

MEMORIAL DE CÁLCULO

OBRAS DE MACRODRENAGEM URBANA – CAMPO ALEGRE DE LOURDES/BA

1. OBJETO

O presente memorial de cálculo tem por objeto apresentar as premissas, critérios, parâmetros hidrológicos e verificações hidráulicas adotadas para a execução de obras de macrodrenagem urbana, compreendendo serviços de implantação da macrodrenagem urbana do município de Campo Alegre de Lourdes/Bahia.

2. FINALIDADE DO MEMORIAL

A finalidade deste documento é consolidar o dimensionamento de engenharia do sistema projetado, com base nos parâmetros de entrada constantes no estudo anexo, contemplando a coleta das águas pluviais provenientes das Bacias 01 e 02, seu encaminhamento por rede tubular em concreto, amortecimento em reservatório de retenção modelado no SWMM e condução final por canal aberto até o exutório.

3. DADOS DE ENTRADA HIDROLÓGICOS

As áreas de contribuição e os dados geomorfológicos foram adotados conforme delimitação das bacias e parâmetros do documento de dimensionamento. O estudo considera duas bacias contribuintes, com áreas aproximadas de 1,533 km² e 0,419 km², respectivamente.

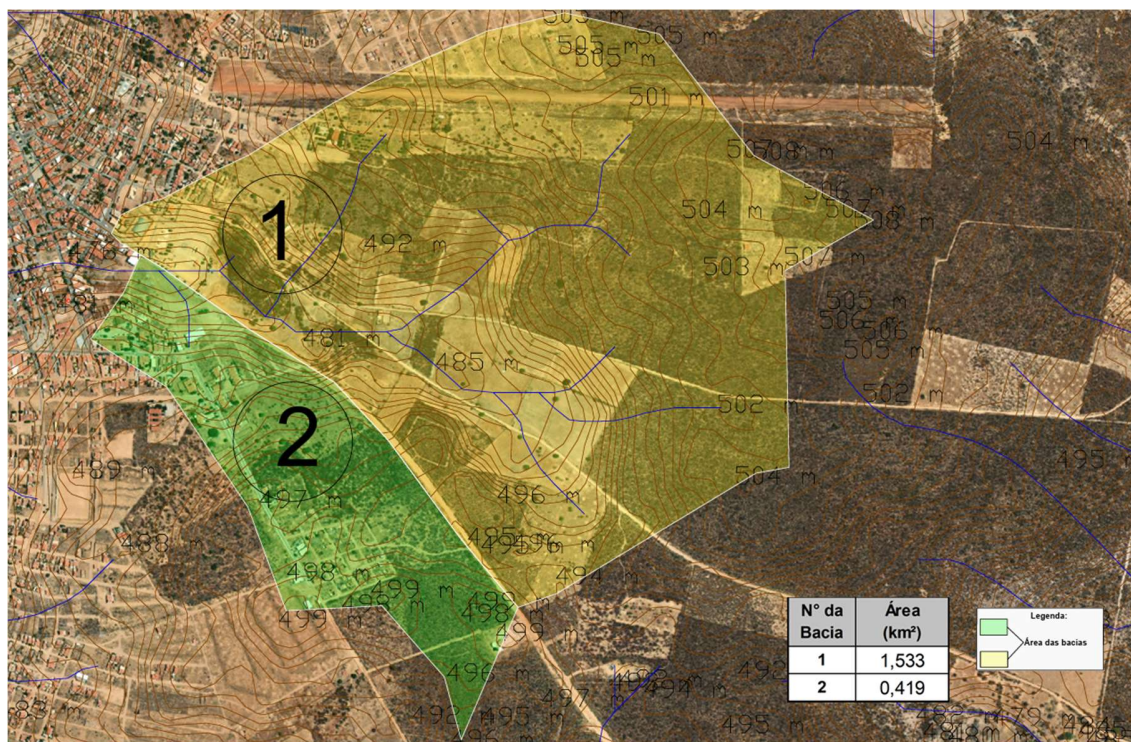


Figura 1 - Delimitação das bacias extraídas do estudo hidrológico

Parâmetro	Bacia 01	Bacia 02
Área de contribuição	1.533.350 m ² = 1,53335 km ²	418.915 m ² = 0,418915 km ²
Comprimento do talvegue	1.959 m = 1,959 km	1.260 m = 1,260 km
Cota inicial	508 m	499 m
Cota final	477 m	477 m
Desnível (Δh)	31 m	22 m
Declividade média	0,016 m/m = 1,6 %	0,017 m/m = 1,7 %
Coefficiente de escoamento superficial (C)	0,15	0,20
Tempo de retorno adotado	25 anos	25 anos

