	0,36	1,02	5,95	2,70	1,85	0,43	0,04	0,03	0,32	0,03	0,47	14,73
68	2,51	0,66	10,49	13,30	37,87	15,85	17,86	0,22	0,23	1,13	0,81	0,17	101,10
69	0,28	0,60	3,80	6,17	7,50	0,72	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	19,46
70	0,08	0,46	2,49	0,16	0,40	1,28	0,44	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	5,36
71	0,56	0,07	0,38	1,27	1,22	0,63	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	4,16
72	0,02	0,62	2,46	1,94	3,13	0,01	0,97	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	9,21
73	0,23	0,33	0,14	12,79	5,92	1,60	0,43	0,05	0,05	0,04	0,04	0,15	21,76
74	1,22	4,04	6,44	6,18	11,90	0,50	3,50	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	34,09
75	0,27	1,89	5,06	6,38	20,84	1,65	12,37	0,24	0,41	0,10	0,32	0,08	49,62
76	0,12	1,04	7,45	6,00	14,70	4,25	8,16	0,56	0,37	0,09	0,14	0,47	43,34
77	3,47	0,50	6,01	6,52	11,84	12,15	4,52	6,62	0,39	0,11	2,78	1,10	56,02
média	1,55	2,40	7,59	16,08	14,12	6,35	2,95	0,98	0,46	0,25	0,29	0,38	53,39
desvio	4,34	4,47	11,66	25,98	20,16	11,66	5,15	2,33	1,40	0,44	0,76	0,76	69,41
CV	2,80	1,86	1,54	1,62	1,43	1,84	1,74	2,38	3,05	1,78	2,63	2,00	1,30
máximo	33,98	25,39	63,69	178,03	114,51	86,36	32,18	12,22	11,17	2,70	5,42	4,35	434,24
mínimo	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,25

E. Série Pseudo-Histórica da Média da Vazão (m³/s)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
0	0,01	0,13	0,17	0,24	0,24	0,17	0,08	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09
1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,12	0,52	0,14	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07
3	0,01	0,03	1,01	1,84	4,10	0,30	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,62
4	0,01	0,01	0,01	2,29	1,46	0,61	0,14	0,09	0,02	0,02	0,02	0,01	0,39
5	0,01	0,01	0,02	0,47	0,22	0,17	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
6	0,01	0,11	1,56	9,31	1,09	1,36	0,06	0,09	0,02	0,02	0,02	0,01	1,14
7	0,15	0,43	1,21	1,59	0,13	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,31
8	0,01	0,02	0,17	0,55	0,42	0,14	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12
9	0,01	0,01	0,03	0,00	0,04	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
10	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
11	0,00	0,00	0,18	1,39	0,22	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16
12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
13	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,02	0,57	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
16	0,00	0,01	0,53	1,41	1,75	0,25	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,34
17	0,01	0,04	0,17	1,62	0,33	0,10	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,20
18	0,01	0,01	0,06	0,04	0,11	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
19	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,05	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
21	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,09	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
22	0,00	0,01	0,22	1,50	1,67	0,15	0,07	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,31
23	0,01	0,01	0,02	0,15	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
24	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
26	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
28	0,00	0,01	0,01	0,29	0,20	0,13	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	0,00	0,00	0,02	0,30	0,15	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
33	0,00	0,00	0,01	0,09	0,27	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
34	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
35	0,00	0,00	0,01	0,02	0,12	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37	0,00	0,00	0,01	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
38	0,00	0,00	0,00	0,33	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	0,00	0,00	0,02	0,10	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
41	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
42	0,00	0,00	0,09	0,28	0,54	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
43	0,00	0,01	0,20	0,89	0,13	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12
44	0,10	0,33	2,05	2,79	0,63	0,12	0,08	0,10	0,03	0,02	0,01	0,01	0,52
45	0,01	0,01	0,01	0,13	0,41	0,62	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11
46	0,01	0,01	0,01	0,15	0,12	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
47	0,00	0,00	0,09	0,59	0,95	0,03	0,22	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16
48	0,01	0,01	0,07	0,07	0,26	0,13	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
49	0,01	0,00	0,05	0,23	0,65	0,18	0,13	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11
50	0,01	0,01	0,02	0,06	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
51	0,00	0,00	0,00	0,03	0,59	0,23	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
52	0,00	0,01	0,01	0,17	0,09	0,09	0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04
53	0,00	0,02	0,06	0,23	0,43	0,17	0,28	0,01	0,08	0,02	0,01	0,01	0,11
54	0,01	0,01	0,40	2,73	1,94	0,20	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,45
55	0,02	0,02	0,07	0,13	0,98	0,83	0,69	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,23
56	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
57	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
58	0,00	0,01	0,01	0,08	0,11	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
59	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
60	0,02	0,02	0,15	0,97	0,66	0,21	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,18

61	0,01	0,01	0,02	0,23	0,15	0,23	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
62	0,05	0,36	0,33	0,17	0,13	0,84	0,21	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
63	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
64	0,00	0,00	0,01	0,06	0,77	0,11	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
65	0,00	0,01	0,03	0,14	0,15	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
66	0,00	0,00	0,02	0,12	0,33	0,20	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
67	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	0,01	0,00	0,10	0,29	1,25	0,41	0,34	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
69	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73	0,00	0,00	0,00	0,18	0,17	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
74	0,00	0,02	0,07	0,09	0,21	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
75	0,00	0,00	0,03	0,08	0,48	0,04	0,19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
76	0,00	0,00	0,04	0,07	0,26	0,07	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
77	0,01	0,00	0,03	0,06	0,17	0,22	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01
Média	0,01	0,03	0,17	0,64	0,42	0,14	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Desvio	0,02	0,09	0,47	1,60	0,72	0,22	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
CV	2,50	3,07	2,78	2,52	1,71	1,56	1,86	0,99	0,92	0,85	0,85	0,85
Máx.	0,15	0,53	2,81	12,48	4,83	1,01	0,75	0,09	0,07	0,04	0,03	0,03
Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 2 – ESTUDO DE CHEIA E AMORTECIMENTO DOS VERTEDOUROS

A. Dados de entrada HEC-HMS

- Curve Number: 75;89;
- Tipo de Vertedouro: escavado em rocha (soleira espessa);
- Coeficiente de Descarga (Cd): 1,55;
- Tempo de concentração: 3,10 horas.

