

CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO NOVO MARAPICU, TRONCO, EXTRAVASOR E ADUTORA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA NOVO GUANDU

CANAL EXTRAVASOR

RELATÓRIO DE HIDROLOGIA CANAL EXTRAVASOR

A-7800-RMT.3500.S017-PB-EXT.000.01-H00-RL-001

DEZEMBRO/2023



Documento assinado digitalmente
RODRIGO DE MELLO FENIZOLA
Data: 04/11/2025 16:38:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sumário

1. Apresentação	3
2. Documentos de Referência	3
3. Macro localização da área de projeto	4
4. Climatologia e Estudo de Chuvas Intensas	5
4.1. Caracterização do Regime Climático	5
4.2. Dados Básicos Coletados	6
4.3. Pluviosidade Média	9
4.4. Chuva de Projeto – Equação IDF	11
5. Características Fisiográficas das Bacias	13
5.1. Aspectos Topográficos	13
5.2. Tempo de Concentração	16
5.3. Uso e Cobertura do Solo	19
6. Cálculo das Vazões de Projeto	25
6.1. Critérios e Metodologia – Vazões de Cheias	25
6.2. Tempo de recorrência	29
6.3. Extravasão do Reservatório Novo Marapicu	30
6.4. Resultados	31
 ANEXO I – Detalhamento do cálculo da decl. equivalente e tempo de concentração - Kirpich	33
ANEXO II – Detalhamento do Cálculo UH SCS	36

1. Apresentação

O presente documento apresenta os estudos hidrológicos referentes ao Canal Extravisor do Reservatório Novo Marapicu, situado no município de Nova Iguaçu, no estado do Rio de Janeiro. O relatório contém a caracterização hidrológica da área, composta da análise climática, pluviométrica, fisiográfica da bacia contribuinte, finalizando com a apresentação da metodologia e resultados do cálculo de vazões de projeto, que subsidiam o dimensionamento do Canal Extravisor, travessias sob vias urbanas do mesmo e estruturas correlatas.

O Canal Extravisor é um projeto desenvolvido sobre uma vala existente, localizada em área urbanizada e com descarga final no rio Capenga. O objetivo do projeto é implementar melhorias que garantam condições adequadas para que a vala suporte as cheias naturais, considerando períodos de retorno compatíveis com os critérios de macrodrenagem da bacia hidrográfica onde está inserida. Além disso, o canal foi dimensionado para acomodar a vazão extraordinária de extravasão do Reservatório Marapicu, em situações críticas decorrentes de necessidades operacionais ou emergenciais.

2. Documentos de Referência

CÓDIGO DO DOCUMENTO	TÍTULO
-	RIOAGUAS - INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA – 2ª VERSÃO (2019)
IPR-715 DNIT	MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA PARA ESTRUTURAS DE DRENAGEM/ DNIT
IPR-724 DNIT	MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS/ DNIT
IS-203 DNIT	ESTUDOS HIDROLÓGICOS
IP-DE-H00/001	ESTUDOS HIDROLÓGICOS/ DER-SP

3. Macro localização da área de projeto

A Figura 3.1 mostra a macro localização do Canal Extravasor. É possível verificar a hidrografia adjacente, as divisões territoriais e a localização do reservatório Novo Marapicú, assim como da linha extravasora que desaguará no canal projetado.

O Canal Extravasor é um canal existente, se situa no município de Nova Iguaçu e é um afluente do Rio Capenga pela margem esquerda, que por sua vez descarrega no Rio Guandu-Mirim.

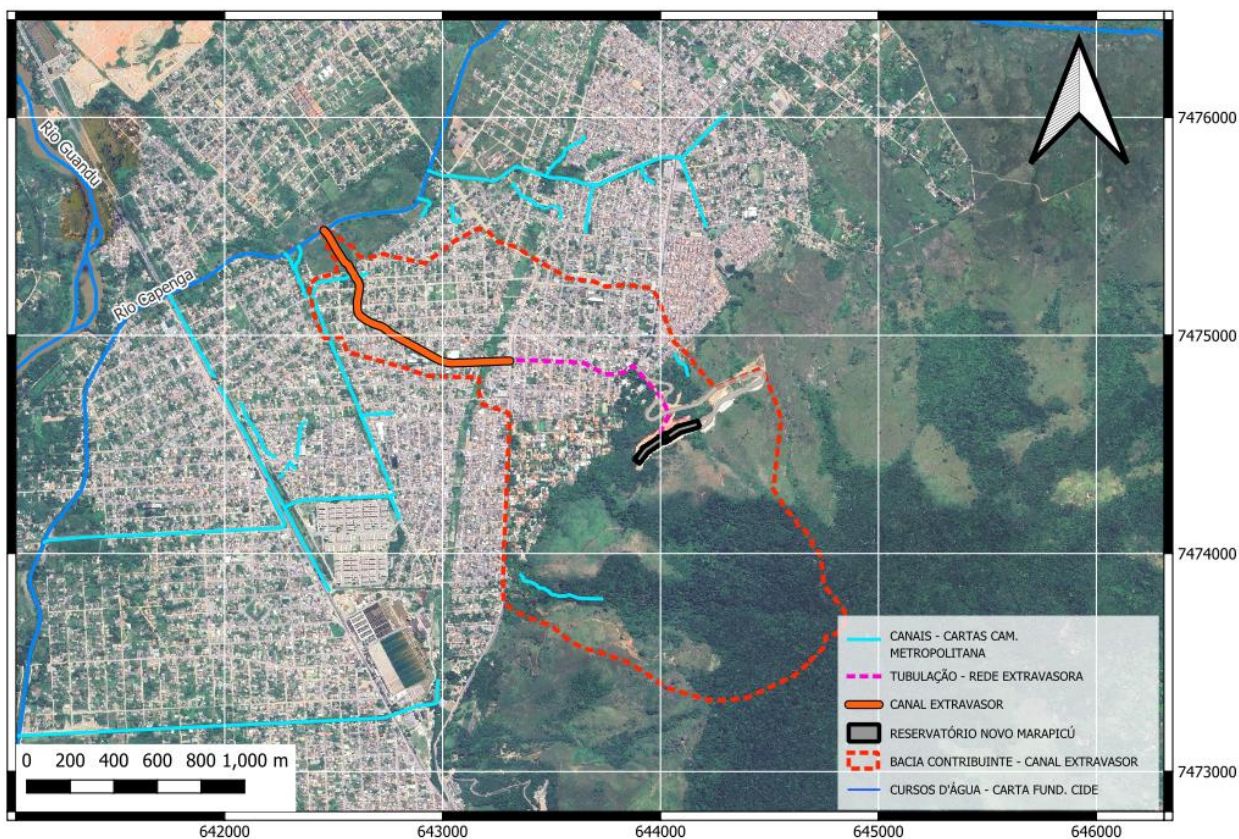


Figura 3.1 – Macro Localização – Canal Extravasor

4. Climatologia e Estudo de Chuvas Intensas

4.1. Caracterização do Regime Climático

Segundo ALVARES (2013)¹, a classificação climática da região de estudo situa-se majoritariamente na classificação Köppen como Classe **Aw**, correspondente ao clima tropical. Esta classe é caracterizada por apresentar invernos secos, onde a temperatura média em seu mês mais frio é superior a 18°C, e verões chuvosos. As precipitações médias anuais são superiores a 750 mm, podendo atingir 1800 mm, enquanto a temperatura média anual se encontra entre 19 e 20°C.

A parte alta da bacia, aproximadamente 20% da área total da bacia, é caracterizada como Classe **Cfa** (subtropical úmido), com características semelhantes, mas com estação seca mais curta e menos marcada, e temperaturas médias anuais um pouco mais moderadas.

A Figura 4.1 ilustra a distribuição espacial da classificação Köppen da área de estudo e do seu entorno.

¹ ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

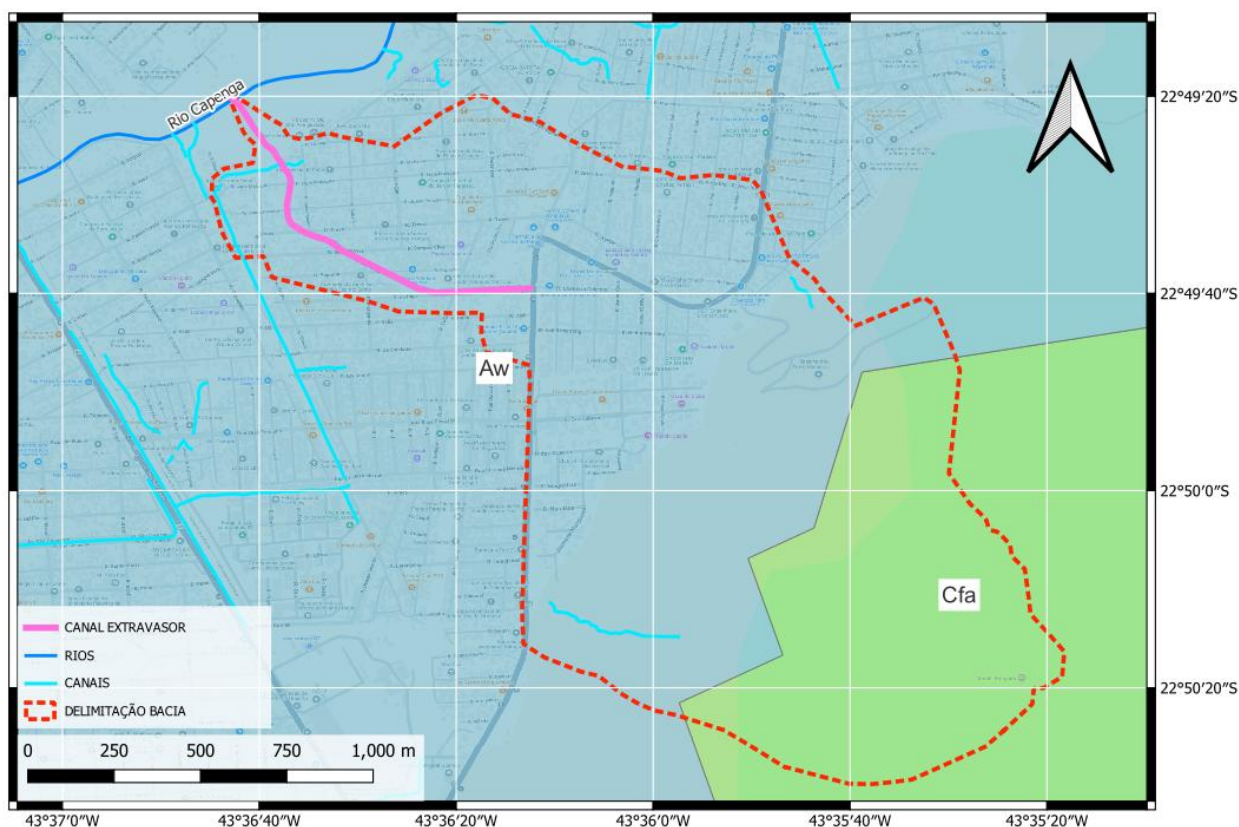


Figura 4.1 - Classificação climática Köppen – Bacia do Canal Extravador

4.2. Dados Básicos Coletados

O trecho de projeto dista aproximadamente 8 km do posto pluviométrico Av. Brasil/ Mendanha, gerenciado e operado pelo ALERTA RIO - Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. A localização do posto em relação ao Canal Extravador está ilustrada na Figura 4.2, e uma figura com os dados do posto pluviométrico, retirada do site ALERTARIO², está representada na Figura 4.3.