 Runoff - Vol. Escoado / Vol. Precipitado	
Ocupação de solo	C
EDIFICAÇÃO Densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO Densa: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUcas SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,50
SUBÚRBIOs COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções (BACIA 02)	0,10 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação (BACIA 01)	0,05 a 0,20



Tempo de retorno

Características do sistema	TR (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Macrodrenagem	25 a 50
Grandes corredores de tráfego e áreas vitais para a cidade	100
Hospitais, bombeiros, polícia, emergências	500
Risco de perda de vida humana	100

4. CRITÉRIOS E EQUAÇÕES DE CÁLCULO

4.1 Tempo de concentração

O tempo de concentração foi calculado com a expressão adotada no estudo hidrológico, função do comprimento do talvegue e do desnível entre as cotas extremas da bacia:

$$tc = 57 \times (L^3 / \Delta h)^{0,385}$$

Em que: tc = tempo de concentração (min); L = comprimento do talvegue (km); Δh = desnível do talvegue (m).

Bacia	L (km)	Δh (m)	tc calculado
Bacia 01	1,959	31	33,04 min
Bacia 02	1,260	22	22,64 min

4.2 Intensidade de chuva

A intensidade pluviométrica foi obtida pela equação IDF adotada para Campo Alegre de Lourdes/BA, com parâmetros K = 3012,52, a = 0,224, b = 28,86 e c = 0,943, para TR = 25 anos:

$$i = (K \times TR^a) / (t + b)^c$$

Em que: i = intensidade de chuva (mm/h); TR = tempo de retorno (anos); t = duração crítica, adotada igual ao tempo de concentração (min); K, a, b e c = parâmetros locais da equação IDF.

Bacia	tc/duração (min)	TR (anos)	Intensidade i
Bacia 01	33,04	25	126,63 mm/h
Bacia 02	22,64	25	150,59 mm/h

Plúvio 2.1 - Estado: Bahia

Mapa do Brasil Relatório Ajuda

09°30'56"

43°00'40"

Estados : Bahia

Estações :

- Ituberá
- Juazeiro
- Medeiros Neto
- Morpará
- Ponte Serafim (Barreiras)
- Salvador
- Santa Cruz da Vitória
- Santa Maria da Vitória
- Teodoro Sampaio

Localidades :

- Campinhos (Santo Amaro)
- Campo Alegre de Lourdes**
- Campo Formoso
- Campo Formoso (Presidente Dutra)
- Camurugi (Taperoá)
- Canabrava (Malhada)
- Canabravinha (Paramirim)
- Canápolis
- Canarana
- Canatiba (Macacúba)

Interpolação

Relatório Ajuda

Cancelar

Fechar

Parâmetros da Equação IDF

K: 3012,529 a: 0,224

b: 28,860 c: 0,943

Latitude : Longitude :

09°30'56" 43°00'40" Calcular

4.3 Vazão de projeto pelo Método Racional

Para a estimativa das vazões de pico das áreas contribuintes foi aplicado o Método Racional, adequado para a verificação preliminar e consolidação das vazões afluentes ao sistema de macrodrenagem:

$$Q = (C \times i \times A) / 3,6$$

Em que: Q = vazão de pico (m³/s); C = coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade de chuva (mm/h); A = área da bacia (km²).

Bacia	C	i (mm/h)	A (km²)	Q calculada (m³/s)
Bacia 01	0,15	126,63	1,53335	8,090
Bacia 02	0,20	150,59	0,418915	3,505
Total teórico afluente	-	-	-	11,595

5. MODELAGEM DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO NO SWMM

O reservatório de retenção foi concebido como estrutura de amortecimento de cheias, recebendo as vazões geradas pelas Bacias 01 e 02. A modelagem no SWMM 5.0 considera os hidrogramas de afluência, a capacidade de armazenamento da lagoa e os dispositivos de descarga e extravasamento, permitindo comparar a vazão afluente total com a vazão efluente após o amortecimento.

Pelos gráficos constantes do estudo, observa-se o hidrograma afluente total, com pico teórico associado à soma das contribuições das bacias, e o hidrograma efluente amortecido pelo reservatório. A concepção do reservatório deve garantir volume útil suficiente para armazenar temporariamente a diferença entre a afluência e a defluência, respeitando a borda livre e o funcionamento seguro do extravasor.

