ESTUDOS HIDROLÓGICOS E PROJETOS DAS TRAVESSIAS DE VIÁRIOS SOBRE O CÓRREGO DA PONTE ALTA E SEU AFLUENTE

PROJETO EXECUTIVO

PREFEITURA MUNICIPAL DE AMÉRICO BRASILIENSE

REVISÃO 00

AMÉRICO BRASILIENSE – SP

SETEMBRO / 2025

SANEARES – Infraestrutura e Saneamento Ltda.®
Sede: Rua Paiquerê, 1615 –Jardim Paiquerê – CEP 13.271-600 – Valinhos/SP
PABX (19) 3869-6461– e-mail: contato@saneares.com.br – www.saneares.com.br

Arquivo: 01.PMABR-MDR-TRV4e5-MEM-R0

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

AUTORIA DO PROJETO

Este projeto foi elaborado pela empresa:

SANEARES – INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO LTDA.®

CREA 2250526

Gerente do Projeto

Engº Gustavo Basílio

CREA 5069943304

Equipe Técnica

Pedro Arthur Mazante

Lilian Raquel Furlan

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

RELAÇÃO DAS REVISÕES

DATA	N° REVISÃO	DESCRIÇÃO
SET/2025	00	Emissão Inicial para Análise

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

ÍNDICE

PÁG.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO 5
2 LEVANTAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS 9
3 RELATÓRIO DE VISTORIA DOS LOCAIS 12
3.1 TRAVESSIA 4 12
3.2 TRAVESSIA 5 26
4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 35
4.1 DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO 38
4.2 DETERMINAÇÃO DA DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE 38
4.3 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 39
4.4 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO 40
4.5 DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) - TRAVESSIA 4 40
4.5.1 Definição do Coeficiente de Escoamento Superficial (C_2) 40
4.5.2 Fator de Forma da Bacia (F) 43
4.5.3 Coeficiente do Escoamento de Forma (C_1) 43
4.5.4 Coeficiente de Distribuição Espacial da Chuva (K) 44
4.5.5 Determinação Coeficiente De Escoamento Superficial (C) para a BACIA TR4 44
4.6 DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) – TRAVESSIA 5 45
4.7 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DA CHUVA DE PROJETO 48
4.8 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CHEIA PELO MÉTODO DE I-PAI-WU – TRAVESSIA 4 49
4.9 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CHEIA PELO MÉTODO RACIONAL – TRAVESSIA 5 50
4.10 VAZÕES DE CHEIA PARA DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSIAS 51
5 VERIFICAÇÃO DAS CAPACIDADES HIDRÁULICAS DAS TRAVESSIAS EXISTENTES 51
5.1 TRAVESSIA 4 51
5.2 TRAVESSIA 5 57
6 PROJETOS HIDRÁULICOS DAS TRAVESSIAS 59
6.1 TRAVESSIA 4 59
6.1.1 Injeção de Solo/Cimento 62
6.2 TRAVESSIA 5 63
7 CONCLUSÕES 68
7.1 PARA A TRAVESSIA TR-4 68
7.2 PARA A TRAVESSIA TR-5 69

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Prefeitura de Américo Brasiliense verificou que, de acordo com as últimas chuvas de maior intensidade no município, algumas importantes travessias de viários sobre o Córrego da Ponte Alta e seu afluente estão em situação de funcionamento bastante precárias, sendo inclusive classificadas como locais de riscos para os usuários das vias Av. Maria B. D. Carlesci (Travessia 4) e Rua Amábile Mariani Furlan (Travessia 5).

Durante vistoria técnica ao local, foi possível constatar que ambas as travessias possuem suas estruturas existentes significativamente comprometidas, sendo que os presentes estudos visam à avaliação das características hidráulicas de ambas, verificando-se se há possibilidade de recuperação dessas estruturas ou se será necessária a substituição dos dutos hidráulicos responsáveis pelo transporte das águas do Córrego Ponte Alta e de seu afluente.

Este memorial visa apresentar os cálculos hidrológicos e hidráulicos para determinação da seção transversal necessária, comprimento e formatos das alas de entrada e saída de ambas as travessias para que possam ser atestadas as adequabilidades dessas travessias, e, se for o caso, projetadas novas travessias em substituição às que estão danificadas.

Os estudos foram elaborados a partir das cartas de levantamento aerofotogramétrico do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC, na escala 1:10.000, das imagens de satélite do Google Earth e também dos levantamentos planialtimétricos das áreas realizados pela SANEARES para a Prefeitura de Américo Brasiliense.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

A Figura 1 apresenta a localização das travessias estudadas e os detalhamentos da situação existente nesses locais, identificados a partir das imagens de satélite do Google Earth.



Figura 1. Localização das Travessias 4 e 5 no município de Américo Brasiliense.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

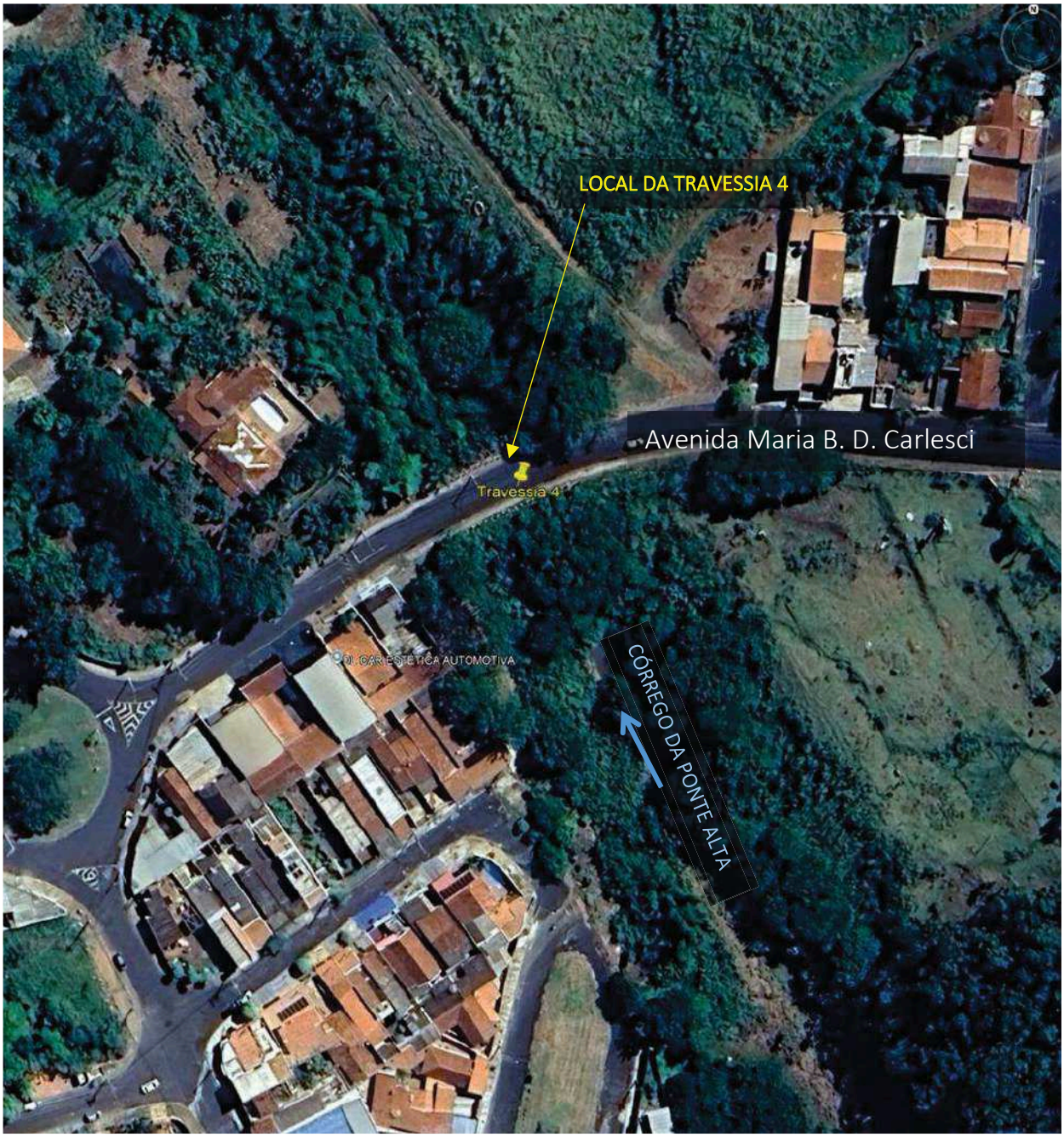


Figura 2. Localização e situação atual da Travessia 4 que realiza a passagem da Avenida Maria B. D. Carlesci sobre o Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 3. Localização e situação atual da Travessia 5 que interliga a Rua Amábile Mariani Furlan e a Rua Carlos Bortoli, passando sobre o afluente do Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

2 LEVANTAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS

Os levantamentos planialtimétricos das áreas foram realizados para desenvolvimento dos estudos e projetos de engenharia para a recuperação das travessias existentes.

A partir destes estudos e das vistorias realizadas no local pela equipe da SANEARES, foi possível realizar os estudos hidráulicos verificando-se a compatibilidade das estruturas atualmente implantadas com as vazões decorrentes dos estudos hidrológicos apresentados adiante.

Apresentam-se nas figuras a seguir esses levantamentos a partir dos quais foram verificadas as características das travessias e também obtidos os dados para determinação da declividade longitudinal dos córregos para os cálculos hidráulicos.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

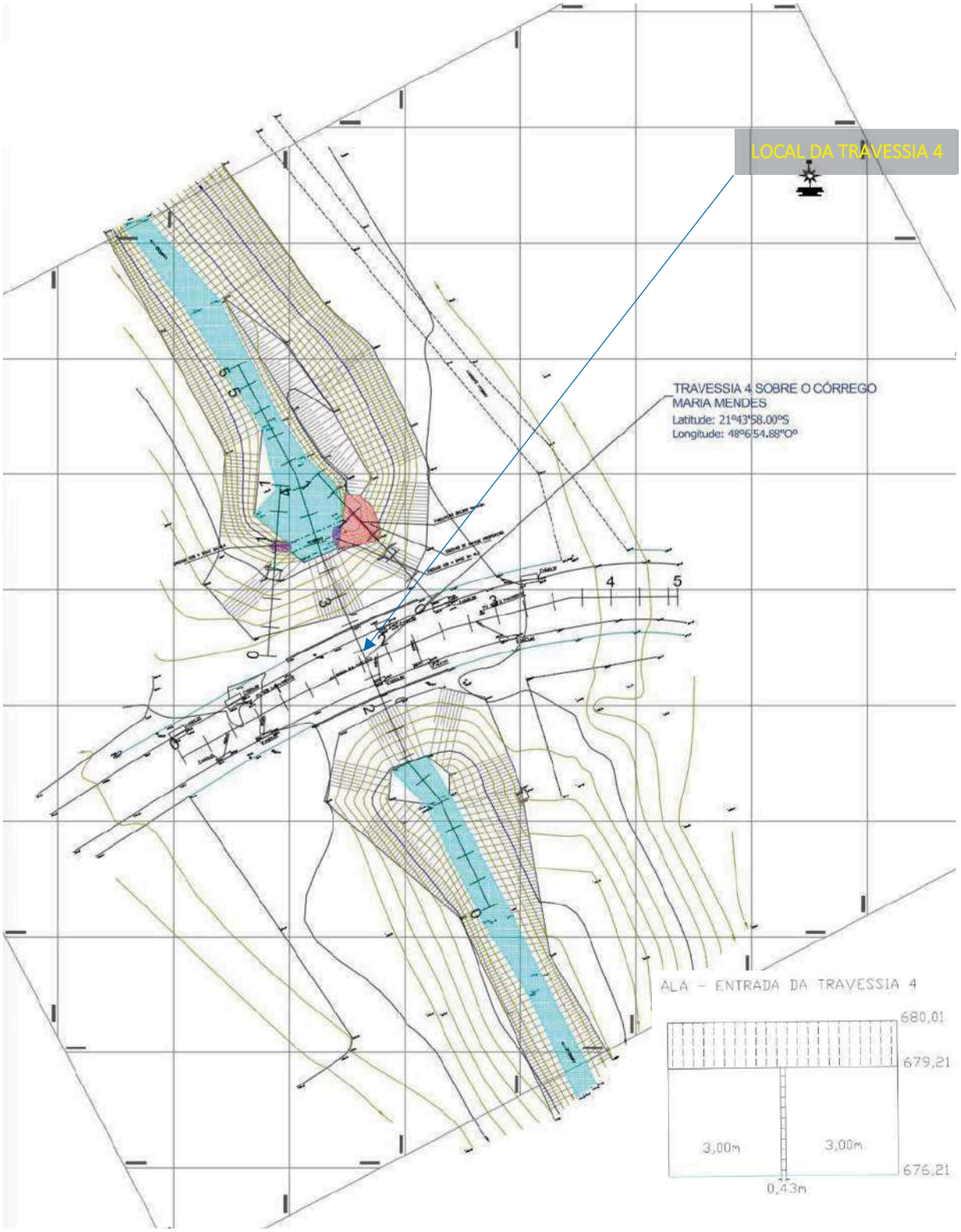


Figura 4. Levantamento planialtimétrico e cadastro da Ala de Entrada conforme o Levantamento planialtimétrico da Travessia 4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

