

2303-PROD7-DRE-001-REV_A

ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Anel Viário

Iguatu-CE



IGUATU
PREFEITURA MUNICIPAL

IGUATU / CE

ABRIL 2023

Rev-A

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS	3
1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	6
2 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA	9
2.1 Principais Parâmetros	9
2.1.1 Temperatura	9
2.1.2 Umidade Relativa.....	10
2.1.3 Insolação Média	11
2.1.4 Nebulosidade	12
2.1.5 Precipitação Total	13
2.1.6 Evaporação total média	14
2.1.7 Evapotranspiração	15
2.1.8 Balanço Hídrico.....	16
2.2 Classificação do Clima	18
2.2.1 Classificação segundo Köppen-Geiger.....	18
2.3 Sinopse Climatológica.....	21
3 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS	23
3.1 Método das Isozonas (TORRICO,1975)	23
3.2 Valores Externos	25
4 VAZÕES DE PROJETO DE OBRAS DE ARTE CORRENTE	46
4.1 Cálculo das Descargas de Projeto	46
4.1.1 Método Racional	46
4.1.2 Método do Soil Conservation Service (SCS)	48
5 PROJETO DE DRENAGEM	57
5.1 Considerações Gerais	57
5.2 Determinação da Capacidade de Escoamento das Sarjetas.....	57
5.3 Descidas d'Água Tipo Rápido	59
5.4 Cálculo da Capacidade de Drenagem das Obras de Arte Correntes.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.....	10
Figura 2.2 - Umidade Relativa Média.	11
Figura 2.3 - Insolação total média.	12
Figura 2.4 – Nebulosidade.....	13
Figura 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.	14
Figura 2.6 - Evaporação total média.....	15
Figura 2.7 - Balanço Hídrico.	16
Figura 2.8 - Extrato de Balanço Hídrico Mensal.	18
Figura 2.9 - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano....	18
Figura 3.1 - Método das Isozonas de Taborga.	24
Figura 3.2 – Mapa de Bacias e Postos Pluviométricos.....	26
Figura 3.3 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639001.....	31
Figura 3.4 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639035.....	32
Figura 3.5 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639038.....	33
Figura 3.6 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639058.....	33
Figura 3.7 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639001.	36
Figura 3.8 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639035.	37
Figura 3.9 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639038.	38
Figura 3.10 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639058.	39
Figura 3.11 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639001.....	42
Figura 3.12 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639035.....	43
Figura 3.13 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639038.....	43
Figura 3.14 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639058.....	44
Figura 3.9 – Bacias Hidrográficas.....	52
Figura 4-1 - Esquema com seção de sarjeta apresentando faixa de alagamento.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C).	10
Tabela 2-2 - Umidade Relativa Média.	11
Tabela 2-3 - Insolação Média.	12
Tabela 2-4 - Nebulosidade.	13
Tabela 2-5 - Distribuição temporal da precipitação.	14
Tabela 2-6 - Evaporação total média.	14
Tabela 2-7 - Evapotranspiração potencial.	16
Tabela 2-8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite & Mather.	17
Tabela 2-9 - Significado da primeira letra da classificação segundo Köppen-Geiger....	20
Tabela 2-10 - Significado da segunda letra da classificação segundo Köppen-Geiger.	20
Tabela 2-11 - Significado da terceira letra da classificação segundo Köppen-Geiger...	21
Tabela 2-12 - Sinopse Climatológica.	21
Tabela 3-1 - Relações entre a chuva diária e as chuvas de duração de 24 horas, 1 hora e 6 min.	25
Tabela 3-2 - Postos Pluviométricos que exercem influência nas bacias hidrográficas em estudo.	25
Tabela 3-3 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639001.	27
Tabela 3-4 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639035.	28
Tabela 3-5 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639038.	28
Tabela 3-6 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639058.	29
Tabela 3-7 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639001.	34
Tabela 3-8 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639035.	34
Tabela 3-9 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639038.	34
Tabela 3-10 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639058.	35
Tabela 3-11 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639001.	40
Tabela 3-12 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639035.	40

Tabela 3-13 - Pluviometria desagregada pelo método de Tabora Torrico – Posto 639038.	40
Tabela 3-14 - Pluviometria desagregada pelo método de Tabora Torrico – Posto 639058.	41
Tabela 3-15 – Equações de chuva para os postos estudados.	42
Tabela 4-1 - Coeficiente de Escoamento de acordo com o uso do solo.	48
Tabela 4-2 – Dados de entrada p/ cálculo de vazões de projeto.....	55
Tabela 4-3 – Resultados de vazões de projeto por bacia.....	55
Tabela 5-1 - Resultados dos cálculos de comprimentos críticos de sarjeta.	59
Tabela 5-2 - Dimensionamento dos bueiros alocados (parâmetros de entrada).	64
Tabela 5-3 - Dimensionamento dos bueiros alocados (condições de dimensionamento).	64
Tabela 5-4 - Dimensionamento dos bueiros alocados (resultados).....	65

1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O presente estudo tem por objetivo elaborar os estudos hidrológicos referentes à requalificação e implantação do Anel Viário e das Ruas 13 de Maio de Márcio Nogueira, na cidade de Iguatu, Estado do Ceará. O município de Iguatu está distante cerca de 380 km da capital estadual. O melhor roteiro para se chegar a região, partindo da capital estadual, é tomar a BR-116 até a cidade de Morada Nova, seguindo pela CE-371 e BR-122 até o município de Iguatu.

O município de Iguatu, no qual está inserido a região em estudo, localiza-se na latitude 06° 21' 34" Sul e longitude 39° 17' 55" Oeste, na Região Administrativa 16 – Macrorregião Cariri Centro-Sul; na Mesorregião Centro-Sul Cearense e na Microrregião Iguatu.

Tem como municípios limítrofes:

- ao norte: Quixelô e Acopiara;
- ao sul: Cariús e Cedro;
- ao leste: Cedro, Icó, Orós e Quixelô;
- ao oeste: Acopiara, Jucás e Cariús.

A Figura 1.1 apresenta o mapa de localização da região em estudo.



Figura 1.1 – Mapa de Localização

2 – CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

2 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia visa caracterizar a área em estudo, descrita anteriormente, nos seus mais variados elementos hidrometeorológicos. Para caracterizar a hidroclimatologia da região foram consideradas representativas a estação hidroclimatológica de Campos Sales, situada no município homônimo, uma vez que este município possui características hidrometeorológicas semelhantes à região de interesse. A caracterização hidroclimatológica da zona será feita utilizando-se os dados fornecidos pelo INMET (2011), os quais foram obtidos a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1980 a 2010.

2.1 Principais Parâmetros

2.1.1 Temperatura

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

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

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2.T_{24} + T_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}}}{5}$$

Em que:

Tcomp = Temperatura média compensada;

T12 = Temperatura observada às 12:00 TMG;

T24 = Temperatura observada às 24h00min TMG;

TMÁX = Temperatura máxima do dia;

TMÍN = Temperatura mínima do dia.

A temperatura média compensada apresenta uma variação de 4,0 °C, isso para os meses de julho (25,5 °C) e novembro (29,5 °C). As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de outubro e novembro (35,7 °C) e junho (20,6 °C), conforme se observa na Tabela 2.1 e na Figura 2.1.

Tabela 2-1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C).

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Maxima	33,4	32,3	31,8	31,1	31,2	31,5	32,4	33,5	35,0	35,7	35,7	35,1
Comp.	27,6	26,8	26,6	26,2	25,9	25,5	26,1	27,1	28,3	29,3	29,5	29,2
Mínima	23,1	22,6	22,5	22,3	21,7	20,6	20,7	21,3	22,3	23,1	23,5	23,6

FONTE: INMET (2011)

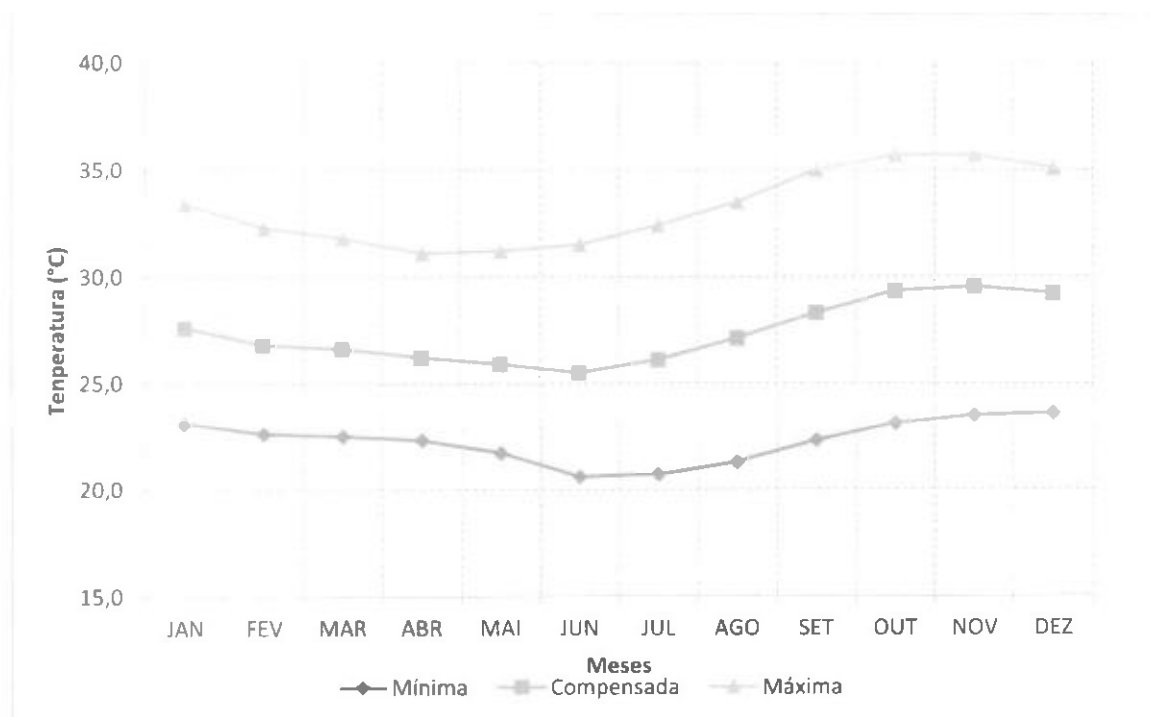


Figura 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.

2.1.2 Umidade Relativa

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 34,1% ocorrida entre os meses de outubro (46,8%) e abril (80,9%), como pode ser verificado na Tabela 2.2 e na Figura 2.2.

Tabela 2-2 - Umidade Relativa Média.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	66,3	73,5	77,5	80,9	77,6	68,4	58,9	49,8	46,9	46,8	47,1	51,3

FONTE: INMET (2011)

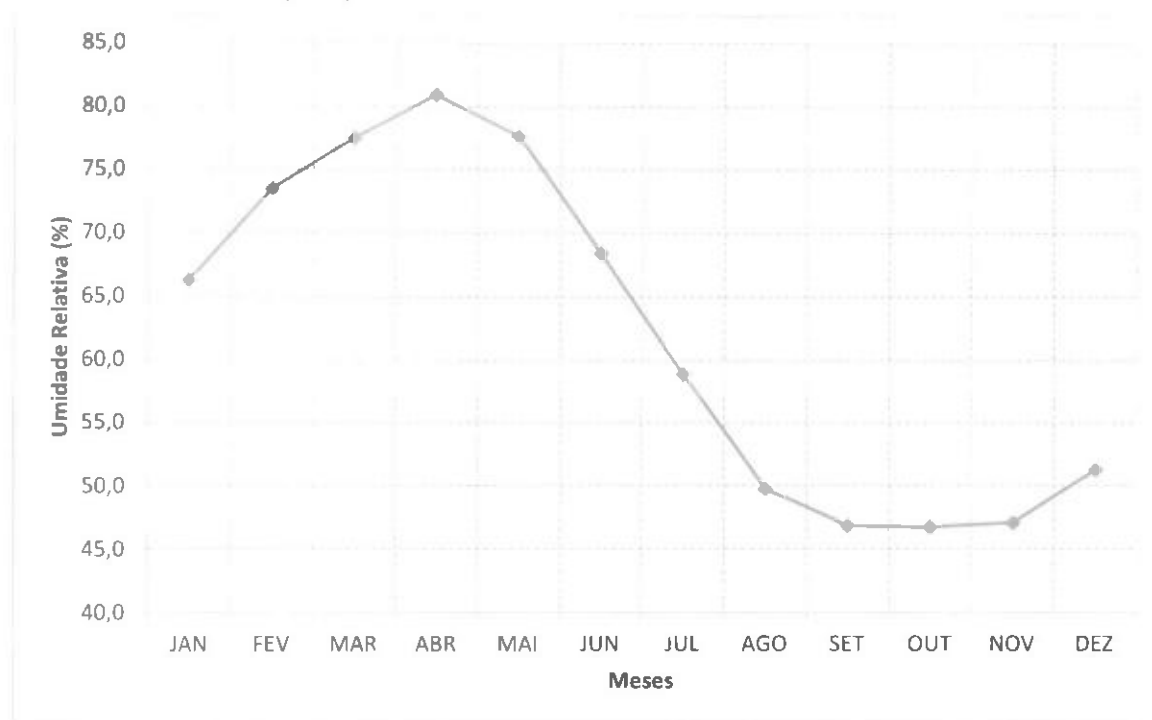


Figura 2.2 - Umidade Relativa Média.

Os índices de umidade relativa medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em consideração a pluviometria a qual é o principal componente do fenômeno.

2.1.3 Insolação Média

A Tabela 2.3 e a Figura 2.3 mostram, respectivamente, o número de horas médio de exposição solar e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 3.009,3 horas de exposição, podendo-se concluir que cerca de 69% dos dias do ano possui incidência solar direta (admitindo-se que o dia está composto por 12 horas de luz diurna e 12 horas de luz noturna). Durante o trimestre agosto/setembro/outubro ocorrem os maiores valores de horas de insolação, ao passo que os menores valores ocorrem no

trimestre janeiro/fevereiro/março. Os meses de agosto e setembro apresentam os maiores índices de insolação (293,2 horas) e o mês de fevereiro o menor (196,3 horas).

Tabela 2-3 - Insolação Média.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	216,0	196,3	217,4	216,4	236,8	251,3	268,4	293,2	293,2	292,0	275,5	252,8

FONTE: INMET (2011)

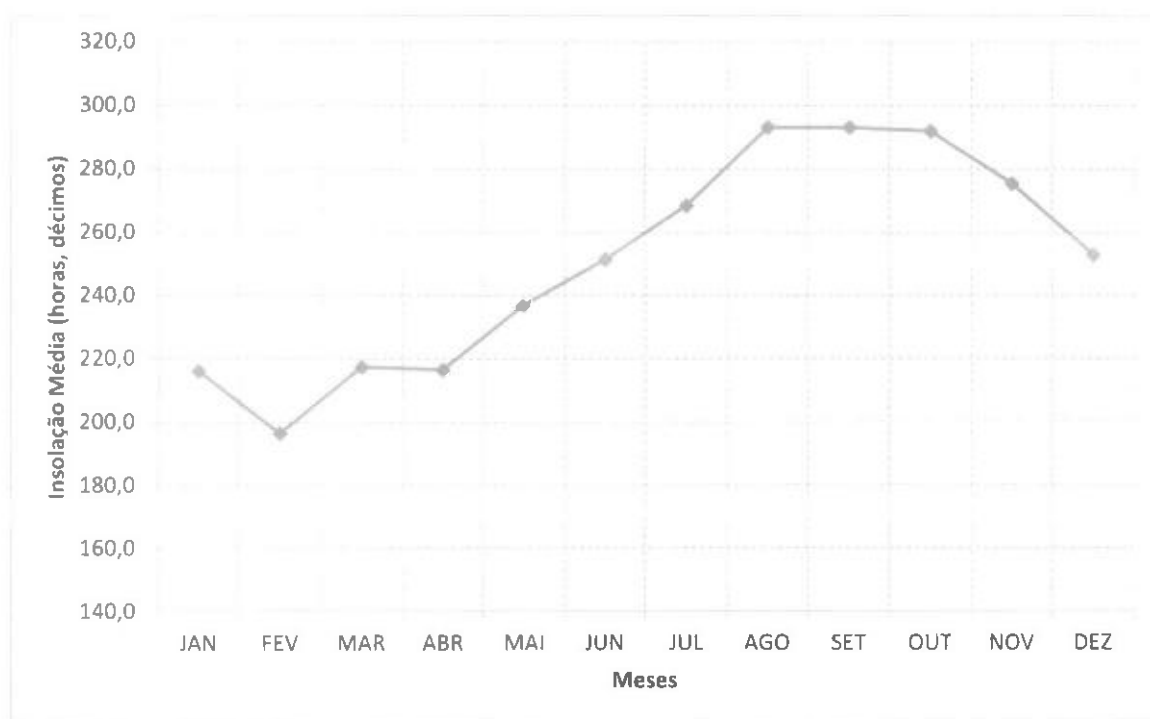


Figura 2.3 - Insolação total média.

2.1.4 Nebulosidade

Segundo os dados utilizados, a região apresenta uma variação máxima na nebulosidade de 3,0, sendo janeiro a abril os meses de maior índice de nebulosidade (6,0) e o de menor setembro (3,0). Esta variável é avaliada por um fator adimensional que varia de 0 a 10. A Tabela 2.4 e a Figura 2.4 permitem observar a variação temporal desta variável.

Tabela 2-4 - Nebulosidade.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0-10	6	6	6	6	5	5	4	4	3	4	4	5

FONTE: INMET (2011)

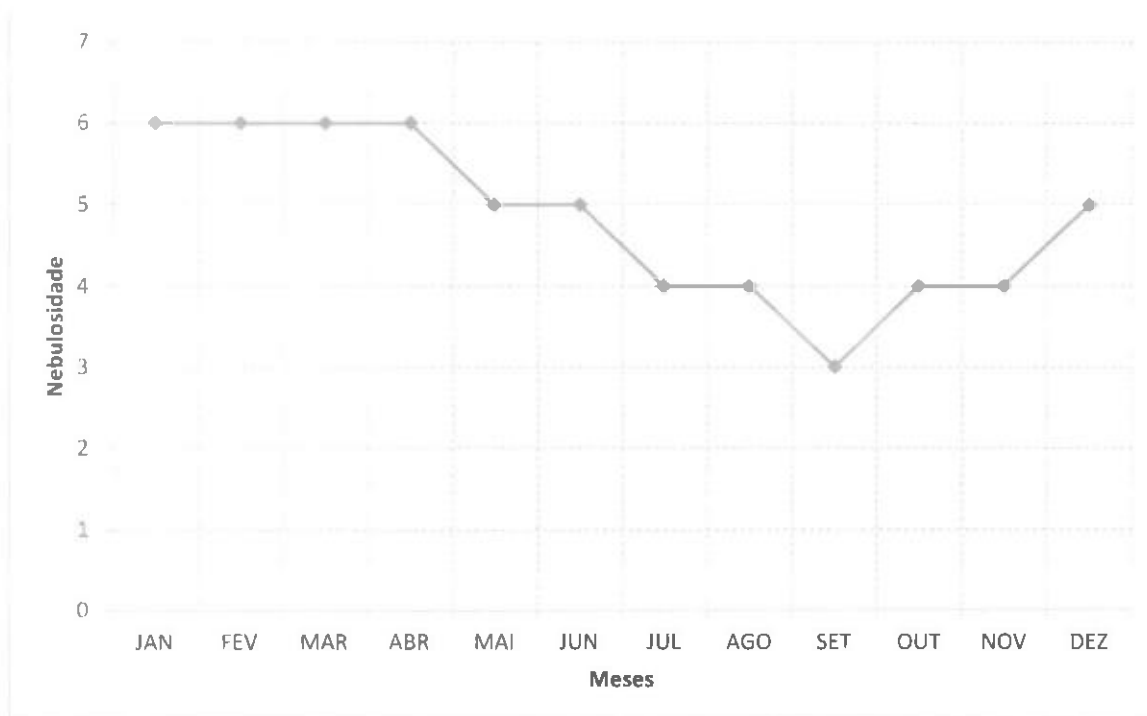


Figura 2.4 – Nebulosidade.

2.1.5 Precipitação Total

A precipitação total anual média observada na região é de 864,6 mm, obtida a partir dos dados pluviométricos do posto Iguatu (código ANA 00639035). O trimestre mais chuvoso é fevereiro/março/abril com 63,4% do total e o trimestre menos chuvoso é julho/agosto/setembro em que precipita cerca de 3% do total anual. O mês mais chuvoso é março (25,8% do total anual) e no mês de agosto ocorre o menor índice de precipitação (6,5 mm). A distribuição temporal da precipitação é apresentada na Tabela 2.5 e na Figura 2.5.