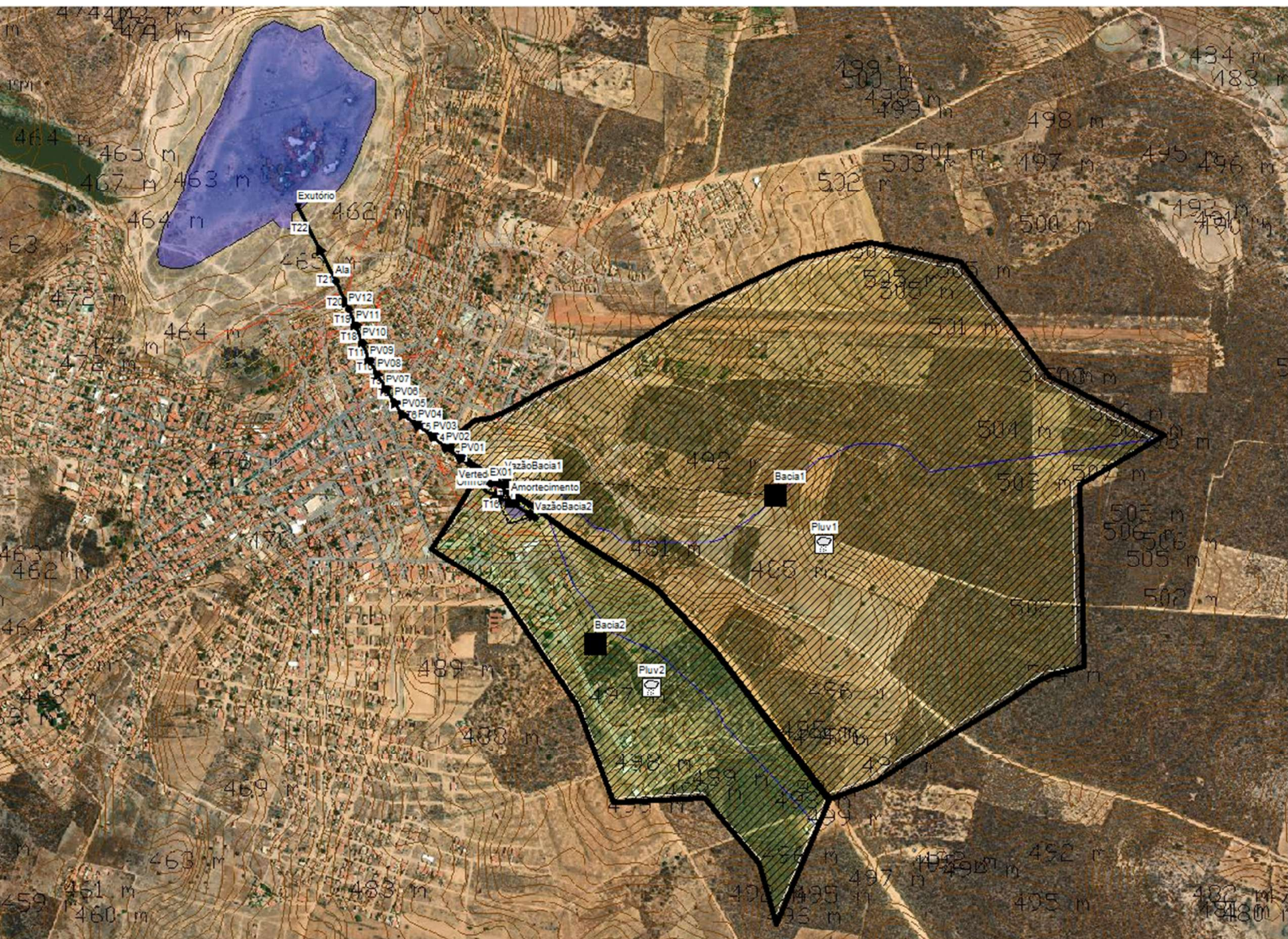


Figura 2 - Concepção do sistema hidrológico para modelagem no SWMM 5.0 (todos os nós foram extraídos da concepção final do projeto de drenagem, como cotas de PV, extensão da rede, volume da lagoa, etc.)