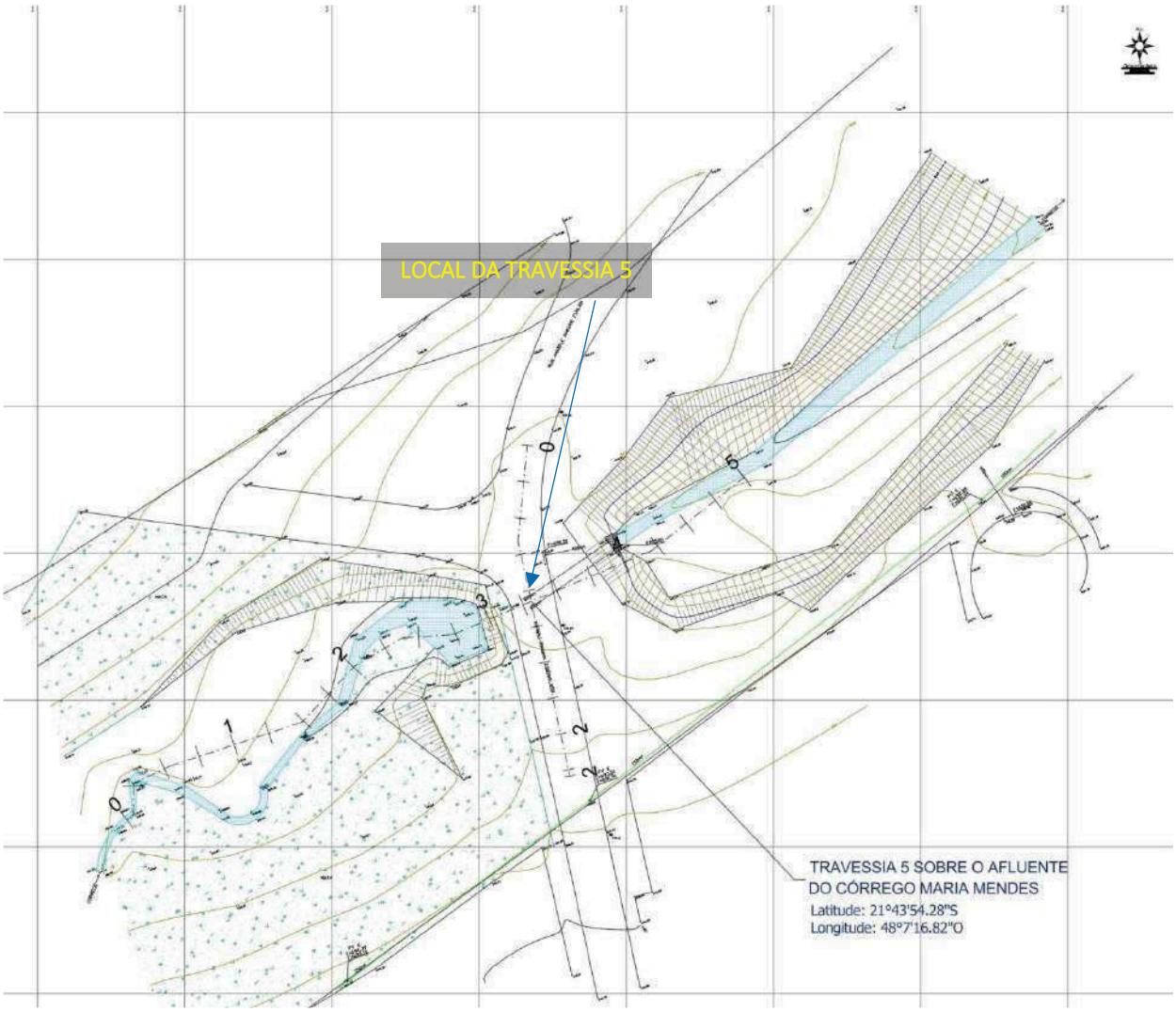


Figura 5. Levantamento planialtimétrico da área da Travessia 5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

3 RELATÓRIO DE VISTORIA DOS LOCAIS

3.1 TRAVESSIA 4

Apresentam-se a seguir as imagens obtidas durante a vistoria técnica realizada em 08 de setembro de 2025 no local da Travessia 4.





Figura 6. Avenida Maria B. D. Carlesci, sobre o Córrego da Ponte Alta – TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 7. Vistas da região de jusante da Travessia TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 8. Boca de lobo, erosões e tubulação de águas pluviais DN1200 do lado direito rompidas devido às erosões e inadequação das estruturas de saída nesse trecho (jusante da TR-4).

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 9. Detalhe da tubulação de saída do sistema de drenagem de águas pluviais do lado direito da ala de saída da TR-4, totalmente danificadas.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 10. Detalhe da tubulação de saída do lado direito totalmente danificada, e da erosão sob o muro junto à saída da tubulação de saída do lado esquerdo da Ala de Saída da Travessia TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 11. Vistas da área de jusante, com os degraus da Ala de Saída suspensos devido às erosões formadas pela ausência de dispositivos de proteção e dissipação de energia à jusante da TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

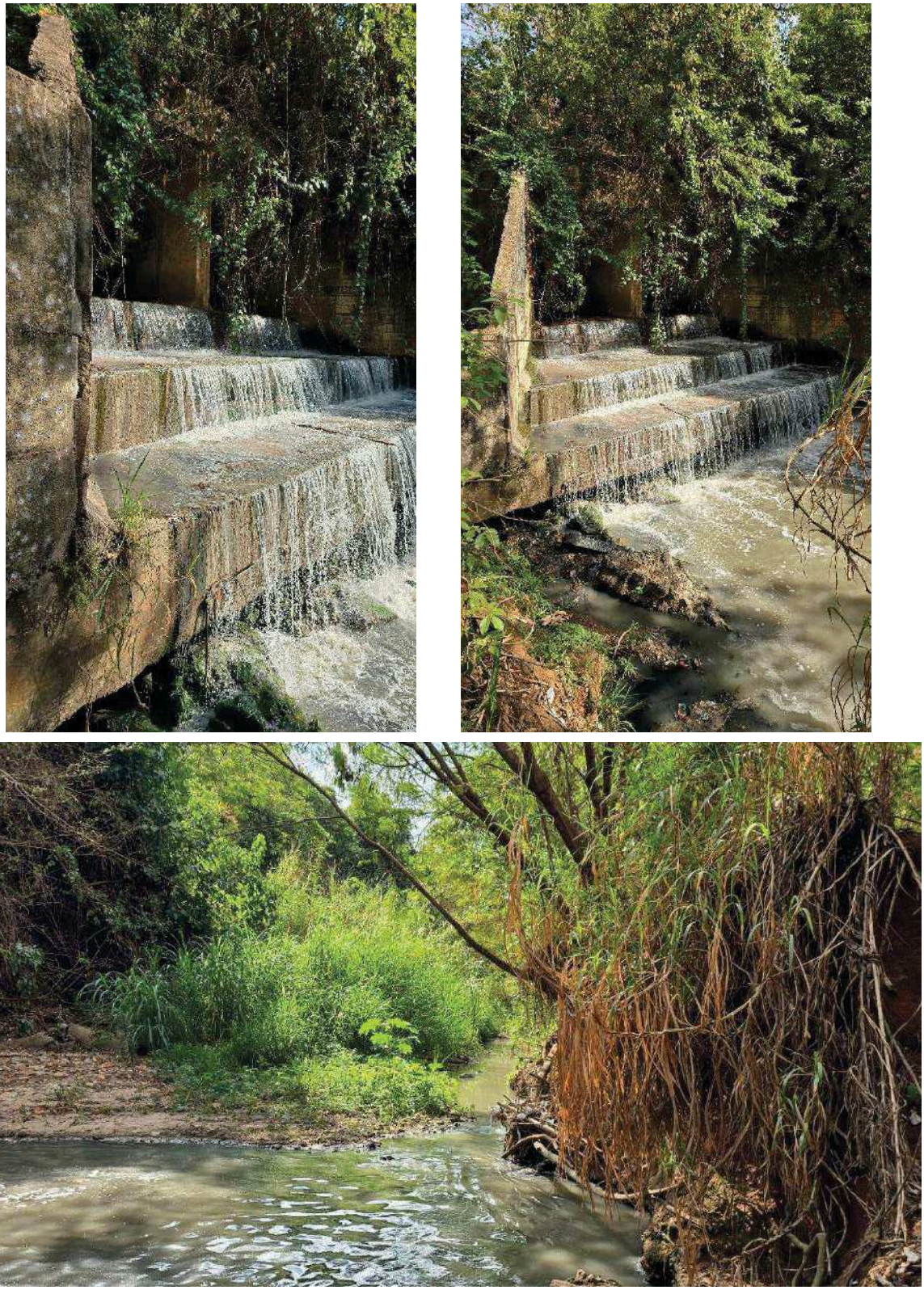


Figura 12. Detalhes dos degraus com buracos sob sua estrutura e da área de saída da Travessia TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 13. Detalhes dos buracos sob a Ala de Saída da TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 14. Detalhes das estruturas dos degraus em balanço devido aos buracos formados sob essas estruturas e das tubulações rompidas do lado direito, aumentando o risco de alastramento desses buracos.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 15. Detalhes dos buracos sob as estruturas da Ala de Saída que devem ser recuperados.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