Tabela 2-5 - Distribuição temporal da precipitação.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	106,5	155,0	223,6	170,0	80,3	33,1	12,5	6,5	8,1	13,8	11,1	43,9

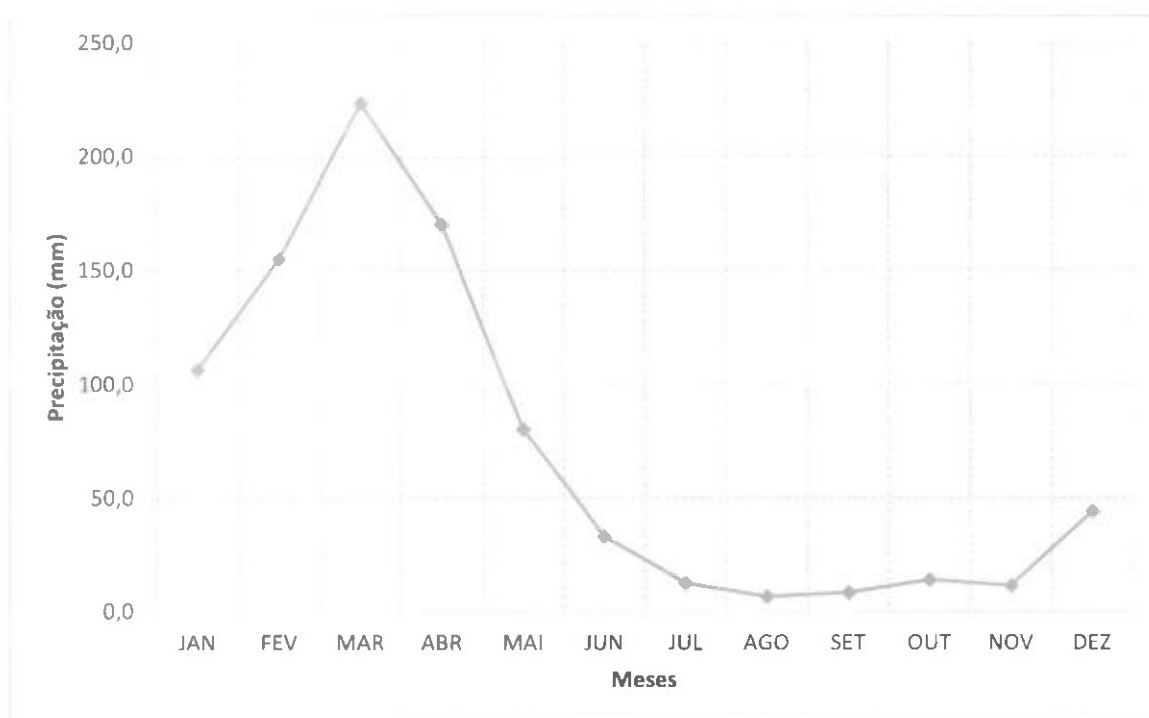


Figura 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.

2.1.6 Evaporação total média

A evaporação média anual na estação de Iguatu - CE, medida em evaporímetro de Piche foi de 2.685,9 mm, distribuída ao longo dos meses conforme demonstra a Tabela 2.6 e a Figura 2.6.

Tabela 2-6 - Evaporação total média.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	199	133	112	92	137	206	278	332	320	302	303	273

FONTE: INMET (2011)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a agosto/setembro/outubro, ocorrendo o máximo em agosto (332 mm). O trimestre

janeiro/fevereiro/março possui o menor índice de evaporação, ocorrendo o mínimo em abril com 92 mm.



Figura 2.6 - Evaporação total média.

2.1.7 Evapotranspiração

A tabela 1.7 representa a evapotranspiração potencial mensal, obtida através de Hargreaves, totalizando 1.848,7 mm. A Figura 1.7 confronta os valores da tabela 1.7 com os valores da precipitação média tabelados na tabela 1.7. Percebe-se, como característica, a ocorrência de déficit hídrico em quase todo o ano, com exceção dos meses de fevereiro, março e abril.

Tabela 2-7 - Evapotranspiração potencial.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	146,0	125,0	128,0	116,0	117,0	111,0	124,0	139,0	145,0	159,0	150,0	151,0

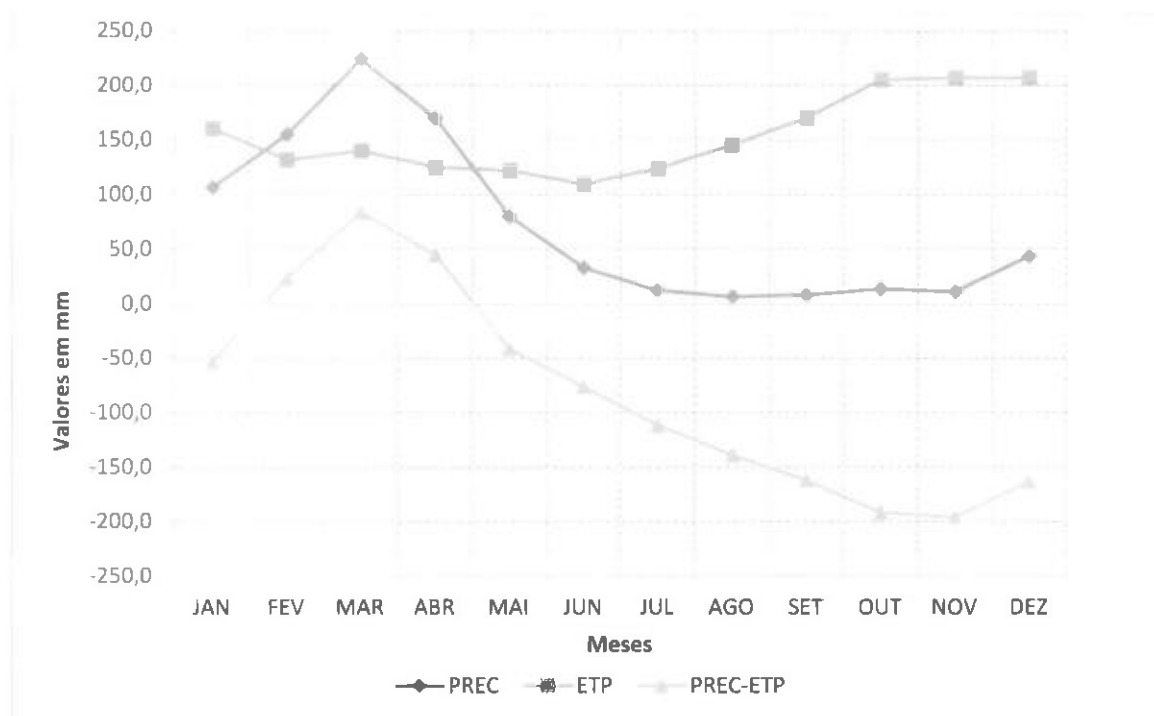


Figura 2.7 - Balanço Hídrico.

2.1.8 Balanço Hídrico

O balanço hídrico climático (BHC) permite estimar as disponibilidades de água no solo para as plantas. O BHC baseia-se na aplicação do princípio da conservação da massa através de um volume de controle com uma capacidade finita de armazenamento. A aplicação do BHC permite conhecer a magnitude dos volumes (ou lâminas) de água transferidos entre cada uma das variáveis que compõe esse balanço, essas variáveis são a precipitação pluvial, o déficit hídrico, a evapotranspiração potencial, a variação no armazenamento de água no solo e o excesso hídrico. Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather (1955), e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para realizar um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a região em questão e supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm, obtém-se a Tabela 2.8.

Tabela 2-8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite & Mather.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG-AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,6	106,5	160,08	-53,6	-1136,1	0,00	0,00	106,5	53,6	0,0
Fev	26,8	155,0	131,71	23,3	-145,7	23,30	23,30	131,7	0,0	0,0
Mar	26,6	223,6	139,81	83,8	0,0	100,00	76,70	139,8	0,0	7,1
Abr	26,2	170,0	125,33	44,7	0,0	100,00	0,00	125,3	0,0	44,7
Mai	25,9	80,3	121,88	-41,6	-41,6	65,98	-34,02	114,3	7,6	0,0
Jun	25,5	33,1	109,62	-76,5	-118,1	30,71	-35,27	68,4	41,2	0,0
Jul	26,1	12,5	124,20	-111,7	-229,8	10,05	-20,67	33,1	91,1	0,0
Ago	27,1	6,5	145,65	-139,2	-369,0	2,50	-7,55	14,0	131,6	0,0
Set	28,3	8,1	170,21	-162,1	-531,1	0,49	-2,00	10,1	160,1	0,0
Out	29,3	13,8	205,44	-191,7	-722,8	0,07	-0,42	14,2	191,3	0,0
Nov	29,5	11,1	207,28	-196,2	-919,0	0,01	-0,06	11,2	196,1	0,0
Dez	29,2	43,9	207,44	-163,6	-1082,5	0,00	-0,01	43,9	163,6	0,0
Totais	328,1	864,3	1848,66	-984,3		333	0,00	812,5	1036,1	51,8
Média	27,3	72,0	154,05	-82,0		27,8		67,7	86,3	4,3

Em que T é a temperatura, P a precipitação, ETP a evapotranspiração potencial, ARM a lâmina de água armazenada, ETR e evapotranspiração real, DEF o déficit de água no solo e EXC a lâmina excedente de água no solo. A Figura 2.8 ilustra o extrato de balanço hídrico mensal, enquanto a Figura 2.9 mostra a eficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano.

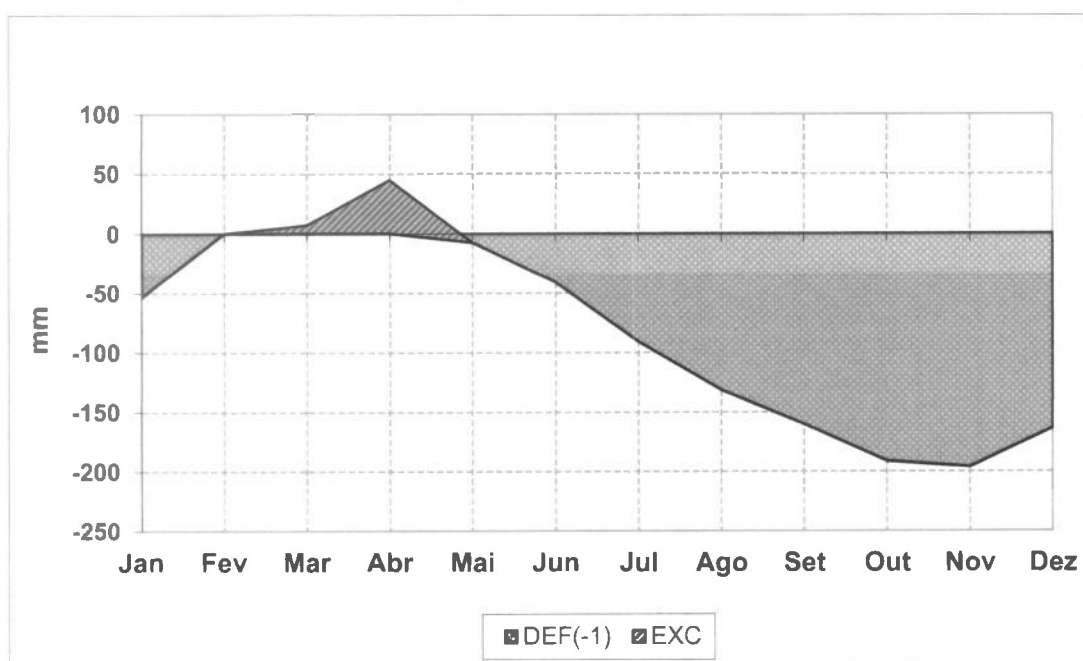


Figura 2.8 - Extrato de Balanço Hídrico Mensal.

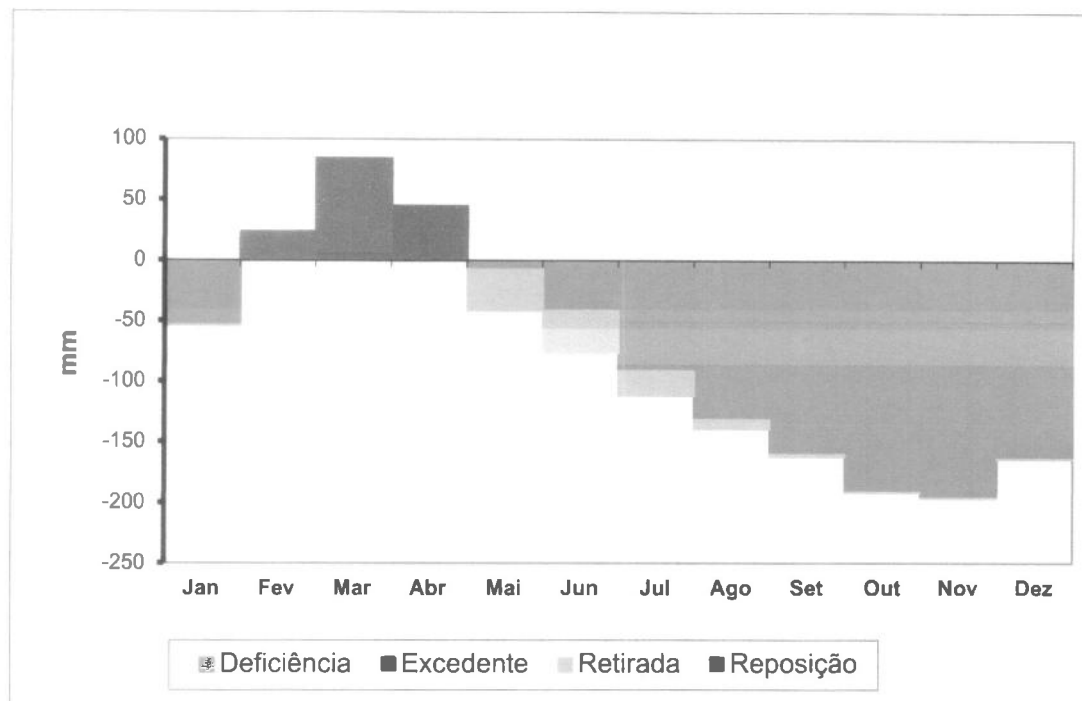


Figura 2.9 - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano.

2.2 Classificação do Clima

2.2.1 Classificação segundo Köppen-Geiger

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

Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos

e subtipos considerados. Contudo, a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue entre regiões com biomas muito distintos, pelo que têm surgido classificações dela derivadas, a mais conhecida das quais é a classificação climática de Trewartha.

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

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

As Tabelas 2.9 a 2.11 a seguir apresentam o significado das letras utilizadas para a classificação. De acordo com esta classificação, a região do estudo encontra-se classificada como Clima Tropical, megatérmico, tipo A. As chuvas são classificadas como do tipo w, uma vez que a distribuição temporal da precipitação da área abrange o verão.

Tabela 2-9 - Significado da primeira letra da classificação segundo Köppen-Geiger.

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

Tabela 2-10 - Significado da segunda letra da classificação segundo Köppen-Geiger.

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

Tabela 2-11 - Significado da terceira letra da classificação segundo Köppen-Geiger.

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

2.3 Sinopse Climatológica

A Tabela 2.12 apresenta uma sinopse das características climatológicas da região em que será inserido o município de Iguatú.

Tabela 2-12 - Sinopse Climatológica.

Elementos Hidrometeorológicos	Revisão
Pluviometria média anual (Média na Bacia Hidrográfica)	864,6 mm
Evaporação média anual	2.685,9 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1.848,7 mm
Insolação média anual	3.009,3 h
Umidade relativa média anual	62,1%
Temperatura média anual: média das máximas	33,2 $^{\circ}\text{C}$
Temperatura média anual: média das médias	27,3 $^{\circ}\text{C}$
Temperatura média anual: média das mínimas	22,3 $^{\circ}\text{C}$
Classificação climática segundo Köppen-Geiger	Aw

3 – ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

3 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.

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.

3.1 Método das Isozonas (TORRICO, 1975)¹

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 R1h;

¹TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2a. Ed., TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.

- Plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

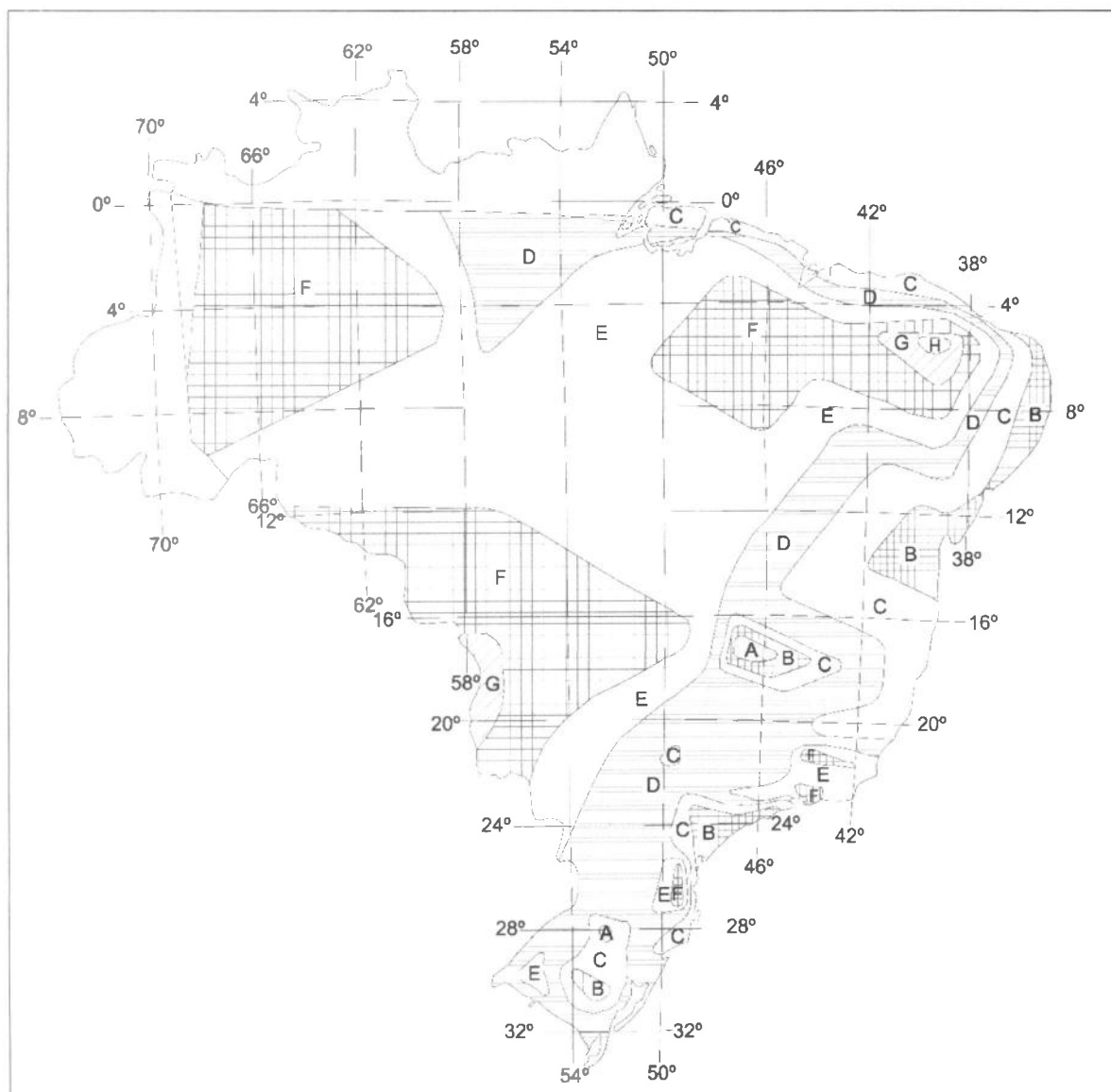


Figura 3.1 - Método das Isozonas de Taborga.

A Tabela 3.1 apresenta os coeficientes definidos por Taborga Torrico para desagregação da chuva de acordo com a zona onde está localizado o posto pluviométrico.

Tabela 3-1 - Relações entre a chuva diária e as chuvas de duração de 24 horas, 1 hora e 6 min.

Zona	Relação 1h/24h										Relação 6min/24h	
	Tr 05 anos	Tr 10 anos	Tr 15 anos	Tr 20 anos	Tr 25 anos	Tr 30 anos	Tr 50 anos	Tr 100 anos	Tr 1.000 anos	Tr 10.000 anos	Tr 5 - Tr 50 anos	Tr 100 anos
A	36,2%	35,8%	35,6%	35,5%	35,4%	35,3%	35,0%	34,7%	33,6%	32,5%	7,0%	6,3%
B	38,1%	37,8%	37,5%	37,4%	37,3%	37,2%	36,9%	36,6%	35,4%	34,3%	8,4%	7,5%
C	40,1%	39,7%	39,5%	39,3%	39,2%	39,1%	38,8%	38,4%	37,2%	36,0%	9,8%	8,8%
D	42,0%	41,6%	41,4%	41,2%	41,1%	41,0%	40,7%	40,3%	39,9%	37,8%	11,2%	10,0%
E	44,0%	43,6%	43,3%	43,2%	43,0%	42,9%	42,6%	42,2%	40,9%	39,6%	12,6%	11,2%
F	46,0%	45,5%	45,3%	45,1%	44,9%	44,8%	44,5%	44,1%	42,7%	41,3%	13,9%	12,4%
G	47,9%	47,4%	47,2%	47,0%	46,8%	46,7%	45,4%	45,9%	44,5%	43,1%	15,4%	13,7%
H	49,9%	49,4%	49,1%	48,9%	48,8%	48,6%	48,3%	47,8%	46,3%	44,8%	16,7%	14,9%

3.2 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 a avaliação das chuvas intensas na região em estudo, buscou-se determinar os postos pluviométricos que exercem influência nas bacias hidrográficas contribuintes ao Anel Viário, na cidade de Iguatu, Estado do Ceará.