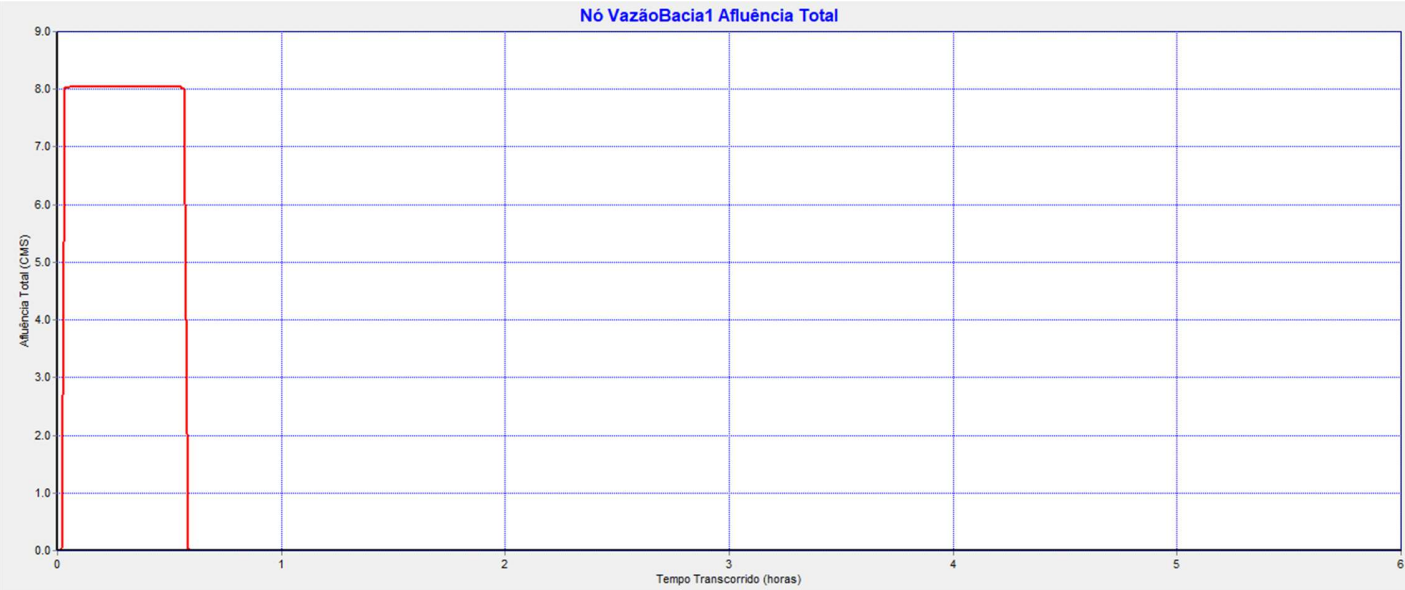


Figura 3 - Hidrograma da bacia 01

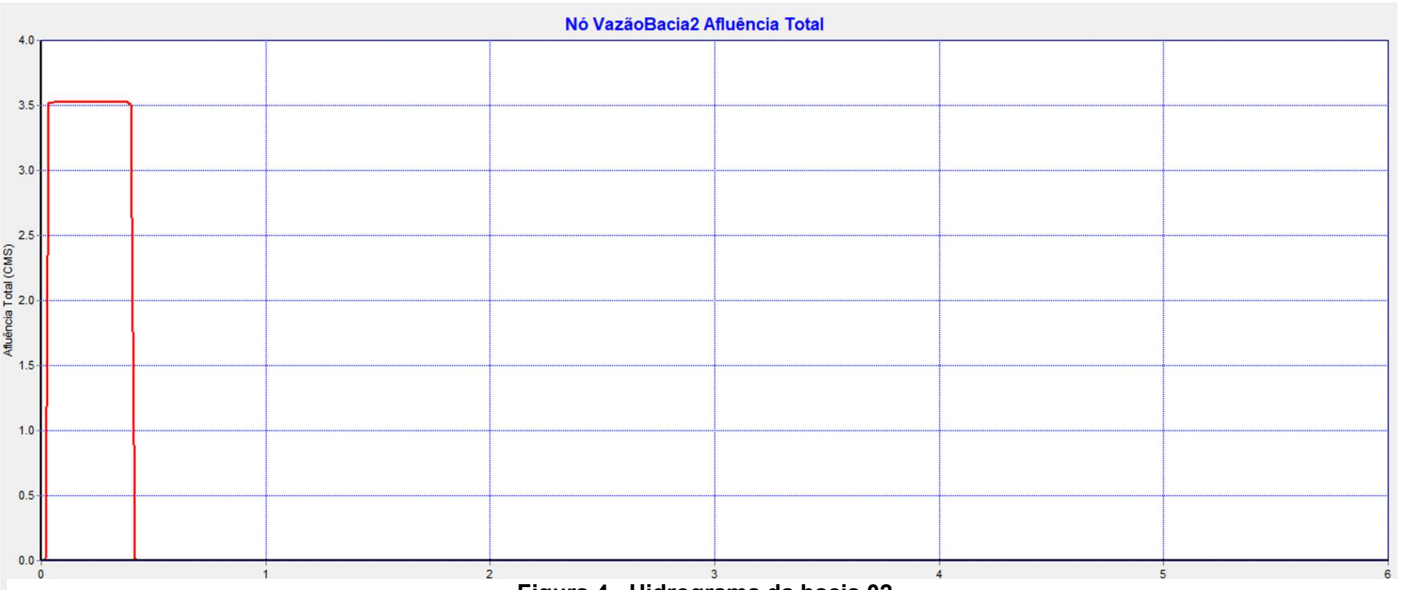


Figura 4 - Hidrograma da bacia 02

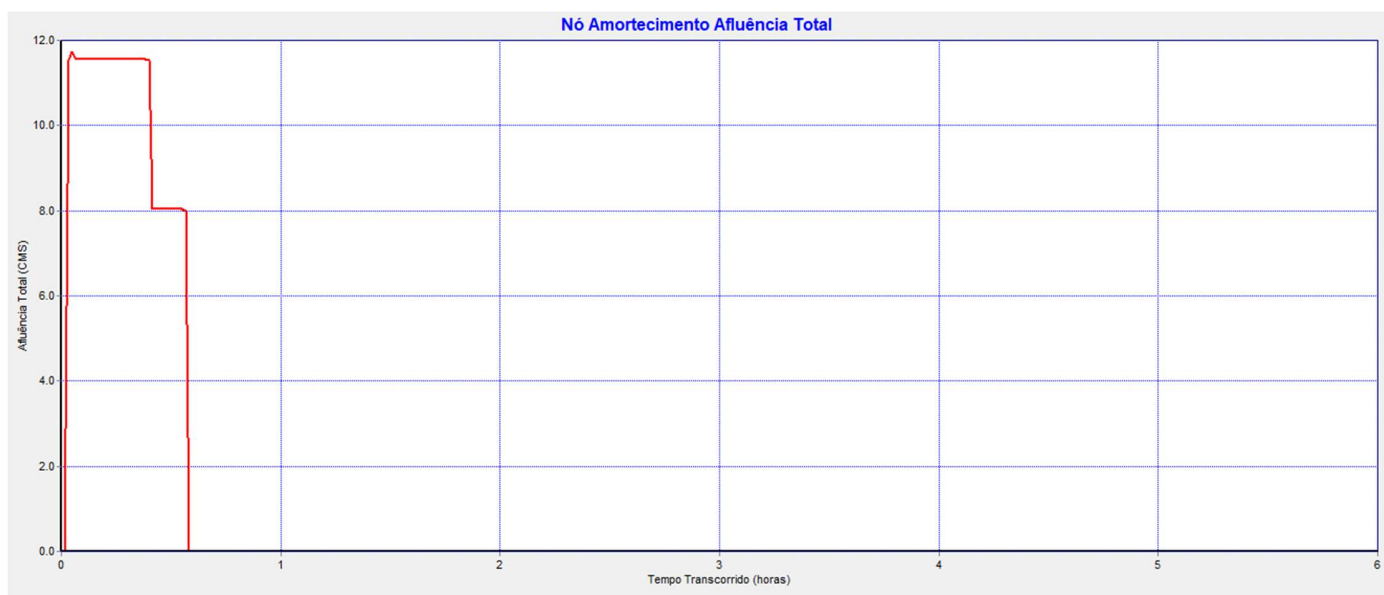