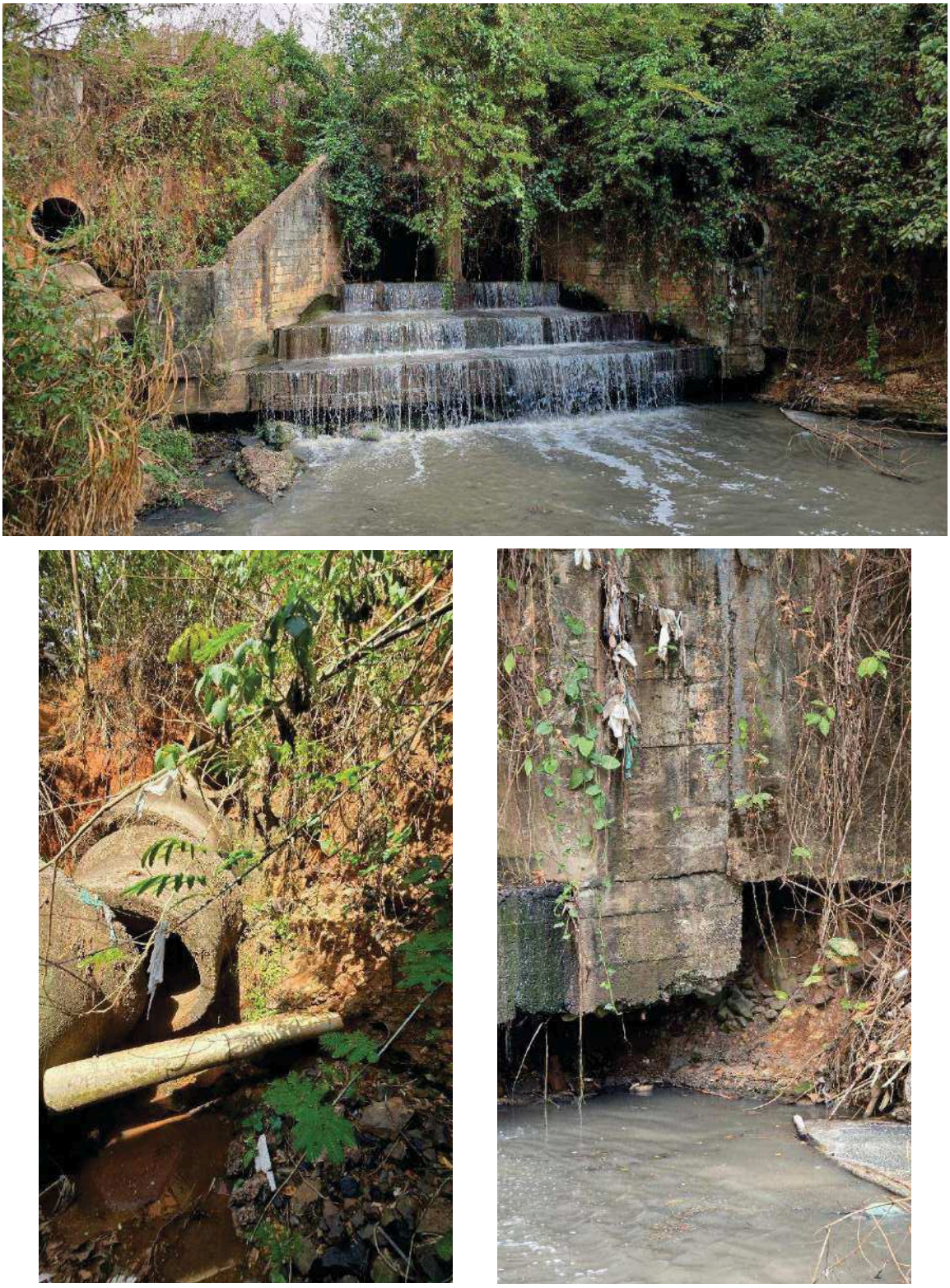


Figura 16. Detalhes das tubulações do lado direito e do lado esquerdo com graves erosões e buracos sob as estruturas formado por processos erosivos associados à turbulência da água na saída da TR-4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 17. Vista da área de jusante da Travessia TR-4 por onde segue o curso do Córrego da Ponte Alta.



Figura 18. Vista da área de montante da Travessia TR-4 de onde vem o curso do Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA





Figura 19. Vistas da área de montante da Travessia TR-4, que se apresenta completamente íntegra e adequada à travessia.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 20. Detalhes de entulhos que precisam ser limpos na área de montante da travessia (requer apenas manutenção, não sendo necessárias intervenções de melhorias associadas a obras de engenharia).

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

3.2 TRAVESSIA 5

Apresentam-se a seguir as imagens obtidas durante a vistoria técnica realizada em 08 de setembro de 2025 no local da Travessia 5.



Figura 21. Vistas da área de montante da travessia TR-5, completamente afogada devido à obstrução dos tubos do bueiro duplo DN 800 mm.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 22. Vistas da área de montante da Travessia TR-5, completamente afogada.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 23. Vista da Rua Amábile Mariane Furlan sobre a Travessia TR-5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA





Figura 24. Vista da erosão formada na área de montante da Travessia TR-5 e da Rua Amábile Mariane Furlan, sentido jusante.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 25. Vistas das erosões junto à área de jusante da Travessia TR-5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 26. Vistas da saída da Travessia TR-5 totalmente destruída, com a ala parcialmente rompida e grande acúmulo de entulhos.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 27. Detalhes dos entulhos acumulados na saída da Travessia TR-5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 28. Vista do mato e entulhos existentes na saída da Travessia TR-5 que se encontra totalmente danificada e inadequada.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA





Figura 29. Vistas da esquina da Rua Amábilie Mariane Furlan e Carlos Bortoli, onde serão previstas melhorias no sistema de drenagem de águas pluviais junto aos projetos da nova travessia.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Apresentam-se a seguir os cálculos dos estudos hidrológicos que determinam as vazões de projeto consideradas para o desenvolvimento dos estudos e projetos para as travessias 4 e 5 no município de Américo Brasiliense.

As figuras a seguir ilustram os traçados das bacias de contribuição para as seções de estudo de ambas as travessias existentes, correspondentes às entradas dessas travessias a serem avaliadas.

As bacias de contribuição e os talvegues de cada bacia foram traçados sobre as cartas de levantamento aerofotogramétrico do IGC na escala 1:10.000, com curvas de nível de 5,0 em 5,0 metros.

As figuras 30 e 31 apresentam os traçados das bacias de contribuição para as travessias 4 e 5, respectivamente.

A Tabela 1 apresenta as informações obtidas das áreas dessas bacias.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

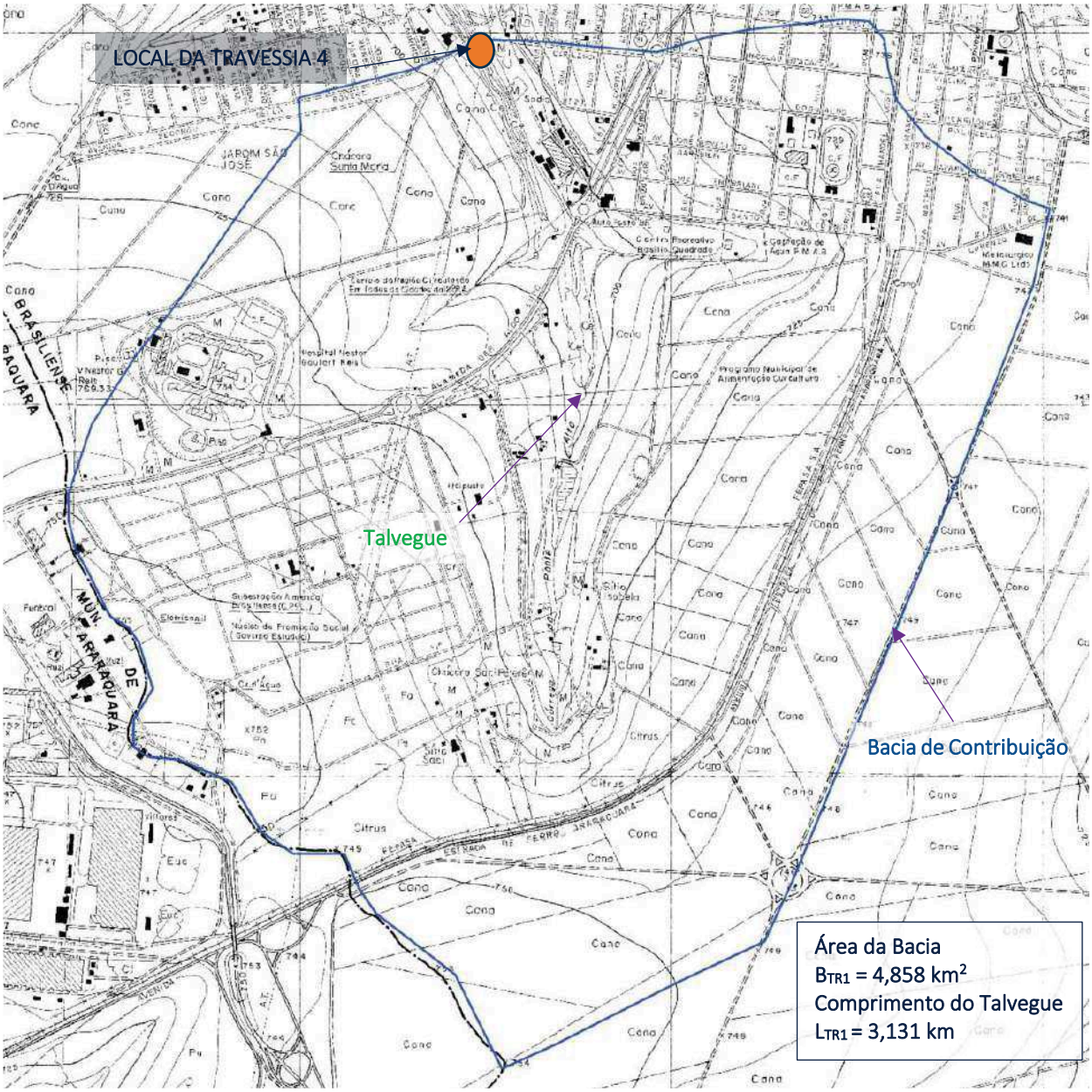


Figura 30. Bacia de contribuição à seção de entrada da Travessia 4 sobre o Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

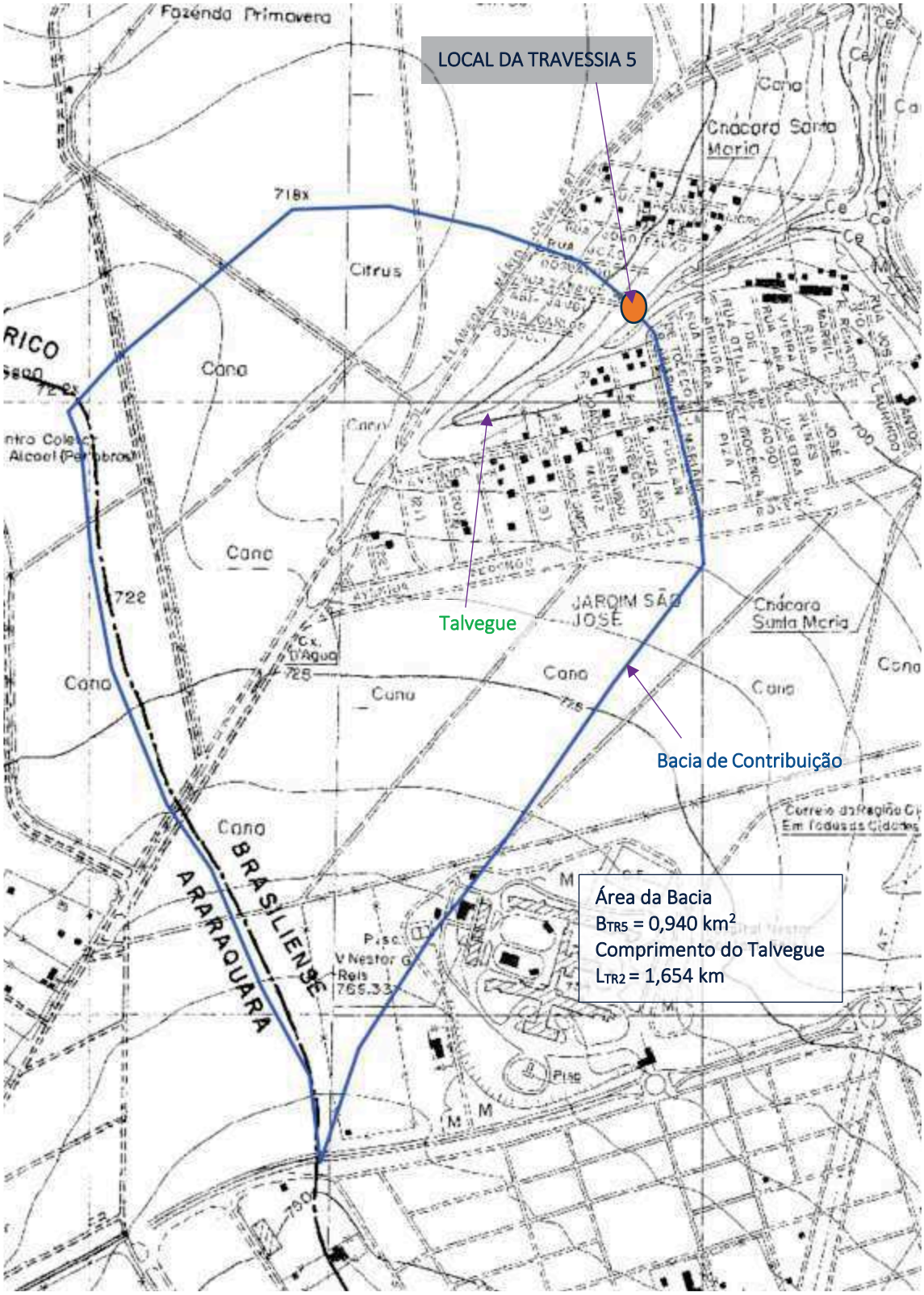


Figura 31. Bacia de contribuição à seção de entrada da Travessia 5 sobre o afluente do Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Tabela 1. Áreas das Sub-bacias consideradas nos estudos para determinação das vazões de cheia e verificação/dimensionamento das travessias.

BACIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA TRAVESSIA	CURSO D`ÁGUA	ÁREA DE DRENAGEM (km²)
BACIA TR4	Latitude: 21°43'58.00° Longitude: 48°6'54.88"O°	Córrego da Ponte Alta – Travessia 4	4,858
BACIA TR5	Latitude: 21°43'54.28"S Longitude: 48°7'16.82"O	Afluente do Córrego da Ponte Alta – Travessia 5	0,940

4.1 DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO

Para determinação da vazão de cheia na seção das travessias estudadas utilizou-se, conforme as normativas do SP Águas o Período de Retorno (T) igual a 100 anos:

Tabela 2. Definição do Período de Retorno (T)

PERÍODO DE RETORNO (anos)
100

4.2 DETERMINAÇÃO DA DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE

Para determinação da declividade equivalente do talvegue, efetuou-se o levantamento de cotas e distâncias medidas com base nas Cartas do IGC, na escala 1:10.000, com curvas de nível de 5 em 5 metros, dividindo-se o talvegue em trechos, nos pontos cortados pelas curvas de níveis, e avaliando-se a cota do ponto, a diferença de altura entre os pontos para que se pudesse calcular a declividade de cada trecho através da média, pela seguinte equação:

$$I_{eq} = \frac{L}{L1/\sqrt{j1} + L2/\sqrt{j2} + L3/\sqrt{j3} \ldots\ldots\ldots\sqrt{}}$$

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Onde L é a soma dos trechos L_n e j_n é a inclinação média de cada trecho.

Tabela 3. Definição das Declividades Equivalentes dos Talvegues.

SEÇÃO/ BACIA	COMPRIMENTO DO TALVEGUE (Km)	COTAS DOS TALVEGUES (m)	DECLIVIDADE EQUIVALENTE (m/Km)
BACIA TR4	3,131	COTA FINAL = 757,00 COTA INICIAL = 670,00	21,60
BACIA TR4	1,654	COTA FINAL = 748,00 COTA INICIAL = 687,00	34,79

4.3 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo da concentração das sub-bacias hidrográficas de contribuição foi estimado, para cálculo das chuvas de projeto, com base na expressão do "Califórnia Culverts Practice", dada por:

$$t_c = 57.\left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385}$$

onde:

L = comprimento do talvegue, em km;
S = declividade equivalente do talvegue, em m/km, e
tc = tempo de concentração, em minutos.

Tabela 4. Definição do Tempo de Concentração.

SEÇÃO/ BACIA	DECLIVIDADE EQUIV. "S" (m/Km)	COMPRIMENTO TALVEGUE "L" (Km)	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO "t_c"	
			(min)	(h)
BACIA TR4	21,60	3,131	42,05	0,701
BACIA TR5	34,79	1,657	21,42	0,357

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4.4 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO

De acordo com o SP Águas, a metodologia de cálculo adequada para a determinação da vazão de pico para bacias com área inferior a 2,0 km^2 é o Método Racional, e, para bacias com área superior a 2,0 km^2, pode ser utilizado o Método de I-Pai-Wu, portanto, nos cálculos a partir deste ponto serão utilizadas ambas as metodologias.

Tabela 5. Definição da Metodologia de Cálculo Hidrológico.

BACIA	ÁREA DE DRENAGEM (km²)	METODOLOGIA DE CÁLCULO HIDROLÓGICO
BACIA TR4	4,858	Método de I-Pai-Wu
BACIA TR5	1,276	Método Racional

4.5 DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) - TRAVESSIA 4

4.5.1 Definição do Coeficiente de Escoamento Superficial (C_2)

Para determinação do coeficiente de escoamento superficial C_2, utilizado pelo método de I-PAI-WU, considerou-se a evolução de urbanização futura da bacia, com base nas áreas disponíveis no entorno, compostas essencialmente por plantações de cana-de-açúcar, cuja expansão urbana certamente ocupará.

As áreas de APP também foram consideradas como permeáveis e vegetadas na situação futura, tendo-se então, nas bacias, a composição de Uso e Ocupação do Solo demonstrada na figura a seguir.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 32. Uso e Ocupação do Solo da Bacia estudadas para determinação do Coeficiente C_2.

Desta forma, foram determinados os coeficientes médios de escoamento superficial para uma condição futura de ocupação na bacia em estudo, conforme as tabelas a seguir.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Tabela 6. Composição das Áreas da bacia de contribuição estudada.

Área da Bacia de Contribuição		**4,858**	km2	
Bacia TR4	Área Rural	0,00	m2	0,0%
	Área Urb Futuro.	4.410.411,87	m2	90,8%
	Área Rodovia	0,00	m2	0,0%
	Área Mata/APP	447.717,08	m2	9,2%
	Total	**4.858.128,95**	**m2**	100,0%

	% Area Rural	% Area Verde/APP	% Area Urbanizada	% Area Rodovia
Bacia TR4	0,0%	9,2%	90,8%	0,0%

C2 Area Rural]	**C2** Area Verde/ APP	**C2** Area Urbanizada	**C2** Area Rodovia	**C2 com-posto**
0,40	0,30	0,70	0,80	0,663

Tabela 7. Coeficientes de impermeabilização considerados nos cálculos conforme a composição de áreas.

	Grau de Impermeabilização			
C2	Baixo Mata/APP	Baixo (Rural)	Médio-Alto	Alto
I-PAI-WU	0,30	0,40	0,70	0,80

Tabela 8. Resultados obtidos na determinação do Coeficiente C_2 de I-Pai-Wu.

SEÇÃO/ SUB-BACIA	**COEFICIENTE DE ESCOAMENTO C_2**
BACIA TR4	0,663

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4.5.2 Fator de Forma da Bacia (F)

Para determinar o fator de forma das bacias hidrográficas, que indica a taxa de alongamento da bacia, utilizou-se a fórmula:

$$F = L / 2.(AD/\pi)^{0,5}$$

Onde: L = comprimento do talvegue em Km
AD = área da bacia de contribuição em Km²

O resultado é apresentado na tabela na Tabela 9.

Tabela 9. Fator de Forma da bacia estudada.

SEÇÃO / SUB-BACIA	FATOR DE FORMA (F)
BACIA TR4	1,259

4.5.3 Coeficiente do Escoamento de Forma (C_1)

Para determinar o coeficiente de forma (C_1), utilizou-se a fórmula:

$$C_1 = \frac{4}{2 + F}$$

O resultado é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 10. Coeficiente C_1 I-Pai-Wu para a bacia estudada.

SEÇÃO / SUB-BACIA	COEFICIENTE DE FORMA (C_1)
BACIA TR4	1,2274

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4.5.4 Coeficiente de Distribuição Espacial da Chuva (K)

Para determinar o coeficiente de distribuição espacial da chuva (K), utilizou-se a fórmula:

$$K = 1 - 0{,}009 \cdot (L/2)$$

Tabela 11. Coeficientes de Dispersão da Chuva para a bacia estudada.

SEÇÃO / SUB-BACIA	COEFICIENTE DISPERSÃO DA CHUVA (K)
BACIA TR4	0,9859

4.5.5 Determinação Coeficiente De Escoamento Superficial (C) para a BACIA TR4

Para a determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial "C" final para a BACIA TR4, a ser utilizado para o cálculo da vazão de cheia pela Metodologia I-Pai-Wu, utilizou-se a seguinte expressão:

$$C = \frac{2}{1+F} * \frac{C_2}{C_1}$$

Tabela 12. Resultados obtidos na determinação do Coeficiente C - BACIA TR4.

SEÇÃO / SUB-BACIA	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)
BACIA TR4	0,478

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4.6 DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) – TRAVESSIA 5

Para determinação do coeficiente de escoamento superficial C, utilizado pelo Método Racional, considerou-se a evolução de urbanização futura da bacia, com base nas áreas disponíveis no entorno, compostas essencialmente por plantações de cana-de-açúcar, cuja expansão urbana certamente ocupará.

As áreas de APP também foram consideradas como permeáveis e vegetadas na situação futura, tendo-se então, nas bacias, a composição de Uso e Ocupação do Solo demonstrada na figura a seguir.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Figura 33. Uso e Ocupação do Solo da Bacia estudadas para determinação do Coeficiente C.

Desta forma, foram determinados os coeficientes médios de escoamento superficial para uma condição futura de ocupação na bacia em estudo, conforme as tabelas a seguir.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Tabela 13. Composição das Áreas em cada na bacia de contribuição estudada.

Área da Bacia de Contribuição		0,940	km2		
		Atual			
Bacia TR5	Area Rural (m2)	0,00	0,0%		
	Area Pavim (m2)	0,00	0,0%		
	Area Urb (m2)	907.545,80	96,6%		
	Area Verde (m2)	31.958,27	3,4%		
	Total (m2)	**939.504,08**			

Tabela 14. Coeficientes de impermeabilização considerados nos cálculos conforme a composição de áreas.

	Grau de Impermeabilização			
C	Mata	Rural/Sitios	Urbanizada	Rodovia
RACIONAL	0,25	0,40	0,7	0,9

Os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 15. Resultados obtidos na determinação do Coeficiente C.

ATUAL	% Area Não Impermeabili-zada/ Area Rural	% Area Verde/APP	% Area Urbanizada	% Area Impermeabili-zada Pavimentada
Bacia TR5	0,0%	3,4%	96,6%	0,0%

C Area Não Impermea-bilizada/ Area Rural	**C** Area Verde/ APP	**C** Area Urbanizada	**C** Area Impermea-bilizada Pavimen-tada	**C com-posto**
0,40	0,25	0,70	0,90	0,685

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Tabela 16. Resultados obtidos na determinação do Coeficiente C.

SEÇÃO / BACIA	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)
BACIA TR5	0,681

4.7 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DA CHUVA DE PROJETO

Para cálculo da precipitação intensa para a enchente crítica, com os dados dos tempos de concentração e do Período de Retorno, utiliza-se a equação de chuvas de **Araraquara, SP,** onde está inserida a área estudada, para a qual foram elaboradas equações de chuva conforme a publicação "PRECIPITAÇÕES INTENSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE – CTH - 2018".