² ALERTARIO. Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2023.

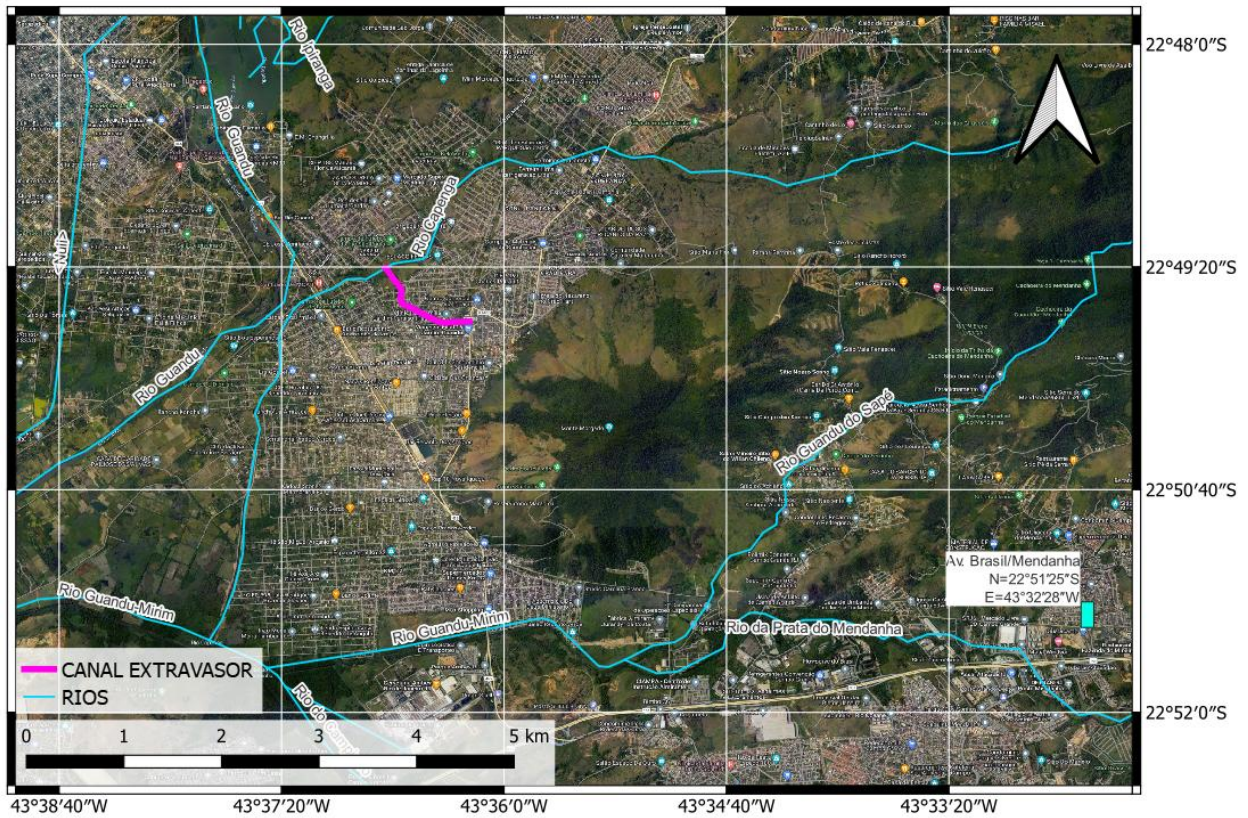


Figura 4.2 - Localização do posto pluviométrico

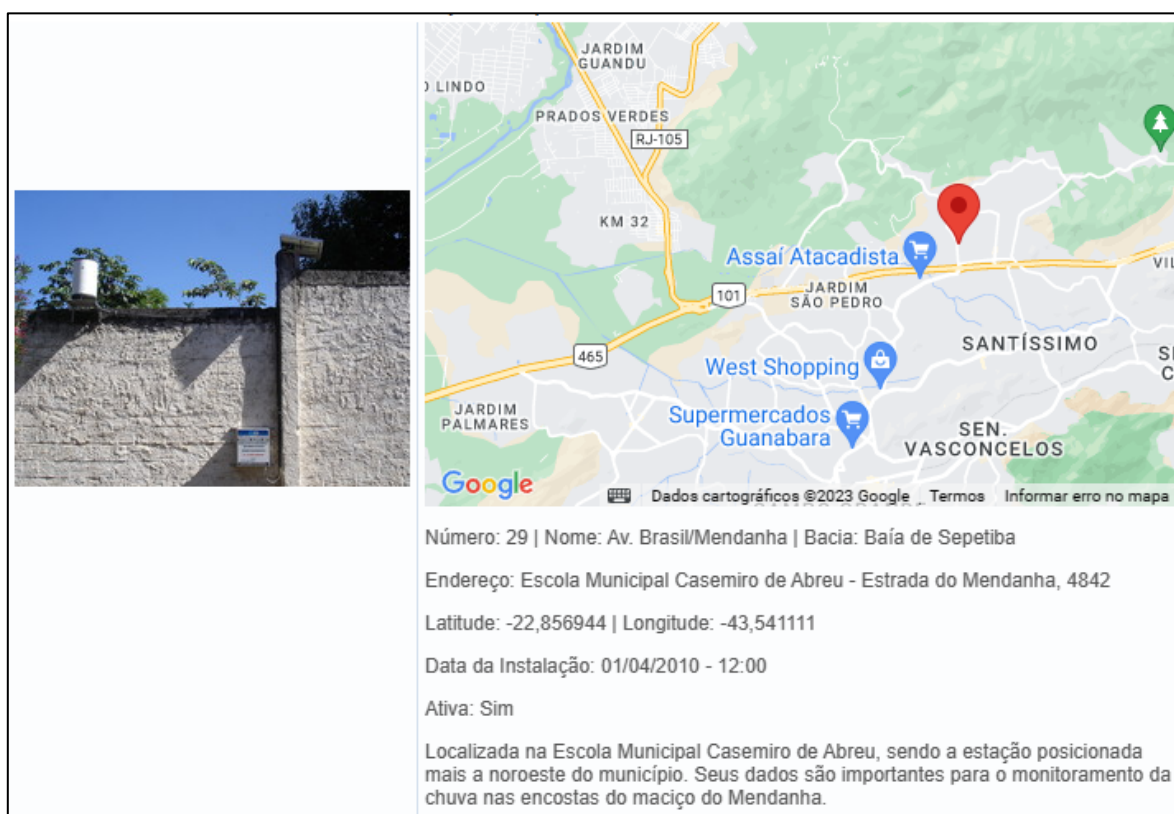


Figura 4.3 – Dados da Estação Pluviométrica 29-Av. Brasil/ Mendanha – Alerta Rio

O posto possui registros de resolução temporal de 15 minutos, desde 2010. A instrução técnica elaborada por RIO-ÁGUAS (2019)³, recomenda a utilização dos dados desse posto para a região da Serra do Mendanha, fornecendo inclusive uma equação de intensidade-duração-frequência das chuvas extremas, resultante dos dados desse posto.

A Figura 4.4 mostra o pluviograma da estação selecionada, permitindo a visualização da extensão, consistência e período de falhas dos dados do posto pluviométrico.

³ RIOÁGUAS - Instruções Técnicas Para Elaboração De Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico De Sistemas De Drenagem Urbana (Aprovada pela Portaria O/SUB – RIO-ÁGUAS “N” nº. 004/2010) - 2ª. Versão – JULHO/2019.

Pluviograma do posto 29
2010-2023

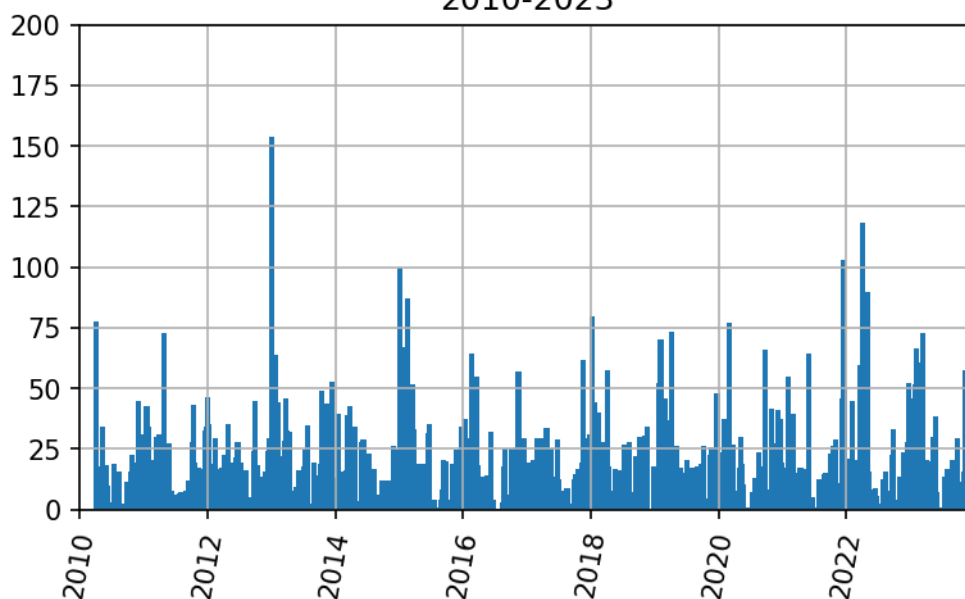


Figura 4.4 - Série histórica de registros – Posto 29-Av. Brasil/ Mendanha – Alerta Rio

4.3. Pluviosidade Média

Os dados do posto pluviométrico citado foram obtidos e processados, de modo a obter características pluviométricas da área, como a precipitação média mensal e número de dias de chuva a cada mês. A pluviosidade média mensal da área de projeto está mostrada na Figura 4.5 e o resultado da análise do número de dias chuvosos a cada mês consta do Quadro 4.1.