Figura 5 - Afluência total das bacias 01 e 02

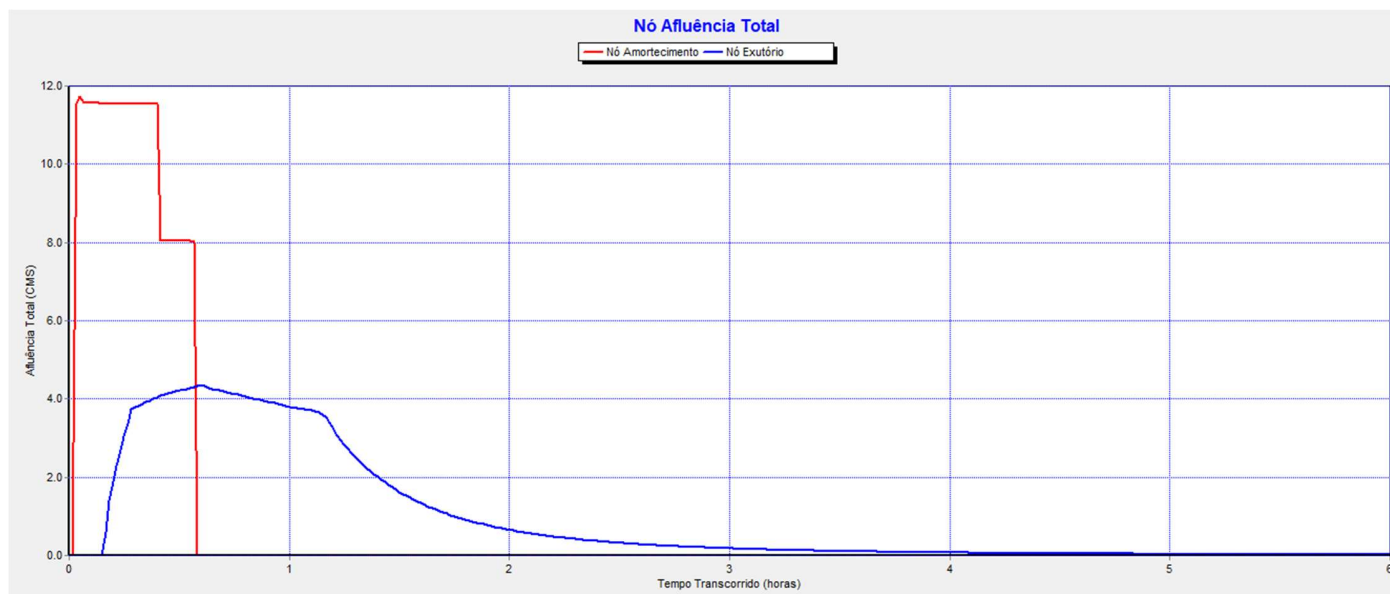


Figura 6 - Hidrograma das bacias após amortecimento

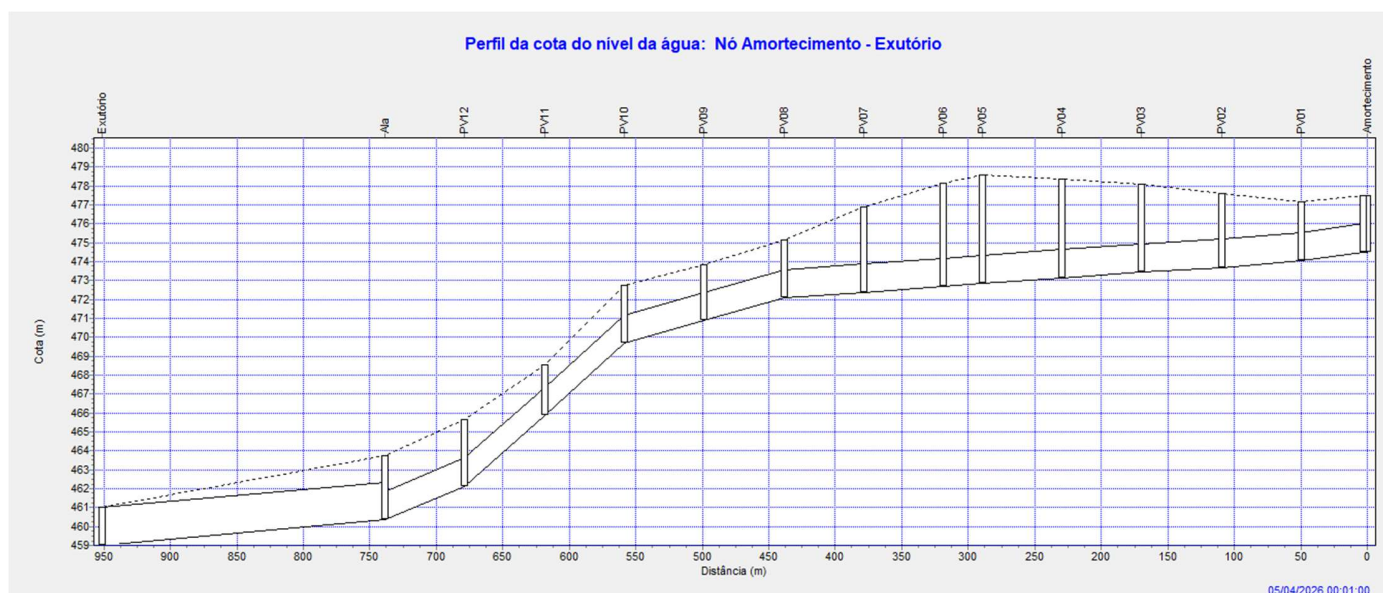


Figura 7 - Simulação da rede através do perfil longitudinal entre a bacia de amortecimento (bacia de detenção) e o exutório após início das chuvas no intervalo de 00:01:00 (um minuto)