Nome da estação/ Entidade: **Chibarro – C5-017R/ DAEE**
Autor: **Martinez e Magni (1999)**
Coordenadas geográficas: **Lat. 21°53'17''S; Long. 48°09'06''W**
Altitude: **580 m**
Duração da estação: **1931-**
Períodos de dados: **1970; 1973-1991; 1993-1995; 1997 (24 anos).**

$$i_{t,T} = 32{,}4618\,(t+15)^{-0{,}8684} + 2{,}1429\,(t+15)^{-0{,}5482}.[-0{,}4772 - 0{,}9010\,\ln\ln(T/T-1)]$$

para $10 \leq t \leq 105$

$$i_{t,T} = 32{,}4618\,(t+15)^{-0{,}8684} + 18{,}4683\,(t+15)^{-0{,}9984}.[-0{,}4772 - 0{,}9010\,\ln\ln(T/T-1)]$$

para $105 \leq t \leq 1440$

Onde:

i: intensidade da chuva, para a duração t e período de retorno T, em mm/min;
t: duração da chuva em minutos;
T: período de retorno em anos.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Tabela 17. Resultados da determinação da intensidade da chuva crítica para o período de retorno de 100 anos para as bacias estudadas.

SEÇÃO / BACIA	INTENSIDADE DA CHUVA (mm/h)	INTENSIDADE DA CHUVA (mm/min)
BACIA TR4	109,50	1,825
BACIA TR5	151,54	2,256

4.8 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CHEIA PELO MÉTODO DE I-PAI-WU – TRAVESSIA 4

Para determinação da vazão de cheia com período de retorno de 100 anos nas seções de interesse, foram calculadas através do método de I-PAI-WU, dados pela equação:

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times AD^{0,9} \times K$$

Onde:

Q = vazão de cheia, em m³/s
C = coeficiente de escoamento superficial
i = intensidade da chuva, em mm/h
AD = área da bacia de contribuição, em Km²
K = Coeficiente de dispersão da chuva

Tabela 18. Resultados da vazão de cheia calculada nas seções de estudo para cada sub-bacia.

SEÇÃO / SUB-BACIA	VAZÃO DE CHEIA (m³/s)
BACIA TR4	59,505

À vazão de cheia calculada acrescenta-se a vazão de base do escoamento, que é da ordem de 10% da vazão de cheia, obtendo-se a vazão máxima de cheia (Qcheia):

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Portanto, obteve-se para a vazão máxima de cheia nas seções de interesses pelo Método de I-Pai-Wu, os seguintes resultados:

Tabela 19. Resultados da vazão máxima de cheia calculada nas seções de estudo para cada sub-bacia, para o Período de Retorno de 100 anos.

SEÇÃO / SUB-BACIA	VAZÃO MÁXIMA DE CHEIA (T=100 ANOS) (m³/s)
BACIA TR4	65,455

4.9 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CHEIA PELO MÉTODO RACIONAL – TRAVESSIA 5

Para determinação da vazão de cheia com período de retorno de 100 anos nas seções de interesse, foram calculadas através do Método Racional, dados pela equação:

$$Q = 0{,}2778 \times C \times I \times A$$

Onde:

Q = vazão de cheia, em m³/s
C = coeficiente de escoamento superficial
i = intensidade da chuva, em mm/h
A = área da bacia de contribuição, em Km²

Tabela 20. Resultados da vazão de cheia calculada nas seções de estudo para cada bacia.

SEÇÃO / BACIA	VAZÃO DE CHEIA (m³/s)
BACIA TR5	27,081

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

4.10 VAZÕES DE CHEIA PARA DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSIAS

Apresentam-se na tabela a seguir as vazões de cheias calculadas para o dimensionamento das travessias.

Tabela 21. Resultados da vazão de cheia calculada nas seções de estudo para cada bacia.

SEÇÃO / BACIA	VAZÃO DE CHEIA (m³/s)
BACIA TR4	65,455
BACIA TR5	27,081

5 VERIFICAÇÃO DAS CAPACIDADES HIDRÁULICAS DAS TRAVESSIAS EXISTENTES

5.1 TRAVESSIA 4

De acordo com o levantamento planialtimétrico e cadastral realizado, a Travessia 4 existente sobre o Córrego da Ponte Alta possui a declividade longitudinal calculada por:

Cota do fundo montante: 676,210 m

Cota do fundo jusante: 675,830 m

Distância: 39,68 m

Declividade Longitudinal do Canal Natural = (676,210 - 675,830) / 39,68 = 0,0098 m/m (0,96%)

A Figura 34 a seguir apresenta os dados do levantamento cadastral para esta travessia.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

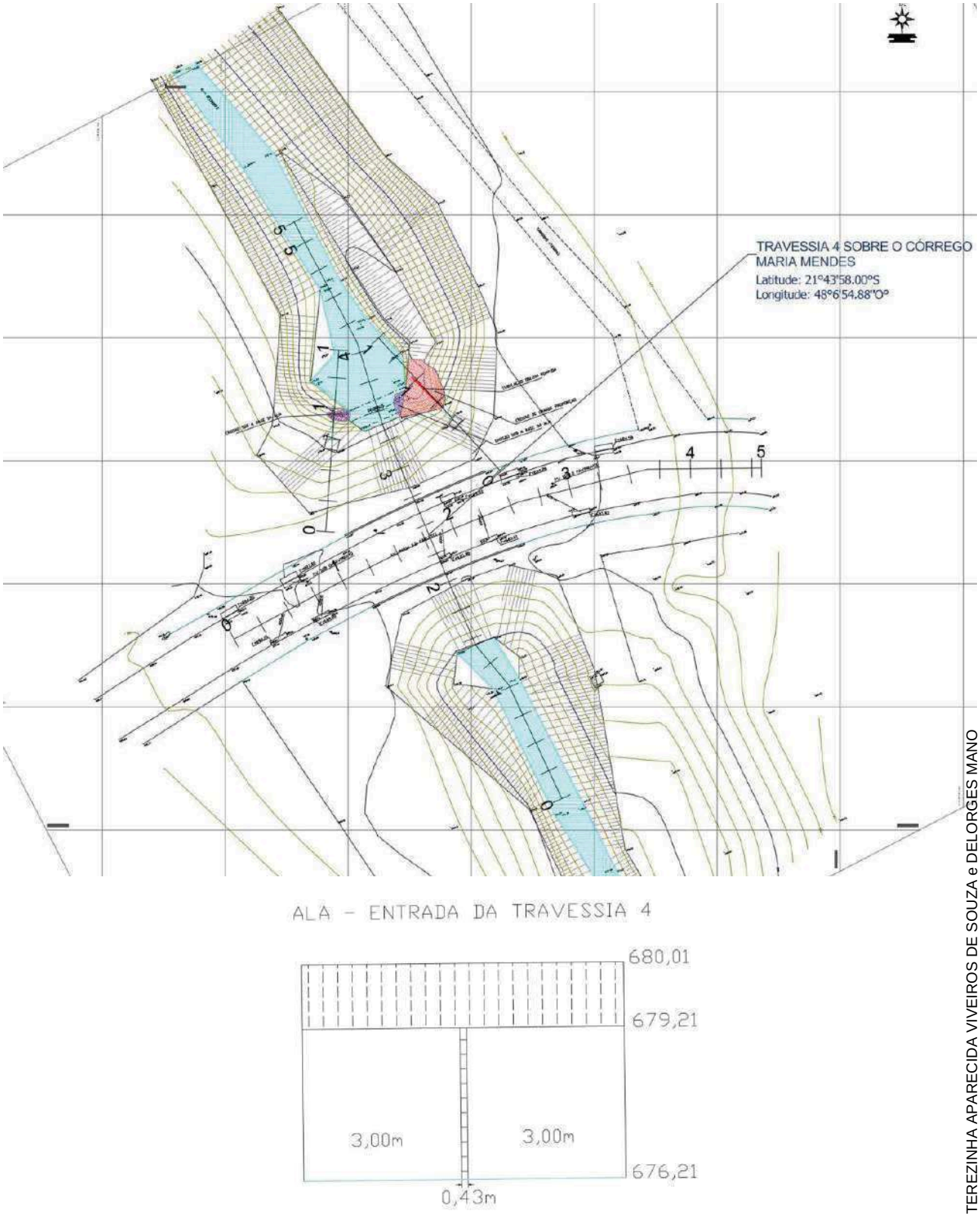


Figura 34. Dados de levantamento cadastral para a travessia existente.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Para a verificação hidráulica da seção transversal da Travessia 4 existente com base na declividade longitudinal calculada e para a vazão de pico a ser escoada, foi utilizado o software Macra Studio que realiza os cálculos hidráulicos para determinação da lâmina d'água na seção transversal do canal de travessia através do método "cross section".

O coeficiente de Manning utilizado para as aduelas de concreto é igual a 0,018.

Apresentam-se a seguir os resultados dos cálculos para a determinação da seção transversal da travessia existente com 2 linhas de aduelas paralelas de 3,0 x 3,0 m.

- ***Input***

Discharge [m³/s]	65.455
Longitudinal Slope [%]	0.96
Freeboard [m]	0.50
Bending Radius [m]	-
Bending Side	-

Figura 35. Dados de entrada para a verificação da capacidade da Travessia 4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

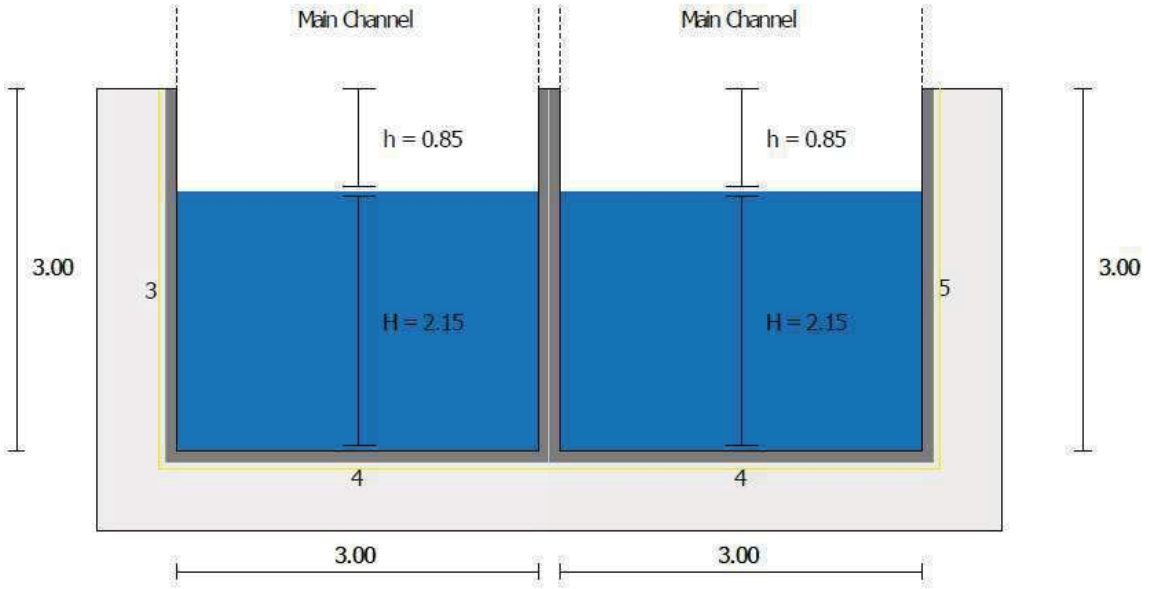


Figura 36. Esquema hidráulico considerando-se a capacidade máxima na Travessia 4 existente.