B. Chuva e vazão de projeto milenar

Tempo (min)	Precipitação (mm)	Perda Inicial (mm)	Precipitação Resultante (mm)	Vazão Total (m³/s)
00:00				-
00:10	1,71	1,71	-	-
00:20	1,91	1,91	-	-
00:30	2,16	2,16	-	-
00:40	2,48	2,48	-	-
00:50	2,91	2,91	-	-
01:00	3,52	3,52	-	-
01:10	4,46	4,35	0,11	-
01:20	4,64	4,09	0,55	0,10
01:30	7,33	5,65	1,68	0,60
01:40	17,66	10,61	7,05	2,60
01:50	39,50	14,85	24,65	9,80
02:00	10,33	2,70	7,63	24,10
02:10	5,68	1,34	4,34	44,50
02:20	5,15	1,14	4,01	71,40
02:30	3,94	0,83	3,11	106,40
02:40	3,18	0,64	2,54	149,90
02:50	2,67	0,52	2,15	198,00
03:00	2,31	0,44	1,87	243,40
03:10	2,03	0,38	1,65	282,60
03:20	1,81	0,33	1,48	313,80
03:30	-	-	-	335,80
03:40	-	-	-	349,80
03:50	-	-	-	355,50
04:00	-	-	-	351,70
04:10	-	-	-	342,30
04:20	-	-	-	327,00
04:30	-	-	-	305,10
04:40	-	-	-	277,20
04:50	-	-	-	247,50
05:00	-	-	-	220,00
05:10	-	-	-	195,10
05:20	-	-	-	171,80
05:30	-	-	-	150,60
05:40	-	-	-	131,90
05:50	-	-	-	115,20
06:00	-	-	-	100,00

Tempo (min)	Precipitação (mm)	Perda Inicial (mm)	Precipitação Resultante (mm)	Vazão Total (m³/s)
06:10	-	-	-	86,30
06:20	-	-	-	74,60
06:30	-	-	-	64,70
06:40	-	-	-	56,40
06:50	-	-	-	49,00
07:00	-	-	-	42,50
07:10	-	-	-	36,90
07:20	-	-	-	32,00
07:30	-	-	-	27,70
07:40	-	-	-	24,10
07:50	-	-	-	20,90
08:00	-	-	-	18,20
08:10	-	-	-	15,80
08:20	-	-	-	13,70
08:30	-	-	-	11,90
08:40	-	-	-	10,40
08:50	-	-	-	9,00
09:00	-	-	-	7,80
09:10	-	-	-	6,80
09:20	-	-	-	5,90
09:30	-	-	-	5,20
09:40	-	-	-	4,50
09:50	-	-	-	4,00
10:00	-	-	-	3,40
10:10	-	-	-	3,00
10:20	-	-	-	2,60
10:30	-	-	-	2,20
10:40	-	-	-	1,80
10:50	-	-	-	1,50
11:00	-	-	-	1,10
11:10	-	-	-	0,80
11:20	-	-	-	0,50
11:30	-	-	-	0,40
11:40	-	-	-	0,30
11:50	-	-	-	0,20
12:00	-	-	-	0,10
12:10	-	-	-	0,10
12:20	-	-	-	-
12:30	-	-	-	-
12:40	-	-	-	-
12:50	-	-	-	-
13:00	-	-	-	-