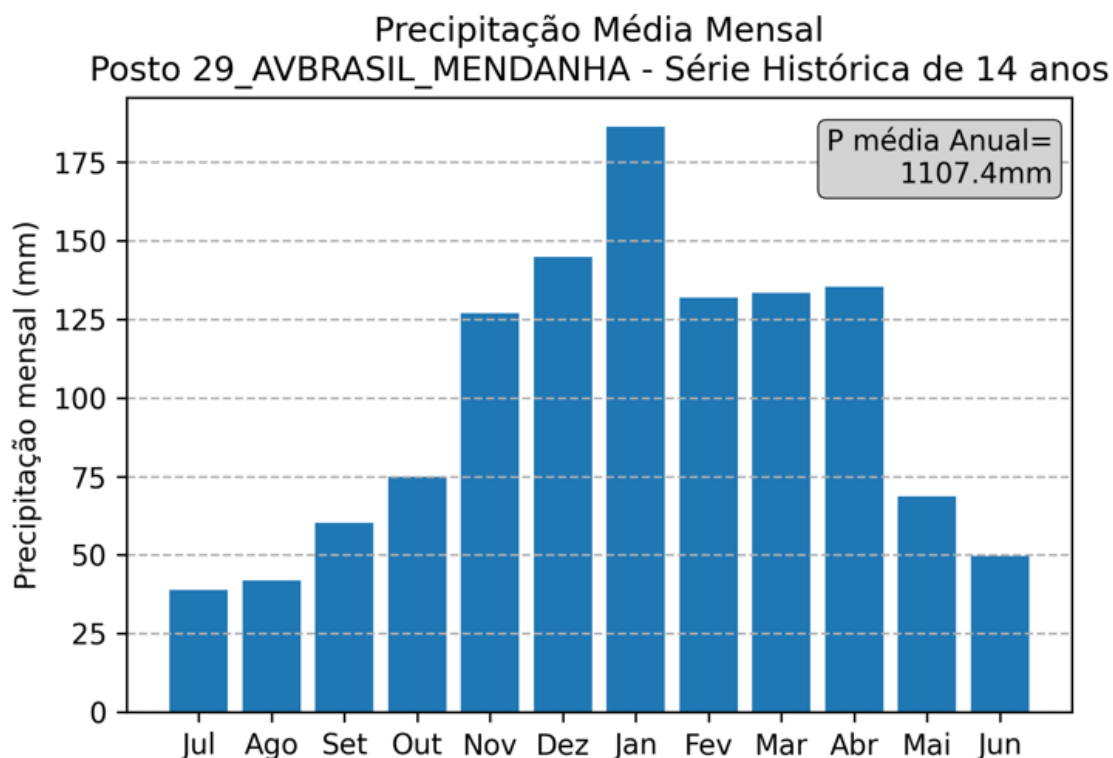


Figura 4.5 - Precipitação média mensal – Posto Av.Brasil/ Mendanha - AlertaRio

Quadro 4.1 - Análise da precipitação média mensal e dias de chuva –
Posto Av.Brasil/ Mendanha - AlertaRio

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Média do N° de Dias			
		Com Chuva	Com chuva < 5mm	Com chuva de 10 a 30mm	Com chuva > 30mm
Julho	38,9	5,9	3,7	1,1	0,1
Agosto	41,9	7,1	4,5	1,3	0,0
Setembro	60,2	9,8	6,4	1,4	0,3
Outubro	75,0	12,1	8,0	2,4	0,2
Novembro	126,9	14,9	8,3	3,4	0,6
Dezembro	144,9	13,9	7,6	3,1	1,3
Janeiro	186,2	14,8	7,1	3,3	2,0
Fevereiro	131,8	13,1	7,2	2,6	1,2
Março	133,3	13,8	7,6	3,1	1,0
Abril	135,2	10,5	5,5	2,1	1,2

Maio	68,6	9,0	5,4	1,8	0,3
Junho	49,5	8,3	5,6	1,2	0,2

4.4. Chuva de Projeto – Equação IDF

Como preconizado por RIOÁGUAS (2019), utilizou-se a equação IDF relativa ao posto apresentado nos subcapítulos anteriores, resumida na fórmula abaixo:

$$I \text{ (mm/h)} = \frac{843,7 \cdot TR^{0,17}}{(t_d + 12,0)^{0,698}}$$

Onde:

I: Intensidade da chuva (mm/h)

TR: Tempo de Recorrência (anos);

t_d: Duração da chuva (minutos).

O Quadro 3.3 mostra as intensidades de precipitação produzidas com essa equação, e a Figura 3.5 ilustra as curvas formadas por esses valores.

**Quadro 4.2 - Intensidades de precipitação (mm/h) segundo equação IDF –
Posto Av.Brasil/ Mendanha - AlertaRio**

TR (anos)	Intensidades de Precipitação (mm/h)											
	td (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	60	360	480	600	720	1440
5	153,5	128,2	111,2	98,7	89,2	81,7	56,1	17,8	14,7	11,1	6,9	153,5
10	172,7	144,3	125,1	111,1	100,4	91,9	63,1	20,0	16,5	12,5	7,7	172,7
15	185,0	154,6	134,0	119,0	107,5	98,4	67,6	21,5	17,7	13,4	8,3	185,0
25	201,8	168,6	146,1	129,8	117,3	107,4	73,7	23,4	19,3	14,6	9,1	201,8
50	227,1	189,7	164,4	146,0	131,9	120,8	82,9	26,3	21,7	16,4	10,2	227,1
100	255,5	213,4	185,0	164,3	148,5	135,9	93,3	29,6	24,4	18,5	11,5	255,5

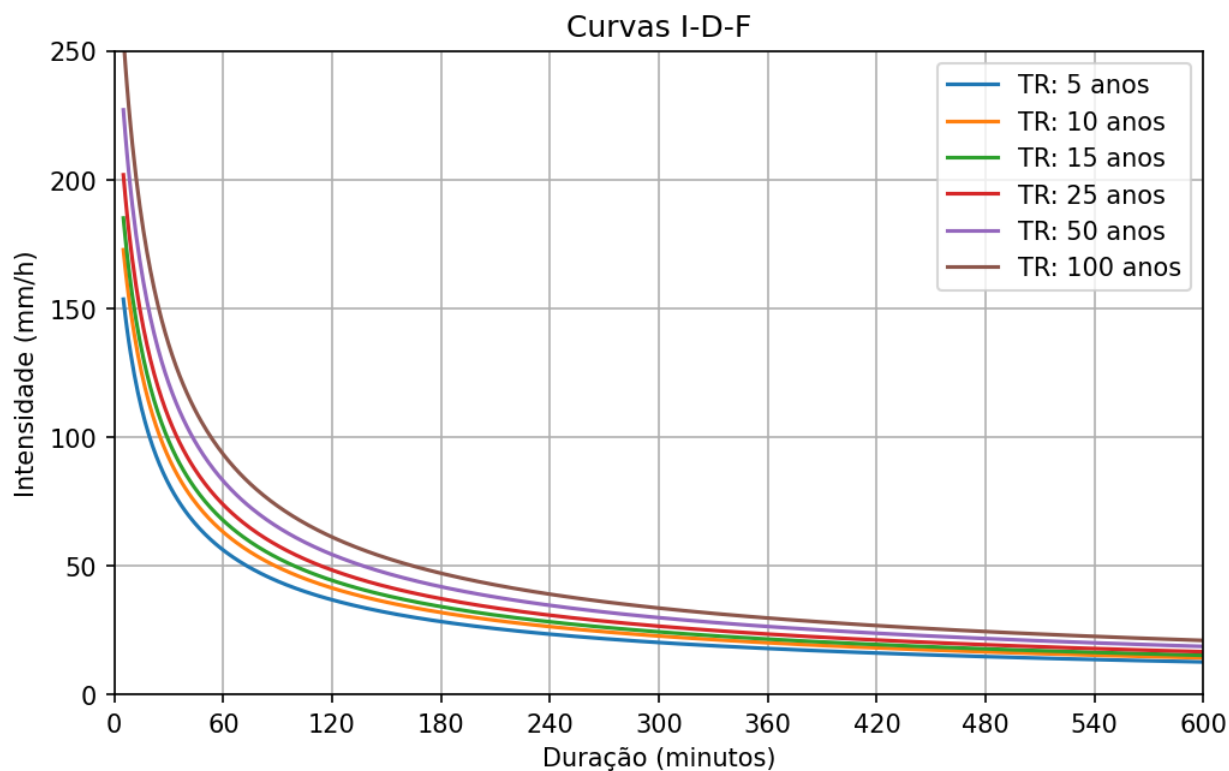


Figura 4.6 - Curvas I-D-F em função do período T (anos) - Posto Av.Brasil/ Mendanha - AlertaRio

5. Características Fisiográficas das Bacias

5.1. Aspectos Topográficos

Para a caracterização das bacias de projeto foram utilizados dados básicos de topografia das Cartas da Câmara Metropolitana de Integração Governamental, atual IRM, resultado de aerofotogrametria executada em 2015/2016, disponibilizadas pelo site DATA-RIO⁴

A parte de montante da bacia não foi coberta pela aerofotogrametria, portanto, foi completada com o modelo digital do terreno (MDT) do IBGE (2018)⁵, mais especificamente pela carta digital MDE_27444ne_v1.

A base topográfica foi processada de modo que fosse identificada toda a hidrografia da região, delimitando-se também as bacias hidrográficas correspondentes. Uma imagem ilustrativa da hipsometria da região, juntamente com a delimitação da bacia hidrográfica, está mostrada na Figura 5.2

A definição da bacia contribuinte foi ajustada com base em visitas de campo, com o objetivo de dirimir dúvidas sobre o direcionamento das águas pluviais. Em particular, foram identificadas incertezas quanto ao direcionamento do talvegue paralelo à Estrada Rio-São Paulo Variante, nas proximidades da Rua Laranjeiras, devido à presença de diversas construções que obstruem o talvegue (Figura 5.1). Contudo, em conjunto com o projetista e os verificadores do projeto, optou-se por considerar a área de drenagem a montante desse ponto como contribuinte ao Canal Extravisor.

⁴ Data Rio - Acesso ao acervo da Cartografia da Cidade do Rio de Janeiro realizada pelo Instituto Pereira Passos.- <https://www.data.rio/apps/mapa-digital-do-rio-de-janeiro-cartografia/explore> - acesso em novembro de 2023.