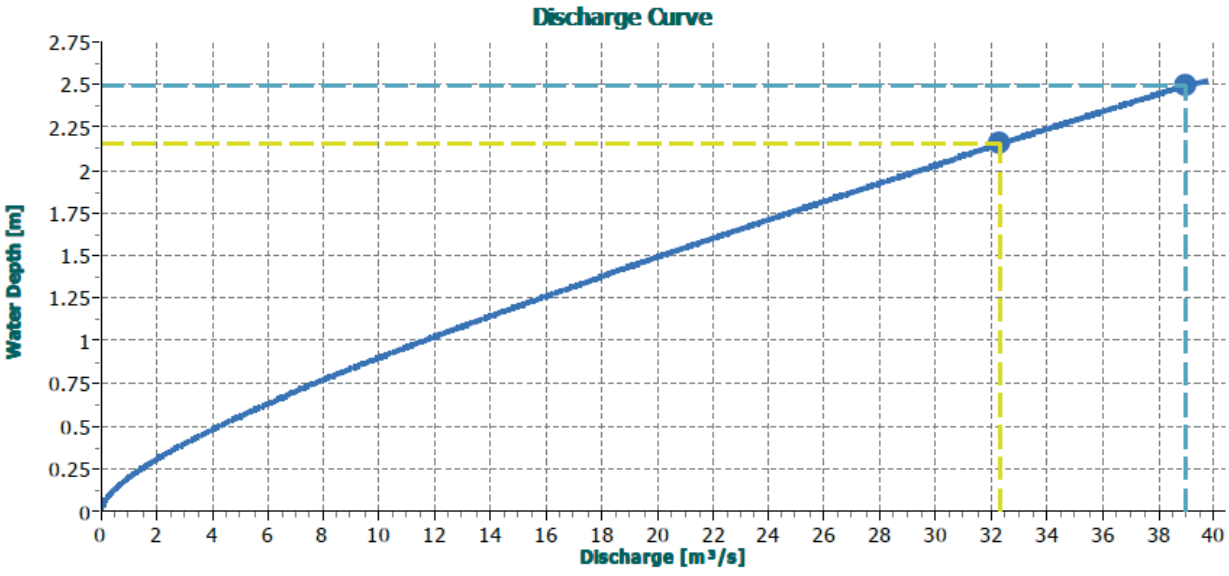
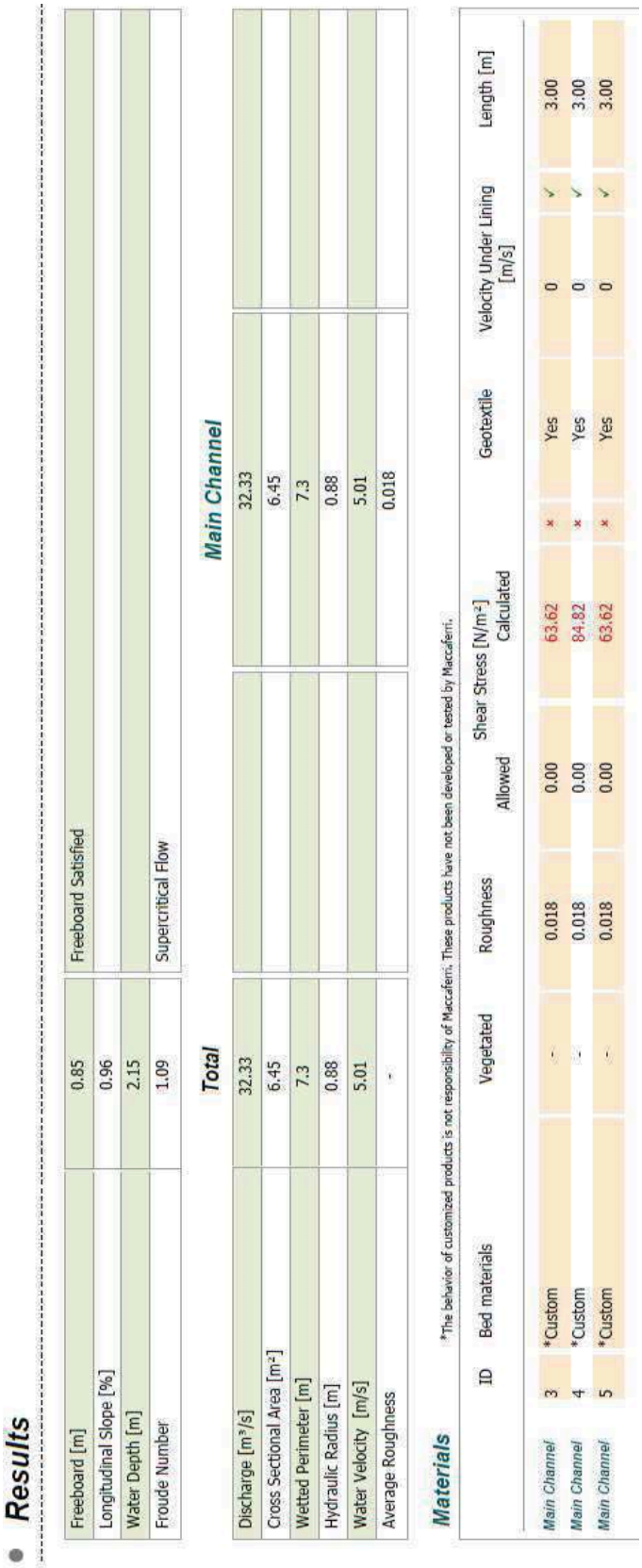


Figura 37. Curva Cota x Vazão para a seção transversal da travessia existente (para cada linha de aduelas).

Os resultados principais das análises da capacidade da travessia são apresentados a seguir.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Results

Freeboard [m]	0.85	Freeboard Satisfied
Longitudinal Slope [%]	0.96	
Water Depth [m]	2.15	
Froude Number	1.09	Supercritical Flow

	Total	Main Channel
Discharge [m³/s]	32.33	32.33
Cross Sectional Area [m²]	6.45	6.45
Wetted Perimeter [m]	7.3	7.3
Hydraulic Radius [m]	0.88	0.88
Water Velocity [m/s]	5.01	5.01
Average Roughness	-	0.018

Materials

*The behavior of customized products is not responsibility of Maccaferri. These products have not been developed or tested by Maccaferri.

	ID	Bed materials	Vegetated	Roughness	Shear Stress [N/m²] Allowed	Shear Stress [N/m²] Calculated		Geotextile	Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
Main Channel	3	*Custom	-	0.018	0.00	63.62	×	Yes	0	✓	3.00
Main Channel	4	*Custom	-	0.018	0.00	84.82	×	Yes	0	✓	3.00
Main Channel	5	*Custom	-	0.018	0.00	63.62	×	Yes	0	✓	3.00

Figura 38. Resultados dos cálculos hidráulicos para Travessia 4 existente.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

De acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer que a travessia existente é suficiente para o escoamento das vazões drenadas pela Bacia do Córrego da Ponte Alta.

Apenas a velocidade máxima calculada na travessia, durante pico do escoamento de uma chuva com TR de 100 anos na bacia ultrapassa pouco as normativas do SP Águas, sendo igual a 5,01 m/s. No entanto, apesar dos problemas estruturais observados na saída dessa travessia, não se verifica do ponto de vista hidráulico a necessidade de sua ampliação ou substituição.

Sob o ponto de vista estrutural e de patologias, foi possível verificar que a ausência de um dissipador de energia robusto na saída da escada hidráulica tem ocasionado turbulências elevadas na água junto ao pé do último degrau da travessia. Isso tem ocasionado a erosão do solo do fundo do córrego, no sentido de jusante para montante, tendo escavado as estruturas sob a Ala de Saída e sob a Escada Hidráulica dessa travessia (verificar imagens das figuras 14 a 16).

Há necessidade urgente de se realizar a recuperação do terreno entre as estruturas da Ala de Saída e o solo sob ela, de forma a cessar o avanço dessas erosões.

Também há necessidade de se recuperar a saída da tubulação de drenagem de águas pluviais que deságua junto à Ala de Saída da Travessia TR-4, cujas estruturas estão totalmente danificadas, aumentando os riscos de colapso das estruturas da travessia, e gerando grandes erosões do lado direito da Ala de Saída.

Sob o muro da Ala de Saída do lado esquerdo da travessia, também é observada erosão sob as estruturas, a qual também deverá ser recuperada.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

5.2 TRAVESSIA 5

A Travessia 5 existente sobre o Afluente do Córrego da Ponte Alta deve permitir o escoamento da vazão de pico calculada igual a 27,081 m³/s para o Período de Retorno de 100 anos.

De acordo com o levantamento planialtimétrico elaborado, não foi possível verificar a declividade das duas linhas de tubos de Concreto DN 800 mm existente sob a Rua Amábile Mariani Furlan, tendo em vista que a entrada desses tubos está completamente assoreada.

Adotou-se a declividade que produziria a capacidade máxima de vazão, respeitando-se as normativas do SP Águas para comprovar a incapacidade das tubulações existentes, tendo em vista a inspeção visual, na qual foi possível observar que a travessia está bastante destruída e precária.

Para a verificação das capacidades dos tubos funcionando tanto como bueiro com descarga livre (Manning) quanto como tubo afogado, utilizando-se a crista do talude da Rua Amábile Mariani Furlan como altura máxima de alagamento, elaboraram-se os cálculos da Figura 39 a seguir.

De acordo com os cálculos, a capacidade máxima do bueiro duplo existente sob a Rua Amábile Mariani Furlan seria igual a 4,868 m^3/s, já considerando-se a declividade máxima aceitável para a velocidade de escoamento permitida pelo SP Águas. Considerando-se que a vazão de pico de chuvas escoada para o local, calculada para o Período de Retorno de 100 anos é de 27,081 m^3/s, é possível verificar que esse bueiro duplo é muito insuficiente para o escoamento adequado das vazões, e, portanto, deve ser ampliado.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

	LÂMINA D'ÁGUA NA ENTRADA DO BUEIRO (Cota)	BUEIRO 02 x TUBO DE CONCRETO D = 0,80 m					AFL PTE ALTA
		$Q_{max\ chuva}$= 27,081 m³/s			nº linhas = 2,00 D (m) = 0,80 A (m²) = 0,5027 L (m) = 21,50 i (m/m) = 0,0350		
		y	H	y/D	(SEÇÃO LIVRE) $Q = A/n \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$ (cada tubo)	(TUBO MUITO CURTO) $Q = cd \times A \times (2 \times g \times H)^{1/2}$ H=carga sobre o	V
	(m)	(m)	(m)		(m³/s)	(m³/s)	(m/s)
*	688,10	-	-	-	-	-	-
	688,26	0,16	-	0,20	0,2012	-	2,81
	688,42	0,32	-	0,40	0,7739	-	4,12
	688,58	0,48	-	0,60	1,5433	-	4,90
	688,74	0,64	-	0,80	2,2450	-	5,21
	688,90	0,80	-	1,00	2,2966	-	4,57
	689,24	1,14	0,74	-	-	1,149	2,29
	689,58	1,48	1,08	-	-	1,388	2,76
	689,92	1,82	1,42	-	-	1,592	3,17
	690,26	2,16	1,76	-	-	1,772	3,53
	690,60	2,50	2,10	-	-	1,936	3,85
	690,94	2,84	2,44	-	-	2,087	4,15
	691,28	3,18	2,78	-	-	2,227	4,43
	691,62	3,52	3,12	-	-	2,360	4,69
**	691,82	3,72	3,32	-	-	2,434	4,84
	692,16	4,06	3,66	-	-	2,556	5,08
	VAZÃO MÁXIMA POR TUBO				2,297	2,434	
	VAZÃO MÁXIMA DO BUEIRO				4,868		m3/s

(*) = Cota na soleira da Descarga de Fundo
(**) = Cota da Crista do Talude / Viário

Bueiro		
Cota de Entrada =	688,10	m
Cota de Saída =	687,35	m
L =	21,5	m
D =	800	mm
Material:	Concreto	

N de Manning
0,014
Cd (tubos muito curtos)
0,60

ΔH tubo = 0,16
ΔH = 0,34

Figura 39. Verificação das capacidades dos tubos da Travessia 5 existente funcionando tanto como bueiro com descarga livre quanto como tubo afogado.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

6 PROJETOS HIDRÁULICOS DAS TRAVESSIAS

6.1 TRAVESSIA 4

A Travessia 4, sobre o Córrego da Ponte Alta deverá escoar a vazão de pico calculada igual a 65,455 m³/s para o Período de Retorno de 100 anos.