A Figura 3.2 apresenta as bacias hidrográficas contribuintes ao Anel Viário

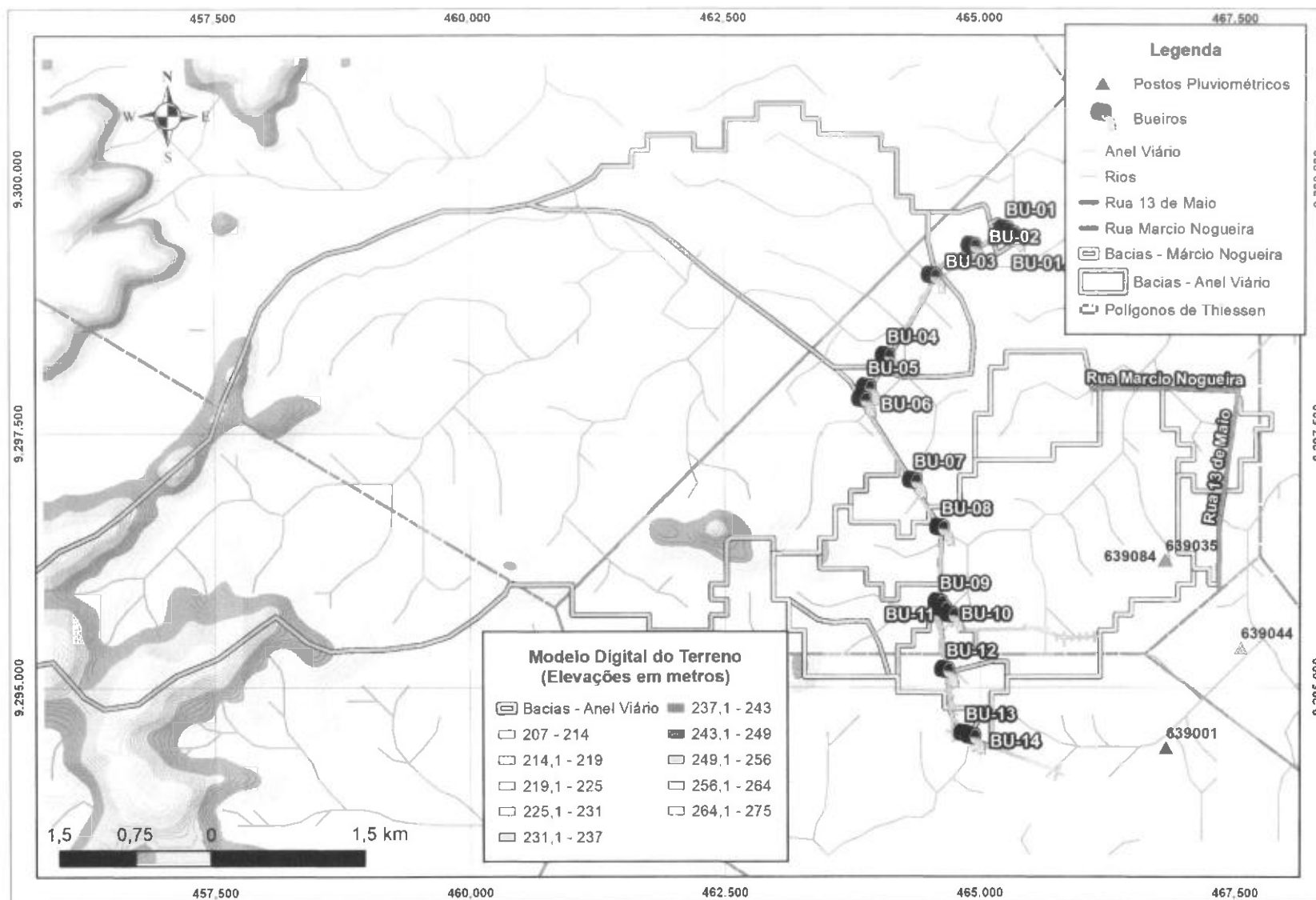
A Tabela 3.2 apresenta os postos pluviométricos que exercem influência nas bacias hidrográficas contribuintes ao Anel Viário e às Ruas 13 de Maio de Márcio Nogueira, na cidade de Iguatu, Estado do Ceará.

Tabela 3-2 – Postos Pluviométricos que exercem influência nas bacias hidrográficas em estudo.

Id	Código	Nome	Série Histórica	
			Início	Fim
01	639001	AEROPORTO(IGUATU)	01/1961	02/2023
02	639035	IGUATU	01/1912	02/2009
03	639038	BARREIRAS DOS PARAIBANOS	01/1974	12/2008
04	639044	IGUATU	01/1974	10/2022
05	639058	BAÚ	01/1998	02/2023

Vale ressaltar que os postos pluviométricos 639035 e 639044 estão localizados na mesma vizinhança. Desta forma, para o presente estudo, considerou-se o posto 639035, com a série complementada pelo porto 639044.

Figura 3.2 – Mapa de Bacias e Postos Pluviométricos.



As séries pluviométricas dos postos em estudo foram a partir dos dados disponibilizados pela Agência Nacional de Água (ANA) no portal HIDROWEB. Desta forma, tomou-se das séries de pluviometria dos postos pluviométricos em estudo os valores anuais extremos diários, apresentados nas Tabelas 3.3 a 3.6, procedendo-se, então, ao ajuste das distribuições de probabilidades susceptíveis de representação desse processo.

Tabela 3-3 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639001.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1961	105,6	1975	94,0	1986	68,0	2004	95,0
1962	62,6	1976	126,0	1987	117,0	2005	104,0
1963	68,2	1977	99,0	1993	108,0	2006	101,0
1964	153,6	1978	122,0	1994	66,0	2007	75,0
1965	108,8	1979	62,0	1997	141,0	2009	82,3
1966	145,6	1980	174,0	1998	84,0	2010	83,0
1967	91,3	1981	120,0	1999	108,0	2011	93,0
1968	63,0	1982	59,0	2000	106,0	2013	55,0
1969	103,8	1983	62,0	2001	56,0	2014	100,0
1970	148,0	1984	100,0	2002	80,0		
1974	114,0	1985	102,0	2003	100,0		

Tabela 3-4 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639035.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1912	76,0	1940	88,0	1968	63,0	1997	141,0
1913	66,0	1941	54,0	1969	103,8	1998	94,3
1914	70,3	1942	55,4	1970	148,0	1999	108,0
1915	56,3	1943	66,3	1974	114,0	2000	106,0
1916	97,0	1944	83,0	1975	94,0	2001	56,0
1917	55,0	1945	78,3	1976	126,0	2002	94,1
1918	75,3	1946	75,2	1977	99,0	2003	100,0
1919	54,0	1947	100,0	1978	122,0	2004	97,9
1920	66,0	1948	65,1	1979	68,2	2005	104,0
1921	86,0	1949	124,0	1980	174,0	2006	101,0
1922	47,0	1950	120,0	1981	120,0	2007	120,5
1923	75,8	1951	94,0	1982	59,0	2008	105,0
1924	54,0	1952	88,0	1983	88,6	2009	81,0
1927	56,2	1953	67,0	1984	100,0	2010	71,3
1928	67,6	1954	88,0	1985	102,0	2012	70,1
1929	63,0	1955	69,0	1986	68,0	2013	102,4
1930	70,5	1956	80,0	1987	117,0	2014	64,2
1931	37,4	1957	67,0	1988	93,0	2015	36,9
1932	63,4	1959	57,0	1989	91,0	2016	55,1
1933	58,1	1960	71,0	1990	109,0	2017	31,9
1934	67,9	1961	44,0	1991	82,0	2018	43,8
1935	54,0	1962	62,6	1992	87,0	2019	48,3
1936	81,0	1963	68,2	1993	91,0	2020	72,2
1937	72,0	1964	153,6	1994	78,0	2021	57,1
1938	79,0	1965	108,8	1995	70,0	2022	72,1
1939	90,0	1966	145,6	1996	80,0		

Tabela 3-5 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639038.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1974	114,0	1983	62,0	1992	87,0	2002	80,0
1975	94,2	1984	100,0	1993	91,0	2003	100,0
1976	126,0	1985	102,0	1994	78,0	2004	95,0
1977	99,0	1986	68,0	1996	80,0	2005	104,0
1978	122,0	1987	117,0	1997	141,0	2006	101,0
1979	62,0	1988	93,0	1998	84,0	2007	75,0
1980	174,0	1989	91,0	1999	108,0		
1981	120,0	1990	109,0	2000	106,0		
1982	59,0	1991	82,0	2001	56,0		

Tabela 3-6 - Máximos anuais da série de precipitação – Posto 639058.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1990	71,0	1999	83,0	2007	57,0	2016	110,0
1991	84,0	2000	69,0	2008	131,0	2018	85,0
1993	47,0	2001	65,0	2009	94,0	2019	64,0
1994	83,0	2002	74,0	2011	106,0	2020	96,0
1995	70,0	2003	75,0	2012	67,0	2021	124,0
1996	70,0	2004	89,0	2013	65,0	2022	89,0
1997	64,0	2005	56,0	2014	81,0		
1998	112,0	2006	101,0	2015	53,0		

Com base na série anual de máximos diários, ajustou-se distribuições de probabilidade (Normal Truncada, Gamma, LogNormal 2P, LogNormal 3P e Generalizada de Valores Extremos (GEV), verificando-se os ajustes através do teste de Kolmogorov-Smirnov. As Figuras 3.3 a 3.6 ilustram a aderência dos ajustes obtidos para as distribuições analisadas.

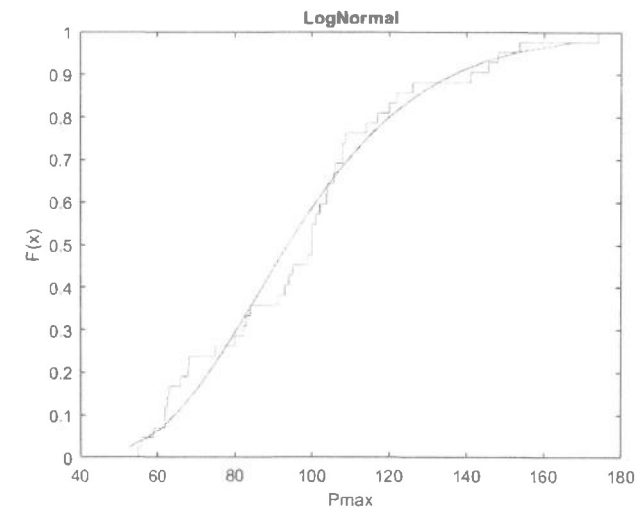
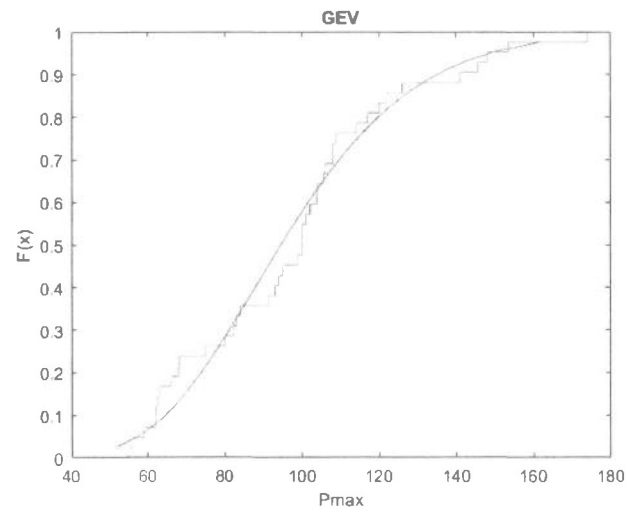
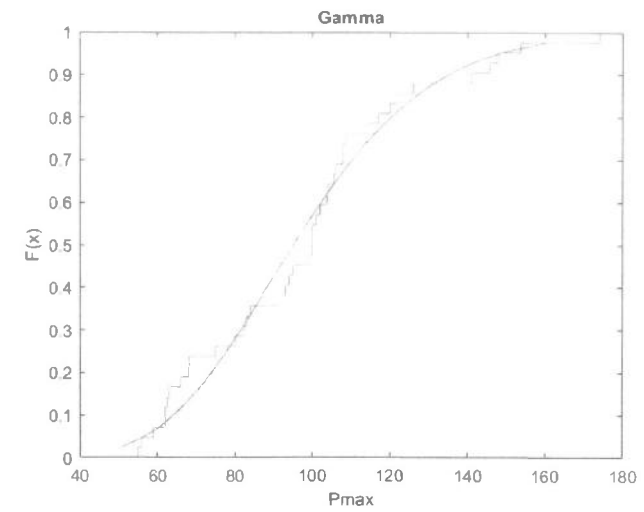
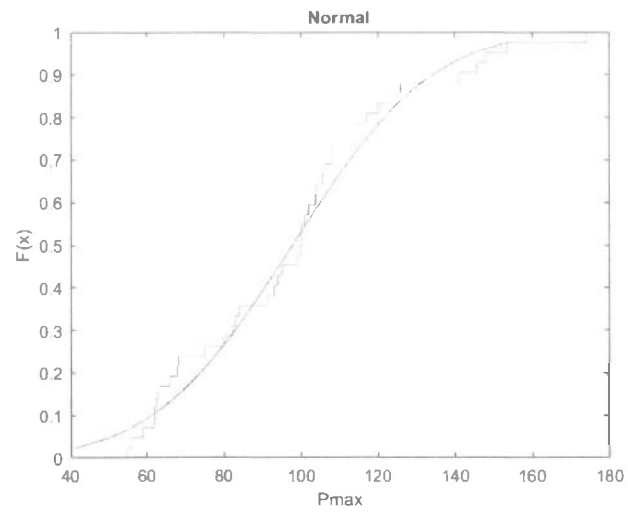


Figura 3.3 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639001.

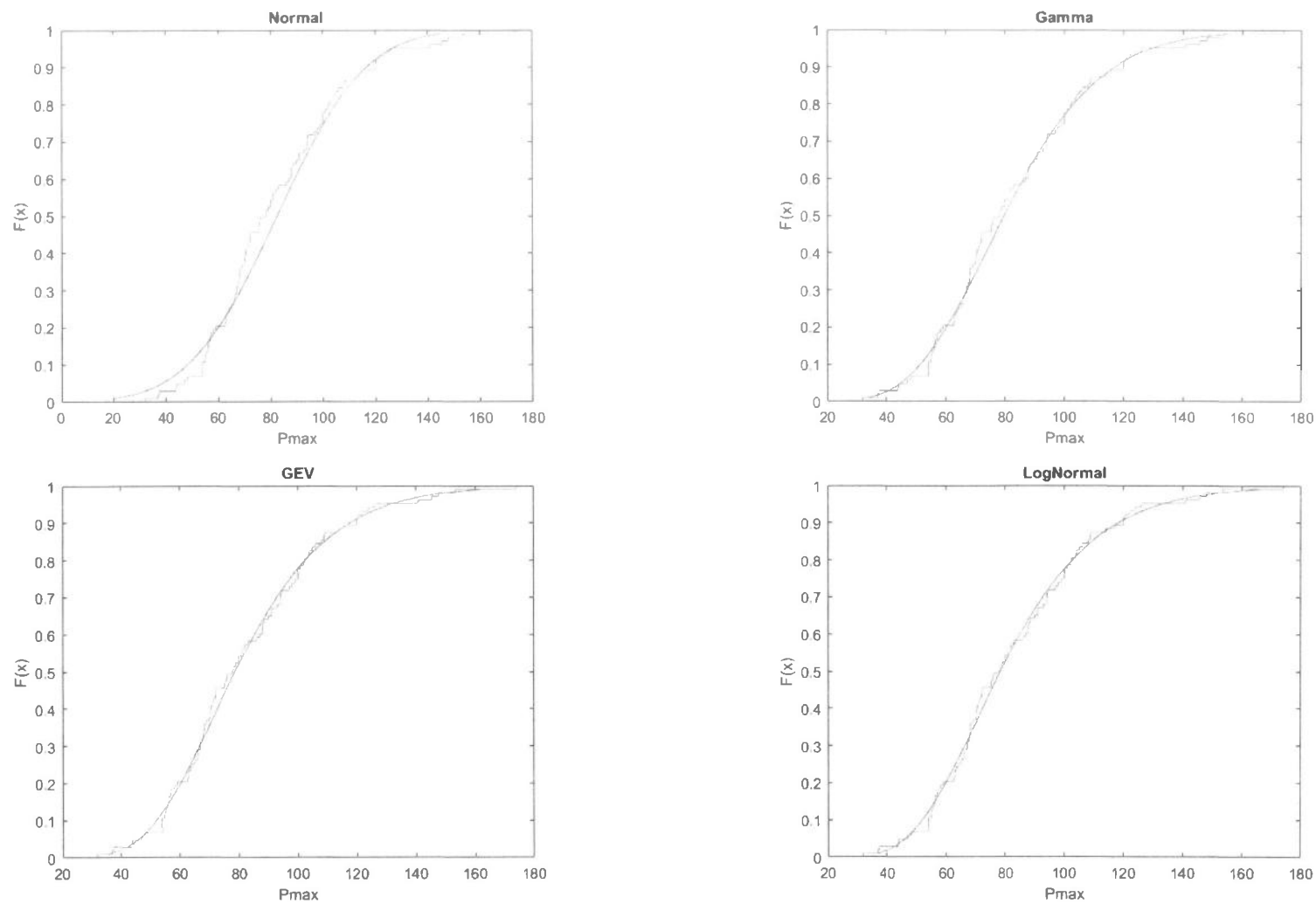


Figura 3.4 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639035.

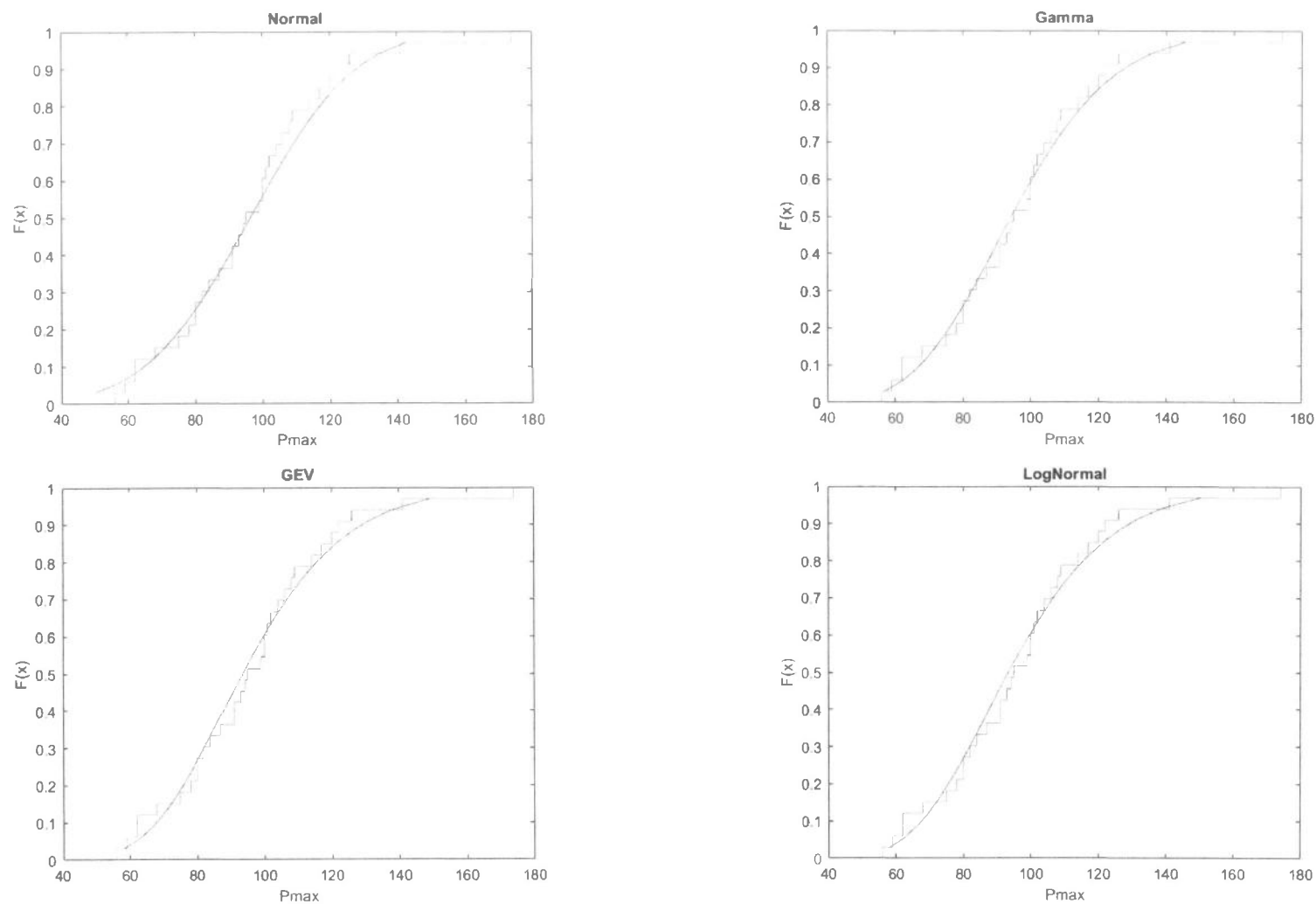


Figura 3.5 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639038.