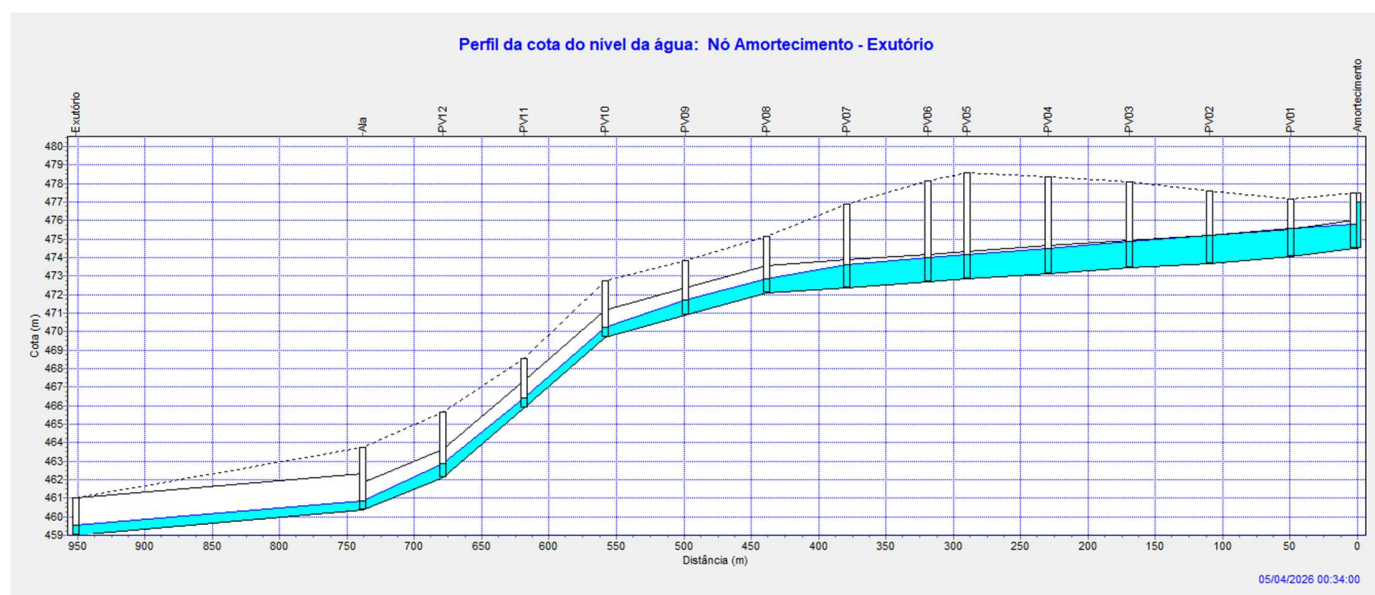


Figura 8 - Simulação da rede através do perfil longitudinal entre a bacia de amortecimento (bacia de detenção) e o exutório ao atingir o pico das chuvas no intervalo de 00:34:00 (34 minutos)

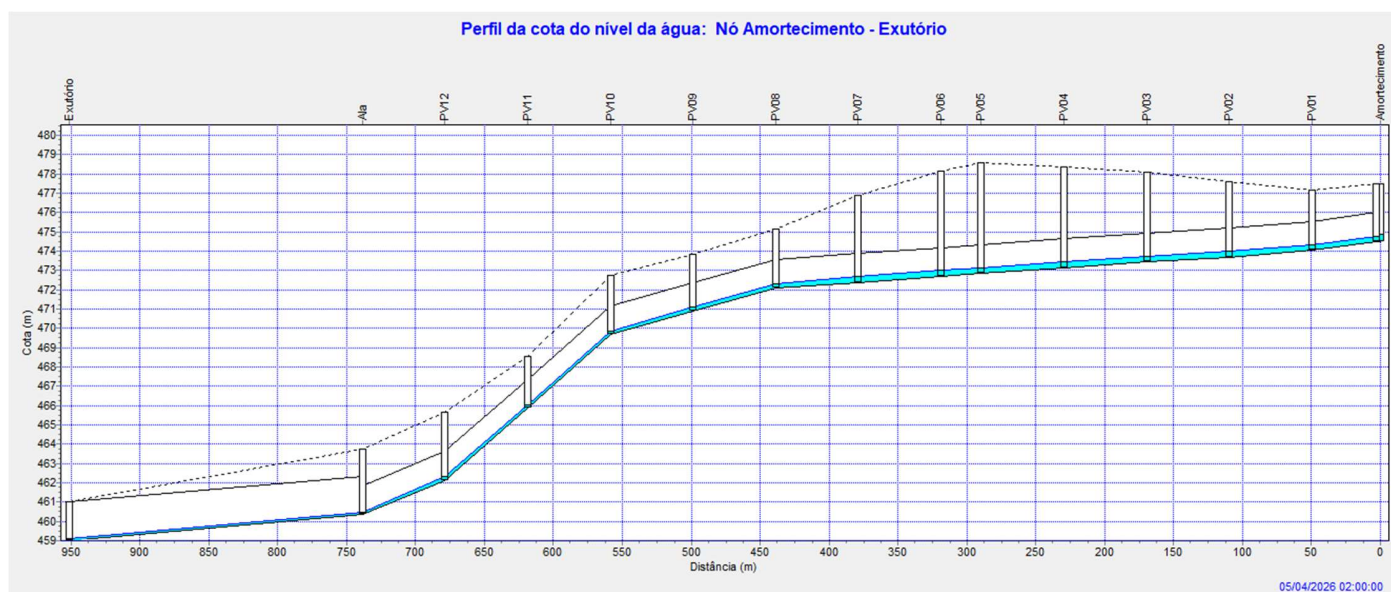


Figure 9 - Simulação da rede através do perfil longitudinal entre a bacia de amortecimento (bacia de detenção) e o exutório após atingido o pico das chuvas no intervalo de 02:00:00 (02 horas)

6. VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DA REDE TUBULAR DN 1500 MM

A rede de drenagem foi projetada em tubo de concreto armado DN 1500 mm. A verificação hidráulica constante no anexo apresenta conduto circular com diâmetro de 1,50 m, declividade de 0,005 m/m e coeficiente de rugosidade de Manning $n = 0,015$, operando em regime subcrítico.

$$Q = (1/n) \times A \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)}$$

Em que: A = área molhada; R = raio hidráulico (A/P); P = perímetro molhado; S = declividade longitudinal; n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Parâmetro verificado	Valor adotado/obtido
Tipo de seção	Circular – tubo de concreto armado
Diâmetro nominal	DN 1500 mm
Declividade de cálculo	0,0050 m/m
Coeficiente de Manning	$n = 0,015$
Vazão verificada no software	aprox. 4,60 m ³ /s (vazão final após o amortecimento)
Profundidade normal	1,40 m
Área molhada	1,766 m ²
Perímetro molhado	3,309 m
Largura de superfície	0,748 m
Profundidade crítica	1,126 m
Número de Froude	0,572 – regime subcrítico
Velocidade média	aprox. 2,6 a 2,7 m/s
Energia específica	1,775 m

Tipos de canais regulares : Circulares

Entrada de dados

Incógnita do problema : Vazão

Vazão (Q) : 4,66 m³/s

Profundidade Normal (Yn) : 1,400 m

Declividade (I) : 0,0050 m/m

Coeficiente de Rugosidade (n) : 0,0150 ...

Diâmetro (D) : 1,50 m

Gráfico

Resultados

Área (A) : 1,7166 m²

Perímetro Molhado (P) : 3,929 m

Largura da Superfície (B) : 0,748 m

Profundidade Crítica (Yc) : 1,125 m

Número de Froude (Fr) : 0,572

Regime de Escoamento : Subcrítico

Velocidade (V) : 2,714 m/s

Energia Específica (E) : 1,775 m

Ajuda

Calcular

Relatório

Fechar

7. VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO CANAL ABERTO FINAL

No trecho final, a partir da ALA 02 até o exutório, foi previsto canal aberto trapezoidal, dimensionado para conduzir a vazão final de projeto até o ponto de lançamento. A seção foi verificada por Manning para canal trapezoidal.

Parâmetro	Valor
Tipo de seção	Canal trapezoidal
Vazão de verificação	31,10 m ³ /s (atende com folga)
Declividade longitudinal	0,0010 m/m (0,1%)
Coeficiente de rugosidade de Manning	n = 0,035
Largura de base	4,50 m
Taludes laterais	1H:1V
Profundidade normal	3,00 m
Borda livre	0,50 m
Comprimento do canal	212,00 m
Área molhada	22,500 m ²
Perímetro molhado	12,985 m
Largura de superfície	10,500 m
Profundidade crítica	1,507 m
Número de Froude	0,306 – regime subcrítico
Velocidade média	1,382 m/s
Energia específica	3,097 m

Tipos de canais regulares : Trapezoidais

Entrada de dados

Incógnita do problema : Vazão

Vazão (Q) : 31,10 m³/s

Profundidade Normal (Yn) : 3,000 m

Declividade (I) : 0,0010 m/m

Coeficiente de Rugosidade (n) : 0,0330 ...

Folga (f) : 0,50 m

Comprimento do Canal : 212,0 m

Inclinação do Talude (z) : 1,00

Largura da Base (b) : 4,50 m

Gráfico

Resultados

Área (A) : 22,5000 m²

Perímetro Molhado (P) : 12,985 m

Largura da Superfície (B) : 10,500 m

Profundidade Crítica (Yc) : 1,507 m

Número de Froude (Fr) : 0,302

Regime de Escoamento : Subcrítico

Velocidade (V) : 1,382 m/s

Energia Específica (E) : 3,097 m

Movimentação de Terra : 5936,000 m³

Ajuda

Calcular

Relatório

Fechar

Cleberson Queiroz do Vale

Engenheiro Civil

CREA-BA 74876-D