De acordo com o levantamento planialtimétrico elaborado, a declividade longitudinal do canal natural do Córrego da Ponte Alta nesse trecho pode ser calculada por:

Cota do fundo montante: 676,200 m

Cota do fundo jusante: 672,390 m

Distância: 94,39 m

Declividade Longitudinal do Canal Natural = (676,200 - 672,390) / 94,39 = 0,0403 m/m (4,03%)

A Declividade da estrutura de travessia em Aduelas existente é de 0,96%, portanto, foram executados degraus na saída dessa travessia buscando-se ajustar as condições de escoamento natural às alteradas com a implantação da travessia com 2 linhas de aduelas de concreto 3,0x3,0 m.

As estruturas desses degraus e da ala de saída da travessia estão íntegras, porém, sob os degraus são observadas erosões perigosas que tem deixado as estruturas da Ala de Saída sob risco de colapso. Desse modo, para a Travessia 4, o projeto de recuperação e melhorias prevê a execução de recuperação das fundações dessa Ala de Saída, especialmente sob os degraus da escada ao final da Ala, além da recuperação das erosões no leito do córrego, sob a Ala, sob o muro de saída da tubulação de drenagem de águas pluviais do lado esquerdo da Ala, e das erosões e da tubulação de drenagem de águas pluviais do lado direito da travessia.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Para se executar essa recuperação foram previstos/projetados os seguintes serviços:

- Recuperação dos Buracos sob as estruturas da Ala de Saída com preenchimento com Brita n.03 e consolidação com injeção de nata de cimento;
- Recuperação dos Buracos sob as estruturas do Muro de Saída da tubulação de águas pluviais DN1200 do lado esquerdo com preenchimento com Brita n.03 e consolidação com injeção de nata de cimento;
- Recuperação das erosões no entorno da tubulação de águas pluviais DN1200 do lado direito com aterro compactado;
- Construção de PV TP II B2 para recuperação da tubulação de águas pluviais DN1200 do lado direito, com dissipadores intermediários para reduzir a energia da água durante a queda;
- Extensão da tubulação de águas pluviais DN1200 do lado direito para próximo da Ala de Saída da Travessia TR-4;
- Construção de Muro Ala de Saída junto à tubulação de águas pluviais DN1200 do lado direito junto à Ala de Saída da Travessia;
- Construção de Enrocamento com Pedras Argamassadas utilizando-se pedras com D>0,60 m em toda a região de saída da Ala da Travessia TR-4, buscando-se evitar o surgimento de novas erosões junto à saída.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

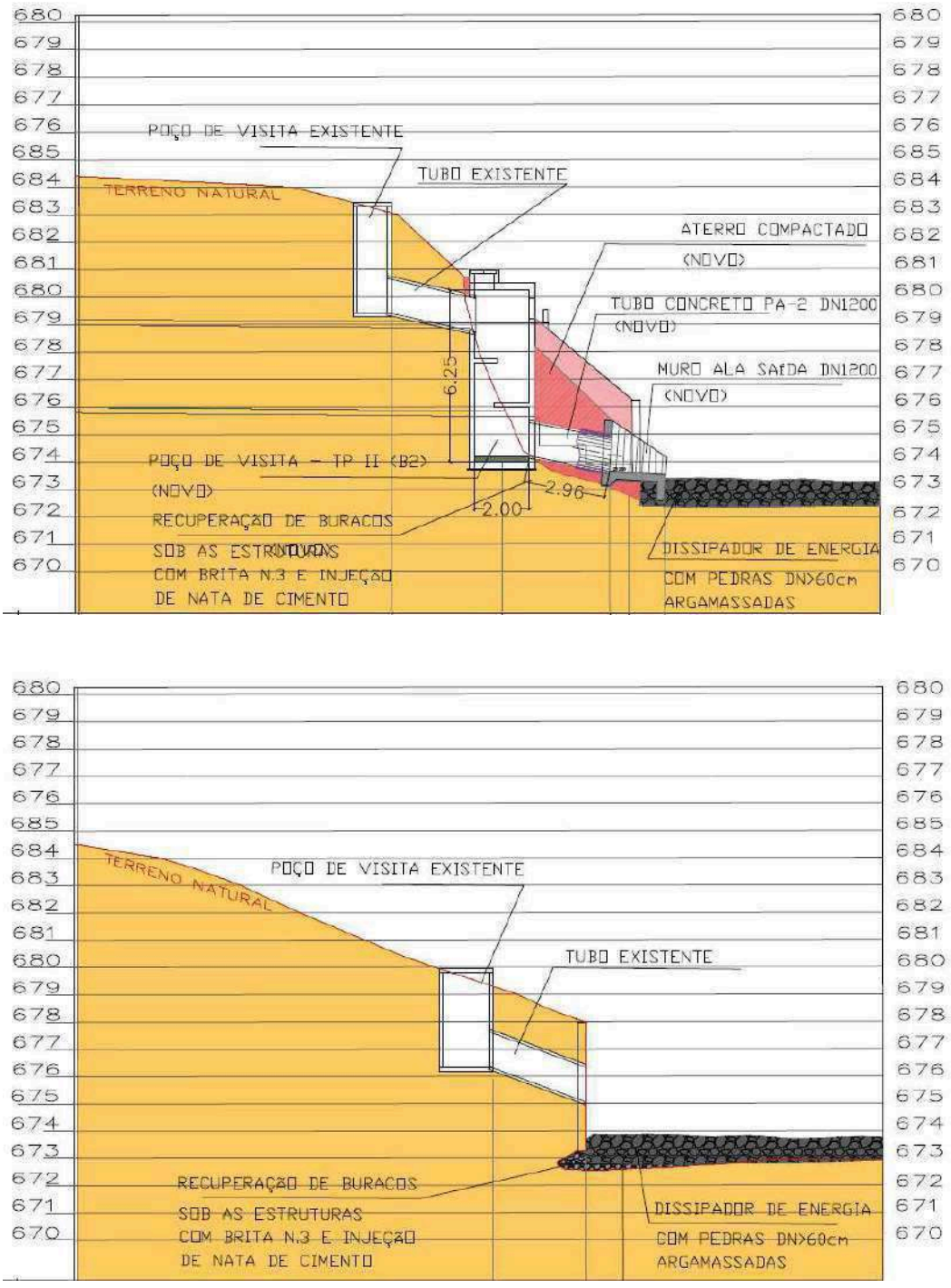


Figura 40. Esquemas da recuperação das tubulações DN1200 nas laterais da Travessia 4.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

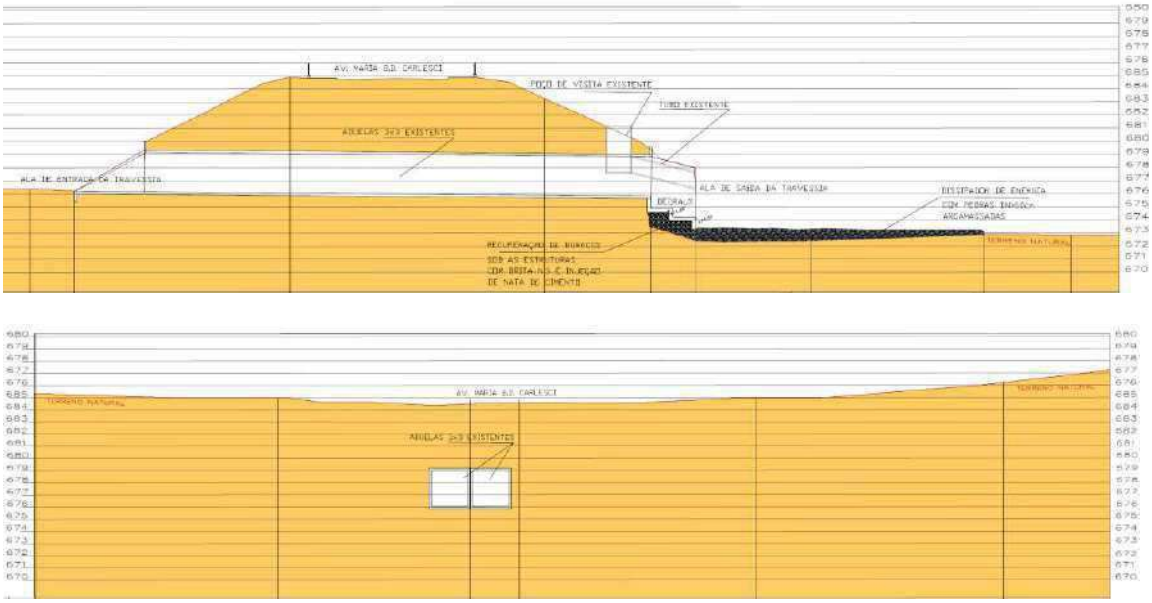


Figura 41. Esquemas da recuperação da Travessia 4.

6.1.1 **Injeção de Solo/Cimento**

Nos locais identificados como buracos ocos entre o terreno e as estruturas da Ala de Saída deve ser realizada a limpeza e preenchimento do maior volume possível desses buracos com Brita n.03.

O preenchimento deve ser realizado de forma manual com auxílio de ferramentas, buscando-se preencher todos os vazios.

Depois de preenchidos os buracos com a brita, deve-se iniciar a injeção de Nata de Cimento sob pressão, através do uso de equipamentos apropriados, com a colocação de bicos de injeção de argamassa que deverá ter seu traço dosado conforme necessário, sendo misturada em equipamentos elétricos ou mecânicos. O material de preenchimento deverá possuir as seguintes características: fluidez, ligeiramente expansível e de razoável resistência à compressão.

A bomba deverá injetar o material a uma pressão em torno de 2,0 kgf/cm2.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

6.2 TRAVESSIA 5

A Travessia 5, sobre o Afluente do Córrego da Ponte Alta deverá escoar a vazão de pico calculada igual a 27,081 m³/s para o Período de Retorno de 100 anos.

De acordo com o levantamento planialtimétrico elaborado, a declividade longitudinal do canal natural do Afluente do Córrego da Ponte Alta pode ser calculada por:

Cota do fundo montante: 673,920 m

Cota do fundo jusante: 670,640 m

Distância: 110,73 m

Declividade Longitudinal do Canal Natural = (673,920 - 670,640) / 110,73 = 0,0296 m/m (2,96%)

Para substituir a travessia existente, completamente inadequada e danificada, propõe-se a execução de nova travessia com

Declividade da estrutura de travessia em Aduelas (adotada) = 0,80%

Para reduzir a energia da água escoada junto à Ala de Saída da Travessia está previsto um dissipador de energia por enrocamento, em toda a área da saída dessa travessia.

Para o dimensionamento da seção transversal da Travessia 5 com base na declividade longitudinal do curso d'água e para a vazão de pico a ser escoada, foi utilizado o software Macra Studio que realiza os cálculos hidráulicos para determinação da lâmina d'água na seção transversal do canal de travessia através do método "cross section".

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

Para esta travessia, tendo em vista as vazões de pico a serem escoadas, utilizaram-se aduelas de concreto armado pré-fabricadas, que agilizam a execução e tornam a obra mais econômica.

O coeficiente de Manning utilizado para as aduelas de concreto é igual a 0,018.