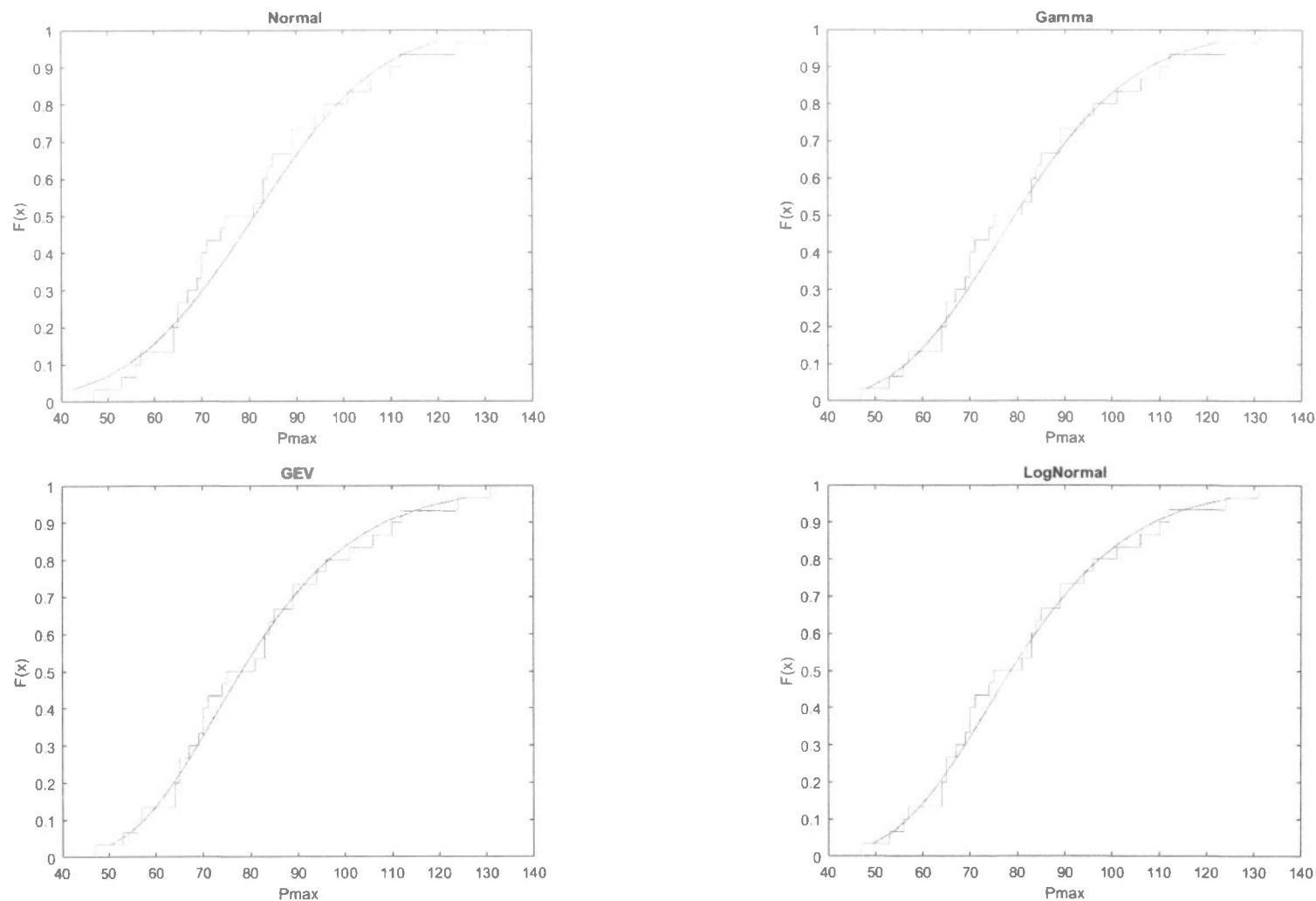


Figura 3.6 – Ajuste dos máximos anuais – Distribuições Normal, Gamma, GEV e LogNormal – Postos Pluviométrico 639058.

Com este procedimento, estimaram-se as precipitações diárias para os tempos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos, conforme pode ser visto nas Tabelas 3.7 a 3.10, na qual se encontram ilustrados tais valores de chuvas máximas, assim como a distribuição de probabilidade adotada.

Tabela 3-7 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639001.

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do κ da Distribuição	D crítico (95% de Confiança)
5	120,05	LogNormal	0,11905	0,188
10	136,55			
15	145,62			
20	151,88			
25	156,66			
50	171,20			
100	185,42			
1.000	231,90			
10.000	278,79			

Tabela 3-8 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639035.

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do κ da Distribuição	D crítico (95% de Confiança)
5	102,74	LogNormal	0,058252	0,120
10	118,34			
15	126,99			
20	133,00			
25	137,60			
50	151,67			
100	165,56			
1.000	211,62			
10.000	259,00			

Tabela 3-9 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639038.

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do κ da Distribuição	D crítico (95% de Confiança)
5	115,58	LogNormal	0,090909	0,208
10	129,17			
15	136,54			
20	141,59			
25	145,43			
50	157,00			
100	168,20			
1.000	201,01			
10.000	239,13			

Tabela 3-10 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade – Posto 639058.

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do κ da Distribuição	D crítico (95% de Confiança)
5	5	GEV	0,1	0,218
10	10			
15	15			
20	20			
25	25			
50	50			
100	100			
1.000	1.000			
10.000	10.000			

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. A região em estudo, como pode ser verificado na Figura 3.1, encontra-se na Isozona G. Assim, com os coeficientes e os ábacos de desagregação (Figuras 3.7 a 3.10) 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 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos (Tabelas 3.11a 3.14).

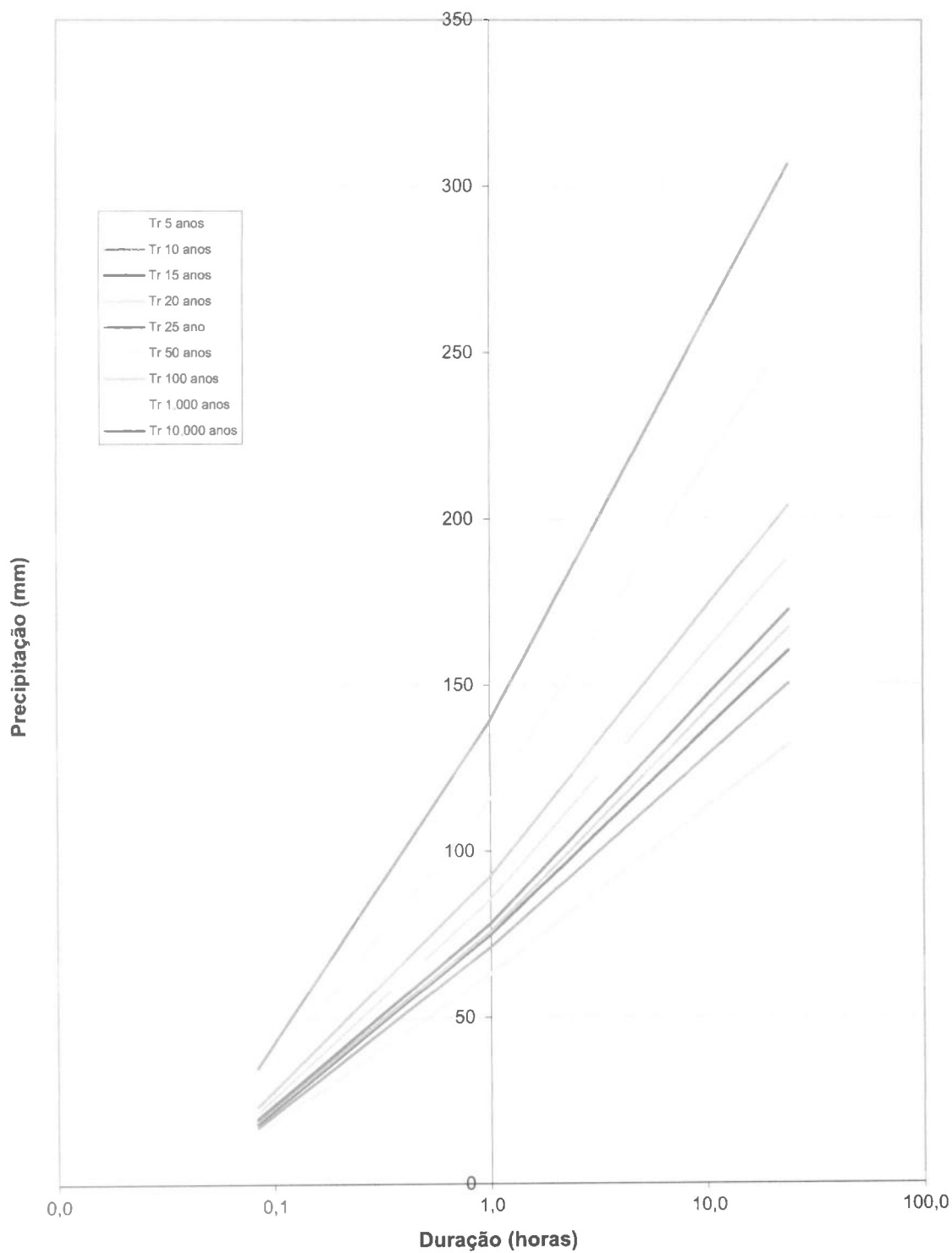


Figura 3.7 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639001.

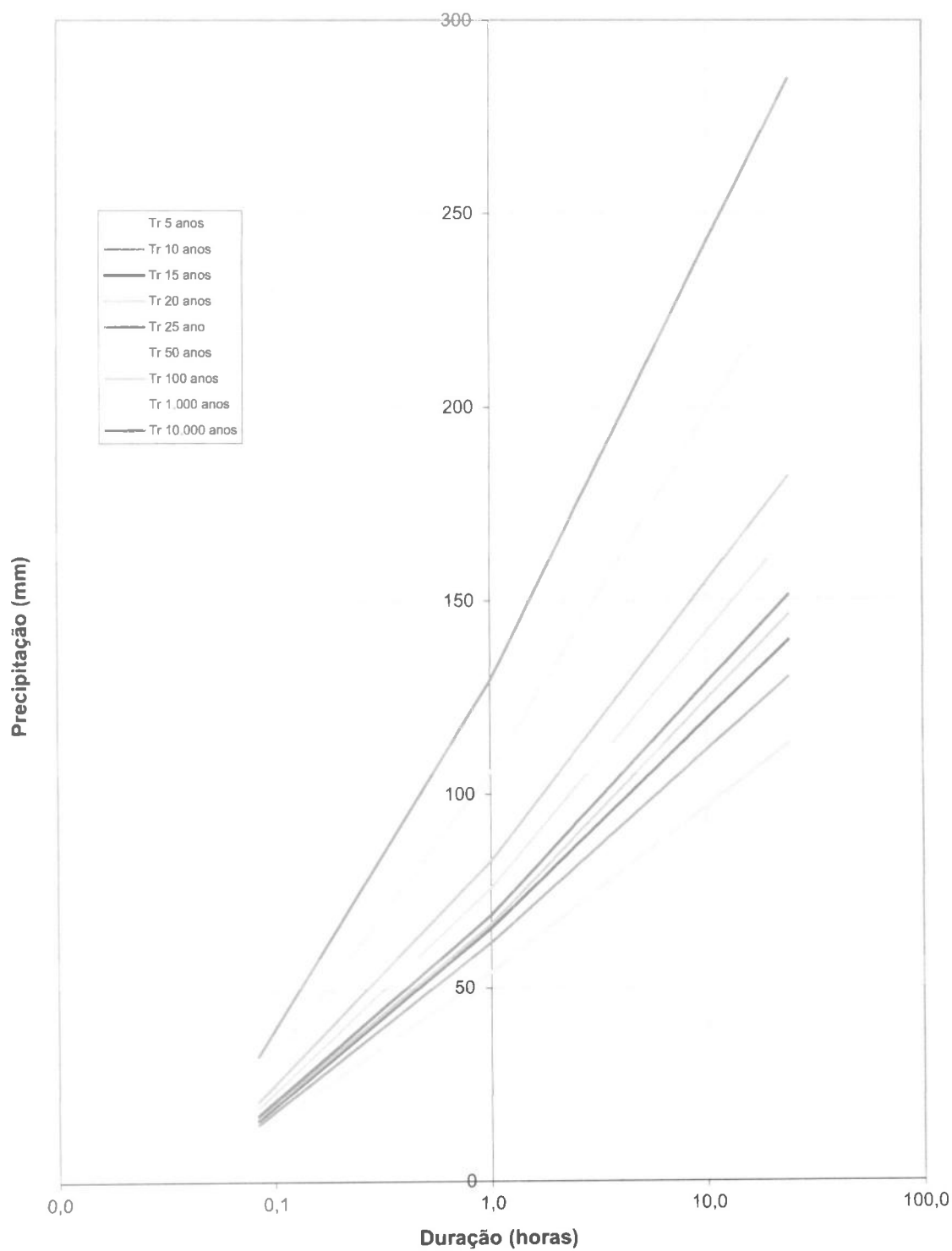


Figura 3.8 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639035.

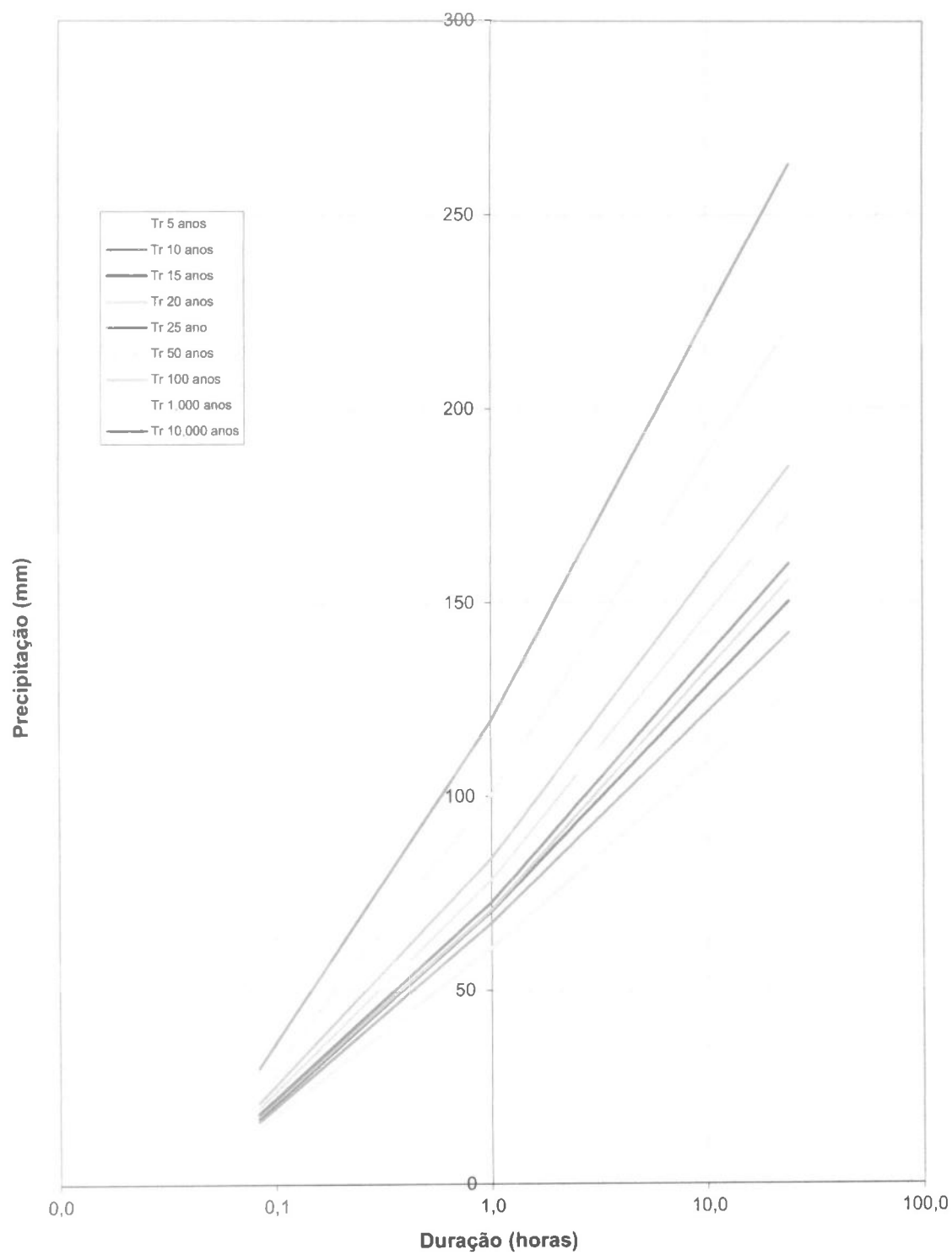


Figura 3.9 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639038.

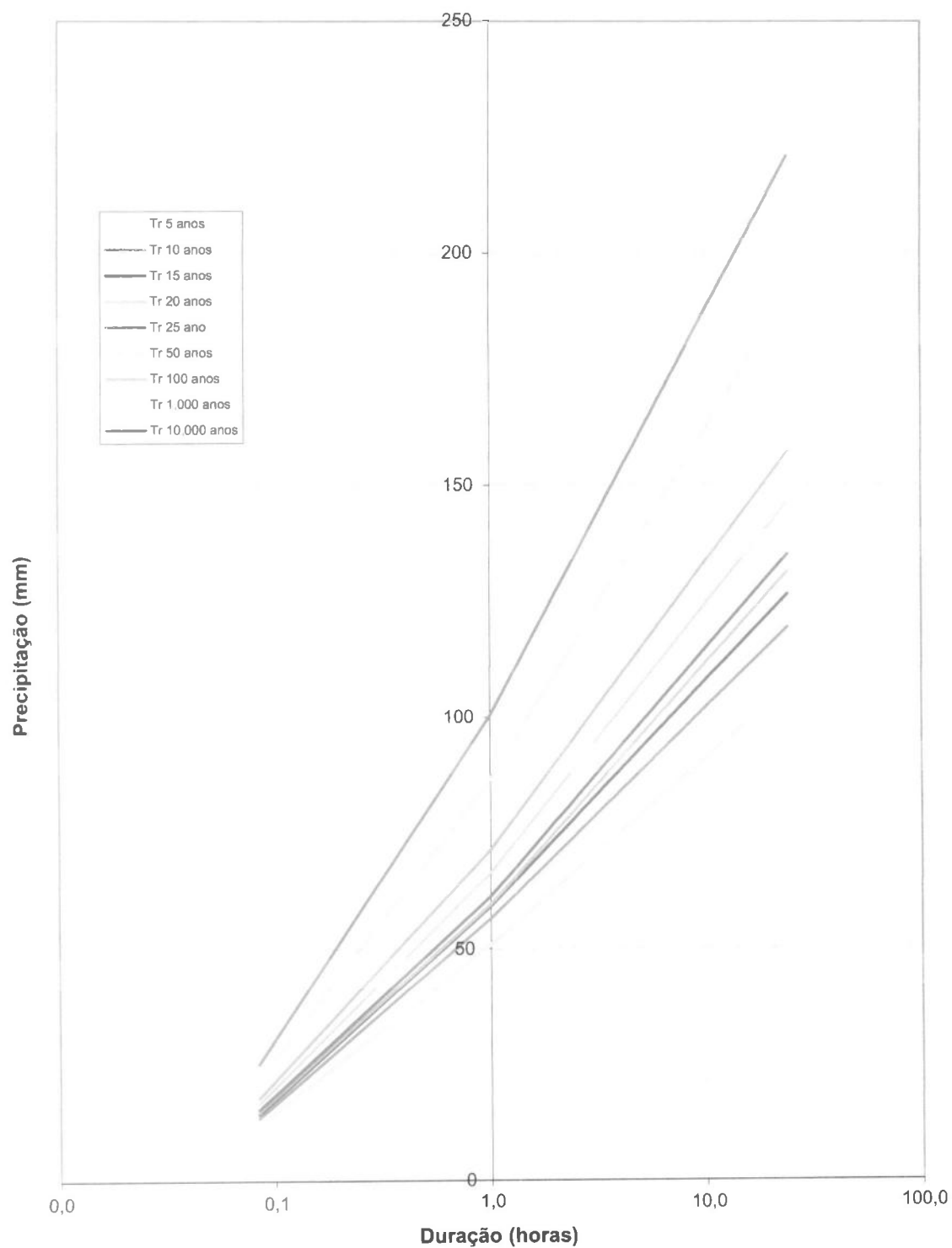


Figura 3.10 - Ábaco de desagregação da chuva diária – Posto 639058.