⁵ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE / Diretoria de Geociências - DGC / Coordenação de Cartografia, 2018 - CCAR Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000 (BC25_RJ), desenvolvida no âmbito do Projeto RJ25



Figura 5.1 - Detalhe das construções barrando o talvegue sul - altura do cruzamento entre as vias Rio-São Paulo Variante x R. Laranjeiras

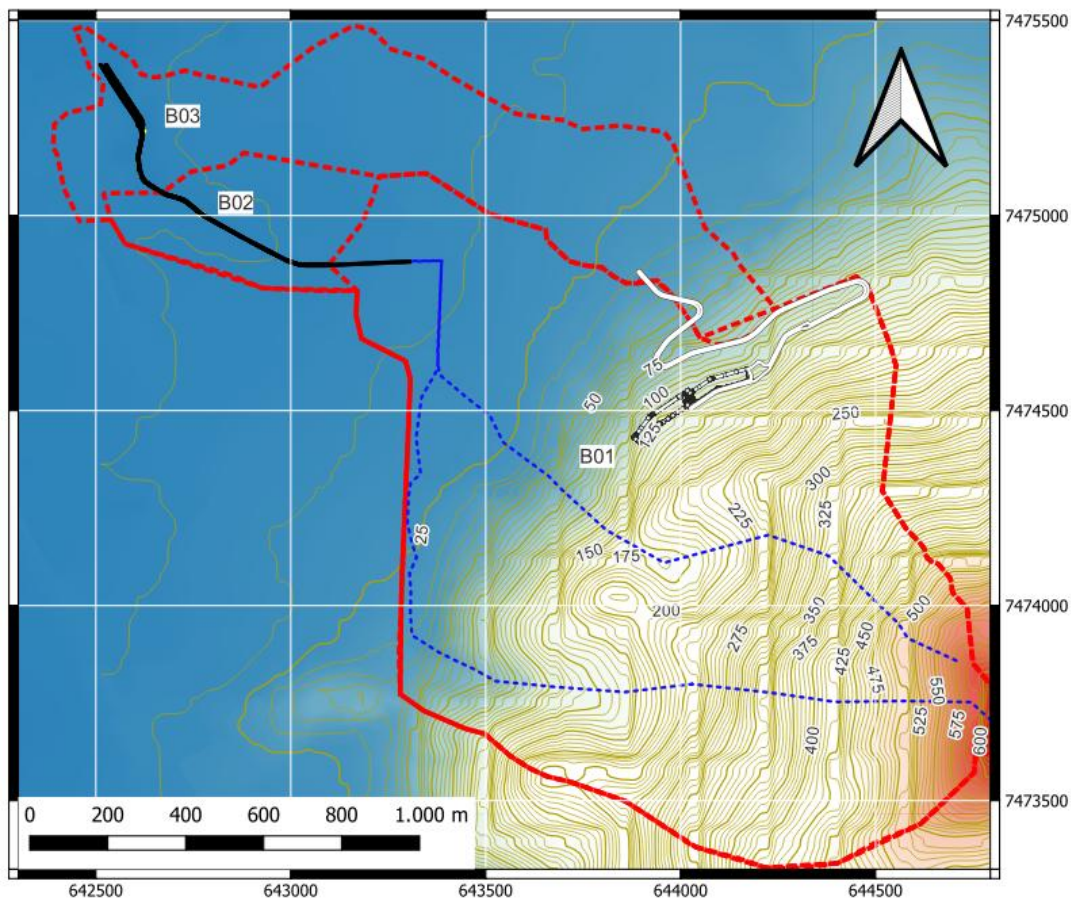


Figura 5.2 - Hipsometria e bacias hidrográficas – Canal Extravisor

De acordo com a delimitação das bacias feita em cima dos dados de elevação das fontes citadas, lista-se abaixo no Quadro 5.1 as áreas de drenagem das sub-bacias consideradas para o dimensionamento do Canal Extravisor.

Quadro 5.1 - Sub-Bacias e áreas de drenagem

Sub-Bacia	Área de drenagem acumulada (ha)
B1	192,0
B2	208,5
B3	263,1

5.2. Tempo de Concentração

Ainda utilizando-se da base de dados topográficas descrita no item anterior, foi traçado o talvegue mais extenso para a bacia do canal, no intuito de subsidiar o tempo de concentração da bacia. Dividiu-se a bacia em 3, de acordo com trechos do canal, para dimensionar os trechos mais apropriadamente.

A metodologia utilizada para o cálculo do tempo de concentração foi a recomendada no manual RIOÁGUAS(2009), sendo uma composição dos métodos Kerby (cabeceira)/ Kirpich (talvegue) e Cinemático (canalizações). O tempo de concentração total adotado não deverá ser inferior a 5 minutos.

O tempo de concentração total (t_c) foi determinado a partir da soma de tempos distintos:

$$t_c = t_p + t_e$$

onde:

t_p = tempo de percurso - tempo de escoamento dentro da galeria ou canal, calculado pelo Método Cinemático;

t_e = tempo de entrada - tempo gasto pelas chuvas caídas nos pontos mais distantes da bacia para atingirem o primeiro ralo ou seção considerada;

O tempo de entrada (t_e) pode também ser subdividido em parcelas:

$$t_e = t_1 + t_2$$

onde:

t_1 = tempo de escoamento superficial no talvegue - tempo de escoamento das águas pelo talvegue até alcançar o primeiro ralo ou seção considerada, calculado pela equação de George Ribeiro ou pela equação de Kirpich;

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural - tempo de escoamento das águas sobre o terreno natural, fora dos sulcos, até alcançar o ponto considerado do talvegue, calculado pela equação de Kerby:

A equação de Kirpich é apresentada a seguir:

$$t_1 = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

onde:

t_1 = Tempo de escoamento superficial, em h;

L = Comprimento do talvegue, em km;

S = Declividade média do talvegue da bacia, em km. – Foi utilizada a Declividade Equivalente do talvegue (Villela e Mattos, 1975⁶), segundo a fórmula abaixo

$$S(m/m) = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{\sqrt{D_i}} \right)} \right)^2$$

Onde:

S: Declividade Equivalente (m/m);

L_i : distância em cada trecho do talvegue (m)

D_i : Declividade em cada trecho (m/m).

O detalhamento do cálculo da Declividade Equivalente constante está no Anexo I.

A equação de Kerby é adotada para calcular a parcela t_2 , relativa ao percurso no terreno natural até alcançar o talvegue:

⁶ VILLELA, S. M; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

$$t_2 = 1,44 [L_2 C_k (1/(S_2)^{0,5})]^{0,47}$$

onde:

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural, em min;

L_2 = Comprimento do percurso considerado, em km;

C_k = Coeficiente determinado pelo Quadro 5.2 – adotado 0,6;

S_2 = Declividade média do terreno;

Quadro 5.2 - Coeficiente C_k - equação de Kerby

<i>Tipo de superfície</i>	<i>Coeficiente C_k</i>
Lisa e impermeável	0,02
Terreno endurecido e desnudo	0,10
Pasto ralo, terreno cultivado em fileiras e superfície desnuda, moderadamente áspera	0,20
Pasto ou vegetação arbustiva	0,40
Mata de árvores decíduas	0,60
Mata de árvores decíduas tendo o solo recoberto por espessa camada de detritos vegetais	0,80

A fórmula cinemática consiste na equação:

$$t_p = 16,67 \times \sum (L_i/V_i)$$

onde:

t_p = Tempo de percurso, em min;

L_i = Comprimento do talvegu (trechos homogêneos), em km;

V_i = Velocidade do trecho considerado, em m/s.

A aplicação do método cinemático deve ser realizada com base na velocidade correspondente ao escoamento em regime permanente e uniforme. As velocidades poderão ser estimadas pela fórmula

de Manning, adotando-se o valor de 0,50 para o raio hidráulico em canais retangulares, 0,61 para canais trapezoidais e 1/4 do diâmetro para seções circulares, conforme a seguinte equação:

$$V = R_h^{2/3} S^{1/2} \eta^{-1}$$

onde:

V = velocidade, em m/s;

R_h = raio hidráulico, em m;

S = declividade do trecho, em m/m;

η = coeficiente de rugosidade, ver item 3.1.1

O resumo dos cálculos de tempo de concentração, para cada trecho, incluindo as parcelas de cabeceira/ talvegue/ canalização, encontra-se no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Tempo de concentração – Resultados – Talvegue do Canal Extravisor

TRECHO DO TALV.	METODO	Extensão (m)	Cota Mont. (m)	Cota Jus. (m)	Decl. Simples (m/m)	Decl. Eq. (m/m)	tc	Tc Total - Acumulado
T1	Kerby - coef.=0.60	300,0	625,000	496,081	0,4297	0,4094	20,1	20,1
T2	Kirpich	2357,0	496,081	13,934	0,5789	0,0188	35,7	54,4
T3	CANAL	213,0	16,017	12,817	0,0056	0,0056	1,1	56,9
T4	CANAL	474,0	12,817	8,000	0,0066	0,0066	2,3	59,2
T5	CANAL	493,0	8,000	8,000	0,0008	0,0008	6,9	66,1

5.3. Uso e Cobertura do Solo

As bacias em estudo compreendem basicamente 3 ocupações:

- Parte alta da bacia: Vegetação de árvores no entorno do talvegue

- Parte alta da bacia: Área de encosta com vegetação arbustiva
- Parte média e baixa da bacia: ocupação residencial, em sua maioria de casas, com lotes de tamanho médio de 200 a 500 m² - casas separadas.

A Figura 5.3 mostra a divisão das bacias em relação aos usos e coberturas do solo citados acima.

