



ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM VERTEDORA DA LAGOA DO URUAÚ NO MUNICÍPIO DE BEBERIBE, NO ESTADO DO CEARÁ.

MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO

Outubro de 2021

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	6
1.1 - FICHA TÉCNICA	7
2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS	11
2.1 - CARTOGRAFIA E ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	11
2.2 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS	12
2.2.1 - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS NOS LOCAIS DAS OBRAS	12
2.2.2 - ESTUDO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS	12
3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA	14
3.1 - ÁREA, PERÍMETRO E RIO PRINCIPAL	14
3.2 - FORMA DA BACIA	14
3.2.1 - COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc)	14
3.2.2 - FATOR DE FORMA (Kf)	15
3.3 - SISTEMA DE DRENAGEM	15
3.3.1 - ORDEM DOS CURSOS D'ÁGUA	15
3.3.2 - DENSIDADE DE DRENAGEM	15
3.3.3 - EXTENSÃO MÉDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	16
3.3.4 - SINUOSIDADE DO CURSO D'ÁGUA	16
3.4 - RELEVO DA BACIA	16
3.4.1 - CURVA HIPSOMÉTRICA	16
3.4.2 - DECLIVIDADE MÉDIA	17
3.4.3 - COTA X ÁREA X VOLUME DA BACIA HIDRÁULICA	19
3.5 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS	22
3.5.1 - TEMPERATURA	22
3.5.2 - UMIDADE RELATIVA	23
3.5.3 - 4.2.3. INSOLAÇÃO MÉDIA	24
3.5.4 - 4.2.4. EVAPORAÇÃO MÉDIA	24
3.5.5 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO	25
3.5.6 - BALANÇO HÍDRICO	26
3.5.7 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA SEGUNDO THORNTHWAITE	27
3.5.8 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA	28
3.6 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	28
3.6.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS	28
3.6.2 - CARACTERIZAÇÕES DO REGIME PLUVIOMÉTRICO	29
3.6.3 - NÍVEL ANUAL	29
3.6.4 - NÍVEL MENSAL	31
3.6.5 - NÍVEL DIÁRIO	32
3.7 - ESTUDOS FLUVIOMÉTRICOS	33
3.7.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS	33

3.7.2 - MODELO HIDROLÓGICO MODHAC	34
3.7.3 - CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC	36
3.7.4 - ESTAÇÃO 35950000.....	39
3.7.5 - 4.4.4 VAZÕES AFLUENTES AO BARRAMENTO	40
3.8 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	49
3.8.1 - SOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO.....	49
3.8.2 - RESULTADOS PARA CONDIÇÃO ATUAL	50
3.9 - ESTUDO DE CHEIA E DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO	52
3.9.1 - METODOLOGIA.....	52
3.9.2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS.....	53
3.9.3 - MÉTODO DAS ISOZONAS (TORRICO,1975)	54
3.9.4 - VALORES EXTREMOS	55
3.9.5 - PRECIPITAÇÃO EFETIVA.....	59
3.9.6 - HIDROGRAMA UNITÁRIO – SCS	61
3.9.7 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO.....	67
3.9.8 - RESULTADOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL	68
3.9.9 - FOLGA E COROAMENTO DA BARRAGEM	68
3.10 - ESTUDO DE ASSOREAMENTO	70
4 - ELABORAÇÃO DA CURVA-CHAVE DO RIACHO A JUSANTE DA BARRAGEM VERTEDORA DA LAGOA DO URUAÚ.....	73
4.1 - DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS PARA COMPOSIÇÃO DA CURVA CHAVE ..	73
4.2 - MODELO COMPUTACIONAL EMPREGADO PARA CÁLCULO DA CURVA CHAVE	74
4.3 - CONDIÇÕES DE CONTORNO DA MODELAGEM COM O HEC-RAS.....	75
4.3.1 - VAZÕES DA CURVA CHAVE	75
4.3.2 - COEFICIENTE DE MANNING	76
4.3.3 - DECLIVIDADE DO TRECHO A SIMULAR E CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	77
4.4 - RESULTADOS DA MODELAGEM NO HEC-RAS.....	78
4.5 - CONCLUSÕES	80
5 - DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	82

ANEXO I – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

ANEXO II – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

ANEXO III – SIMULAÇÕES HIDRAÚLICAS (HEC-RAS)

ANEXO IV – QUANTITATIVOS

ANEXO V – DESENHOS

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Este relatório é o **Memorial Descritivo do Projeto da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú**.

A finalidade deste relatório é apresentação à SRH/COGERH do pedido de Outorga para Obras de Interferência Hídrica da Lagoa do Uruaú, tendo como requerente a Prefeitura Municipal de Beberibe, Processo 03180709/2021 e Case 75502.

A bacia hidráulica em estudo está inserida na APA da Lagoa do Uruaú, unidade de conservação de uso sustentável, criada por meio do DECRETO Nº 25.355, de 26 de janeiro de 1999, abrange uma área de 2.672,58 hectares e localiza-se no Município de Beberibe, na costa leste do Estado do Ceará, a 85 Km de Fortaleza. As normas para gerenciamento da APA são regidas pela Instrução Normativa Nº 02, de 15 de outubro de 1999, segundo o site da SEMACE.

1.1 - FICHA TÉCNICA

A seguir é mostrado a Ficha Técnica do Projeto Executivo da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú onde se discrimina os principais elementos técnicos.

FICHA TÉCNICA

Identificação

Denominação: Barragem Vertedora Lagoa do Uruaú

Estado: Ceará

Município: Beberibe

Coordenadas UTM: Leste 604235E / Norte 9533625N

Riacho barrado: Córrego do Moreira (SUDENE)

Autor do projeto: Prefeitura Municipal de Beberibe

Data do projeto: Outubro/2021

Bacia Hidrográfica

Área: 258,6 km²

Perímetro da bacia hidrográfica: 115,9 km

Comprimento do rio: 31,7 km

Cota do talvegue a montante: 231,0 m

Cota do talvegue a jusante: 7,0 m

Declividade média do rio: 7,07 m/km

Características do Reservatório

Área da bacia hidráulica (cota 8,80m): 262 ha

Capacidade do reservatório (cota 8,80 m): 11,02 hm³

Capacidade do reservatório (cota 8,80 m): 11.020.000 m³

Volume médio afluente anual: 28,5 hm³/ano

Vazão Regularizada com 90% de Garantia: 7,85 hm³/ano

Vazão Regularizada com 90% de Garantia:0,249 m³/s

Vazão afluente max. de projeto/pico (TR=10anos):82,0 m³/s

Vazão efluente max. de projeto amortecida (TR=10anos)46,5 m³/s

Vazão afluente max. de projeto/pico (TR=100anos):241,2 m³/s

Vazão efluente max. de projeto amortecida (TR=100anos)167,5 m³/s

Vazão afluente max. de projeto/pico (TR=1.000anos):379,8 m³/s

Vazão efluente max. de projeto amortecida (TR=1.000anos)273,3 m³/s

Vazão afluente max maximorum/vazão pico (TR=10.000anos)438,1 m³/s

Vazão efluente max. maximorum amortecida (TR=10.000anos)320,1 m³/s

Nível d'água max. (TR=10anos):9,30 m

Nível d'água max. (TR=100anos):9,90 m

Nível d'água max. (TR=1.000anos):10,40 m

Nível d'água max. maximorum (TR=10.000anos):10,60 m

Barragem Vertedora

Tipo: soleira espessa em alvenaria de pedra argamassada com degraus

Canal de restituição:escavado e revestido com enrocamento

Altura máxima do maciço/vertedouro:2,20 m

Largura do coroamento:0,80 m

Extensão pelo coroamento:117,80 m

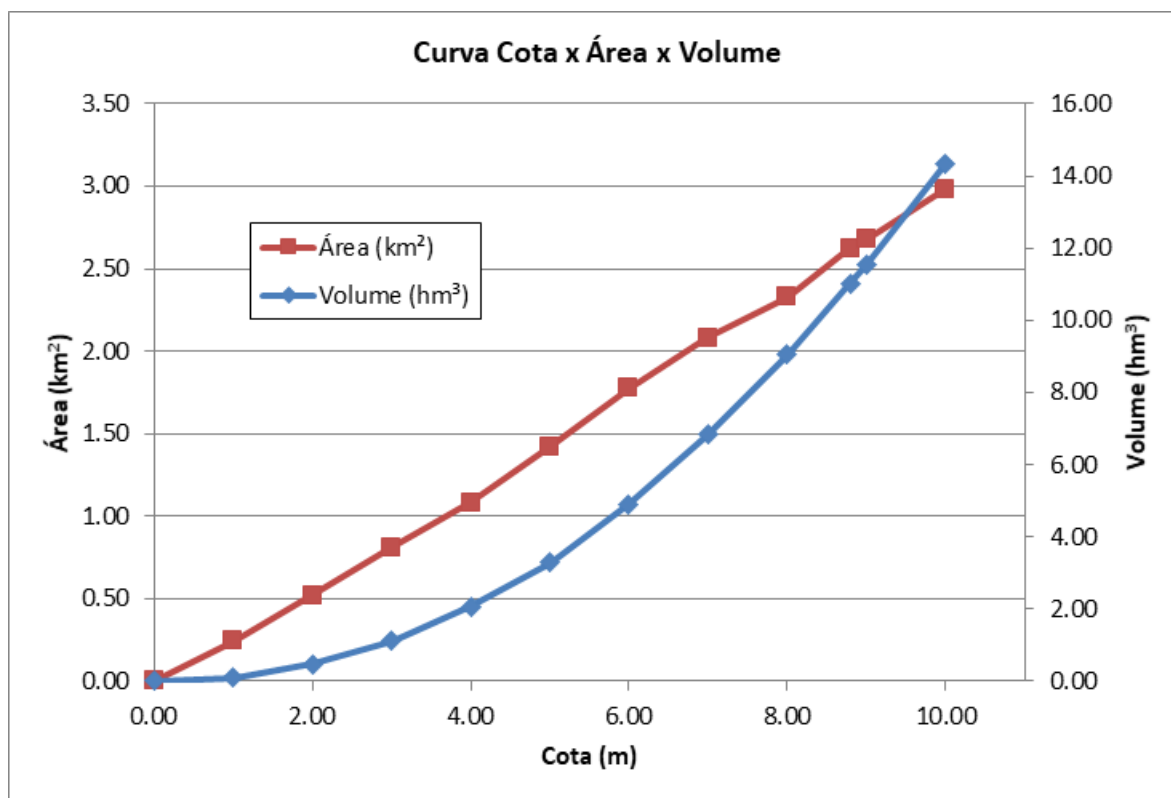
Cota do coroamento:11,00 m

Comprimento total do vertedouro:80,00 m

Cota da soleira:8,80 m

Revanche:2,20 m

Cota x Área x Volume		
cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
0,00	0,00	0,00
1,00	0,25	0,11
2,00	0,52	0,47
3,00	0,81	1,12
4,00	1,09	2,06
5,00	1,42	3,30
6,00	1,78	4,91
7,00	2,08	6,84
8,00	2,33	9,04
8,80	2,62	11,02
9,00	2,68	11,54
10,00	2,98	14,36
11,00	3,34	17,70



2 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

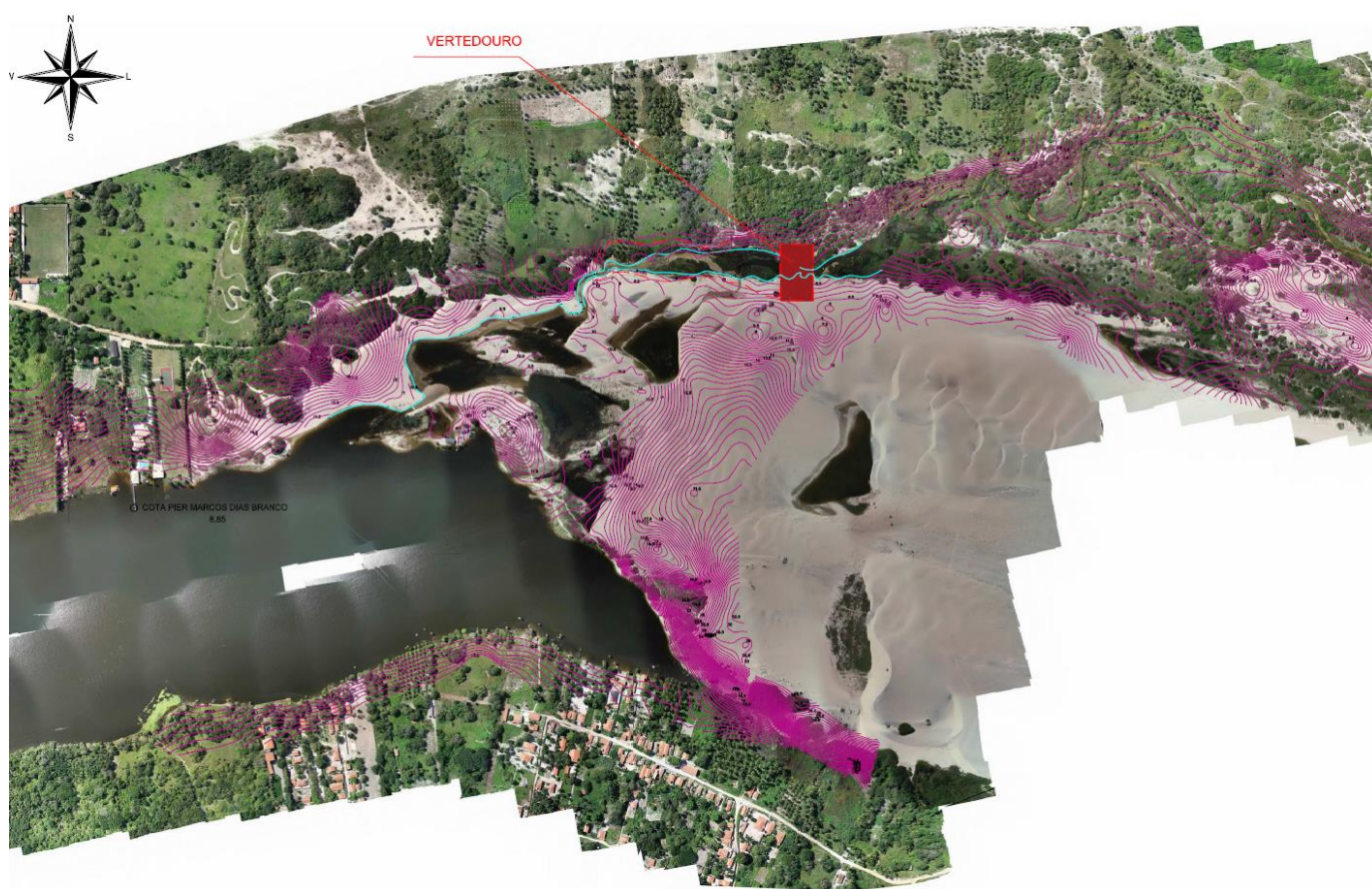
2.1 - CARTOGRAFIA E ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos desenvolvidos são compostos da Aerofotogrametria 3D da Lagoa do Uruaú e realizada pela empresa AEROMAPE em 09/2016 com área total de 253,90 hectares e na escala de 1:5.000.

Em abril de 2020 foi realizado o levantamento topográfico da área de implantação do vertedouro da Lagoa do Uruaú, realizado pela empresa GTA (Grupo Transitar Associados). Os levantamentos topográficos do eixo principal da barragem foram executados através de processos convencionais constando dos seguintes serviços: locação, nivelamento e contranivelamento.

No **ANEXO I** são apresentados os desenhos dos estudos cartográficos e topográficos realizados.

Figura 2.1 - Levantamento Topográfico da Área do Vertedouro



2.2 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

2.2.1 - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS NOS LOCAIS DAS OBRAS

Os estudos geotécnicos realizados do vertedouro da Lagoa do Uruaú foram constituídos pela realização de prospecções mecânicas de superfície no local do barramento.

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

Foram realizadas duas sondagens à percussão distribuídas ao longo do eixo estudado para o vertedouro. Os furos de sondagem foram referenciados aos eixos topográficos implantados e tiveram suas coordenadas UTM registradas altimetricamente e tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico. É apresentado um desenho com o perfil geotécnico do vertedouro.

Os resultados das investigações geotécnicas estão apresentados no **ANEXO II** deste relatório.

Também foi realizado um ensaio de capacidade de absorção do solo para determinação do coeficiente de infiltração do solo.

2.2.2 - ESTUDO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Basicamente o vertedouro será composto por alvenaria de pedra argamassada (traço 1:3) com agregados adquiridos.

A jusante do vertedouro o canal de restituição será protegido por enrocamento de pedra de mão adquirido de pedreira comercial da região.

As escavações dos materiais das fundações compostas essencialmente por areia e argila arenosa são materiais tipo bota-fora e devem ser transportados para área adequada para esta finalidade.

3 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

3.1 - ÁREA, PERÍMETRO E RIO PRINCIPAL

A bacia em questão apresenta aproximadamente 258,6 km² de área, perímetro de 115,9 km e seu principal curso d'água, mede 31,7 km.

3.2 - FORMA DA BACIA

A forma desta bacia pode agora ser caracterizada utilizando estes dados. A forma de uma bacia hidrográfica é importante, pois afeta o tempo de concentração, ou seja, o tempo do início da precipitação para que toda a bacia contribua no seu exutório, podendo assim servir como um indicativo de tendência para enchentes de uma bacia. Bacias pequenas variam muito de formato, dependendo da estrutura geológica da região.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando-a relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compacidade a relaciona com o círculo, enquanto o fator de forma com o retângulo.

3.2.1 - COEFICIENTE DE COMPACIDADE (K_C)

Assim, a bacia da Lagoa do Uruaú pode ser caracterizada por estes índices calculados da seguinte forma.

$$k_c = \frac{P}{\frac{2\pi\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}}}$$

onde A é a área, P é o perímetro e L é o comprimento do curso principal da bacia de interesse.

Um fator de compacidade próximo a 1 corresponderia a uma bacia circular, e, se outros fatores forem iguais, uma bacia com este índice próximo a 1 teria uma tendência mais acentuada a maiores enchentes.

Para esta bacia tem-se que A = 258,6 km², P = 115,9 km e L = 31,7 Km, o que resulta em um fator de compacidade (k_c) de 2,03.

O fator de compacidade é próximo a 2, o que indica uma bacia não sujeita a grandes enchentes.

3.2.2 - FATOR DE FORMA (K_F)

Um fator de forma baixo indica que uma bacia é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fator de que uma bacia estreita e longa, com baixo k_c , há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, além de se afastar da condição de bacia circular onde os tributários do curso principal contribuem em um único ponto.

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

O fator de forma (k_f) para a bacia é de 0,26. Valor considerado baixo, indicando uma bacia não sujeita a enchentes.

3.3 - SISTEMA DE DRENAGEM

3.3.1 - ORDEM DOS CURSOS D'ÁGUA

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. Segundo Horton e Strahler: "Designam-se todos os afluentes que não se ramificam (podendo desembocar no rio principal ou em seus ramos) como sendo de primeira ordem. Os cursos d'água que somente recebem afluentes que não se subdividem são de segunda ordem. Os de terceira ordem são formados pela reunião de dois cursos d'água de segunda ordem, e assim por diante".

A ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia. A bacia da Lagoa do Uruaú é classificada como de ordem 3 dos cursos d'água, com base na hidrografia do milionésimo.

3.3.2 - DENSIDADE DE DRENAGEM

A densidade de drenagem é expressa pela razão entre o comprimento total de todos os cursos d'água de uma bacia e sua área total. O índice de densidade de drenagem é calculado pela seguinte equação:

$$D = \frac{\sum l}{A}$$

onde A é a área da bacia e $\sum l$ o comprimento dos cursos d'água da bacia.

O índice de densidade de drenagem para a bacia da Lagoa do Uruaú é 0,00033 m/m², com base na cartografia 1/100.000.

3.3.3 - EXTENSÃO MÉDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Este índice indica a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos da bacia, considerando-se que o escoamento fosse retilíneo do ponto precipitado até o curso d'água mais próximo. Ele dá uma ideia da distância média do escoamento superficial.

A bacia em estudo é transformada em retângulo de mesma área, cujo lado maior é o comprimento do rio principal. Este índice é dado pela equação a seguir:

$$l = \frac{A}{4L}$$

em que, A é a área da bacia e L o comprimento do curso d'água principal da bacia.

A extensão média de escoamento superficial para a bacia da Lagoa do Uruaú é 751 m.

3.3.4 - SINUOSIDADE DO CURSO D'ÁGUA

O índice de sinuosidade do curso d'água é dado pela relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento do talvegue (L_t). Entende-se por comprimento do talvegue o comprimento em linha reta entre a cabeceira do rio principal e sua desembocadura.

$$Sin = \frac{L}{L_t}$$

O índice de sinuosidade do rio principal é 3,3.

3.4 - RELEVO DA BACIA

3.4.1 - CURVA HIPSOMÉTRICA

De acordo com a Figura 3.1 podemos observar que a bacia hidrográfica apresenta cotas variando entre 8 e 231 metros, havendo um predomínio de áreas com cotas entre 30 e 40 metros. A curva hipsométrica representa a variação da

elevação dos terrenos da bacia com referência ao nível do mar. A Figura 3.2 apresenta a curva hipsométrica para a bacia da Lagoa do Uruaú. A cota média da bacia é 41,8 m.

3.4.2 - DECLIVIDADE MÉDIA

A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial. Quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, menor o tempo de concentração e maior os picos de cheias.

A partir da Figura 3.3, constata-se a existência de diferentes classes de declividades, contudo o predomínio (aproximadamente 86%) de declividades menores que 5%, ou seja, de áreas planas, cujo escoamento superficial é muito lento.

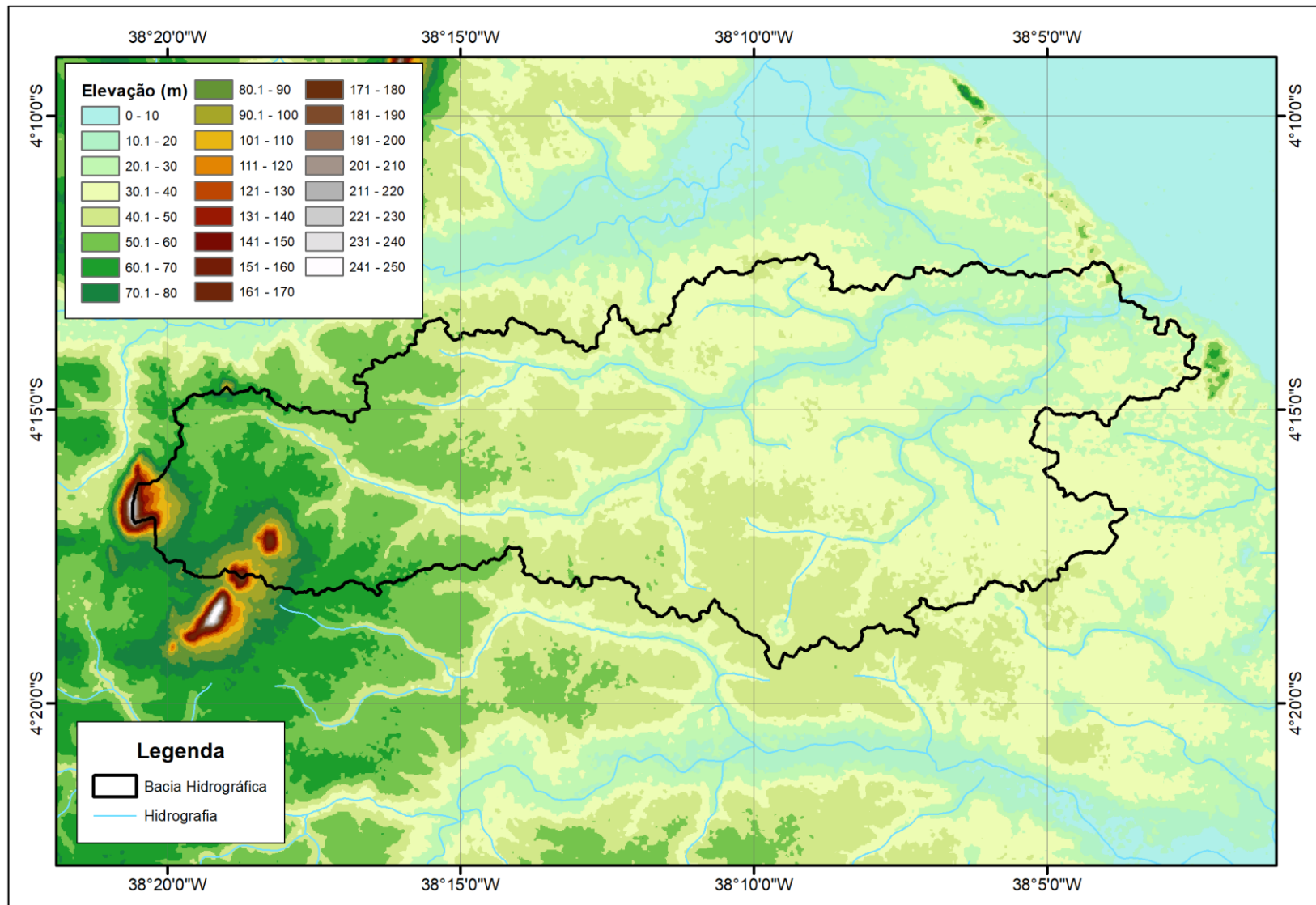


Figura 3.1 – Modelo Digital do Terreno da Bacia da Lagoa do Uruaú.

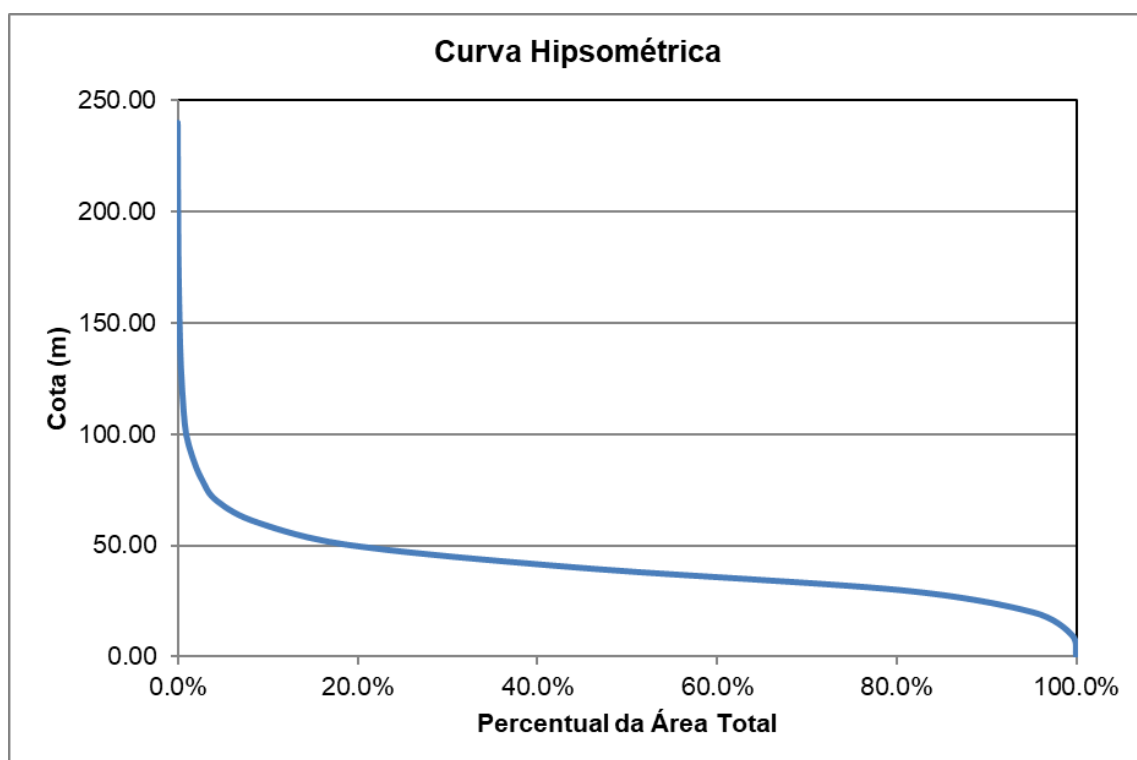


Figura 3.2 – Curva Hipsométrica da Bacia Hidrográfica.

3.4.3 - COTA X ÁREA X VOLUME DA BACIA HIDRÁULICA

A seguir são apresentadas as curvas de cota-área e cota-volume. Estes dados são apresentados na Tabela 3.1 e na Figura 3.4.

Tabela 3.1 – Cota x Área x Volume do reservatório

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
0.00	0.00	0.00
1.00	0.25	0.11
2.00	0.52	0.47
3.00	0.81	1.12
4.00	1.09	2.06
5.00	1.42	3.30
6.00	1.78	4.91
7.00	2.08	6.84
8.00	2.33	9.04
8.80	2.62	11.02
9.00	2.68	11.54
10.00	2.98	14.36
11.00	3.34	17.70



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

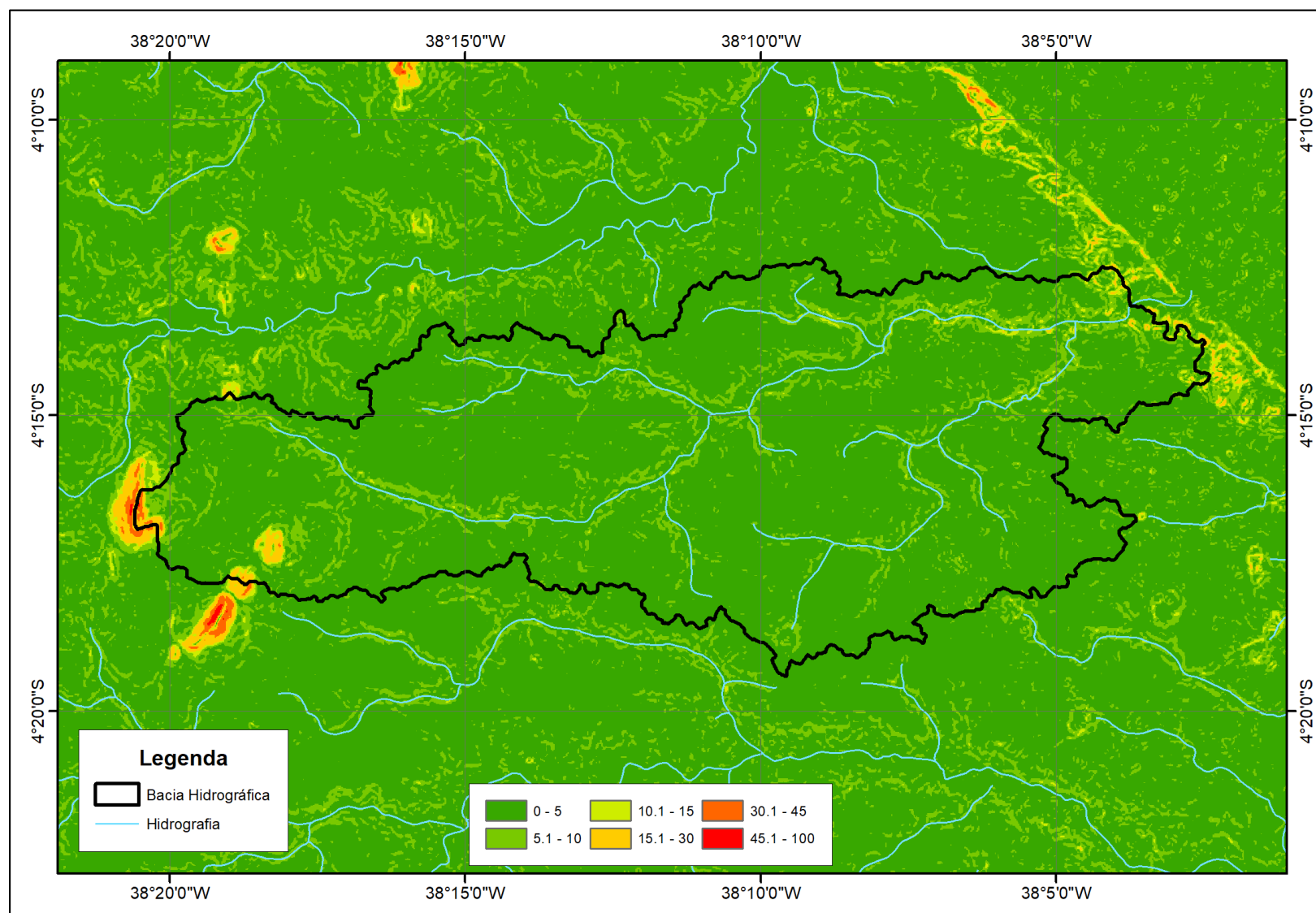


Figura 3.3 – Mapa de Declividades da Bacia.

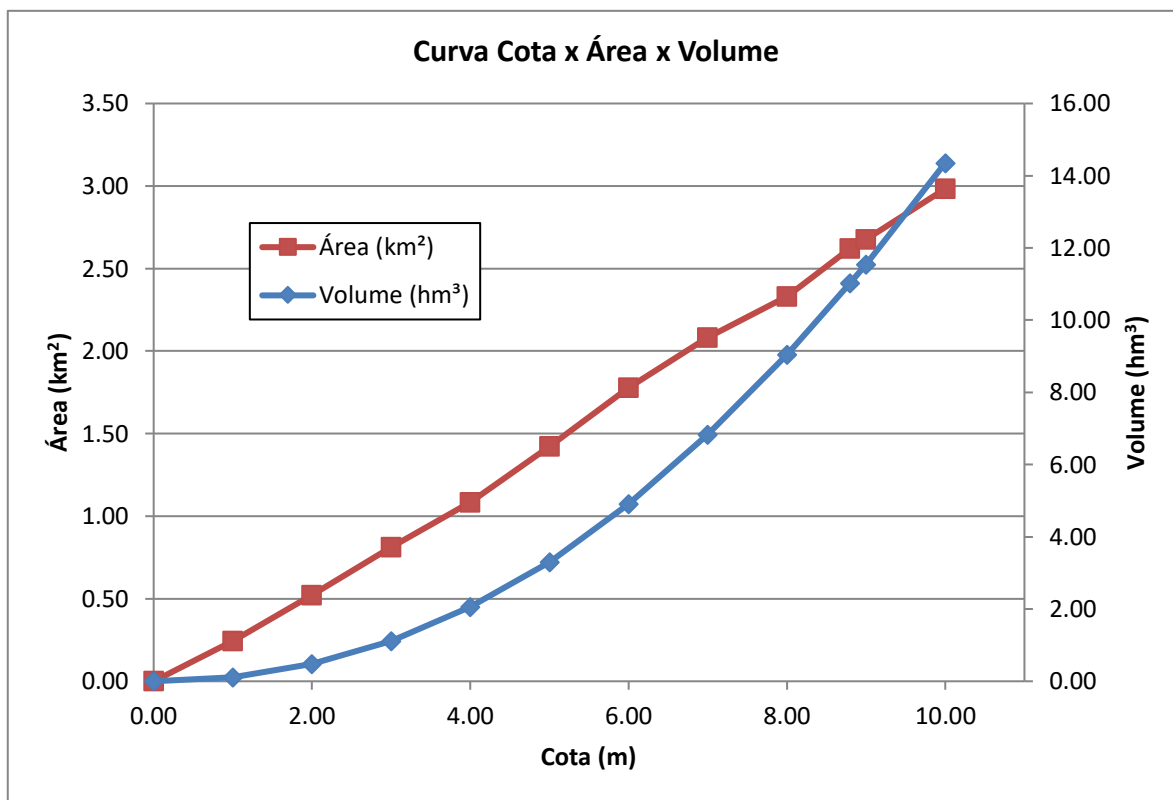


Figura 3.4 – Cota-Área-Volume

3.5 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

A abordagem da climatologia aqui desenvolvida visa dar subsídios às etapas subsequentes dos estudos realizados na bacia da Lagoa do Uruaú, principalmente àquelas relacionadas ao aproveitamento dos seus recursos hídricos.

A Bacia da Lagoa do Uruaú está localizada na porção nordeste do estado do Ceará. Não foi identificada nenhuma estação hidroclimatológica nos domínios da bacia, portanto, será utilizada como referência para a região a estação de Jaguaruana, localizada nas proximidades da bacia:

Tabela 3.2 – Estações de Hidrometria (INMET)

Código	Nome	Estado	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82493	Jaguaruana	Ceará	04°47'S	37°46'W	11.7

A seguir são apresentadas as normais climatológicas referentes aos dados coletados pelo INMET entre o período 1961-1990.

3.5.1 - TEMPERATURA

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12:00; 18:00 e 24:00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), 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 nas estações meteorológicas T12 e T24 TMG, TMAX e TMIN do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial):

$$T_{MC} = (T_{max} + T_{min} + T_{12} + 2T_{24})/5$$

em que, T_{MC} - Temperatura média compensada; T_{12} - Temperatura observada às 12:00 TMG; T_{24} - Temperatura observada às 24:00 TMG; T_{MAX} - Temperatura máxima do dia; e, T_{MIN} - Temperatura mínima do dia.

Para a estação de Jaguaruana, devido a indisponibilidade da temperatura compensada foram utilizados dados da estação de Morada Nova. Esta apresenta uma pequena variação de 2,3°C, entre os meses de Junho (25,9°C) e Novembro (28,2°C). Para a estação de Jaguaruana, as médias máximas e mínimas extremas ocorrem

respectivamente nos meses de Outubro (34,1°C) e Agosto (21,1°C). As Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas são apresentadas na Tabela 3.3 e na Figura 3.5.

Tabela 3.3 – Temperaturas Máximas, Médias Compensadas e Mínimas, em graus Celsius

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	27.9	27.4	26.8	26.7	26.5	26.0	25.9	26.7	27.4	28.0	28.2	28.2
Máxima	33.8	32.9		31.8	32.0	31.5	32.0	33.2	34.0	34.1	34.0	33.7
Mínima		23.5		23.4	22.9	21.8	21.2	21.1	21.8	22.6	23.0	23.5

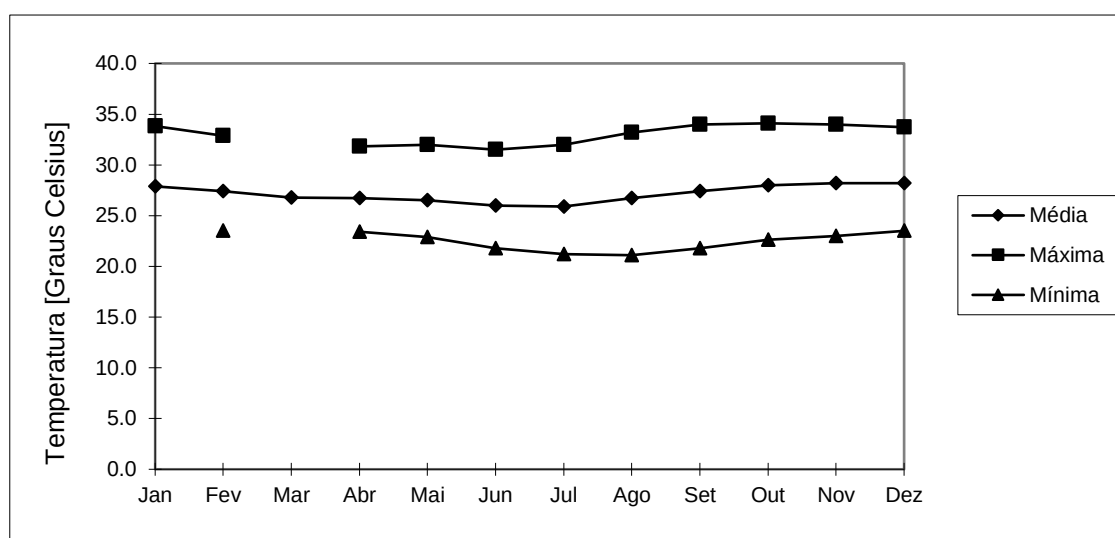


Figura 3.5 – Temperaturas Máximas, Médias Compensadas e Mínimas, em graus Celsius – INMET (2009)

3.5.2 - UMIDADE RELATIVA

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

Para esta estação de Jaguaruana, a umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 30%, referente aos meses de Abril (82%) e Outubro (67%). Tais informações podem ser verificadas na Tabela 3.4 e na Figura 3.6.

Tabela 3.4 – Umidade Relativa, em % – INMET (2009)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
%	71	75	82	82	79	77	74	68	68	67	68	69

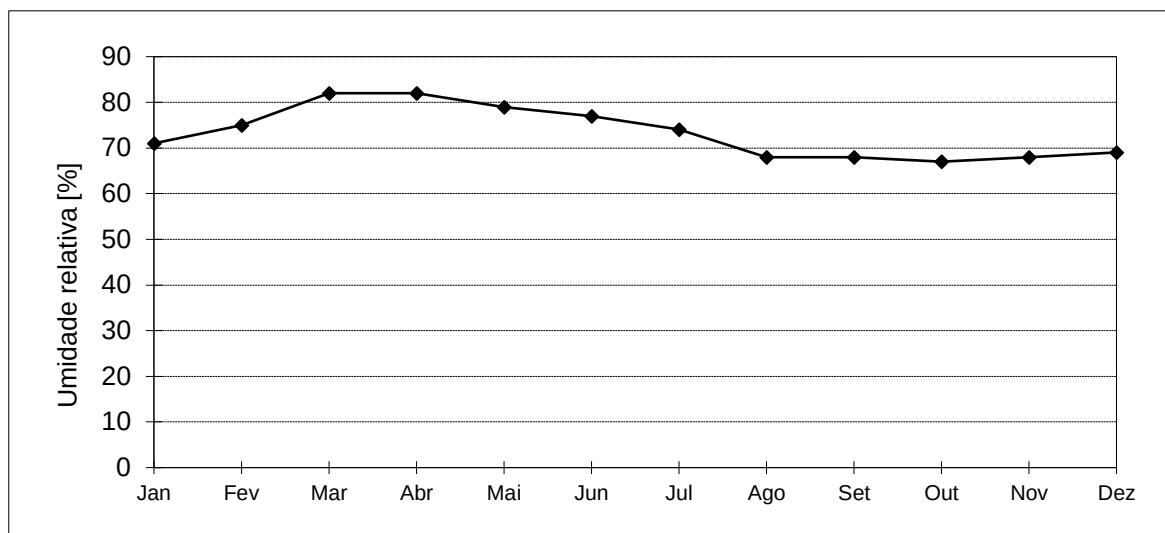


Figura 3.6 – Umidade Relativa na estação de Jaguaruana – INMET (2009)

3.5.3 - 4.2.3. INSOLAÇÃO MÉDIA

A Tabela 3.5 e a Figura 3.7 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local das estações identificadas e sua distribuição mensal.

Tabela 3.5 – Insolação Média, em horas – INMET (2009)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
horas	255.3	194.4	180.4	198.9	220.7	232	249.5	280.5	280.1	296.8	286	275

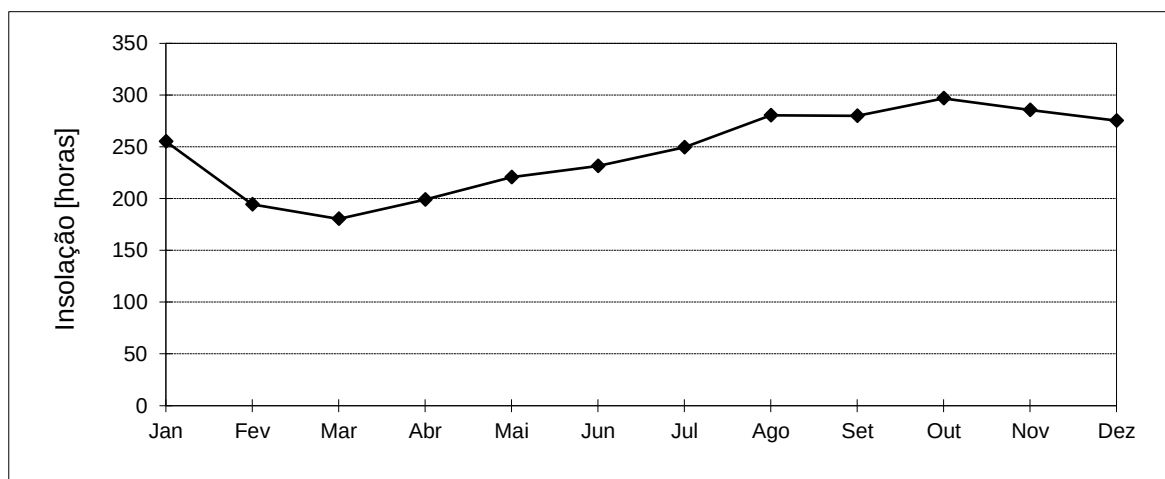


Figura 3.7 – Insolação Média, em horas – INMET (2009)

3.5.4 - 4.2.4. EVAPORAÇÃO MÉDIA

A evaporação anual observada em evaporímetro de Piché, para a estação de Jaguaruana, o trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a set/out/nov (663,1 mm), ocorrendo o máximo em Outubro (230,1 mm). Estas informações são apresentadas na Tabela 3.6 e na Figura 3.8.

Tabela 3.6– Evaporação Média, em mm – INMET (2009)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
mm	195.3	137.1	104.6	90.9	105.4	124.7	167.4	204.9	225.0	231.3	214.4	206.2

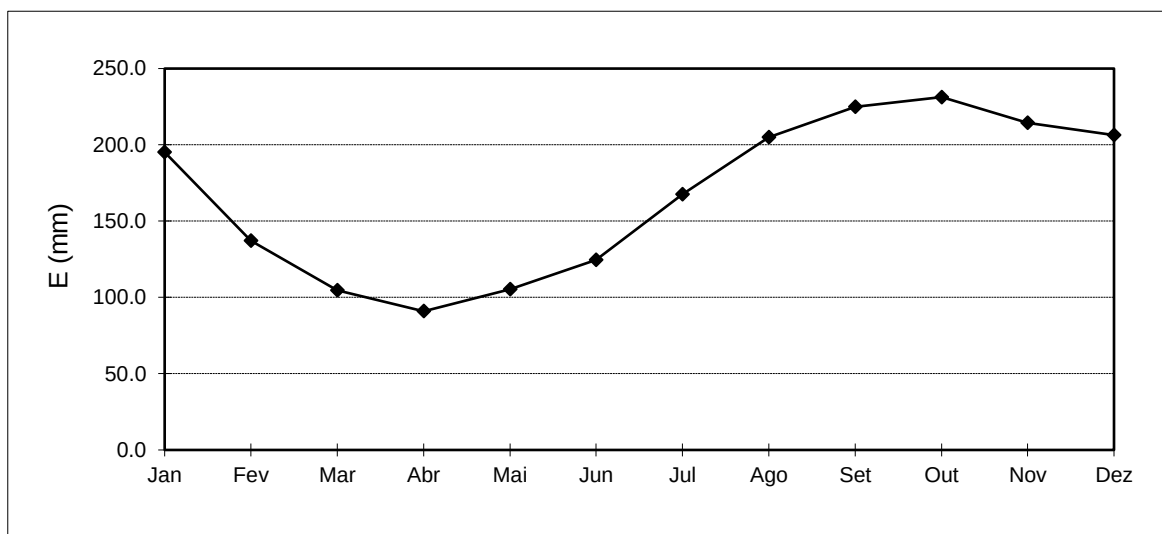


Figura 3.8 – Evaporação Média, em mm – INMET (2009)

3.5.5 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração potencial foi obtida pelo método de Thornthwaite. Os totais mensais são de 1768,0 para a estação de Jaguaruana. A Tabela 3.7 e Figura 3.9 apresentam a evapotranspiração potencial mensal.

Tabela 3.7–Evapotranspiração Potencial Média, em mm

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
mm	170.2	142.3	143.1	134.8	133.8	119.2	121.1	137.4	148.8	169.4	170.5	177.4

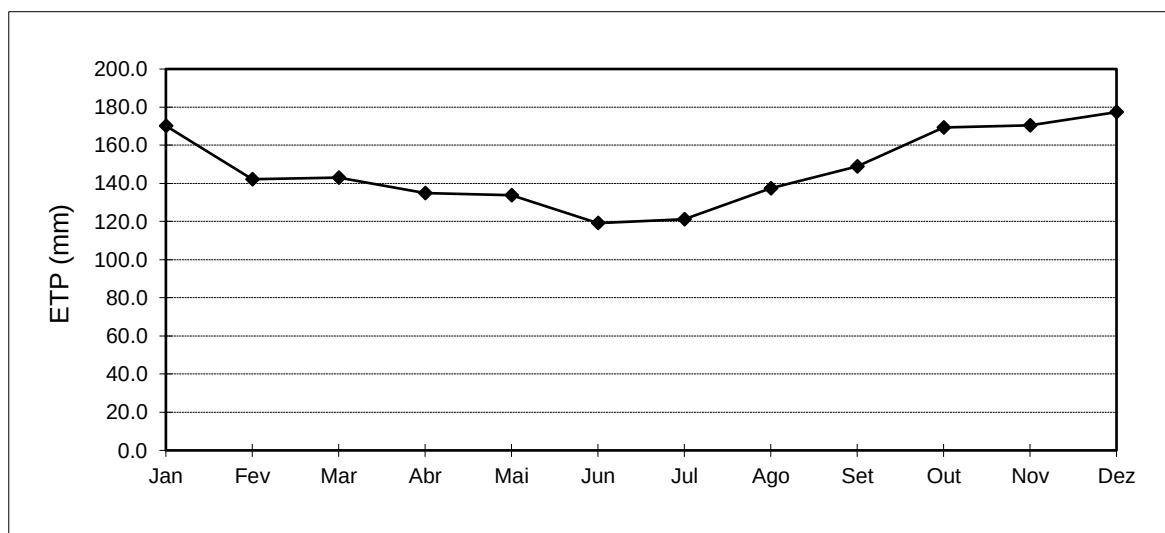


Figura 3.9–Evapotranspiração Potencial Média

3.5.6 - BALANÇO HÍDRICO

O princípio da conservação da massa de água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração). Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado.

A Figura 3.15 confronta os valores da Tabela 3.13 com os valores da precipitação média nas estações identificadas. Percebe-se que se apresentam déficits hídricos em praticamente todo o ano. Este fato demonstra a necessidade da aplicação artificial de água.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para o município em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm, obtêm-se as Tabelas 4.13.

A primeira coluna (P) representa os valores da precipitação mensal do município; A coluna da evapotranspiração potencial foi preenchida com os dados da estação climatológica de Jaguaruana; a coluna NEG (negativo acumulado) representa um hipotético potencial matricial expresso em milímetros de déficit de água para o solo; ETR indica o valor da evapotranspiração real; A coluna DEF representa o déficit de água à planta; a última coluna EXC representa a quantidade de água que ultrapassou a capacidade de retenção máxima do perfil considerado.

Tabela 3.13– Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather – Estação Jaguaruana

Mês	P	ETP	P-ETP	Neg	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	60.0	170.2	-110.2	0.0	0.0	0.0	60.0	110.2	0.0
Fev	87.6	142.3	-54.7	54.7	0.0	0.0	87.6	54.7	0.0
Mar	261.3	143.1	118.2	0.0	100.0	100.0	143.1	0.0	18.2
Abr	188.6	134.8	53.8	0.0	100.0	0.0	134.8	0.0	53.8
Mai	142.7	133.8	8.9	0.0	100.0	0.0	133.8	0.0	8.9
Jun	52.1	119.2	-67.1	67.1	50.0	-50.0	102.1	17.1	0.0
Jul	48.4	121.1	-72.7	139.8	24.0	-26.0	74.4	46.7	0.0
Ago	3.8	137.4	-133.6	273.4	6.0	-18.0	21.8	115.6	0.0
Set	5.1	148.8	-143.7	417.1	1.0	-5.0	10.1	138.7	0.0
Out	2.5	169.4	-166.9	584.0	0.0	-1.0	3.5	165.9	0.0
Nov	0.9	170.5	-169.6	753.6	0.0	0.0	0.9	169.6	0.0

Mês	P mm	ETP mm	P-ETP mm	Neg mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Dez	9.0	177.4	-168.4	922.0	0.0	0.0	9.0	168.4	0.0
ANO	862.0	1768.0	-906.0		381.0	0.0	781.1	986.9	80.9

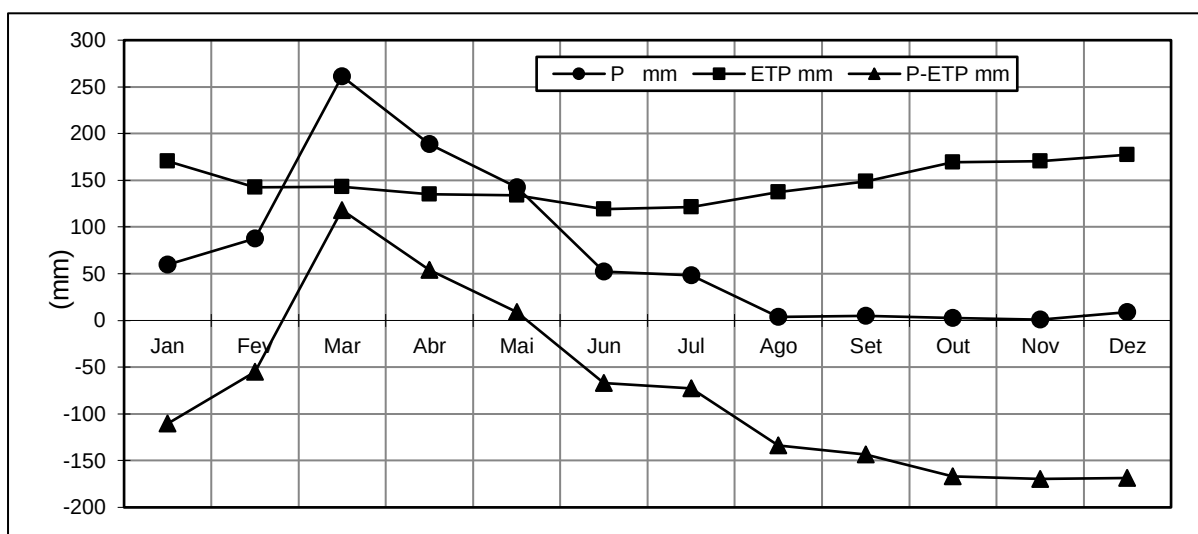


Figura 3.15 – Balanço Hídrico, Estação Jaguaruana

3.5.7 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA SEGUNDO THORNTHWAITE

Segundo esta classificação, além da característica pluviométrica e térmica, a evapotranspiração potencial é também considerada elemento determinante do clima. Como forma de auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos, três parâmetros foram introduzidos por Thornthwaite, a saber:

- Índice de aridez:

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial, este índice apresentou para cada estação como apresentado.

Estação	Índice de aridez
Jaguaruana	56

- Índice de umidade:

O índice de umidade é o excesso de água (EXC) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), este índice apresentou os seguintes valores.

Estação	Índice de umidade
Jaguaruana	5

- Índice efetivo de umidade:

Este índice reflete o excesso ou déficit de água ao longo do ano, apresentando a seguir.

Estação	Índice efetivo de umidade
Jaguaruana	-29

Com base nestes índices, os dados para a área de estudo, mostram para a estação de Jaguaruana, um clima Semi-árido; tipo D, com índice efetivo de umidade variando entre -20% e -40%; sub-tipo d, com índice de umidade variando entre 0% e 10%; tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (DdA'a').

3.5.8 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA

Variável Climatológica	Jaguaruana
Pluviometria média anual	862,0 mm
Evaporação média anual	2007,2
Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite)	1768,0 mm
Insolação média anual	2949 h
Umidade relativa média anual	73,3%
Temperatura média anual: média das máximas	33,0
Temperatura média anual: média das médias	27,1
Temperatura média anual: média das mínimas	22,5
Classificação climática segundo Thornthwaite	DdA'a'

3.6 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

3.6.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Através do Banco de Dados HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA) foi identificado apenas 1 posto pluviométrico localizado internamente à bacia hidrográfica da Lagoa do Uruaú.

Da literatura especializada sabe-se que a cobertura de um posto pluviométrico é de 25 km². Desta forma requer-se 10 postos para termos uma cobertura ideal da bacia. Contudo, esta bacia apresenta uma cobertura deficitária. Decidiu-se, portanto, pela utilização de postos localizados nas proximidades da mesma.

A série pluviométrica bruta utilizada neste estudo foi inicialmente tratada pelo método do Thiessen. Foram analisadas todas as estações pluviométricas localizadas nas proximidades da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Uruaú.

3.6.2 - CARACTERIZAÇÕES DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

3.6.3 - NÍVEL ANUAL

A precipitação média anual observada na bacia de drenagem da Lagoa do Uruaú é de 1193,7 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,42. A distribuição anual da precipitação média sobre a bacia é observada na Tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Precipitação Anual gerado pelo método de Thiessen

Ano	(mm)	Ano	(mm)	Ano	(mm)	Ano	(mm)
1912	2301.5	1940	1308.5	1968	910.51	1996	1284.4
1913	2306.5	1941	706.55	1969	844.04	1997	970.03
1914	2011.2	1942	581.5	1970	512.7	1998	425.86
1915	436.6	1943	1026.6	1971	1226.7	1999	981.85
1916	1281.7	1944	1223.8	1972	876.69	2000	1318.2
1917	2100.4	1945	1820.8	1973	1612.8	2001	1020.1
1918	1384.7	1946	1296	1974	1935.5	2002	1619.2
1919	429.1	1947	1467.4	1975	1377.4	2003	1528
1920	1636.8	1948	1050.2	1976	864.1	2004	1393.6
1921	2391.3	1949	1291	1977	1279.5	2005	808.63
1922	1413.5	1950	1342.4	1978	805.04	2006	1181.8
1923	1237.3	1951	968.12	1979	443.97	2007	1155.7
1924	1715	1952	1192.5	1980	698.83	2008	1043.4
1925	1014.4	1953	691.25	1981	619.12	2009	2163
1926	1599.6	1954	1068.8	1982	462.66	2010	617.08
1927	1060.9	1955	1170.5	1983	384.36	2011	1430
1928	894.13	1956	930.91	1984	1400.4	2012	699.37
1929	1327.7	1957	1658.2	1985	2019.5	2013	719
1930		1958	238.64	1986	1498.6	2014	813.27
1931		1959	1420.2	1987	779.98	2015	986.45
1932	376.22	1960	1461.8	1988	1393.3	2016	679.82
1933	858.97	1961	1999.2	1989	1595.1	2017	1046.3
1934	1528	1962	1218.5	1990	532.16	2018	1057.9
1935	1593.3	1963	2300.8	1991	847.64	2019	1407.7
1936	547.01	1964	1976.2	1992	893.79	2020	1481.4
1937	1701.7	1965	1452.3	1993	489.88		
1938	1300.9	1966	537.14	1994	1586.3		
1939	1773.3	1967	1397.8	1995	1490.2		



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos



Figura 3.17 – Postos Pluviométricos utilizados.

3.6.4 - NÍVEL MENSAL

As precipitações estão concentradas no semestre composto pelos meses de Janeiro a Junho, onde ocorrem 91,8% do total anual. O mês mais chuvoso é Abril (291 mm) e os meses de Outubro ocorre o menor índice de precipitação (7,6 mm). A distribuição temporal da precipitação média mensal é apresentada na Tabela 3.17 e na Figura 3.18.

Tabela 3.17 - Precipitação Média Mensal na bacia hidrográfica

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
P(mm)	99.2	171.4	287.1	291.0	173.1	73.3	31.1	8.4	8.2	7.6	11.2	31.2

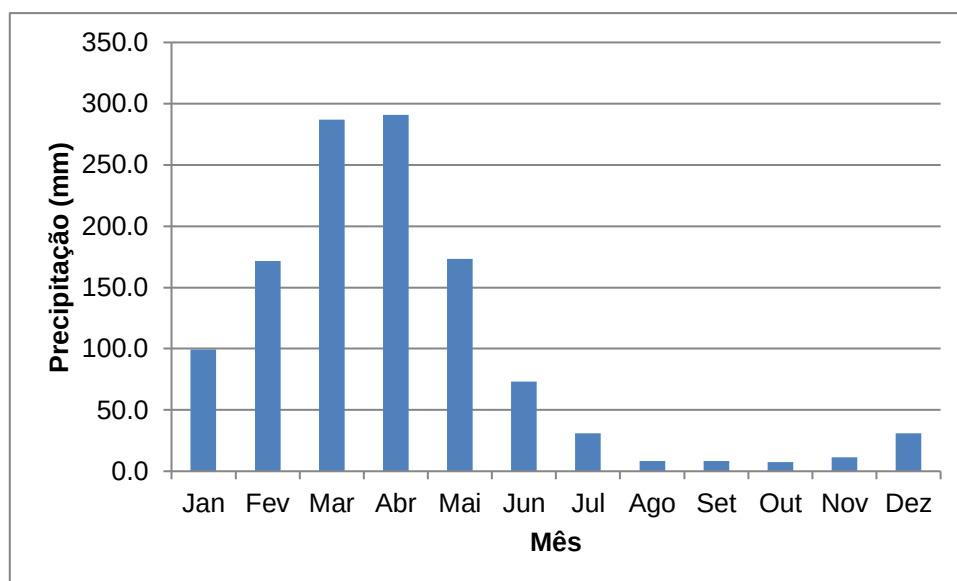


Figura 3.18 – Precipitação média mensal sobre a bacia hidrográfica

A nível trimestral, nota-se mais ainda a concentração temporal, onde constata-se que 63% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano: Março, Abril e Maio. Neste trimestre, o mês de Abril corresponde ao mais chuvoso, com 24,4% do total anual. Destaca-se também o mês de Março com precipitação média de 287,1mm.

Na Tabela 3.18 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), proveniente da Tabela 3.17.

Tabela 3.18 – Índices de Concentração Pluviométrica Média

Mês	Valor	%Tot	Trimes	Valor	%	Sem	Valor	%
Abril	291.0	24.4%	MAM	751.3	63.0%	Jan a Jun	1095.2	91.8%

3.6.5 - NÍVEL DIÁRIO

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários. Os diversos postos utilizados para a análise de frequências são apresentados com detalhes no item 4.6.

3.7 - ESTUDOS FLUVIOMÉTRICOS

Os estudos hidrológicos são fundamentais para elaboração de projetos e para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos. Infelizmente, na maioria dos casos, a informação hidrológica não está disponível para a região objeto destes estudos. Nestes casos, a regionalização hidrológica é uma das formas encontradas de transferir informações para locais onde não existem dados com base em registros existentes em outras regiões.

A escassez de dados tem dois parâmetros básicos, a disponibilidade temporal e espacial da informação. Muitos postos com poucos anos, não retratam necessariamente uma amostra representativa de muitos anos (postos correlacionáveis).

A análise quantitativa da disponibilidade natural de água foi avaliada no escoamento superficial sobre a bacia hidrográfica até a seção do barramento. Assim, verificou-se a nível mensal, fornecendo elementos para a caracterização do regime fluviométrico e para a simulação de sua operação, visando o dimensionamento do reservatório.

3.7.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Inicialmente avaliou-se a atual condição de monitoramento das estações fluviométricas. Através do banco de dados HidroWeb, de propriedade da Agência Nacional de Águas, não foram identificadas estações fluviométricas na bacia hidrográfica da Lagoa do Uruaú com registros de vazões. Desta forma, optou-se por utilizar a estação 35950000.

Entende-se que algumas das estações são classificadas como fluviométricas por monitorarem os níveis dos reservatórios. Entretanto, ainda assim não se justifica um tão inexpressivo número de estações com monitoramento de vazões, dado extremamente importante para o monitoramento e planejamento dos recursos hídricos.

Tendo em vista as condicionantes anteriormente citadas, buscou-se identificar dentre as estações disponíveis aquelas que melhor representariam o regime de vazões afluentes aa Lagoa do Uruaú. Contudo, diante da inexistência de estações

com dados de vazão dentro da bacia do referida Lagoa, optou-se pela utilização da estação 35950000. Esta apresenta adequado comprimento de monitoramento e grande expressividade na bacia do referido reservatório.

A seguir são apresentados o modelo hidrológico utilizado e as calibrações realizadas nas duas estações estudadas. Por fim, é apresentado as vazões afluentes geradas para a Lagoa do Uruaú.

3.7.2 - MODELO HIDROLÓGICO MODHAC

O modelo hidrológico utilizado para a calibração e geração de vazões utilizadas no presente estudo foi o MODHAC (*Modelo Hidrológico Auto-Calibrável*), desenvolvido por Lanna e Schwarzbach (1989). O MODHAC é um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado.

O modelo MODHAC, assim como outros modelos conceituais, procura representar o armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios fictícios. O modelo possui uma estrutura relativamente simples, composta por três reservatórios que tentam representar o armazenamento e os fluxos na superfície, na camada superior do solo e no aquífero, como pode ser visualizado na Figura 3.19.

O modelo MODHAC consiste de quinze parâmetros, os quais possuem uma interpretação física, possibilitando assim uma possível determinação a partir de informações físicas/ambientais. São eles:

- RSPX - capacidade máxima do reservatório superficial.
- RSSX - capacidade máxima do reservatório subsuperficial.
- RSBX - capacidade máxima do reservatório subterrâneo.
- RSBF - Armazenamento mínimo do reservatório subterrâneo para haver escoamento de base.
- IMAX - permeabilidade do solo.
- IMIN - infiltração mínima.
- IDEC - coeficiente de infiltração.
- ASP - expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial.
- ASS - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial.
- ASB - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo.

-
- Diagrama esquemático de um sistema de drenagem urbana integrado, mostrando a interação entre precipitação, correção, reservatório superficial, reservatório subsuperficial e reservatório subterrâneo, com fluxos de infiltração, escoamento superficial, escoamento hipodérmico e escoamentos de base.
- O diagrama ilustra o ciclo de drenagem e armazenamento de água em um sistema urbano:
- PRECIPITAÇÃO:** Representada por setas verticais descendentes no topo.
 - CORREÇÃO:** Uma estrutura retangular que recebe a precipitação e direciona o fluxo para os reservatórios.
 - RESERVATÓRIO SUPERFICIAL:** Um tanque aberto que recebe água diretamente da correção. Seu nível é indicado por r_{sp} . A altura da correção é $RSPX$.
 - RESERVATÓRIO SUBSUPERFICIAL:** Um tanque fechado localizado abaixo do reservatório superficial. Seu nível é indicado por r_{ss} . A altura da correção em relação ao seu nível é $RSSX$.
 - RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO:** O nível mais profundo do sistema. Seu nível é indicado por r_{sb} . A altura da correção em relação ao seu nível é $RSBX$.
 - INFILTRAÇÃO:** Fluxos descendentes que ocorrem nas paredes e no fundo dos reservatórios.
 - ESCOAMENTO SUPERFICIAL:** O fluxo de água que sai da superfície do reservatório superficial.
 - ESCOAMENTO HIPODÉRMICO:** O fluxo de água que ocorre no solo entre os reservatórios.
 - ESCOAMENTOS DE BASE:** Fluxos de água que ocorrem na base do sistema de drenagem.
 - INFILTRAÇÃO PROFUNDA:** Fluxos de água que penetram profundamente no solo.
 - Equação de balanço:**
$$\frac{RSBF * RSBX}{100}$$

Os dados de entrada do modelo são a precipitação média na bacia (P), dada em mm, a evapotranspiração potencial (EP), também em mm, e a área de drenagem da bacia (A) em km².

3.7.3 - CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC

Foi empregada uma abordagem mista, isto é, calibrar o modelo chuva-vazão, e utilizar os resultados de acordo com os dados locais de pluviometria e evaporação para simular o escoamento superficial na bacia hidrográfica da Lagoa.

Em virtude, da grande quantidade de postos sem dados de vazões, fez-se então uma pré-seleção utilizando como critério a existência ou não de dados. De posse das estações com vazões, fez-se uma nova seleção utilizando como critério a existência de grandes barramentos a montante, critério este que definiria o ano final de corte da série, pois possíveis vertimentos destes barramentos alteram o comportamento natural da bacia.

A Figura 3.20 apresenta a bacia hidrográfica do posto fluviométrico calibráveis, segundo os critérios anteriormente citados.

Uma vez que os parâmetros que representam características das bacias não podem ser determinados diretamente, seja pela impossibilidade de mensuração em campo, seja por suas características abstratas, faz-se necessário a estimativa indireta dos mesmos, ou seja, a calibração do modelo hidrológico.

Os processos de calibração de modelos consistem de técnicas de estimação indireta, na qual a utilização de dados de entrada e saída do sistema permite a identificação do modelo, ou, em outras palavras, a identificação dos parâmetros do modelo sob análise.

Dentre os métodos de calibração, o mais simplista, do ponto de vista metodológico, é conhecido como método de tentativa e erro, que é bastante trabalhoso e requer muito tempo. Como alternativa, pode-se fazer uso de algoritmos de otimização para calibração automática de modelos hidrológicos. Já, métodos de calibração automática possibilitam o fácil atendimento de diferentes objetivos, ou seja, calibrações multiobjetivo

Por essa razão, optou-se por adotar uma abordagem multiobjetivo através da minimização da função proposta por Nash & Sutcliffe (1970) com base nas séries de vazões observadas e simuladas, definida segundo a seguinte equação:

$$fo_1 = \max_{\theta} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i^{obs} - Q(\theta)_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_i^{obs} - \bar{Q}^{obs})^2} \right)$$

em que θ representa o conjunto de parâmetros calibráveis do modelo, Q_i^{obs} , a série de vazões observadas, Q_i^{sim} , a série de vazões simuladas, N , o comprimento das séries e $\bar{Q}^{obs}$, o valor médio da série de vazões observadas. A abordagem multiobjetivo ficou por conta da utilização desta função às séries completas simuladas e observadas e somente aos picos.

Os dados de precipitação e vazão utilizados para a calibração do posto 35950000 foram obtidos junto ao banco de dados HidroWeb/ANA (Figura 3.20). As informações de evapotranspiração foram obtidas através do método de Thornthwaite, fazendo uso de dados das normais climatológicas do INMET (2009).



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

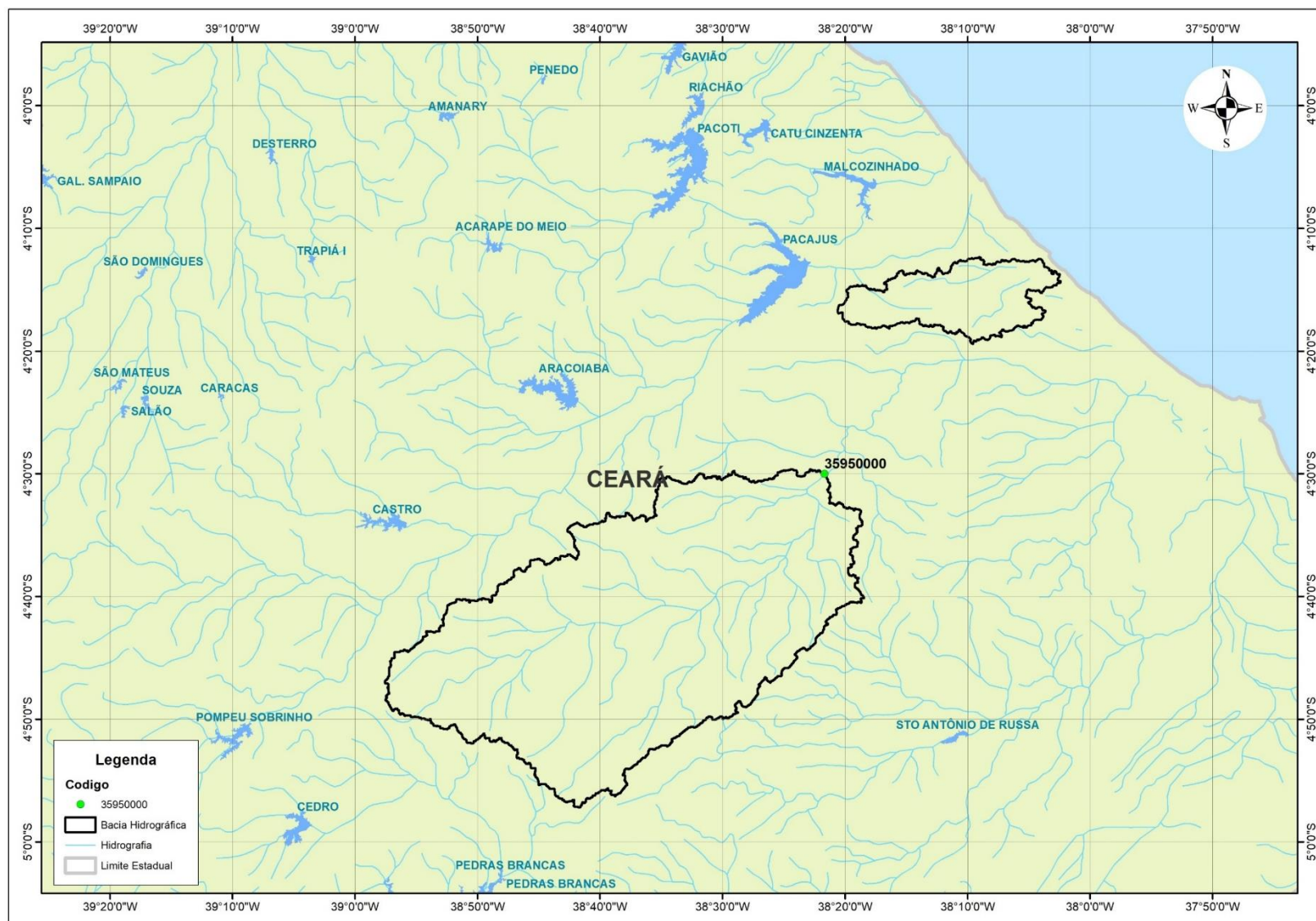


Figura 3.20 - Estação Fluviométrica Calibrada

3.7.4 - ESTAÇÃO 35950000

A Frente de Pareto identificada e os hidrogramas calculados durante a calibração são apresentados nas Figuras 4.21 e 4.22, respectivamente. Adotou-se como ajuste a ser utilizado na geração das vazões aquele associado ao melhor Nash da série completa. Entende-se que esse já apresenta bons resultados para os picos. Os valores das funções objetivo e respectivos parâmetros são apresentados na Tabela 3.19.

Tabela 3.19 – Conjunto de parâmetros para o modelo MODHAC.

Calibração			Parâmetros					
Período	Nash Total	Nash Curva de Permanência	RSPX	RSSX	RSBX	RSBF	IMAX	IMIN
1990 - 2003	47%	98%	57,7	982,9	457,2	119,0	160,0	4,15
			IDEC	ASP	ASS	ASB	PRED	CEVA
			0,21	0,013	0,024	0,098	999,0	0,965

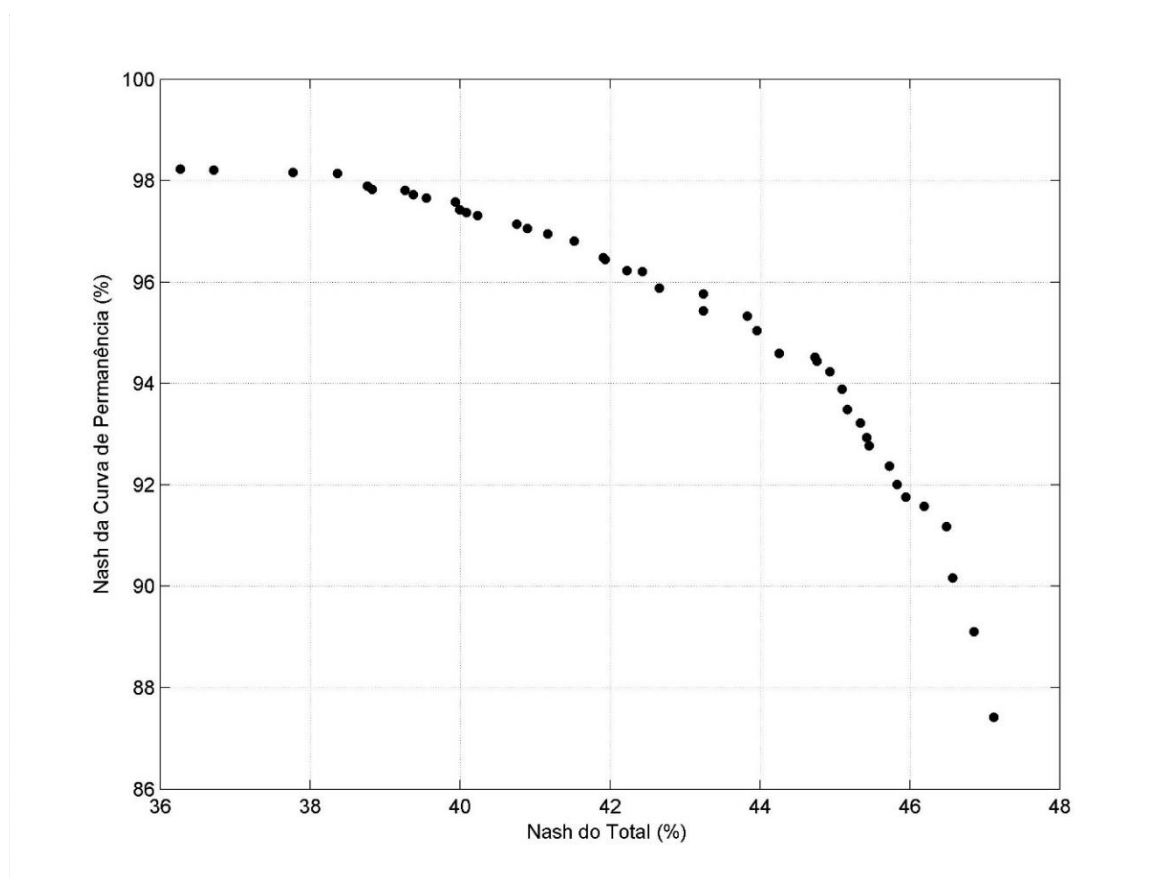


Figura 3.21 – Calibração do Modelo MODHAC para o posto 35950000

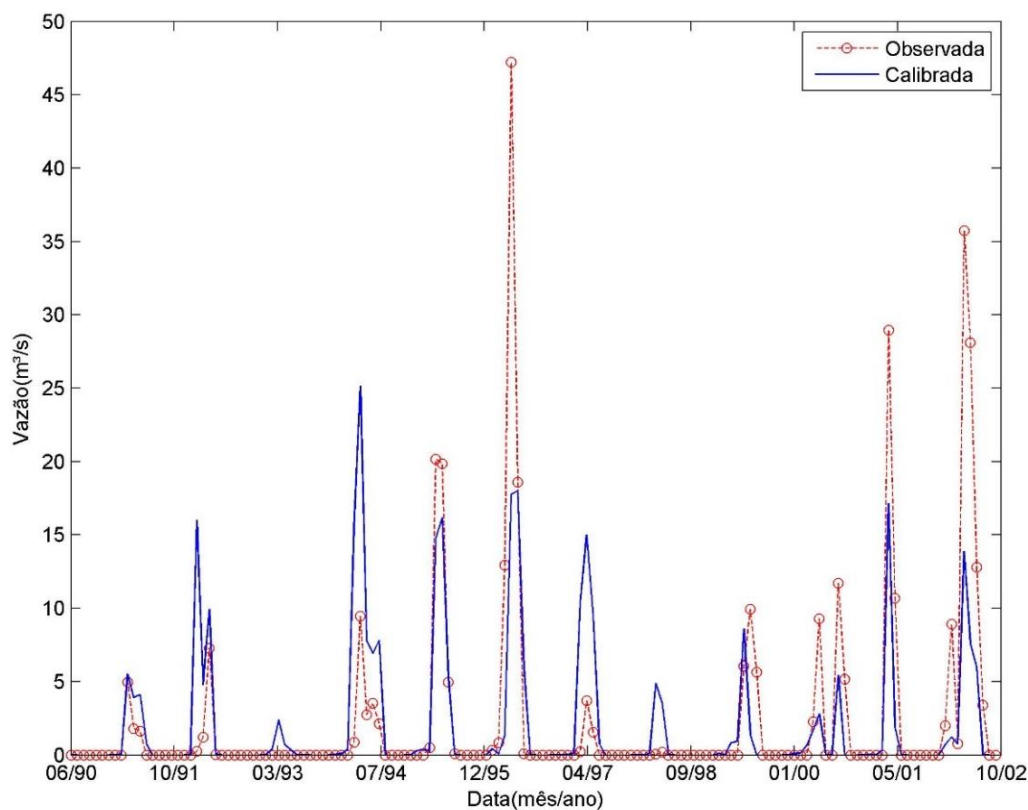


Figura 3.22 – Vazões do Modelo MODHAC para o posto 35950000

3.7.5 - 4.4.4 VAZÕES AFLUENTES AO BARRAMENTO

Foi realizada a simulação das vazões afluentes para a bacia do reservatório, utilizando os parâmetros encontrados para o posto fluviométrico 35950000. Os dados de evapotranspiração foram obtidos através do método de Thornthwaite.

A Tabela 3.20 apresenta os dados de precipitações médias mensais para o período de 1932 a 2020. Este período foi utilizado para geração de vazões e cálculo do coeficiente de escoamento.

As vazões e as lâminas médias mensais para a bacia são apresentadas nas Tabelas 4.21 e 4.22, respectivamente. O volume afluente médio é de 28,5 hm³/ano (Ver Tabela 3.23). A partir destas afluições geradas, calculou-se um coeficiente de escoamento para a bacia de 9,5%.

Tabela 3.20 – Precipitação média mensal na Bacia da Lagoa do Uruaú, em mm.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1932	28.3	99.9	121.3	24.7	22.6	45.8	3.1	4.4	18.6	4.2	0.0	3.4	376.2
1933	85.8	133.5	154.1	383.2	56.6	1.4	4.0	0.2	1.3	0.6	5.6	32.5	859.0
1934	57.4	247.7	474.8	196.3	331.4	103.0	1.1	2.0	7.4	1.1	23.1	82.8	1528.0
1935	185.0	347.3	227.7	411.8	294.3	52.1	52.8	2.8	0.4	9.9	6.1	3.3	1593.3
1936	20.2	150.5	42.9	149.1	128.3	42.7	4.4	0.0	1.0	4.5	3.3	0.0	547.0
1937	1.5	328.9	263.3	422.1	375.7	193.3	53.7	4.4	10.8	2.6	5.5	40.0	1701.7
1938	101.1	91.3	379.8	538.6	72.4	87.9	0.0	0.0	0.0	2.0	14.0	13.7	1300.9
1939	44.8	636.1	332.1	272.8	102.3	25.3	110.2	50.7	33.6	89.9	48.9	26.8	1773.3
1940	130.3	99.3	216.4	362.8	312.3	83.3	29.1	4.4	23.3	16.6	4.4	26.1	1308.5
1941	16.1	115.2	257.2	123.6	63.2	11.1	11.2	4.4	20.7	5.9	31.4	46.8	706.6
1942	16.2	121.5	193.7	90.8	51.5	15.1	7.9	6.6	8.3	34.5	19.6	15.9	581.5
1943	113.7	70.8	319.7	299.2	22.6	19.5	35.3	18.0	5.1	4.2	21.8	96.6	1026.6
1944	126.9	61.5	379.6	201.4	315.0	22.4	25.4	5.7	3.7	9.0	8.3	65.0	1223.8
1945	90.5	385.7	284.7	391.1	307.9	233.4	64.9	5.8	12.1	8.5	12.8	23.6	1820.8
1946	258.4	213.1	210.3	417.2	46.9	66.0	3.4	8.7	5.2	5.0	7.0	54.8	1296.0
1947	36.8	196.6	415.6	261.2	217.2	26.8	41.6	5.2	9.6	9.4	222.0	25.6	1467.4
1948	64.0	86.6	316.3	220.3	171.6	83.9	30.7	34.5	10.5	12.6	5.0	14.2	1050.2
1949	2.9	194.8	312.7	309.6	358.6	60.0	20.6	17.7	7.5	2.8	3.7	0.1	1291.0
1950	76.0	64.3	462.3	542.1	108.2	25.4	10.4	3.8	10.2	12.9	10.0	16.8	1342.4
1951	36.1	56.1	118.7	306.3	125.9	205.1	5.4	0.0	0.0	20.0	13.3	81.2	968.1
1952	116.1	86.8	256.8	532.9	139.4	23.1	4.5	5.5	5.6	2.3	2.1	17.4	1192.5
1953	28.0	72.8	284.8	193.5	29.9	20.6	5.8	1.2	5.9	7.1	12.3	29.3	691.3
1954	24.6	201.4	253.7	180.4	344.7	45.1	1.5	4.9	0.0	2.8	0.0	9.7	1068.8
1955	90.2	130.6	228.9	436.4	165.3	54.1	8.0	0.0	0.0	14.9	7.0	35.2	1170.5
1956	33.2	218.6	296.1	219.9	68.4	12.4	11.3	34.6	0.1	0.0	0.0	36.3	930.9
1957	140.7	35.7	841.7	472.5	97.7	3.7	1.9	4.1	7.1	16.1	7.3	29.8	1658.2
1958	0.1	40.0	22.2	53.4	77.0	28.4	13.2	0.0	0.0	0.0	2.8	1.5	238.6
1959	88.8	136.8	541.0	292.9	275.4	40.8	2.2	27.9	0.3	2.5	5.1	6.5	1420.2
1960	21.7	27.3	908.0	291.7	117.6	32.9	19.1	4.6	0.0	4.8	6.4	27.6	1461.8
1961	174.2	418.2	462.6	694.7	103.7	80.7	35.3	0.0	0.0	0.0	0.0	29.7	1999.2
1962	79.8	135.8	496.8	288.8	115.3	29.0	12.8	1.3	11.8	1.4	16.3	29.4	1218.5
1963	305.1	319.5	811.3	409.4	78.2	5.9	13.7	1.3	0.0	0.0	39.0	317.4	2300.8
1964	291.5	217.5	430.1	560.0	239.8	137.0	59.9	0.4	30.8	1.2	5.4	2.7	1976.2
1965	79.7	26.8	306.9	481.5	312.1	180.3	33.9	0.8	6.0	8.6	0.6	15.2	1452.3
1966	0.7	120.9	49.4	84.1	108.6	105.6	33.4	3.7	6.4	8.4	7.4	8.5	537.1
1967	24.0	317.8	464.2	289.3	182.8	46.5	15.4	4.0	2.9	1.9	3.2	45.8	1397.8
1968	60.5	12.3	225.6	241.8	316.5	4.4	16.6	2.8	0.2	3.2	1.0	25.8	910.5
1969	44.4	41.5	168.6	271.9	171.0	41.4	39.7	14.6	7.7	21.0	3.6	18.6	844.0
1970	66.0	33.5	212.9	107.1	14.4	21.4	18.2	6.0	0.3	1.2	8.1	23.7	512.7
1971	68.4	144.4	234.0	207.3	322.5	118.8	48.4	4.9	6.2	39.4	19.5	13.0	1226.7
1972	20.6	84.8	160.4	266.8	178.2	84.2	27.9	24.6	3.5	0.8	3.9	21.0	876.7
1973	110.7	275.7	299.9	478.2	145.8	185.0	54.4	12.1	6.9	25.1	2.0	17.1	1612.8
1974	415.5	184.6	331.1	446.2	300.1	49.2	15.2	16.0	26.6	29.7	12.8	108.6	1935.4
1975	66.8	155.6	267.1	310.6	245.8	137.9	71.2	0.7	29.8	5.6	6.0	80.3	1377.3
1976	96.4	185.2	336.4	152.8	21.7	6.7	1.2	13.0	0.6	30.4	10.3	9.1	864.1
1977	111.9	165.8	268.8	193.6	181.2	171.2	143.5	2.8	14.9	15.9	6.3	3.7	1279.5
1978	52.0	155.9	149.0	141.2	155.5	38.4	55.7	11.9	1.5	13.6	24.3	6.0	805.0
1979	24.3	63.8	125.0	49.1	79.6	30.8	10.9	19.1	26.4	3.3	10.3	1.4	444.0
1980	49.0	332.9	183.8	53.6	31.4	11.6	6.6	0.0	2.7	9.9	8.9	8.5	698.8

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	26.7	27.9	321.5	88.8	40.7	12.5	4.0	0.5	0.1	0.6	0.3	95.3	619.1
1982	111.8	79.5	97.5	74.7	70.4	21.6	3.5	0.8	0.5	0.2	0.8	1.4	462.7
1983	7.2	160.4	131.5	47.4	26.3	3.2	0.1	0.0	0.0	2.8	0.0	5.3	384.4
1984	12.8	112.1	261.3	374.6	366.0	112.0	77.6	57.3	6.9	13.6	4.4	1.6	1400.4
1985	207.1	493.9	391.0	306.1	305.4	181.4	70.7	6.4	2.1	0.0	0.8	54.6	2019.5
1986	98.4	195.6	470.4	348.8	271.4	44.1	6.3	5.6	9.9	7.6	11.8	28.6	1498.6
1987	19.8	93.2	395.5	77.2	19.3	143.5	17.6	3.3	3.9	0.0	6.7	0.0	780.0
1988	141.6	143.2	260.2	265.3	419.0	41.6	34.7	2.4	29.9	7.8	2.8	44.9	1393.3
1989	100.4	30.4	260.2	468.9	172.9	227.6	131.7	10.4	16.7	9.7	11.2	155.1	1595.1
1990	24.7	135.8	70.8	134.8	101.6	11.5	30.3	0.0	11.0	5.5	3.2	2.9	532.1
1991	38.3	91.8	262.6	285.8	71.6	62.0	29.1	1.7	0.0	4.6	0.0	0.0	847.6
1992	273.2	167.7	132.1	181.5	70.5	62.6	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	893.8
1993	88.5	32.9	218.6	33.9	76.6	14.6	21.5	3.2	0.0	0.2	0.0	0.0	489.9
1994	77.0	146.5	399.8	258.6	220.4	333.5	40.1	0.0	0.0	9.7	0.0	100.8	1586.3
1995	67.9	246.7	277.8	567.3	191.3	64.4	57.6	0.0	0.6	0.3	1.6	14.6	1490.2
1996	97.0	141.6	369.3	532.9	105.5	5.5	7.6	9.2	0.0	10.4	4.5	1.0	1284.4
1997	17.9	43.9	219.7	360.0	271.0	3.2	5.4	5.4	0.8	0.0	6.7	36.1	970.0
1998	120.4	35.7	133.5	53.4	36.0	6.4	4.9	14.7	2.4	1.6	0.9	15.9	425.9
1999	76.4	99.8	269.0	223.4	206.7	30.9	0.0	1.7	0.0	1.3	2.9	69.9	981.9
2000	194.2	199.3	174.4	284.8	148.2	62.4	66.0	65.7	110.7	0.0	0.0	12.5	1318.2
2001	64.3	97.3	144.0	471.6	60.2	134.4	3.9	0.0	0.1	3.3	5.5	35.3	1020.1
2002	267.8	55.4	273.4	604.0	254.1	93.9	43.0	0.0	0.0	0.0	20.9	6.9	1619.2
2003	141.2	257.8	406.8	316.6	292.2	103.9	3.0	0.1	0.0	0.0	3.0	3.5	1528.0
2004	509.5	324.6	315.3	99.6	26.2	63.1	42.1	8.6	1.1	0.5	0.0	2.8	1393.6
2005	18.7	58.2	287.9	89.4	191.2	132.5	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	808.6
2006	3.1	74.9	216.8	326.9	349.7	179.7	14.5	8.2	4.7	1.5	1.8	0.2	1181.8
2007	52.4	303.4	127.7	368.3	148.5	135.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	1155.7
2008	79.9	55.5	268.6	438.3	123.5	60.7	2.3	13.6	0.0	0.0	0.0	1.0	1043.4
2009	95.9	272.2	388.1	663.4	344.9	135.2	191.4	56.1	9.4	6.5	0.0	0.0	2163.0
2010	106.2	43.4	100.8	160.4	120.7	36.3	6.5	0.0	0.0	0.1	2.2	40.5	617.1
2011	424.1	136.9	258.4	286.6	122.0	46.9	85.6	16.5	0.0	28.0	21.7	3.3	1430.1
2012	57.2	288.3	172.2	76.5	51.6	50.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	2.6	699.4
2013	63.4	72.3	93.9	224.5	93.4	140.1	20.3	0.0	0.0	0.0	10.7	0.4	719.0
2014	42.7	138.4	192.7	220.9	143.7	30.4	0.1	0.0	5.8	3.6	9.0	26.0	813.3
2015	115.1	111.7	276.2	289.1	23.2	18.7	135.4	0.0	3.6	0.1	0.0	13.3	986.5
2016	136.2	81.9	121.9	219.5	39.1	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	36.8	679.8
2017	56.1	149.2	388.5	197.6	105.1	31.7	57.9	0.0	2.2	7.2	0.0	50.9	1046.3
2018	116.7	292.0	169.2	226.6	132.2	32.6	25.2	0.0	0.0	0.2	16.1	47.1	1057.9
2019	125.2	230.6	445.0	272.0	224.8	45.1	42.9	2.9	3.7	2.9	0.0	12.6	1407.7
2020	228.1	350.4	256.3	327.9	208.3	62.7	34.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.7	1481.4
Média	97.6	158.6	282.3	282.8	161.2	69.4	29.7	7.8	7.0	7.4	9.6	29.4	1142.6
D. Pad.	95.4	115.6	156.7	157.2	108.4	64.6	35.6	13.2	13.8	12.3	24.4	42.6	452.9
CV	1.0	0.7	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.7	2.0	1.7	2.5	1.5	0.4

Tabela 3.21 – Vazão média mensal afluyente à Lagoa do Uruaú, em m³/s.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1932	0.00	0.02	0.48	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1933	0.02	0.45	0.09	4.02	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
1934	0.00	1.04	5.84	2.31	3.98	1.93	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26
1935	0.46	3.76	1.69	5.50	4.75	1.52	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48
1936	0.00	0.05	0.40	0.03	0.53	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
1937	0.00	2.72	1.92	8.58	6.15	2.73	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.94
1938	0.02	0.03	3.80	8.77	2.52	0.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
1939	0.00	8.75	5.90	5.05	0.92	0.01	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	1.73
1940	0.01	0.14	0.39	4.63	3.88	1.71	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91
1941	0.00	0.08	2.71	0.04	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
1942	0.00	0.19	1.22	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1943	0.01	0.09	2.45	4.78	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.66
1944	0.04	0.04	3.40	1.73	4.34	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86
1945	0.02	4.29	1.98	6.18	4.03	1.84	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66
1946	0.75	1.60	1.38	5.97	1.22	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91
1947	0.00	0.21	5.16	2.92	4.40	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	0.18	1.27
1948	0.00	0.03	2.28	2.43	1.76	0.51	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
1949	0.00	1.42	2.84	3.21	5.50	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15
1950	0.00	0.00	4.47	8.46	2.83	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37
1951	0.00	0.00	0.20	3.75	0.70	0.52	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.46
1952	0.02	0.00	1.29	8.67	2.70	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07
1953	0.00	0.00	1.61	1.67	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
1954	0.00	1.25	1.37	1.85	3.56	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73
1955	0.00	1.15	1.71	4.70	2.46	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
1956	0.00	0.20	2.09	3.48	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
1957	0.28	0.08	14.07	9.25	1.78	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15
1958	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1959	0.00	0.05	6.55	4.93	4.32	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37
1960	0.00	0.00	14.70	5.52	2.66	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
1961	0.94	5.28	6.38	12.18	4.01	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.53
1962	0.00	0.08	6.08	4.29	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08
1963	2.78	4.29	15.06	6.71	4.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	2.93
1964	2.86	1.21	7.48	10.29	3.89	2.15	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40
1965	0.00	0.00	2.70	6.25	4.60	2.65	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
1966	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00	0.65	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1967	0.00	2.28	6.22	3.93	2.94	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
1968	0.01	0.00	0.47	2.15	3.71	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
1969	0.00	0.00	0.07	2.91	2.15	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
1970	0.01	0.00	0.22	0.25	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1971	0.00	0.02	1.10	1.77	3.36	1.50	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68
1972	0.00	0.02	0.12	2.25	1.94	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
1973	0.00	2.39	3.02	7.02	1.59	2.14	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
1974	4.30	1.66	4.50	6.35	4.39	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90
1975	0.03	0.02	1.77	3.01	2.52	1.39	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.80
1976	0.00	0.37	5.07	0.70	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
1977	0.00	0.19	1.93	1.36	1.85	1.55	1.51	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
1978	0.01	1.26	0.20	0.08	0.89	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1979	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1980	0.00	2.87	3.67	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	0.00	0.00	2.71	0.41	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.28
1982	0.04	0.02	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1983	0.00	0.97	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
1984	0.00	0.07	0.92	4.64	5.49	1.64	0.31	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	1.09
1985	0.23	7.29	5.61	4.11	5.26	2.23	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16
1986	0.00	0.84	4.74	5.89	3.91	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38
1987	0.00	0.02	3.29	0.65	0.00	0.30	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36
1988	0.39	0.22	1.32	2.76	6.97	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
1989	0.01	0.02	1.32	6.48	2.05	2.57	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	1.27
1990	0.07	0.50	0.37	0.08	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1991	0.00	0.00	1.32	3.06	1.07	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
1992	0.93	4.85	0.34	2.57	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
1993	0.03	0.00	1.23	0.20	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1994	0.00	0.06	4.17	2.61	2.75	4.15	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.24
1995	0.12	0.37	3.47	9.55	2.00	1.70	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44
1996	0.04	0.02	3.64	7.77	1.73	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12
1997	0.00	0.00	2.14	4.97	3.84	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95
1998	0.00	0.01	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1999	0.00	0.00	2.76	2.10	2.43	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.64
2000	0.82	0.47	0.38	2.89	1.90	0.16	0.02	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.56
2001	0.01	0.00	0.06	5.89	1.15	0.18	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61
2002	0.96	0.27	1.38	10.27	4.57	1.86	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62
2003	0.04	1.16	6.38	4.42	4.70	2.62	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62
2004	6.71	5.16	5.75	1.09	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56
2005	0.00	0.03	3.03	0.88	0.28	1.24	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
2006	0.00	0.02	0.65	3.04	7.50	3.15	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
2007	0.01	2.52	0.61	3.78	3.01	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
2008	0.01	0.01	1.49	6.62	2.17	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94
2009	0.02	2.06	5.17	11.05	6.50	2.42	2.40	0.35	0.01	0.00	0.00	0.00	2.50
2010	0.12	0.00	0.01	0.85	0.31	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
2011	4.21	1.24	2.60	3.02	1.91	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09
2012	0.00	2.85	1.23	0.60	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
2013	0.00	0.03	0.02	1.55	0.33	0.15	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
2014	0.00	0.14	0.10	1.84	1.16	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
2015	0.34	0.00	1.87	3.87	0.44	0.00	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63
2016	0.02	0.06	0.00	2.35	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
2017	0.00	0.05	4.11	2.67	0.34	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.61
2018	0.01	2.47	1.05	2.47	1.18	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61
2019	0.04	1.22	5.49	3.91	2.95	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21
2020	0.18	4.30	2.84	4.07	2.31	1.42	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26
Média	0.31	1.00	2.72	3.66	2.17	0.75	0.19	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.91
D. Pad.	1.03	1.72	3.01	2.99	1.93	0.91	0.47	0.04	0.00	0.00	0.23	0.25	0.67
CV	3.27	1.72	1.11	0.82	0.89	1.22	2.41	6.96	6.45	8.86	9.43	6.19	0.73

Tabela 3.22 – Lamina média escoada afluente à Lagoa do Uruaú, em mm.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1932	0.0	0.1	5.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
1933	0.3	4.2	1.0	40.3	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.6
1934	0.0	9.7	60.5	23.2	41.2	19.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.1
1935	4.8	36.4	17.5	55.2	49.2	15.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.7
1936	0.0	0.5	4.1	0.3	5.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
1937	0.0	25.5	19.9	86.0	63.7	27.3	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	234.1
1938	0.2	0.3	39.3	87.9	26.1	5.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.9
1939	0.0	84.7	61.2	50.6	9.5	0.1	0.2	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	207.0
1940	0.1	1.3	4.1	46.4	40.2	17.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.8
1941	0.0	0.7	28.1	0.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6
1942	0.0	1.8	12.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
1943	0.1	0.9	25.4	47.9	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	80.8
1944	0.4	0.4	35.2	17.3	44.9	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.9
1945	0.2	40.1	20.5	61.9	41.7	18.4	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	199.3
1946	7.7	15.0	14.3	59.8	12.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.7
1947	0.0	2.0	53.5	29.3	45.6	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	21.4	1.9	155.4
1948	0.0	0.2	23.6	24.4	18.3	5.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	72.1
1949	0.0	13.3	29.4	32.1	57.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.7
1950	0.0	0.0	46.3	84.8	29.3	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.7
1951	0.0	0.0	2.1	37.5	7.2	5.2	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	55.2
1952	0.2	0.0	13.3	86.9	28.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.5
1953	0.0	0.0	16.7	16.7	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.8
1954	0.0	11.7	14.2	18.5	36.9	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1
1955	0.0	11.1	17.8	47.1	25.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	103.2
1956	0.0	1.9	21.6	34.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.2
1957	2.9	0.7	145.8	92.7	18.5	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	264.1
1958	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1959	0.0	0.5	67.8	49.4	44.8	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.4
1960	0.0	0.0	152.3	55.4	27.6	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	238.5
1961	9.7	49.4	66.1	122.1	41.5	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	304.2
1962	0.0	0.8	63.0	43.0	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.2
1963	28.8	41.6	155.9	67.2	42.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	359.6
1964	29.6	11.3	77.4	103.1	40.3	21.5	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	292.7
1965	0.0	0.0	27.9	62.7	47.7	26.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	171.4
1966	0.0	1.0	0.0	0.1	0.0	6.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
1967	0.0	22.1	64.4	39.4	30.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.5
1968	0.1	0.0	4.9	21.5	38.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.8
1969	0.0	0.0	0.8	29.1	22.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.4
1970	0.1	0.0	2.3	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
1971	0.0	0.2	11.4	17.8	34.8	15.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.9
1972	0.0	0.2	1.3	22.5	20.1	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.6
1973	0.0	22.4	31.2	70.3	16.5	21.5	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.3
1974	44.5	15.6	46.6	63.7	45.5	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.4
1975	0.3	0.2	18.4	30.2	26.1	14.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	98.5
1976	0.0	3.5	52.5	7.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2
1977	0.0	1.8	20.0	13.6	19.2	15.5	15.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	86.5
1978	0.1	11.8	2.1	0.8	9.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1
1979	0.0	0.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1980	0.0	26.8	38.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.1

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	0.0	0.0	28.1	4.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	34.9
1982	0.4	0.2	2.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
1983	0.0	9.4	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4
1984	0.0	0.6	9.5	46.5	56.8	16.5	3.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	133.3
1985	2.4	68.2	58.2	41.2	54.5	22.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	259.2
1986	0.0	7.8	49.1	59.0	40.5	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.6
1987	0.0	0.2	34.1	6.5	0.0	3.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.7
1988	4.1	2.1	13.7	27.6	72.2	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	135.3
1989	0.1	0.2	13.7	65.0	21.2	25.7	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	154.9
1990	0.8	4.7	3.8	0.8	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2
1991	0.0	0.0	13.7	30.6	11.1	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4
1992	9.6	45.4	3.5	25.7	2.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	86.6
1993	0.3	0.0	12.8	2.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5
1994	0.0	0.6	43.2	26.2	28.5	41.6	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	151.4
1995	1.2	3.6	35.9	95.7	20.7	17.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	175.1
1996	0.4	0.2	37.7	77.9	17.9	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4
1997	0.0	0.0	22.1	49.8	39.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.5
1998	0.0	0.1	0.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1999	0.0	0.0	28.6	21.1	25.1	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	79.2
2000	8.5	4.4	4.0	29.0	19.6	1.6	0.2	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	67.9
2001	0.1	0.0	0.6	59.0	11.9	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.9
2002	10.0	2.5	14.3	102.9	47.3	18.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	197.1
2003	0.4	11.3	66.1	44.3	48.7	26.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.2
2004	69.5	48.3	59.6	11.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.9
2005	0.0	0.3	31.4	8.8	2.9	12.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1
2006	0.0	0.2	6.7	30.5	77.7	31.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.7
2007	0.1	24.5	6.3	37.9	31.2	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	108.5
2008	0.1	0.1	15.4	66.3	22.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.2
2009	0.2	19.2	53.5	110.8	67.3	24.3	24.9	3.6	0.1	0.0	0.0	0.0	304.0
2010	1.3	0.0	0.1	8.5	3.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9
2011	43.6	12.0	26.9	30.2	19.8	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.6
2012	0.0	26.7	12.7	6.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.7
2013	0.0	0.3	0.2	15.5	3.4	1.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3
2014	0.0	1.3	1.0	18.4	12.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3
2015	3.5	0.0	19.4	38.8	4.6	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.2
2016	0.2	0.6	0.0	23.6	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5
2017	0.0	0.4	42.6	26.8	3.5	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	74.7
2018	0.1	23.1	10.9	24.8	12.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.1
2019	0.5	11.8	56.9	39.2	30.5	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.2
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Média	3.2	9.0	27.8	36.2	22.2	7.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	108.6
D. Pad.	10.7	16.0	31.3	30.2	20.1	9.2	4.9	0.4	0.0	0.0	2.3	2.6	81.7
CV	3.3	1.8	1.1	0.8	0.9	1.2	2.4	7.0	6.4	8.9	9.4	6.2	0.8

Tabela 3.23 – Volume afluente à Lagoa do Uruaú, em hm³.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1912	0.00	0.04	1.29	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42
1913	0.07	1.08	0.25	10.41	1.79	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.61
1914	0.00	2.52	15.65	5.99	10.65	5.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.84
1915	1.24	9.09	4.54	14.27	12.71	3.95	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.88
1916	0.00	0.14	1.07	0.07	1.42	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
1917	0.00	6.59	5.14	22.24	16.47	7.07	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.55
1918	0.06	0.08	10.18	22.72	6.76	1.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.10
1919	0.00	21.16	15.81	13.08	2.47	0.03	0.05	0.12	0.00	0.05	0.00	0.00	52.76
1920	0.03	0.36	1.06	12.01	10.40	4.43	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.67
1921	0.00	0.18	7.26	0.09	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.18
1922	0.00	0.46	3.27	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09
1923	0.03	0.22	6.56	12.39	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	20.89
1924	0.11	0.09	9.11	4.48	11.61	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	27.39
1925	0.06	10.38	5.30	16.01	10.79	4.77	4.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.54
1926	2.00	3.88	3.69	15.48	3.27	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	28.38
1927	0.00	0.50	13.83	7.57	11.79	0.42	0.01	0.00	0.00	0.00	5.55	0.48	40.16
1928	0.01	0.07	6.11	6.31	4.72	1.32	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	18.64
1929	0.00	3.44	7.59	8.31	14.73	2.31	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.39
1930	0.01	0.00	11.97	21.92	7.58	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.12
1931	0.00	0.01	0.54	9.71	1.87	1.35	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	14.28
1932	0.05	0.01	3.45	22.46	7.23	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.75
1933	0.00	0.00	4.32	4.33	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29
1934	0.00	3.03	3.66	4.79	9.55	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.78
1935	0.00	2.77	4.59	12.17	6.59	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.58
1936	0.00	0.51	5.59	9.03	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.85
1937	0.75	0.18	37.70	23.97	4.78	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.30
1938	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1939	0.00	0.12	17.54	12.78	11.58	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.55
1940	0.00	0.00	39.37	14.32	7.13	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.68
1941	2.51	12.78	17.10	31.57	10.74	3.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.67
1942	0.00	0.20	16.29	11.13	6.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.18
1943	7.44	10.38	40.33	17.39	10.93	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.11	92.63
1944	7.65	3.04	20.03	26.66	10.42	5.57	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.81
1945	0.01	0.01	7.22	16.20	12.33	6.86	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.31
1946	0.00	0.25	0.00	0.04	0.01	1.68	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
1947	0.00	5.51	16.65	10.18	7.88	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.79
1948	0.03	0.00	1.26	5.57	9.93	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30
1949	0.00	0.00	0.20	7.53	5.75	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.08
1950	0.02	0.00	0.58	0.66	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35
1951	0.00	0.05	2.95	4.59	9.01	3.89	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.45
1952	0.00	0.06	0.33	5.83	5.19	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.08
1953	0.00	5.79	8.08	18.18	4.27	5.56	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.51
1954	11.52	4.02	12.05	16.47	11.76	4.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.83
1955	0.07	0.04	4.75	7.81	6.75	3.61	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	25.46
1956	0.01	0.93	13.58	1.81	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.63
1957	0.01	0.46	5.18	3.52	4.97	4.01	4.04	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	22.36
1958	0.02	3.05	0.55	0.20	2.39	0.55	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	6.76
1959	0.00	0.00	0.14	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
1960	0.00	7.19	9.83	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.08



PREFEITURA DE BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0.00	0.00	7.26	1.07	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	9.02
1962	0.10	0.06	0.52	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
1963	0.00	2.34	0.02	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60
1964	0.00	0.17	2.46	12.03	14.70	4.25	0.82	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	34.48
1965	0.63	17.65	15.04	10.65	14.09	5.78	3.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.04
1966	0.00	2.02	12.70	15.27	10.46	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.61
1967	0.00	0.06	8.82	1.67	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.56
1968	1.05	0.56	3.53	7.14	18.67	4.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00
1969	0.02	0.06	3.55	16.80	5.49	6.66	5.83	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66	40.06
1970	0.20	1.22	0.99	0.21	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.93
1971	0.01	0.01	3.53	7.92	2.86	0.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.85
1972	2.48	12.15	0.91	6.66	0.52	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.82
1973	0.08	0.00	3.30	0.51	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02
1974	0.00	0.15	11.16	6.76	7.37	10.75	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	39.15
1975	0.31	0.90	9.29	24.75	5.35	4.40	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.26
1976	0.11	0.06	9.76	20.14	4.63	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.29
1977	0.00	0.00	5.72	12.89	10.29	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.12
1978	0.01	0.01	0.12	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
1979	0.00	0.00	7.40	5.45	6.50	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	20.48
1980	2.21	1.17	1.03	7.50	5.08	0.42	0.06	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	17.59
1981	0.03	0.00	0.16	15.26	3.08	0.47	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.11
1982	2.58	0.66	3.71	26.61	12.24	4.81	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.97
1983	0.11	2.81	17.09	11.45	12.58	6.78	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.15
1984	17.98	12.93	15.41	2.83	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.29
1985	0.00	0.07	8.11	2.28	0.75	3.23	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.02
1986	0.00	0.06	1.74	7.88	20.09	8.17	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.72
1987	0.02	6.11	1.63	9.80	8.07	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.83
1988	0.03	0.03	3.98	17.15	5.80	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.53
1989	0.05	4.98	13.85	28.65	17.42	6.28	6.44	0.93	0.03	0.00	0.00	0.00	78.62
1990	0.33	0.01	0.03	2.19	0.83	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12
1991	11.28	2.99	6.96	7.82	5.12	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.45
1992	0.01	7.15	3.28	1.55	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.06
1993	0.01	0.07	0.06	4.01	0.88	0.39	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76
1994	0.00	0.33	0.26	4.76	3.11	0.92	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1995	0.92	0.01	5.02	10.04	1.19	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.95
1996	0.04	0.15	0.01	6.10	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60
1997	0.00	0.11	11.01	6.92	0.91	0.29	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	19.30
1998	0.03	5.96	2.82	6.41	3.15	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.65
1999	0.12	2.94	14.71	10.14	7.90	2.39	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.21
2000	0.49	10.79	7.60	10.55	6.18	3.68	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.38
Média	0.84	2.44	7.28	9.48	5.81	1.95	0.52	0.01	0.00	0.00	0.06	0.11	28.51
D. Padrão	2.75	4.20	8.06	7.76	5.16	2.37	1.25	0.10	0.01	0.01	0.59	0.67	20.91
CV	3.3	1.7	1.1	0.8	0.9	1.2	2.4	7.0	6.4	8.9	9.4	6.2	0.73

3.8 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são:

- Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade da barragem; e,
- Estimativa das perdas por evaporação e sangria.

O traçado das curvas de regulação inclui: volume evaporado (E), volume liberado (M) e volume sangrado (S) versus capacidade (K) e dM/dK versus K.

3.8.1 - SOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o método da solução direta da equação de balanço hídrico.

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

$$S_t = \max(B - K; 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

onde

Z_t = volume armazenado no início do mês t;

I_t = volume afluente ao reservatório durante o mês t;

A_t = área do espelho d'água no início do mês t;

E = lâmina evaporada durante o mês t, suposta constante ao longo dos meses;

K = capacidade do reservatório;

S_t = volume perdido por sangria durante o mês t.

3.8.2 - RESULTADOS PARA CONDIÇÃO ATUAL

A seguir são apresentados os resultados da aplicação do método da solução direta da equação de balanço hídrico para o barramento.

Na Tabela 3.23 são apresentados o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_k (fator de capacidade = K/μ) para a barragem. A Figura 3.23 apresenta as curvas de regulação para o reservatório, que nada mais são que a graficação dos valores apresentados nas Tabelas 4.23.

Os resultados obtidos que praticamente não existem ganhos incrementais na capacidade de regularização com o aumento do barramento para além da cota 16. Para a capacidade de 11 hm³ e uma garantia de 90%, este regulariza 27,5% do volume afluente médio, ou seja, 7,85 hm³/ano (0,249 m³/s). A Tabela 3.23 mostra como o volume afluente ao reservatório distribui-se em volume regularizado (RG), volume evaporado (EV) e volume sangrado (SG). A Figura 3.24 apresenta a curva de garantia das vazões regularizadas do reservatório para o volume de 11 hm³.

Tabela 3.23 – Estudo incremental de capacidades da Lagoa do Uruaú – Garantia de 90%

Cota (m)	K (hm ³)	$f_k=K/\mu$	%LIB	LIB (hm ³ /ano)	%EV	EV (hm ³ /ano)	%SG	SG (hm ³ /ano)	dM/dK	Q90 (m ³ /s)
7.00	6.8	0.24	19.1%	5.46	8.1%	2.32	72.7%	20.73		0.173
8.00	9.0	0.32	24.1%	6.88	9.4%	2.69	66.4%	18.93	0.65	0.218
8.80	11.0	0.39	27.5%	7.85	10.5%	2.99	62.0%	17.66	0.49	0.249
9.00	11.5	0.40	28.9%	8.25	10.7%	3.04	60.4%	17.22	0.76	0.262
10.00	14.4	0.50	33.7%	9.60	11.8%	3.37	54.5%	15.53	0.52	0.304
11.00	17.7	0.62	38.5%	10.98	13.0%	3.70	48.5%	13.81	0.44	0.348

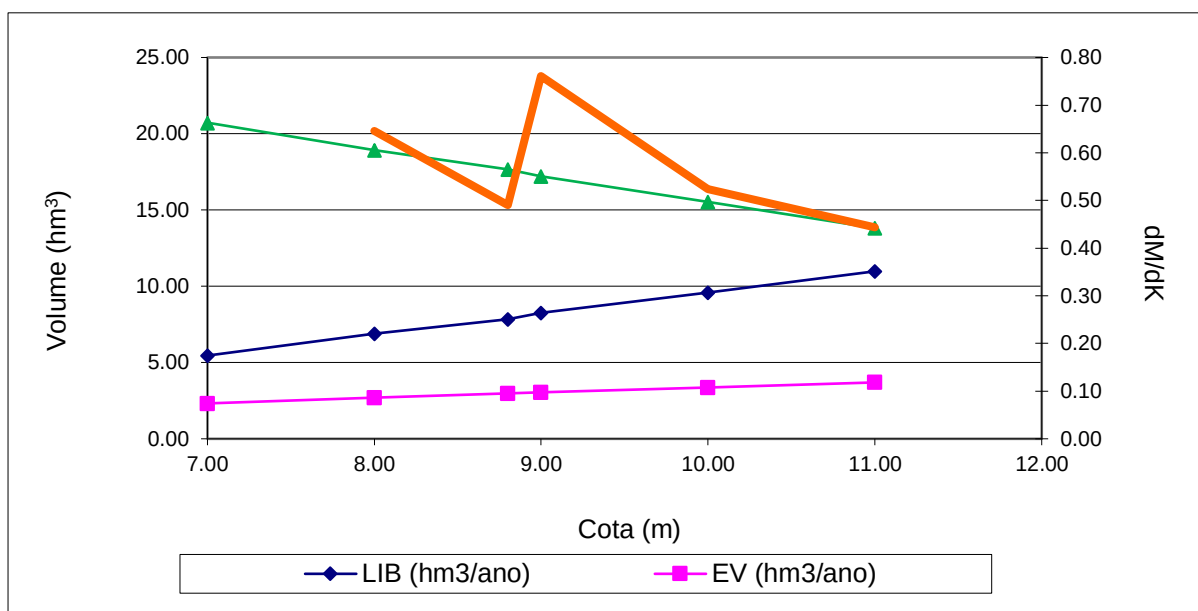


Figura 3.23 – Curvas de Regulação da Lagoa– Resolução direta da equação do balanço hídrico – Garantia de 90%.

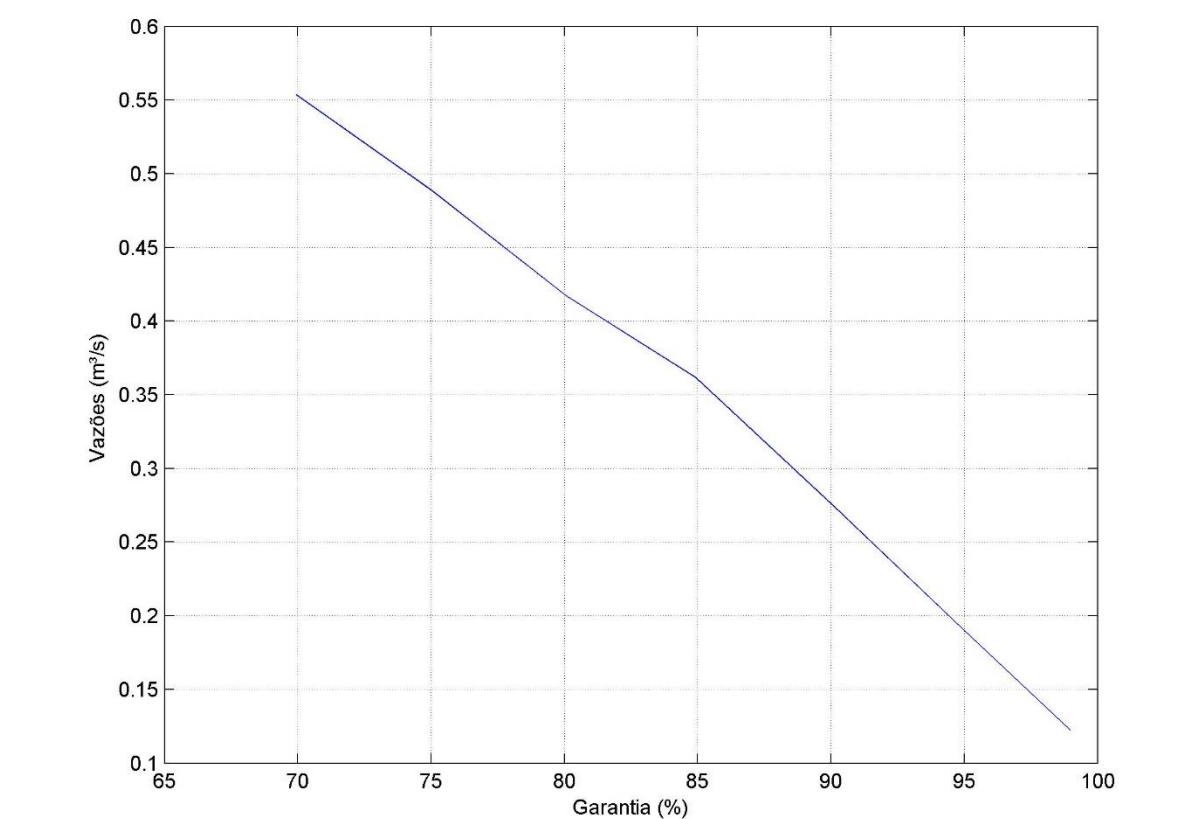


Figura 3.24 – Curva de garantia da vazão regularizada da Lagoa do Uruaú

3.9 - ESTUDO DE CHEIA E DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

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

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

- a) PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- b) Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- c) Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Deve-se deixar claro que o hidrograma de projeto resultante não terá vazão e volume com o mesmo risco, sendo que o risco associado está relacionado com a precipitação escolhida, o que não necessariamente é o mesmo risco da vazão ou do volume resultante. Assim, **não é correto** referir-se à cheia associada ao hidrograma de projeto com T anos de período de retorno como sendo a cheia cinquentenária (T=50), centenária (T =100), milenar (T =1.000) etc.

3.9.1 - METODOLOGIA

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, pela sua inexistência. Esta falta de dados dos eventos nas bacias a serem estudadas indicou a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hidrograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento

no sangradouro. A ferramenta a ser utilizada para a implementação desta metodologia será o programa HEC-HMS¹.

As relações chuva-deflúvio para a bacia da Lagoa do Uruaú serão estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-HMS, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para a bacia serão estudadas as suas respostas aos hietogramas de projeto correspondentes a 100, 1.000 e 10.000 anos (T_r = tempo de retorno).

O modelo HEC-HMS permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overlandflow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia em estudo, diante dos dados disponíveis, serão adotados os seguintes:

- Método Curva-Número (*SoilConservation Service*) na determinação da chuva efetiva;
- Método do *SoilConservationService* na determinação do hidrograma unitário sintético - Escoamento Superficial na bacia (*overlandflow*);
- Método de Puls para propagação do escoamento em reservatórios.

3.9.2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de baixa frequência assumem uma importância maior com relação aos de alta. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários escolhidos entre os “n” maiores valores disponíveis na série histórica.

Para projetos de obras hidráulicas, em geral, é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo, de canais integrantes da rede de drenagem, obras d’arte, está vinculada à determinação da relação precipitação-duração-frequência.

¹US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER.

Na área em estudo não existem registros de pluviógrafos, sendo que o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluviômetro, que é capaz de registrar a “precipitação de 1 dia”. Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade-duração-frequência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), têm-se o Método das Relações das Durações e o Método das Isozonas. O estudo realizado considerou o Método das Isozonas.

3.9.3 - MÉTODO DAS ISOZONAS (TORRICO,1975)²

Este método consiste na desagregação da chuva de 1 dia em 24 horas e a partir desta em durações menores.

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de intervalos de tempo de menor duração consiste nas seguintes etapas de cálculo:

- Multiplicar a chuva de um dia de duração por 1,10 para obter-se a chuva pontual de 24 horas;
- Determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica;
- Estimar, para os diferentes períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R_{1h} ;
- Plotar os valores P_{24h} e P_{1h} em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

²TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2a. Ed., TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.

3.9.4 - VALORES EXTREMOS

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.

Para o estudo de chuvas extremas na bacia hidrográfica da Lagoa do Uruaú foi escolhido o posto pluviométrico 36 da FUNCENE. Este não está localizado internamente à bacia da Lagoa do Uruaú, mas trata-se do posto mais próximo da bacia que possui uma série longa para a análise de extremos.

Tabela 3.24 - Máximos anuais da série do posto 36.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1977	86.5	1989	136	2000	75	2011	160
1978	86.4	1990	81	2001	87	2015	101
1980	152.8	1991	75	2002	133.2	2016	90
1981	83.5	1992	107	2003	118	2017	112
1982	49	1993	55	2004	150	2018	80
1983	58.2	1994	117	2005	100	2019	82
1984	50.5	1995	86	2006	203	2020	80
1985	114.6	1996	120	2007	130		
1986	140	1997	91	2008	118.5		
1987	52.6	1998	93	2009	145		
1988	80	1999	73	2010	80		

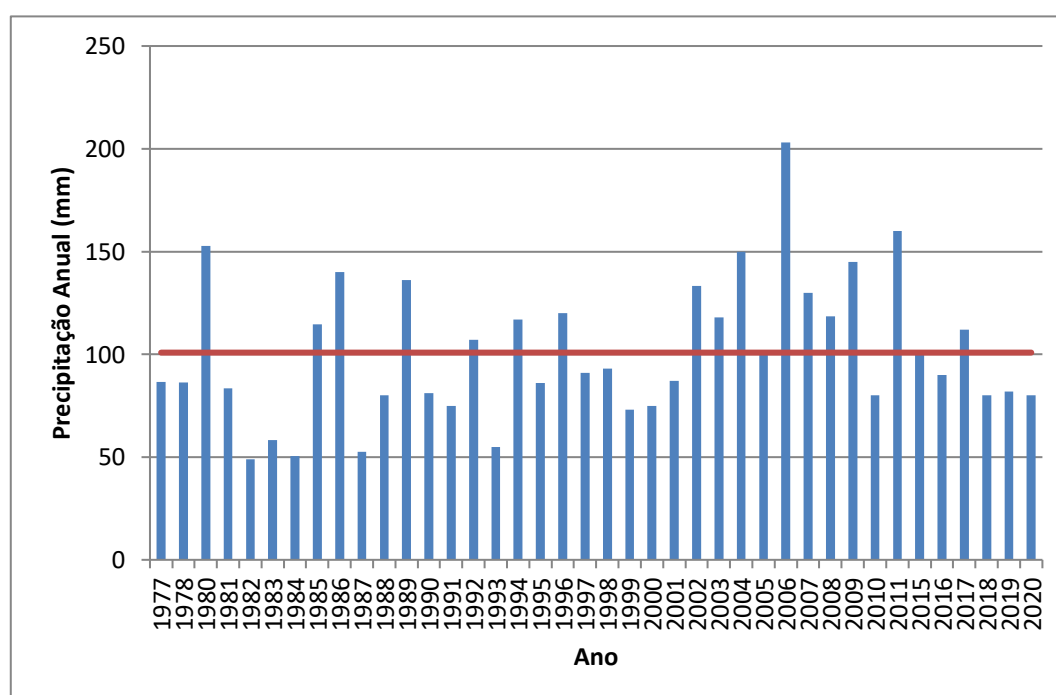


Figura 3.25 - Variação da precipitação anual do posto 36.

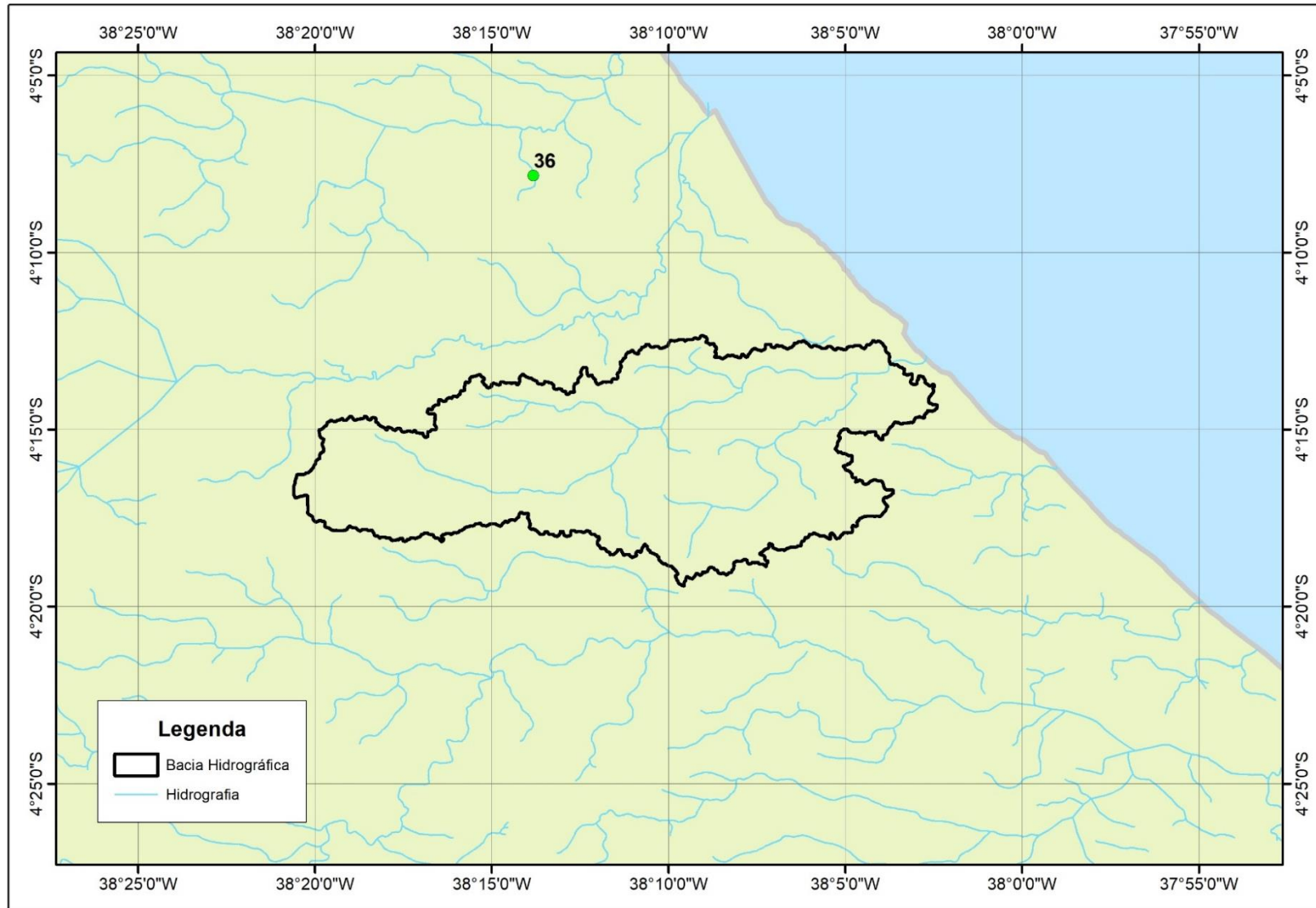


Figura 3.26 - Estações Pluviométricas utilizadas.

A série pluviométrica do posto foi obtida no acervo de dados da Agência Nacional de Água – ANA disponibilizadas na internet via HidroWEB, Tomou-se da série de pluviometria do posto os valores anuais extremos diários procedendo-se, então, ao ajuste das distribuições de probabilidades susceptíveis de representação desse processo.

Com base na série anual de máximos diários, ajustou-se distribuições de probabilidade (Normal Truncada, LogNormal 2P, LogNormal 3P, Extremo Tipo I, LogExtremo Tipo I, Pearson Tipo III e LogPearson Tipo III), verificando-se os ajustes através do teste de aderência χ^2 .

Com este procedimento, estimaram-se as precipitações diárias para os tempos de retorno de 10, 20, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos, conforme pode ser visto na Tabela 3.25, na qual se encontram ilustrados tais valores de chuvas máximas, assim como a distribuição de probabilidade adotada.

Para se conhecer a precipitação sobre a área a partir de um valor pontual, utilizou-se a expressão abaixo.

$$\frac{P_a}{P_o} = \left(1 - W \times \log \frac{A}{A_o} \right)$$

Em que, P_a = precipitação média sobre a bacia; P_o = precipitação no centro de gravidade da bacia, tomada igual a precipitação no posto; W = constante que depende do local (adotado um valor de 0,15 para a região em estudo); A = área da bacia hidrográfica; e, A_o = área base na qual $P_a = P_o$ (25 km²).

A aplicação de métodos de transformação de chuva em deflúvio para estudo de cheias exige como dados de entrada o comportamento da chuva ao longo do tempo de duração da mesma, em oposição aos valores obtidos no estudo de extremos de precipitação, correspondentes à acumulação ao longo de um dia de medida. Para contornar esse problema, utilizou-se a Metodologia das Isozonas desenvolvida pelo Professor Torga Torrico, a qual define coeficientes a serem aplicados para desagregação de chuva diária em todo o Brasil.

Tabela 3.25 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade.

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do χ^2 da Distribuição	Limite Estatística c^2 (95% de Confiança)
10	151.46	Type I Extremal	3.8	11.07
20	172.82			
50	200.47			
100	221.18			
1000	269.06			
10000	289.64			

A região em estudo encontra-se na isozona D. Assim, com os coeficientes e o ábaco de desagregação foram obtidos os valores de precipitação para os intervalos de 0.1, 0.25, 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos.

O hietograma de projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui pela fórmula de Dodge:

$$T_C = 21,88 \times A^{0,4} \times S_o^{-0,17}$$

Em que T_c = tempo de concentração (minutos); A = área da bacia, km^2 ; S_o = declividade média do talvegue, em m^{-1} . Dodge foi determinada para bacias rurais com áreas variando de 140 a 930 km^2 , desta forma, mais adequada a região do que a fórmula de Kirpich.

Para determinação da distribuição temporal da chuva de projeto utilizou-se o método dos blocos alternados e uma chuva com duração de 8 horas (aproximadamente duas vezes o tempo de concentração da bacia).

O método dos blocos alternados para definir a distribuição temporal das chuvas de projeto está baseado no uso de uma curva IDF para diferentes durações de chuva, menores que a duração total da chuva de projeto. No presente trabalho utilizou-se uma duração incremental de 5 minutos.

A altura total de chuva para cada duração é obtida multiplicando a intensidade pela duração, e a altura incremental para cada intervalo é dada pela subtração entre a altura total para uma dada duração total menos o total da duração anterior.

No método dos blocos alternados, os valores incrementais são reorganizados de forma que o máximo incremento ocorra, aproximadamente, no meio da duração da chuva total. Os incrementos (ou blocos de chuva) seguintes são organizados alternadamente, até preencher toda a duração.

3.9.5 - PRECIPITAÇÃO EFETIVA

O modelo HEC-HMS refere-se à interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante considerado precipitação efetiva.

O cálculo das perdas de precipitação pode ser usado nos outros componentes do modelo HEC-HMS, em especial, hidrograma unitário. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia).

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: 1) Taxa de perda inicial e uniforme; 2) Taxa de perda exponencial; 3) Curva-Número; 4) Holtan; 5) 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: (1) tipo de solo hidrológico; (2) uso do solo e tratamento; (3) condição da superfície subterrânea e (4) 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 variado, mas a partir de dados de pequenas bacias I_a é aproximado pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20.S$$

Substituindo a equação das perdas no início do escoamento na 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:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{Unidades métricas})$$

Em que CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solos 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), utilizando-se tabelas³.

³PONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p.

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, 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:

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouca argila e silte.
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundos que o do tipo a e com permeabilidade superior à média.
- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo.
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Uma vez 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. Para a bacia da Lagoa do Uruaú foi adotado um CN = 519, com base nos mapas de solo, uso e ocupação e relevos.

3.9.6 - HIDROGRAMA UNITÁRIO – SCS

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1.000 km² e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro: o T_{LAG}. Este parâmetro, T_{LAG}, é igual à distância (*lag*) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por:

$$Q_p = 208 \cdot \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

em que, Q_p = é a vazão de pico (m³/s), t_p = tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km² e Δt = o intervalo de cálculo.

Uma vez determinados estes parâmetros e o intervalo de cálculo (duração do hidrograma unitário), o HEC-HMS utiliza estes para interpolar um hidrograma unitário a partir de um hidrograma unitário adimensional do SCS. A seleção do intervalo de cálculo é baseada na relação $\Delta t = 0,20 \cdot t_p$, não devendo exceder $0,25 \cdot t_p$. Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas

$$t_{lag} = 0,60 \cdot T_c \text{ e } 1,7 \cdot t_p = \Delta t + T_c$$

Em que T_c é o tempo de concentração da bacia. O HEC-HMS sugere que $\Delta t \leq 0,29 \cdot T_{LAG}$. Para cálculo do hidrograma de projeto por esta metodologia, é necessária uma estimativa do tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração foi avaliado através da aplicação da fórmula de Dodge.

A Figura 3.27 apresenta a rede modelada no HEC-HMS.

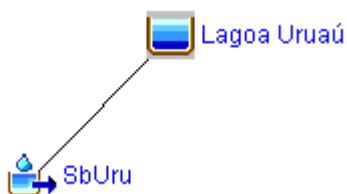


Figura 3.27 – Rede Simulada no HEC-HMS.

As Figuras 4.28 a 4.31 apresentam os hidrogramas afluentes à Lagoa do Uruaú obtidos através do uso do modelo HEC-HMS correspondentes aos tempos de retorno de 10, 100, 1.000 e 10.000 anos, conforme metodologia acima. As vazões de pico do hidrograma foram $82,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de retorno de 10 anos, $241,2 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de retorno de 100 anos, $379,8 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de retorno de 1.000 anos e $438,1 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de retorno de 10.000 anos.



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

Simulation Run: Run10 Reservoir: Lagoa Uruaú

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Uruau
End of Run: 03Jan2000, 00:00 Meteorologic Model: Met10
Compute Time: 11Oct2021, 00:32:07 Control Specifications: Control

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 82.0 (M3/S) Date/Time of Peak Inflow : 01Jan2000, 12:05
Peak Outflow : 46.5 (M3/S) Date/Time of Peak Outflow : 01Jan2000, 16:15
Total Inflow : 10.78 (MM) Peak Storage : 12352.9 (1000 M3)
Total Outflow : 10.09 (MM) Peak Elevation : 9.3 (M)

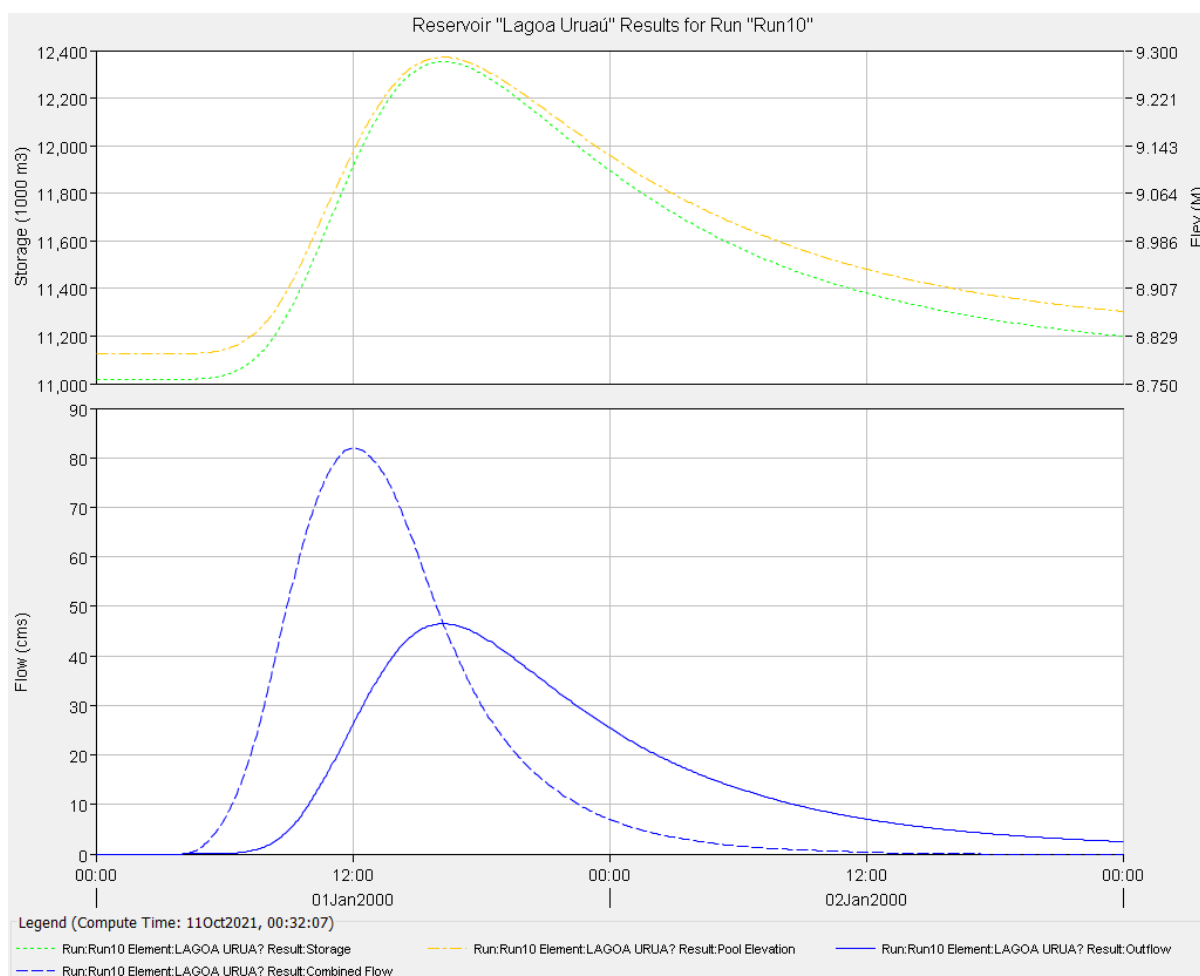


Figura 3.28 - Hidrograma total afluente a Lagoa do Uruaú (Tr = 10 anos).



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

Simulation Run: Run100 Reservoir: Lagoa Uruaú			
Start of Run:	01Jan2000, 00:00	Basin Model:	Uruau
End of Run:	03Jan2000, 00:00	Meteorologic Model:	Met100
Compute Time:	11Oct2021, 00:32:10	Control Specifications:	Control
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Inflow :	241.2 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow :	01Jan2000, 11:45
Peak Outflow :	167.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow :	01Jan2000, 15:05
Total Inflow :	31.69 (MM)	Peak Storage :	14211.9 (1000 M3)
Total Outflow :	30.75 (MM)	Peak Elevation :	9.9 (M)

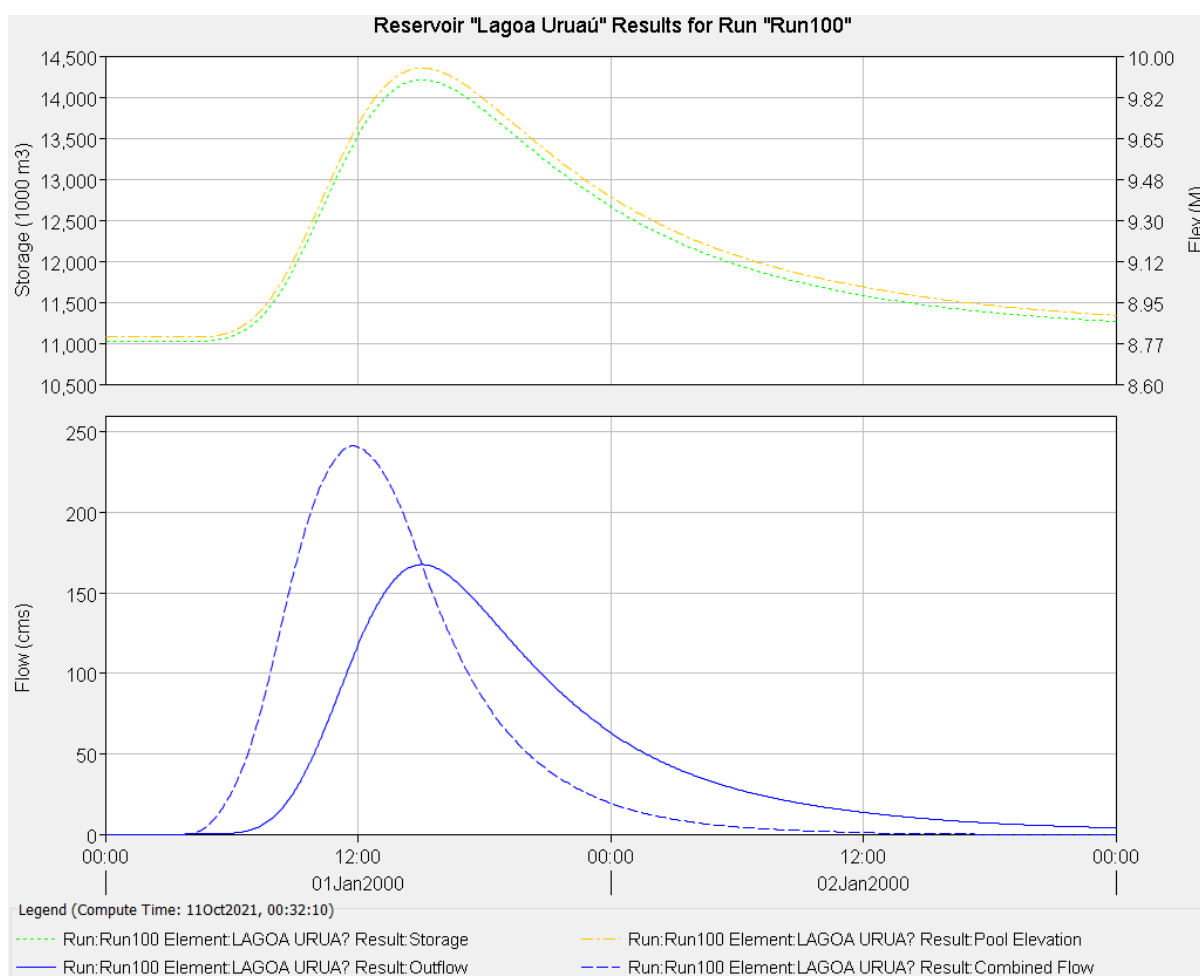


Figura 3.29 - Hidrograma total afluyente a Lagoa do Uruaú (Tr = 100 anos).