Tabela 3-11 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639001.

Tr	Chuvas em mm para distintas durações horárias							
	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	24.00
5	28,5	46,3	63,3	78,3	87,0	102,0	117,0	132,1
10	32,2	52,2	71,2	88,4	98,5	115,7	133,0	150,2
15	34,1	55,0	75,0	93,6	104,4	123,0	141,6	160,2
20	34,9	55,8	75,8	95,7	107,4	127,3	147,2	167,1
25	36,0	57,6	78,2	98,8	110,8	131,3	151,8	172,3
50	39,4	63,0	85,5	107,9	121,0	143,5	165,9	188,3
100	42,6	68,2	92,6	116,9	131,1	155,4	179,7	204,0
1.000	53,3	85,3	115,8	146,2	164,0	194,3	224,7	255,1
10.000	64,1	102,5	139,2	175,7	197,1	233,6	270,1	306,7

Tabela 3-12 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639035.

Tr	Chuvas em mm para distintas durações horárias							
	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	24.00
5	24,4	39,6	54,1	67,0	74,5	87,3	100,2	113,0
10	27,9	45,2	61,7	76,6	85,4	100,3	115,2	130,2
15	29,7	48,0	65,4	81,6	91,1	107,3	123,5	139,7
20	30,6	48,9	66,4	83,8	94,0	111,5	128,9	146,3
25	31,6	50,6	68,7	86,7	97,3	115,3	133,3	151,4
50	34,9	55,8	75,7	95,6	107,2	127,1	147,0	166,8
100	38,1	60,9	82,7	104,4	117,1	138,7	160,4	182,1
1.000	48,6	77,8	105,7	133,4	149,6	177,3	205,1	232,8
10.000	59,5	95,2	129,3	163,3	183,1	217,0	251,0	284,9

Tabela 3-13 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639038.

Tr	Chuvas em mm para distintas durações horárias							
	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	24.00
5	27,5	44,6	60,9	75,3	83,8	98,2	112,7	127,1
10	30,5	49,3	67,3	83,6	93,2	109,5	125,8	142,1
15	32,0	51,6	70,3	87,7	97,9	115,3	132,8	150,2
20	32,5	52,1	70,7	89,3	100,1	118,7	137,2	155,7
25	33,4	53,5	72,6	91,7	102,8	121,9	140,9	160,0
50	36,1	57,7	78,4	99,0	111,0	131,6	152,1	172,7
100	38,7	61,8	84,0	106,0	118,9	141,0	163,0	185,0
1.000	46,2	73,9	100,4	126,7	142,1	168,4	194,8	221,1
10.000	55,0	87,9	119,4	150,7	169,1	200,4	231,7	263,0

Tabela 3-14 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Torrico – Posto 639058.

Tr	Chuvras em mm para distintas durações horárias							
	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	24.00
5	22,9	37,2	50,9	63,0	70,0	82,1	94,2	106,3
10	25,6	41,4	56,5	70,2	78,2	91,8	105,5	119,2
15	26,9	43,4	59,1	73,8	82,3	97,0	111,6	126,3
20	27,4	43,9	59,6	75,2	84,3	99,9	115,6	131,2
25	28,2	45,1	61,3	77,3	86,7	102,8	118,9	134,9
50	30,5	48,9	66,4	83,8	94,0	111,4	128,8	146,2
100	32,8	52,5	71,3	90,0	100,9	119,6	138,3	157,0
1.000	39,8	63,7	86,5	109,2	122,5	145,2	167,9	190,6
10.000	46,2	73,8	100,3	126,6	142,0	168,3	194,6	220,9

Uma das relações mais utilizadas em hidrologia para medir as chuvas máximas de um ponto numa bacia hidrográfica é a chama curva IDF (intensidade – duração – Frequência). Esta curva relaciona a intensidade máxima da chuva (mm/h) com a sua duração no tempo (minutos) e a sua probabilidade ou tempo de retorno (probabilidade em % ou anos).

De posse dos valores de chuvas extremas desagregados para durações menores que 24 horas e calculados para os períodos de retorno em estudo, foram ajustados os parâmetros a, b, n, C e S, conforme equação da curva IDF abaixo:

$$i = \frac{a \times (TR + S)^b}{(t + C)^n}$$

Em que:

i – intensidade da chuva, em mm/h;

Tr = período de retorno, em anos;

t = duração da chuva, em minutos;

a, b, n e S = parâmetros de ajuste da equação.

O ajuste dos parâmetros foi realizado buscando maximizar o Coeficiente de Nash. A Tabela 3.15 apresenta as equações de chuva obtidas para os postos pluviométricos estudados.

Tabela 3-15 – Equações de chuva para os postos estudados.

Posto Pluviométrico	Equação de Chuva	Nash
639001	$i = \frac{1.333,4 \times (TR + 62,5)^{0,1332}}{(t + 13,1)^{0,8}}$	98,8%
639035	$i = \frac{1.121,2 \times (TR + 51,0)^{0,1414}}{(t + 12,8)^{0,8}}$	98,2%
639038	$i = \frac{1.426,3 \times (TR + 68,3)^{0,1165}}{(t + 13,9)^{0,8}}$	98,8%
639058	$i = \frac{1.186,0 \times (TR + 59,0)^{0,1144}}{(t + 13,5)^{0,8}}$	98,7%

As Figuras 3.11 a 3.14 ilustram as curvas obtidas de duração e frequência para aos períodos de retorno estudados.

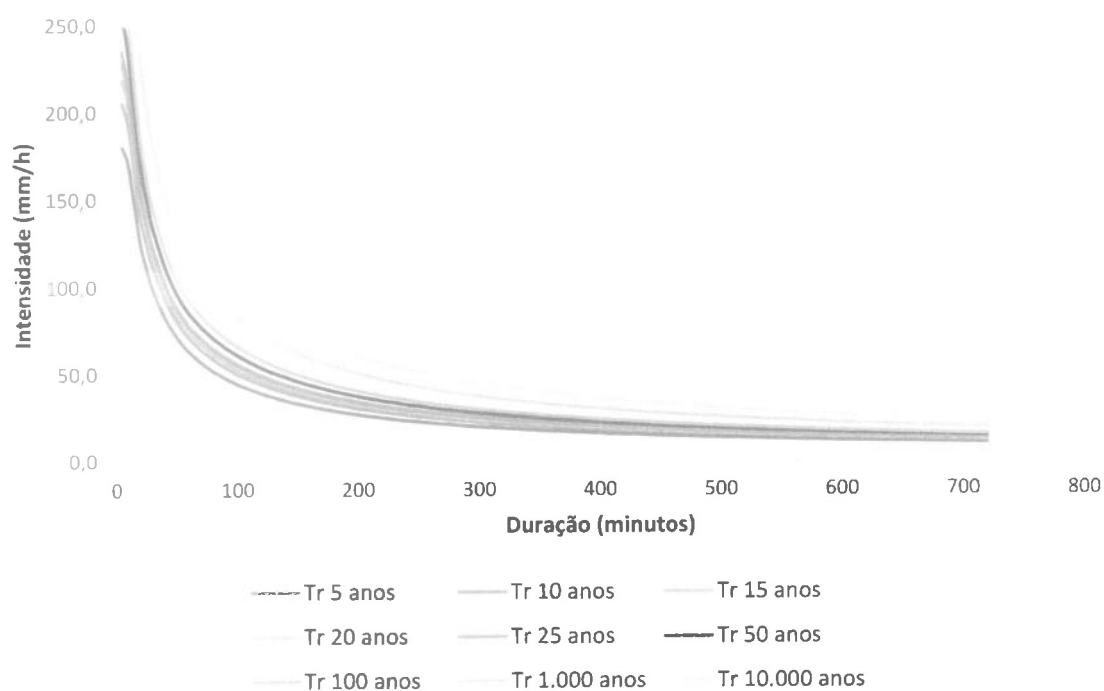


Figura 3.11 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639001.

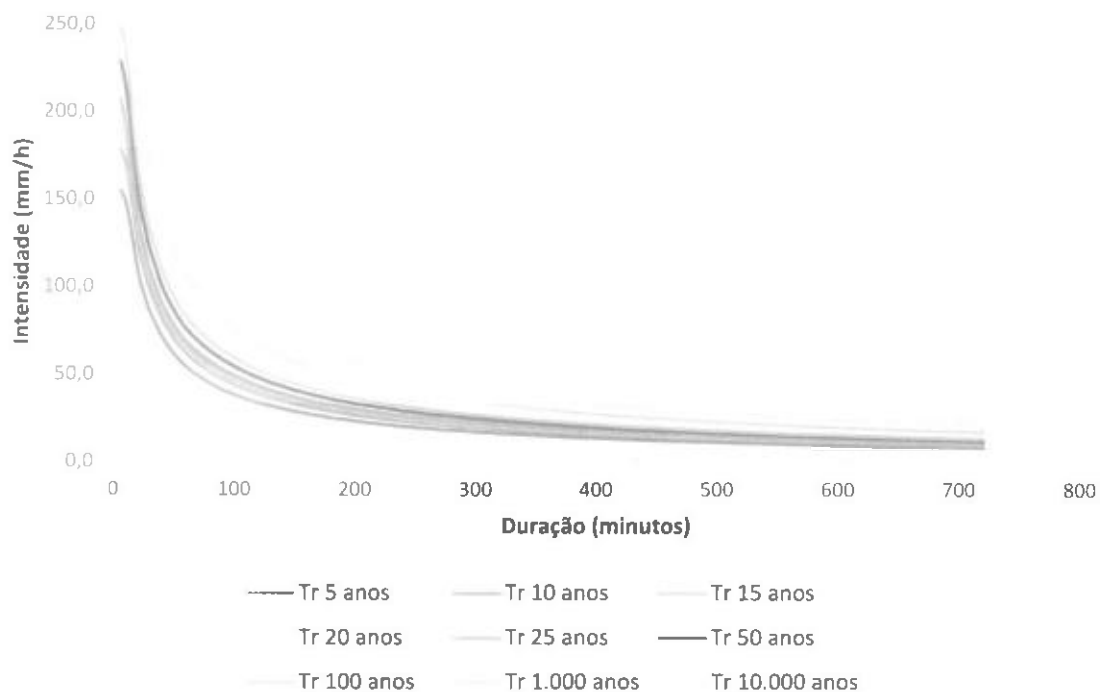


Figura 3.12 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639035.

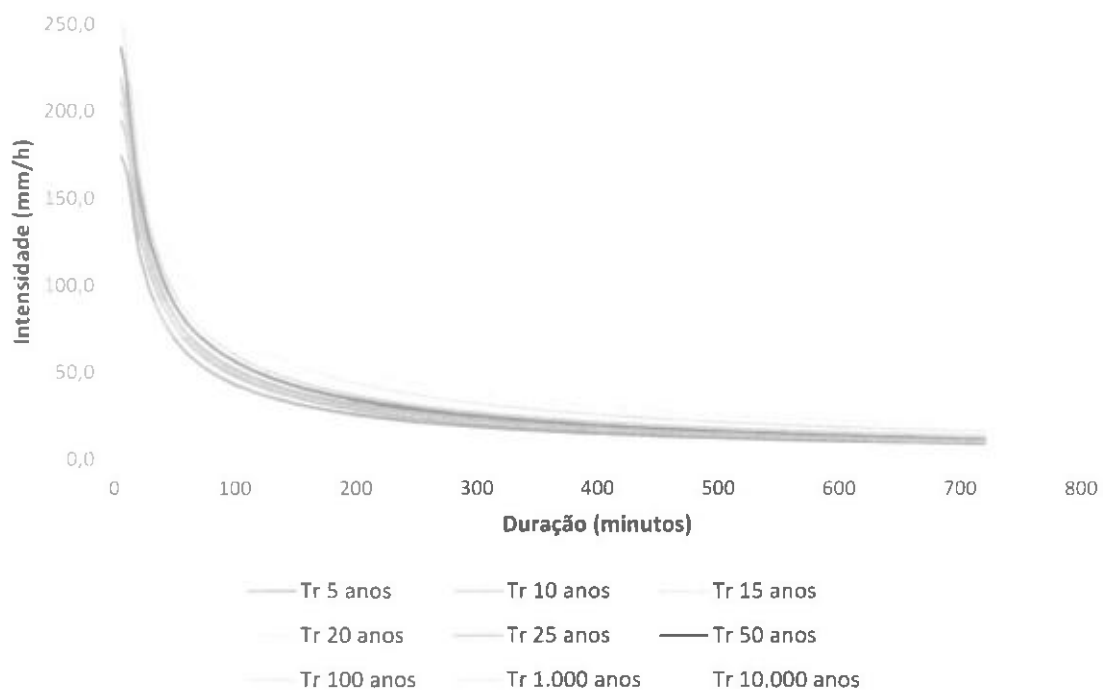


Figura 3.13 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639038.

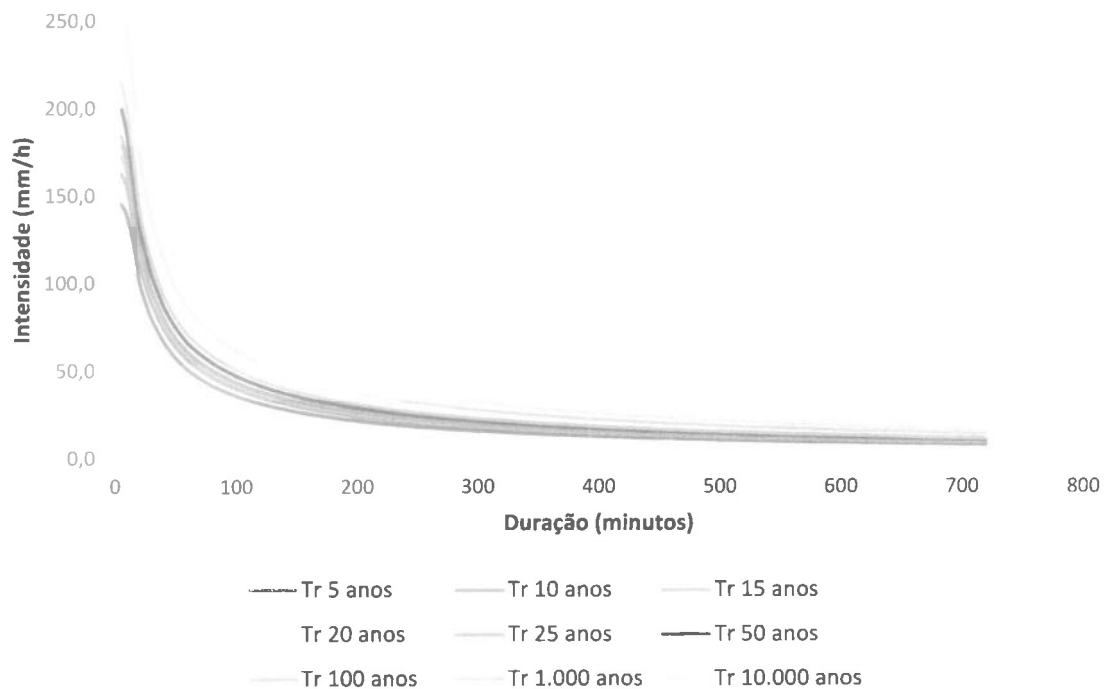


Figura 3.14 – Curva de Duração x Frequência – Posto 639058.

4 – VAZÕES DE PROJETO DE OBRAS DE ARTE CORRENTE

4 VAZÕES DE PROJETO DE OBRAS DE ARTE CORRENTE

4.1 Cálculo das Descargas de Projeto

No presente estudo calcularam-se as descargas de projeto tomando por base processos que envolvem desde a determinação da precipitação efetiva e que gera os extremos das vazões, até a determinação e propagadas de hidrogramas em pontos de interesse para diferentes períodos de retorno.

Alguns procedimentos são disponíveis para o cálculo da chuva excedente, ou seja, daquela que efetivamente contribui para o escoamento superficial. Geralmente, a vazão que se deseja conhecer é aquela que é resultado de uma chuva intensa capaz de produzir enchente no curso d'água. Entretanto, pode-se desejar conhecer a vazão de uma chuva qualquer.

Para a determinação das cheias na área de estudo foram utilizados os métodos SCS e racional. O método racional foi aplicado para as bacias que apresentavam áreas de até 1,0 km². Vale ressaltar que o método racional foi também aplicado para as bacias cujas áreas se encontravam entre 1,0 e 10 km², sendo, no entanto, utilizado um coeficiente de distribuição "n". Já a metodologia recomendada pelo Soil Conservation Service (SCS), foi utilizada para as bacias que possuíam áreas maiores que 10 km².

4.1.1 Método Racional

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas, de conformação comum. Tendo em vista a sua simplicidade de operação gera resultados bastante aceitáveis em bacias com pequenas áreas.

Os princípios básicos de sua metodologia, de acordo com Bidone e Tucci (1995), consistem em considerar a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração da bacia, adotando-se um coeficiente de escoamento (C), estimado com base nas características da bacia e não avaliar o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

O Método Racional relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q_p = \frac{C i A_D}{3,6}$$

Em que:

Q_p = vazão de pico em m^3/s ;

i = intensidade da precipitação em mm/h ;

A_D = área de drenagem superficial da bacia em km^2 ;

C = coeficiente de escoamento.

Da equação acima se conclui que a máxima vazão, provocada por uma chuva de intensidade uniforme, ocorre quando todas as partes da bacia passam a contribuir para a seção de drenagem. O tempo necessário para que isto aconteça, medido a partir do início da chuva, é o que se denomina de tempo de concentração da bacia. O tempo de duração da chuva deve ser igual ao tempo de concentração da bacia, ou seja, ao tempo necessário para que toda área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada.

O tempo de concentração definido como o tempo necessário para uma partícula de água escoar do ponto mais distante da bacia para a seção exutório pode ser calculado, através da equação de Kirpich, conforme expresso a seguir:

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Em que:

T_c = tempo de concentração em minutos;

L = comprimento do rio em km ;

H = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e a seção principal em metros.

O coeficiente de deflúvio (C) utilizado neste método depende de fatores tais como tipo de solo, declividade da bacia e uso da terra e condições de cobertura, e, indica a relação existente entre a máxima vazão escoada e a intensidade de precipitação. Existem tabelas que associam o tipo de uso do solo com o coeficiente de escoamento, como a apresentada a seguir (Tucci et. al., 1995).

Tabela 4-1 - Coeficiente de Escoamento de acordo com o uso do solo.

Ocupação do solo	C
de edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
de edificação não muito densa: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitação, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
de edificação com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
de edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
de subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
de matas, parques e campos de esporte: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: TUCCI et al. 1995

Apesar de o método fornecer apenas a vazão de pico, é possível determinar o hidrograma correspondente, desde que o mesmo apresente forma triangular e que o coeficiente C represente apenas a transformação da chuva total em chuva excedente, sendo o hidrograma de cheia representado, portanto, por um triângulo isósceles.

4.1.2 Método do Soil Conservation Service (SCS)

O método do SCS (Soil Conservation Service) utiliza parâmetros de classificação hidrológica, tais como precipitação e umidade e de cobertura dos solos, a qual é expressa por um índice denominado de número de curva (CN). Para a área em estudo utilizou-se um CN igual a 70, conforme se observa na Tabela 3.6.

A capacidade de armazenamento da bacia pode ser correlacionada ao número de curva através da relação empírica ilustrada a seguir, na qual o índice CN define o complexo hidrológico solo-vegetação. Assim, a correlação para a estimativa do CN é a seguinte:

$$S_D = \frac{25.400 - 254 \times CN}{CN}$$

Em que:

SD = armazenamento máximo da bacia (mm);

CN = número de curva.

Admitindo-se que o armazenamento ao longo do tempo é proporcional ao volume precipitado, podem ser estimadas as precipitações excedentes a partir da precipitação efetiva e do número de curva, como ilustrado a seguir:

$$R = \frac{(P - I_A)^2}{(P - I_A) + S_D}$$

Em que:

R = precipitação excedente (mm);

P = precipitação (mm);

IA = abstração inicial (mm);

SD = armazenamento máximo (mm).

Entende-se por abstração inicial (IA) como sendo a água precipitada interceptada pela vegetação, ou retida em depressões do terreno, infiltrada ou evaporada, antes do início do deflúvio. Como estimativa preliminar, Canholi (2005), recomenda adotar:

$$I_A = 0,2 \times S_D$$

Assim, a equação para determinação da precipitação excedente tem a apresentação a seguir ilustrada. Vale ressaltar que esta equação é válida para $P > 0,2 SD$.

$$R = \frac{(P - 0,2 \times S_D)^2}{(P + 0,8 \times S_D)}$$

Em que:

PE = precipitação excedente (mm);

P = precipitação (mm);

SD = armazenamento máximo (mm).

Para a determinação do hidrograma escoado na bacia, o método do SCS (1986) especifica um hidrograma unitário adimensional cuja forma representa uma média de um grande número de hidrogramas unitários de bacias de diferentes características. Este hidrograma adimensional pode ser convertido em um hidrograma unitário para uma duração desejada se conhecidos o tempo de ocorrência do pico e a vazão de pico por milímetro de precipitação excedente. Para se obter o hidrograma final para dada precipitação devem ser somados os hidrogramas parciais obtidos para cada bloco de chuva excedente.