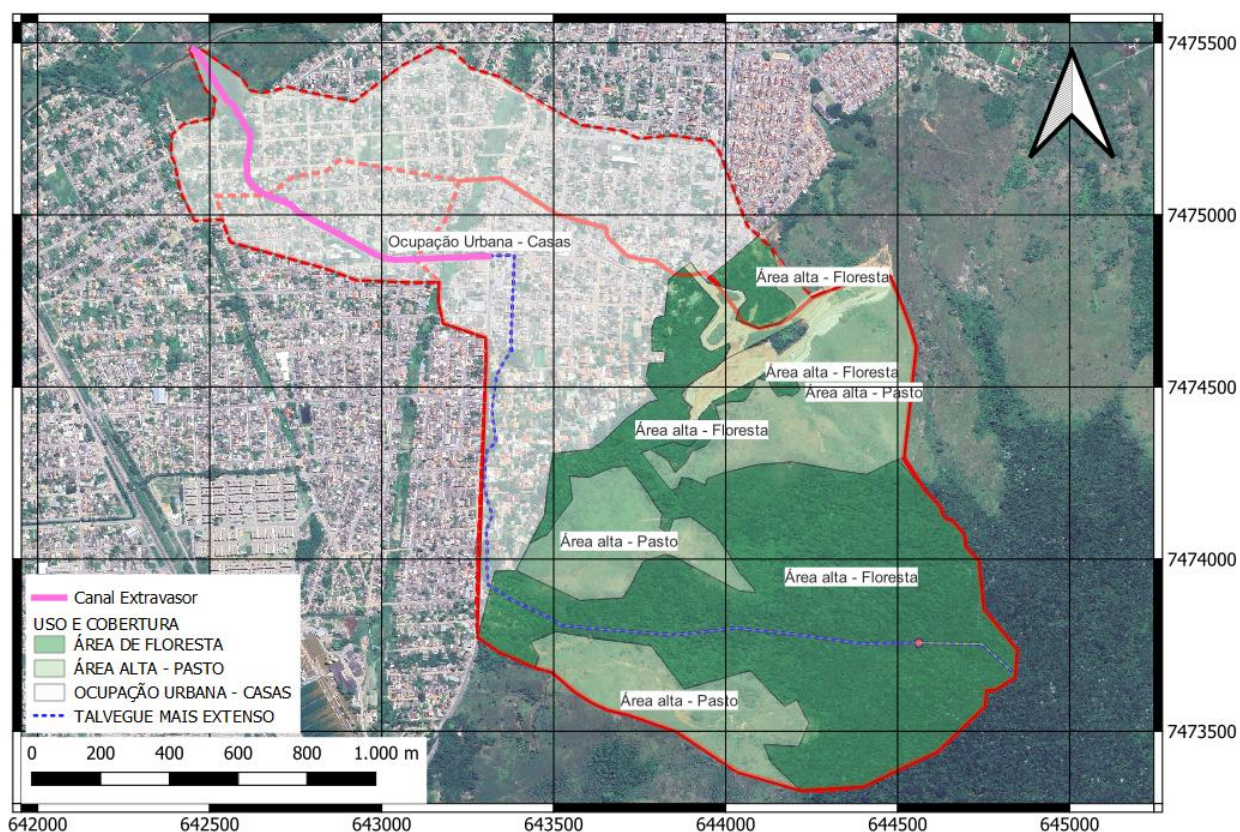


Figura 5.3 - Uso e Cobertura do Solo - Bacia Canal Extravisor

O Quadro 5.4 mostra a porcentagem de cobertura de cada sub bacia.

Quadro 5.4 - Porcentagem do uso e cobertura - Sub-bacias do Canal Extravisor

Área	Área alta - Floresta	Área alta - Pasto	Ocupação Urbana
B1	46,9%	29,7%	23,3%
B2	43,2%	27,4%	29,4%
B3	35,6%	22,1%	42,3%

No Método Racional o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia será determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais. Os coeficientes a serem adotados encontram-se no Quadro 5.5

Quadro 5.5 - Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C” RIOAGUAS (2019)

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coeficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
blocket	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 – 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 – 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25

solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 – 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 – 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 – 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 – 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 – 0,35
florestas com declividade < 5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 – 0,35
florestas com declividade > 10%	0,45 – 0,50
capoeira ou pasto com declividade < 5%	0,25 – 0,30
capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

No caso da utilização do método do hidrograma unitário triangular UH SCS, como descrito no subcapítulo 6.1, deverá ser utilizado o coeficiente Curva-Número, de acordo com o Quadro 5.6.

Quadro 5.6 - Coeficientes CN - RIOAGUAS (2019)

Tipologia do uso do solo	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Uso Residencial				
Tamanho médio do lote impermeável %				
Até 500m ² 65	77	85	90	92
1000m ² 38	61	75	83	87
1500m ² 30	57	72	81	86
Estacionamento pavimentados, telhados	98	98	98	98
Ruas e estradas:				
Pavimentadas, com guias e drenagem	98	98	98	98
Com cascalho	76	85	89	91
De terra	72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)	81	88	91	93
Espaços abertos, parques e jardins:				
Boas condições, cobertura de grama > 75%	39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%	49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto				
Plantio em linha reta	77	86	91	94

Cultura em fileira, linha reta, condições ruins	72	81	88	91
Linha reta, boas condições	67	78	85	89
Curva de nível, condições ruins	70	79	84	89
Curva de nível, boas condições	65	75	82	86
Cultura de grãos				
linha reta, condições ruins	65	76	84	88
linha reta, boas condições	63	75	83	87
curva de nível, condições ruins	63	74	82	85
curva de nível, boas condições	61	73	81	84
Pasto				
condições ruins	68	79	86	89
médias condições	49	69	79	84
boas condições	39	61	74	80
Curva de nível				
condições ruins	47	67	81	88
médias condições	25	59	75	83
boas condições	6	35	70	79
Campos boas condições	30	58	71	78
Florestas				
condições ruins	45	66	77	83
médias condições	36	60	73	79
boas condições	25	55	70	77

O Quadro 5.7 mostra o resultado da ponderação dos coeficientes C, e o Quadro 5.8. mostra o resultado da ponderação dos coeficientes CN, ambos separadamente para cada sub-bacia. As considerações para o grupo hidrológico do solo foram feitas conjuntamente com a análise geotécnica dos boletins de sondagens, identificando a distância do nível d'água e estratigrafia dos furos.

Quadro 5.7 - Coeficiente Ponderado de escoamento C por sub-bacia

Área	%A x C			C – Coef. De Runoff Ponderado
	Área alta - Floresta - C=0,35	Área alta - Pasto - C=0,36	Ocupação Urbana - Casas separadas - C=0,50	
B1	0,16	0,11	0,12	0,39
B2	0,15	0,10	0,15	0,40
B3	0,12	0,08	0,21	0,42

Quadro 5.8 - Coeficiente Ponderado de escoamento CN por sub-bacia

Área	%A x C			CN Ponderada
	Área alta - Floresta - CN=55	Área alta - Pasto - CN=58	Ocupação Urbana – lotes até 1500m ² - CN=81	
B1	25,8	17,2	18,9	62,0
B2	23,8	15,9	23,8	63,5
B3	19,6	12,8	34,3	66,7

6. Cálculo das Vazões de Projeto

6.1. Critérios e Metodologia – Vazões de Cheias

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões de projeto foi definida em função das áreas de drenagem das sub-bacias conforme indicado por Rio-Águas (2009) e exposto no Quadro 6.1:

Quadro 6.1 - Metodologia de Cálculo segundo Área de drenagem

Área de drenagem	Metodologia
Até 100ha	Método Racional Modificado com critério de Fantolli
> 100ha	Hidrograma Unitário SCS

O método Racional é resumido na fórmula a seguir:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Onde:

Q: vazão (m³/s);

C: coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A: área de drenagem (ha);

I: intensidade pluviométrica (mm/h).

Já o método racional modificado com a inclusão do critério de fantolli, como indicado no documento da RIOAGUAS (2019), segue a seguinte formulação:

$$Q = 0,00278 \, n \, i \, A$$

onde:

Q = deflúvio gerado em m³/s;

n = coeficiente de distribuição:

para $A < 1$ ha, $n = 1$

para $A > 1$ ha, $n = A^{-0,15}$

i = intensidade de chuva em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em hectares;

f = coeficiente de deflúvio (Fantoli) – como a seguir:

$$f = m (i.t)^{1/3}$$

onde:

t = tempo de concentração em minutos;

$m = 0,0725 C$

onde:

C = coeficiente de escoamento superficial

Já o Método do Hidrograma Unitário SCS⁷, admite que o hidrograma final resultante é igual ao somatório dos hidrogramas elementares obtidos para diversas chuvas da mesma duração.

A precipitação de projeto a ser utilizada conjuntamente a este método segue a distribuição de blocos alternados, como descrito por Chow⁸, e utilizando os resultados da análise feita no capítulo 4.

O escoamento é definido, basicamente, pela precipitação provável para uma dada recorrência e duração, pela umidade antecedente e pelo complexo solo-cobertura, determinado em função do tipo e uso do solo e pela cobertura vegetal. Esses dois últimos parâmetros são obtidos globalmente, através das chamadas curvas-número (CN), definidas pelo *U.S. Soil Conservation Service* (1964), para os diversos graus de umidade antecedente, tipo e uso do solo. Os hidrogramas foram determinados a partir das relações a seguir mostradas.

⁷ United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service -Conservation Engineering Division - Technical Release 55, 1986 (anteriormente publicada pelo Soil Conservation Service – SCS, em 1975).

⁸ TE CHOW, Ven. Applied hydrology. Tata McGraw-Hill Education, 2010.

Pico do hidrograma unitário:

$$Q_p = 2,08 \cdot \frac{A}{T_p}$$

Onde:

Q_p: Descarga de ponta do hidrograma unitário (m³/s/cm);

A: Área da bacia hidrográfica no local considerado (km²);

T_p: Tempo de pico (horas).

$$T_p = (D/2) + 0,6T_c$$

Sendo:

D: Duração da discretização do evento de chuva (horas);

T_c: Tempo de concentração (horas).

Ressalta-se aqui que o valor (0,60.T_c) representa o tempo de retardo da bacia (T lag).

O hidrograma unitário assume a distribuição apresentada no Quadro 5.1, conforme o hidrograma unitário do U.S. Soil Conservation Service (SCS). O hidrograma final é resultado de uma convolução de todos os hidrogramas unitários, discretizados segundo a divisão temporal da precipitação, que deve ser menos que 29% do tempo de retardo – T lag.

Quadro 6.2 - Hidrograma Adimensional SCS - Valores

Quadro 5.1 Hidrograma Adimensional do SCS				
t/T _p	Q/Q _p		t/T _p	Q/Q _p
0,000	0,000		1,400	0,780

0,100	0,030	1,500	0,680
0,200	0,100	1,600	0,560
0,300	0,190	1,800	0,390
0,400	0,310	2,000	0,280
0,500	0,470	2,200	0,207
0,600	0,660	2,400	0,147
0,700	0,820	2,600	0,107
0,800	0,930	2,800	0,077
0,900	0,990	3,000	0,055
1,000	1,000	3,500	0,025
1,100	0,990	4,000	0,011
1,200	0,930	4,500	0,005
1,300	0,860	5,000	0,000

O excesso de chuva é calculado com base nas seguintes fórmulas:

$$R = \frac{(P - 0,2.S)}{(P - 0,8.S)} \quad e \quad S = \frac{(25400 - 254.CN)}{CN}$$

Onde:

R: Escoamento direto (mm);

P: Precipitação (mm);

S: Diferença máxima de potencial entre R e P, no início da precipitação;

CN: Curva-Número de infiltração do solo.