Apresentam-se a seguir os resultados dos cálculos para a determinação da seção transversal da travessia, respeitando-se as diretrizes do DAEE-SP, com velocidade máxima de escoamento igual a 4,52 m/s e borda livre igual a 0,50m.

● ***Input***

Discharge [m³/s]	27.08
Longitudinal Slope [%]	0.8
Freeboard [m]	0.40
Bending Radius [m]	-
Bending Side	-

Figura 42. Dados de entrada para o dimensionamento da Travessia 5.

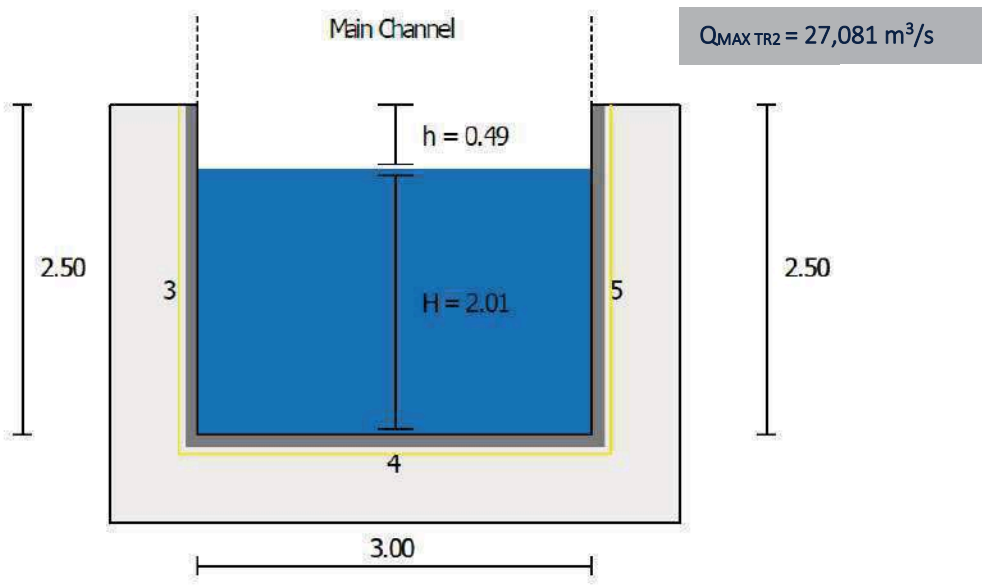


Figura 43. Esquema hidráulico considerando-se a capacidade máxima na Travessia 5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

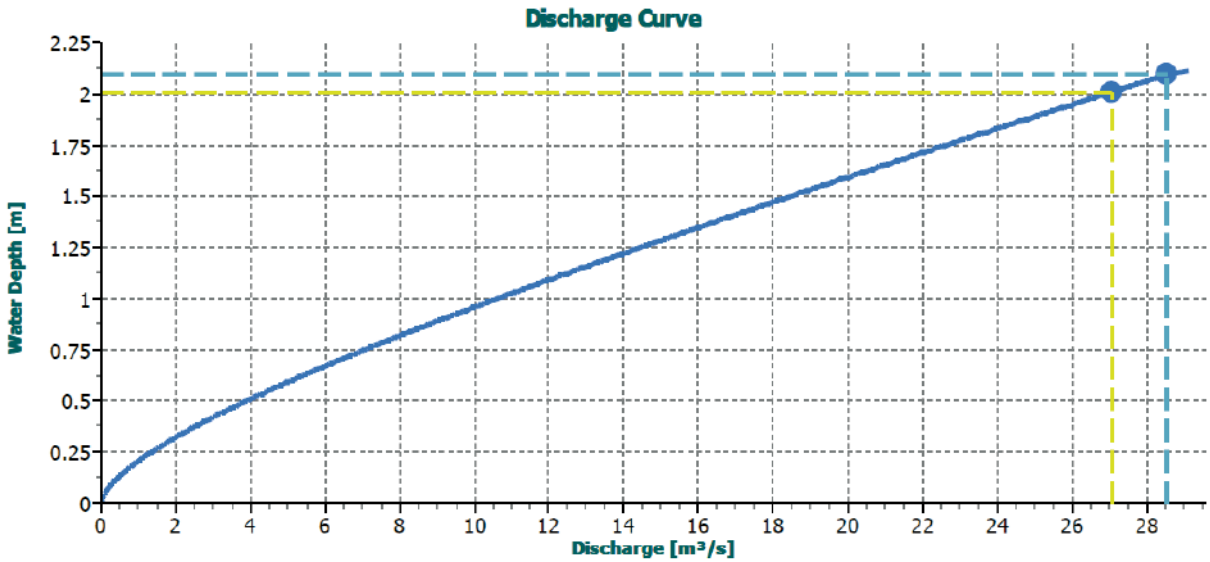
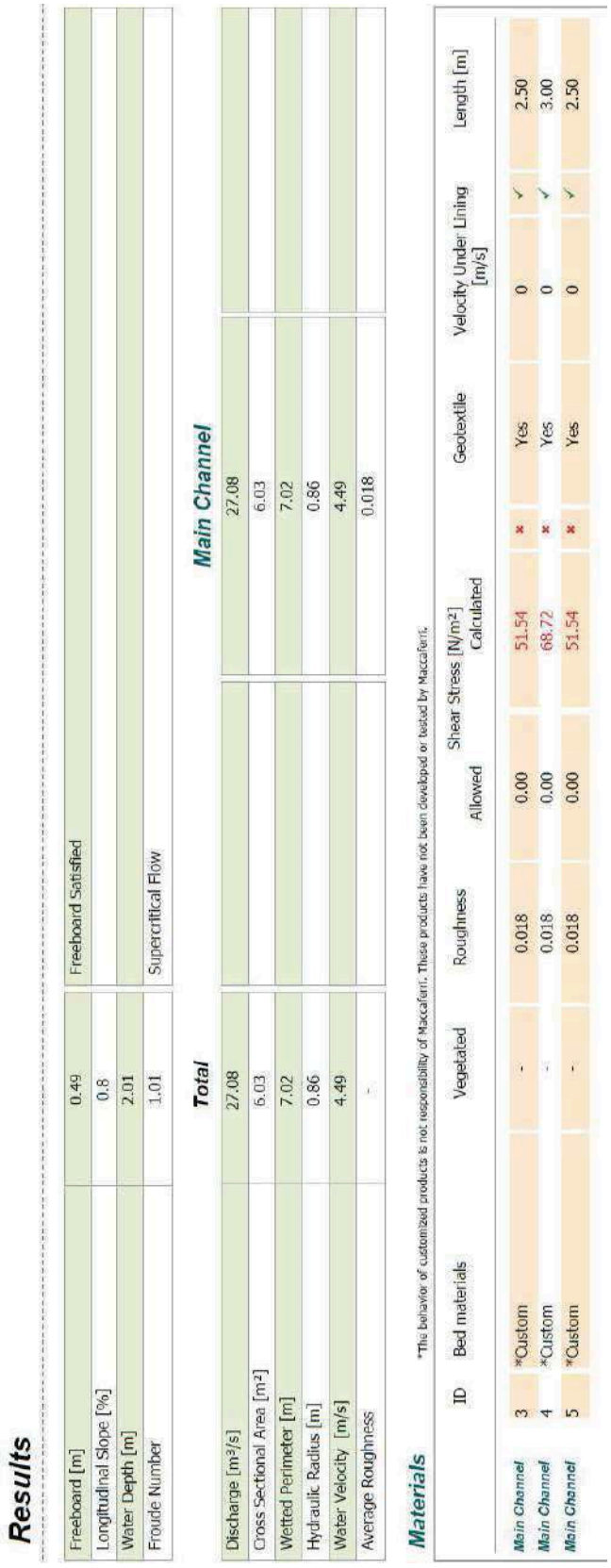


Figura 44. Curva Cota x Vazão para a seção transversal da travessia projetada.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA



Results

Freeboard [m]	0.49	Freeboard Satisfied
Longitudinal Slope [%]	0.8	
Water Depth [m]	2.01	
Froude Number	1.01	Supercritical Flow

	Total	Main Channel
Discharge [m³/s]	27.08	27.08
Cross Sectional Area [m²]	6.03	6.03
Wetted Perimeter [m]	7.02	7.02
Hydraulic Radius [m]	0.86	0.86
Water Velocity [m/s]	4.49	4.49
Average Roughness	-	0.018

Materials

*The behavior of customized products is not responsibility of Maccaferri. These products have not been developed or tested by Maccaferri.

	ID	Bed materials	Vegetated	Roughness	Shear Stress [N/m²] Allowed	Shear Stress [N/m²] Calculated		Geotextile	Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
Main Channel	3	*Custom	-	0.018	0.00	51.54	×	Yes	0	✓	2.50
Main Channel	4	*Custom	-	0.018	0.00	68.72	×	Yes	0	✓	3.00
Main Channel	5	*Custom	-	0.018	0.00	51.54	×	Yes	0	✓	2.50

Figura 45. Resultados dos cálculos hidráulicos para Travessia 5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

De acordo com os cálculos, para atendimento às normativas do DAEE, deve-se implantar uma travessia composta por aduelas de concreto de seção transversal retangular com 3,00 m de base x 2,50 m de altura, conforme apresentado na figura a seguir.



Figura 46. Esquema da nova Travessia 5.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

7 CONCLUSÕES

7.1 PARA A TRAVESSIA TR-4

Conforme as informações levantadas em campo e os estudos hidrológicos e hidráulicos efetuados, foi possível se verificar que a travessia TR-4, constituída por 02 linhas de aduelas de concreto de 3,0 x 3,0 m encontra-se hidraulicamente adequada ao escoamento das vazões calculadas para o TR de 100 anos. No entanto, junto à saída dessa travessia, devido à ausência de dissipadores de energia adequados e proteção dos taludes e saídas das tubulações de drenagem de DN1200 nas laterais direita e esquerda, o fluxo da água em momentos de grandes vazões acabou por acarretar erosões significativas sob as estruturas, danificando as tubulações de saída do lado direito e colocando em risco as tubulações de saída do lado esquerdo e a própria estrutura da ala de saída da travessia de linhas duplas de aduelas.

Desse modo, não se fez necessária a ampliação dessa travessia, e sim a recuperação das tubulações laterais e das erosões sob a estrutura e no fundo do córrego.

A inclusão de um grande dissipador de energia em enrocamento com pedras argamassadas de grandes diâmetros (acima de 60 cm) fará a dissipação da energia na saída dessa travessia e das tubulações laterais, protegendo as estruturas da travessia e também os taludes do canal de jusante do Córrego da Ponte Alta.

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA

7.2 PARA A TRAVESSIA TR-5

Para a travessia TR-5, foi possível verificar que a tubulação existente, Bueiro Duplo de Concreto DN800, completamente danificada, assim como as estruturas da ala de saída desse bueiro, são completamente inadequadas para o escoamento das vazões drenadas pela bacia.

Desse modo, foi projetada travessia completamente nova, com enrocamento de entrada, Alas de Concreto Pré-moldadas, Aduelas de Concreto Pré-moldadas com 3,0 m de base e 2,50 m de altura, e enrocamento de saída, de forma a permitir a perfeita passagem das vazões calculadas para TR de 100 anos para a Travessia TR-5.

Valinhos, 30 de setembro de 2025.

GUSTAVO DA SILVA BASILIO:37804879857 2025.10.16 13:40:49 -03'00'

Gustavo Basílio

Engenheiro Ambiental

ART Projeto: 2620251786748

Assinado por 2 pessoas: TEREZINHA APARECIDA VIVEIROS DE SOUZA e DELORGES MANO
Para verificar a validade das assinaturas, acesse https://americobrasiliense.1doc.com.br/verificacao/E8BC-6CCC-8342-E0BA e informe o código E8BC-6CCC-8342-E0BA