O tempo de ocorrência da vazão de pico (t_p) e a vazão de pico (Q_p) são calculados por:

$$t_p = \frac{t_R}{2} + t_L$$

$$t_L = 0,6 \times t_C$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A_d}{t_p}$$

Em que:

t_p = tempo de ocorrência do pico (h);

t_R = duração da precipitação excedente (h);

t_L = tempo de resposta da bacia (h);

t_C = tempo de concentração (h);

A_d = área de drenagem (km²).

O tempo de concentração (T_c) é ser definido como sendo o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção de estudo, correspondendo, portanto, à trajetória da partícula de água que demore mais tempo para atingir a seção.

Para estimativa de T_c adotou-se a equação de Kirpich, conforme expresso a seguir:

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Em que:

T_c = tempo de concentração em minutos;

L = comprimento do rio em km;

ΔH = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e a seção principal em metros.

Por simplicidade, o hidrograma curvilíneo obtido pode ser aproximado a um hidrograma triangular com o tempo de base do triângulo calculado por $T_B = 2,67 t_P$, em unidades de tempo consistentes.

Para a determinação do hidrograma de projeto utilizando o método do hidrograma unitário triangular, devem ser consideradas duas hipóteses as quais generalizam a aplicação do método do hidrograma unitário a qualquer duração e distribuição de chuva excedente. Estas hipóteses constituem os princípios da proporcionalidade e da superposição.

Baseando-se no princípio da proporcionalidade, é possível que se obtenha o hidrograma correspondente a qualquer chuva, de mesma duração, multiplicando-se as

ordenadas do hidrograma unitário pela relação entre as chuvas. Esta hipótese é válida somente se confirmado o princípio de constância do tempo de base (CANHOLI, 2005).

Assim, através do princípio da superposição, é possível se obter o hidrograma total por meio da soma dos hidrogramas unitários de cada bloco de precipitação efetiva.

A Figura 3.9 apresenta as bacias hidrográficas delimitadas mediante a utilização de um modelo digital de elevação do terreno produzido a partir dos dados da EMBRAPA - SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), o qual, agregado a base satelital de imagens de boa resolução disponíveis para região, permite a visualização detalhada das mudanças de altitudes no terreno e um traçado mais preciso das bacias hidrográficas.

A Tabela 4 2 mostra características físicas das bacias que afluem à área em estudo, delimitadas mediante a utilização da base cartográfica já mencionada, enquanto a Tabela 4-3 apresenta os picos de cheias calculados para recorrências de 25 e 50 anos, necessárias para dimensionamento dos bueiros, além dos picos de cheias calculados para as recorrências de 10 anos.

Figura 4.1 – Bacias Hidrográficas.

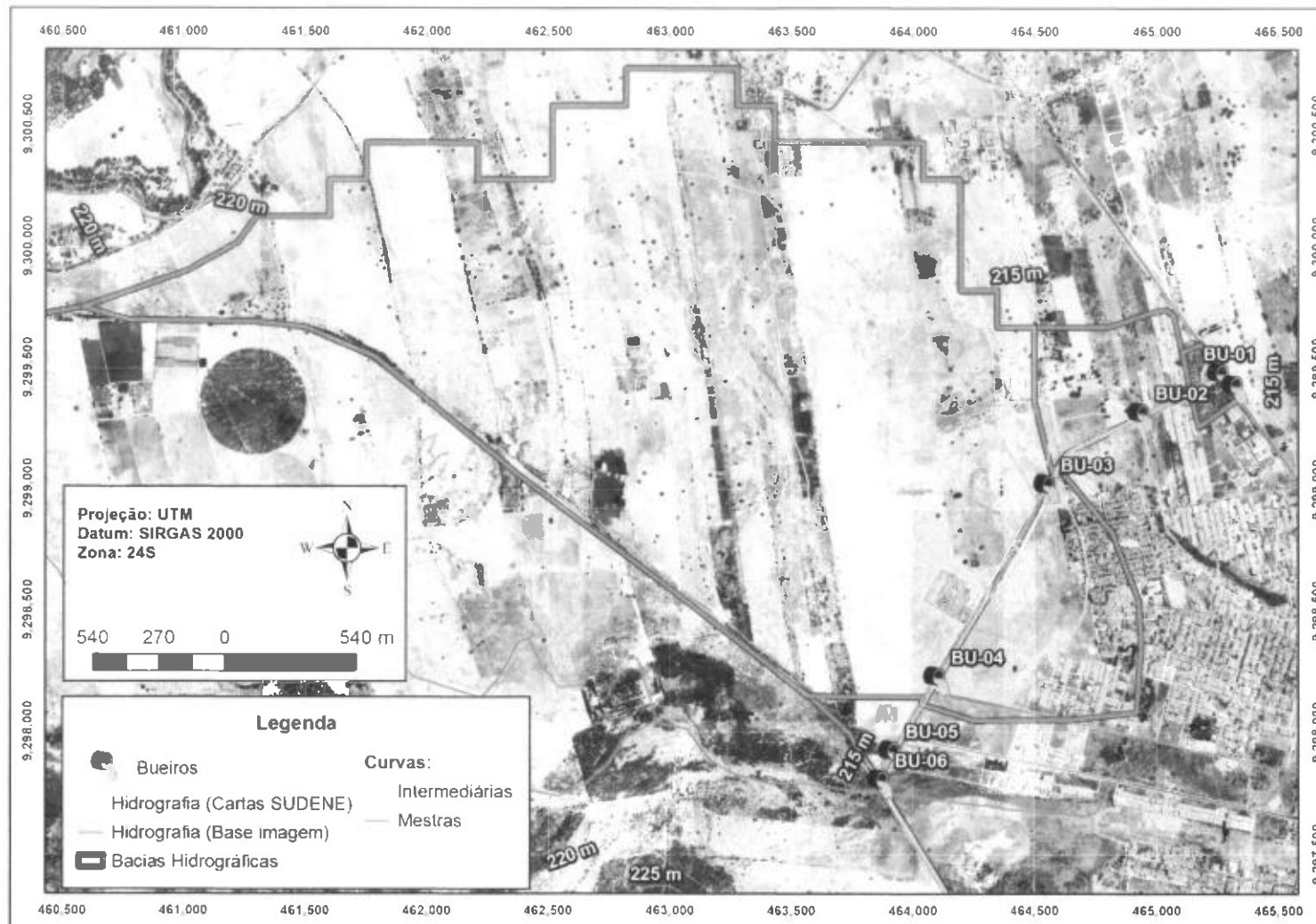


Figura 3.9b – Mapa de Bacias e Postos Pluviométricos.

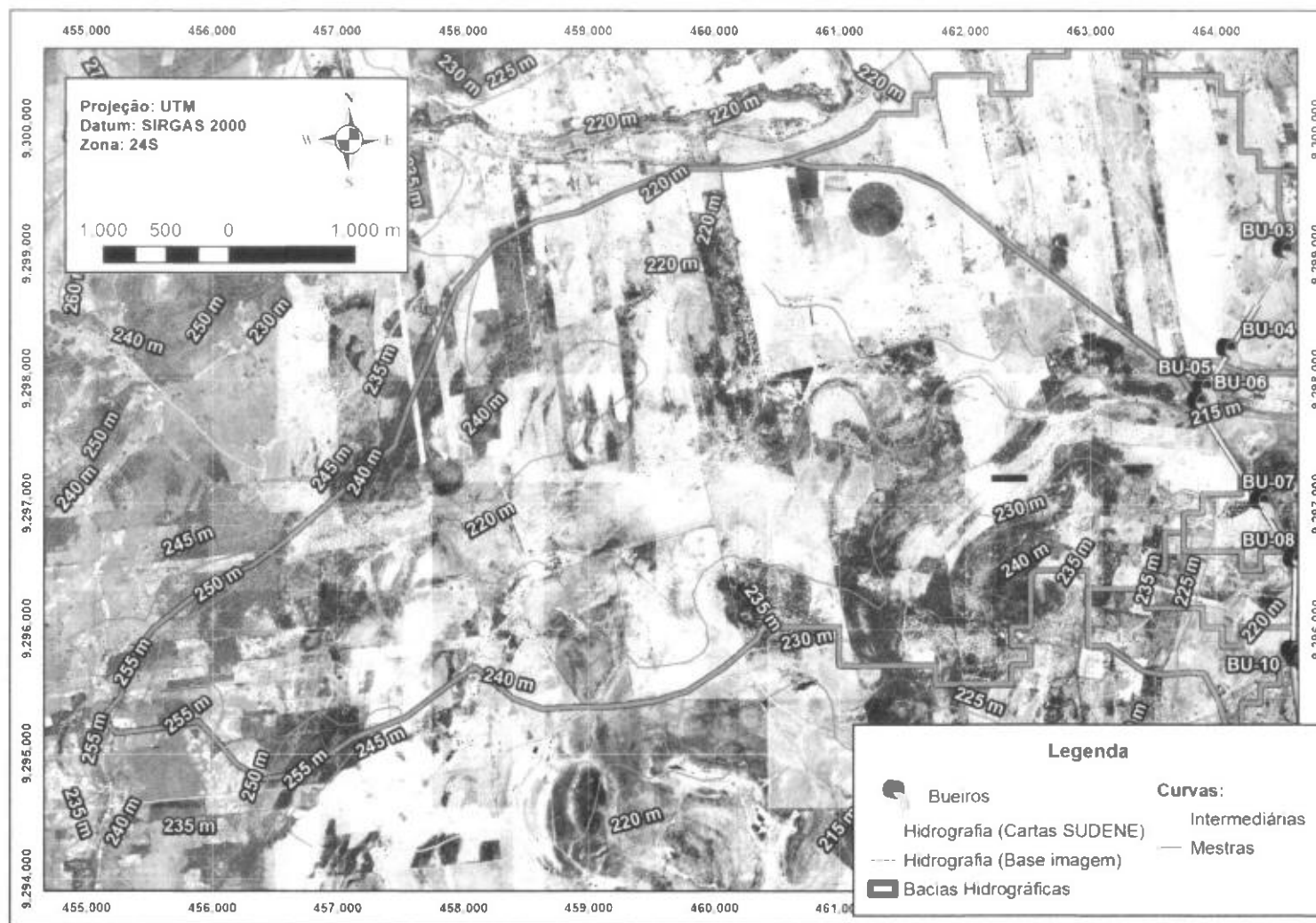


Figura 3.2c – Mapa de Bacias e Postos Pluviométricos.

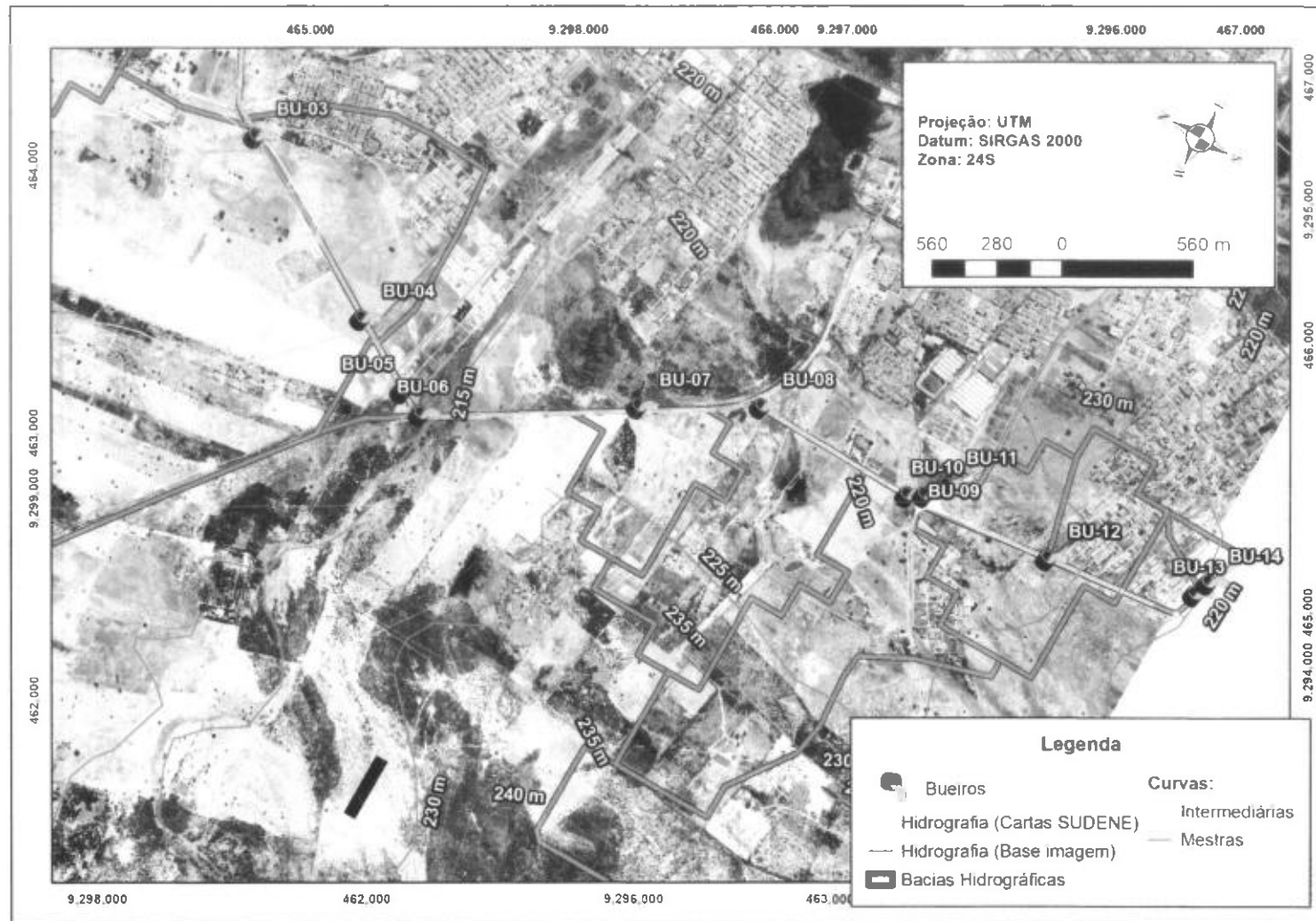


Tabela 4-2 – Dados de entrada p/ cálculo de vazões de projeto.

Bacia	Área (km²)	Tc (h)	P 1dia	P 1dia	P 1dia	CN ou C		
			Tr=10anos	Tr=25anos	Tr=50anos	TR = 10	TR = 25	TR = 50
BU-01	0,03	0,100	129,17	145,43	157,00	0,20	0,20	0,20
BU-01.1	0,04	0,156	129,17	145,43	157,00	0,20	0,20	0,20
BU-02	6,04	5,167	129,17	145,43	157,00	0,20	0,20	0,20
BU-03	5,77	4,735	129,17	145,43	157,00	0,15	0,15	0,15
BU-04	5,21	3,414	123,58	139,53	150,92	0,15	0,15	0,15
BU-05	0,08	0,127	129,17	145,43	157,00	0,15	0,15	0,15
BU-06	24,96	4,782	119,53	138,46	152,26	60,00	60,00	60,00
BU-07	0,32	0,196	118,34	137,60	151,67	0,20	0,20	0,20
BU-08	0,66	0,392	118,34	137,60	151,67	0,15	0,15	0,15
BU-09	0,86	0,603	121,20	140,59	154,74	0,15	0,15	0,15
BU-10	0,50	0,212	130,74	150,57	164,96	0,20	0,20	0,20
BU-11	0,18	0,261	130,74	150,57	164,96	0,20	0,20	0,20
BU-12	0,22	0,252	130,92	150,77	165,16	0,20	0,20	0,20
BU-13	0,07	0,279	136,55	156,66	171,20	0,25	0,25	0,25
BU-14	0,05	0,192	136,55	156,66	171,20	0,25	0,25	0,25

Tabela 4-3 – Resultados de vazões de projeto por bacia.

Bacia	Q _{p10} (m³/s)	Q _{p25} (m³/s)	Q _{p50} (m³/s)
BU-01	0,322	0,362	0,391
BU-01.1	0,444	0,497	0,530
BU-02	5,749	6,447	6,897
BU-03	4,428	4,965	5,307
BU-04	4,962	5,573	5,951
BU-05	0,654	0,734	0,786
BU-06	25,693	36,966	45,179
BU-07	2,938	3,392	3,677
BU-08	3,255	3,746	4,028
BU-09	3,237	3,711	3,973
BU-10	5,226	5,973	6,427
BU-11	1,570	1,792	1,923
BU-12	1,927	2,200	2,361
BU-13	0,770	0,875	0,936
BU-14	0,667	0,759	0,816

5 – PROJETO DE DRENAGEM

5 PROJETO DE DRENAGEM

5.1 Considerações Gerais

O Projeto de Drenagem e Obras de Arte Correntes referentes ao trecho em estudo foi desenvolvido de acordo com as prescrições contidas nas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos/Instruções de Serviço) do DNIT – 2006. Foram abordadas intervenções referentes aos dispositivos de: drenagem superficial e obras de arte correntes.

Para a determinação da intensidade pluviométrica, visando ao dimensionamento das estruturas de drenagem superficial, foi utilizada a equação de chuva calculada para o posto 639035 (vide Tabela 3-15).

Foram fixados os seguintes períodos de recorrência:

- Sarjetas e descidas d'água: TR = 10 anos;
- Bueiros tubulares e celulares: TR = 25/50 anos
- Para a chuva de projeto

5.2 Determinação da Capacidade de Escoamento das Sarjetas

As sarjetas em trecho urbano têm como objetivo conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo. Para verificação da capacidade de escoamento das vias, determinado o seu comprimento crítico, com base nas recomendações do Caderno de Drenagem do DNIT.

O comprimento crítico irá definir o espaçamento máximo entre bocas de lobo, para que não haja transbordamento da sarjeta, e foi calculado mediante utilização da seguinte equação.

$$d = \frac{0,375 y^{8/3} Z I^{1/2}}{1,78 \cdot 10^{-7} C i L n}$$

Em que,

d : comprimento crítico (m);

y : altura de lâmina d'água (m);

Z : declividade transversal equivalente (0,06);

I : declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

C : coeficiente de escoamento superficial (pavimento asfáltico: 0,75);

i : intensidade pluviométrica (mm/h);

L : largura do implúvio (8,42 m);

n : número de Manning (sarjetas em concreto: $0,013 \text{ s.m}^{-1/3}$).

A Figura 5-1 apresenta - Esquema com seção de sarjeta apresentando faixa de alagamento.

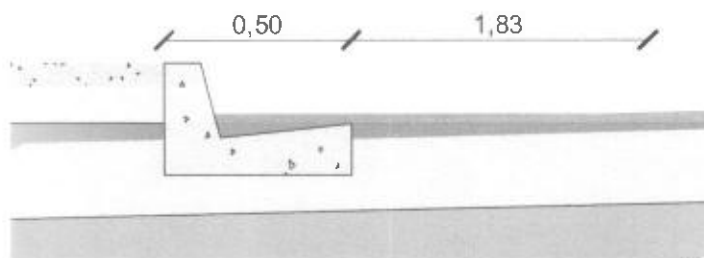


Figura 5-1 - Esquema com seção de sarjeta apresentando faixa de alagamento.

Sarjeta com 28 cm de largura, declividade transversal de 6,00%, altura total da guia de 30 cm e profundidade de alagamento de 5 cm. A declividade longitudinal da via foi determinada para cada sarjeta conforme lançamento do projeto geométrico da via. Ressalte-se que, embora o comprimento crítico de sarjeta tenha sido calculado permitindo alagamento de parte da via, para uma altura máxima de lâmina d'água de 10,5 cm. Nesses trechos, foi considerado alagamento de via.

Todos os trechos das vias foram analisados e verificados, (ver plantas e bacias abaixo com as vazões correspondentes – Para $t_c=10$ minutos e TR 10 anos) comparando-se as vazões atuantes em cada bacia e conseqüentemente a capacidade das vias.

Tabela 5-1 - Resultados dos cálculos de comprimentos críticos de sarjeta.