Atenta-se que nessa formulação supõe-se uma perda inicial (I_a - abstração inicial) que é igual a vinte por cento da retenção potencial do solo ($0,2.S$).

O parâmetro CN – Curva-Número – a ser utilizado são os expostos no Quadro 4.8, resultantes da média ponderada pela área dos coeficientes da bacia.

Os cálculos descritos devem ser efetuados com auxílio de *softwares* computacionais pela grande quantidade de convoluções dos hidrogramas unitários, de acordo com a relação passo de tempo x duração total da precipitação

6.2. Tempo de recorrência

O tempo de recorrência considerado seguiu o indicado por RIOAGUAS (2019) no Quadro 6.2. O canal em estudo caracteriza-se como um canal de macrodrenagem revestido, devendo ser dimensionado para a recorrência de eventos extremos de 25 anos, com verificação para 50 anos.

Quadro 6.3 - Tempo de Recorrência - RIOAGUAS (2019)

<i>Tipo de dispositivo de drenagem</i>	Tempo de recorrência Tr (anos)
Microdrenagem - dispositivos de drenagem superficial, galerias de águas pluviais	10
Aproveitamento de rede existente - microdrenagem	5
Canais de macrodrenagem não revestidos	10
Canais de macrodrenagem revestidos, com verificação para Tr = 50 anos sem considerar borda livre	25

6.3. Extravaseção do Reservatório Novo Marapicu

O Canal objeto desse estudo deverá comportar não somente as cheias naturais, de recorrência estipuladas no item anterior, como também conduzir com segurança as vazões de extravaseção do reservatório Novo Marapicu.

O projeto do extravasor do Reservatório Novo Marapicu cita a seguinte condição:

“A norma NBR 12217 “Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público” em seu item 5.10.1 recomenda que “O extravasor deve ser dimensionado para vazão máxima capaz de alimentar o reservatório, em condições normais ou excepcionais de operação”. Com isso os extravasores foram dimensionados para atender a vazão máxima de extravaseção em cada reservatório de 2,4 m³/s. Tal valor é fruto da vazão bombeada para o reservatório, ou seja, 12 m³/s, e considerando a condição hipotética de o consumo ser igual a zero, uma das câmaras fechadas para manutenção e falha total do sistema de automação de desligamento do sistema de bombeamento.”

Portanto, o presente relatório recomenda e assume que **sejam adicionadas às vazões de cheias naturais o valor de 12 m³/s**, referente a vazão máxima que pode ser recebida do extravasor do reservatório. Esse cenário refletiria a situação extraordinária na qual o canal estaria recebendo a

contribuição do extravasor, e, concomitantemente, aconteça uma situação de chuva/ vazão intensa na recorrência de projeto.

6.4. Resultados

O Quadro 4.1 mostra os resultados do cálculo de vazões de projeto, calculadas com a metodologia do hidrograma unitário SCS.

As Figuras 6.1 e 6.2 mostram os hidrogramas resultantes do cálculo das vazões de projeto pelo método SCS UH. O Anexo II contém o detalhamento desses cálculos, em tabelas.

Quadro 6.4 - Resultado das Vazões de Projeto

Bacia	A (ha)	Tc (min)	Metod.de Cálculo	CN Médio	Tlag (min.)	Duração chuva (min.)	Dur. Unit. (m)	VAZÕES DE CHEIAS NATURAIS		VAZÕES DE CHEIAS NATURAIS + EXTRAVASÃO DO RESERVATÓRIO	
								Q 25 ANOS (m³/s)	Q 50 ANOS (m³/s)	Q 25 ANOS (m³/s)	Q 50 ANOS (m³/s)
B01	192,0	55,5	SCS UH	62,0	33,3	80	5,0	7,27	10,00	19,27	22,00
B02	208,50	57,8	SCS UH	63,5	34,68	80	5,0	8,57	11,65	20,57	23,65
B03	263,10	64,8	SCS UH	66,7	38,88	80	5,0	12,46	16,47	24,46	28,47

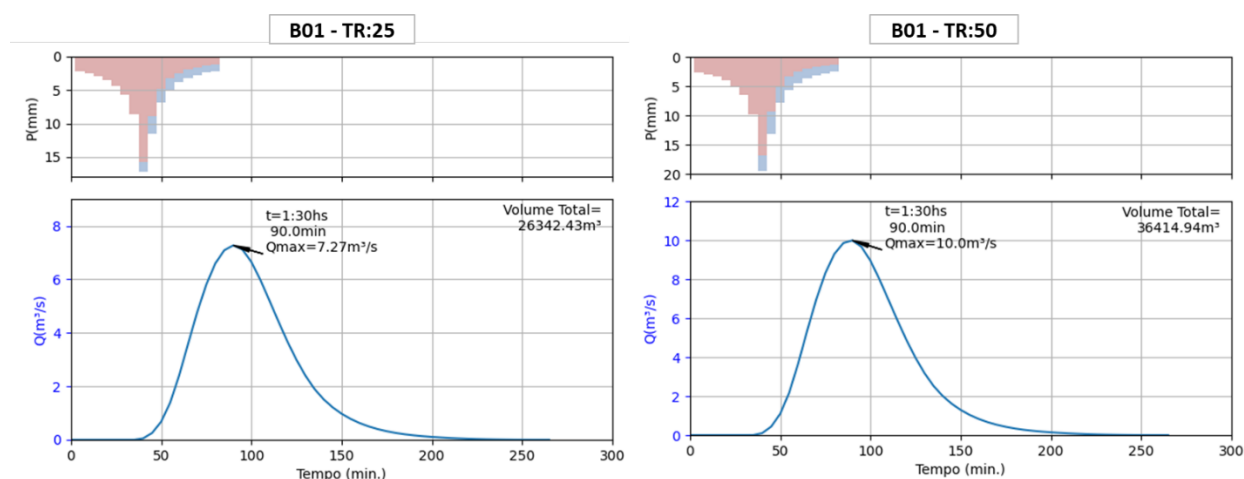


Figura 6.1 - B01 – Hidrogramas – SCS UH

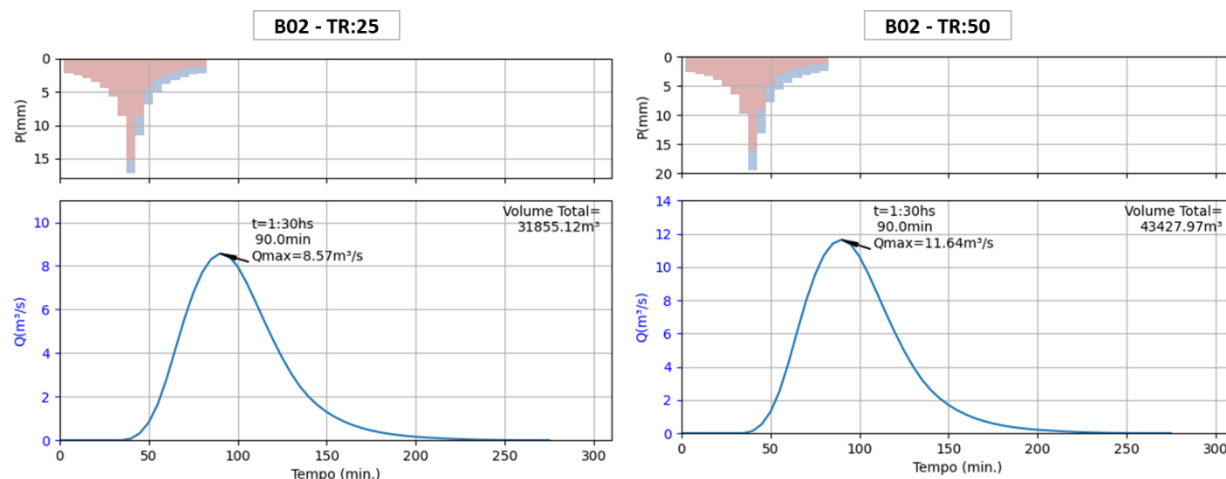


Figura 6.2 - B02 – Hidrogramas – SCS UH

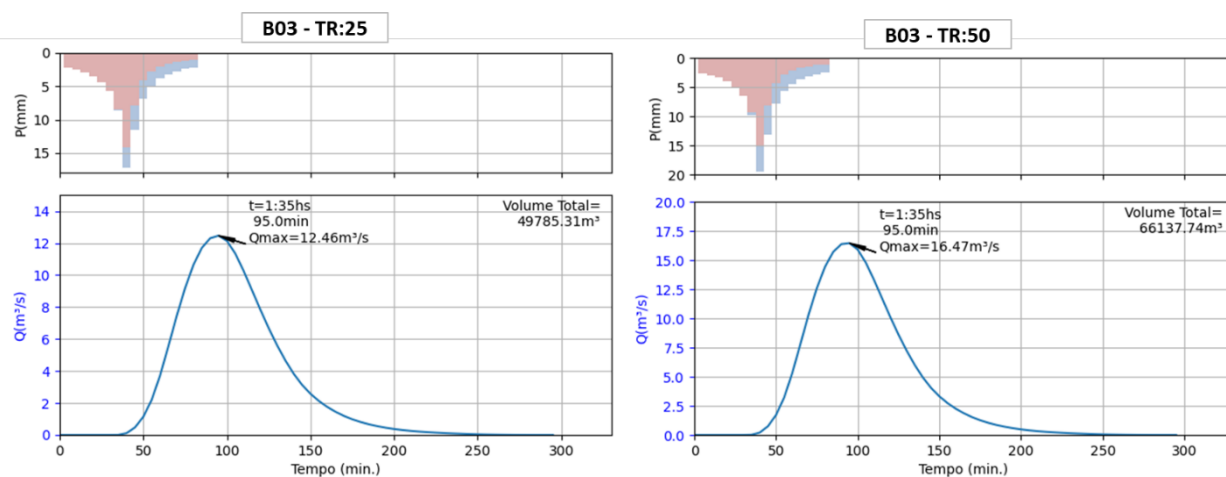


Figura 6.3 - B03 - Hidrogramas - SCS UH

ANEXO I – Detalhamento do cálculo da decl. equivalente e tempo de concentração - Kirpich