C. Chuva e vazão de projeto decamilenar

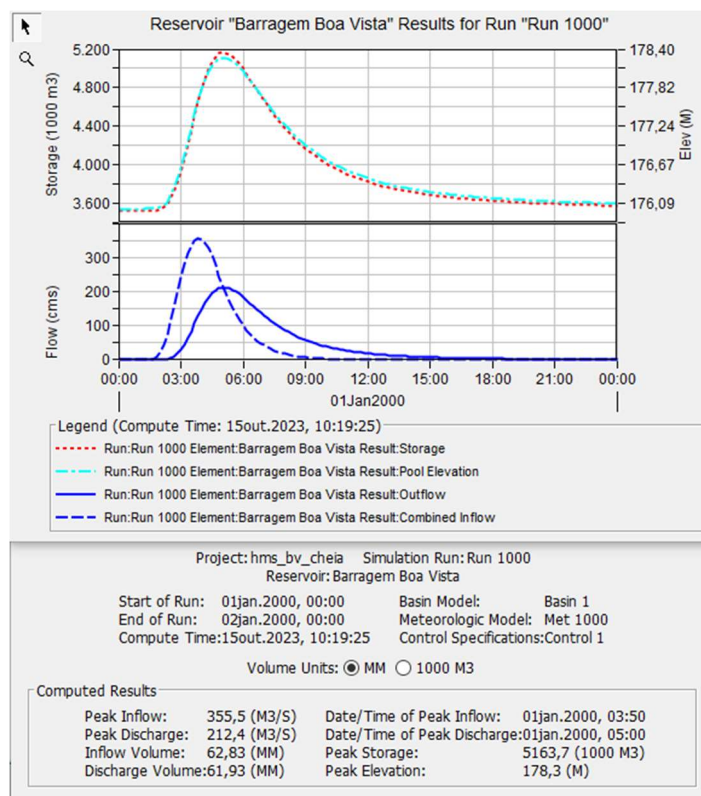
Tempo (min)	Precipitação (mm)	Perda Inicial (mm)	Precipitação Resultante (mm)	Vazão Total (m³/s)
00:00				-
00:10	2,12	2,12	-	-
00:20	2,37	2,37	-	-
00:30	2,67	2,67	-	-
00:40	3,07	3,07	-	-
00:50	3,60	3,60	-	-
01:00	4,36	4,31	0,05	-
01:10	5,53	4,93	0,60	0,10
01:20	5,38	4,24	1,14	0,50
01:30	8,48	5,77	2,71	1,60
01:40	20,44	10,63	9,81	4,90
01:50	46,84	14,69	32,15	15,50
02:00	11,95	2,53	9,42	35,30
02:10	6,58	1,26	5,32	63,30
02:20	6,38	1,14	5,24	99,80
02:30	4,88	0,82	4,06	146,90
02:40	3,95	0,64	3,31	204,50
02:50	3,31	0,51	2,80	267,50
03:00	2,86	0,43	2,43	326,70
03:10	2,51	0,37	2,14	377,20
03:20	2,24	0,32	1,92	417,10
03:30	-	-	-	444,90
03:40	-	-	-	462,30
03:50	-	-	-	468,80
04:00	-	-	-	462,90
04:10	-	-	-	449,70
04:20	-	-	-	429,00
04:30	-	-	-	399,70
04:40	-	-	-	362,70
04:50	-	-	-	323,70
05:00	-	-	-	287,80
05:10	-	-	-	255,30
05:20	-	-	-	224,80
05:30	-	-	-	197,10
05:40	-	-	-	172,60
05:50	-	-	-	150,70
06:00	-	-	-	130,80
06:10	-	-	-	112,90
06:20	-	-	-	97,60
06:30	-	-	-	84,70
06:40	-	-	-	73,70
06:50	-	-	-	64,10

Tempo (min)	Precipitação (mm)	Perda Inicial (mm)	Precipitação Resultante (mm)	Vazão Total (m³/s)
07:00	-	-	-	55,60
07:10	-	-	-	48,20
07:20	-	-	-	41,80
07:30	-	-	-	36,30
07:40	-	-	-	31,50
07:50	-	-	-	27,40
08:00	-	-	-	23,80
08:10	-	-	-	20,70
08:20	-	-	-	18,00
08:30	-	-	-	15,60
08:40	-	-	-	13,50
08:50	-	-	-	11,70
09:00	-	-	-	10,20
09:10	-	-	-	8,90
09:20	-	-	-	7,70
09:30	-	-	-	6,80
09:40	-	-	-	5,90
09:50	-	-	-	5,20
10:00	-	-	-	4,50
10:10	-	-	-	3,90
10:20	-	-	-	3,40
10:30	-	-	-	2,90
10:40	-	-	-	2,40
10:50	-	-	-	1,90
11:00	-	-	-	1,40
11:10	-	-	-	1,00
11:20	-	-	-	0,70
11:30	-	-	-	0,50
11:40	-	-	-	0,40
11:50	-	-	-	0,30
12:00	-	-	-	0,20
12:10	-	-	-	0,10
12:20	-	-	-	0,10
12:30	-	-	-	-
12:40	-	-	-	-
12:50	-	-	-	-
13:00	-	-	-	-

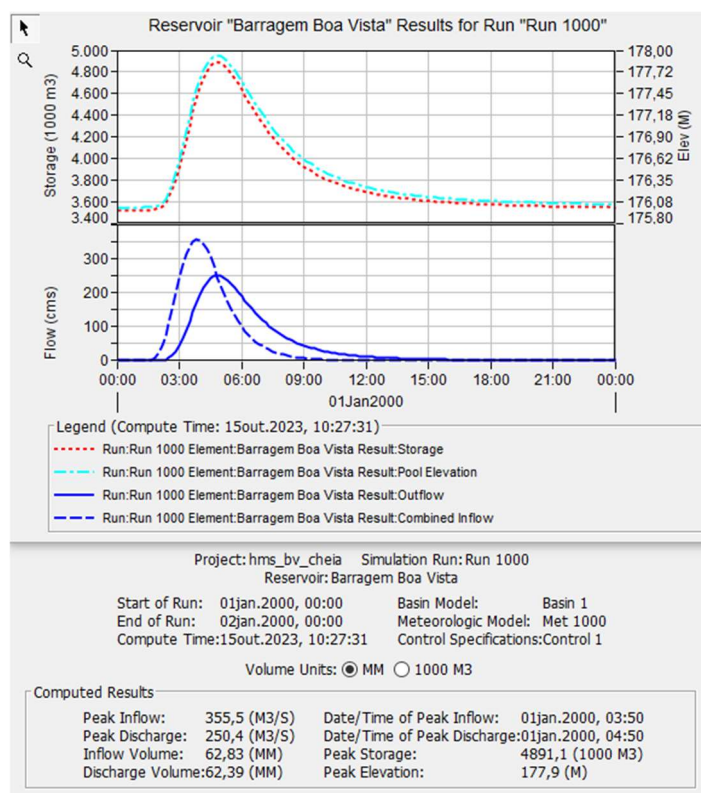
D. Saídas de Cheias Afluentes e Defluentes – H= 176,00 m

❖ Milenar

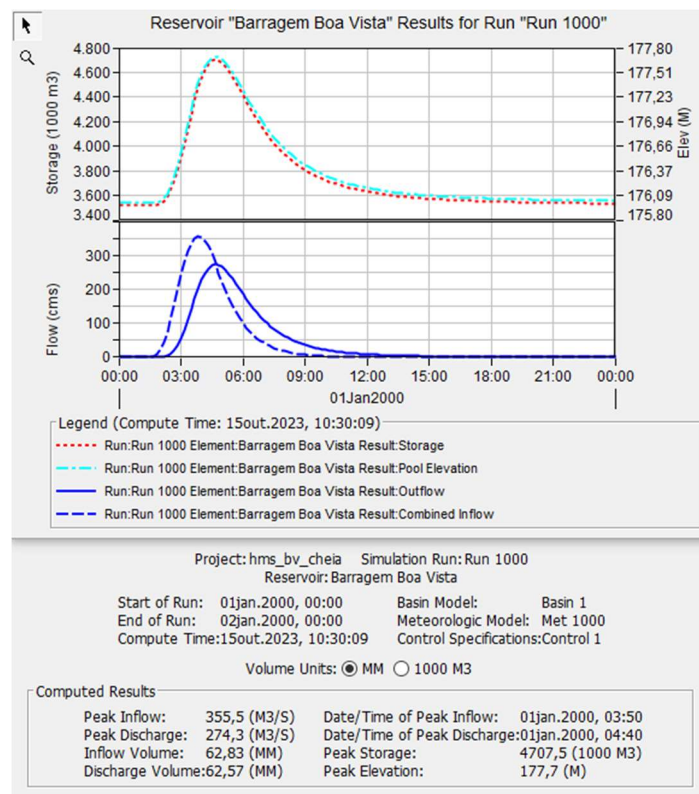
• Largura de 40 m



• Largura de 60 m

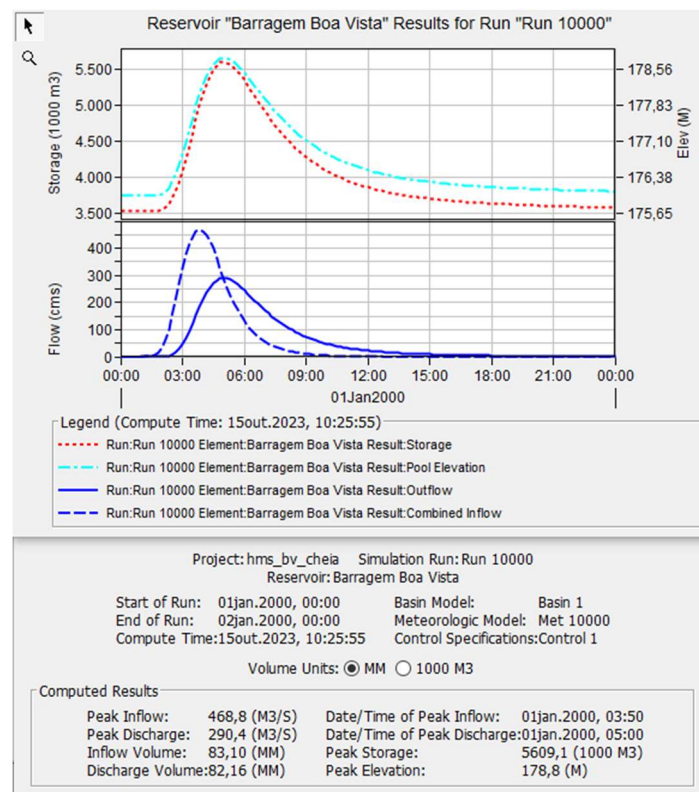


- **Largura de 80 m**

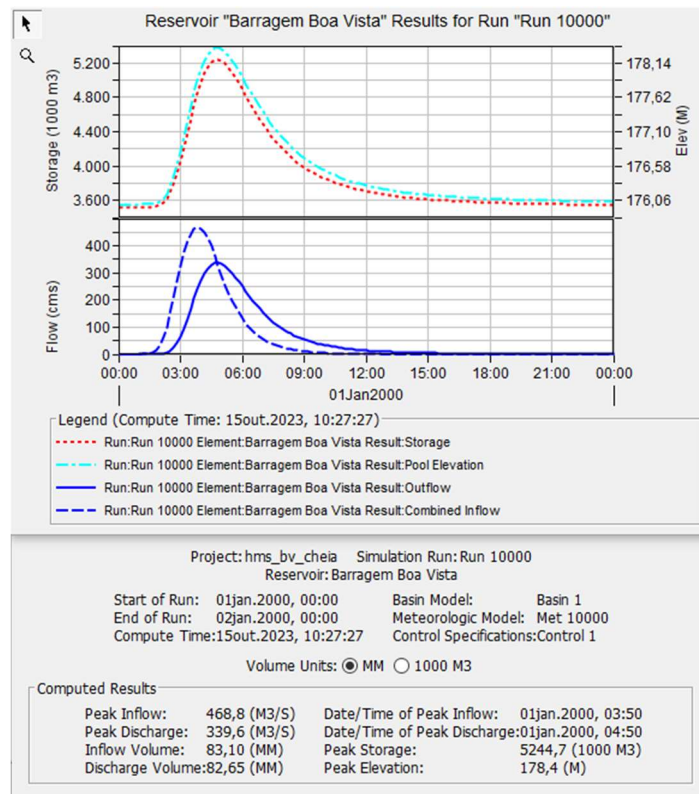


❖ **Decamilenar**

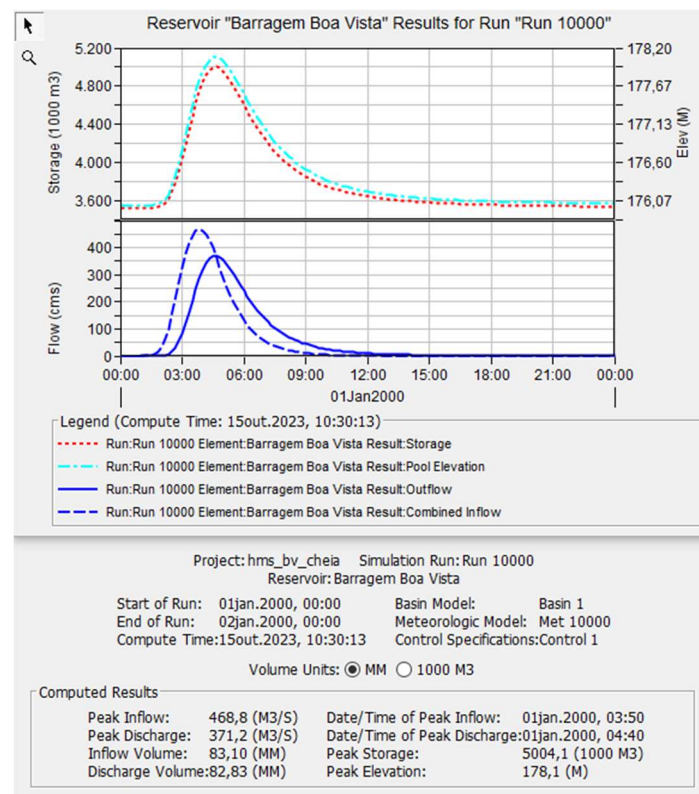
- **Largura de 40 m**



- **Largura de 60 m**



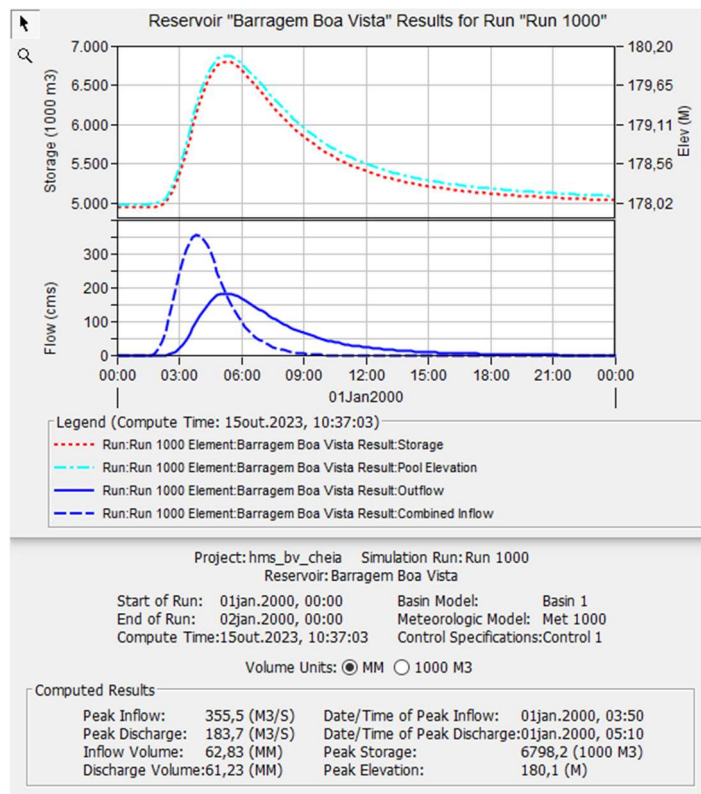
- **Largura de 80 m**



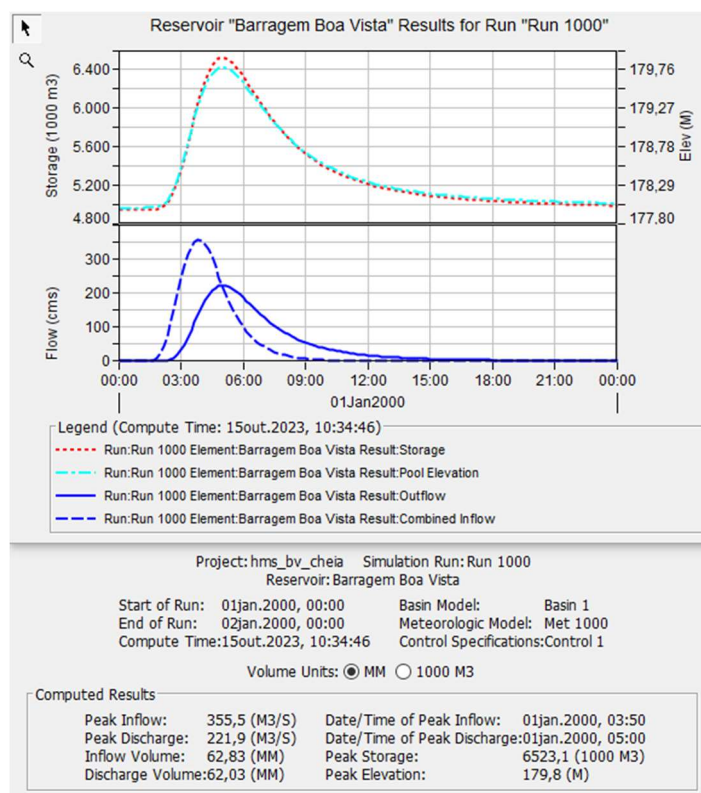
E. Saídas de Cheias Afluentes e Defluentes – H= 178,00 m

❖ Milenar

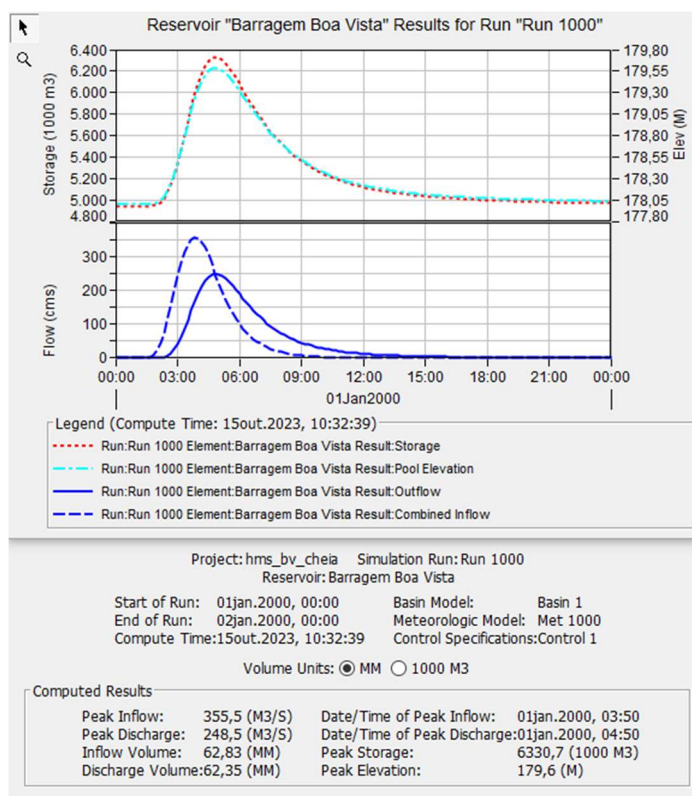
• Largura de 40 m



• Largura de 60 m

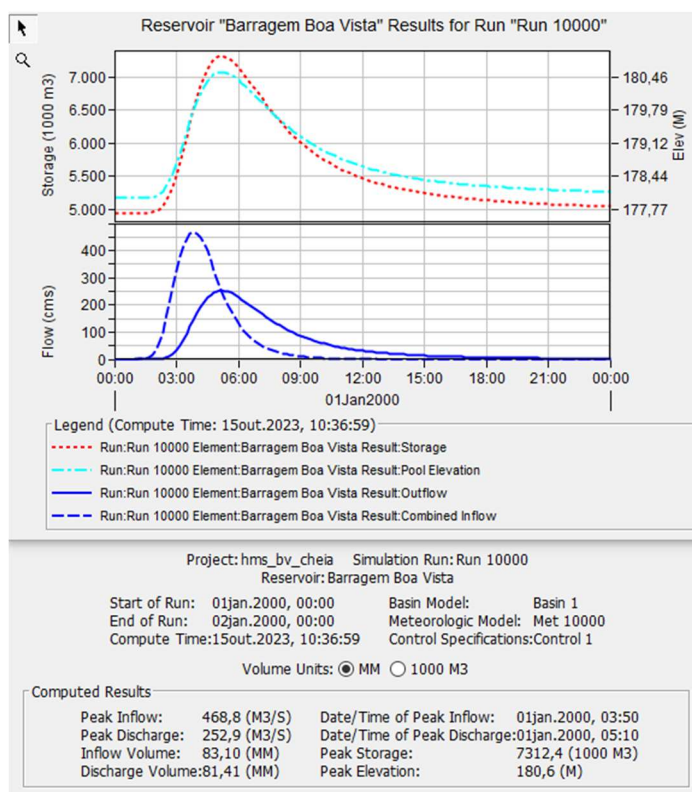


- **Largura de 80 m**

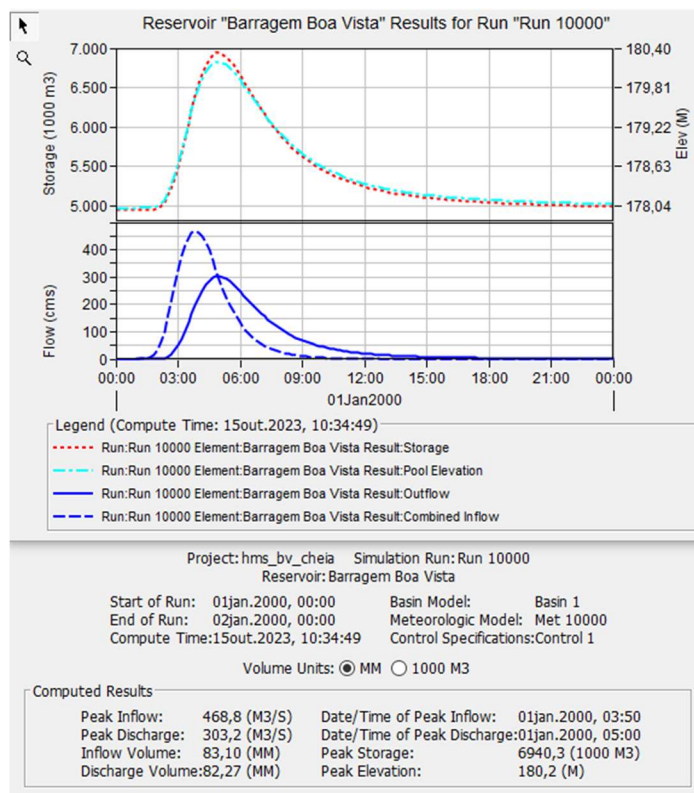


❖ **Decamilenar**

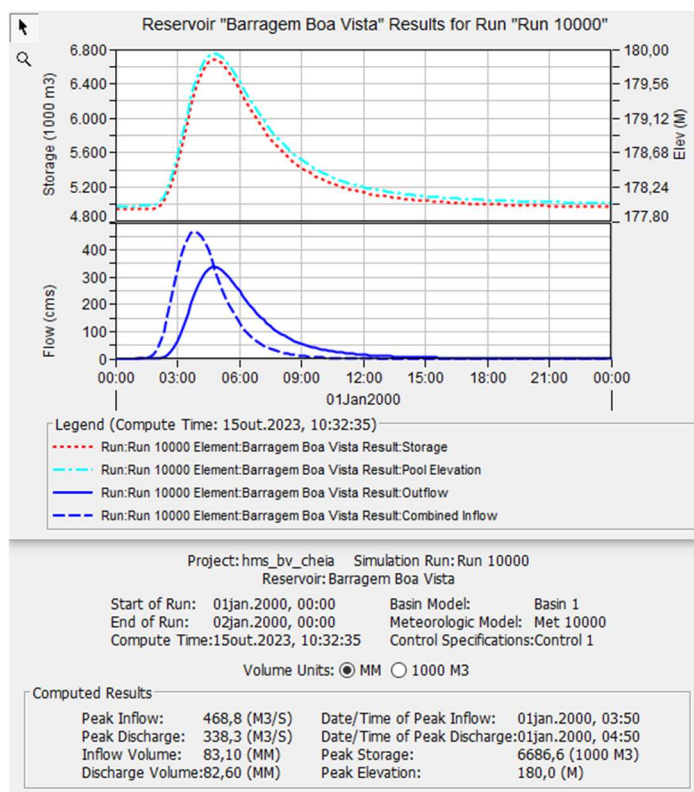
- **Largura de 40 m**



- **Largura de 60 m**



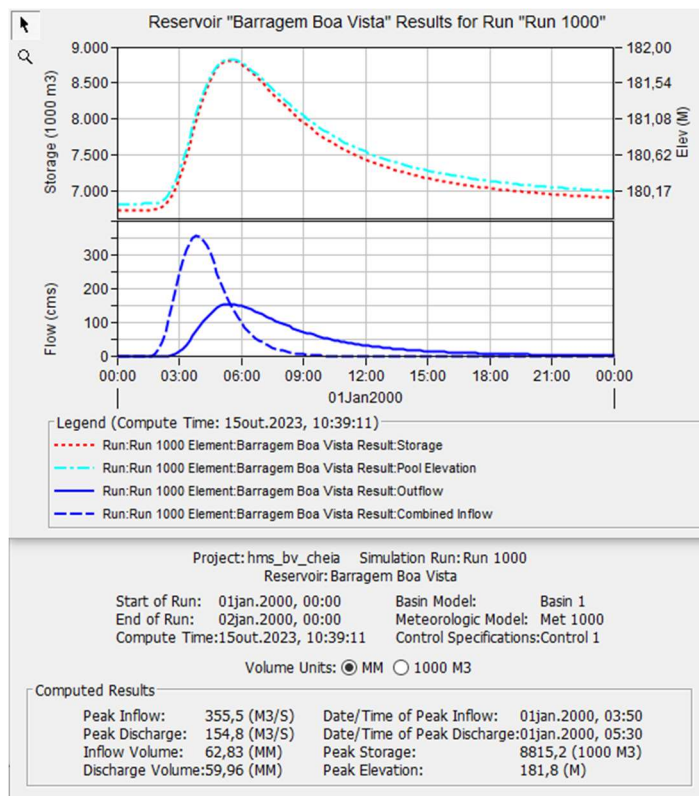
- **Largura de 80 m**



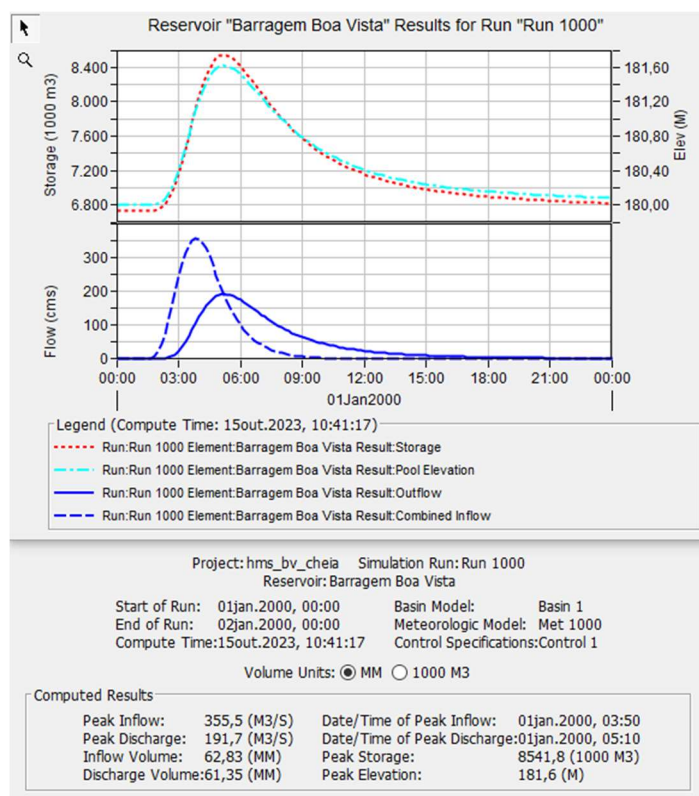
F. Saída de Cheias Afluentes e Defluentes – H= 180,00 m

❖ Milenar

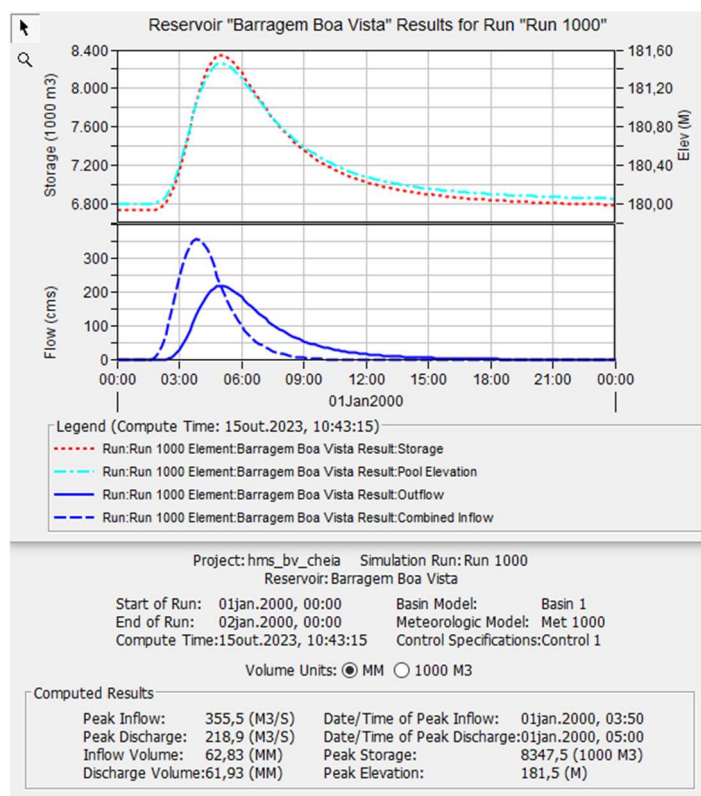
• Largura de 40 m



• Largura de 60 m

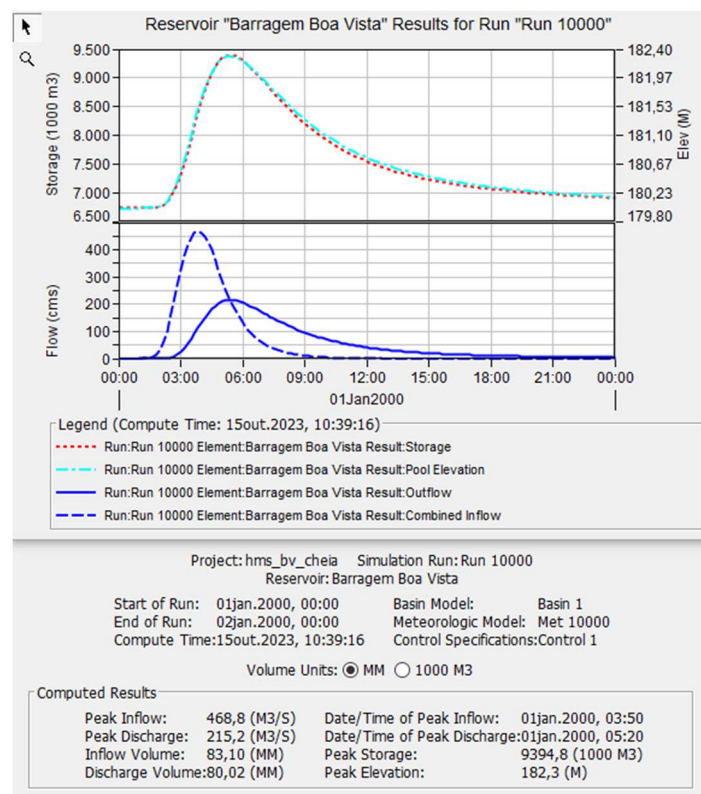


- **Largura de 80 m**

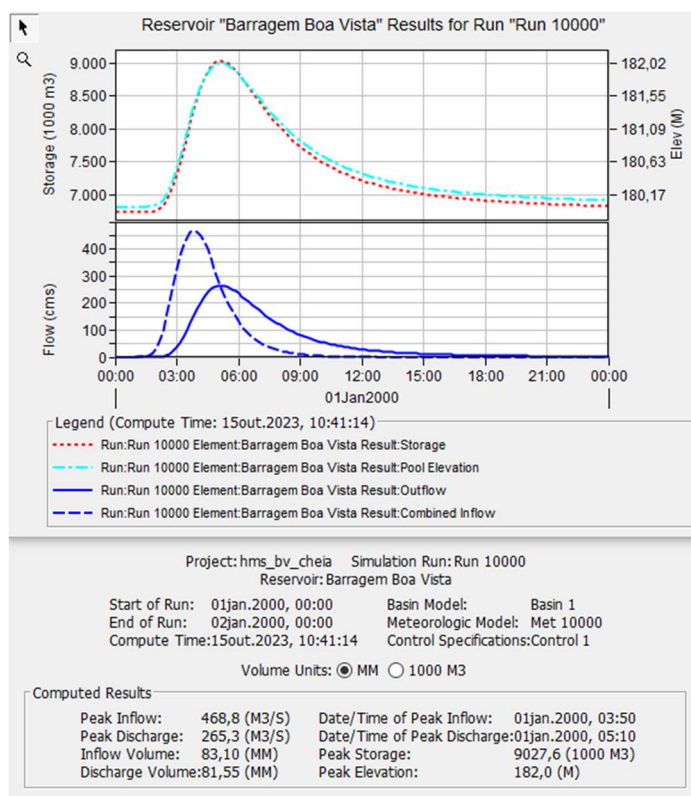


❖ **Decamilenar**

- **Largura de 40 m**



- **Largura de 60 m**



- **Largura de 80 m**