Local	Sarjeta	Estaca In	Estaca fim	l_0 (m/m)	L_{crit} (m)	Q (m³/s)
Novo Iguaçu	T-01	0 + 0,00	13 + 5,13	0,0035	119,08	0,0343
Novo Iguaçu	T-01	13 + 5,13	46 + 11,298	0,0004	40,26	0,011606
Novo Iguaçu	T-01	46 + 11,30	71 + 5,668	0,0044	133,52	0,0385
Novo Iguaçu	T-01	71 + 5,67	113 + 13	0,0004	40,26	0,011606
Novo Iguaçu	T-02	0 + 0,00	24 + 5,697	0,0026	102,64	0,0296
Novo Iguaçu	T-02	24 + 5,70	58 + 17,305	0,0026	102,64	0,0296
Novo Iguaçu	T-02	58 + 17,31	75 + 16,835	0,0018	85,40	0,0246
Novo Iguaçu	T-02	75 + 16,84	80 + 13,397	0,0092	193,06	0,0557
Novo Iguaçu	T-03	0 + 0,00	7 + 12,313	0,006	155,91	0,0450
Novo Iguaçu	T-03	7 + 12,31	16 + 1,473	0,0176	267,03	0,0770
Novo Iguaçu	T-03	16 + 1,47	29 + 14,297	0,005	142,33	0,0410
Novo Iguaçu	T-03	29 + 14,30	39 + 12,199	0,0181	270,80	0,0781
Novo Iguaçu	T-03	39 + 12,20	76 + 12,743	0,0074	173,15	0,0499
Novo Iguaçu	T-03	76 + 12,74	96 + 2,499	0,0216	295,83	0,0853
Novo Iguaçu	T-03	96 + 2,50	102 + 7,493	0,0118	218,65	0,0630
Novo Altiplano	T-03	0 + 0,00	4 + 16,79	0,0795	160,94	0,0464
Novo Altiplano	T-03	4 + 16,79	11 + 11,901	0,0074	49,10	0,0142
Novo Altiplano	T-03	11 + 11,90	15 + 4,516	0,0369	109,64	0,0316
Novo Altiplano	T-03	15 + 4,52	21 + 7,982	0,0471	123,87	0,0357
Novo Altiplano	T-03	21 + 7,98	33 + 9,292	0,0207	289,60	0,0835
Novo Altiplano	T-03	33 + 9,29	43 + 11,968	0,0388	396,48	0,1143
Novo Altiplano	T-03	43 + 11,97	54 + 10,556	0,005	142,33	0,0410

5.3 Descidas d'Água Tipo Rápido

Considerando-se os comprimentos críticos de sarjetas, calculados conforme seção 5.2, foram alocadas descidas d'água tipo rápido, sob passeio, com seção trapezoidal de 30 cm de base e 30 cm de altura, com declividade lateral 1H:2V, seguida de bacia de dissipação com caixa quadrada de 70 cm de lado (vide detalhes em desenhos).

5.4 Cálculo da Capacidade de Drenagem das Obras de Arte Correntes

• Bueiros Tubulares

O dimensionamento hidráulico dos bueiros consiste essencialmente na determinação das suas dimensões de modo que a vazão admissível na estrutura seja igual ou superior à vazão afluente, prevista nos estudos hidrológicos.

Foram consideradas no dimensionamento dos bueiros tubulares estruturas com diâmetros de 0,8 m, 1,0 m ou 1,2 m, dispostos em linhas simples, duplas ou triplas.

Inicialmente procedeu-se à análise hidráulica dos bueiros tubulares funcionando como canal. Neste caso são utilizadas as vazões determinadas no estudo hidrológico

para um período de retorno de 25 anos. Observa-se que deve ser adotada a condição de não submersão da entrada do bueiro.

Outro ponto a ser observado é a determinação do regime de funcionamento do bueiro, visto que para regimes de escoamentos diferentes têm-se dimensionamentos distintos. Desta forma, para se definir o regime de funcionamento do bueiro efetua-se uma comparação entre sua declividade de assentamento e a declividade crítica, através da equação a seguir:

$$I_c = 32,82 \times \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$$

Em que:

I_c = declividade crítica (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

D = diâmetro do bueiro tubular (m);

Assim, para que o bueiro instalado como canal funcione no regime subcrítico (recomendável e desejável) sua declividade deverá ser inferior à crítica. Em caso contrário funcionará em regime torrencial.

Para o dimensionamento de bueiros tubulares no regime subcrítico devem ser determinadas a vazão admissível e a velocidade correspondente utilizando-se as expressões a seguir, nas quais os bueiros trabalham com uma profundidade de fluxo de 80% de diâmetro.

$$Q_{adm} = \frac{0,305}{n} * D^{\frac{8}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$U = \frac{0,452}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q_{adm} = vazão admissível (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

D = diâmetro do bueiro tubular (m);

I = declividade do canal (m/m);

U = velocidade do escoamento (m/s)

Entretanto, se a velocidade mínima não for atendida (0,75 m/s), deverá ser feita a análise do bueiro operando em regime supercrítico, o que é feito limitando-se a vazão admissível à vazão correspondente ao regime crítico. A seguir são mostradas as equações para o dimensionamento de bueiros tubulares no regime supercrítico.

$$Q_{adm} = 1,533 \times D^{\frac{5}{2}}$$

$$U = 2,56 \times \sqrt{D}$$

Em que:

Q_{adm} = vazão admissível (m³/s);

D = diâmetro do bueiro tubular (m);

U = velocidade do escoamento (m/s)

Depois de verificada a análise hidráulica do bueiro tubular funcionando em escoamento livre é recomendável, caso o greide da estrada permita, realizar a análise hidráulica dos mesmos funcionando como orifício, ou seja, considerando-se o afogamento e superelevação de até 0,5 m. Neste caso, deverão ser utilizadas as vazões obtidas para um período de retorno de 50 anos.

Assim, o funcionamento hidráulico nestas condições será definido pelas expressões da teoria dos orifícios, na qual a vazão transportada é função da altura de carga, sendo calculada a partir da equação:

$$Q = C_d \times A \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Em que:

C_d = coeficiente de descarga;

A = área da seção transversal do bueiro (m²);

h = altura de carga a partir do eixo da obra (m).

Computando-se uma margem de segurança de 20% obtêm-se as expressões da vazão admissível e da velocidade que serão utilizadas no dimensionamento dos bueiros tubulares.

$$Q_{adm} = 2,192 \times D^2 \times h^{\frac{1}{2}}$$

$$U = 2,79 \times h^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

D = diâmetro do bueiro tubular (m);

h = altura de carga medida a partir do eixo da obra até o nível d'água (m)

Q_{adm} = vazão admissível (m³/s);

U = velocidade (m/s).

Assim, o dimensionamento hidráulico para as condições de escoamento com entrada afogada consiste em determinar a altura de carga correspondente à vazão afluente para uma dada dimensão do bueiro.

Destaca-se que, caso não seja permitida esta verificação dos bueiros funcionando afogado com uma carga hidráulica de 1m acima na sua geratriz superior, uma vez que o greide da estrada apresenta uma elevação em relação ao terreno menor que 0,5 m (quer por questões construtivas, ou por questões econômicas), o dimensionamento do bueiro é realizado mediante seu funcionamento em regime fluvial, porém, para o pico de cheia com recorrência de 50 anos.

• Bueiros Celulares

O procedimento para o dimensionamento hidráulico de um bueiro celular funcionando como canal é o mesmo descrito para bueiro tubular, sendo as equações utilizadas no cálculo da declividade crítica, da vazão admissível e da velocidade as expressões abaixo apresentadas:

$$I_c = \frac{2,6 \times n^2}{\sqrt[3]{H}} \times \left(3 + \frac{4 \times H}{B} \right)^{\frac{4}{3}}$$

$$Q_{adm} = \left[\frac{(0,8 \times B \times H)^5}{(B + 1,6 \times H)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \times \frac{I^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$U = \frac{Q_{adm}}{0,8 \times B \times H}$$

Em que:

I_c = declividade crítica (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

H = altura do bueiro celular (m);

B = base do bueiro celular (m).

Q_{adm} = vazão admissível (m³/s);

U = velocidade do escoamento (m/s).

Tendo-se o bueiro celular operando no regime supercrítico as expressões para determinação da vazão admissível e da velocidade de escoamento são dadas a seguir:

$$Q_{adm} = 1,705 \times B \times H^{\frac{3}{2}}$$

$$U = 2,56 \times \sqrt{H}$$

Em que:

Q_{adm} = vazão admissível (m^3/s);

B = base do bueiro celular (m);

H = altura do bueiro celular (m);

U = velocidade do escoamento (m/s).

Após ser verificada a análise hidráulica do bueiro celular funcionando como canal, recomenda-se proceder à verificação do mesmo operando como orifício. Neste caso a determinação da vazão admissível e da velocidade é realizada através das expressões mostradas a seguir. Ressalta-se que deverão ser utilizadas as vazões obtidas no estudo hidrológico para o período de retorno de 50 anos.

$$Q_{adm} = 2,751 \times B \times H \times h^{1/2}$$

$$U = 2,56 \times \sqrt{H}$$

Em que:

Q_{adm} = vazão admissível (m^3/s);

B = base do bueiro celular (m);

H = altura do bueiro celular (m);

U = velocidade do escoamento (m/s).

h = altura de carga medida a partir do eixo da obra até o nível d'água (m)

Caso não sejam verificadas, na análise hidráulica do bueiro celular, as condições estabelecidas entre a vazão admissível e a vazão obtida para o período de retorno considerado, deve-se realizar a análise considerando um bueiro celular duplo. No caso de este ainda não atender às exigências deve-se passar a considerar um bueiro celular triplo. No entanto, se a análise com o bueiro triplo não for verificada deverão ser utilizadas obras de arte especiais, tais como pontes e pontilhões. A Tabela 4.1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5-2 - Dimensionamento dos bueiros alocados (parâmetros de entrada).

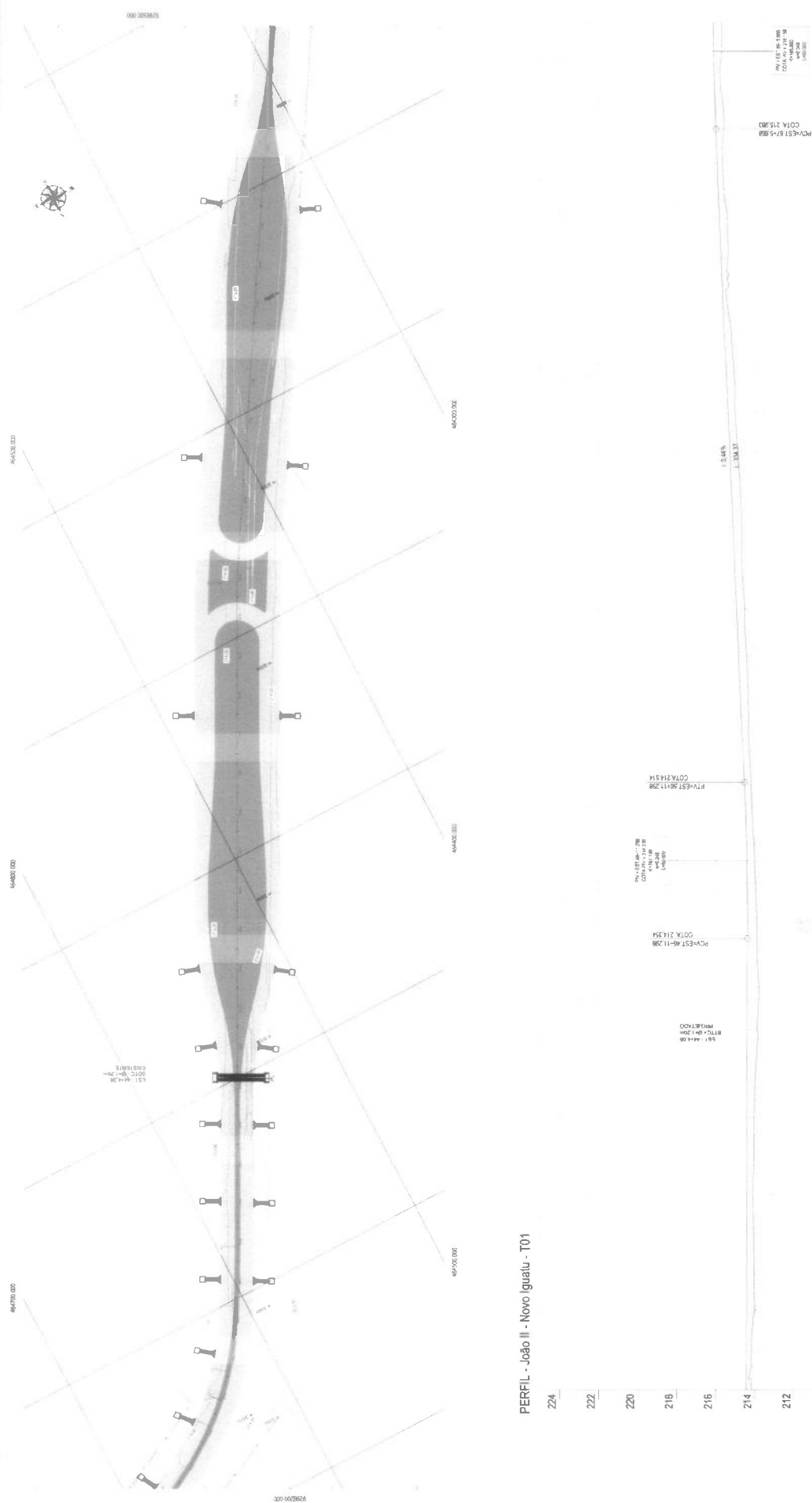
Parâmetros de Entrada				
Bacia	Area (km²)	Qhidrologia 25 anos (m³/s)	Qhidrologia 50 anos (m³/s)	Manning
BU-01	0,026	0,362	0,391	0,013
BU-01.1	0,041	0,497	0,530	0,013
BU-02	6,040	6,447	6,897	0,013
BU-03	5,770	4,965	5,307	0,013
BU-04	5,209	5,573	5,951	0,013
BU-05	0,075	0,734	0,786	0,013
BU-06	24,960	36,966	45,179	0,013
BU-07	0,321	3,392	3,677	0,013
BU-08	0,656	3,746	4,028	0,013
BU-09	0,857	3,711	3,973	0,013
BU-10	0,501	5,973	6,427	0,013
BU-11	0,179	1,792	1,923	0,013
BU-12	0,215	2,200	2,361	0,013
BU-13	0,069	0,875	0,936	0,013
BU-14	0,050	0,759	0,816	0,013

Tabela 5-3 - Dimensionamento dos bueiros alocados (condições de dimensionamento).

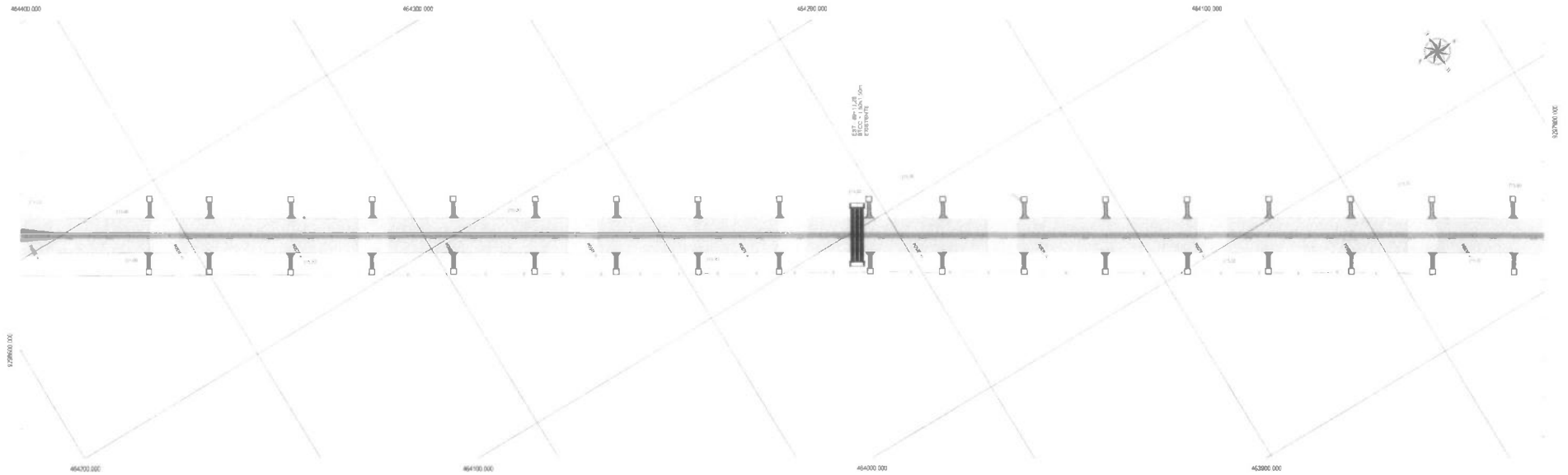
Bacia	Condições de Dimensionamento					
	Dimensionamento Limite				Verificação 50 anos	
	Icritico Tub (m/m)	Iadotado Tub (m/m)	Qadm Tub (m³/s)	Vel. Tub. (m/s)	Qadm Tub (m³/s)	Vel. Tub. (m/s)
BU-01	0,0055	0,005	1,66	2,46	2,68	3,42
BU-01.1	0,0055	0,005	1,66	2,46	2,68	3,42
BU-02	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-03	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-04	0,0048	0,004	4,37	2,88	6,52	3,69
BU-05	0,0060	0,005	0,91	2,12	1,66	3,30
BU-06	0,0043	0,004	20,42	4,08	25,79	4,05
BU-07	0,0055	0,005	1,66	2,46	2,68	3,42
BU-08	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-09	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-10	0,0048	0,004	4,37	2,88	6,52	3,69
BU-11	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-12	0,0060	0,005	0,91	2,12	1,66	3,30
BU-13	0,0052	0,005	2,70	2,78	3,99	3,53
BU-14	0,0060	0,005	0,91	2,12	1,66	3,30

Tabela 5-4 - Dimensionamento dos bueiros alocados (resultados).

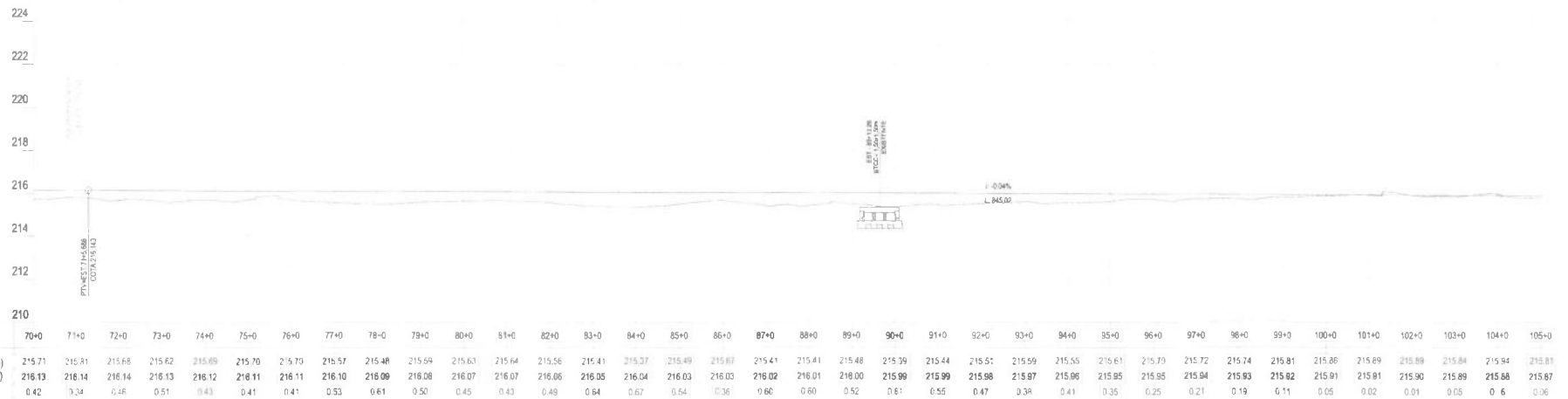
Bacia	Resultados					
	Valores Reais 25 anos - Tubular			Quantidade de Estruturas	Tipo	Diametro ou L (m)
	Altura Normal (m)	Área Normal (m²)	Vel. Mínima (m/s)			
BU-01	0,313	0,210	1,72	1,00	BSTC	1
BU-01.1	0,370	0,264	1,88	1,00	BSTC	1
BU-02	0,796	0,796	2,70	3,00	BTTC	1,2
BU-03	0,890	0,899	2,76	2,00	BDTC	1,2
BU-04	0,857	1,044	2,67	2,00	BTCC	1,5
BU-05	0,533	0,356	2,06	1,00	BSTC	0,8
BU-06	1,848	4,622	4,00	2,00	BDCC	2,5
BU-07	0,597	0,489	2,31	3,00	BTTC	1
BU-08	0,725	0,714	2,62	2,00	BDTC	1,2
BU-09	0,720	0,709	2,62	2,00	BDTC	1,2
BU-10	0,896	1,101	2,71	2,00	BDCC	1,5
BU-11	0,704	0,690	2,60	1,00	BSTC	1,2
BU-12	0,533	0,356	2,06	3,00	BTTC	0,8
BU-13	0,464	0,404	2,17	1,00	BSTC	1,2
BU-14	0,547	0,366	2,07	1,00	BSTC	0,8



ESTACA	210																																		
	35+0	36+0	37+0	38+0	40+0	41+0	42+0	43+0	44+0	45+0	46+0	47+0	48+0	49+0	50+0	51+0	52+0	53+0	54+0	55+0	56+0	57+0	58+0	59+0	60+0	61+0	62+0	63+0	64+0	65+0	66+0	67+0			
COTAS DO TERRENO (m)	214.16	214.18	214.05	214.04	214.16	214.10	214.03	214.01	213.95	213.88	213.78	213.65	213.67	213.55	214.41	214.27	214.28	214.31	214.41	214.47	214.62	214.65	214.72	214.86	214.99	215.04	215.17	215.42	215.35	215.39	215.59	215.64	215.65	215.78	215.71
COTAS DO PROJETO (m)	214.44	214.44	214.43	214.42	214.41	214.40	214.39	214.38	214.37	214.36	214.35	214.34	214.31	214.41	214.47	214.55	214.64	214.73	214.82	214.90	214.99	215.08	215.17	215.26	215.34	215.43	215.52	215.61	215.69	215.78	215.87	215.96	216.04	216.10	216.13
COTA FURTELA (m)	0.29	0.26	0.38	0.38	0.25	0.31	0.36	0.38	0.42	0.43	0.46	0.51	0.48	0.42	0.37	0.33	0.33	0.36	0.42	0.44	0.37	0.43	0.46	0.40	0.35	0.39	0.35	0.16	0.35	0.39	0.28	0.32	0.38	0.34	0.42