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

Simulation Run: Run1000 Reservoir: Lagoa Uruaú

Start of Run: 01Jan2000, 00:00

Basin Model: Uruau

End of Run: 03Jan2000, 00:00

Meteorologic Model: Met1000

Compute Time: 11Oct2021, 00:32:12

Control Specifications: Control

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 379.8 (M3/S)

Date/Time of Peak Inflow : 01Jan2000, 11:35

Peak Outflow : 273.3 (M3/S)

Date/Time of Peak Outflow : 01Jan2000, 14:45

Total Inflow : 49.83 (MM)

Peak Storage : 15667.1 (1000 M3)

Total Outflow : 48.77 (MM)

Peak Elevation : 10.4 (M)

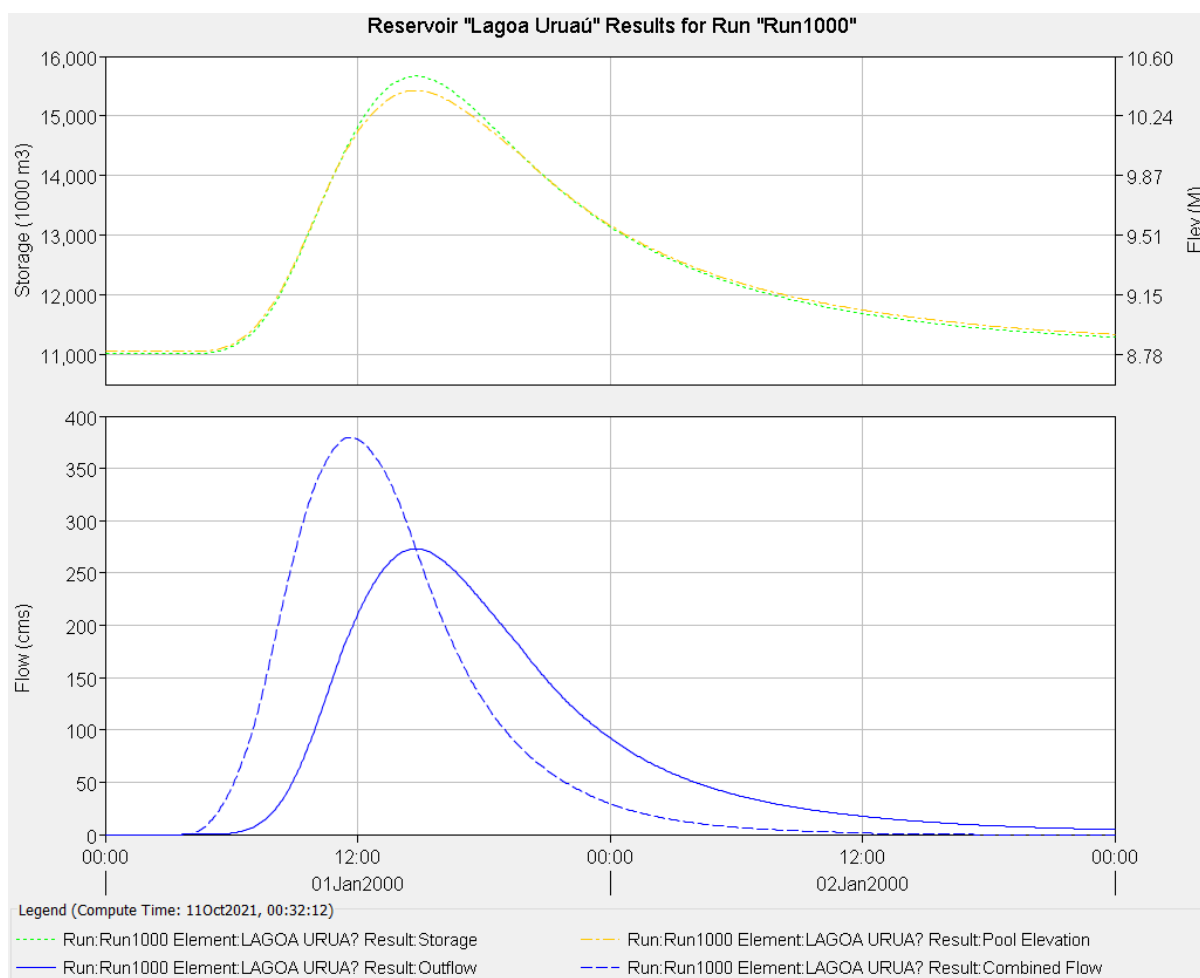


Figura 3.30 - Hidrograma total afluente a Lagoa do Uruaú (Tr = 1000 anos).



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

Simulation Run: Run10000 Reservoir: Lagoa Uruaú

Start of Run: 01Jan2000, 00:00

Basin Model: Uruau

End of Run: 03Jan2000, 00:00

Meteorologic Model: Met10000

Compute Time: 11Oct2021, 00:32:15

Control Specifications: Control

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 438.1 (M3/S)

Date/Time of Peak Inflow : 01Jan2000, 11:40

Peak Outflow : 320.1 (M3/S)

Date/Time of Peak Outflow : 01Jan2000, 14:45

Total Inflow : 57.55 (MM)

Peak Storage : 16258.6 (1000 M3)

Total Outflow : 56.44 (MM)

Peak Elevation : 10.6 (M)

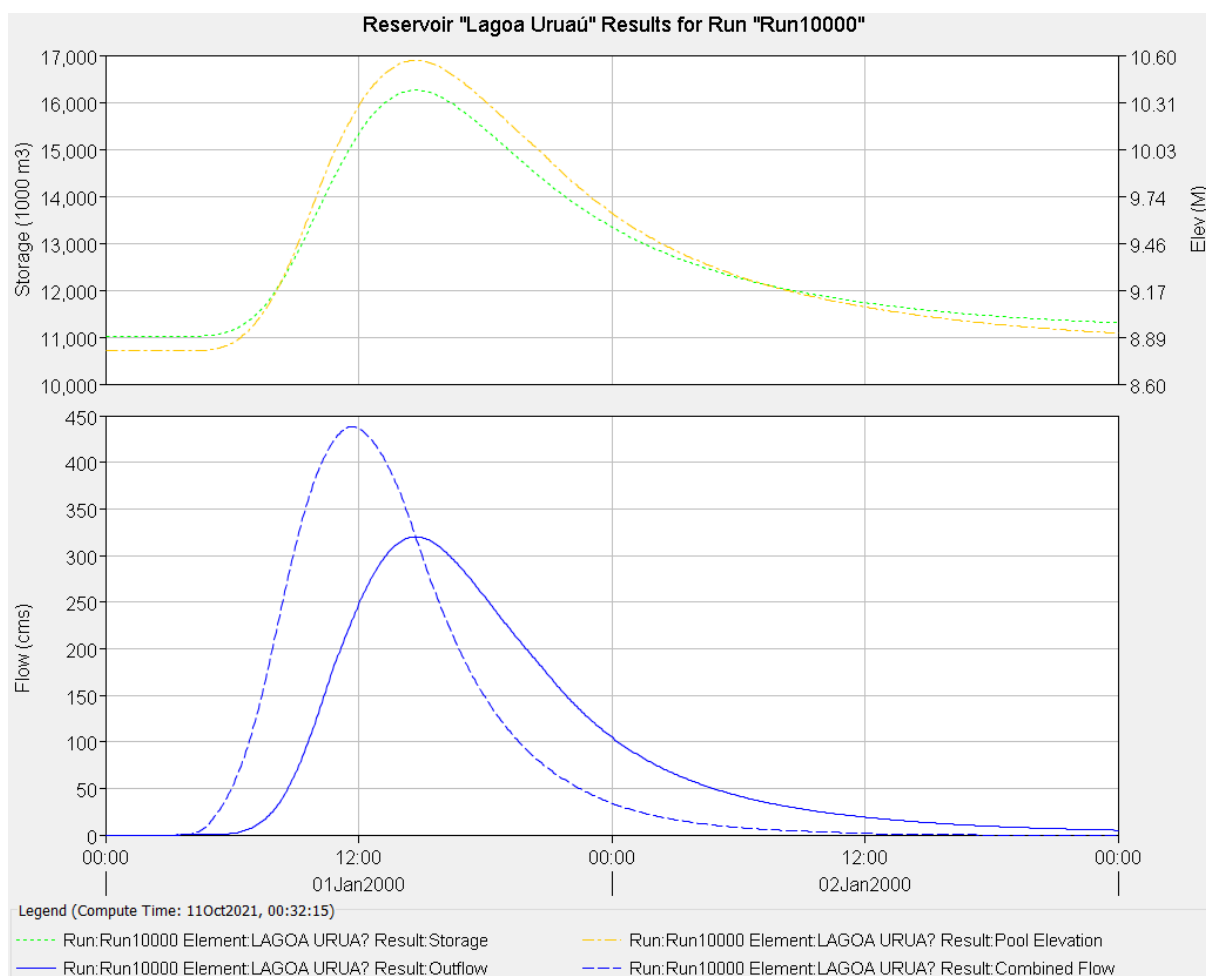


Figura 3.31 - Hidrograma total afluente a Lagoa do Uruaú (Tr = 10.000 anos).

3.9.7 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO

Técnicas de propagação em reservatórios são baseadas no conceito de armazenamento, sendo o método de Puls um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios. Este método consiste em uma expressão discretizada da equação de continuidade concentrada e na relação entre vazão e armazenamento.

A equação discretizada da continuidade é dada por

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2}$$

Em que I_t e I_{t+1} = vazões afluentes ao reservatório em t e $t+1$; Q_t e Q_{t+1} = vazões de saída ao reservatório em t e $t+1$; S_t e S_{t+1} = armazenamento em t e $t+1$; Δt = intervalo de tempo. As incógnitas Q_{t+1} e S_{t+1} podem ser colocadas em um mesmo lado, resultando em

$$Q_{t+1} + 2 \cdot \frac{S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \cdot \frac{S_t}{\Delta t}$$

Conhecendo-se a função $Q=f(S)$, constrói-se uma função $Q=h(Q+2S/\Delta t)$, resultando no seguinte processo de cálculo:

- Determinação do volume inicial S_0 (conforme objetivo do estudo) e a partir deste, determina-se Q_0 ;
- Calcular $I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \cdot \frac{S_t}{\Delta t}$, uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário do SCS;
- Com este valor $(Q_{t+1} + 2 \cdot S_{t+1}/\Delta t)$ é possível obter Q_{t+1} através de $Q=h(Q+2S/\Delta t)$ e S_{t+1} através de $S_{t+1} = f^{-1}(Q_{t+1})$;
- Repete-se o segundo e o terceiro passo para todos os intervalos de cálculo.

A Lagoa do Uruaú foi simulado com um vertedouro com perfil de soleira espessa, sendo o seu coeficiente de descarga adotado 1,7. Todas as simulações adotaram a cota de soleira 8,8.

A equação adotada para os vertedouros fica da seguinte forma:

$$Q = C L (Z - Z_w)^{1.5}.$$

3.9.8 - RESULTADOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por suas localizações, capacidades e finalidades. Assim, dentro desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 10, 100, 1.000 anos e verificar para o hietograma de 10.000 anos.

Tabela 3.26 - Resultado da simulação.

L (m)	Q _{out} (m ³ /s)	Cota (m)	Lâmina (m)
Cota da Soleira: Z_w = 8,80 m			
Tr = 10 anos - Q_{in} = 82,0 m³/s			
80,0	46,5	9,30	0,50
Tr = 100 anos - Q_{in} = 241,2 m³/s			
80,0	167,5	9,90	1,10
Tr = 1000 anos - Q_{in} = 379,8 m³/s			
80,0	273,3	10,40	1,60
Tr = 10000 anos - Q_{in} = 438,1 m³/s			
80,0	320,1	10,60	1,80

3.9.9 - FOLGA E COROAMENTO DA BARRAGEM

Entende-se por folga da barragem a diferença entre a cota do coroamento e a cota do nível máximo da água. O cálculo desta é feito levando em consideração a ação dos ventos sobre o lago, que provocam ondas, elevando assim o nível máximo obtido para o estudo de cheia.

O cálculo da folga (Vieira *et al*, 1996) é dado pelas etapas a seguir.

- a) Cálculo da altura da onda (h) formada pela ação do vento sobre o espelho d'água do lago:

$$h = 0,75 + 0,34F^{\frac{1}{2}} - 0,26F^{\frac{1}{4}} \quad F < 18 \text{ Km}$$

$$h = 0,34F^{\frac{1}{2}} \quad F > 18 \text{ Km}$$

em que, F é a distância máxima (km) em linha reta entre qualquer extremidade do lago e um ponto qualquer sobre o barramento (Fetch).

b) Cálculo da velocidade da onda (v):

$$v = 1,5 + 2h \text{ (m/s)}$$

a) Cálculo da folga (f):

$$f = 0,75h + \frac{v^2}{2g}$$

ou, substituindo os valores de h e v:

$$f = 1,02 + 0,0232F - 0,0362F^{\frac{3}{4}} + 0,482F^{\frac{1}{2}} - 0,354F^{\frac{1}{4}} \quad F < 18 \text{ Km}$$

$$f = 0,1147 + 0,3640F^{\frac{1}{2}} + 0,0236F \quad F > 18 \text{ Km}$$

A cota de coroamento (c) é dada por:

$$c = H + f + s$$

em que, H é a lâmina máxima de sangria; f é a folga da barragem; e, s é a cota da soleira do vertedouro.

Para o caso da Lagoa do Uruaú, temos:

- Distância máxima (F): 0,75 Km;
- Folga (f): 1,05 m;
- Lâmina máxima de sangria (H) para a cheia centenária: 1,10 m;
- Largura do vertedouro: 80,00 m;
- Cota da Soleira (s): 8,80 m;
- Cota de Coroamento (c): 11,00 m;
- Revanche total: 2,20 m.

3.10 - ESTUDO DE ASSOREAMENTO

O assoreamento de um reservatório ao longo da sua vida útil é inevitável porquanto a erosão e o transporte de sedimentos na bacia hidrográfica são processos naturais que, com a formação do lago, sofrem interferência no seu equilíbrio. O menor ou maior grau de assoreamento a que estará sujeito o reservatório depende de vários fatores, onde pode-se destacar aqueles inerentes à hidrologia da bacia hidrográfica, capacidade de armazenamento da Lagoa frente ao volume afluente, conformação geométrica da bacia hidráulica e a composição dos sedimentos.

A composição média dos sedimentos adotada, baseada nos tipos predominantes de solos, foi 8% de Argila, 4% de Silte e 85% de Areia. A partir destas características e outros dados da bacia (área da bacia, volume afluente médio anual, precipitação média anual da bacia e precipitação do mês mais chuvoso) foram utilizadas fórmulas empíricas para cálculo dos seguintes parâmetros para utilização da metodologia de Veiga (1993) para previsão do assoreamento do reservatório.

Tabela 3.27 – Deflúvio e Solo para Análise de Assoreamento

Deflúvio anual médio (hm³)			28.5
Área (km²)			258.6
Composição média dos sedimentos (%)			
Argila	Silte	Areia	Outros
8	4	85	3

Tabela 3.28 – Precipitação e Descarga sólida de Assoreamento

Precipitação do mês mais chuvoso (mm):	291
Precipitação média anual (mm):	1193.7
Peso específico aparente inicial - gamai (t/m³):	1.411
Coeficiente de consolidação médio - K :	0.0119
Descarga sólida média (t/ano):	103654
Descarga sólida média específica (t/km²/ano):	400.8
Razão de transporte ("delivery ratio") - T	0.125

A estimativa do volume assoreado, e consequentemente, do volume efetivo ou útil do reservatório ao longo do tempo é feita através da simulação simplificada da operação do reservatório em intervalos Δt igualmente espaçados durante um tempo

suficientemente longo. A Lagoa do Uruaú foi simulado durante 100 anos com Δt igual a 10 anos. A Tabela 3.29 apresenta os valores obtidos de acordo com a metodologia de Veiga (1993). A tabela mostra o acompanhamento, a cada intervalo de simulação, das variáveis utilizadas bem como sedimento acumulado e do volume efetivo. Foi assim obtido um volume final ao período de 100 anos de 2,12 hm³, havendo uma redução de 75,9 % no volume útil, o qual era inicialmente de 8,80 hm³. Deve-se ressaltar, entretanto, que a aplicabilidade desta metodologia ao semiárido não foi verificada face à inexistência de registros de dados sedimentológicos.

Tabela 3.29 – Simulação do assoreamento do reservatório ao longo do tempo

Período Parcial (anos)		Ve inicial (hm ³)	Ve/D	Er	g_T (t/m ³)	Sedimento Período (10 ³ t)	Sedimento Acumulado (hm ³)	Volume Efetivo ou útil (hm ³)
0	10	8.80	0.31	0.94	1.42	978.92	0.69	8.11
10	20	8.11	0.28	0.94	1.42	975.87	1.38	7.42
20	30	7.42	0.26	0.94	1.42	972.31	2.06	6.74
30	40	6.74	0.24	0.93	1.43	968.07	2.74	6.06
40	50	6.06	0.21	0.93	1.43	962.96	3.41	5.39
50	60	5.39	0.19	0.92	1.43	956.68	4.08	4.72
60	70	4.72	0.17	0.92	1.43	948.79	4.75	4.05
70	80	4.05	0.14	0.91	1.43	938.58	5.40	3.40
80	90	3.40	0.12	0.89	1.43	924.92	6.05	2.75
90	100	2.75	0.10	0.87	1.43	905.78	6.68	2.12

Veiga Lopes, Ayde, Aplicação de Métodos de Previsão de Assoreamento de Reservatórios. Dissertação de Mestrado, Campinas, SP (1993).



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

4 – ELABORAÇÃO DA CURVA-CHAVE DO RIACHO A JUSANTE DA BARRAGEM VERTEDORA DA LAGOA DO URUAÚ

4 - ELABORAÇÃO DA CURVA-CHAVE DO RIACHO A JUSANTE DA BARRAGEM VERTEDORA DA LAGOA DO URUAÚ

O objetivo da determinação de curvas-chave do trecho do riacho a jusante da barragem e do canal de restituição do sangradouro é avaliar o tail water que pode vir a interferir nas estruturas hidráulicas dimensionadas.

As seções apresentadas no presente estudo para determinação das curvas-chave foram escolhidas de acordo com as condições topográficas do Córrego do Moreira definidas a partir do levantamento topográfico convencional realizado ao longo da calha no trecho em estudo.

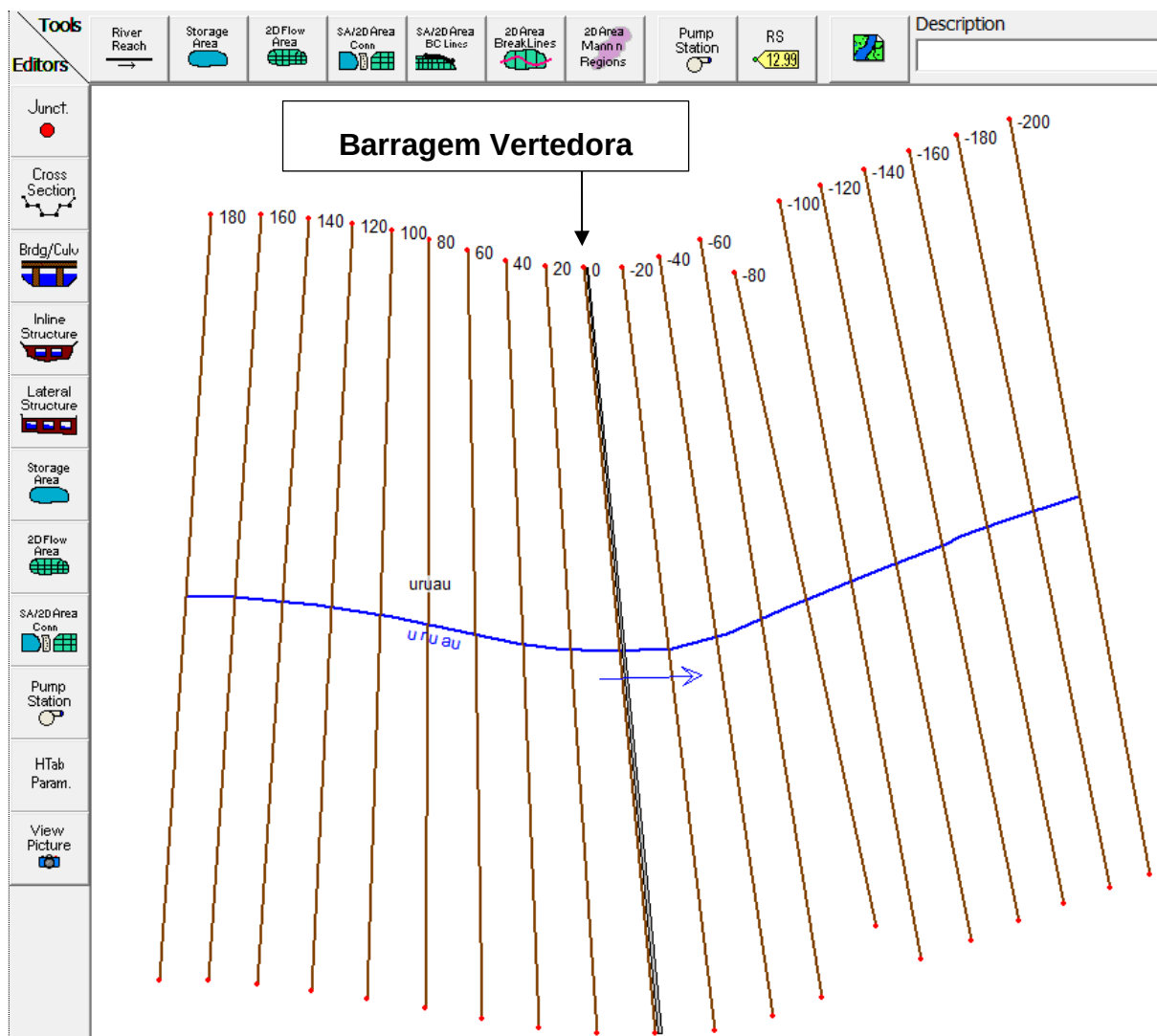
4.1 - DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS PARA COMPOSIÇÃO DA CURVA CHAVE

Para que se possa investigar as condições fluviais, níveis d'água no rio, é imprescindível que as seções transversais sejam definidas dentro dos seguintes critérios:

- a) Seções transversais ao riacho com o espaçamento médio entre elas condicionado ao propósito do estudo, ou seja, o menor possível para evitar perda de informação topográfica relevante entre as seções e permitir uma convergência apropriada no modelo numérico de simulação (HEC-RAS);
- b) Representação de todos os locais onde ocorrem mudanças significativas: seção crítica, vazão, declividade ou rugosidade;
- c) Sejam suficientemente extensas para revelar canais afluentes à zona de convergência do vertimento possibilitando identificar a divisão de fluxo em calhas diferentes daquela da calha natural principal;
- d) A primeira seção na calha natural do rio esteja a uma distância suficiente para representar nas seções de jusante as condições hidráulicas naturais do rio;
- e) A última seção deve estar suficientemente longe da barragem de nível (local de derivação) do Córrego do Moreira para que o fluxo modelado na mesma não sofra qualquer tipo de influência da obra implantada a montante, permitindo assim descrever uma linha de remanso compatível com o regime natural fluvial anterior à execução da obra.

Com base nestes critérios foram estabelecidas 11 seções transversais na calha do Córrego do Moreira, conforme se apresenta na Figura 4.1.

Figura 4.1 – (Tela do HEC-RAS) Seções Transversais do Córrego do Moreira a Jusante da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú



4.2 - MODELO COMPUTACIONAL EMPREGADO PARA CÁLCULO DA CURVA CHAVE

No presente trabalho, a modelagem matemática da curva chave do Riacho a Jusante da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú foi feita a partir do emprego do software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), versão 5.0.3 de Setembro de 2016, do U.S. Army Corps of Engineers – USACE, que é um

programa utilizado para a propagação do escoamento em canais ou condutos fechados considerando todos os efeitos dinâmicos e de pressão.

O modelo HEC-RAS foi concebido para ambiente windows. Tal qual o HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), faz parte da família de modelos hidrológicos e hidráulicos do U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERING, cujo uso é bastante difundido entre os profissionais da área de recursos hídricos e que produz resultados consistentes e satisfatórios.

A metodologia incorporada no modelo HEC-RAS baseia-se em algumas hipóteses simplificadoras quais sejam:

- Escoamento gradualmente variado, exceto nas estruturas hidráulicas (pontes, bueiros, comportas e vertedouros) onde o escoamento é rapidamente variado e utiliza-se a equação do momento, ou outras equações empíricas.
- Escoamento unidimensional com correção para distribuição horizontal da velocidade
- Canais com pequena declividade (menores que 1:10 ou 10%)

4.3 - CONDIÇÕES DE CONTORNO DA MODELAGEM COM O HEC-RAS

Foram definidas as envoltórias do escoamento fluvial a jusante do sangradouro da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú para as vazões de pico dos respectivos hidrogramas de cheia vertentes laminadas no reservatório, as quais foram admitidas em regime permanente, suposição esta que é bem plausível, uma vez que o pico das vazões efluentes para cada período de retorno deverá permanecer por pelo menos algumas horas tal como mostram os hidrogramas dos Estudos Hidrológicos do anteprojeto desta barragem.

4.3.1 - VAZÕES DA CURVA CHAVE

As vazões de referência definidas nos estudos hidrológicos foram para as cheias afluente de 10, 100, 1.000 e 10.000 anos amortecidas na Lagoa do Uruaú.

Para se avaliar o **tail water** (nível d'água / NA) e calcular a curva-chave a jusante da barragem vertedora foram empregadas as vazões efluentes apresentadas

na **Tabela 3.26** para as respectivas recorrências estudadas. O **Tabela 4.1** apresenta as vazões simuladas no HEC-RAS.

Tabela 4.1 – Vazões Efluentes Simuladas

RECORRÊNCIA	VAZÕES EFLUENTES (m³/s) Considerando amortecimento na Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú
Tr=10anos	46,50
Tr=100anos	167,50
Tr=1.000anos	273,30
Tr=10.000anos	320,10

4.3.2 - COEFICIENTE DE MANNING

Foram adotados no estudo os coeficientes de rugosidade de Manning iguais a 0,025 para a calha do riacho (leito normal) e 0,030 para as margens inundáveis, de acordo com o **Tabela 4.2** (CHOW, 1959).

Tabela 4.2 – Valores (*n*) das fórmulas de Manning de acordo com Chow (1959)

Nº	Natureza das paredes	n
1	Canais de chapas com rebites embutidos, juntas perfeitas e águas limpas. Tubos de cimento e de fundição m perfeitas condições	0,011
2	Canais de cimento muito liso de dimensões limitadas, de madeira aplainada e lixada, em ambos os casos; trechos retilíneos compridos e curvas de grande raio e água limpa. Tubos de fundição usados	0,012
3	Canais com reboco de cimento liso, porém com curvas de raio limitado e águas não completamente limpas; construídos com madeira lisa, mas com curvas de raio moderado	0,013
4	Canais com reboco de cimento não completamente liso; de madeira como no nº 2, porém com traçado tortuoso e curvas de pequeno raio e juntas imperfeitas	0,014
5	Canais com paredes de cimento não completamente lisas, com curvas estreitas e águas com detritos; construídos de madeira não-aplainada de chapas rebitadas	0,015
6	Canais com reboco de cimento não muito alisado e pequenos depósitos no fundo; revestidos por madeira não-aplainada; de alvenaria construída com esmero; de terra, sem vegetação	0,016
7	Canais com reboco de cimento incompletos, juntas irregulares, andamento tortuoso e depósitos no fundo; de alvenaria revestindo taludes não bem perfilados	0,017

Nº	Natureza das paredes	n
8	Canais com reboco de cimento rugoso, depósito no fundo, musgo nas paredes e traçado tortuoso	0,018
9	Canais de alvenaria em más condições de manutenção e fundo com barro, ou de alvenaria de pedregulhos; de terra, bem construídos, sem vegetação e com curva de grande raio	0,02
10	Canais de chapas rebitadas e juntas irregulares; de terra, bem construídos com pequenos depósitos no fundo e vegetação rasteira nos taludes	0,022
11	Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes	0,025
12	Canais de terra, com vegetação normal, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosões; revestidos com pedregulhos e vegetação	0,030
13	Álveos naturais, cobertos de cascalhos e vegetação	0,035
14	Álveos naturais, andamento tortuoso	0,040

4.3.3 - DECLIVIDADE DO TRECHO A SIMULAR E CONDIÇÕES DE CONTORNO

No modelo computacional HEC-RAS, algumas condições de contorno são necessárias para que sejam estabelecidos os níveis da água a partir das extremidades do rio/riacho (montante e jusante): (I) Regime de escoamento subcrítico, as condições de contorno são necessárias apenas nas extremidades do sistema a jusante do rio. (II) No caso do regime supercrítico, as condições de contorno são necessárias apenas nas extremidades a montante do sistema fluvial. (III) Se o regime é misto, então as condições de contorno devem ser indicadas a todas as seções do sistema fluvial em estudo.

Como está sendo desejado encontrar a **curva chave do Córrego do Moreira** resultante do escoamento da calha fluvial do Riacho a jusante da bacia de dissipação do sangradouro, seria inadequada estabelecer qualquer outra condição de contorno que não fosse a da profundidade normal do regime permanente.

Por não se conhecer a priori o regime de escoamento por ocasião das cheias críticas de rara frequência, simulou-se como regime misto (supercrítico, crítico e subcrítico) a partir da definição das declividades de montante e jusante.

As declividades mínima e máxima adotadas para esse trabalho com base em informação de levantamentos topográficos recentes do leito do Córrego do Moreira no trecho em estudo é apresentada a seguir:

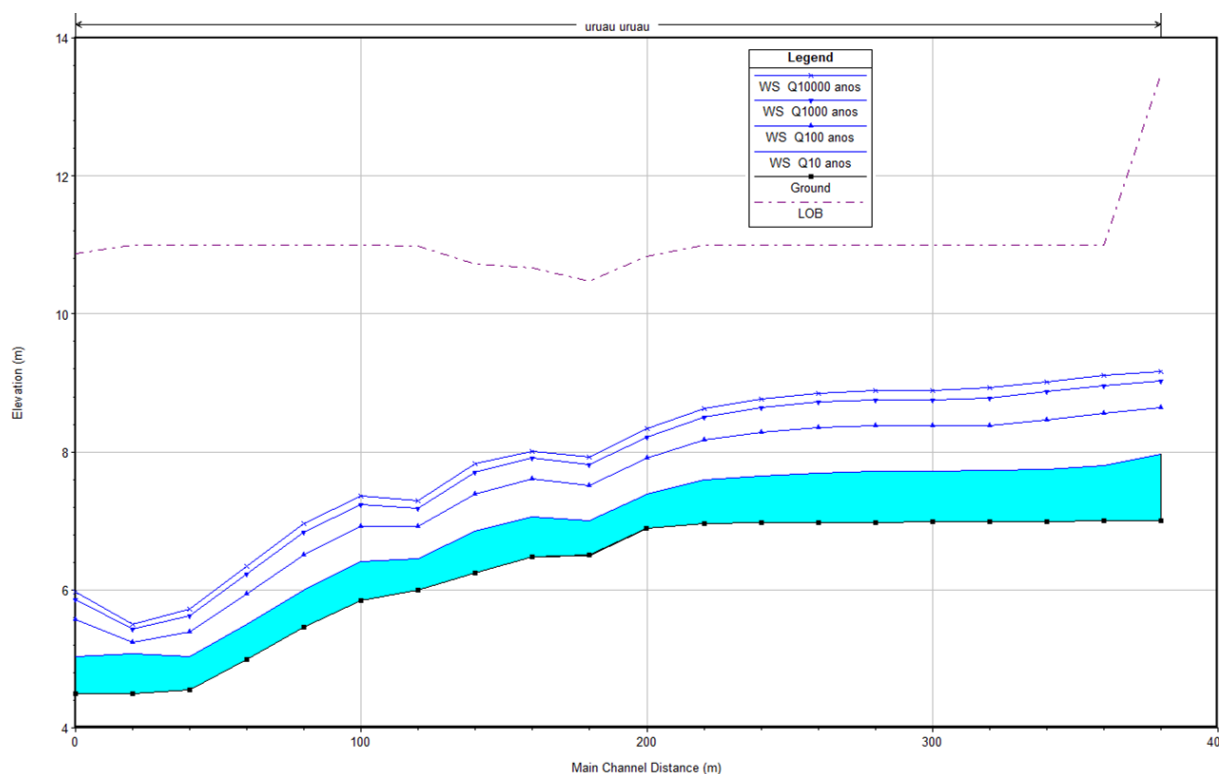
$S_0 \text{ mín} = 0,0025 \text{ m/m}$ (2,50 m/km – valor relativo baixo – trecho mais a jusante)

$S_0 \text{ max} = 0,0235 \text{ m/m}$ (23,50 m/km – valor elevado)

4.4 - RESULTADOS DA MODELAGEM NO HEC-RAS

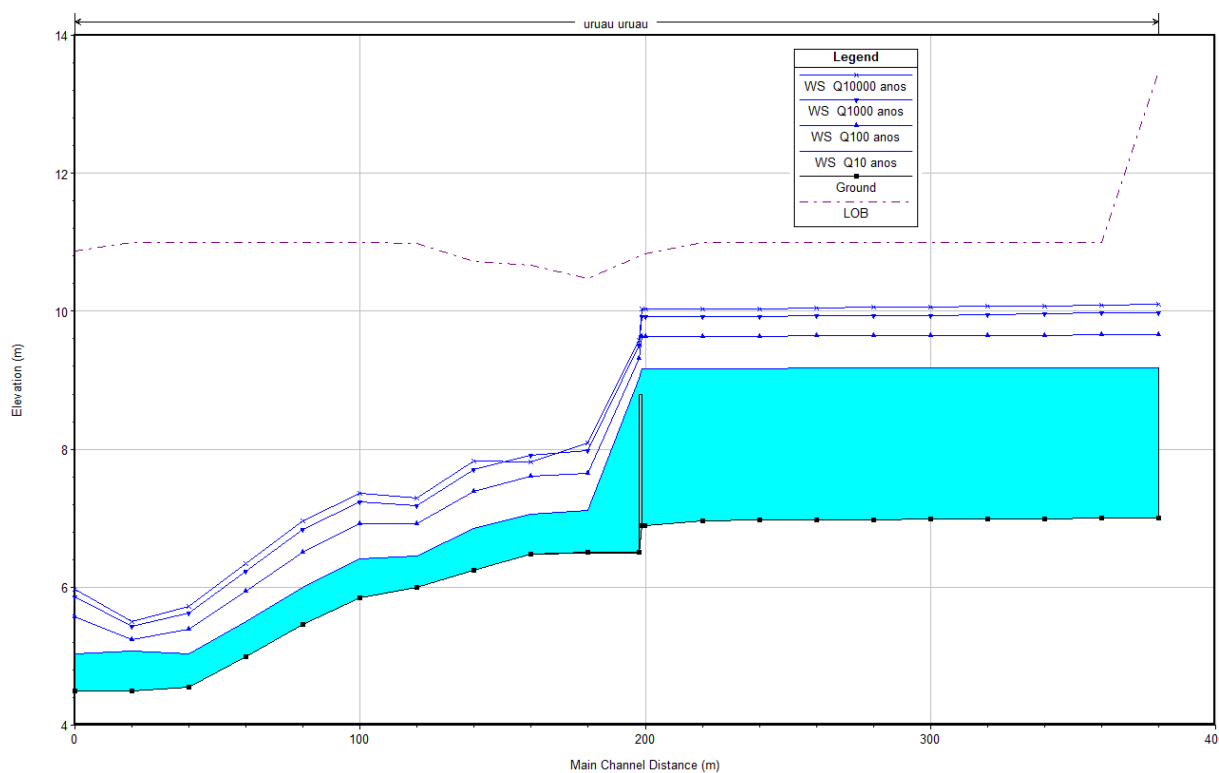
Na **Figura 4.2** é mostrado o perfil hidráulico nas condições naturais do riacho, sem a implantação da barragem, em seções de 20 em 20 metros com extensão total de 200 metros para montante e 200 metros para jusante a partir do eixo da barragem vertedora da Lagoa do Uruaú, com as linhas d'água de cada vazão simulada para o Córrego do Moreira.

Figura 4.2 – Perfil Hidráulico do Córrego do Moreira SEM a Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú



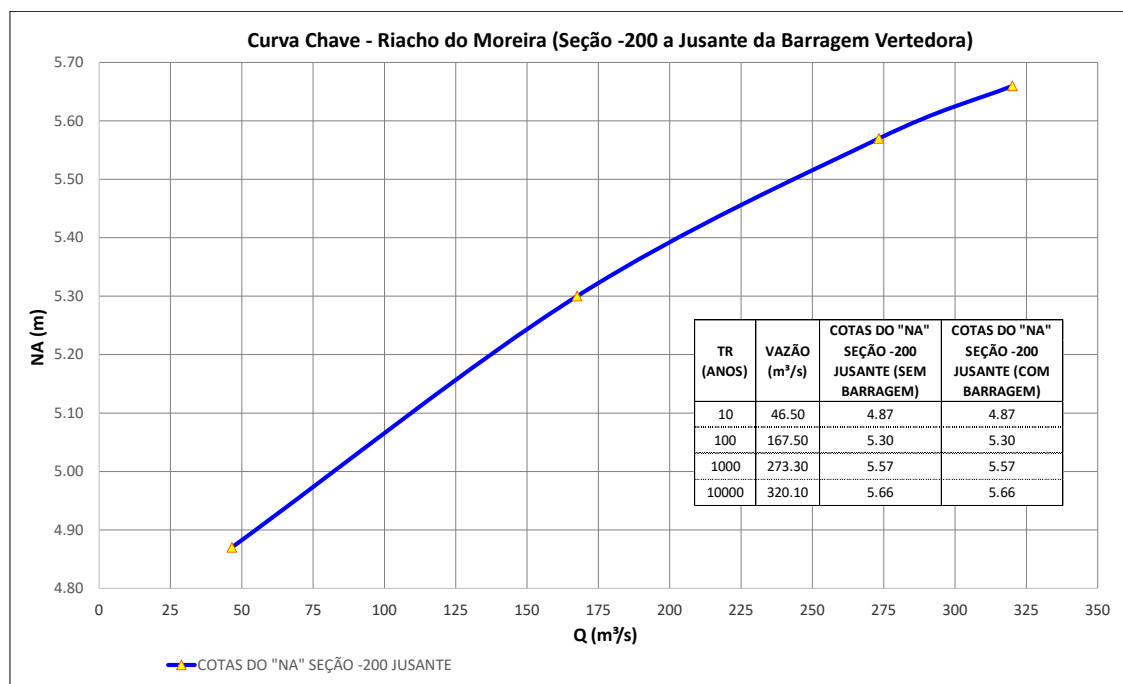
Na **Figura 4.3** é mostrado o perfil hidráulico considerando a implantação da barragem, em seções de 20 em 20 metros com extensão total de 200 metros para montante e 200 metros para jusante a partir do eixo da barragem vertedora da Lagoa do Uruaú, com as linhas d'água de cada vazão simulada para o Córrego do Moreira.

Figura 4.3 – Perfil Hidráulico do Córrego do Moreira COM a Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú



O **Figura 4.4** apresenta a curva-chave dos resultados computados pelo HEC-RAS para a seção -200 mais a jusante da barragem vertedora da Lagoa do Uruaú.

A Figura 4.4 - Curva-Chave para a Seção -200 (Jusante)



4.5 - CONCLUSÕES

Pode-se concluir a partir dos resultados das simulações hidráulicas que:

- ✓ As simulações obtidas a partir do HEC-RAS mostram que os níveis d'água decorrentes das diversas cheias estudadas para o trecho de jusante do Córrego do Moreira, nas condições naturais, sem a implantação da barragem vertedora, não sofrem nenhum impacto hidráulico com a instalação desta estrutura hidráulica, como pode ser visto nas **Figuras 4.2, 4.3 e 4.4** e no **ANEXO III**.



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

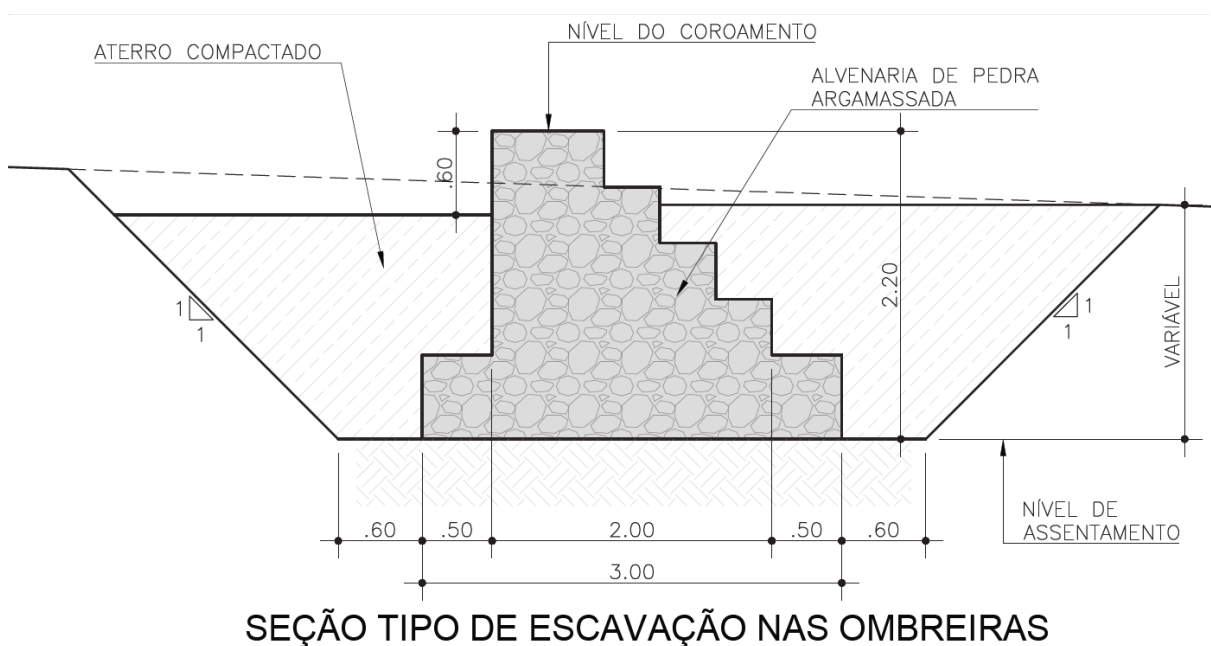
5 – DESCRIÇÃO DO PROJETO

5 - DESCRIÇÃO DO PROJETO

O eixo da barragem vertedora da Lagoa do Uruaú constitui-se de uma seção tipo escalonada de alvenaria de pedra argamassada com largura total de 117,80m e 80,00m de seção do vertedouro, com coroamento na cota 11,00m e nível da soleira na cota 8,80m.

A Seção tipo da barragem vertedouro nas ombreiras está apresentada na **Figura 5.1** a seguir.

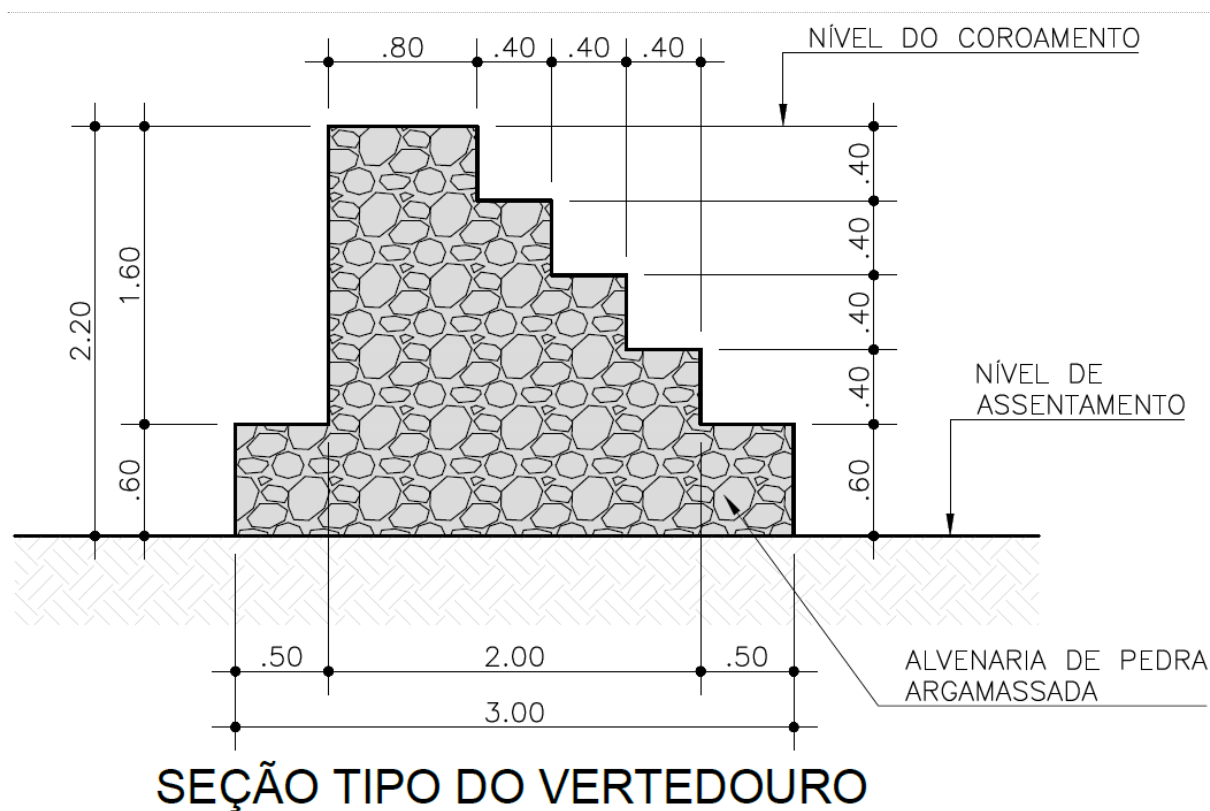
Figura 5.1 - Seção Tipo da Barragem na Ombreira



A barragem vertedora da Lagoa do Uruaú foi projetada com base nas informações dos estudos hidrológicos e, principalmente, nas condições geotécnicas do subsolo do local.

A Seção tipo da barragem vertedora na parte vertente está apresentada na **Figura 5.1** a seguir.

Figura 5.2 - Seção Tipo da Barragem na Parte Vertente



O canal de restituição será todo revestido em enrocamento e preserva a mesma largura útil de 80 m do canal de aproximação do vertedouro.

No **ANEXO IV** são apresentados os quantitativos do projeto.

No **ANEXO V** são apresentados os desenhos do Projeto Executivo da Barragem Vertedora da Lagoa do Uruaú.



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

ANEXO



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

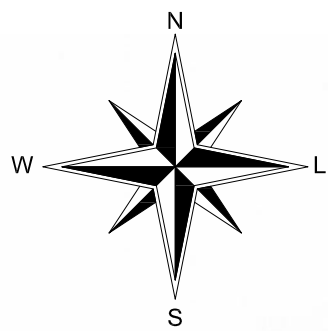
ANEXO I – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Prancha_A01 Int: 559,00 mm X 400,00 mm
Ext: 594,00 mm X 420,00 mm

9533400.000

9533100.000

9532800.000



VERTEDOIRO

COTA PIER MARCOS DIAS BRANCO
8,85

01 | Planta Topográfica

ESCALA 1/5000

LEGENDA

CERCA

COTA

CURVAS DE NÍVEL

NÍVEL DA ÁGUA

TEXTO

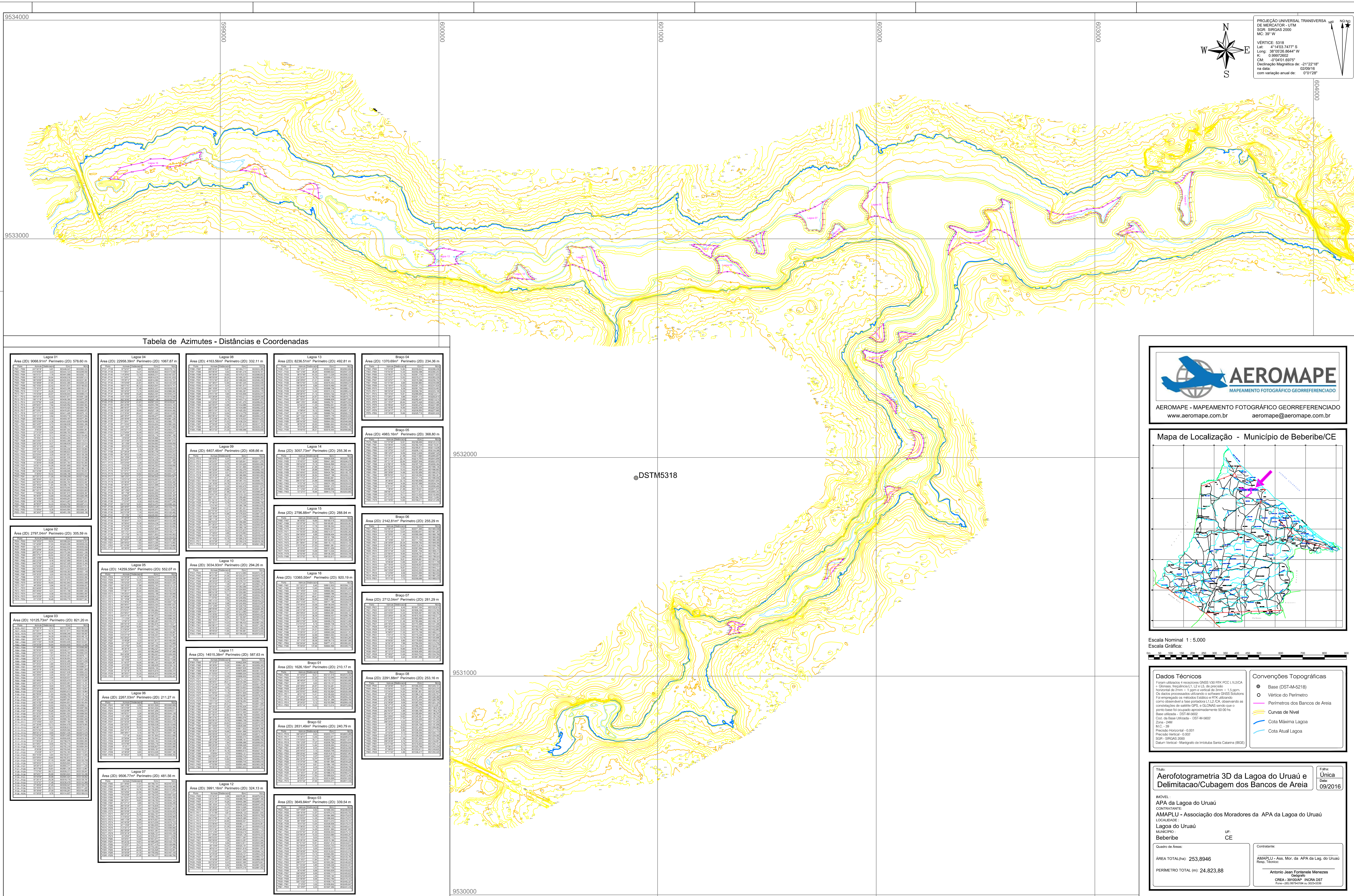
MARCO

REV	DESCRIÇÃO DA REVISÃO	DATA
00	Emissão inicial de projeto	29/04/2020
GTN GRUPO TRANSITAR & ASSOCIADOS		PROJETO: Lagoa do Uruaú - Beberibe/CE
		CONTEÚDO: Topografia Georreferenciada
		ASSUNTO: Levantamento Topográfico
RESPONSÁVEL TÉCNICO: José Adriano CREA 52902		
DESENHO: Angelo Matheus	Nº PROJ: 20.047.01	ESCALA: INDICADA NO DESENHO
Rua Oscar Pedreira, Nº 60 Fortaleza-CE		CNPJ: 01.254.494/0001-01
gtalevantamentos@gmail.com		www.gtalevantamentos.com.br (85) 3032-5856
		PRANCHA: 01 / 02

602700.000

603000.000

603300.000





PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

ANEXO II – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS



Fortaleza, 29 de Abril de 2021

RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO E ENSAIO DE CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DO SOLO

Cliente: Município de Beberibe

Obra/Local: Lagoa do Uruaú, Bereribe/CE

Assunto: Relatório Final.



1: INTRODUÇÃO

A **Geologic Geotécnica Ltda**, apresenta o relatório de execução de 02 (dois) furos de sondagem a percussão e 01 (um) Ensaio de Capacidade de Absorção do Solo, em um terreno localizado na Lagoa do Uruaú - Beberibe/CE, onde será construída uma Barragem.

2: SONDAGEM A PERCUSSÃO

Para a realização da sondagem, ensaios e caracterização de materiais foram seguidas as normas NBR 6502/95 e NBR 6484/80 da ABNT.

A execução dos serviços de sondagem à percussão iniciou-se pelo posicionamento da torre (tripé) num ponto locado e nivelado em relação a um RN fixo e bem determinado no terreno.

O posicionamento da torre de sondagem em terra firme foi realizado, com o levantamento e o nivelamento da torre (tripé) sobre a superfície do terreno, tendo-se o cuidado de que as pernas de apoio estejam firmemente assentadas.

A perfuração foi executada por percussão com avanço à seco (avanço por meio de trado Ø4”), até a profundidade permitida pela resistência do terreno ou até que se encontrasse o nível d’água. Depois disso, a perfuração foi feita através do processo de circulação de água.

O ensaio de penetração SPT foi iniciado, com a descida das hastes, por dentro do furo, acopladas ao amostrador padrão, que foi posicionado no fundo do furo. A cabeça de bater foi conectada no topo da haste, com o peso batente apoiado sobre ela devendo ser anotada uma eventual penetração do amostrador no terreno.

O topo do tubo de revestimento de 2 1/2” de diâmetro foi usado como nível de referência, e na haste de perfuração marcou-se de forma visível (com giz), um segmento de 0,45m, dividido em três segmentos iguais de 0,15m cada um. A cravação do mostrador foi feita através de que de queda livre de um peso batente de 65Kg é levantado por meio de corda e sarilho, até a altura de 0,75m, marcada na haste guia do peso, de forma que os eixos longitudinais do peso batente e a composição de cravação do amostrador, estejam rigorosamente coincidentes e verticalizados, anotando-se assim separadamente o número de golpes necessários para a cravação de cada



segmento de 0,15m. De acordo como definido por Terzaghi-Peck (Soil Mechanics in Engineering Practice), e normalizado pela NBR 6484, o índice de resistência a penetração, foi a soma do número de golpes necessários para cravação no solo dos 0,30m finais do amostrador Terzaghi de 34,9mm (1 3/8”) e 50,8mm (2”) de diâmetros interno e externo respectivamente.

Após a realização do ensaio de penetração, a composição da sondagem, composta pelas hastes e mostrador, foram retirada do subsolo através de manobra com auxílio da torre, hastes, cabo de aço, sarilho e chaves.

O amostrador bipartido foi aberto para retirada da amostra, tendo-se o cuidado de anotar uma possível mudança de material, na amostra coletada. Uma parte representativa da amostra é colocada em saco plástico próprio, etiquetado, principalmente a parte relativa ao bico do amostrador. Na etiqueta gomada utilizada consta o número do furo, o número da amostra, a profundidade, relativos a cada segmento de 0.15m.

Sempre que a penetração do amostrador se mostrou diferente de 30cm, o SPT será representado por números fracionários que indicam, no numerador, o número dos golpes, e no denominador a penetração correspondente em centímetros.

Registrou-se o “SPT” para cada metro de perfuração.

O resultado das sondagens encontra-se em perfis anexo à um relatório, juntamente com a sua Planta de localização e uma seção transversal.

2: SERVIÇOS EXECUTADOS

Para a investigação do subsolo foram feitos 02 (dois) furos de sondagem a percussão, cujas profundidades seguem abaixo:

SP.01	06,05m
SP.02	05,25m

A profundidade total de sondagem a percussão foi de..... 11,30m

(Onze metros e trinta centímetros)



5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 - Com base nos resultados das sondagens, foi preparada uma seção esquemática do subsolo, indicada no desenho n.º 01. Esta seção representa apenas o desenvolvimento provável das camadas do subsolo, constatadas somente nas verticais das sondagens, e foi elaborada visando permitir uma melhor visualização da natureza geral do subsolo local.

5.2 - O nível d'água nos dois furos de sondagem está com **0,50 metros** de profundidade.

5.3 - O material encontrado nos dois furos de sondagem à percussão é composto inicialmente por uma areia média, fofa de cor creme passando logo em seguida para uma argila arenosa, média a dura, variegada (cinza e vermelho).

- Torna-se necessária a presença de um técnico durante a construção das cavas de fundação, para identificar situações particulares no terreno, tais como: Zonas de aterro com lixo ou entulho, poços aterrados com entulho presença de formigueiros, ou até mesmo terreno de má qualidade de ocorrência localizada.

6: DESCRIÇÃO DO ENSAIO DE INFILTRAÇÃO

- No terreno a ser utilizado para construção de uma barragem, foi feito uma escavação com dimensões suficientes para permitir a realização deste ensaio.

- No fundo da escavação foi aberta uma cova de seção quadrada com 30cm de lado e 30cm de profundidade.

- Foi raspado o fundo e os lados da cova de modo a ficarem ásperos.

- Foi retirado da cova todo o material solto e o fundo da mesma coberto com uma camada de brita n.º 01 de 0,5cm.

- No primeiro dia de ensaio, mantivemos a cova cheia de água durante 04 horas.

- No dia seguinte, encheu-se a cova com água e aguardou que a mesma se infiltre totalmente.

- Depois encheu-se novamente as covas com água até a altura de 15 cm; cronometrou-se o período de rebaixamento de 15 cm até 14 cm. Como nos furos o intervalo de tempo para

rebaixamento de 01cm foi menor que 03 minutos, foi preciso repetir o ensaio três vezes, adotando o maior tempo medido.

- O material encontrado na seção quadrada era constituído por uma Argila arenosa variegada.

- O nível d'água está com apenas **0,50 metros** de profundidade.

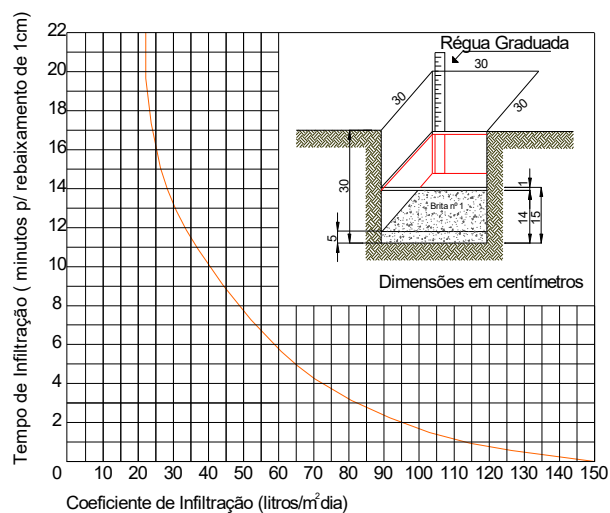


- Com os tempos determinados na operação anterior, encontra-se o coeficiente de infiltração do solo ($l/m^2 \times dia$) no gráfico abaixo, ou pela seguinte formula:

$$Ci = 490/t+2,5$$

GRÁFICO 01 – Gráfico para determinação do coeficiente de infiltração.

3: RESULTADOS



ECAS 01- Tempo : 15 minutos e 19 segundo

Coeficiente de Infiltração: 27 litros/m² dia (Semi-Impermeável)

Geologia: Argila arenosa variegada.

Nível da água: 0,50 metros de profundidade.

Coordenadas UTM: 604243 E/9533638 S



4: CONCLUSÕES

Para a realização do ensaio de capacidade de absorção do solo foi seguido rigorosamente as normas **7229/82** da **ABNT**.

De acordo com o **gráfico 01**, encontrou-se para o terreno uma taxa de absorção relativa semi-impermeável, com um valor de **27 L/m²/dia**, compostos por uma argila arenosa variegada.

7: ANEXOS

- Anexo 01 - Planta de Localização dos furos de sondagem.
- Anexo 02 - Perfil Individual dos furos de sondagem.
- Anexo 03 – Seção Transversal.
- Anexo 04 – Acervo fotográfico.

Atenciosamente

Geólogo Raimundo Correia da Silva Neto
CREA-CE Nº 45802

Foto 01 e 02: Sondagem à Percussão



Fotos 03, 04, 05 e 06: Amostra de solo do local.



Foto 07: Ensaio de Capacidade de Absorção do Solo.



SP- 01

NÍVEL D'ÁGUA: 0,50m

CONCISTÊNCIA (ARGILA) Muito Mole.....<2 Mole.....2-4 Média.....4-8 Rija.....8-15 Muito Rija.....15-30 Dura.....>30		COMPACIDADE(AREIA) Muito Fofa.....<4 Fofa.....4-10 Média.....10-30 Compacta.....30-50 Muito Compacta.....>50		Tipo de amostrador: Terzaghi Diâmetro externo: 2” Peso de bater: 65kg Altura de Queda de: 75cm		Prof. final 06,05 Prof. Resvest 2,00 Início: 29/04/2021 Escala: 1:100		
GEOLOGIC GEOTÉCNICA LTDA Rua Zeza Pontes, 77, Engenheiro Luciano Cavalcante, Fortaleza-CE Fone: 85.327811158 CEP :60811-220 email: rainundogeologia@gmail.com								
Cliente: —		Obra: SONDAGEM PARA DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO						
Responsável Técnico: GEOL. RAIMUNDO CORREIA DA SILVA NETO				CREA CE 45802 D		RNP:060858034-1		

SP- 02

NÍVEL D'ÁGUA: 0,50m

CONCISTÊNCIA (ARGILA) Muito Mole.....<2 Mole.....2-4 Média.....4-8 Rija.....8-15 Muito Rija.....15-30 Dura.....>30		COMPACIDADE(AREIA) Muito Fofa.....<4 Fofa.....4-10 Média.....10-30 Compacta.....30-50 Muito Compacta.....>50		Tipo de amostrador: Terzaghi Diâmetro externo: 2” Peso de bater: 65kg Altura de Queda de: 75cm		Prof. final 05,25 Prof, Resvest 2,00 Início: 29/04/2021 Escala: 1:100		
GEOLOGIC GEOTÉCNICA LTDA Rua Zeza Pontes, 77, Engenheiro Luciano Cavalcante, Fortaleza-CE Fone: 85.32781158 CEP :60811-220 email: rainundogeologia@gmail.com								
Cliente: —		Obra: SONDAGEM PARA DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO						
Responsável Técnico: GEOL. RAIMUNDO CORREIA DA SILVA NETO				CREA CE 45802 D		RNP:060858034-1		

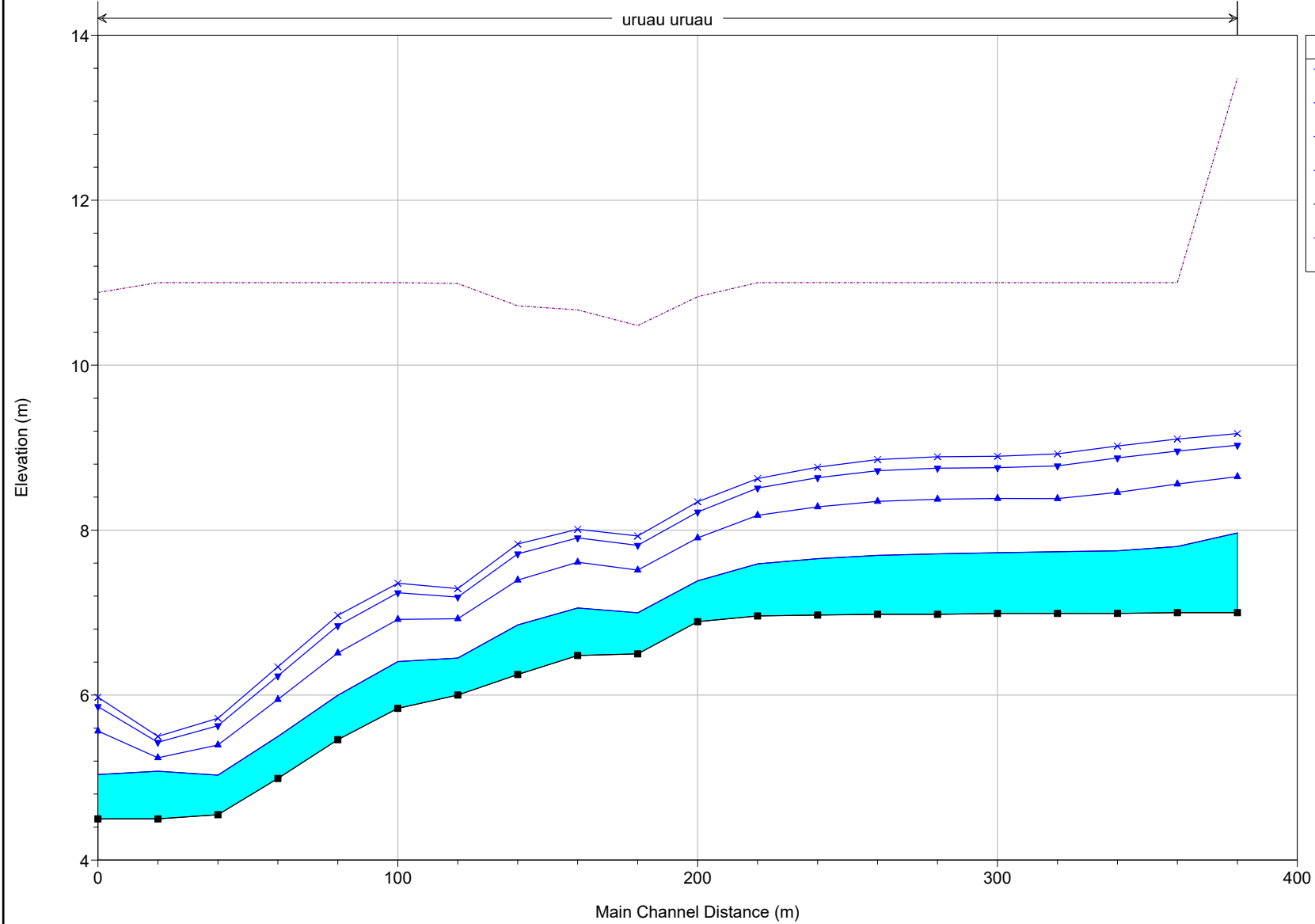


PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

ANEXO III – SIMULAÇÕES HIDRAÚLICAS (HEC-RAS)

uruau Plan: Plan 08 10/19/2021



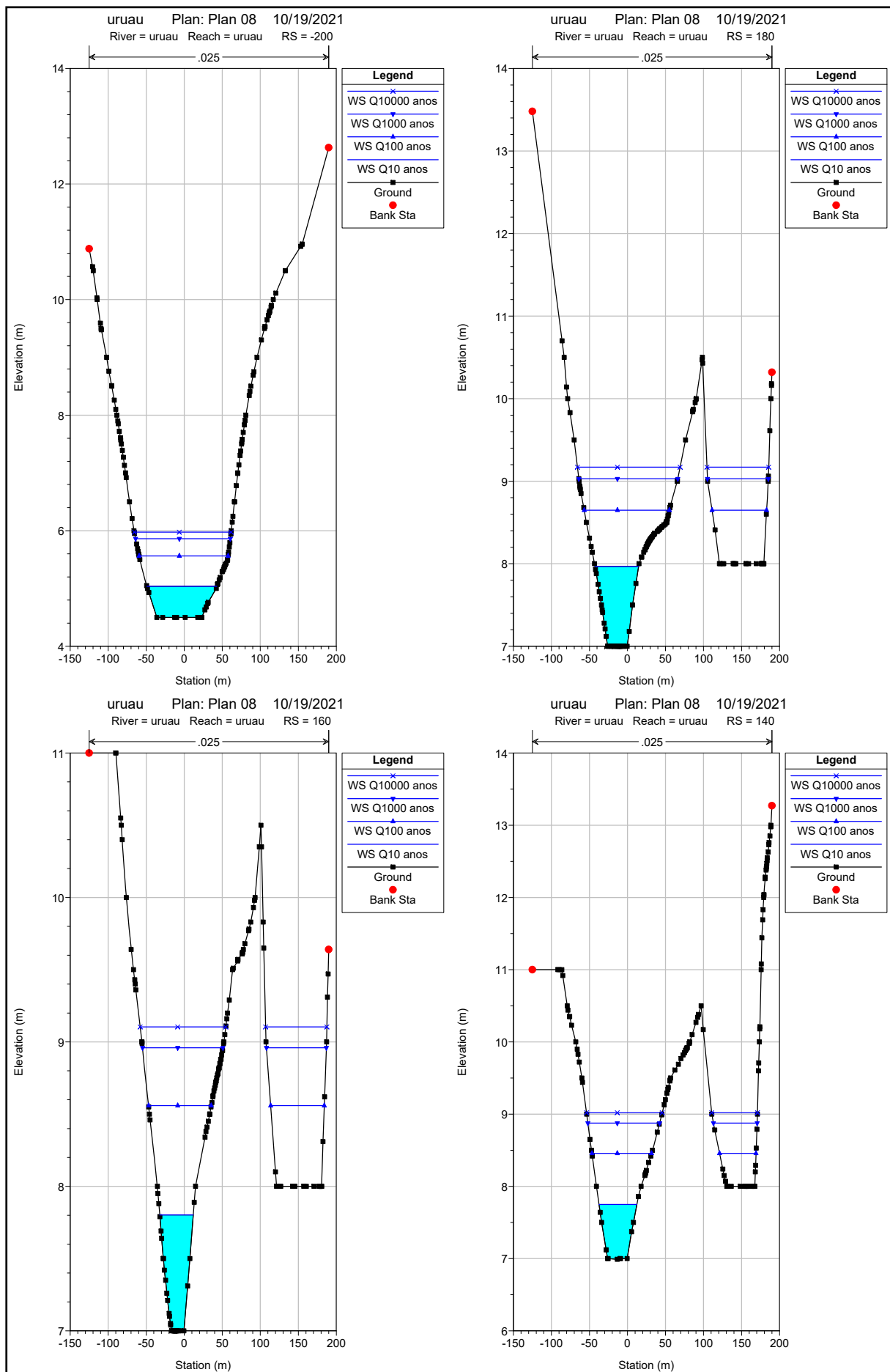
Legend	
WS Q10000 anos	x
WS Q1000 anos	v
WS Q100 anos	▲
WS Q10 anos	■
Ground	■
LOB	---

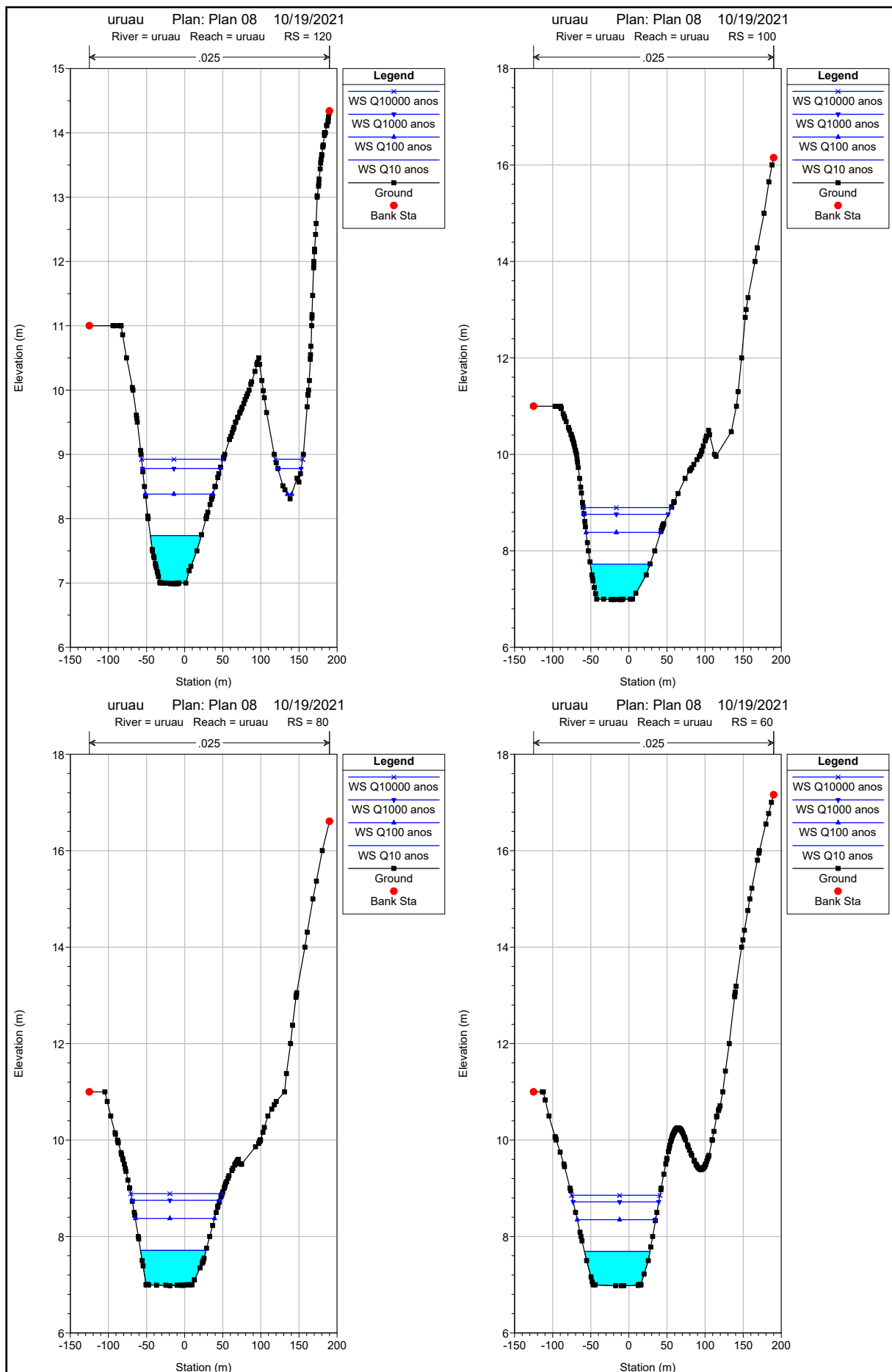
HEC-RAS Plan: 1 River: uruai Reach: uruai

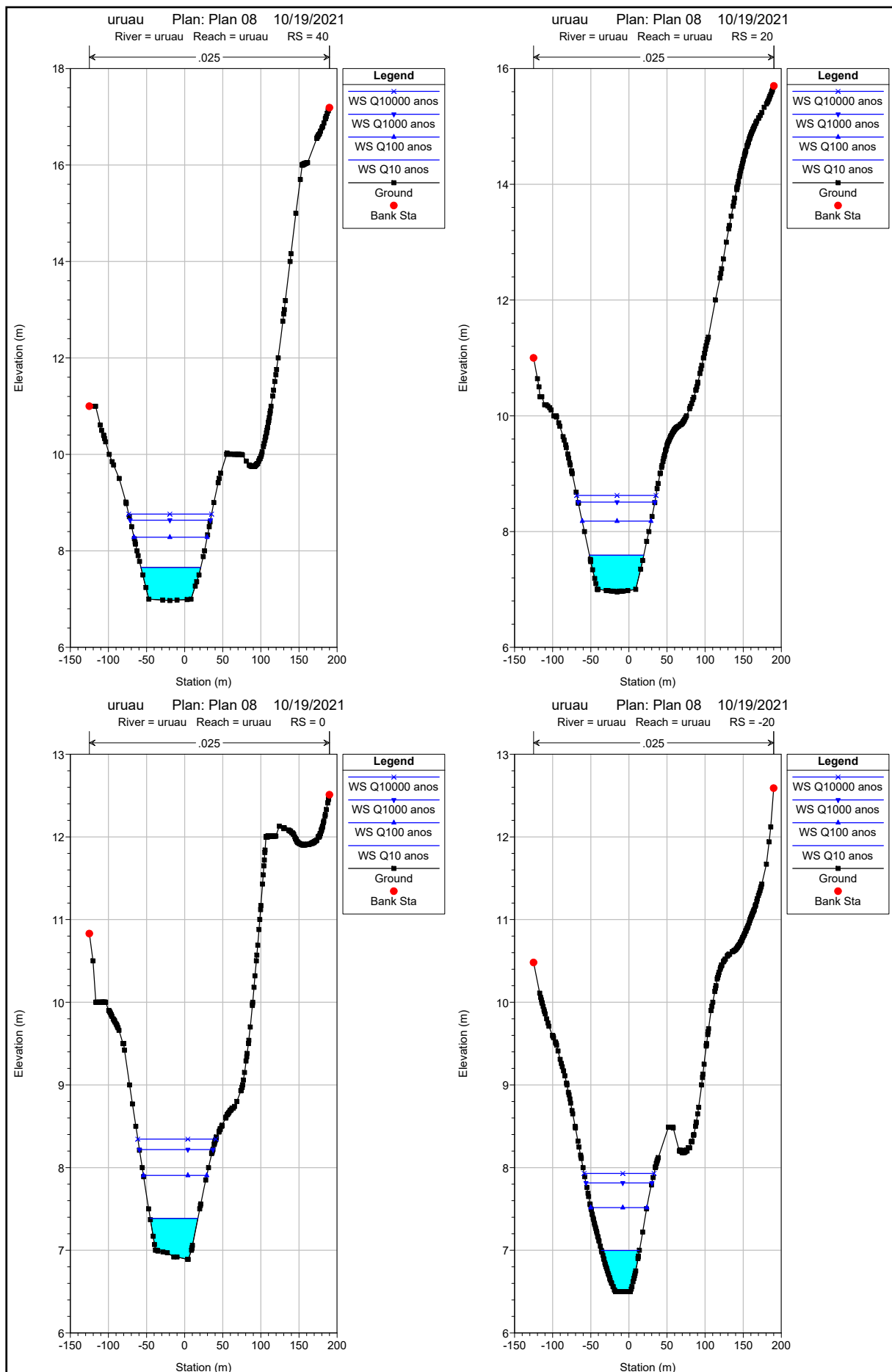
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
uruai	180	Q10 anos	46.50	7.00	7.97	7.61	8.04	0.001417	1.18	39.55	57.26	0.45
uruai	180	Q100 anos	167.50	7.00	8.65	8.25	8.72	0.001330	1.21	138.60	183.68	0.44
uruai	180	Q1000 anos	273.30	7.00	9.03	8.48	9.11	0.001000	1.28	213.76	210.07	0.40
uruai	180	Q10000 anos	320.10	7.00	9.17	8.56	9.26	0.000918	1.31	243.86	216.08	0.39
uruai	160	Q10 anos	46.50	7.00	7.80		7.98	0.004622	1.86	24.97	44.03	0.79
uruai	160	Q100 anos	167.50	7.00	8.56		8.68	0.002426	1.56	107.56	152.93	0.59
uruai	160	Q1000 anos	273.30	7.00	8.96		9.08	0.001636	1.56	175.15	184.70	0.51
uruai	160	Q10000 anos	320.10	7.00	9.10		9.23	0.001466	1.58	202.57	193.09	0.49
uruai	140	Q10 anos	46.50	6.99	7.75		7.89	0.003591	1.64	28.30	49.80	0.70
uruai	140	Q100 anos	167.50	6.99	8.46		8.62	0.003074	1.80	92.85	126.40	0.67
uruai	140	Q1000 anos	273.30	6.99	8.88		9.04	0.002061	1.81	151.10	151.76	0.58
uruai	140	Q10000 anos	320.10	6.99	9.02		9.19	0.001904	1.84	173.68	159.76	0.56
uruai	120	Q10 anos	46.50	6.99	7.74		7.82	0.002013	1.23	37.83	66.70	0.52
uruai	120	Q100 anos	167.50	6.99	8.38		8.57	0.002463	1.90	88.27	94.35	0.63
uruai	120	Q1000 anos	273.30	6.99	8.78		8.99	0.002585	2.04	133.70	132.55	0.65
uruai	120	Q10000 anos	320.10	6.99	8.92		9.15	0.002450	2.08	153.88	142.72	0.64
uruai	100	Q10 anos	46.50	6.99	7.73		7.78	0.001232	0.99	46.74	78.34	0.41
uruai	100	Q100 anos	167.50	6.99	8.38		8.51	0.001457	1.60	104.84	97.84	0.49
uruai	100	Q1000 anos	273.30	6.99	8.76		8.94	0.001597	1.90	143.68	110.56	0.53
uruai	100	Q10000 anos	320.10	6.99	8.90		9.10	0.001652	2.01	159.28	115.74	0.55
uruai	80	Q10 anos	46.50	6.98	7.71		7.75	0.000893	0.87	53.43	85.94	0.35
uruai	80	Q100 anos	167.50	6.98	8.37		8.48	0.001119	1.44	116.25	103.97	0.44
uruai	80	Q1000 anos	273.30	6.98	8.75		8.90	0.001245	1.74	157.43	115.30	0.47
uruai	80	Q10000 anos	320.10	6.98	8.89		9.06	0.001299	1.84	173.66	119.99	0.49
uruai	60	Q10 anos	46.50	6.98	7.69		7.73	0.000929	0.88	52.81	85.98	0.36
uruai	60	Q100 anos	167.50	6.98	8.35		8.46	0.001155	1.46	114.67	102.84	0.44
uruai	60	Q1000 anos	273.30	6.98	8.72		8.88	0.001277	1.77	154.61	112.32	0.48
uruai	60	Q10000 anos	320.10	6.98	8.86		9.04	0.001328	1.88	170.06	115.77	0.50
uruai	40	Q10 anos	46.50	6.97	7.65		7.71	0.001415	1.04	44.84	78.31	0.44
uruai	40	Q100 anos	167.50	6.97	8.28		8.43	0.001674	1.68	99.79	95.96	0.53
uruai	40	Q1000 anos	273.30	6.97	8.64		8.84	0.001827	2.02	135.37	105.38	0.57
uruai	40	Q10000 anos	320.10	6.97	8.76		9.00	0.001898	2.15	149.03	108.80	0.59
uruai	20	Q10 anos	46.50	6.96	7.59		7.67	0.002328	1.25	37.19	71.27	0.55
uruai	20	Q100 anos	167.50	6.96	8.18		8.38	0.002657	1.98	84.78	90.32	0.65
uruai	20	Q1000 anos	273.30	6.96	8.51		8.79	0.002856	2.35	116.23	100.65	0.70
uruai	20	Q10000 anos	320.10	6.96	8.62		8.94	0.002963	2.50	128.04	103.97	0.72
uruai	0	Q10 anos	46.50	6.89	7.39	7.39	7.58	0.008587	1.95	23.86	62.57	1.01
uruai	0	Q100 anos	167.50	6.89	7.91	7.91	8.28	0.006840	2.71	61.73	83.05	1.01
uruai	0	Q1000 anos	273.30	6.89	8.22	8.22	8.69	0.006385	3.04	89.81	96.61	1.01
uruai	0	Q10000 anos	320.10	6.89	8.34	8.34	8.84	0.006155	3.13	102.28	102.64	1.00
uruai	-20	Q10 anos	46.50	6.50	7.00	7.09	7.34	0.015935	2.57	18.08	49.69	1.36
uruai	-20	Q100 anos	167.50	6.50	7.52	7.65	8.09	0.011674	3.34	50.11	73.62	1.29
uruai	-20	Q1000 anos	273.30	6.50	7.82	7.98	8.51	0.010467	3.69	74.08	86.48	1.27
uruai	-20	Q10000 anos	320.10	6.50	7.93	8.10	8.67	0.010101	3.80	84.26	91.67	1.27
uruai	-40	Q10 anos	46.50	6.48	7.06	6.96	7.18	0.004132	1.53	30.35	65.97	0.72
uruai	-40	Q100 anos	167.50	6.48	7.61	7.47	7.89	0.004163	2.33	71.94	83.90	0.80
uruai	-40	Q1000 anos	273.30	6.48	7.91	7.79	8.30	0.004559	2.79	98.10	93.55	0.87
uruai	-40	Q10000 anos	320.10	6.48	8.01	7.91	8.46	0.004761	2.96	108.01	96.98	0.90
uruai	-60	Q10 anos	46.50	6.25	6.85	6.85	7.05	0.008412	2.00	23.28	57.94	1.01
uruai	-60	Q100 anos	167.50	6.25	7.39	7.39	7.77	0.006751	2.72	61.56	81.68	1.00
uruai	-60	Q1000 anos	273.30	6.25	7.71	7.71	8.19	0.006251	3.05	89.49	94.24	1.00
uruai	-60	Q10000 anos	320.10	6.25	7.83	7.83	8.34	0.006101	3.17	101.04	98.89	1.00
uruai	-80	Q10 anos	46.50	6.00	6.45	6.55	6.80	0.017942	2.63	17.68	51.36	1.43
uruai	-80	Q100 anos	167.50	6.00	6.92	7.10	7.55	0.014277	3.51	47.72	75.77	1.41
uruai	-80	Q1000 anos	273.30	6.00	7.19	7.41	7.98	0.013345	3.94	69.39	88.14	1.42
uruai	-80	Q10000 anos	320.10	6.00	7.29	7.53	8.14	0.012813	4.07	78.65	92.25	1.41
uruai	-100	Q10 anos	46.50	5.84	6.41	6.41	6.61	0.008397	1.99	23.31	58.04	1.01
uruai	-100	Q100 anos	167.50	5.84	6.92	6.95	7.32	0.007837	2.79	60.01	85.69	1.07
uruai	-100	Q1000 anos	273.30	5.84	7.24	7.25	7.71	0.006466	3.04	89.78	97.45	1.01
uruai	-100	Q10000 anos	320.10	5.84	7.36	7.36	7.87	0.006222	3.16	101.23	100.82	1.01
uruai	-120	Q10 anos	46.50	5.46	6.00	6.10	6.35	0.018627	2.64	17.63	52.47	1.45
uruai	-120	Q100 anos	167.50	5.46	6.51	6.66	7.11	0.011683	3.42	49.02	69.74	1.30
uruai	-120	Q1000 anos	273.30	5.46	6.84	6.99	7.54	0.009752	3.69	74.02	81.84	1.24
uruai	-120	Q10000 anos	320.10	5.46	6.97	7.11	7.70	0.009246	3.78	84.70	86.89	1.22
uruai	-140	Q10 anos	46.50	4.99	5.50	5.63	5.93	0.023137	2.91	15.97	48.21	1.62
uruai	-140	Q100 anos	167.50	4.99	5.95	6.21	6.79	0.018674	4.07	41.18	64.11	1.62
uruai	-140	Q1000 anos	273.30	4.99	6.23	6.55	7.25	0.016417	4.47	61.08	74.83	1.58
uruai	-140	Q10000 anos	320.10	4.99	6.34	6.68	7.42	0.015711	4.60	69.55	79.02	1.57

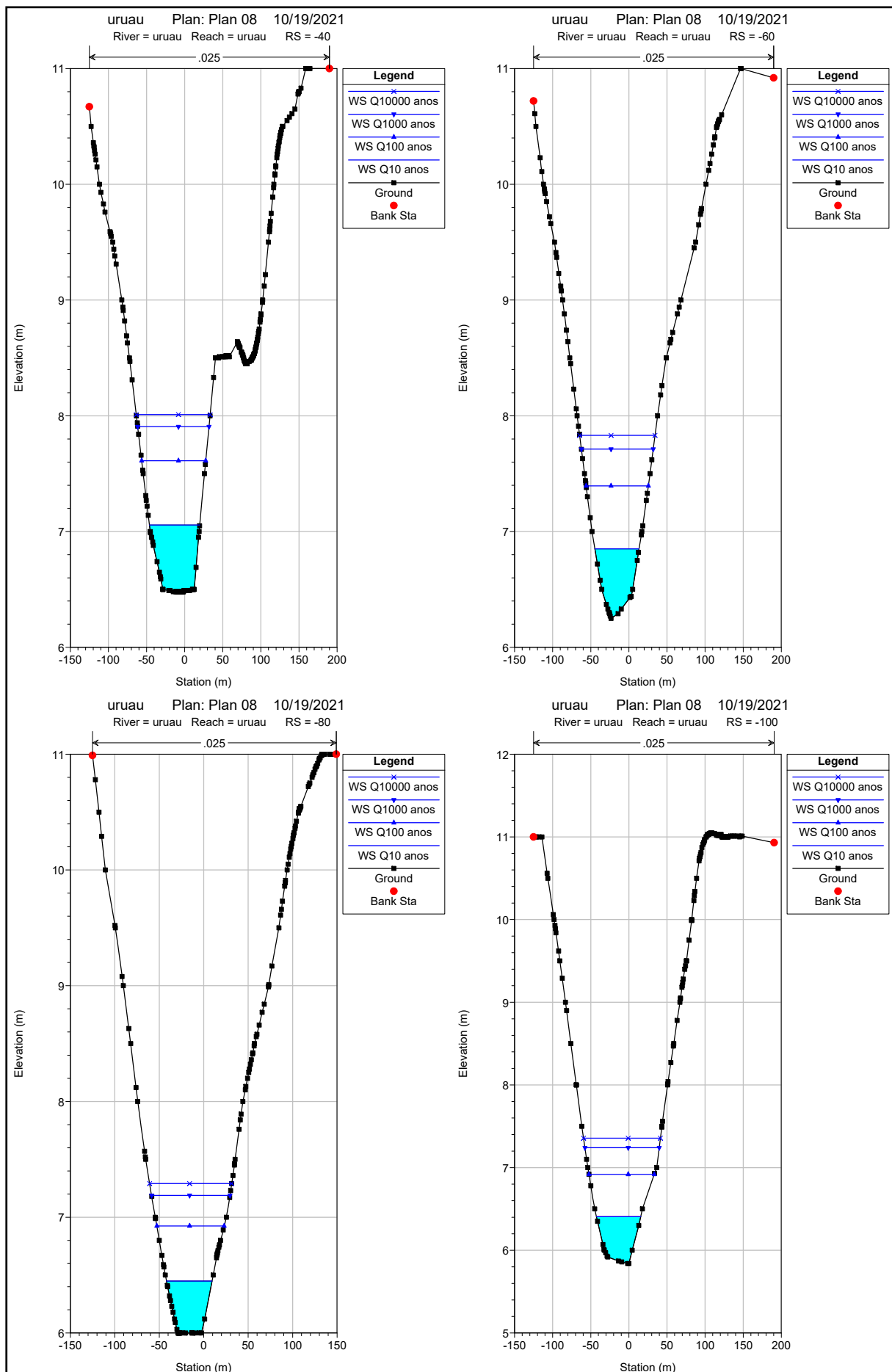
HEC-RAS Plan: 1 River: uruau Reach: uruau (Continued)

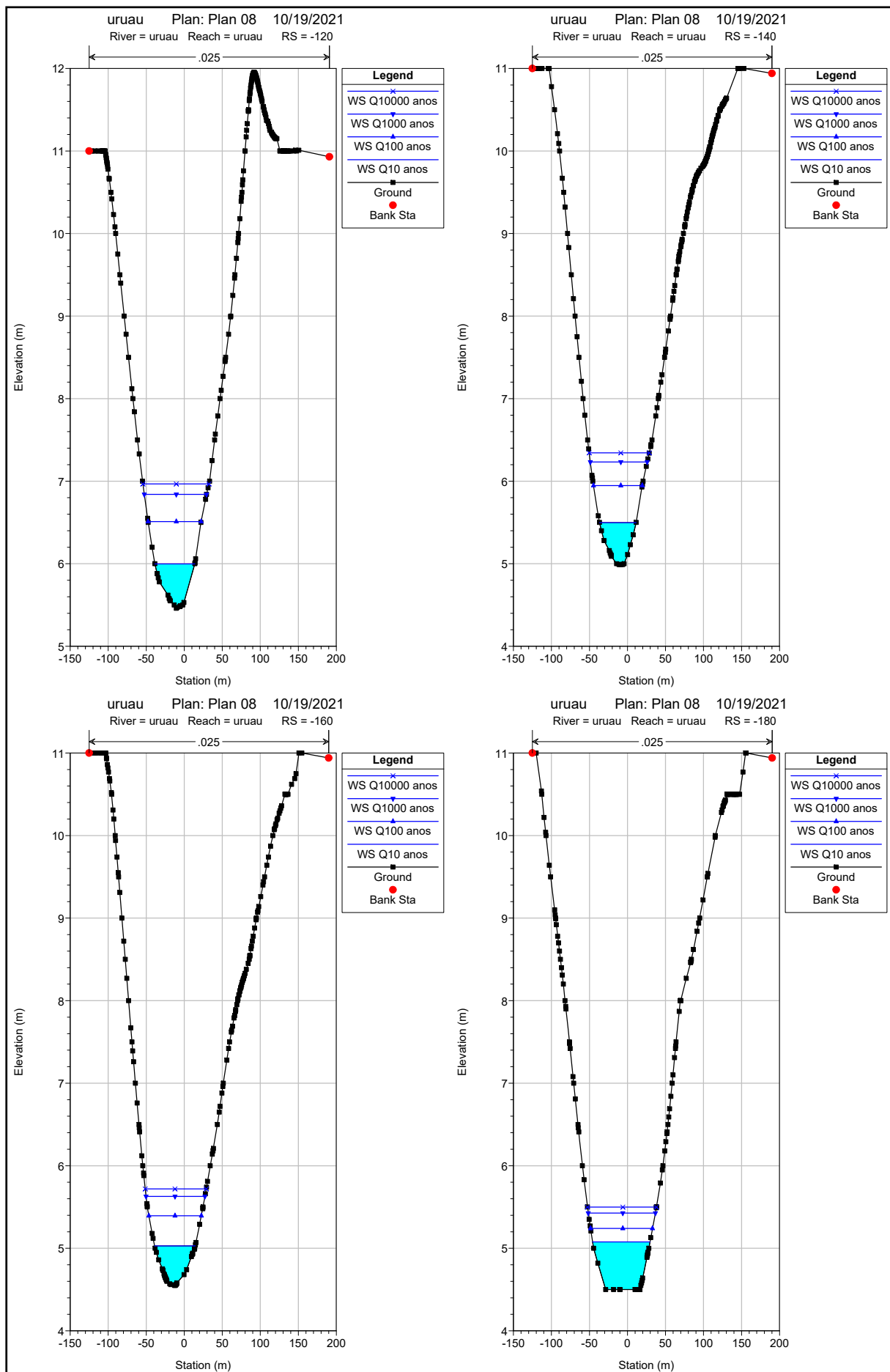
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
uruau	-160	Q10 anos	46.50	4.55	5.03	5.15	5.44	0.024912	2.86	16.28	53.48	1.65
uruau	-160	Q100 anos	167.50	4.55	5.39	5.69	6.35	0.025319	4.33	38.71	69.02	1.85
uruau	-160	Q1000 anos	273.30	4.55	5.63	6.01	6.85	0.023130	4.89	55.86	77.42	1.84
uruau	-160	Q10000 anos	320.10	4.55	5.72	6.13	7.03	0.022173	5.07	63.10	80.23	1.83
uruau	-180	Q10 anos	46.50	4.50	5.08	4.93	5.17	0.003008	1.32	35.22	75.43	0.62
uruau	-180	Q100 anos	167.50	4.50	5.24	5.41	5.86	0.015357	3.49	48.04	81.39	1.45
uruau	-180	Q1000 anos	273.30	4.50	5.43	5.71	6.36	0.017598	4.28	63.90	88.25	1.61
uruau	-180	Q10000 anos	320.10	4.50	5.50	5.83	6.55	0.018158	4.55	70.40	90.81	1.65
uruau	-200	Q10 anos	46.50	4.50	5.04	4.87	5.10	0.002501	1.15	40.33	92.15	0.56
uruau	-200	Q100 anos	167.50	4.50	5.56	5.30	5.72	0.002502	1.75	95.74	117.02	0.62
uruau	-200	Q1000 anos	273.30	4.50	5.86	5.57	6.08	0.002500	2.08	131.69	124.53	0.64
uruau	-200	Q10000 anos	320.10	4.50	5.98	5.66	6.22	0.002504	2.19	146.03	127.36	0.65

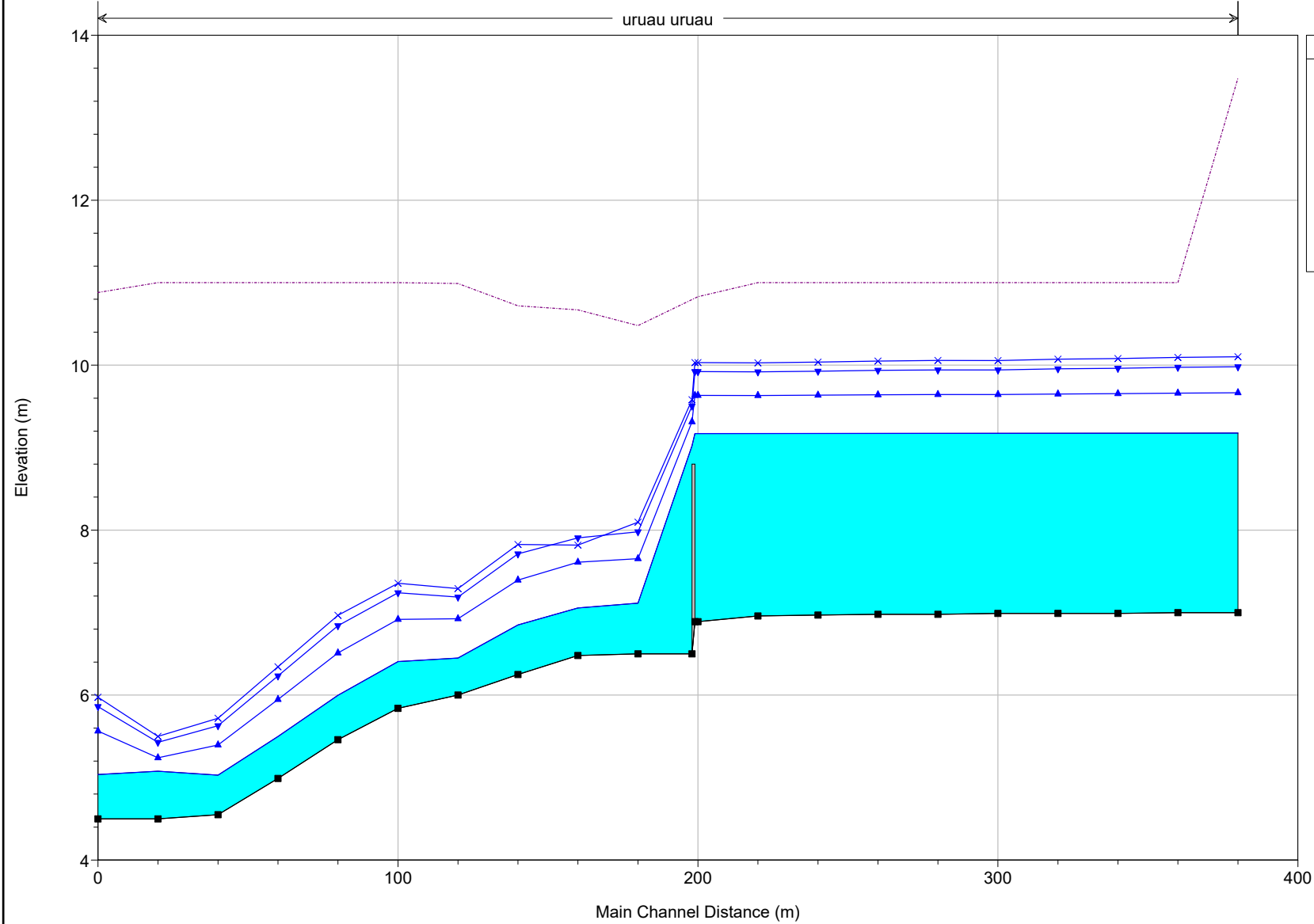












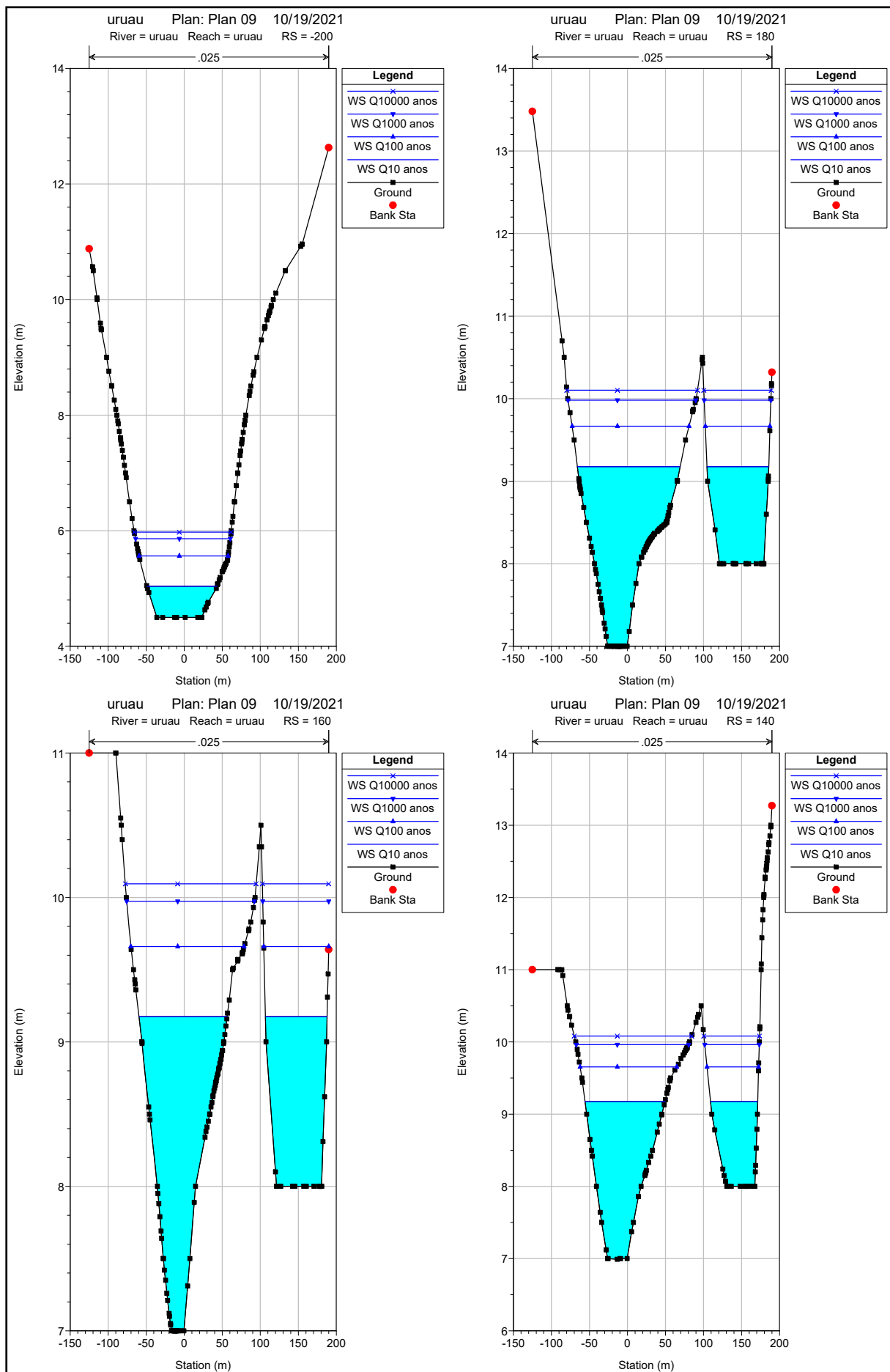
Legend	
WS Q10000 anos	x
WS Q1000 anos	▼
WS Q100 anos	▲
WS Q10 anos	
Ground	■
LOB	---

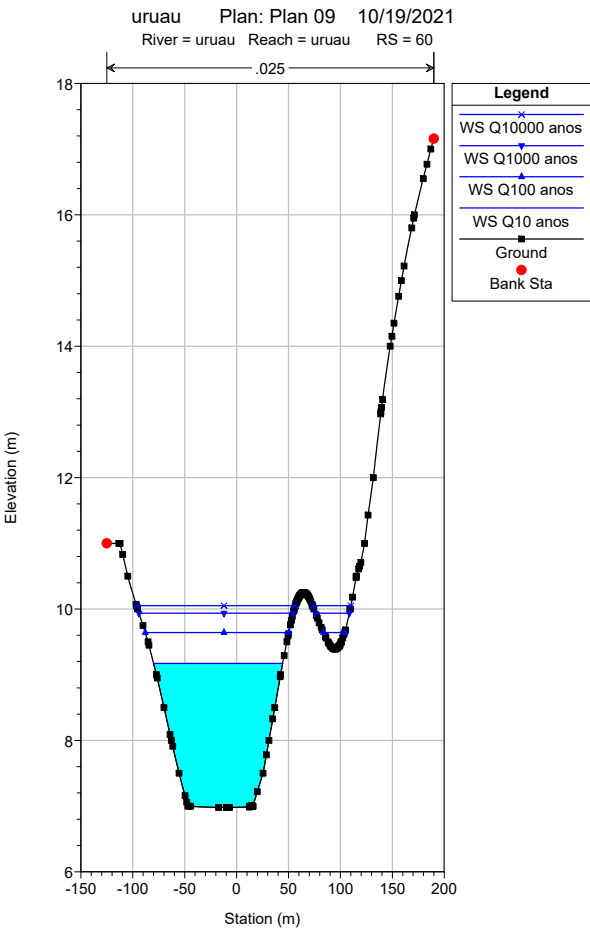
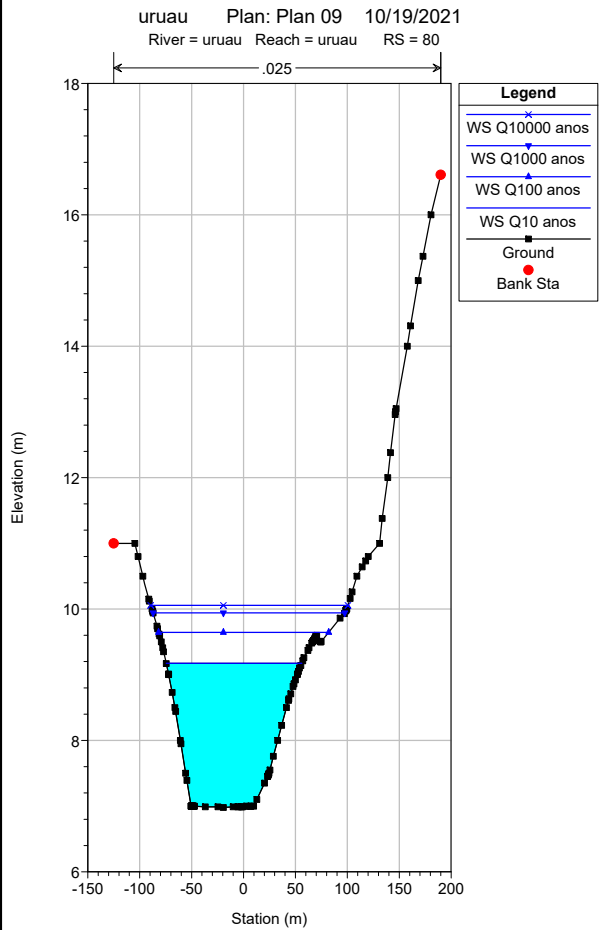
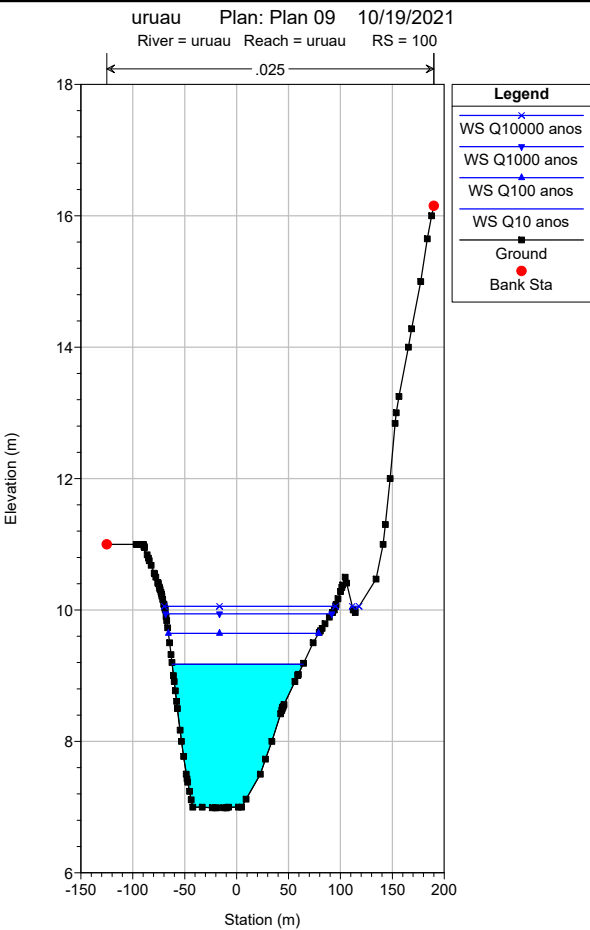
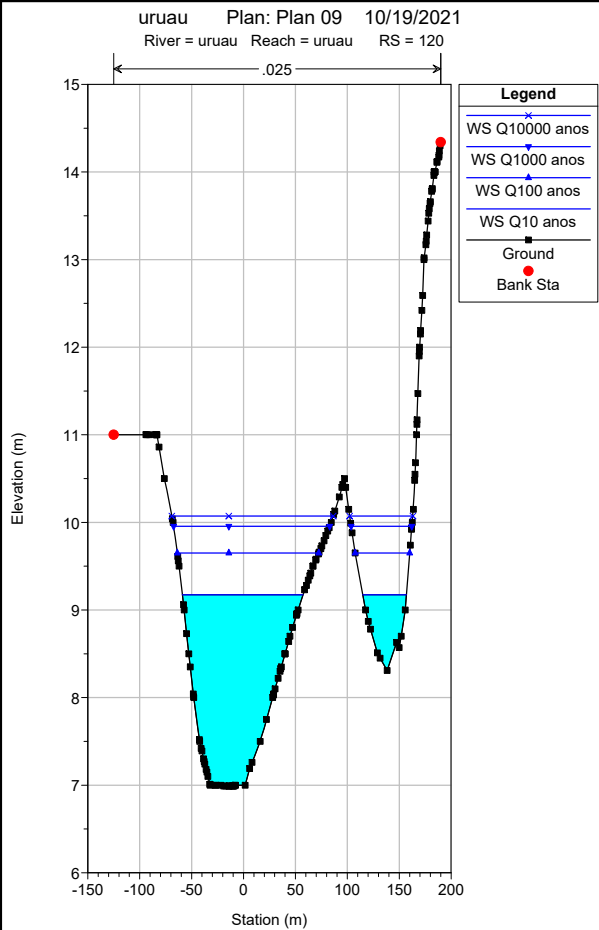
HEC-RAS Plan: 1 River: uruai Reach: uruai

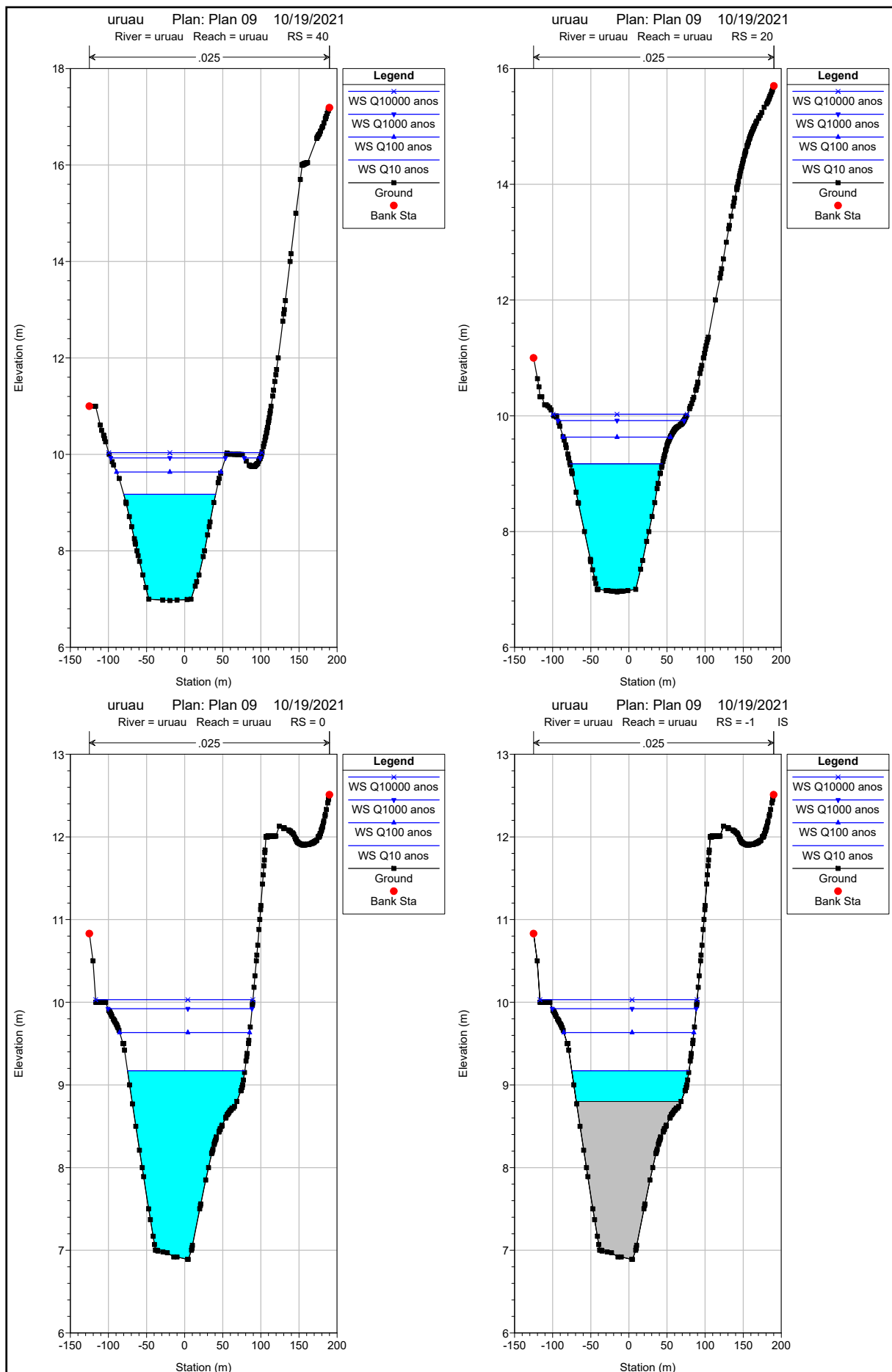
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
uruai	180	Q10 anos	46.50	7.00	9.18	7.61	9.18	0.000019	0.19	245.13	216.33	0.06
uruai	180	Q100 anos	167.50	7.00	9.67	8.25	9.68	0.000081	0.47	356.18	238.76	0.12
uruai	180	Q1000 anos	273.30	7.00	9.98	8.48	10.00	0.000123	0.63	434.12	255.71	0.15
uruai	180	Q10000 anos	320.10	7.00	10.10	8.56	10.13	0.000137	0.69	465.50	260.47	0.16
uruai	160	Q10 anos	46.50	7.00	9.18		9.18	0.000025	0.21	216.45	196.93	0.07
uruai	160	Q100 anos	167.50	7.00	9.66		9.67	0.000114	0.52	319.44	234.36	0.14
uruai	160	Q1000 anos	273.30	7.00	9.97		10.00	0.000166	0.69	396.23	254.64	0.18
uruai	160	Q10000 anos	320.10	7.00	10.09		10.12	0.000181	0.75	427.28	259.30	0.19
uruai	140	Q10 anos	46.50	6.99	9.17		9.18	0.000027	0.23	198.84	167.11	0.07
uruai	140	Q100 anos	167.50	6.99	9.65		9.67	0.000131	0.59	284.83	194.87	0.16
uruai	140	Q1000 anos	273.30	6.99	9.96		9.99	0.000208	0.78	348.64	219.46	0.20
uruai	140	Q10000 anos	320.10	6.99	10.08		10.12	0.000234	0.85	375.18	227.48	0.21
uruai	120	Q10 anos	46.50	6.99	9.17		9.18	0.000029	0.24	191.36	158.23	0.07
uruai	120	Q100 anos	167.50	6.99	9.65		9.67	0.000143	0.61	273.81	188.82	0.16
uruai	120	Q1000 anos	273.30	6.99	9.95		9.99	0.000223	0.82	334.50	208.79	0.21
uruai	120	Q10000 anos	320.10	6.99	10.07		10.11	0.000252	0.89	359.47	216.26	0.22
uruai	100	Q10 anos	46.50	6.99	9.17		9.18	0.000021	0.24	192.85	126.10	0.06
uruai	100	Q100 anos	167.50	6.99	9.64		9.67	0.000124	0.65	256.48	144.69	0.16
uruai	100	Q1000 anos	273.30	6.99	9.94		9.98	0.000220	0.91	301.85	159.91	0.21
uruai	100	Q10000 anos	320.10	6.99	10.06		10.11	0.000271	1.00	320.69	171.52	0.23
uruai	80	Q10 anos	46.50	6.98	9.17		9.18	0.000017	0.22	209.16	130.56	0.06
uruai	80	Q100 anos	167.50	6.98	9.64		9.66	0.000114	0.61	276.72	163.82	0.15
uruai	80	Q1000 anos	273.30	6.98	9.94		9.98	0.000200	0.83	328.70	184.60	0.20
uruai	80	Q10000 anos	320.10	6.98	10.06		10.10	0.000232	0.91	350.06	189.98	0.22
uruai	60	Q10 anos	46.50	6.98	9.17		9.18	0.000016	0.22	208.14	124.38	0.06
uruai	60	Q100 anos	167.50	6.98	9.64		9.66	0.000115	0.61	272.83	158.68	0.15
uruai	60	Q1000 anos	273.30	6.98	9.94		9.97	0.000207	0.85	323.22	181.19	0.20
uruai	60	Q10000 anos	320.10	6.98	10.05		10.09	0.000245	0.93	344.18	189.68	0.22
uruai	40	Q10 anos	46.50	6.97	9.17		9.17	0.000019	0.24	195.76	120.62	0.06
uruai	40	Q100 anos	167.50	6.97	9.64		9.66	0.000118	0.66	255.26	137.14	0.15
uruai	40	Q1000 anos	273.30	6.97	9.93		9.97	0.000248	0.91	299.50	171.66	0.22
uruai	40	Q10000 anos	320.10	6.97	10.04		10.09	0.000338	1.00	319.78	201.03	0.25
uruai	20	Q10 anos	46.50	6.96	9.17		9.17	0.000021	0.25	189.42	121.35	0.06
uruai	20	Q100 anos	167.50	6.96	9.63		9.66	0.000132	0.67	249.32	140.68	0.16
uruai	20	Q1000 anos	273.30	6.96	9.92		9.96	0.000255	0.93	292.90	165.68	0.22
uruai	20	Q10000 anos	320.10	6.96	10.03		10.08	0.000309	1.03	311.35	175.84	0.25
uruai	0	Q10 anos	46.50	6.89	9.17	7.39	9.17	0.000020	0.22	210.81	153.71	0.06
uruai	0	Q100 anos	167.50	6.89	9.63	7.91	9.65	0.000109	0.59	285.39	170.62	0.14
uruai	0	Q1000 anos	273.30	6.89	9.92	8.22	9.96	0.000190	0.81	337.10	188.87	0.19
uruai	0	Q10000 anos	320.10	6.89	10.03	8.34	10.07	0.000239	0.89	358.41	206.27	0.22
uruai	-1		Inl Struct									
uruai	-20	Q10 anos	46.50	6.50	7.11	7.09	7.30	0.006956	1.92	24.19	55.28	0.93
uruai	-20	Q100 anos	167.50	6.50	7.65	7.65	8.04	0.006812	2.76	60.76	79.57	1.01
uruai	-20	Q1000 anos	273.30	6.50	7.98	7.98	8.46	0.006344	3.07	88.96	93.88	1.01
uruai	-20	Q10000 anos	320.10	6.50	8.10	8.10	8.62	0.006369	3.20	100.14	99.88	1.02
uruai	-40	Q10 anos	46.50	6.48	7.06		7.18	0.004132	1.53	30.35	65.97	0.72
uruai	-40	Q100 anos	167.50	6.48	7.61	7.47	7.89	0.004163	2.33	71.94	83.90	0.80
uruai	-40	Q1000 anos	273.30	6.48	7.91	7.79	8.30	0.004559	2.79	98.10	93.55	0.87
uruai	-40	Q10000 anos	320.10	6.48	7.82	7.92	8.46	0.007982	3.56	90.03	90.65	1.14
uruai	-60	Q10 anos	46.50	6.25	6.85	6.85	7.05	0.008412	2.00	23.28	57.94	1.01
uruai	-60	Q100 anos	167.50	6.25	7.39	7.39	7.77	0.006751	2.72	61.56	81.68	1.00
uruai	-60	Q1000 anos	273.30	6.25	7.71	7.71	8.19	0.006251	3.05	89.49	94.24	1.00
uruai	-60	Q10000 anos	320.10	6.25	7.83	7.83	8.34	0.006184	3.18	100.56	98.70	1.01
uruai	-80	Q10 anos	46.50	6.00	6.45	6.55	6.80	0.017942	2.63	17.68	51.36	1.43
uruai	-80	Q100 anos	167.50	6.00	6.92	7.10	7.55	0.014277	3.51	47.72	75.77	1.41
uruai	-80	Q1000 anos	273.30	6.00	7.19	7.41	7.98	0.013345	3.94	69.39	88.14	1.42
uruai	-80	Q10000 anos	320.10	6.00	7.29	7.53	8.14	0.012812	4.07	78.66	92.25	1.41
uruai	-100	Q10 anos	46.50	5.84	6.41	6.41	6.61	0.008397	1.99	23.31	58.04	1.01
uruai	-100	Q100 anos	167.50	5.84	6.92	6.95	7.32	0.007837	2.79	60.01	85.69	1.07
uruai	-100	Q1000 anos	273.30	5.84	7.24	7.25	7.71	0.006466	3.04	89.78	97.45	1.01
uruai	-100	Q10000 anos	320.10	5.84	7.36	7.36	7.87	0.006221	3.16	101.23	100.82	1.01
uruai	-120	Q10 anos	46.50	5.46	6.00	6.10	6.35	0.018627	2.64	17.63	52.47	1.45
uruai	-120	Q100 anos	167.50	5.46	6.51	6.66	7.11	0.011683	3.42	49.02	69.74	1.30
uruai	-120	Q1000 anos	273.30	5.46	6.84	6.99	7.54	0.009752	3.69	74.02	81.84	1.24
uruai	-120	Q10000 anos	320.10	5.46	6.97	7.11	7.70	0.009246	3.78	84.70	86.89	1.22
uruai	-140	Q10 anos	46.50	4.99	5.50	5.63	5.93	0.023137	2.91	15.97	48.21	1.62
uruai	-140	Q100 anos	167.50	4.99	5.95	6.21	6.79	0.018674	4.07	41.18	64.11	1.62
uruai	-140	Q1000 anos	273.30	4.99	6.23	6.55	7.25	0.016417	4.47	61.08	74.83	1.58

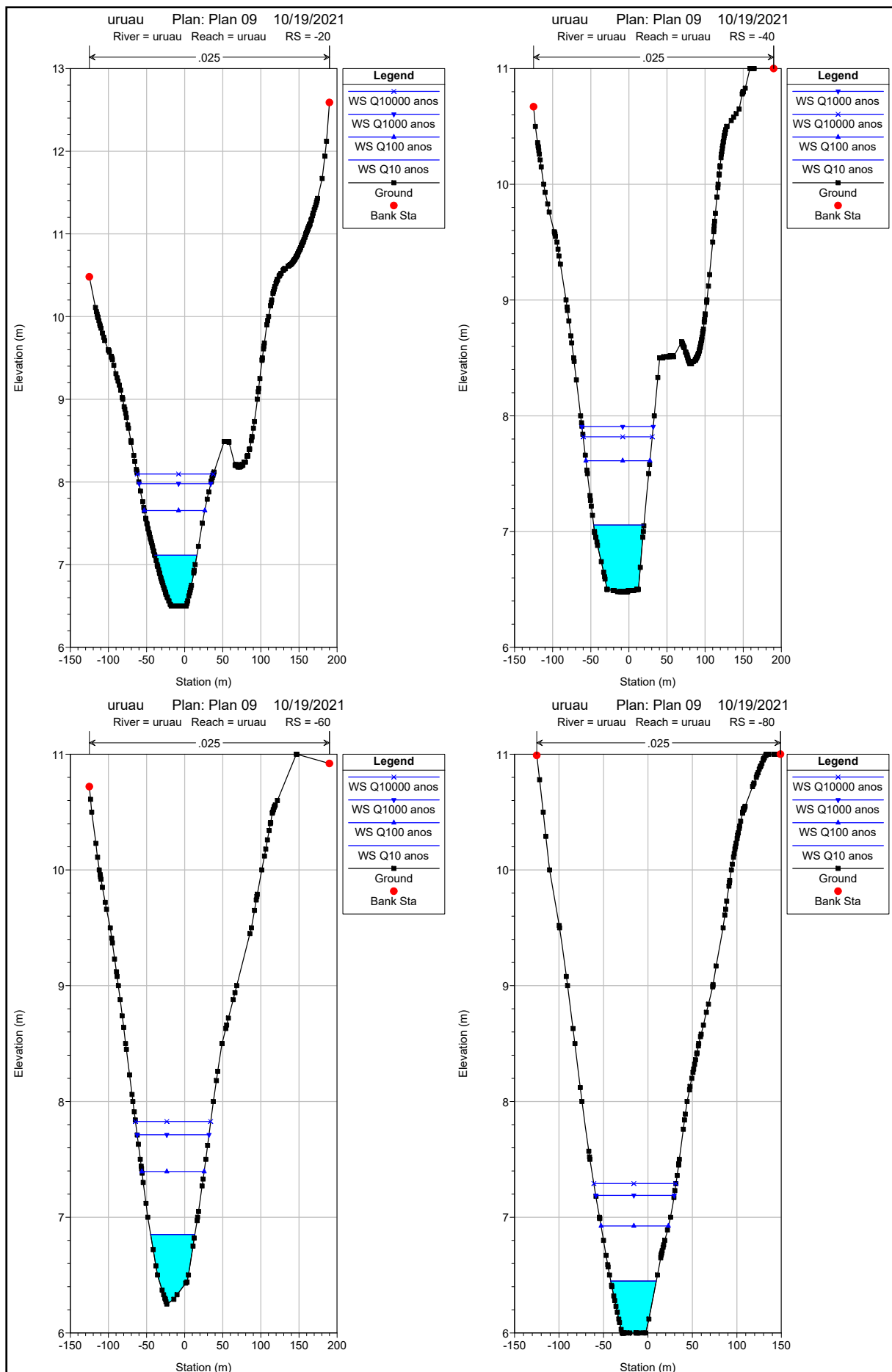
HEC-RAS Plan: 1 River: uruau Reach: uruau (Continued)

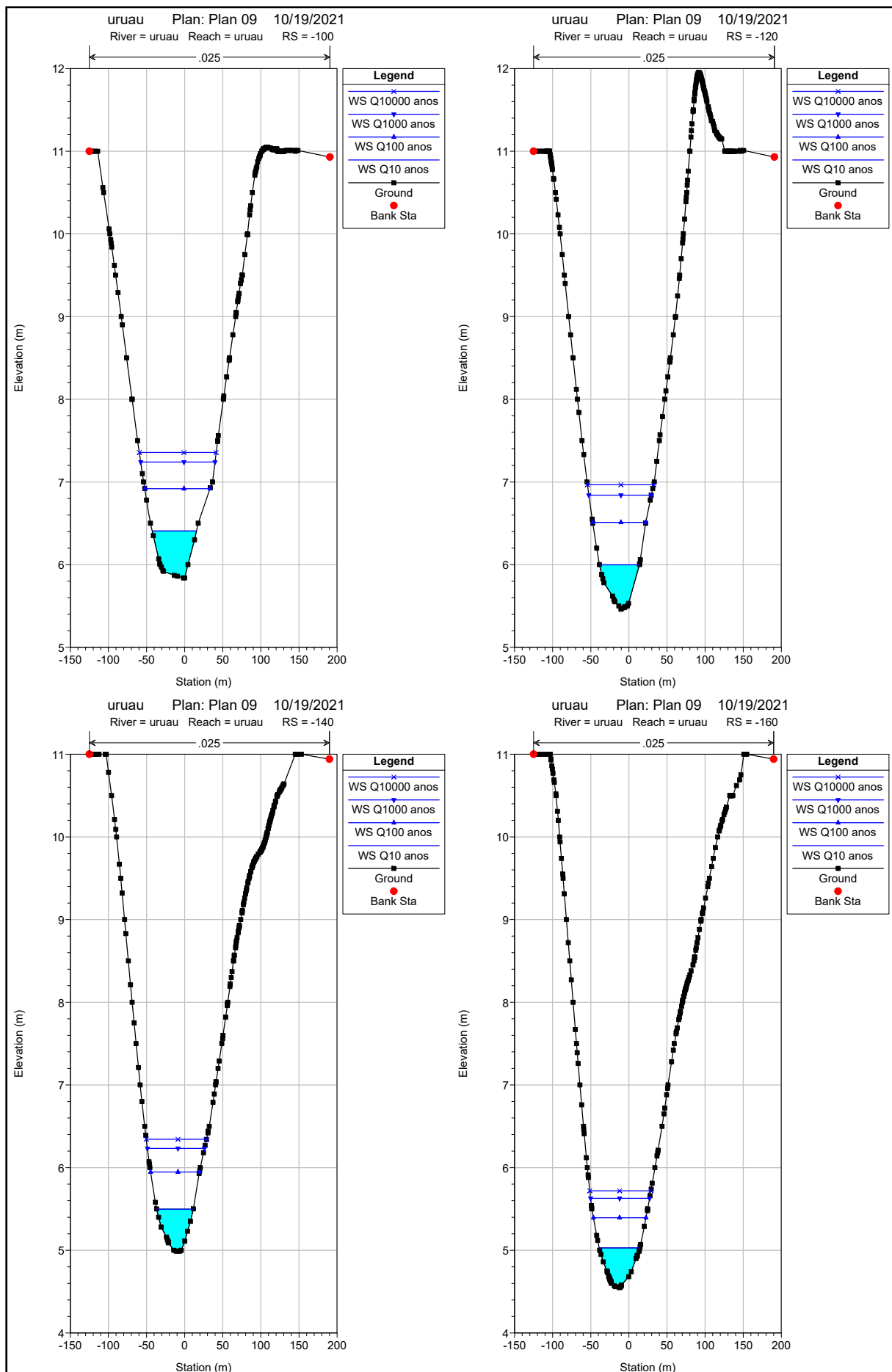
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
uruau	-140	Q10000 anos	320.10	4.99	6.34	6.68	7.42	0.015711	4.60	69.55	79.02	1.57
uruau	-160	Q10 anos	46.50	4.55	5.03	5.15	5.44	0.024912	2.86	16.28	53.48	1.65
uruau	-160	Q100 anos	167.50	4.55	5.39	5.69	6.35	0.025319	4.33	38.71	69.02	1.85
uruau	-160	Q1000 anos	273.30	4.55	5.63	6.01	6.85	0.023130	4.89	55.86	77.42	1.84
uruau	-160	Q10000 anos	320.10	4.55	5.72	6.13	7.03	0.022173	5.07	63.10	80.23	1.83
uruau	-180	Q10 anos	46.50	4.50	5.08	4.93	5.17	0.003008	1.32	35.22	75.43	0.62
uruau	-180	Q100 anos	167.50	4.50	5.24	5.41	5.86	0.015357	3.49	48.04	81.39	1.45
uruau	-180	Q1000 anos	273.30	4.50	5.43	5.71	6.36	0.017598	4.28	63.90	88.25	1.61
uruau	-180	Q10000 anos	320.10	4.50	5.50	5.83	6.55	0.018158	4.55	70.40	90.81	1.65
uruau	-200	Q10 anos	46.50	4.50	5.04	4.87	5.10	0.002501	1.15	40.33	92.15	0.56
uruau	-200	Q100 anos	167.50	4.50	5.56	5.30	5.72	0.002502	1.75	95.74	117.02	0.62
uruau	-200	Q1000 anos	273.30	4.50	5.86	5.57	6.08	0.002500	2.08	131.69	124.53	0.64
uruau	-200	Q10000 anos	320.10	4.50	5.98	5.66	6.22	0.002504	2.19	146.03	127.36	0.65

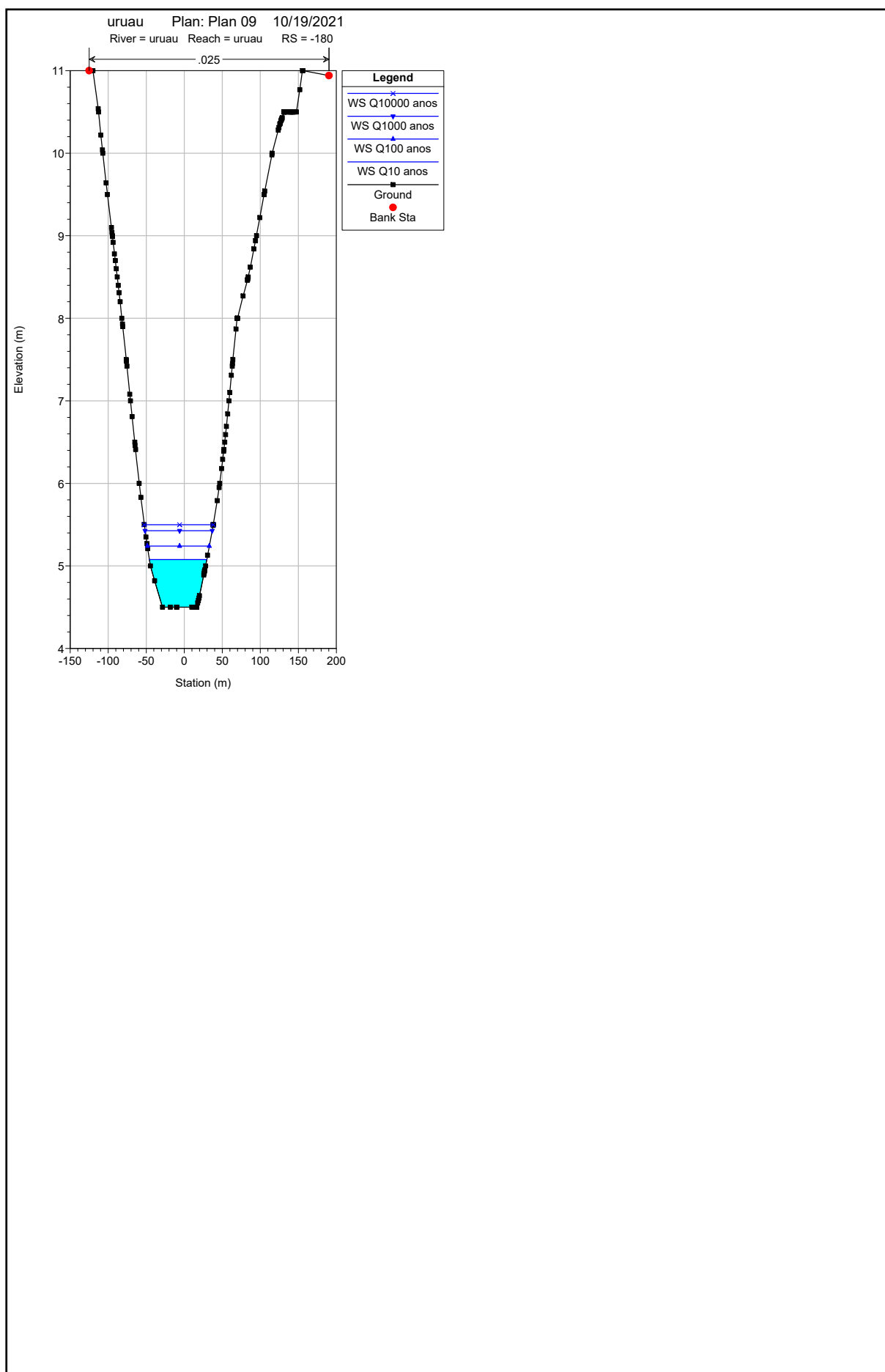














PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

ANEXO IV – QUANTITATIVOS

BARRAGEM VERTEDORA - LAGOA DO URUAÚ**VOLUME DE ESCAVAÇÃO**

Estaca	Área Corte	Área Aterro	Semi-Dis.	Vol.Corte	V.C.Acum.	Vol.Aterro	V.A.Acum.	V. líquido
0+10.00	13.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+15.00	11.46	0.00	2.50	62.58	62.58	0.00	0.00	62.58
1+0.00	9.84	0.00	2.50	53.25	115.83	0.00	0.00	115.83
1+3.90	12.17	0.00	1.95	42.92	158.74	0.00	0.00	158.74
1+5.00	45.37	0.00	0.55	31.65	190.39	0.00	0.00	190.39
1+8.90	111.93	0.00	1.95	306.74	497.13	0.00	0.00	497.13
1+10.00	108.92	0.00	0.55	121.47	618.59	0.00	0.00	618.59
1+15.00	91.12	0.00	2.50	500.10	1,118.69	0.00	0.00	1,118.69
2+0.00	75.09	0.00	2.50	415.53	1,534.22	0.00	0.00	1,534.22
2+5.00	65.85	0.00	2.50	352.35	1,886.57	0.00	0.00	1,886.57
2+10.00	64.03	0.00	2.50	324.70	2,211.27	0.00	0.00	2,211.27
2+15.00	62.68	0.00	2.50	316.78	2,528.04	0.00	0.00	2,528.04
3+0.00	64.21	0.00	2.50	317.23	2,845.27	0.00	0.00	2,845.27
3+5.00	59.97	0.00	2.50	310.45	3,155.72	0.00	0.00	3,155.72
3+10.00	52.46	0.00	2.50	281.08	3,436.79	0.00	0.00	3,436.79
3+15.00	44.53	0.00	2.50	242.48	3,679.27	0.00	0.00	3,679.27
4+0.00	38.70	0.00	2.50	208.08	3,887.34	0.00	0.00	3,887.34
4+5.00	43.34	0.00	2.50	205.10	4,092.44	0.00	0.00	4,092.44
4+10.00	63.85	0.00	2.50	267.98	4,360.42	0.00	0.00	4,360.42
4+15.00	84.71	0.00	2.50	371.40	4,731.82	0.00	0.00	4,731.82
5+0.00	100.11	0.00	2.50	462.05	5,193.87	0.00	0.00	5,193.87
5+5.00	109.51	0.00	2.50	524.05	5,717.92	0.00	0.00	5,717.92
5+8.90	125.86	0.00	1.95	458.97	6,176.89	0.00	0.00	6,176.89
5+10.00	105.30	0.00	0.55	127.14	6,304.03	0.00	0.00	6,304.03
5+13.90	14.38	0.00	1.95	233.38	6,537.40	0.00	0.00	6,537.40
5+15.00	7.94	0.00	0.55	12.28	6,549.68	0.00	0.00	6,549.68
6+0.00	10.32	0.00	2.50	45.65	6,595.33	0.00	0.00	6,595.33
6+5.00	13.05	0.00	2.50	58.43	6,653.76	0.00	0.00	6,653.76
6+7.80	14.67	0.00	1.40	38.81	6,692.56	0.00	0.00	6,692.56

BARRAGEM VERTEDORA - LAGOA DO URUAÚ**VOLUME DE REATERRO**

Estaca	Área Corte	Área Aterro	Semi-Dis.	Vol.Corte	V.C.Acum.	Vol.Aterro	V.A.Acum.	V. líquido
0+10.00	0.00	7.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+15.00	0.00	6.81	2.50	0.00	0.00	36.44	36.44	-36.44
1+0.00	0.00	5.90	2.50	0.00	0.00	31.78	68.23	-68.23
1+3.90	0.00	5.47	1.95	0.00	0.00	22.17	90.40	-90.40
1+5.00	0.00	4.29	0.55	0.00	0.00	5.37	95.76	-95.76
1+8.90	0.00	9.78	1.95	0.00	0.00	27.43	123.20	-123.20
1+10.00	0.00	9.78	0.55	0.00	0.00	10.76	133.96	-133.96
1+15.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	182.86	-182.86
2+0.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	231.76	-231.76
2+5.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	280.66	-280.66
2+10.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	329.56	-329.56
2+15.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	378.46	-378.46
3+0.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	427.36	-427.36
3+5.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	476.26	-476.26
3+10.00	0.00	7.48	2.50	0.00	0.00	43.16	519.42	-519.42
3+15.00	0.00	7.46	2.50	0.00	0.00	37.37	556.78	-556.78
4+0.00	0.00	8.69	2.50	0.00	0.00	40.38	597.16	-597.16
4+5.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	46.17	643.33	-643.33
4+10.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	692.23	-692.23
4+15.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	741.13	-741.13
5+0.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	790.03	-790.03
5+5.00	0.00	9.78	2.50	0.00	0.00	48.90	838.93	-838.93
5+8.90	0.00	9.78	1.95	0.00	0.00	38.14	877.07	-877.07
5+10.00	0.00	8.26	0.55	0.00	0.00	9.92	887.00	-887.00
5+13.90	0.00	4.57	1.95	0.00	0.00	25.03	912.02	-912.02
5+15.00	0.00	4.84	0.55	0.00	0.00	5.18	917.20	-917.20
6+0.00	0.00	6.66	2.50	0.00	0.00	28.75	945.95	-945.95
6+5.00	0.00	8.24	2.50	0.00	0.00	37.25	983.20	-983.20
6+7.80	0.00	8.24	1.40	0.00	0.00	23.07	1,006.27	-1,006.27

BARRAGEM VERTEDORA - LAGOA DO URUAÚ**VOLUME DE ENROCAMENTO**

Estaca	Área Corte	Área Aterro	Semi-Dis.	Vol.Corte	V.C.Acum.	Vol.Aterro	V.A.Acum.	V. líquido
0+10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+15.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1+0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1+3.90	0.00	3.17	1.95	0.00	0.00	6.18	6.18	-6.18
1+5.00	0.00	15.59	0.55	0.00	0.00	10.32	16.50	-16.50
1+8.90	0.00	20.73	1.95	0.00	0.00	70.83	87.33	-87.33
1+10.00	0.00	20.32	0.55	0.00	0.00	22.58	109.91	-109.91
1+15.00	0.00	17.80	2.50	0.00	0.00	95.30	205.20	-205.20
2+0.00	0.00	17.08	2.50	0.00	0.00	87.20	292.40	-292.40
2+5.00	0.00	17.00	2.50	0.00	0.00	85.21	377.61	-377.61
2+10.00	0.00	16.68	2.50	0.00	0.00	84.19	461.80	-461.80
2+15.00	0.00	16.46	2.50	0.00	0.00	82.85	544.65	-544.65
3+0.00	0.00	16.55	2.50	0.00	0.00	82.53	627.18	-627.18
3+5.00	0.00	16.27	2.50	0.00	0.00	82.05	709.23	-709.23
3+10.00	0.00	15.99	2.50	0.00	0.00	80.66	789.89	-789.89
3+15.00	0.00	14.65	2.50	0.00	0.00	76.59	866.48	-866.48
4+0.00	0.00	12.81	2.50	0.00	0.00	68.65	935.13	-935.13
4+5.00	0.00	13.93	2.50	0.00	0.00	66.86	1,001.98	-1,001.98
4+10.00	0.00	18.45	2.50	0.00	0.00	80.94	1,082.92	-1,082.92
4+15.00	0.00	19.91	2.50	0.00	0.00	95.89	1,178.81	-1,178.81
5+0.00	0.00	20.77	2.50	0.00	0.00	101.70	1,280.50	-1,280.50
5+5.00	0.00	20.96	2.50	0.00	0.00	104.31	1,384.81	-1,384.81
5+8.90	0.00	21.77	1.95	0.00	0.00	83.32	1,468.13	-1,468.13
5+10.00	0.00	21.17	0.55	0.00	0.00	23.62	1,491.75	-1,491.75
5+13.90	0.00	6.80	1.95	0.00	0.00	54.55	1,546.29	-1,546.29
5+15.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	3.74	1,550.03	-1,550.03
6+0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1,550.03	-1,550.03
6+5.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1,550.03	-1,550.03
6+7.80	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1,550.03	-1,550.03

BARRAGEM VERTEDORA - LAGOA DO URUAÚ
VOLUME ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA

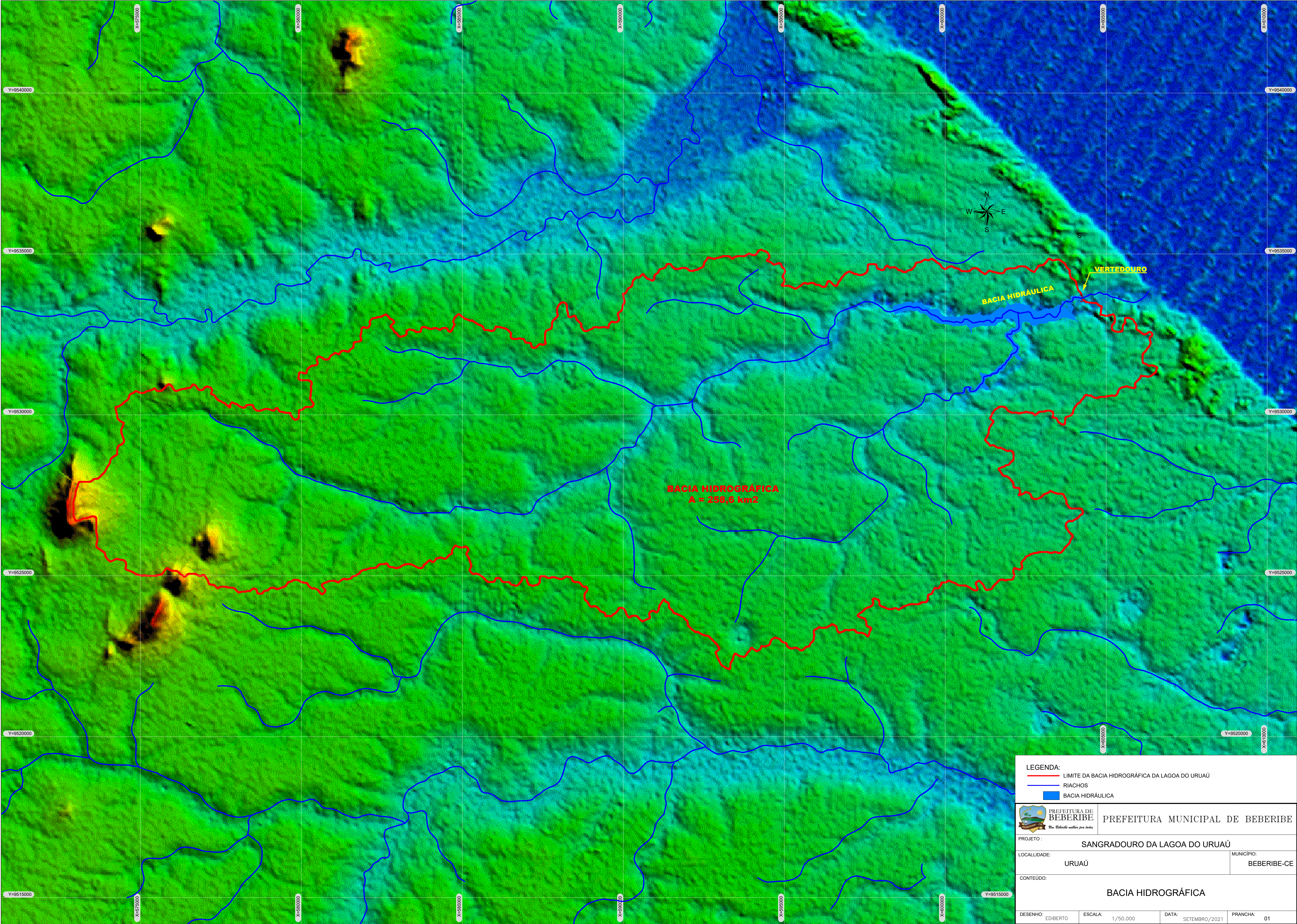
Estaca	Área Corte	Área Aterro	Semi-Dis.	Vol.Corte	V.C.Acum.	Vol.Aterro	V.A.Acum.	V. líquido
0+10.00	0.00	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+15.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	20.20	-20.20
1+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	40.40	-40.40
1+3.90	0.00	4.04	1.95	0.00	0.00	15.76	56.16	-56.16
1+5.00	0.00	4.04	0.55	0.00	0.00	4.44	60.60	-60.60
1+8.90	0.00	4.04	1.95	0.00	0.00	15.76	76.36	-76.36
1+10.00	0.00	4.04	0.55	0.00	0.00	4.44	80.80	-80.80
1+15.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	101.00	-101.00
2+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	121.20	-121.20
2+5.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	141.40	-141.40
2+10.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	161.60	-161.60
2+15.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	181.80	-181.80
3+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	202.00	-202.00
3+5.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	222.20	-222.20
3+10.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	242.40	-242.40
3+15.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	262.60	-262.60
4+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	282.80	-282.80
4+5.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	303.00	-303.00
4+10.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	323.20	-323.20
4+15.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	343.40	-343.40
5+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	363.60	-363.60
5+5.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	383.80	-383.80
5+8.90	0.00	4.04	1.95	0.00	0.00	15.76	399.56	-399.56
5+10.00	0.00	4.04	0.55	0.00	0.00	4.44	404.00	-404.00
5+13.90	0.00	4.04	1.95	0.00	0.00	15.76	419.76	-419.76
5+15.00	0.00	4.04	0.55	0.00	0.00	4.44	424.20	-424.20
6+0.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	444.40	-444.40
6+5.00	0.00	4.04	2.50	0.00	0.00	20.20	464.60	-464.60
6+7.80	0.00	4.04	1.40	0.00	0.00	11.31	475.91	-475.91



PREFEITURA DE
BEBERIBE

Um Beberibe melhor pra todos

ANEXO V – DESENHOS



LEGENDA:

- LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO URUAÚ
- RIACHOS
- BACIA HIDRÁULICA



PREFEITURA DE
BEBERIBE
Um Beberibe melhor para todos

PREFEITURA MUNICIPAL DE BEBERIBE

PROJETO : SANGRA DOURO DA LAGOA DO URUAÚ

LOCALIDADE:

URUAÚ

MUNICÍPIO:

BEBERIBE-CE

CONTEÚDO:

BACIA HIDROGRÁFICA

DESENHO:

EDIBERTO

ESCALA:

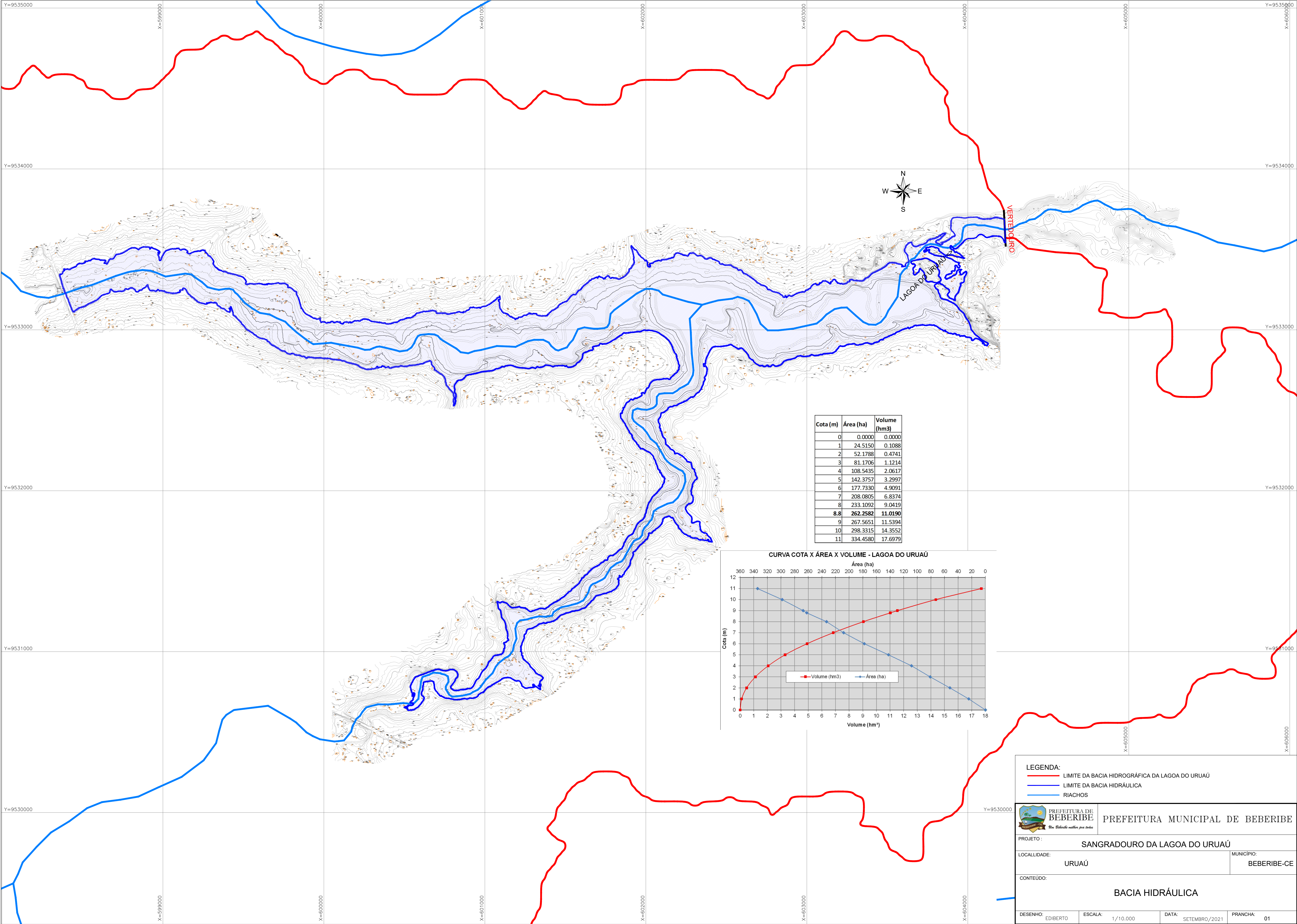
1/50.000

DATA:

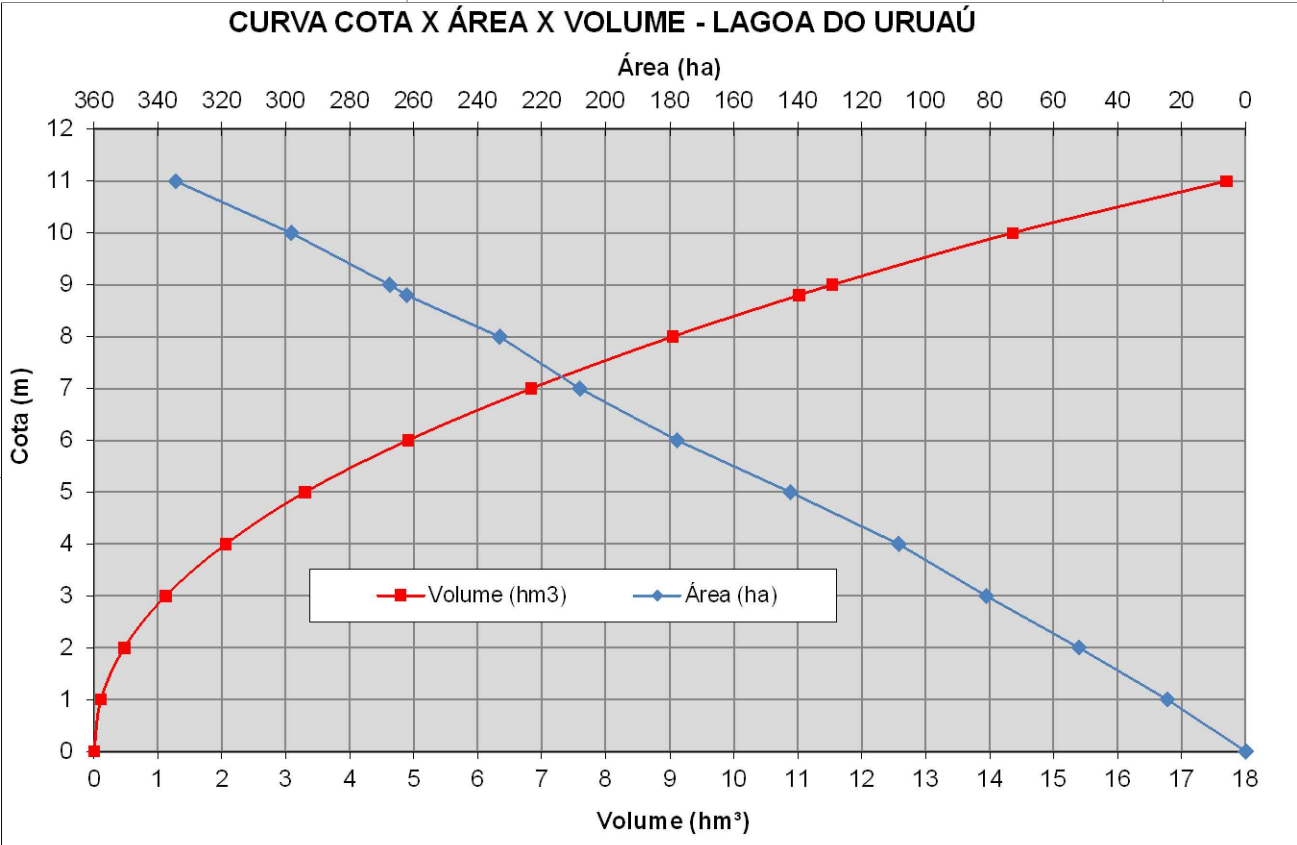
SETEMBRO/2021

PRANCHA:

01



Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm3)
0	0.0000	0.0000
1	24.5150	0.1088
2	52.1788	0.4741
3	81.1706	1.1214
4	108.5435	2.0617
5	142.3757	3.2997
6	177.7330	4.9091
7	208.0805	6.8374
8	233.1092	9.0419
8.8	262.2582	11.0190
9	267.5651	11.5394
10	298.3315	14.3552
11	334.4580	17.6979



LEGENDA:

- LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO URUAÚ
- LIMITE DA BACIA HIDRÁULICA
- RIACHOS



PREFEITURA DE
BEBERIBE

PREFEITURA MUNICIPAL DE BEBERIBE

PROJETO : SANGRADOURO DA LAGOA DO URUAÚ

LOCALIDADE: URUAU

MUNICIPIO: BEBERIBE-CE

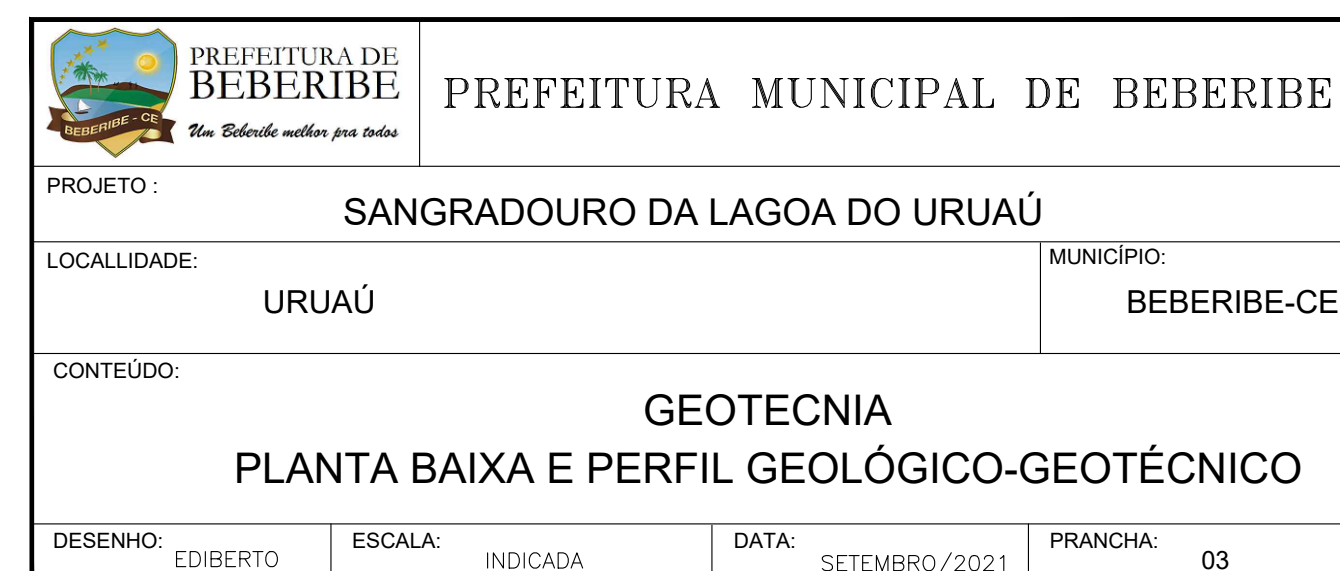
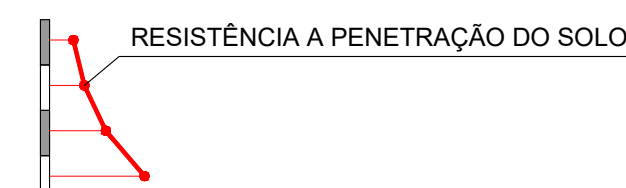
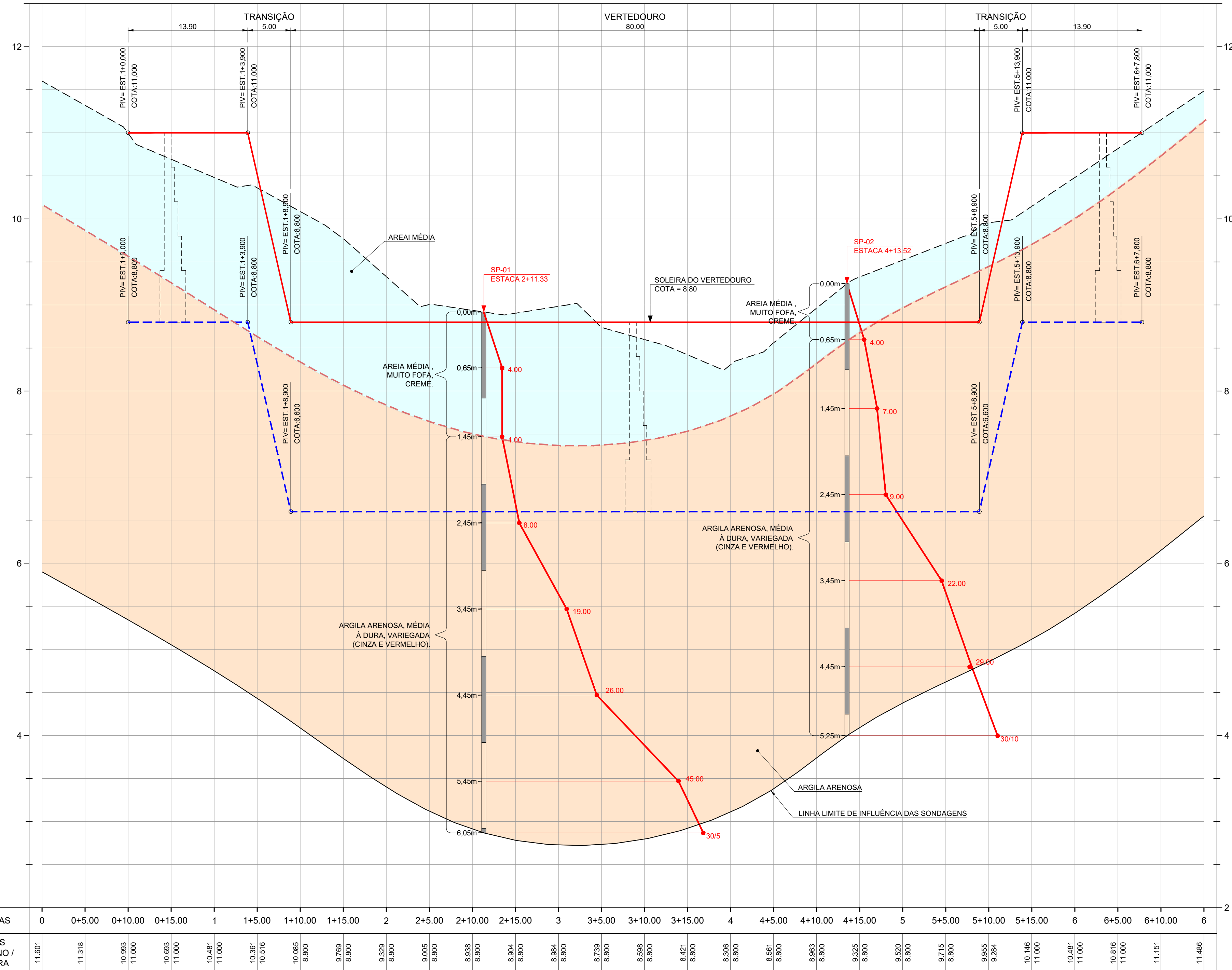
CONTEUDO: BACIA HIDRÁULICA

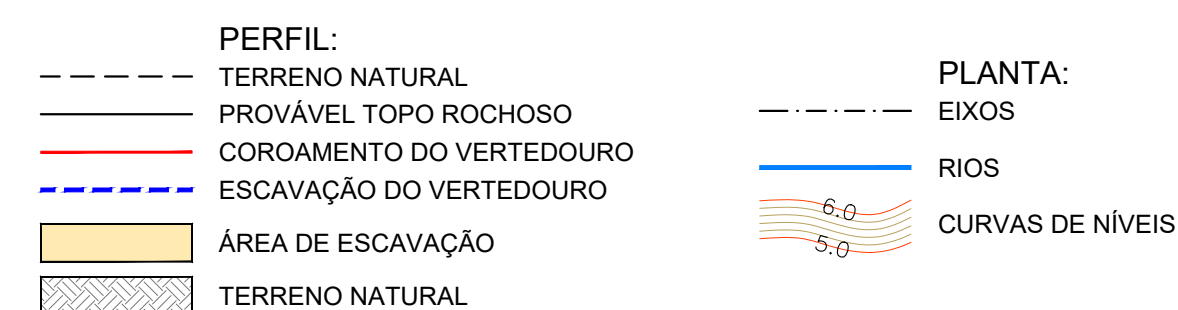
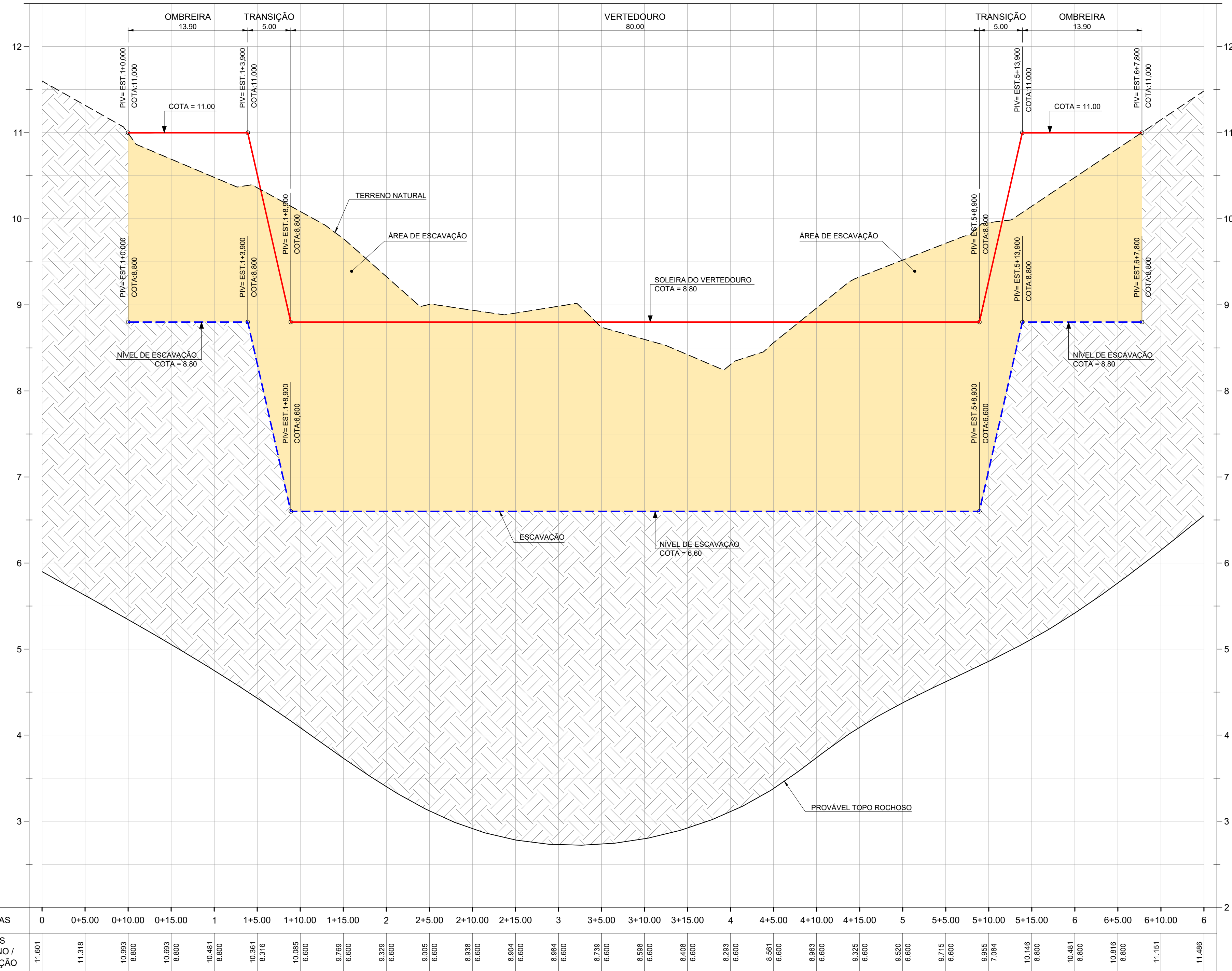
DESENHO: EDIBERTO

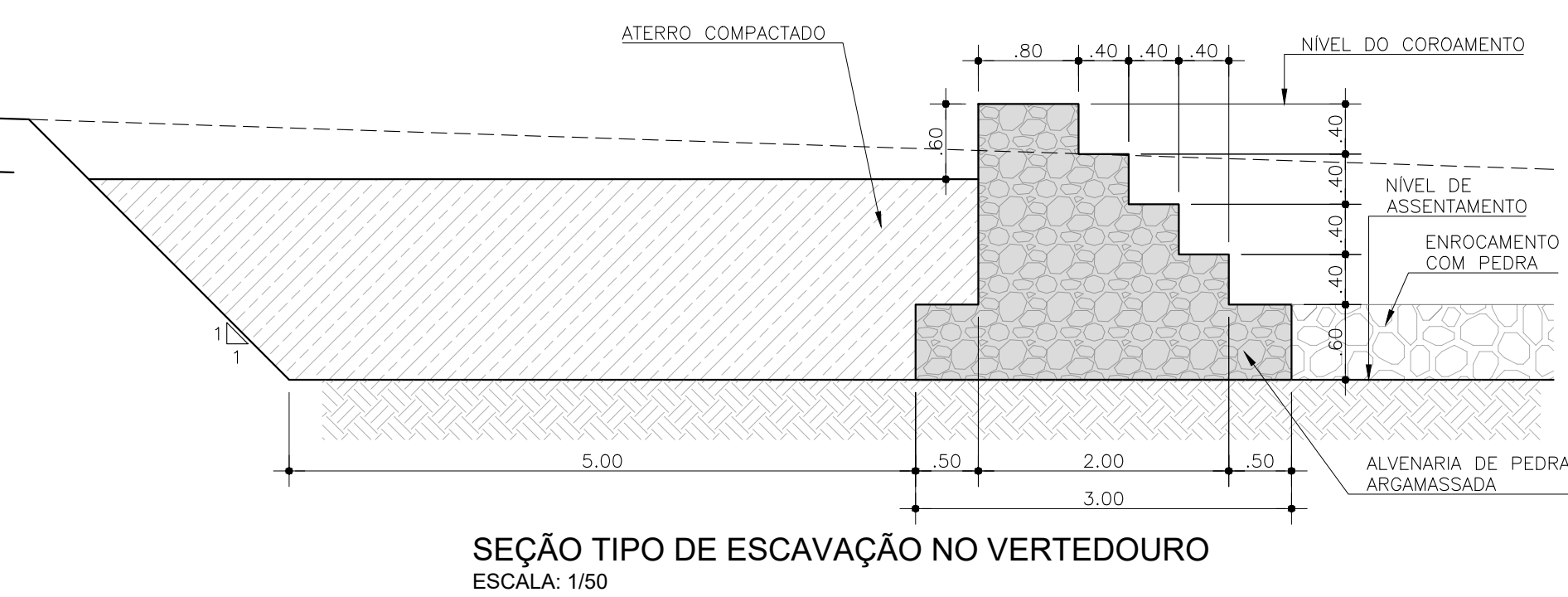
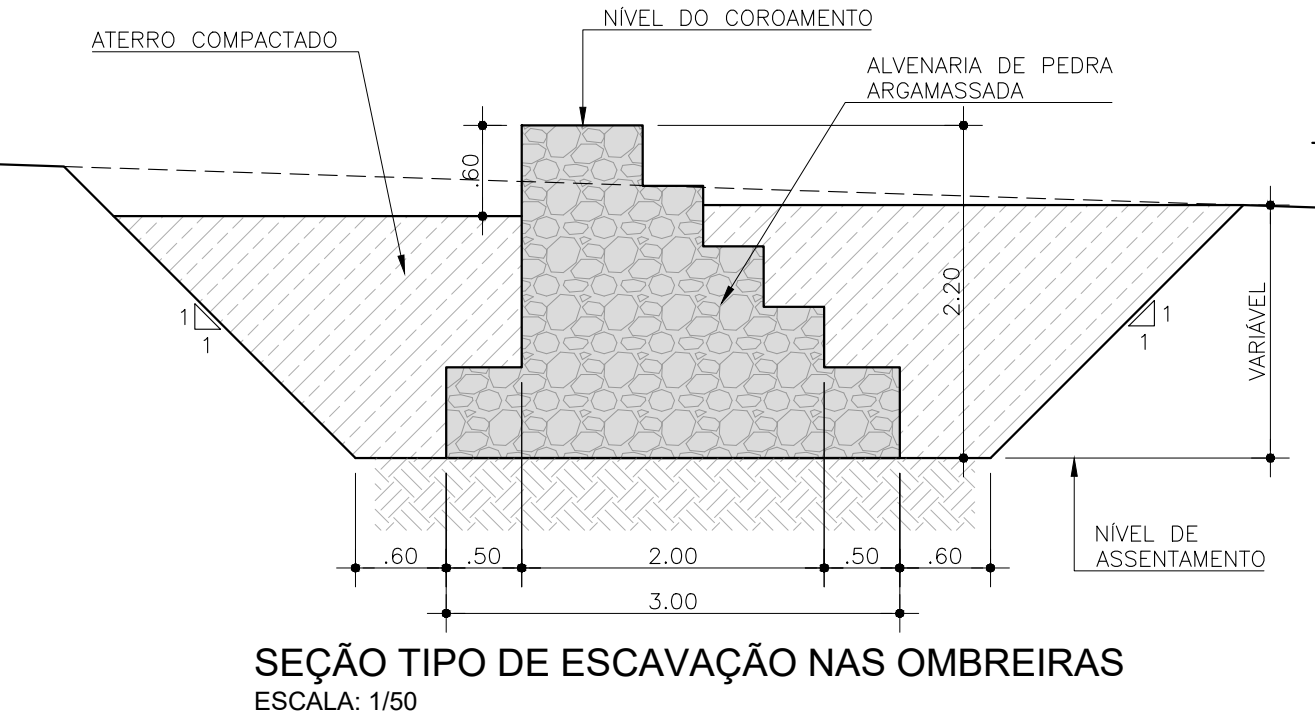
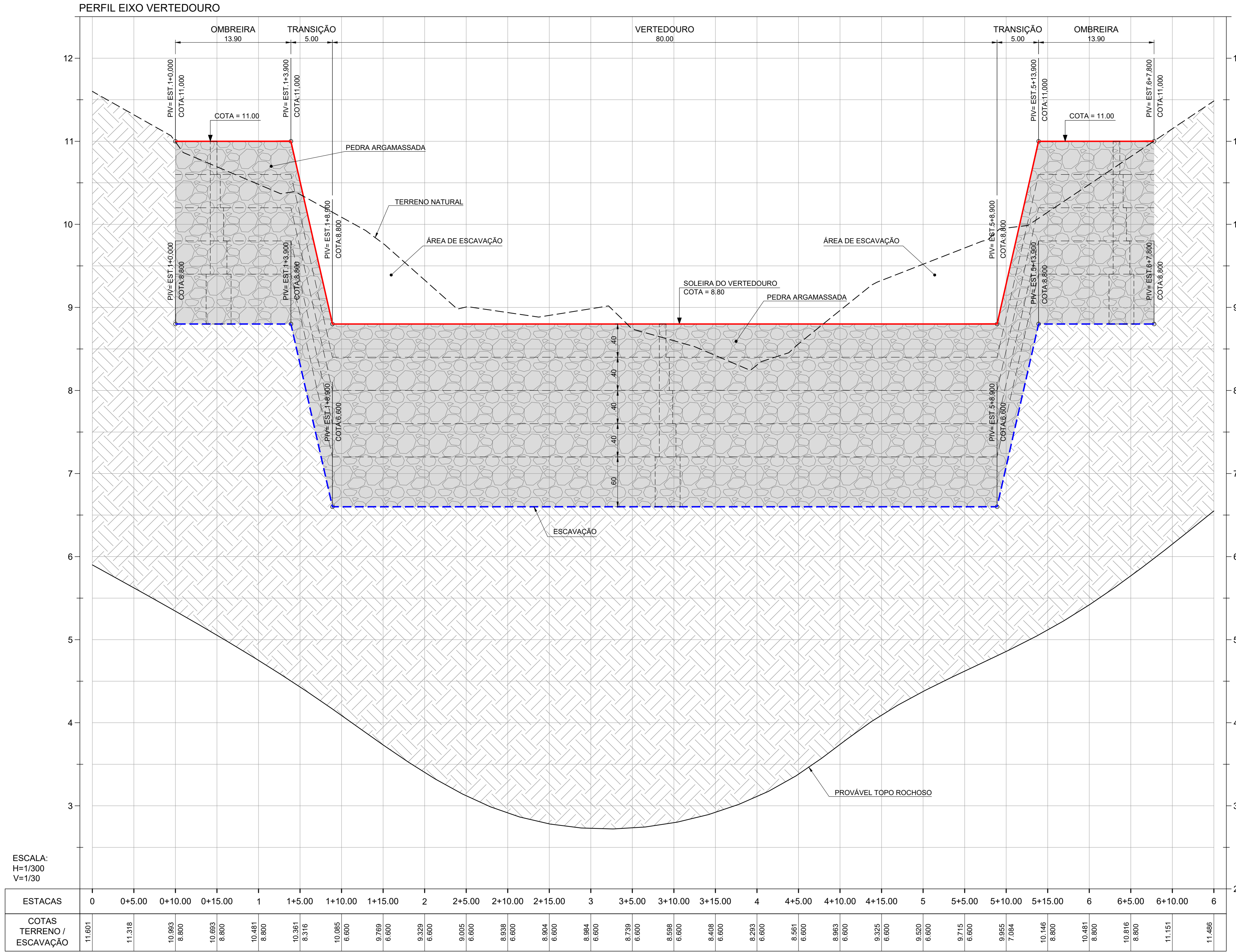
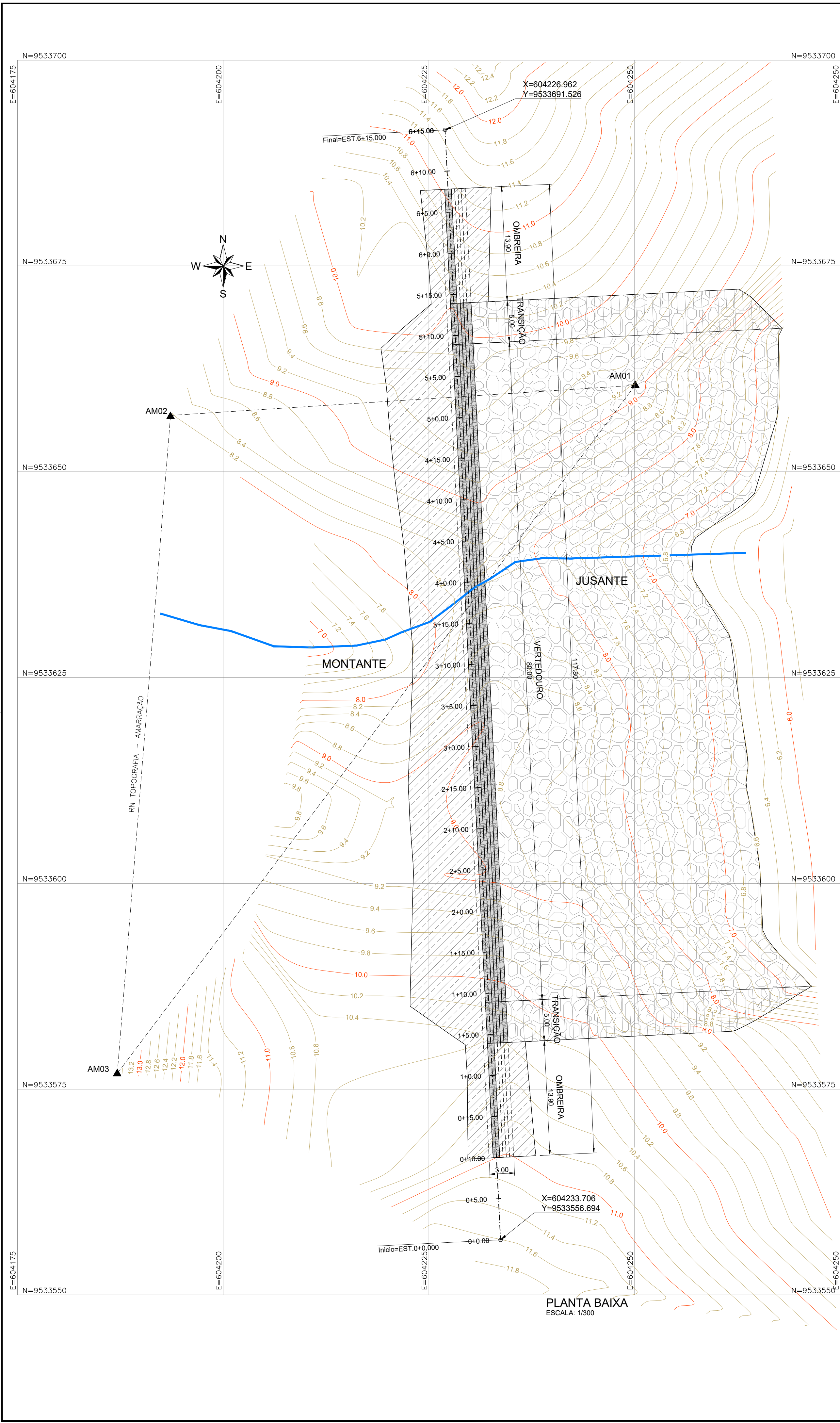
ESCALA: 1/10.000

DATA: SETEMBRO/2021

PRANCHA: 01







- PERFIL:
- TERRENO NATURAL
 - PROVÁVEL TOPO ROCHOSO
 - COROAMENTO DO VERTEDOURO
 - ESCOVAÇÃO DO VERTEDOURO
 - ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA
 - ENROCAMENTO COM PEDRA
 - TERRENO NATURAL
 - ATERRO COMPACTADO
- PLANTA:
- EIXOS
 - RIOS
 - CURVAS DE NÍVEIS

PREFEITURA MUNICIPAL DE BEBERIBE

PROJETO: SANGRADEIRO DA LAGOA DO URUÁÚ

LOCALIDADE: URUÁÚ

MUNICÍPIO: BEBERIBE-CE

CONTEÚDO: OBRA CIVIL

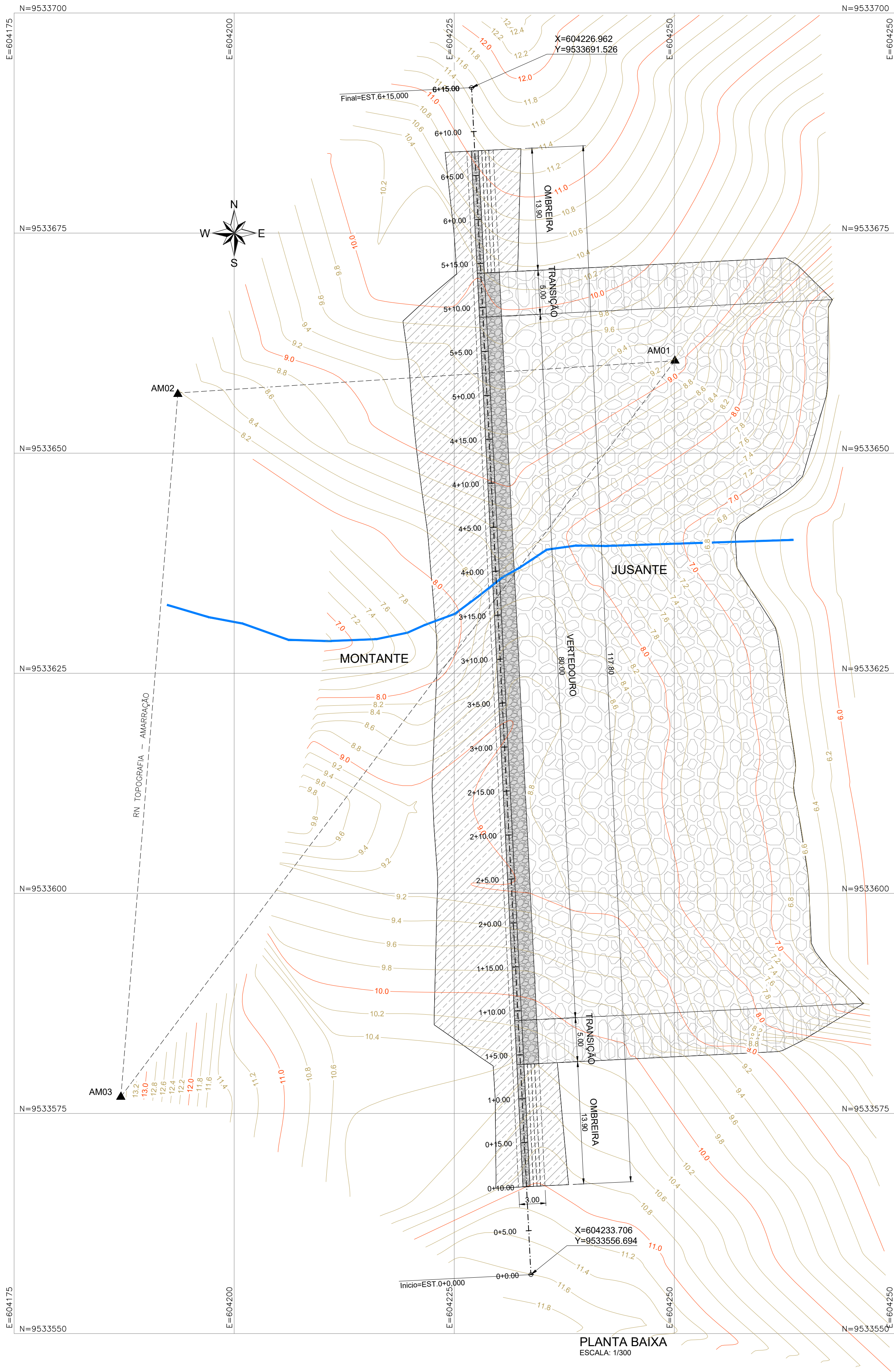
PLANTA BAIXA E PERFIL LONGITUDINAL DO VERTEDOURO

DESENHO: EDIBERTO

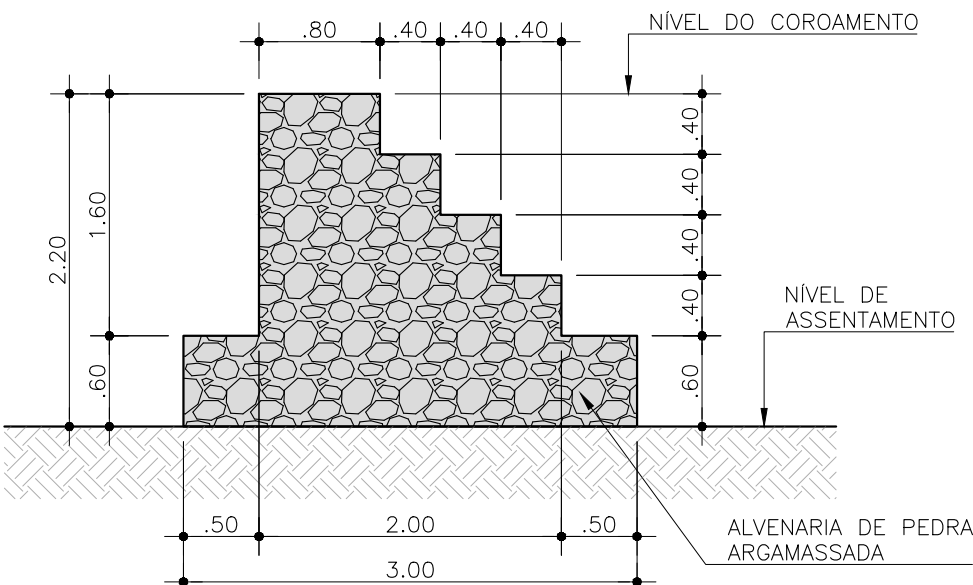
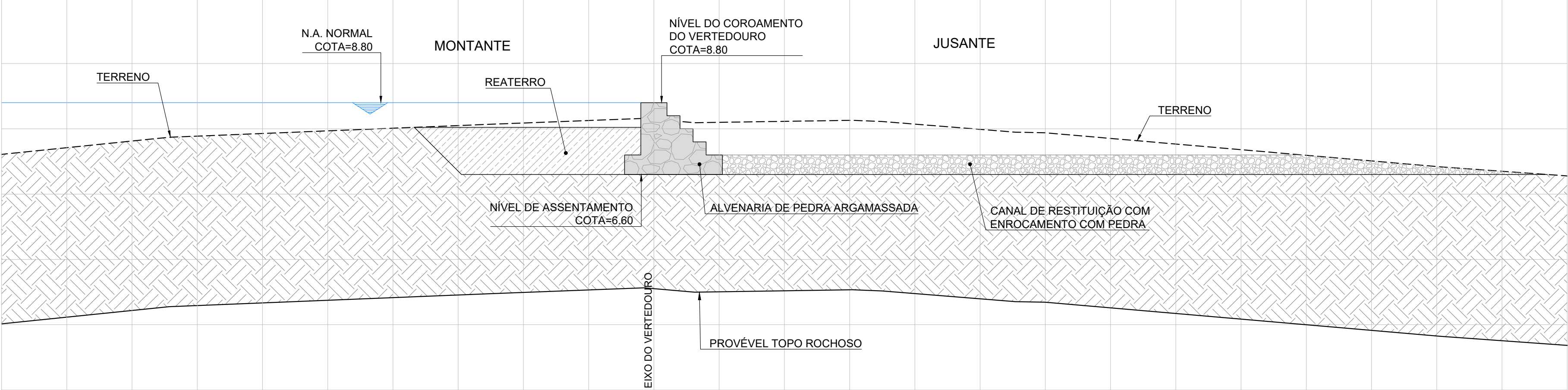
ESCALA: INDICADA

DATA: SETEMBRO/2021

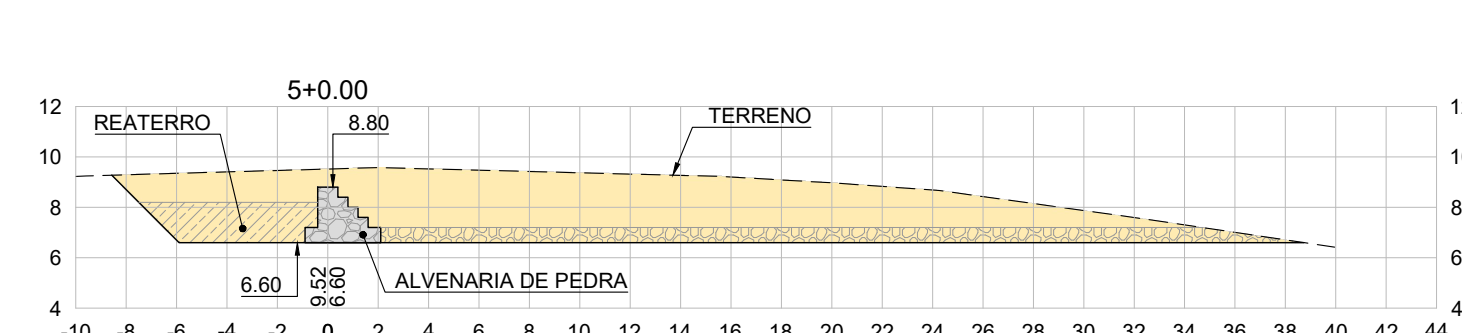
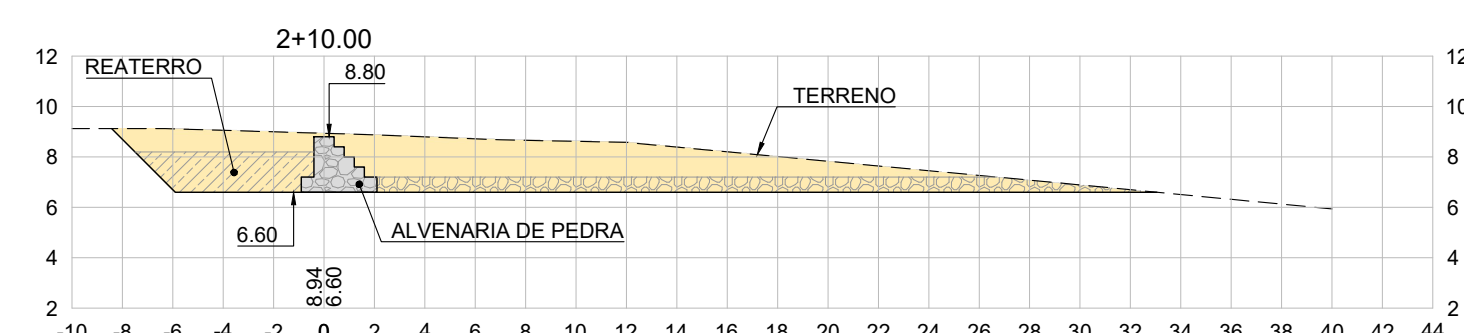
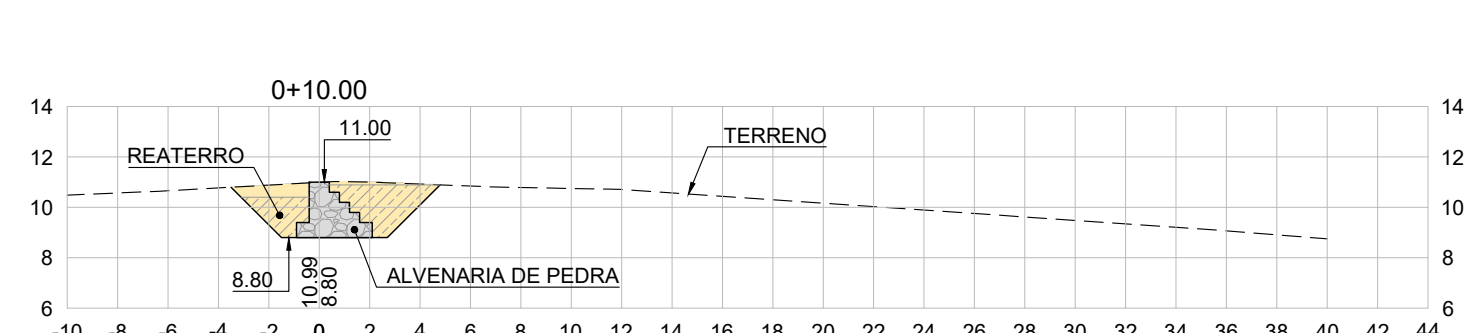
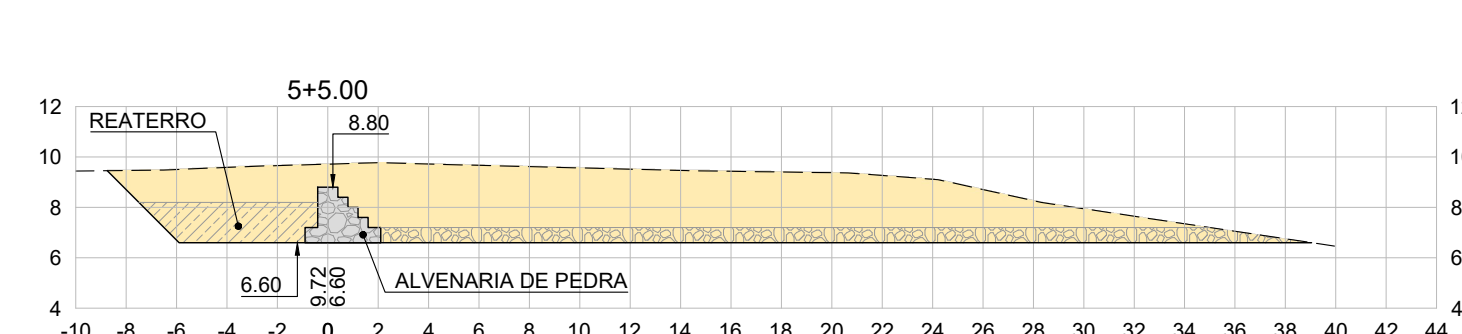
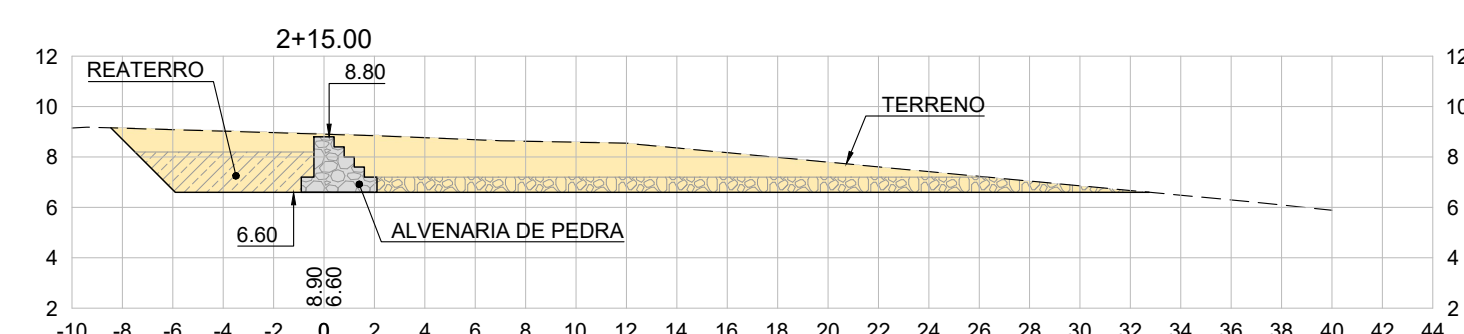
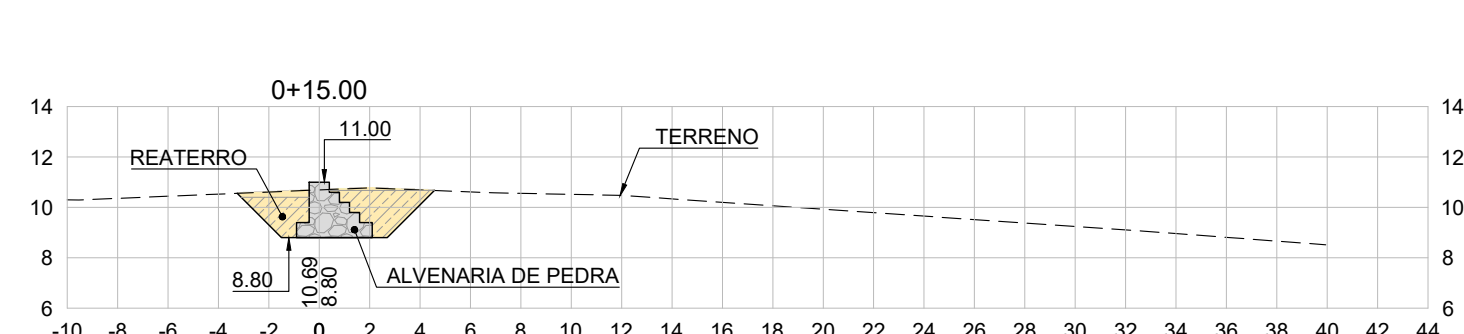
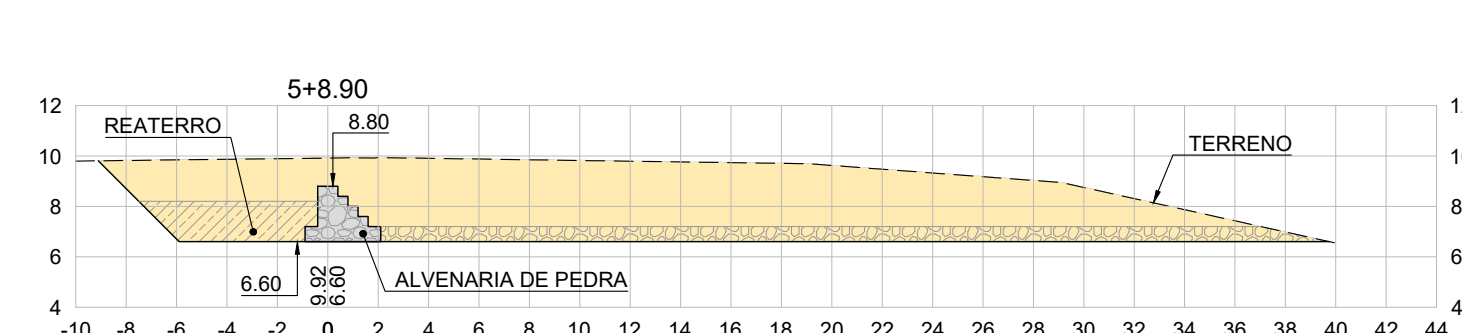
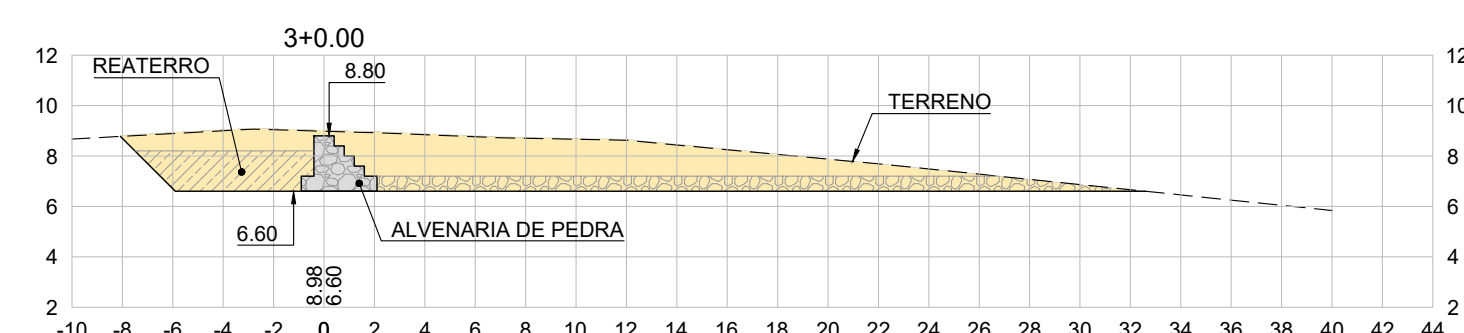
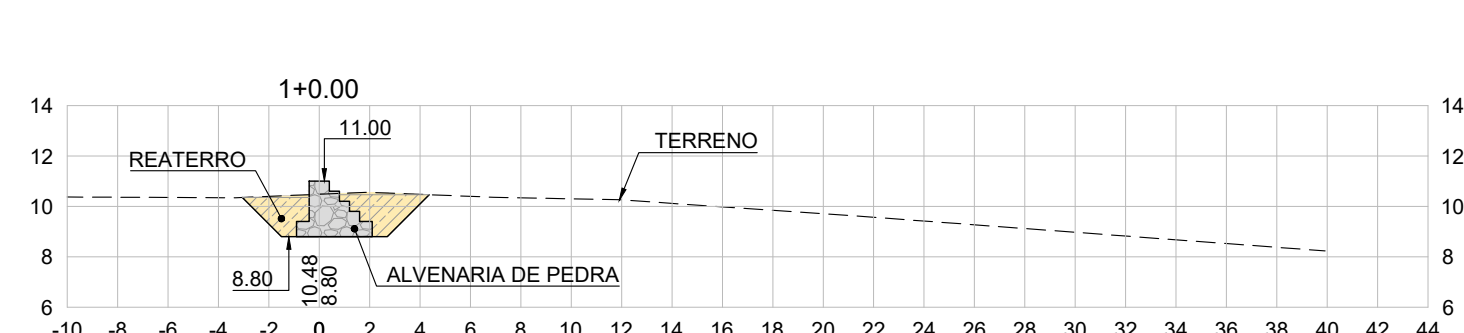
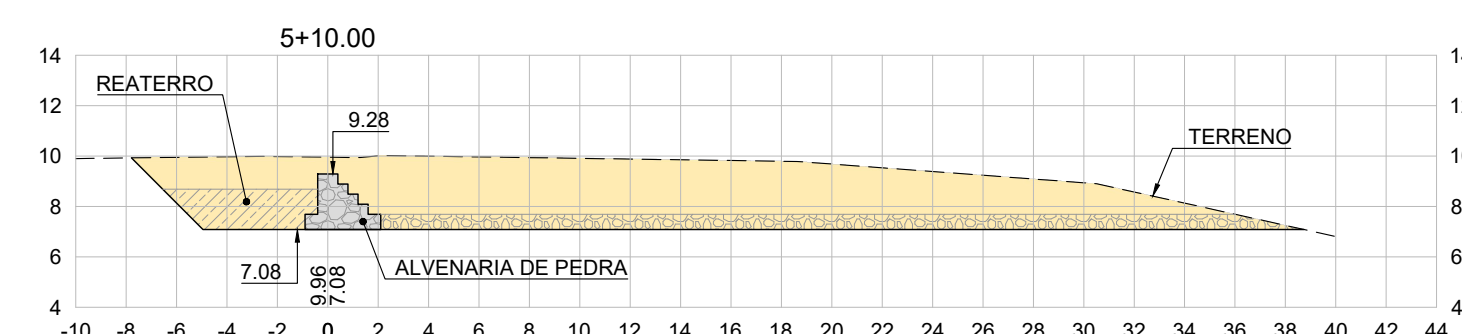
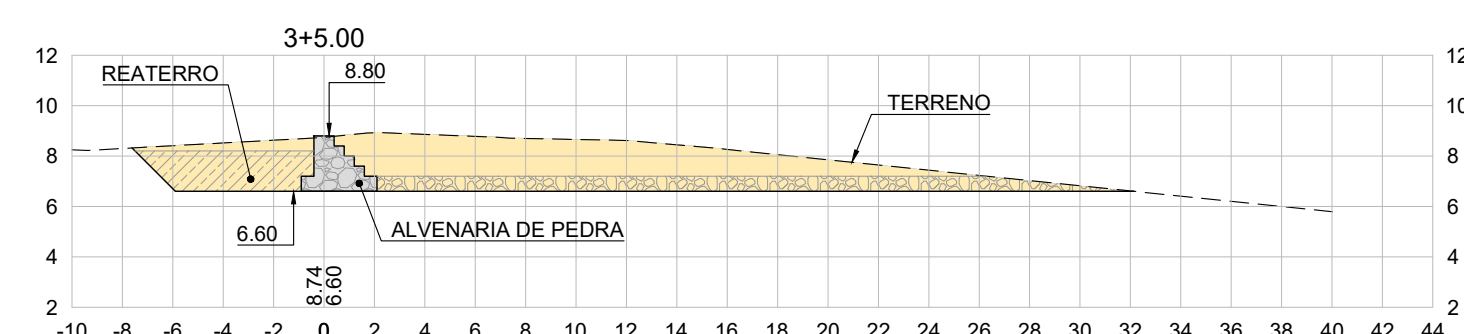
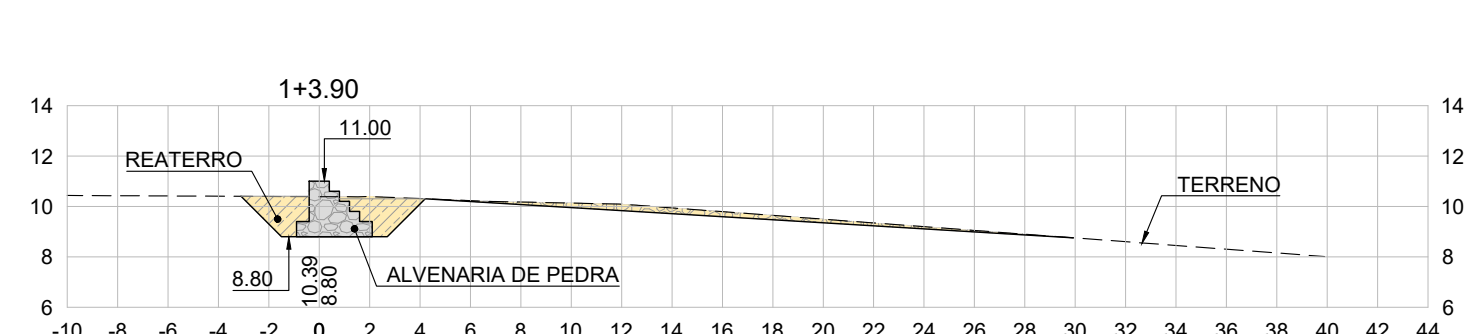
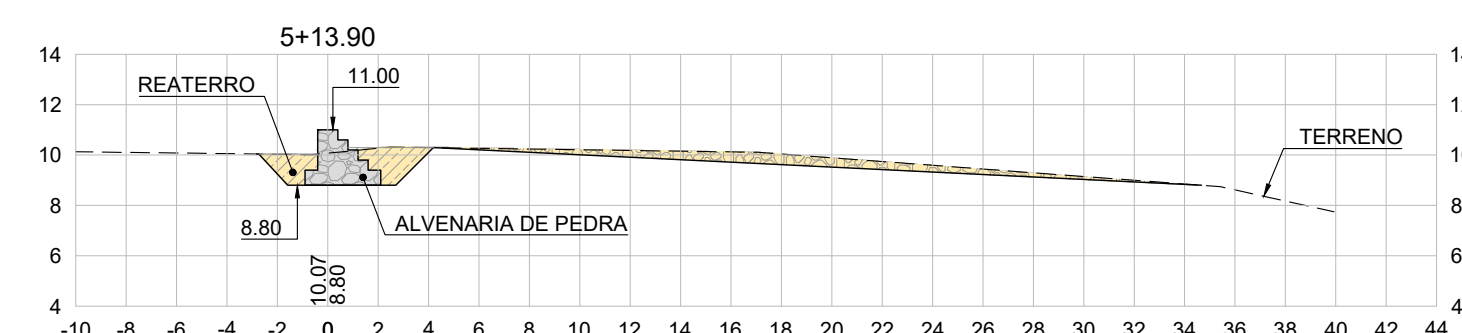
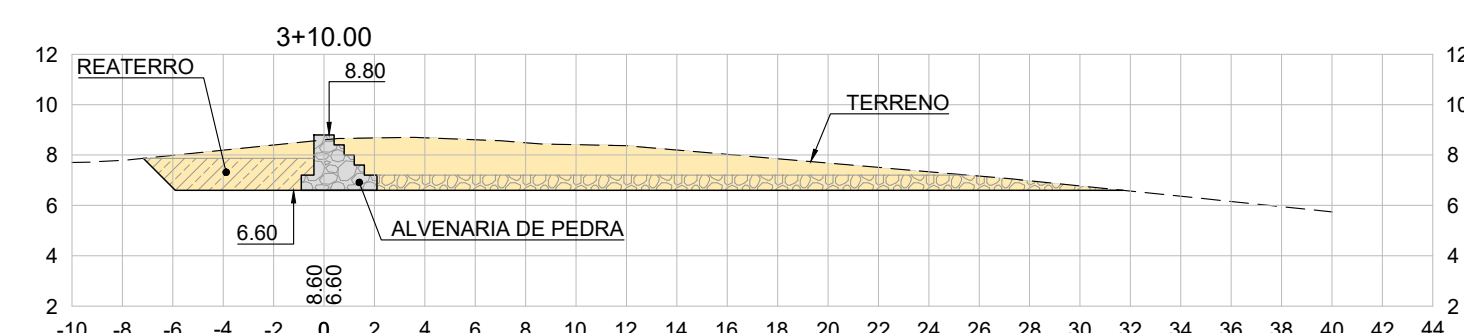
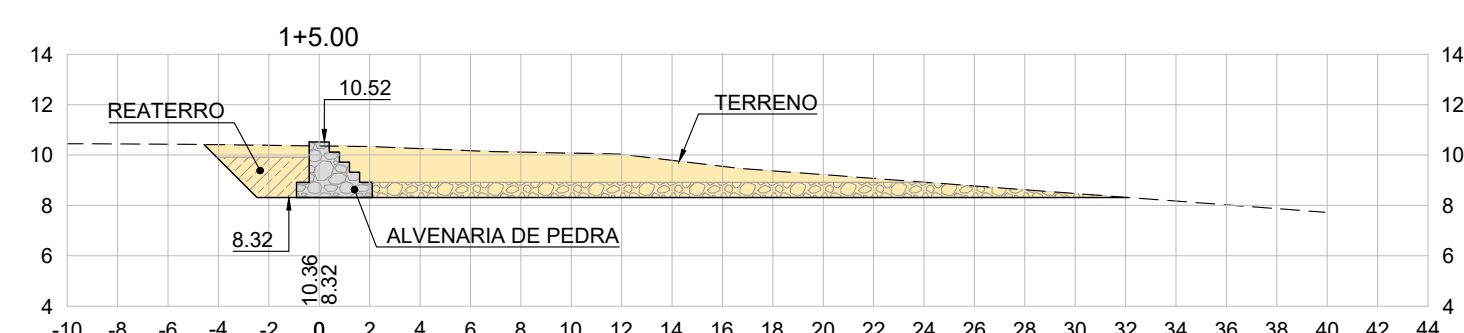
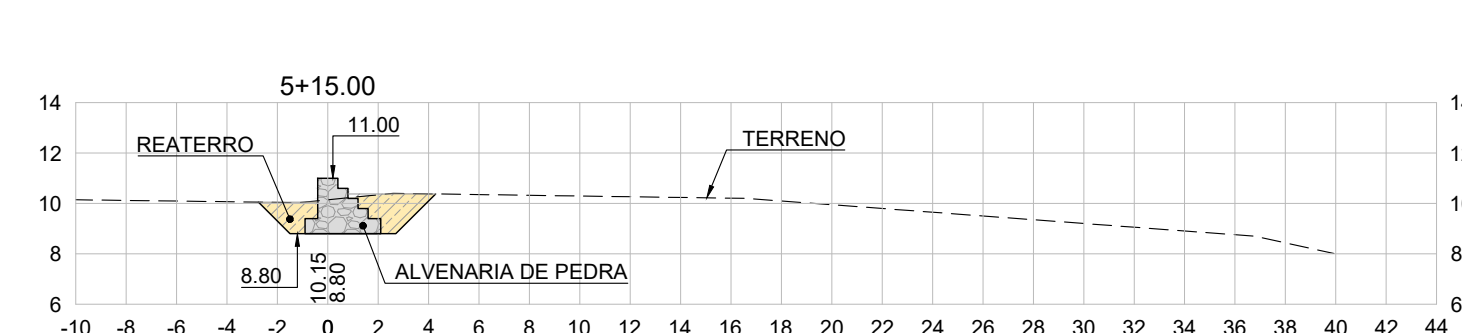
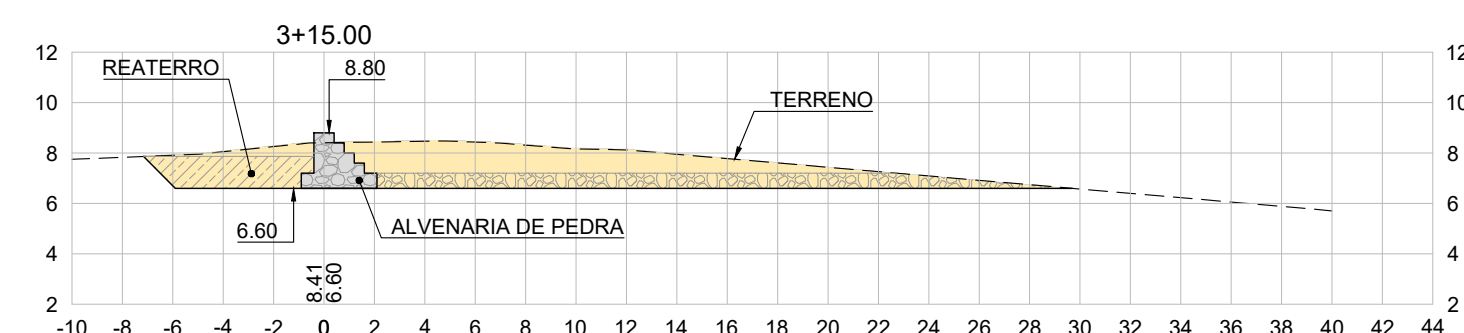
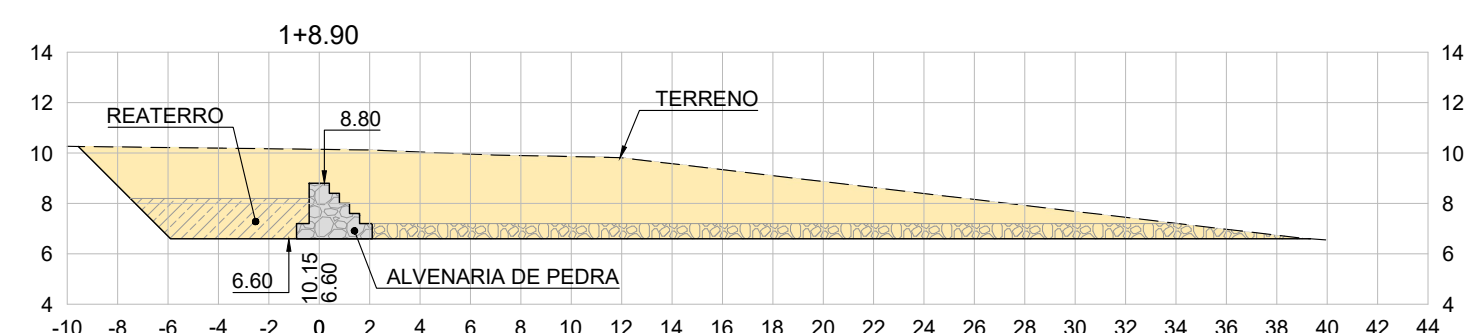
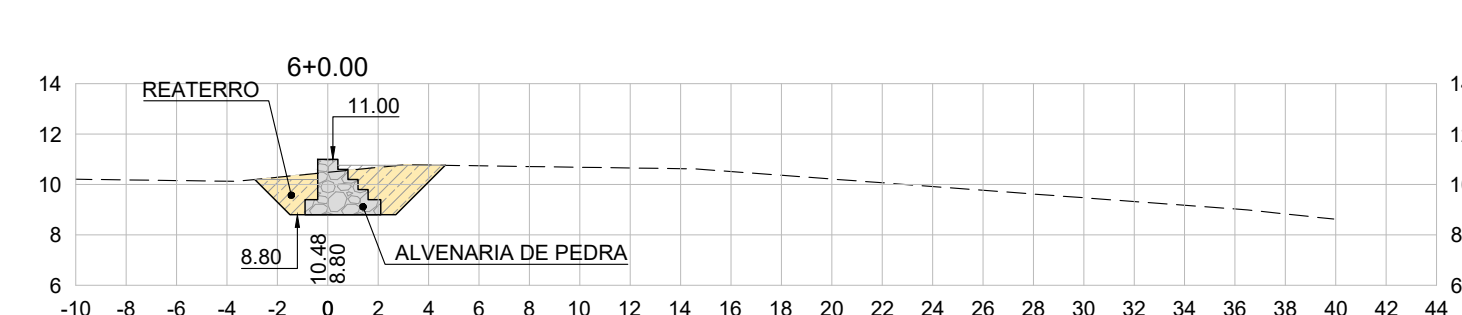
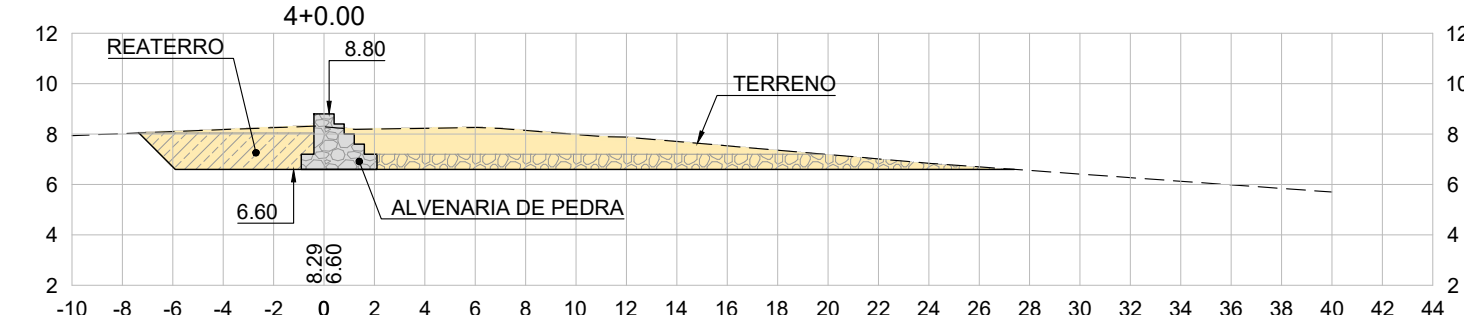
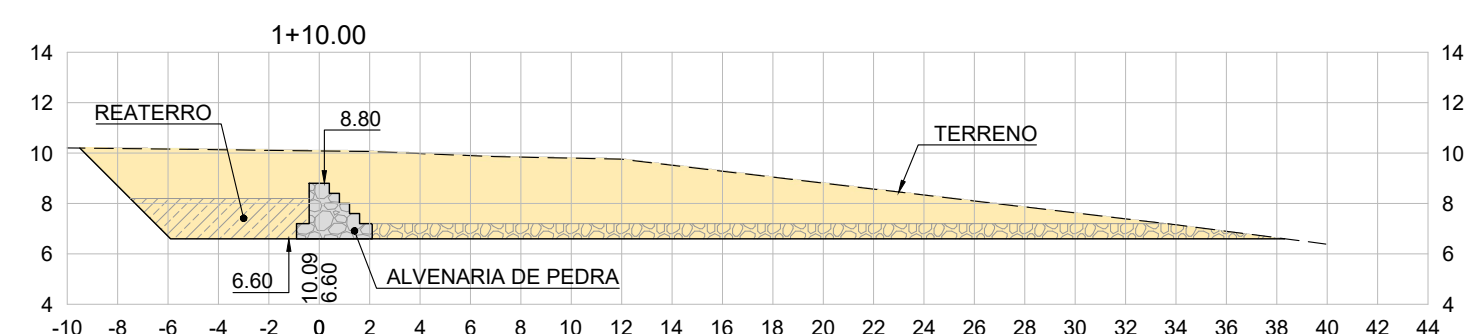
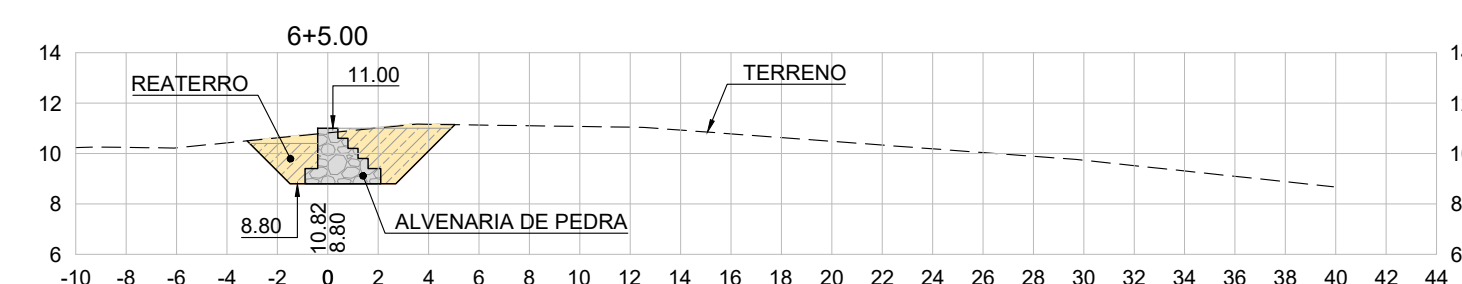
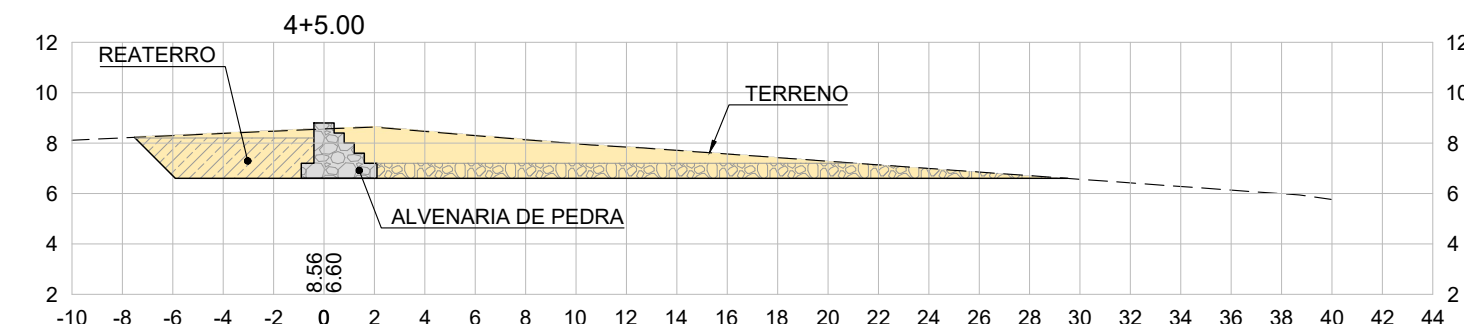
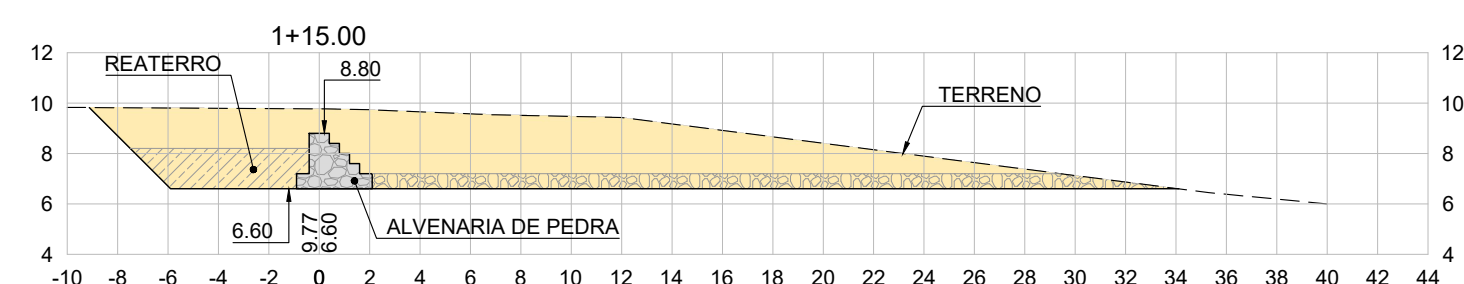
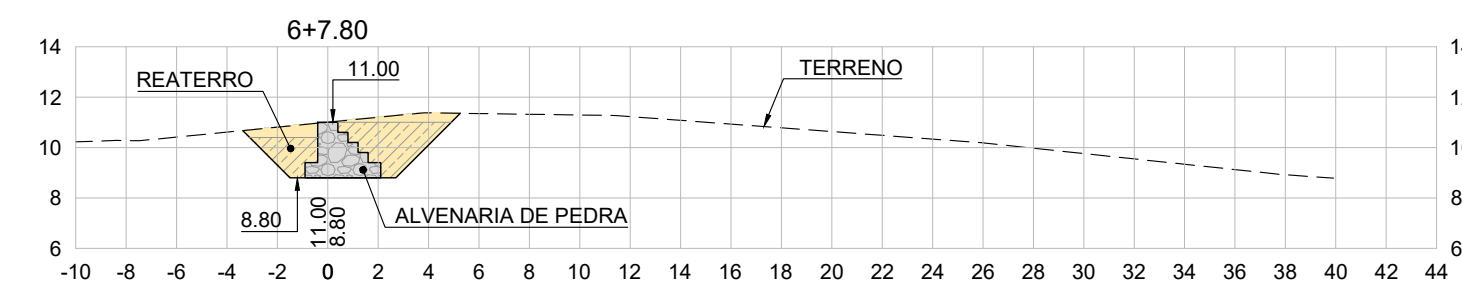
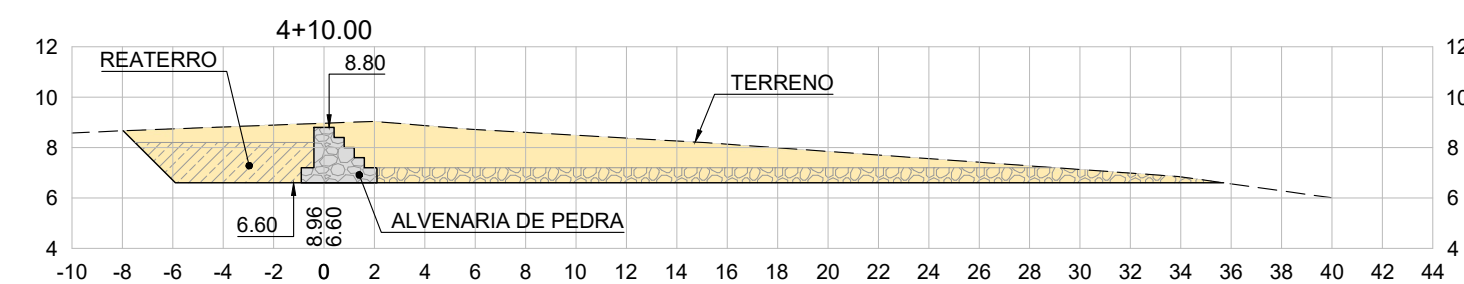
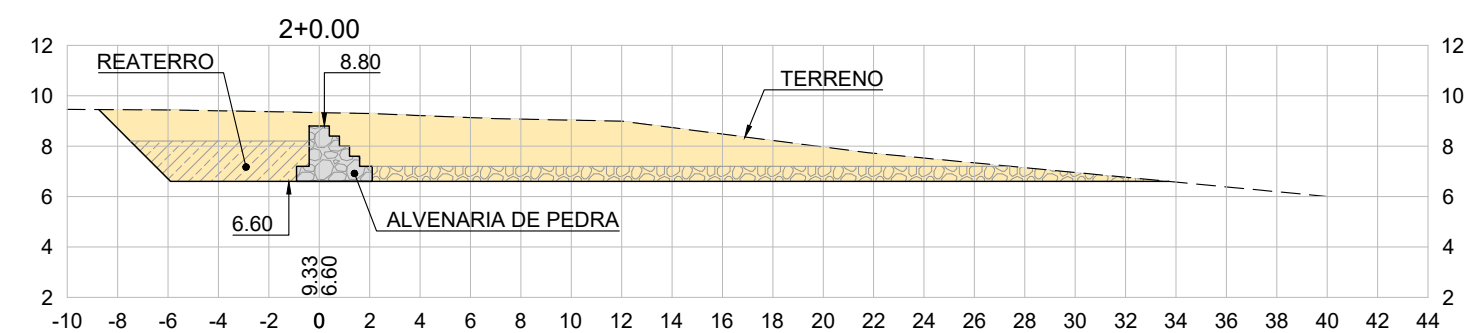
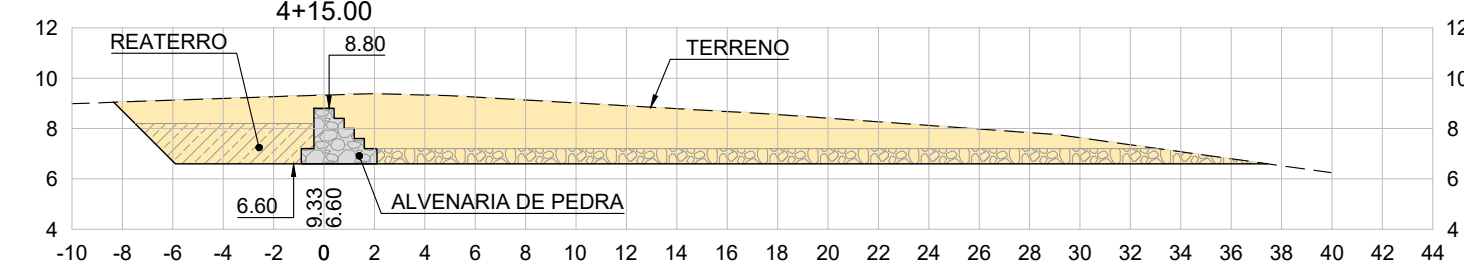
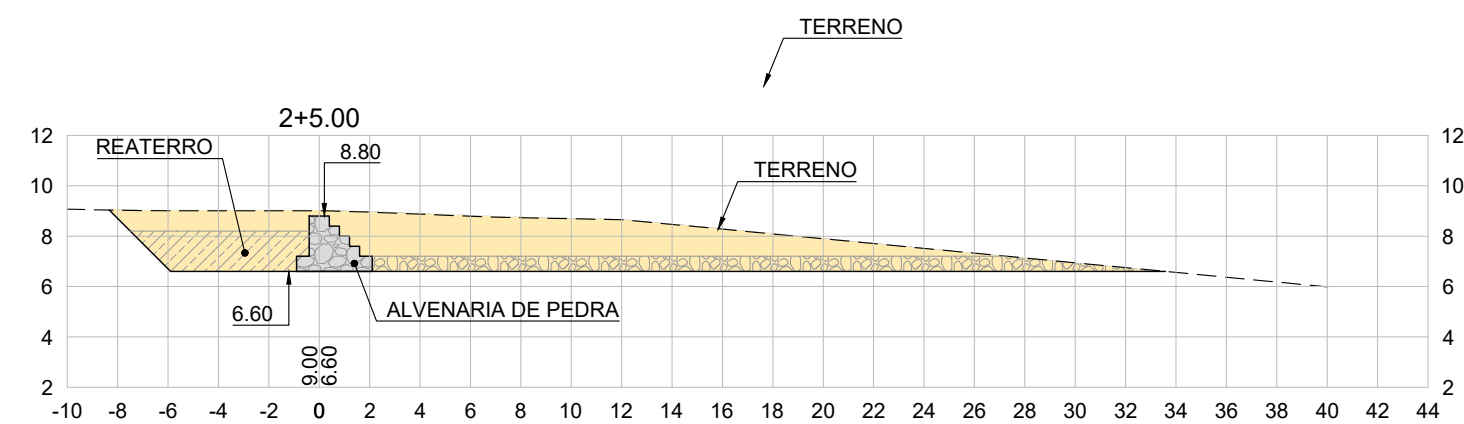
PRANCHA: 05



PERFIL TRANSVERSAL DO VERTEDOURO - EST. 4+0.00
ESTACA: 1/100



- PLANTA:
- EIXOS
 - RIOS
 - CURVAS DE NÍVEIS
- PERFIL:
- TERRENO NATURAL
 - PROVÁVEL TOPO ROCHOSO
 - ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA
 - ENROCAMENTO COM PEDRA
 - TERRENO NATURAL
 - ATERRO COMPACTADO



- LEGENDA:
- TERRENO NATURAL
 - ESCAVAÇÃO DO VERTEDOIRO
 - ÁREA DE ESCAVAÇÃO
 - ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA
 - ENROCAMENTO COM PEDRA
 - ATERRO COMPACTADO
 - TERRENO NATURAL



PREFEITURA MUNICIPAL DE BEBERIBE

PROJETO : SANGRADEIRO DA LAGOA DO UUAÚ

LOCALIDADE: UUAÚ

MUNICÍPIO: BEBERIBE-CE

CONTEÚDO: TERRAPLENAGEM SEÇÕES

DESENHO: EDIBERTO

ESCALA: INDICADA

DATA: SETEMBRO/2021

PRANCHA: 05