TALVEGUE – T2 - Kirpich

TALVEGUE – T2

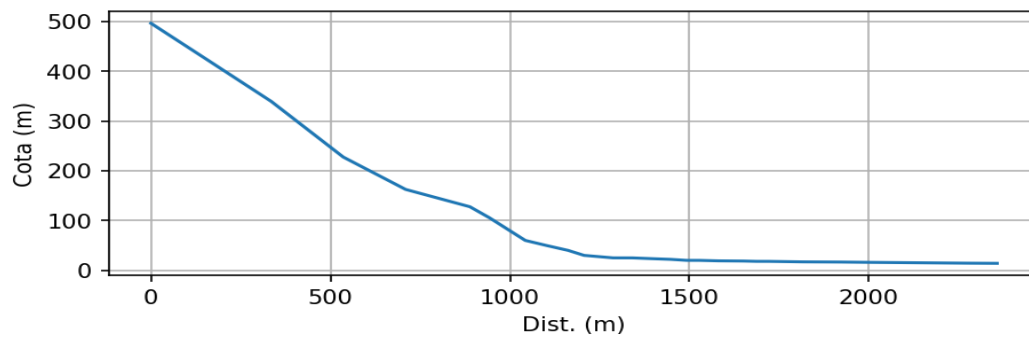
X	Y	Cota (m)	Dist.Incr. (m)	Dist.Acum. (m)	Decl. (m/m)	Decl.Ponderada (m)
644560,9	7473754,4	496,1				
644395,2	7473752,1	418,7	165,7	165,7	0,4675	242,4
644227,3	7473776,1	339,1	169,6	335,3	0,4693	247,6
644028,2	7473797,7	227,5	200,2	535,5	0,5571	268,2
643855,6	7473777,3	162,5	173,9	709,4	0,3742	284,3
643676,9	7473790,5	127,6	179,2	888,6	0,1944	406,4
643622,9	7473795,9	105,6	54,2	942,8	0,4068	85,0
643523,4	7473805,5	60,0	100,0	1042,8	0,4559	148,1
643471,2	7473834,8	49,7	59,9	1102,7	0,1716	144,5
643417,3	7473860,0	40,0	59,5	1162,2	0,1633	147,4
643377,7	7473879,8	30,0	44,2	1206,4	0,2260	93,1
643309,3	7473923,0	25,0	80,8	1287,3	0,0618	325,1
643305,1	7473976,9	24,9	54,1	1341,4	0,0010	1673,8
643306,4	7474040,0	23,2	63,1	1404,5	0,0282	375,9
643302,8	7474082,4	22,1	42,6	1447,1	0,0260	264,4
643321,2	7474123,3	20,0	44,8	1491,9	0,0451	211,2
643309,7	7474157,5	20,0	36,1	1528,0	0,0011	1068,1
643297,8	7474209,2	19,0	53,1	1581,1	0,0182	392,7
643300,4	7474278,8	18,6	69,7	1650,7	0,0055	935,2
643305,9	7474314,7	18,0	36,3	1687,0	0,0170	278,7
643331,6	7474336,5	18,0	33,7	1720,8	0,0009	1149,8
643319,8	7474430,2	17,0	94,5	1815,2	0,0105	920,4
643333,8	7474533,1	16,7	103,8	1919,0	0,0034	1785,8
643374,9	7474605,8	16,0	83,6	2002,6	0,0078	945,4
643385,3	7474884,0	14,3	278,4	2281,0	0,0060	3588,9
643309,3	7474883,3	14,0	76,1	2357,0	0,0039	1220,0

Ext. Total: 2357,0 m

Decl. Simples.: 0,2045 m/m

Decl. Equiv.: 0,0188 m/m

Kirpich: 35,7 min.



ANEXO II – Detalhamento do Cálculo UH SCS

• B01 – 25 ANOS

Área (km²)	CN	Ia(mm)	Imperm.(%)	Tc(min.)	Tlag(min.)		
1,92	62	31,135	0	56,9	34,14		
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(m)	DeltaT(min.)	
25	843,78	0,177	12	0,698	80	5	

t(horas)	P(mm)	Perdas(m)	Prec.Efet.	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,254	2,254	0	0	0
0,167	2,543	2,543	0	0	0
0,25	2,931	2,931	0	0	0
0,333	3,479	3,479	0	0	0
0,417	4,314	4,314	0	0	0
0,5	5,732	5,732	0	0	0
0,583	8,628	8,628	0	0	0
0,667	17,204	15,722	1,482	0,054	0,008
0,75	11,537	8,894	2,643	0,257	0,04
0,833	6,885	4,793	2,091	0,677	0,106
0,917	4,918	3,217	1,701	1,39	0,217
1	3,849	2,406	1,442	2,412	0,377
1,083	3,179	1,919	1,261	3,606	0,564
1,167	2,722	1,595	1,127	4,779	0,747
1,25	2,389	1,365	1,023	5,802	0,907
1,333	2,135	1,194	0,941	6,594	1,03
1,417	0	0	0	7,09	1,108
1,5	0	0	0	7,274	1,137
1,583	0	0	0	7,119	1,112
1,667	0	0	0	6,652	1,039
1,75	0	0	0	5,979	0,934
1,833	0	0	0	5,209	0,814
1,917	0	0	0	4,426	0,692
2	0	0	0	3,672	0,574
2,083	0	0	0	2,991	0,467
2,167	0	0	0	2,394	0,374
2,25	0	0	0	1,9	0,297
2,333	0	0	0	1,518	0,237
2,417	0	0	0	1,216	0,19
2,5	0	0	0	0,975	0,152
2,583	0	0	0	0,782	0,122
2,667	0	0	0	0,626	0,098
2,75	0	0	0	0,5	0,078
2,833	0	0	0	0,401	0,063
2,917	0	0	0	0,321	0,05
3	0	0	0	0,257	0,04
3,083	0	0	0	0,206	0,032
3,167	0	0	0	0,166	0,026
3,25	0	0	0	0,134	0,021
3,333	0	0	0	0,108	0,017
3,417	0	0	0	0,087	0,014
3,5	0	0	0	0,068	0,011
3,583	0	0	0	0,052	0,008
3,667	0	0	0	0,039	0,006
3,75	0	0	0	0,028	0,004
3,833	0	0	0	0,019	0,003
3,917	0	0	0	0,013	0,002
4	0	0	0	0,008	0,001
4,083	0	0	0	0,004	0,001
4,167	0	0	0	0,002	0
4,25	0	0	0	0,001	0
4,333	0	0	0	0	0
4,417	0	0	0	0	0

• B01 – 50 ANOS

Área (km²)	CN	Ia(mm)	Imperm. (%)	Tc(min.)	Tlag(min.)	
1,92	62	31,135	0	56,9	34,14	
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(m)	DeltaT(min.)
50	843,78	0,177	12	0,698	80	5

t(horas)	P(mm)	Perdas(m)	Prec.Efet.	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,548	2,548	0	0	0
0,167	2,875	2,875	0	0	0
0,25	3,313	3,313	0	0	0
0,333	3,934	3,934	0	0	0
0,417	4,877	4,877	0	0	0
0,5	6,481	6,481	0	0	0
0,583	9,754	9,71	0,044	0,002	0
0,667	19,45	16,747	2,702	0,103	0,016
0,75	13,043	9,318	3,725	0,437	0,068
0,833	7,783	4,977	2,806	1,096	0,171
0,917	5,56	3,324	2,237	2,184	0,341
1	4,351	2,477	1,874	3,69	0,577
1,083	3,594	1,97	1,625	5,38	0,841
1,167	3,077	1,634	1,443	6,975	1,09
1,25	2,7	1,396	1,305	8,319	1,3
1,333	2,414	1,219	1,195	9,303	1,454
1,417	0	0	0	9,867	1,542
1,5	0	0	0	10	1,562
1,583	0	0	0	9,674	1,512
1,667	0	0	0	8,961	1,4
1,75	0	0	0	8,005	1,251
1,833	0	0	0	6,948	1,086
1,917	0	0	0	5,89	0,92
2	0	0	0	4,879	0,762
2,083	0	0	0	3,971	0,62
2,167	0	0	0	3,179	0,497
2,25	0	0	0	2,524	0,394
2,333	0	0	0	2,016	0,315
2,417	0	0	0	1,615	0,252
2,5	0	0	0	1,295	0,202
2,583	0	0	0	1,039	0,162
2,667	0	0	0	0,831	0,13
2,75	0	0	0	0,665	0,104
2,833	0	0	0	0,532	0,083
2,917	0	0	0	0,426	0,067
3	0	0	0	0,341	0,053
3,083	0	0	0	0,274	0,043
3,167	0	0	0	0,221	0,035
3,25	0	0	0	0,179	0,028
3,333	0	0	0	0,144	0,022
3,417	0	0	0	0,115	0,018
3,5	0	0	0	0,09	0,014
3,583	0	0	0	0,069	0,011
3,667	0	0	0	0,05	0,008
3,75	0	0	0	0,036	0,006
3,833	0	0	0	0,025	0,004
3,917	0	0	0	0,016	0,003
4	0	0	0	0,01	0,002
4,083	0	0	0	0,006	0,001
4,167	0	0	0	0,002	0
4,25	0	0	0	0,001	0
4,333	0	0	0	0	0
4,417	0	0	0	0	0

• B02 – 25 ANOS

Área (km²)	CN	la(mm)	Imperm.(	Tc(min.)	Tlag(min.)	
2,085	63,5	29,2	0	59,2	35,52	
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(m)	DeltaT(min.)
25	843,78	0,177	12	0,698	80	5

t(horas)	P(mm)	Perdas(m)	Prec.Efet.	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,254	2,254	0	0	0
0,167	2,543	2,543	0	0	0
0,25	2,931	2,931	0	0	0
0,333	3,479	3,479	0	0	0
0,417	4,314	4,314	0	0	0
0,5	5,732	5,732	0	0	0
0,583	8,628	8,625	0,003	0	0
0,667	17,204	15,255	1,949	0,07	0,01
0,75	11,537	8,554	2,983	0,316	0,045
0,833	6,885	4,589	2,296	0,808	0,116
0,917	4,918	3,072	1,847	1,626	0,234
1	3,849	2,293	1,555	2,796	0,402
1,083	3,179	1,826	1,353	4,177	0,601
1,167	2,722	1,516	1,205	5,549	0,798
1,25	2,389	1,297	1,092	6,749	0,971
1,333	2,135	1,133	1,002	7,69	1,107
1,417	0	0	0	8,305	1,195
1,5	0	0	0	8,568	1,233
1,583	0	0	0	8,454	1,216
1,667	0	0	0	7,969	1,147
1,75	0	0	0	7,226	1,04
1,833	0	0	0	6,357	0,915
1,917	0	0	0	5,457	0,785
2	0	0	0	4,588	0,66
2,083	0	0	0	3,784	0,544
2,167	0	0	0	3,071	0,442
2,25	0	0	0	2,463	0,354
2,333	0	0	0	1,977	0,284
2,417	0	0	0	1,598	0,23
2,5	0	0	0	1,292	0,186
2,583	0	0	0	1,045	0,15
2,667	0	0	0	0,843	0,121
2,75	0	0	0	0,68	0,098
2,833	0	0	0	0,549	0,079
2,917	0	0	0	0,443	0,064
3	0	0	0	0,357	0,051
3,083	0	0	0	0,288	0,041
3,167	0	0	0	0,233	0,034
3,25	0	0	0	0,19	0,027
3,333	0	0	0	0,155	0,022
3,417	0	0	0	0,126	0,018
3,5	0	0	0	0,102	0,015
3,583	0	0	0	0,081	0,012
3,667	0	0	0	0,063	0,009
3,75	0	0	0	0,047	0,007
3,833	0	0	0	0,034	0,005
3,917	0	0	0	0,024	0,003
4	0	0	0	0,016	0,002
4,083	0	0	0	0,01	0,001
4,167	0	0	0	0,006	0,001
4,25	0	0	0	0,003	0
4,333	0	0	0	0,001	0
4,417	0	0	0	0	0
4,5	0	0	0	0	0
4,583	0	0	0	0	0

• B02 – 50 ANOS

Área (km²)	CN	la(mm)	Imperm.(%)	Tc(min.)	Tlag(min.)	
2,085	63,5	29,2	0	59,2	35,52	
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(min)	DeltaT(min.)
50	843,78	0,177	12	0,698	80	5

t(horas)	P(mm)	Perdas(mm)	Prec.Efet.(mm)	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,548	2,548	0	0	0
0,167	2,875	2,875	0	0	0
0,25	3,313	3,313	0	0	0
0,333	3,934	3,934	0	0	0
0,417	4,877	4,877	0	0	0
0,5	6,481	6,481	0	0	0
0,583	9,754	9,615	0,139	0,005	0,001
0,667	19,45	16,192	3,257	0,131	0,019
0,75	13,043	8,931	4,111	0,525	0,076
0,833	7,783	4,748	3,035	1,275	0,183
0,917	5,56	3,162	2,399	2,495	0,359
1	4,351	2,352	1,999	4,185	0,602
1,083	3,594	1,867	1,727	6,11	0,879
1,167	3,077	1,547	1,53	7,959	1,145
1,25	2,7	1,32	1,38	9,523	1,37
1,333	2,414	1,152	1,262	10,697	1,539
1,417	0	0	0	11,41	1,642
1,5	0	0	0	11,645	1,675
1,583	0	0	0	11,372	1,636
1,667	0	0	0	10,627	1,529
1,75	0	0	0	9,582	1,379
1,833	0	0	0	8,396	1,208
1,917	0	0	0	7,191	1,035
2	0	0	0	6,037	0,869
2,083	0	0	0	4,973	0,716
2,167	0	0	0	4,035	0,581
2,25	0	0	0	3,238	0,466
2,333	0	0	0	2,6	0,374
2,417	0	0	0	2,101	0,302
2,5	0	0	0	1,698	0,244
2,583	0	0	0	1,373	0,198
2,667	0	0	0	1,108	0,159
2,75	0	0	0	0,893	0,129
2,833	0	0	0	0,721	0,104
2,917	0	0	0	0,582	0,084
3	0	0	0	0,47	0,068
3,083	0	0	0	0,379	0,055
3,167	0	0	0	0,307	0,044
3,25	0	0	0	0,25	0,036
3,333	0	0	0	0,204	0,029
3,417	0	0	0	0,165	0,024
3,5	0	0	0	0,133	0,019
3,583	0	0	0	0,106	0,015
3,667	0	0	0	0,082	0,012
3,75	0	0	0	0,06	0,009
3,833	0	0	0	0,043	0,006
3,917	0	0	0	0,03	0,004
4	0	0	0	0,02	0,003
4,083	0	0	0	0,013	0,002
4,167	0	0	0	0,007	0,001
4,25	0	0	0	0,004	0,001
4,333	0	0	0	0,001	0
4,417	0	0	0	0	0
4,5	0	0	0	0	0
4,583	0	0	0	0	0

• B03 – 25 ANOS

Área (km²)	CN	Ia(mm)	Imperm.(%)	Tc(min.)	Tlag(min.)	
2,631	66,7	25,362	0	66,1	39,66	
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(m)	DeltaT(min.)
25	843,78	0,177	12	0,698	80	5

t(horas)	P(mm)	Perdas(m)	Prec.Efet.	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,254	2,254	0	0	0
0,167	2,543	2,543	0	0	0
0,25	2,931	2,931	0	0	0
0,333	3,479	3,479	0	0	0
0,417	4,314	4,314	0	0	0
0,5	5,732	5,732	0	0	0
0,583	8,628	8,473	0,156	0,005	0,001
0,667	17,204	14,182	3,022	0,117	0,013
0,75	11,537	7,803	3,734	0,47	0,054
0,833	6,885	4,143	2,742	1,137	0,13
0,917	4,918	2,756	2,162	2,193	0,25
1	3,849	2,049	1,799	3,704	0,422
1,083	3,179	1,626	1,553	5,543	0,632
1,167	2,722	1,347	1,375	7,444	0,849
1,25	2,389	1,149	1,239	9,182	1,047
1,333	2,135	1,002	1,133	10,638	1,213
1,417	0	0	0	11,696	1,334
1,5	0	0	0	12,301	1,403
1,583	0	0	0	12,46	1,421
1,667	0	0	0	12,138	1,384
1,75	0	0	0	11,346	1,294
1,833	0	0	0	10,261	1,17
1,917	0	0	0	9,056	1,033
2	0	0	0	7,84	0,894
2,083	0	0	0	6,68	0,762
2,167	0	0	0	5,615	0,64
2,25	0	0	0	4,656	0,531
2,333	0	0	0	3,821	0,436
2,417	0	0	0	3,129	0,357
2,5	0	0	0	2,577	0,294
2,583	0	0	0	2,127	0,243
2,667	0	0	0	1,757	0,2
2,75	0	0	0	1,451	0,165
2,833	0	0	0	1,194	0,136
2,917	0	0	0	0,983	0,112
3	0	0	0	0,811	0,092
3,083	0	0	0	0,668	0,076
3,167	0	0	0	0,551	0,063
3,25	0	0	0	0,454	0,052
3,333	0	0	0	0,374	0,043
3,417	0	0	0	0,309	0,035
3,5	0	0	0	0,257	0,029
3,583	0	0	0	0,214	0,024
3,667	0	0	0	0,178	0,02
3,75	0	0	0	0,147	0,017
3,833	0	0	0	0,121	0,014
3,917	0	0	0	0,097	0,011
4	0	0	0	0,077	0,009
4,083	0	0	0	0,057	0,007
4,167	0	0	0	0,041	0,005
4,25	0	0	0	0,029	0,003
4,333	0	0	0	0,02	0,002
4,417	0	0	0	0,013	0,001
4,5	0	0	0	0,007	0,001
4,583	0	0	0	0,004	0
4,667	0	0	0	0,001	0
4,75	0	0	0	0	0
4,833	0	0	0	0	0
4,917	0	0	0	0	0

• B03 – 50 ANOS

Área (km²)	CN	la(mm)	Imperm.(%)	Tc(min.)	Tlag(min.)	
2,631	66,7	25,362	0	66,1	39,66	
TR(anos)	IDF: K	a	b	c	Duração(min.)	DeltaT(min.)
50	843,78	0.177	12	0.698	80	5

t(horas)	P(mm)	Perdas(mm)	Prec.Efet.(mm)	Q(m³/s)	Vol. (mm)
0	0	0	0	0	0
0,083	2,548	2,548	0	0	0
0,167	2,875	2,875	0	0	0
0,25	3,313	3,313	0	0	0
0,333	3,934	3,934	0	0	0
0,417	4,877	4,877	0	0	0
0,5	6,481	6,481	0	0	0
0,583	9,754	9,23	0,524	0,018	0,002
0,667	19,45	14,952	4,497	0,205	0,023
0,75	13,043	8,085	4,958	0,739	0,084
0,833	7,783	4,252	3,531	1,709	0,195
0,917	5,56	2,814	2,747	3,218	0,367
1	4,351	2,084	2,267	5,33	0,608
1,083	3,594	1,649	1,945	7,831	0,893
1,167	3,077	1,363	1,714	10,352	1,18
1,25	2,7	1,161	1,54	12,601	1,437
1,333	2,414	1,011	1,403	14,435	1,646
1,417	0	0	0	15,713	1,792
1,5	0	0	0	16,386	1,868
1,583	0	0	0	16,47	1,878
1,667	0	0	0	15,928	1,816
1,75	0	0	0	14,798	1,687
1,833	0	0	0	13,323	1,519
1,917	0	0	0	11,722	1,337
2	0	0	0	10,129	1,155
2,083	0	0	0	8,622	0,983
2,167	0	0	0	7,243	0,826
2,25	0	0	0	6,004	0,685
2,333	0	0	0	4,928	0,562
2,417	0	0	0	4,036	0,46
2,5	0	0	0	3,325	0,379
2,583	0	0	0	2,744	0,313
2,667	0	0	0	2,266	0,258
2,75	0	0	0	1,871	0,213
2,833	0	0	0	1,54	0,176
2,917	0	0	0	1,268	0,145
3	0	0	0	1,046	0,119
3,083	0	0	0	0,862	0,098
3,167	0	0	0	0,711	0,081
3,25	0	0	0	0,585	0,067
3,333	0	0	0	0,482	0,055
3,417	0	0	0	0,399	0,045
3,5	0	0	0	0,331	0,038
3,583	0	0	0	0,276	0,032
3,667	0	0	0	0,23	0,026
3,75	0	0	0	0,19	0,022
3,833	0	0	0	0,155	0,018
3,917	0	0	0	0,125	0,014
4	0	0	0	0,098	0,011
4,083	0	0	0	0,072	0,008
4,167	0	0	0	0,052	0,006
4,25	0	0	0	0,036	0,004
4,333	0	0	0	0,025	0,003
4,417	0	0	0	0,016	0,002
4,5	0	0	0	0,009	0,001
4,583	0	0	0	0,005	0,001
4,667	0	0	0	0,002	0
4,75	0	0	0	0	0
4,833	0	0	0	0	0
4,917	0	0	0	0	0