PERFIL - João II - Novo Igatu - T01



LEGENDA

EM PLANTA:

- Eixo Projetado
- Muro Existente
- Edificação Existente
- Curvas de Níveis
- Meio-Fio Existente
- Descida d'Água sob Passado
- Poste de Barra Torção
- Bueiro Existente
- Meio-Fio Projetado
- Cerca Existente
- Estrada Existente
- Bueiro Projetado

EM PERFIL:

- Terreno Atual
- Bueiro Existente
- Córrego Projetado
- Bueiro Projetado
- Asfalto Existente
- Revestimento em Projeto
- Pavimento em Projeto



PROJETO: PROJETO DE INFRAESTRUTURA E
RECONSTRUÇÃO DA
OBRAS PARA A CRIAÇÃO DE UM NOVO VILAR
EM IGATU
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM

ETAPA: PROJETO EXECUTIVO
COORDENADORIA:
COORDENADORIA:
ESCALA:
INDICAÇÃO

COORDENAÇÃO GERAL:
DEGO BASTOS DE FRANÇA
RNP 300 188114-1 - CREA-CE
COORDENAÇÃO DO CONTRATO:
RUA BARBOSA CUNHA FREITAS
CRAVOS 308/100
PROJETO/REVISÃO:
RICARDO VENEZIANO DE OLIVEIRA
RNP 300 188114-1 - CREA-CE

DATA: 01/01/2023
ARQUIVO:
SUBPROJETO: PROJETO DE DRENAGEM
FABIANO:
A2 (F20.207-1)

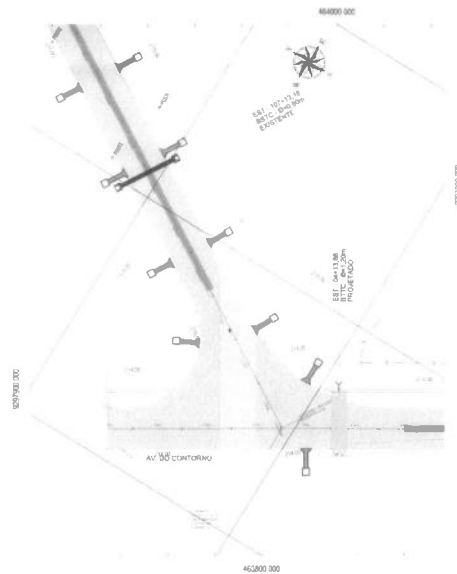
PROJETO

A: EMISSÃO INICIAL
REV: DESCRIÇÃO

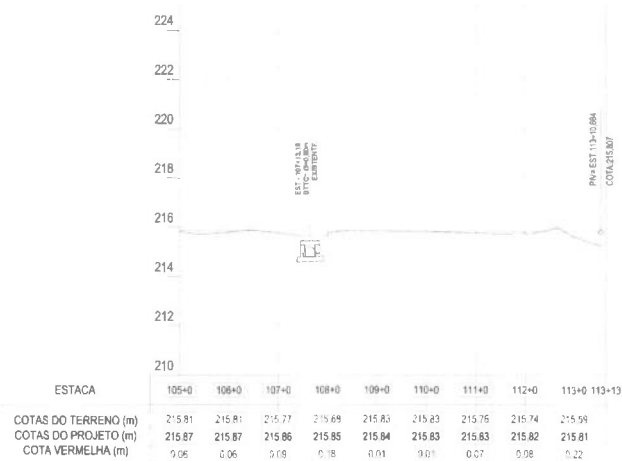
31/04/2023
DATA



PROJETO:
PROJETO DE DRENAGEM
COORDENADOR:
RICARDO VENEZIANO DE OLIVEIRA
LOCALIZAÇÃO: DISPOSITIVO DE DRENAGEM



PERFIL - João II - Novo Iguatu - T01



LEGENDA

EM PLANTA

- Eixo Projetado
- Muro Existente
- Edificação Existente
- Curvas de Nível
- Asfalto Existente
- Meio-Fio Existente
- Desce D'Água sob Passeio
- Posição de Banca Tênis
- Buero Existente
- Revestimento em Projetado
- Meio-Fio Projetado
- Cerca Existente
- Estrada Existente
- Buero Projetado
- Passeio em Projetado

EM PERFIL

- Terreno Atual
- Buero Existente
- Grade Projetado
- Buero Projetado



PROJETO PROJETO DE INFRAESTRUTURA E SEGURANÇA VIÁRIA
OBRA: REQUALIFICAÇÃO URBANA AMEL. VIÁRIO UN. IGUATU
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM

ETAPA: PROJETO EXECUTIVO
EXATidão OCALIBRADO: QUATUZE
SEGALA: RODADA

COORDENAÇÃO GERAL: DR. GILBERTO DE FRANCA
RPF: 81124739 - DRA. CCI
COORDENAÇÃO DO CONTRATO: ANA BATISTA CAMPOS TRETAS
CARGO: ARQUITETA
PROJETO: RICARDO VENEZUELA DE OLIVEIRA
RPF: 38018814 - DRA. CCI

DATA: 08/12/2023
ARQUIVO: 2303 PROJ. DRE. 000018 REV. A.rmg
TAMANHO: 41.600.000

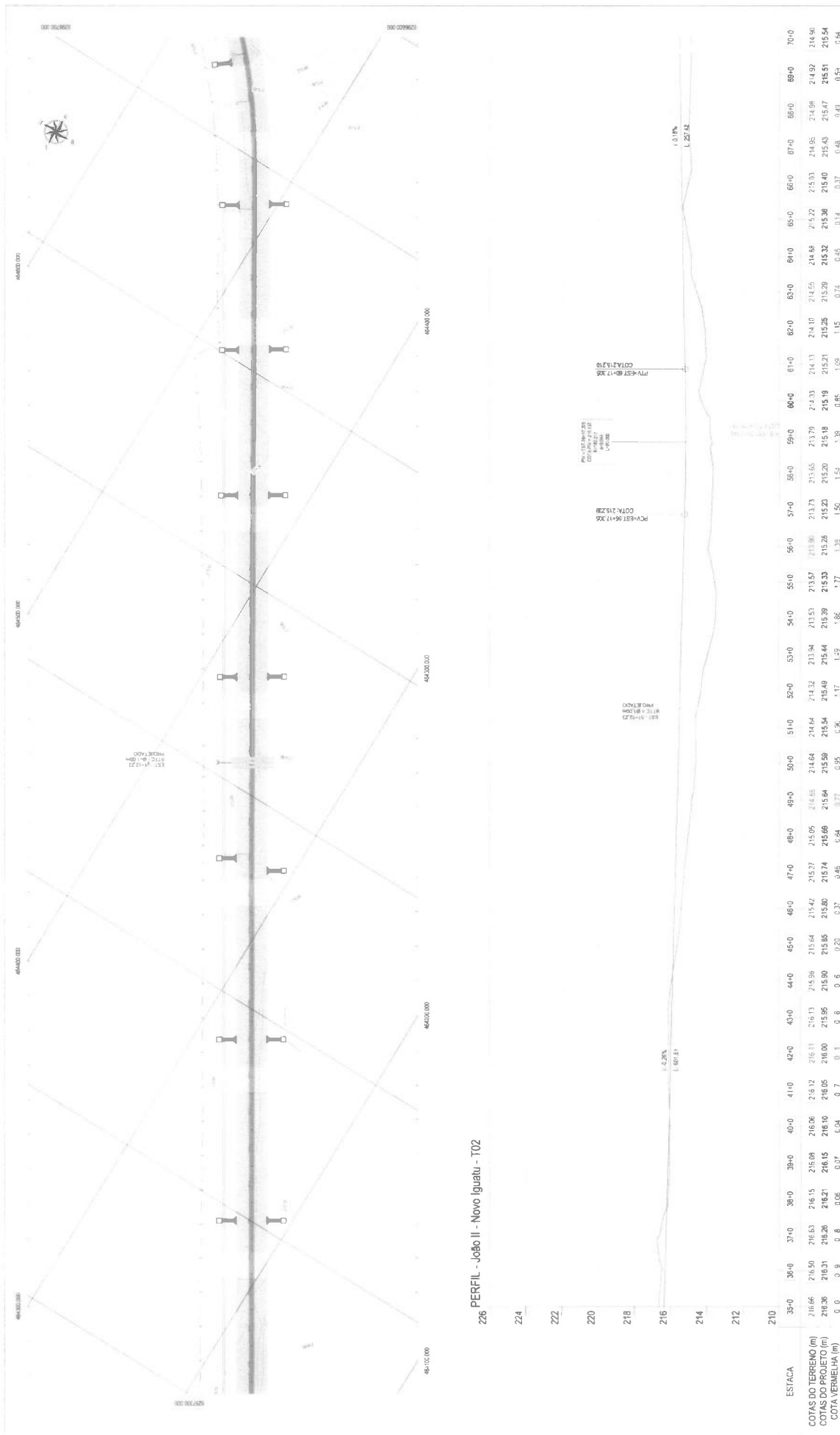
PROJETO

A EMISSÃO FINAL
REV. DESCRIÇÃO

21/04/2023
BATA



PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM
CONTEÚDO: ANL. VIÁRIO
LOCALIZAÇÃO: LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM



PERFIL - João II - Novo Iguaçu - T02

210																																					
ESTACA	35+0	36+0	37+0	38+0	39+0	40+0	41+0	42+0	43+0	44+0	45+0	46+0	47+0	48+0	49+0	50+0	51+0	52+0	53+0	54+0	55+0	56+0	57+0	58+0	59+0	60+0	61+0	62+0	63+0	64+0	65+0	66+0	67+0	68+0	69+0	70+0	
COTAS DO TERRENO (m)	216.66	216.50	216.63	216.15	215.68	215.06	216.12	216.11	216.13	215.96	215.64	215.42	215.27	215.05	214.88	214.64	214.64	214.32	213.94	213.54	213.57	213.53	213.60	213.73	213.65	213.79	214.33	214.13	214.10	214.55	214.68	215.22	215.03	214.95	214.99	214.92	214.90
COTAS DO PROJETO (m)	216.36	216.31	216.26	216.21	216.15	216.10	216.05	216.00	215.95	215.90	215.85	215.80	215.74	215.68	215.64	215.59	215.54	215.49	215.44	215.39	215.33	215.28	215.23	215.20	215.18	215.19	215.21	215.25	215.29	215.32	215.36	215.40	215.43	215.47	215.51	215.54	215.51
COTA VERMELHA (m)	0.0	0.9	0.8	0.06	0.07	0.04	0.7	0.1	0.8	0.6	0.20	0.37	0.46	0.94	0.77	0.95	0.96	1.17	1.59	1.66	1.77	1.39	1.50	1.53	1.39	0.85	1.09	1.15	0.74	0.45	0.14	0.37	0.49	0.40	0.59	0.64	

LEGENDA

EM PLANTA

- Eixo Proposto
- Meio-Fin Existente
- Meio-Fin Proposto

- Muro Existente
- Dêscida D'Água ao Passado
- Canal Existente

- Edificação Existente
- Poste de Busca Terminado
- Estação Existente

- Curvas de Níveis
- Buroto Existente
- Buroto Proposto

- Adição Existente
- Recuperação em Projeto
- Passagem em Projeto

- Terreno Atual
- Grade Proposta

- Buroto Existente
- Buroto Proposto



DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

COORDENADOR GERAL
COORDENADOR GERAL
COORDENADOR GERAL
COORDENADOR GERAL

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

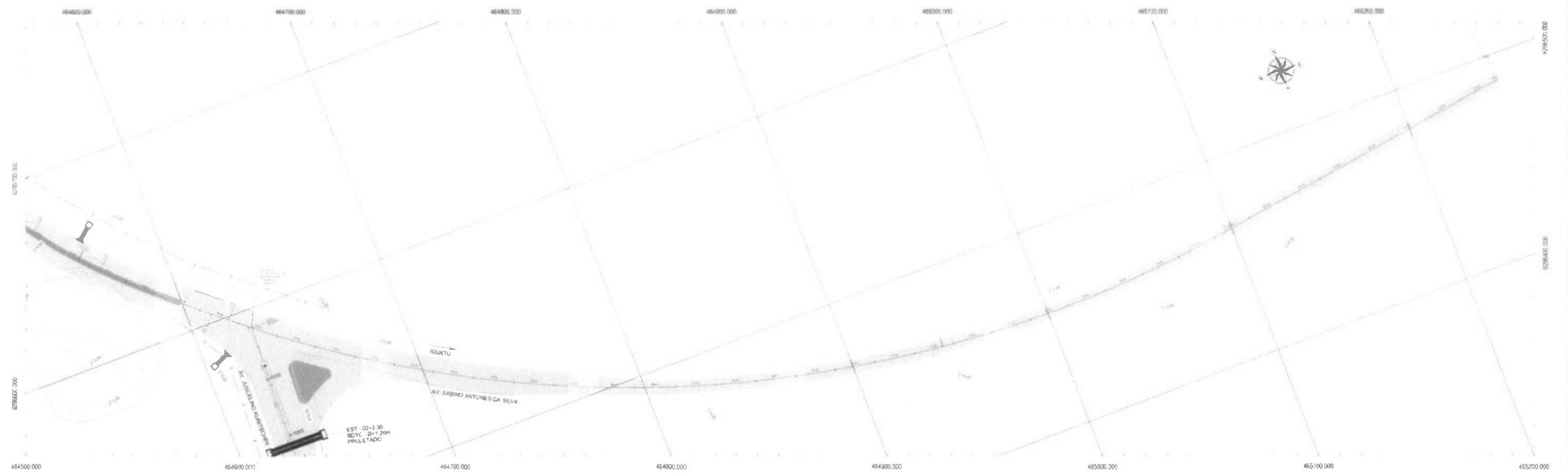
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

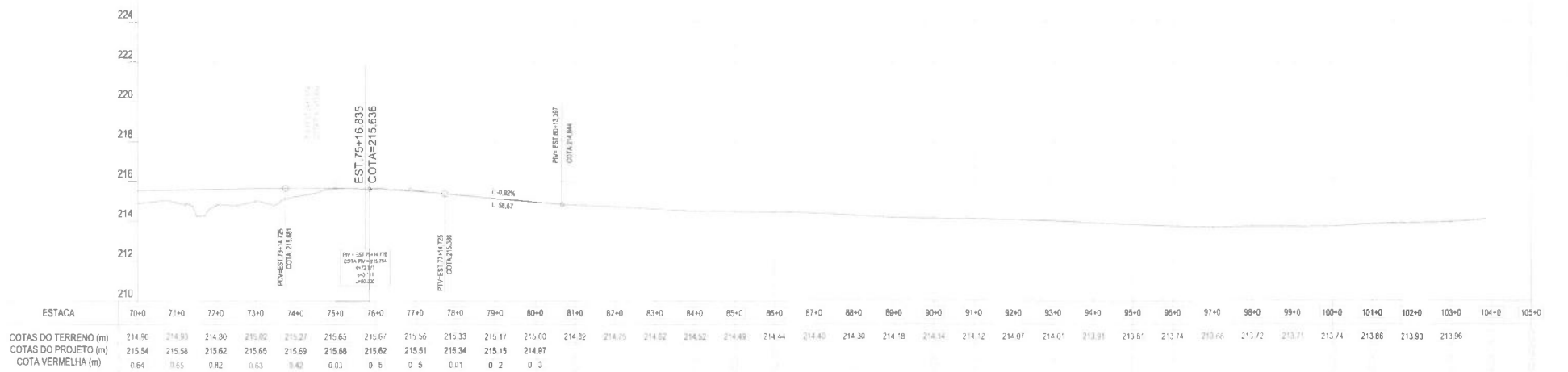
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES



226 PERFIL - João II - Novo Iguatu - T02



LEGENDA

EM PLANTA:

- Eixo Projetado
- Muro Existente
- Muro-Projeto
- Muro-Projeto

- Desce D'Água sob Passagem
- Cerca Existente

- Edificação Existente
- Poste de Banca Tensão
- Estrada Existente

- Curvas de Níveis
- Bueiro Existente
- Bueiro Projetado

- Asfalto Existente
- Revestimento em Projeto
- Passado em Projeto

- Terreno Atual
- Canteiro Projetado
- Bueiro Existente
- Bueiro Projetado

EM PERFIL:

- Terreno Atual
- Canteiro Projetado
- Bueiro Existente
- Bueiro Projetado



PROJETO DE INFRAESTRUTURA E
SOLUÇÃO VIÁRIA
OBRA: REQUALIFICAÇÃO URBANA AMEL VIANE
1º QUARTO
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM

ETAPA: PROJETO EXECUTIVO
COORDENADOR: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
REVISOR: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

COORDENADOR GERAL: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA

COORDENADOR GERAL: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PROJETO: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA

DATA: 08/01/2023
AUTOR: RICARDO VERGILIO DE OLIVEIRA
TAMANHO: A3 (300x420mm)

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

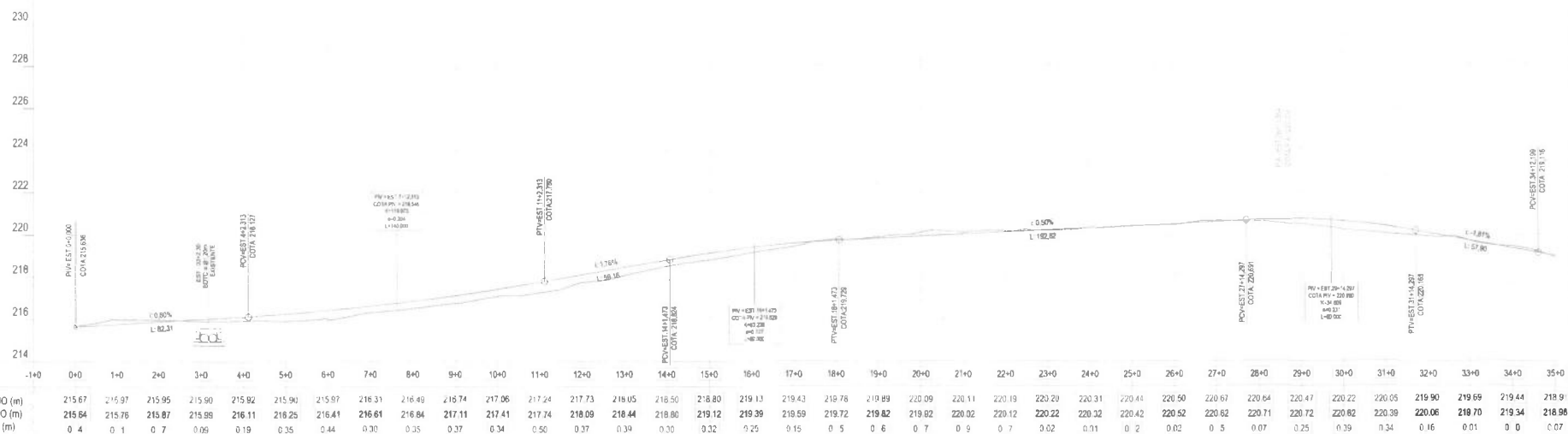
PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM



232 PERFIL - João II - Novo Iguaçu - T03



LEGENDA

EM PLANTA:

- Eixo Projetado
- Muro Existente
- Edificação Existente
- Curvas de Níveis
- Meio-Fio Existente
- Descida D'Água sub Passado
- Ponte de Baixo Tendido
- Buero Existente
- Meio-Fio Projetado
- Cerca Existente
- Estrada Existente
- Buero Projetado

EM PERFIL:

- Terreno Atual
- Buero Existente
- Pavimentação em Projeto
- Grelha Projetada
- Buero Projetado



PROJETO: PROJETO DE INFRAESTRUTURA E
BOMBADEIRA PARA
BOMBADEIRA PARA
BOMBADEIRA PARA
BOMBADEIRA PARA

ETAPA: PROJETO EXECUTIVO
COORDENADOR: [NOME]
COORDENADOR: [NOME]
COORDENADOR: [NOME]
COORDENADOR: [NOME]

COORDENADOR GERAL:
COORDENADOR GERAL:
COORDENADOR GERAL:
COORDENADOR GERAL:

DATA: 01/01/2011
AUTOR:
AUTOR:
AUTOR:
AUTOR:

PROJETO:
PROJETO:
PROJETO:
PROJETO:

A: [NOME]
REV: [NOME]
REV: [NOME]
REV: [NOME]

21/01/2011
DATA:

MAINTENÇÃO
MAINTENÇÃO
MAINTENÇÃO
MAINTENÇÃO

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM
CONTEÚDO:
CONTEÚDO:
CONTEÚDO: