

CARTA DE ENTREGA DE PRODUTO

A

Prefeitura Municipal de Queluz

A/C: Sr. Jairo Felix dos Santos

Secretário de Obras

Referente:

Entrega da Elaboração de Estudos e Projeto Executivo de Macrodrenagem

Etapa 05 - Projeto Executivo

Produto 05 - Projeto Executivo

Objeto: CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE ENGENHARIA CONSULTIVA PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETO EXECUTIVO E LICENCIAMENTO AMBIENTAL VOLTADOS À ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO DE QUELUZ/SP.

Prezados Senhores,

A empresa **VALLENGE CONSULTORIA, PROJETOS E OBRAS LTDA.**, em atendimento ao Termo de Referência, apresenta os documentos correspondentes ao **PRODUTO 5 – PROJETO EXECUTIVO**, referentes à **ETAPA 5** - Desenvolvimento de projetos executivos de equipamento previsto para macrodrenagem urbana.

Atenciosamente,

Taubaté, 31 de julho de 2025.



José Augusto Pinelli
Procurador
CPF/MF nº 019.337.168-51
RG nº 12.583.758-6 SSP-SP
Vallenge Consultoria Projetos e Obras Ltda.
CNPJ: 06.334.788/0001-5

■ ÍNDICE

1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
2.	DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM.....	4
2.1	Diagnóstico das Estruturas de Macrodrrenagem	4
3.	DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	10
3.1	Estudos Hidrológicos.....	10
3.1.1	METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	10
A.	Método Racional	11
A.	Método I-Pai-Wu	16
3.2	Estudos Hidráulicos.....	19
3.2.1	METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	19
A.	Declividade Média	19
B.	Coeficiente de Rugosidade de Manning	20
C.	Borda Livre	21
D.	Área Molhada	21
E.	Perímetro Molhado.....	22
F.	Raio Hidráulico	22
G.	Vazão Admissível.....	23
H.	Resultados	23
3.3	Obras e Intervenções	26
3.4	Nota Técnica sobre Interferências com Redes de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.....	33
4.	PROJETO EXECUTIVO	34
4.1	Planta de localização e delimitação das bacias hidrográficas	34
4.2	Planilhas de Cálculos	34
4.3	Orçamento e Cronograma.....	34
4.4	Projetos executivos	34
5.	REFERÊNCIAS	36

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório é o quinto produto (Produto 5 – Projeto Executivo) do contrato estabelecido entre a Prefeitura Municipal de Queluz e a empresa Vallenge Consultoria, Projetos e Obras Ltda, que tem como objetivo a elaboração do projeto executivo e licenciamento ambiental de equipamentos previstos no Plano de Macrodrrenagem Urbana do município.

Posteriormente, apresentar-se-á, a análise da situação, um diagnóstico, como base sólida para a tomada de decisões e o planejamento das ações necessárias para a resolução dos problemas identificados. Os estudos hidrológicos e hidráulicos desempenharam um papel fundamental nesse diagnóstico. Foram realizadas avaliações dos pontos subdimensionados e dos canais de escoamento de águas pluviais nos talvegues em questão. O objetivo principal é determinar a vazão em cada um desses locais e avaliar a capacidade hidráulica das estruturas existentes, bem como das que serão implantadas.

A avaliação da vazão de água foi crucial para compreender o comportamento das águas pluviais na região, especialmente durante períodos de chuva intensa. Isso permitiu identificar áreas suscetíveis a inundações e determinar a capacidade de escoamento das estruturas existentes, como canais e pontos subdimensionados. Além disso, as capacidades hidráulicas das estruturas existentes foram avaliadas com o intuito de verificar se estavam em conformidade com as demandas atuais da região. Conforme foram encontrados os possíveis déficits, em relação às demandas, medidas corretivas de melhoria foram propostas como parte das recomendações. Este trabalho traz um diagnóstico dos problemas existentes, mas também serviu como base sólida para a elaboração de um plano de ação eficaz, envolvendo a mitigação dos impactos das águas pluviais nas bacias 8 (Rio Verde), 9 (Córrego São João), 14 (Córrego Grotão do São Geraldo), 15 (Córrego do Fogueteiro), 17 (Córrego da Fortaleza) e 19 (Córrego Sinhá).

Com base nos resultados dos estudos hidrológicos e hidráulicos, foram definidas ações prioritárias. Isso incluiu a proposta de melhorias nas estruturas de escoamento de águas pluviais, como a limpeza e manutenção dos Córregos ao longo das bacias, a fim de controlar os níveis de vazão nos pontos subdimensionados.

Neste produto serão apresentados os cálculos hidráulicos finais e a metodologia utilizada para definição dos pontos de intervenções necessários para regularização da vazão veiculada nestes elementos, bem como os projetos executivos necessários para realização das estruturas mitigadoras, elaboração do memorial descritivo dos itens, memorial e planilhas de cálculo, orçamento e cronograma de obra.

2. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Essa seção apresenta a consolidação do diagnóstico inicial dos serviços de drenagem localizados no território do município de Queluz, nas Bacias Rio Verde, Córrego São João, Córrego Grotão do São Geraldo, Córrego do Fogueteiro, Córrego da Fortaleza e Córrego Sinhá, caracterizando os pontos de drenagem levantados em visita de campo.

2.1 Diagnóstico das Estruturas de Macrodrenagem

A avaliação do sistema de macrodrenagem visa diagnosticar as principais causas das inundações e dar subsídio para as ações estruturais e não estruturais de controle de cheias de forma a reduzir progressivamente as deficiências do sistema de cursos d'água e canais.

Foram realizadas vistorias *in loco* nos meses de janeiro a julho do ano de 2025 abrangendo as infraestruturas e instalações operacionais de macrodrenagem na zona urbana do município de Queluz. Salienta-se que o levantamento de campo foi realizado por engenheiros da empresa Vallenge Engenharia junto da empresa parceira de Topografia (Vale Topografia), em conjunto com a Prefeitura Municipal, representada pelos servidores da Secretaria de Obras e Secretaria de Meio Ambiente.

Ao total foram visitados os 10 pontos classificados como subdimensionados, com suas respectivas coordenadas por meio de um GPS (Global Positioning System). As características dos pontos levantados em campo foram registradas por meio de anotações, fotografias e topografia cadastral.

Os pontos levantados serão apresentados nos mapas e nos quadros a seguir.

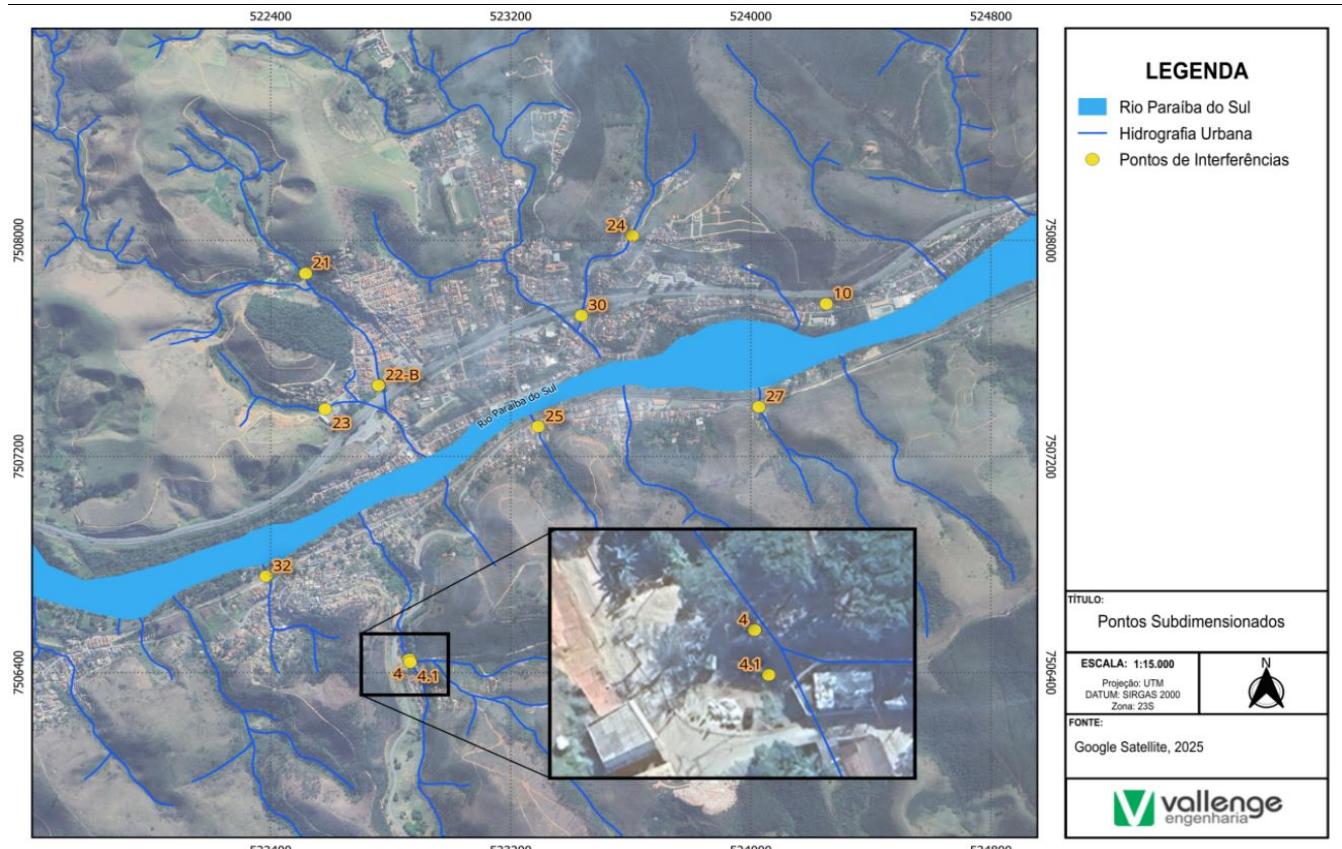


FIGURA 1 – PONTOS SUBDIMENSIONADOS

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025.

Para os pontos subdimensionados anteriormente identificados, foram determinadas as sub-bacias que serão apresentadas na imagem a seguir.

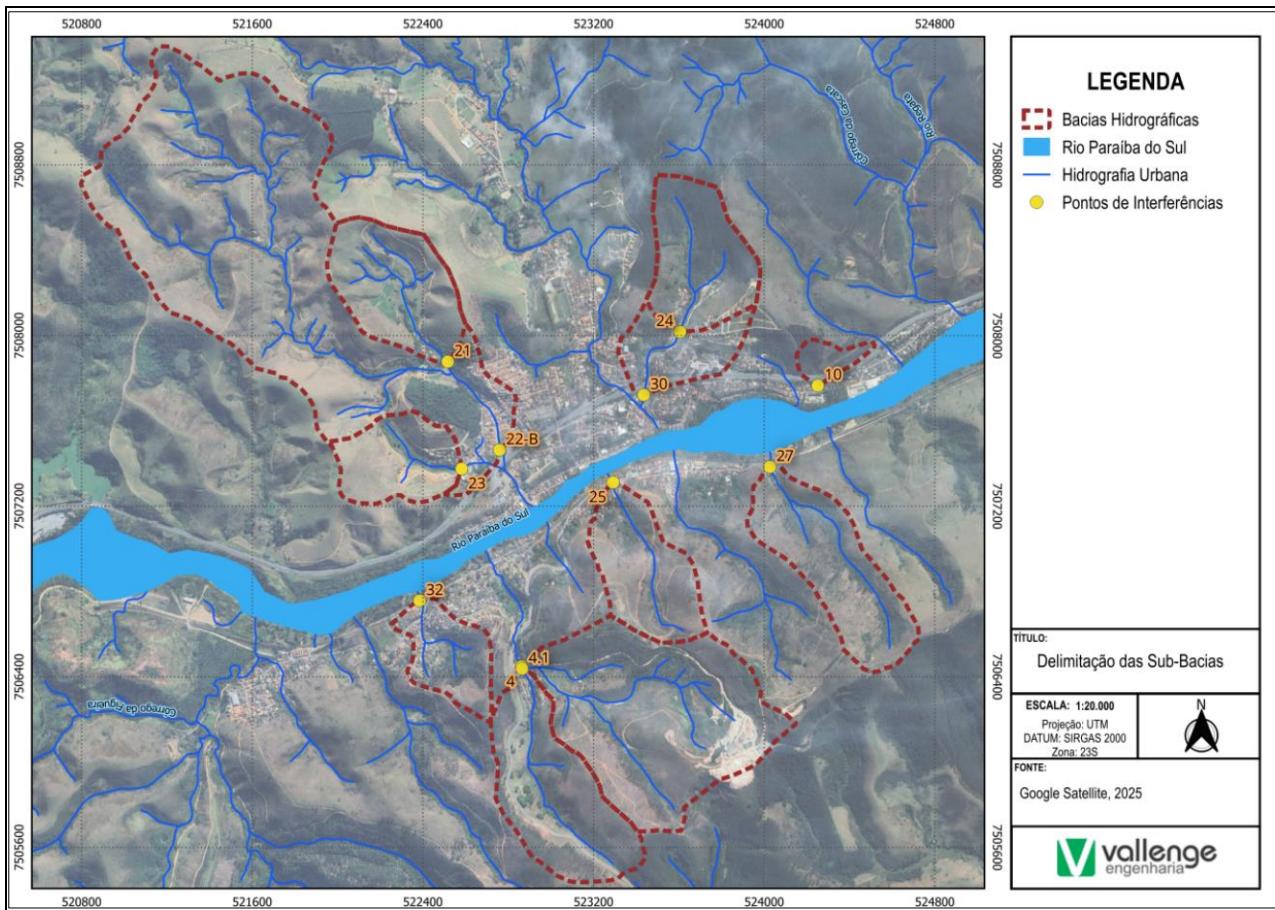


FIGURA 2 – DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS

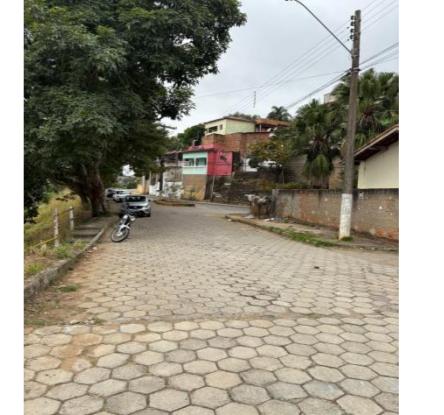
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025.

Na sequência, os quadros abaixo apresentam os pontos de estudo acompanhados de suas respectivas descrições, conforme os levantamentos de campo realizados. No Quadro 01 - “Informações coletadas no Levantamento de Campo - Etapa de Diagnóstico”, será demonstrado a capacidade hidráulica existente em cada ponto de interferência.

Ponto	Localização Detalhada	Coordenadas	Bacia	Tipo de Estrutura	Dimensão (m)	Condição / Observações	Recomendações / Ações Necessárias	Registro de Inundação	Registro Fotográfico	
P04	Próximo à Avenida Deputado Nesrala Rubens	22°32'54.2" S 44°46'39.8" W	Bacia do Córrego do Fogueteiro	Travessia de Tubos (Múltipla Passagem Tubular - MPT)	3 tubos de Ø1,00m	- Pavimento com bloquete; - Canal assoreado; - Existe uma Estação de Elevatória de Esgoto próxima ao Córrego.	- Necessário desassoreamento; - Necessita troca do dispositivo de drenagem;	Não	 FOTO 1 – VISTA 01 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025	 FOTO 2 – VISTA 02 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025
P04.1	Próximo à Avenida Deputado Nesrala Rubens	22°32'54.2" S 44°46'39.8" W	Bacia do Córrego do Fogueteiro	Travessia de Tubo Simples	1 tubo de Ø1,00m	- Travessia pavimentada com bloquete; - Canal assoreado; - Existe uma EEE próxima ao Córrego.	- Necessário desassoreamento; - Necessita troca do dispositivo de drenagem;	Não	 FOTO 3 – VISTA 01 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025	 FOTO 4 – VISTA 02 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025
P21	Propriedade Particular	22°32'08.0" S 44°46'51.7" W	Bacia do Córrego São João	Passagem de Concreto	-	- Travessia sem pavimentação; - Em propriedade particular; - Passagem de concreto em mal estado de conservação;	- Necessário desassoreamento; - Necessita troca do dispositivo de drenagem; - Necessita de desassoreamento no canal a montante e a jusante.	Não	 FOTO 5 – VISTA 01 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025	 FOTO 6 – VISTA 02 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025

Ponto	Localização Detalhada	Coordenadas	Bacia	Tipo de Estrutura	Dimensão (m)	Condição / Observações	Recomendações / Ações Necessárias	Registro de Inundação	Registro Fotográfico	
P22-B	Rua José Pedro da Costa	22°32'21.5" S 44°46'42.8" W	Bacia do Córrego São João	Travessia de Tubo Simples	1 tudo de Ø1,50m	<ul style="list-style-type: none"> - Travessia a jusante utilizada como passagem de pedestres sob a Dutra; - Não aparenta bom estado de conservação; - Possui bastante água parada no local; - Rede reformada recentemente, - Deságue feito em córrego a jusante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita limpeza e manutenção; - Necessário construção de caixa de transição; - Adequação da rede existente. 	Não	 FOTO 7 –VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 8 –VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>
P23	Rua Manoel da Silva Marques	22°32'24.1" S 44°46'49.6" W	Bacia do Córrego São João	Travessia de Tubo Simples	1 tudo de Ø0,60m	<ul style="list-style-type: none"> - Início da tubulação existente não possui pavimentação; - Difícil visualização do Córrego. - Córrego espraiado e com bastante vegetação, conhecida como <i>Thypha sp.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessário desassoreamento e limpeza a montante; - Necessita troca de dispositivo de drenagem; 	Não	 FOTO 9 –VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 10 –VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>
P24	Rua Eduardo Lins Prado	22°32'03.4" S 44°46'13.6" W	Bacia do Rio Verde	Travessia de Tubo Simples	Entrada com 1 tudo de Ø0,50m E Saída com 1 tudo de Ø1,00m	<ul style="list-style-type: none"> - Travessia pavimentada com bloquete; - Tubos em mal estado de conservação; - Assoreado a montante, dificultando visualização do Córrego; - Rede de drenagem se estende sob as residências locais até o Córrego mais próximo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita troca de dispositivo de drenagem e realocação da rede pelo sistema viário; - Necessário desassoreamento a montagem e a jusante; 	Não	 FOTO 11 –VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 12 –VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>

Ponto	Localização Detalhada	Coordenadas	Bacia	Tipo de Estrutura	Dimensão (m)	Condição / Observações	Recomendações / Ações Necessárias	Registro de Inundação	Registro Fotográfico	
P25	Rua Doutor Oscar de Almeida	22°32'26.3" S 44°46'24.6" W	Bacia do Córrego da Fortaleza	Travessia de Tubos (MPT)	Saída em 3 tubos de Ø1,00m	<ul style="list-style-type: none"> - Ponto sub-dimensionado encontra-se dentro de uma área particular; - Possui uma laje sobre o Córrego na área particular; - Atravessa sob a linha férrea; - Existe uma EEE e um equipamento pluviométrico ao lado da rede. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita troca do dispositivo de drenagem e; - Limpeza no terreno onde passa a rede; - Lançamento final da rede deverá continuar passando sob a linha férrea e desaguando no Paraíba do Sul. 	Não	 FOTO 13 –VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 14 –VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>
P27	Rua Tenente Manoel França	22°32'23.9" S 44°45'58.8" W	Bacia do Córrego Sinhá	Canal	Não identificado	<ul style="list-style-type: none"> - Ponto sub-dimensionado, encontra-se passando sob terrenos particulares; - Existe uma cachoeira a montante; - Trecho com interferência em linha férrea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita realocação da rede pelo sistema viário; - Troca de canal por dispositivos de drenagem; - Final da rede deverá continuar passando sob linha férrea para desaguar no Rio Paraíba do Sul. 	Não	 FOTO 15 – VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 16 –VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>

Ponto	Localização Detalhada	Coordenadas	Bacia	Tipo de Estrutura	Dimensão (m)	Condição / Observações	Recomendações / Ações Necessárias	Registro de Inundação	Registro Fotográfico	
P30	Avenida Virgílio Camargo da Silva	22°32'13.0" S 44°46'19.1" W	Rio Verde	Tubo Simples	2 Tubos de Ø1,00m que se conectam em 1 de Ø0,80m (final)	<ul style="list-style-type: none"> - Travessia pavimentada (Via Marginal da Rod. Pres. Dutra); - Possui um Córrego canalizado próximo ao ponto subdimensionado; - Acesso principal da cidade pela Rod. Pres. Dutra; - Interferências com redes de esgoto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita adequação do sistema de drenagem existente; 	Sim	 FOTO 17 – VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 18 – VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>
P32	Rua João Batista Ribeiro	22°32'44.4" S 44°46'56.3" W	Bacia do Córrego Grotão São Geraldo	Travessia de Tubo Simples	1 tubo de Ø1,00m	<ul style="list-style-type: none"> - Tubulação sob linha férrea; - Estrutura da caixa de passagem em mal estado de conservação; - Necessita limpeza a montante e a jusante; - Assoreado a jusante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita adequação do sistema de drenagem existente; - Desassoreamento a jusante; - Final da rede deverá continuar passando sob a linha férrea com lançamento final no Rio Paraíba do Sul. 	Não	 FOTO 19 – VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 20 – VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>
P10	Rua Corifeu de Azevedo Marques	22°32'11.5" S 44°45'50.9" W	Bacia não identificada	Tubo de Concreto (MPT)	Saída de 1 tubo de Ø1,00m da Dutra Chegada em uma caixa, com 1 tubo de Ø0,40m e 1 tubo de Ø0,80m	<ul style="list-style-type: none"> - Passagem localizada dentro de uma propriedade particular - Passagem de água exposta a céu aberto; - Rede de microdenagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita realocação da rede e troca de dispositivos de drenagem; - Construção de caixa de transição da passagem da Dutra para a propriedade particular. 	Sim	 FOTO 21 – VISTA 01 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>	 FOTO 22 – VISTA 02 <small>FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2025</small>

QUADRO 1 – INFORMAÇÕES COLETADAS NO LEVANTAMENTO DE CAMPO - ETAPA DE DIAGNÓSTICO
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025

3. DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Com o objetivo de avaliar a capacidade hidráulica das estruturas identificadas no levantamento de campo, nessa seção serão realizados os estudos hidrológicos das bacias.

Os estudos hidrológicos visam fornecer subsídios para a determinação das vazões de dimensionamento das estruturas hidráulicas. Para isso são coletados elementos que permitem a caracterização fisiográfica das bacias contribuintes, como plantas topográficas, cartas geográficas e outras cartas ou mapas disponíveis.

Para a definição das feições fisiográficas das bacias envolvidas no presente trabalho, foram utilizadas as bases do IGC.

Foram calculadas as vazões para cada ponto exultório identificado nas bacias situadas no município de Queluz, conforme apresentado abaixo.

3.1 Estudos Hidrológicos

3.1.1 Metodologia de Cálculo

As metodologias para a realização dos estudos hidrológicos que tem o intuito de verificar a capacidade de escoamento hidráulico, foram definidas de acordo com o estabelecido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2005).

Conforme a Figura abaixo, pode-se observar a seleção do método sintético em função da área da bacia hidrográfica convergente para os pontos de interesse. Verifica-se que os métodos sintéticos escolhidos foram:

- Método racional: utilizado para estimativa de vazões de enchente em bacias que não apresentem complexidade e tenham até 2,00km² da área de drenagem;
- Método I-pai-wu: utilizado para cálculo de bacias entre 2,00km² a 200,00 km² da área de drenagem.

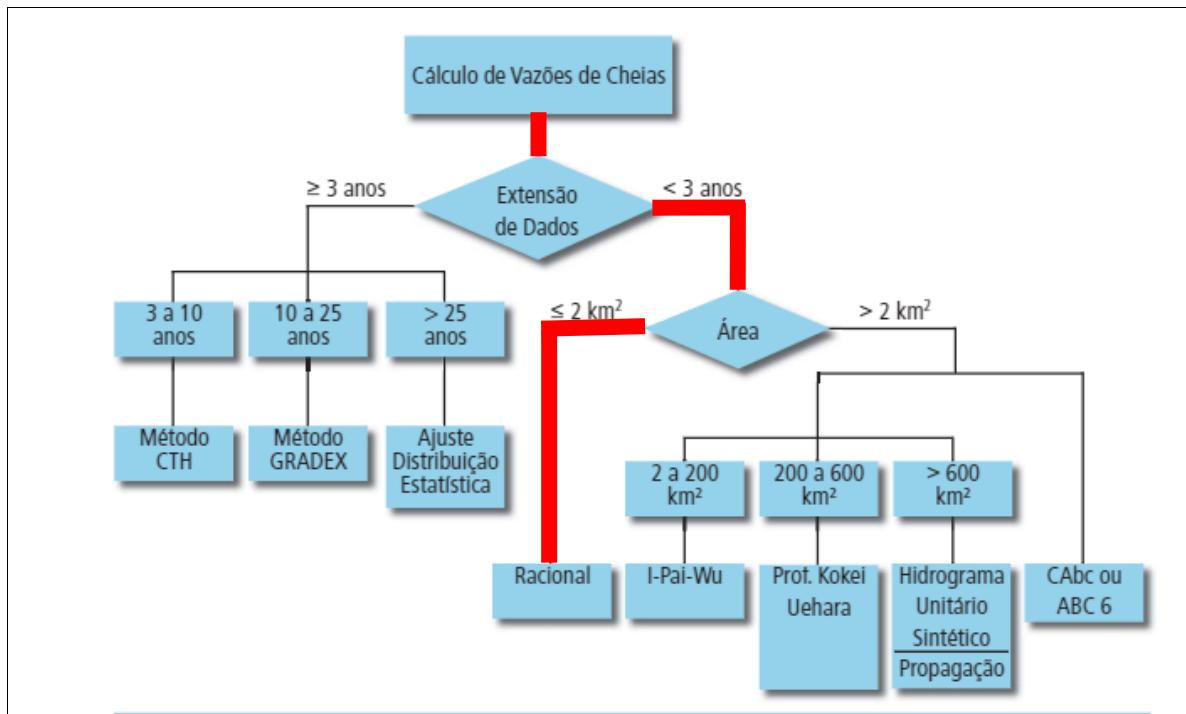


FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DE CÁLCULO DE VAZÕES DE CHEIAS

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (ADAPTADO DE DAEE, 2005), 2025

A. Método Racional

O método racional é utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas, com até 2,00 km². Esta metodologia tem como princípios básicos:

- A duração da precipitação máxima de projeto deve ser igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- Um coeficiente único de perdas é adotado e estimado com base nas características da bacia. Assim, todas as perdas estão incorporadas no coeficiente de escoamento superficial.
- Não se avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.
- A chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia.

O modelo da equação é dado por:

$$Q = (0,1667 * C * I * AD)$$

Com:

Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade de chuva (mm/min);

AD = área de drenagem da bacia (ha);

■ Declividade Equivalente

A fórmula de declividade equivalente é a mesma para ambos os métodos e será adotada para os cálculos das bacias que possuem alguma interferência na zona urbana no município de Queluz, conforme apresentado a seguir.

$$I_{eq} = \left(\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{j_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{j_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{j_n}}} \right)^2$$

Com:

I_{eq} = declividade equivalente (m/km);

$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$ = comprimento do talvegue (km);

j_n = declividade do trecho (m/km).

■ Tempo de concentração

A fórmula de tempo de concentração é a mesma para ambos os métodos e encontra-se apresentada abaixo.

$$tc = 57 * \left(\frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385}$$

Com:

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);

I_{eq} = declividade equivalente (m/km).

■ Período de retorno

Período de retorno (T) é o tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. “É um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hídricos, como reservatórios, canais, vertedores, bueiros, galerias de águas pluviais etc.” (Righeto, 1998).

Obra	Seção Geométrica	TR (anos)	
		Área Urbana	Área Rural
Canalização	Á céu aberto	Trapezoidal	50
		Retangular	100
	Contorno Fechado		100
Travessias: Pontes, Bueiros e estruturas afins	Qualquer	-	100 (Para rodovias de menor importância e obras de menor porte e riscos poderão ser utilizados TRs menores que 100 anos)

QUADRO 2 – RECOMENDAÇÕES PARA VALORES MÍNIMOS DE PERÍODOS DE RETORNO

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (ADAPTADO DE DAEE, 2008), 2025

■ Intensidade da chuva de projeto

Conforme publicação do DAEE sobre as precipitações intensas no estado de São Paulo, disposta no site www.sigrh.sp.gov.br, em sua última publicação de maio de 2018, adotou-se a equação de precipitação intensas para o município de Queluz/SP, à qual será apresentada pela equação a seguir.

$$I_{t,T} = (46,25 * ((t+20)^{-0,9148}) + ((12,04 * ((t+10)^{-0,8941})) * (-0,4923 - 0,9357 * \ln(\ln(T/(T-1)))))$$

Para $10 \leq t \leq 1.440$

Com:

$I_{t,T}$ = intensidade de chuva crítica (mm/h);

t = duração da chuva (min);

T = período de retorno (anos).

■ Coeficiente de Escoamento Superficial e Ocupação do Solo

O coeficiente de escoamento superficial (C), também conhecido como coeficiente *runoff*, é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.

Portanto, as áreas de ocupação das bacias hidrográficas adquirem papel fundamental na obtenção do coeficiente de escoamento superficial.

O Quadro 2 apresenta os valores recomendados para o coeficiente de escoamento superficial de acordo com o Guia Prático para Projetos de Pequena Obras Hidráulicas, do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAAE), ano base 2008.

Características físicas	Valores de C	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos, etc.	0,20	0,35

QUADRO 3 – VALORES DE C

FONTE: GUIA PRÁTICO PARA PROJETOS DE PEQUENA OBRAS HIDRÁULICAS, 2005.

Para definição do C de projeto, foi realizado um estudo de ocupação das bacias que contribuem para o corpo hídrico verificado neste dimensionamento. Após a determinação das bacias, suas áreas foram enquadradas dentro das categorias pertinentes, de acordo com o uso e ocupação do solo atual e futuro, previsto conforme demanda de crescimento populacional da região.

A partir dessa classificação, foi possível estabelecer a relação entre o coeficiente de escoamento e a proporção de áreas permeáveis em cada bacia. O valor de C varia conforme a capacidade do solo em permitir a infiltração da água de chuva, sendo assim diretamente influenciado pelo grau de impermeabilização da superfície. Áreas com maior presença de pavimentos, edificações e outras estruturas impermeáveis apresentam coeficientes mais elevados, enquanto regiões com cobertura vegetal, solo exposto ou outras características permeáveis tendem a apresentar coeficientes menores.

Essa relação é fundamental para o dimensionamento da macrodrenagem, uma vez que o coeficiente C interfere diretamente na vazão de escoamento superficial calculada por meio da equação racional:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Em que:

Q = Vazão de escoamento (m^3/s)

C = Coeficiente de escoamento superficial

i = Intensidade da precipitação (mm/h)

A = Área da bacia de contribuição (ha)

Portanto, a escolha adequada do coeficiente de escoamento superficial (C) é essencial para a obtenção de resultados precisos no dimensionamento dos sistemas de macrodrenagem. Considerar a ocupação atual e futura do solo permite estimar com maior realismo os volumes de escoamento superficial, contribuindo para o planejamento eficiente de obras hidráulicas, mitigando riscos de inundações e garantindo maior segurança hídrica para a área estudada.

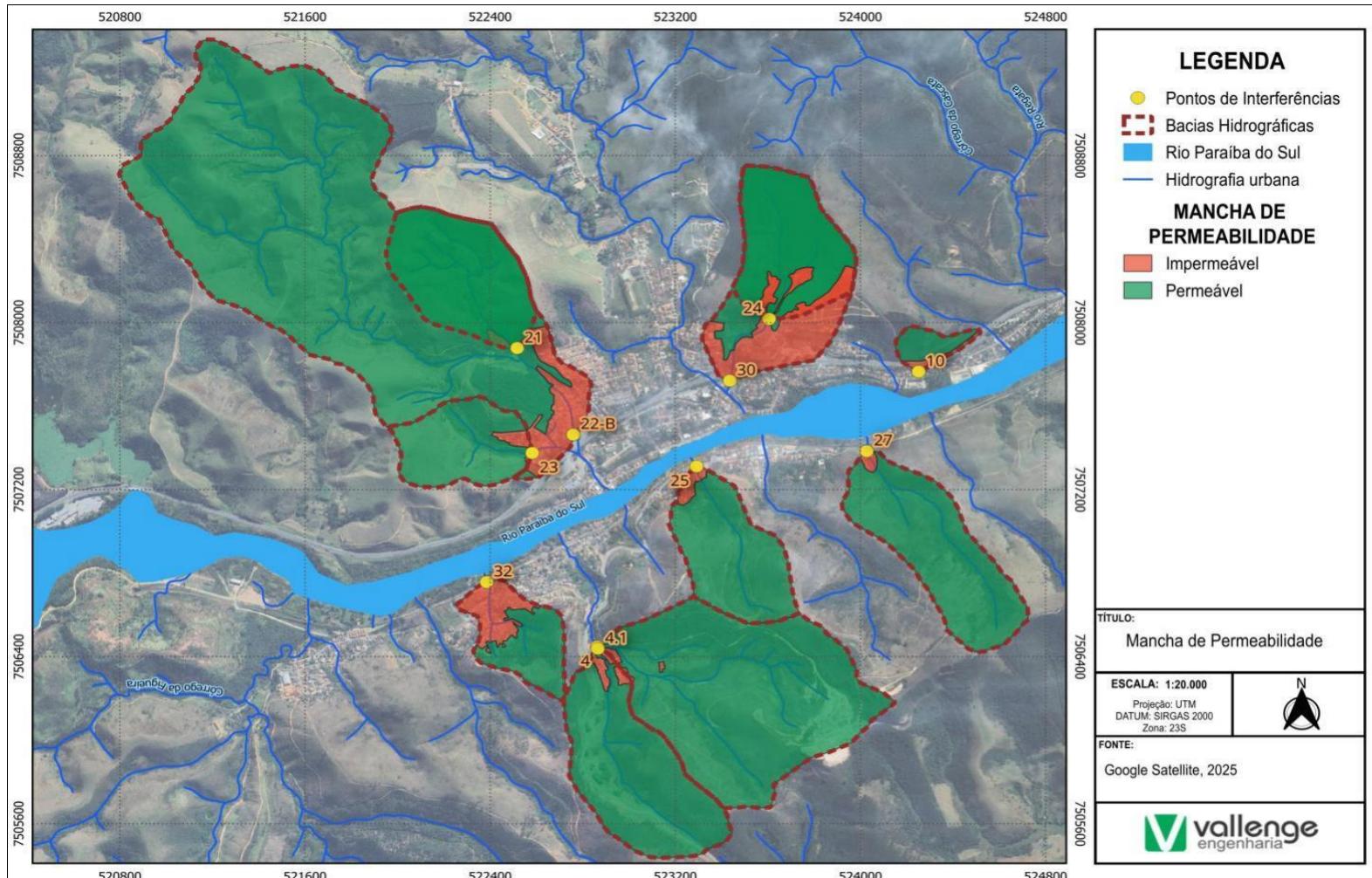


FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO – PERMEÁVEL E IMPERMEÁVEL.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025

■ Vazão de Pico

O cálculo da vazão de pico é o mesmo para o método racional e o método I-pai-wu, conforme apresentado a seguir.

$$Q = (0,1667 * C * I * AD)$$

Com:

Q = vazão de pico (m^3/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade de chuva (mm/min);

AD = área de drenagem da bacia (ha);

A. Método I-Pai-Wu

■ Declividade Equivalente

Conforme apresentado no método racional.

■ Tempo de concentração

Conforme apresentado no método racional.

■ Fator de Forma

O fator de forma da bacia hidrográfica pode ser obtido através da Equação abaixo sugerida pelo DAEE (2005).

$$F = \frac{L}{[2 \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0,5}]}$$

Sendo:

L= comprimento do talvegue (Km)

A= área da bacia de contribuição (Km^2)

F= fator de forma da bacia.

■ Coeficiente de Forma (C1)

Normalmente quando uma bacia é alongada, o tempo de concentração será superior ao tempo de pico, ou seja, a chuva que cairá no ponto mais distante da bacia chegará tarde e não contribuirá para a vazão máxima. (TOMAZ, 2010). Assim em bacias alongadas, deve-se esperar um valor de $C1 < 1$, calculado de acordo com a Equação a seguir.

$$C_1 = \frac{4}{(2 + f)}$$

Sendo:

C_1 = coeficiente de forma;

f = fator de forma.

■ Coeficiente Volumétrico de Escoamento (C2)

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície. O estudo para definição do C foi apresentado acima.

Grau de impermeabilidade da superfície	Coeficiente volumétrico de escoamento C2
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

QUADRO 4 – GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DO USO

FONTE: DAEE, 1994

Zonas	Coeficiente volumétrico de escoamento C2
Rural	0,25
Suburbana	0,40
Urbana	0,60
Urbana Central	0,80

QUADRO 5 – VALORES DE C2

FONTE: MORANO, 2006

■ Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

De acordo com Tomaz (2010) o coeficiente de escoamento superficial corresponde ao uso do solo de um determinado local, calculado pela Equação 8.

$$C = \left(\frac{C2}{C1}\right) \cdot \frac{2}{(1 + F)}$$

Sendo:

C= coeficiente de escoamento superficial

C₂= coeficiente volumétrico de escoamento

C₁= coeficiente de forma

F= fator de forma da bacia

■ **Período de Retorno**

Conforme apresentado no método racional.

■ **Intensidade da Chuva de Projeto**

Conforme apresentado no método racional.

■ **Coeficiente de Distribuição Espacial**

Conforme DAEE (2012), a chuva de projeto é determinada para um local (ponto) específico da área. Desta forma, deve-se aplicar um coeficiente de redução espacial. Um dos critérios mais utilizados é o gráfico do US Weather Bureau (ASCE apud DAEE, 2012), que apresenta a relação entre a chuva em um ponto e a chuva na área, em função da área e da duração da chuva. Para definir o coeficiente de distribuição espacial, utilizou-se o ábaco disponibilizado pelo DAEE, conforme apresentado na Figura abaixo.

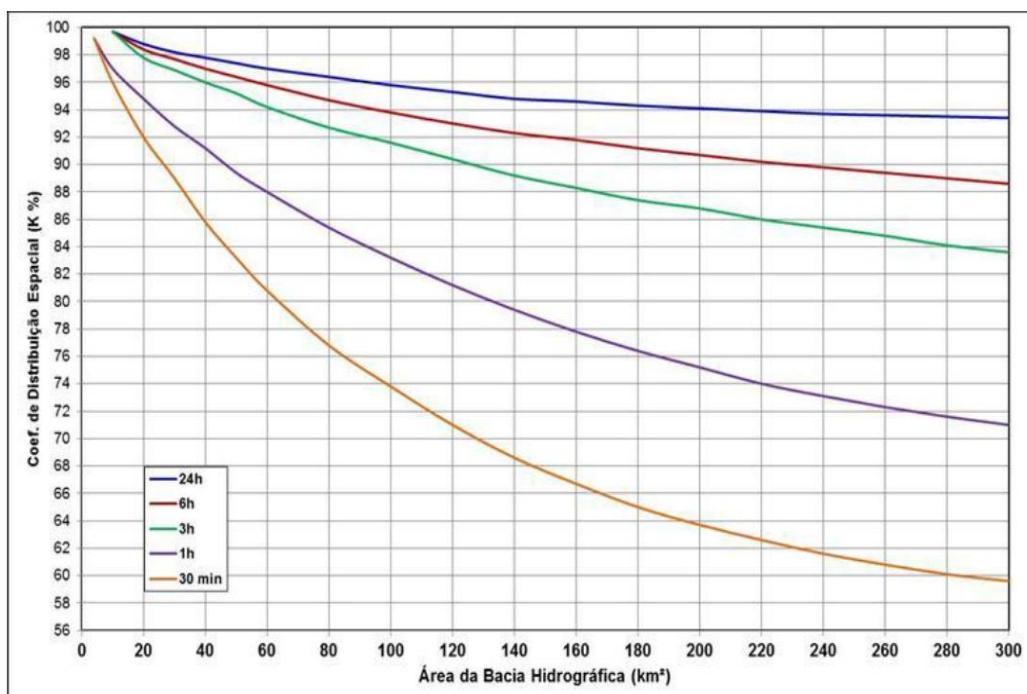


FIGURA 5 – ÁBACO DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO “K”
FONTE: DAEE, 2005.

■ Vazão de Pico (Q_p)

A vazão de pico segundo DAEE (2005) é calculada pelo método I-Pai-Wu, conforme a equação apresentada a seguir.

$$Q = (0,278 \cdot C \cdot I \cdot A^{0,9}) \cdot K$$

Sendo:

Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade de chuva (mm/h);

A = área da bacia (km²);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

3.2 Estudos Hidráulicos

Os estudos hidráulicos visam verificar a capacidade das estruturas de drenagem em comportar toda a contribuição da área das bacias. Desse modo, nessa seção serão realizados os cálculos hidráulicos, a fim de analisar se as travessias e canais existentes suportam a vazão das bacias hidrográficas.

3.2.1 Metodologia de Cálculo

A. Declividade Média

A declividade média (*i*) do trecho/travessia refere-se ao quociente entre o desnível do fundo do canal (diferença de cotas de montante e jusante - Δh) e o seu comprimento (*L*), medido no plano horizontal. O cálculo utilizado é o mesmo tanto para o método racional, quanto para o método I-Pai-Wu.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Com:

i = declividade média (m/m);

Δh = diferença de cotas de montante e jusante (m);

L = comprimento (m).

B. Coeficiente de Rugosidade de Manning

O coeficiente de rugosidade refere-se ao atrito da passagem do fluido pela tubulação, os valores são tabelados e encontram-se apresentados no Quadro a seguir.

Revestimento	Coeficiente de Rugosidade de Manning (n)
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra Argamassada	0,025
Aço Corrugado	0,024
Concreto*	0,018 ~ 0,013

QUADRO 6 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING
FONTE: DAEE, 2005

Salientamos a respeito do coeficiente de rugosidade do concreto, que conforme diversas literaturas publicadas é usual a adoção do coeficiente de 0,013 para estruturas de concreto como aduelas, tubulação e semelhantes, novas e bem acabadas (conforme serão utilizadas nas obras propostas neste trabalho), portanto, é possível este valor ser adotado em qualquer etapa do dimensionamento hidráulico. Abaixo será apresentado algumas referências bibliográficas a respeito deste item.

“Tabela A-14.4.5-b – Superfícies em concreto ou argamassa, com pequenas imperfeições no acabamento ou no alinhamento, desempenada por meios manuais com régua de madeira – n = 0,013” – (NETTO, 2015,p.357).

“O valor mínimo para se obter, na prática, o coeficiente de rugosidade de Manning, para canais revestidos em concreto é de 0,013, isso é possível somente quando a mão de obra utilizada for altamente qualificada e o acabamento for executado com cuidados especiais”, complementamos também com os valores da “Tabela 2.1 – Concreto com acabamento com colher n= 0,013”. – (DAEE, 1980,p.346).

“Tabela 50.12 – Coeficiente “n” de Manning para vazões sobre o solo – concreto – Valores de “n” recomendados 0,011 e faixa de valores entre 0,011 e 0,013” Estes valores também são utilizados no padrão internacional, conforme Florida Department os Transportation Drainage Manual, 1986. – (TOMAZ,2002,p.393).

C. Borda Livre

Segundo o Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas do DAEE, é recomendado para canais de contorno fechado uma borda livre (f) $\geq 0,20h$, não menor do que 0,40 m, sendo o cálculo apresentado a seguir. O cálculo utilizado é o mesmo tanto para o método racional, quanto para o método I-Pai-Wu.

$$bl = 0,2 * h$$

Com:

bl = borda livre (m);

h = altura (m).

D. Área Molhada

■ Seção Retangular

Para seção retangular deve-se calcular a área molhada, conforme apresentado a seguir.

$$Am = (h - bl) * b$$

Com:

Am = área molhada (m^2);

h = altura (m);

bl = borda livre (m);

b = base (m).

■ Seção Circular

Já para seção do tipo circular deve-se calcular a área molhada conforme especificado na equação abaixo (a equação abaixo é referente a 80% da capacidade para seção circular).

$$Am = 2,69 \times r^2$$

Com:

Am = área molhada (m^2);

r = raio (m).

E. Perímetro Molhado

■ A Seção Retangular

O perímetro molhado para seção retangular é calculado utilizando-se a equação a seguir.

$$Pm = b + 2 * (h - bl)$$

Com:

Pm = perímetro molhado (m);

b = base (m);

h = altura (m);

bl = borda livre (m).

■ Seção Circular

Já o perímetro molhado para seção do tipo circular é calculado utilizando-se a equação apresentada abaixo (a equação abaixo é referente a 80% da capacidade para seção circular).

$$Am = 4,43 \times r$$

Com:

Am = área molhada (m^2);

r = raio (m).

F. Raio Hidráulico

■ Seção Retangular

Logo após calcular os valores da área molhada e perímetro molhado, pode-se calcular o raio hidráulico para seções retangulares, conforme a fórmula apresentada a seguir.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Com:

Rh = raio hidráulico (m);

Am = área molhada (m);

Pm = perímetro molhado (m).

■ Seção Circular

O cálculo do raio hidráulico para seções circulares pode ser calculado, conforme a fórmula apresentada a abaixo (a equação abaixo é referente a 80% da capacidade para seção circular).

$$Rh = D \times 0,304m$$

Com:

Rh = raio hidráulico (m);

D = diâmetro (m).

G. Vazão Admissível

Nesta subseção será apresentado o cálculo para obtenção da vazão admissível, conforme apresentado na equação a seguir.

$$Qadm = \frac{1}{n} \times (Rh)^{2/3} \times Am \times \sqrt{i}$$

Com:

Qadm = vazão admissível (m^3/s);

n = coeficiente de rugosidade;

Rh = raio hidráulico (m);

Am = Área Molhada;

i = declividade média (m/m).

H. Resultados

Nessa seção, são apresentados os resultados obtidos a partir do levantamento realizado, no qual os cálculos hidráulicos referentes às interferências existentes foram classificados como **insuficientes**.

A seguir, são demonstrados os resultados obtidos após a análise e os novos cálculos elaborados para a proposta de alteração dos dispositivos de drenagem.

Nos quadros a seguir, são apresentados, de forma comparativa, os resultados dos dispositivos de drenagem na situação atual (classificados como **insuficientes**) e os resultados obtidos após a proposição de melhorias (classificados como **suficientes**), com base nos novos cálculos realizados.

As planilhas de cálculos de cada um dos pontos analisados serão apresentadas como anexo a este relatório.

CAPACIDADE HIDRÁULICA EXISTENTE - MACRODRENAGEM						
Localização	Bacia	Ponto de Interferência	Vazão de Pico (TR = 100 anos) (m³/s)	Capacidade do Dispositivo Existente (m³/s)	Verificação	Resultado
Próximo a Av. Deputado Nesrala Rubens	Córrego do Fogueteiro	04	16,43	12,92	16,43>12,92	Insuficiente
Próximo a Av. Deputado Nesrala Rubens		04.1	5,75	3,70	5,75>3,70	Insuficiente
Propriedade Particular	Córrego São João	21	8,40	S/I*	S/I*	S/I*
Rua José Pedro da Costa		22-b	17,39	5,55	17,39>5,55	Insuficiente
Rua Manoel da Silva Marques		23	4,57	0,33	4,57>0,33	Insuficiente
Rua Eduardo Lins Prado	Rio Verde	24	10,51	0,33	10,51>0,33	Insuficiente
Rua Doutor Oscar de Almeida	Córrego da Fortaleza	25	6,22	1,68	6,22>1,68	Insuficiente
Rua Tenente Manoel França	Córrego do Sinhá	27	7,84	7,18	7,84>7,18	Insuficiente
Avenida Virgílio Camargo da Silva	Rio Verde	30	8,41	0,91	8,41>0,91	Insuficiente
Rua João Batista Ribeiro	Córrego Grota do São Geraldo	32	7,15	4,50	7,15>4,50	Insuficiente
CAPACIDADE HIDRÁULICA EXISTENTE - MICRODRENAGEM						
Localização	Bacia	Ponto de Interferência	Vazão de Pico (TR = 5 anos) (m³/s)	Capacidade do Dispositivo Existente (m³/s)	Verificação	Resultado
Rua Corifeu de Azevedo Marques	Sem Identificação	10	1,41	0,48	1,41>0,48	Insuficiente

* S/I = SEM IDENTIFICAÇÃO

QUADRO 7 – QUADRO RESUMO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA EXISTENTE
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025

CAPACIDADE HIDRÁULICA PROPOSTO - MACRODRENAGEM						
Localização	Bacia	Ponto de Interferência	Vazão de Pico (TR = 100 anos) (m³/s)	Capacidade do Dispositivo Proposto (m³/s)	Verificação	Resultado
Próximo a Av. Deputado Nesrala Rubens	Córrego do Fogueteiro	04	16,43	20,58	16,43<20,58	Suficiente
Próximo a Av. Deputado Nesrala Rubens	Córrego do Fogueteiro	04.1	5,75	6,94	5,75<6,94	Suficiente
Propriedade Particular	Córrego São João	21	8,40	14,75	8,40<14,75	Suficiente
Rua José Pedro da Costa		22-b	17,39	20,12	17,39<20,12	Suficiente
Rua Manoel da Silva Marques		23	4,57	10,04	4,57<10,04	Suficiente
Rua C		23 e 22-b	19,19	20,12	19,19<20,12	Suficiente
Rua Eduardo Lins Prado	Rio Verde	24	10,51	11,95	10,51<11,95	Suficiente
Rua Doutor Oscar de Almeida	Córrego da Fortaleza	25	6,22	6,57	6,22<6,57	Suficiente
Rua Tenente Manoel França	Córrego do Sinhá	27	7,84	12,41	7,84<12,41	Suficiente
Avenida Virgílio Camargo da Silva	Rio Verde	30	8,41	12,59	8,41<12,59	Suficiente
Rua João Batista Ribeiro	Córrego Grota do São Geraldo	32	7,15	8,27	7,15<8,27	Suficiente
CAPACIDADE HIDRÁULICA PROPOSTO - MICRODRENAGEM						
Localização	Bacia	Ponto de Interferência	Vazão de Pico (TR = 5 anos) (m³/s)	Capacidade do Dispositivo Proposto (m³/s)	Verificação	Resultado
Rua Corifeu de Azevedo Marques	Sem Identificação	10	1,41	1,41	1,41=1,41	Suficiente

QUADRO 8 – QUADRO RESUMO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA PROPOSTO
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025

Dessa forma, foram verificadas as capacidades hidráulicas dos pontos analisados, considerando individualmente cada trecho e suas respectivas intervenções. A partir da determinação dessas capacidades, constatou-se que todos os pontos apresentavam defasagens e necessitavam de adequações para conduzir adequadamente as vazões de projeto, sendo, portanto, classificados como insuficientes.

Com base nessa análise, foram realizadas propostas de adequação dos dispositivos de drenagem, considerando as vazões estimadas e as condições de escoamento. Após os ajustes projetados, verificou-se que os dispositivos passam a atender às exigências hidráulicas.

3.3 Obras e Intervenções

Com base nos resultados hidráulicos apresentados anteriormente, foram definidas as intervenções necessárias para adequação dos dispositivos de drenagem, de modo a garantir a condução eficiente das vazões de projeto. As propostas levam em consideração as características individuais de cada ponto de interferências como, tipologia da estrutura, revestimento, declividade e geometria da seção.

As intervenções propostas incluem a substituição ou redimensionamento dos dispositivos existentes, bem como a implantação de novas estruturas que possibilitem o funcionamento adequado do sistema. Os dispositivos foram dimensionados conforme os critérios técnicos estabelecidos, adotando-se o coeficiente de rugosidade de Manning compatível com o revestimento em concreto e declividades adequadas ao escoamento.

No quadro a seguir, serão apresentadas as novas estruturas propostas, com indicação da bacia de contribuição, tipo de estrutura, parâmetros hidráulicos utilizados no dimensionamento e a vazão final atendida por cada dispositivo.

NOVAS ESTRUTURAS PROPOSTAS

Bacia	Ponto de Interferência	Tipo	Revestimento	Coeficiente de Manning (n)	Quantidade de Seção	Declividade (m/m)	Base (m)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Área molhada (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio hidráulico (m)	Vazão Final (m ³ /s)	Velocidade (m/s)
Córrego do Fogueteiro	04	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0279	2,0	1,5	-	2,40	4,40	0,55	20,58	8,57
	04.1	Tubo	Concreto	0,013	1	0,0274	-	-	1,2	1,10	3,18	0,35	6,94	6,29
Córrego São João	21	Tubo	Concreto	0,013	1	0,0376	-	-	1,5	1,72	3,97	0,43	14,75	8,55
	22-B	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0128	2,0	2,0	-	3,20	5,20	0,62	20,12	6,29
	23	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0148	1,5	1,5	-	1,80	3,90	0,46	10,04	5,58
	Trecho (Rua C) 23 e 22-b	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0128	2,0	2,0	-	3,20	5,20	0,62	20,12	6,29
	24	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0209	1,5	1,5	-	1,80	3,90	0,46	11,95	6,64
Córrego da Fortaleza	25	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0063	1,5	1,5	-	1,80	3,90	0,46	6,57	3,65
		Tunnel Liner (Sob linha férrea)	Aço Galvanizado revestido com concreto				-	-	1,60	1,96	4,23	0,46	7,18	3,66
Córrego do Sinhá	27	Tubo	Concreto	0,013	1	0,0875	-	-	1,2	1,10	3,18	0,35	12,41	11,24
		Tunnel Liner (Sob linha férrea)	Aço Galvanizado revestido com concreto											
Rio Verde	30	Aduela	Concreto	0,013	1	0,0050	2,0	2,0	-	3,20	5,20	0,62	12,59	3,94
Córrego Grota do São Geraldo	32	Tubo	Concreto	0,013	1	0,0100	-	-	1,5	1,72	3,97	0,43	7,60	4,41
		Tunnel Liner (Sob linha férrea)	Aço Galvanizado revestido com concreto				-	-	1,60	1,96	4,23	0,46	9,03	4,61
Sem Identificação	10	Tubo	Concreto	0,013	1	0,0050	-	-	1,2	1,10	3,18	0,32	1,41	2,09

QUADRO 9 – QUADRO RESUMO DAS NOVAS ESTRUTURAS PROPOSTAS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2025

● Ponto 04 - Córrego do Fogueteiro

Situação atual:

O ponto é atualmente atendido por **três tubos de concreto de Ø 1,0 m**, o qual se mostrou insuficiente para a condução da vazão estimada de projeto, apresentando defasagem hidráulica para as condições da bacia contribuinte. Ainda, observa-se acúmulo de sedimentos no interior das tubulações e no leito do córrego, o que contribui para a redução da capacidade hidráulica.

Proposta:

Substituição da estrutura existente por **uma aduela de concreto com seção de 2,0 m x 1,5 m**, dimensionada para conduzir uma vazão de $20,58 \text{ m}^3/\text{s}$, garantindo escoamento eficiente e adequação à bacia hidrográfica.

Complementarmente, deverá ser executado o **desassoreamento a jusante** do ponto de intervenção de pelo menos 5 metros, com o objetivo de garantir o pleno funcionamento do novo dispositivo e evitar obstruções que comprometam sua capacidade.

● Ponto 04.1 - Córrego do Fogueteiro

Situação atual:

Foi identificado que este ponto conta com **um tubo de concreto de Ø 1,0 m**, cuja capacidade não atende à vazão de projeto. Entre o ponto 04.1 e o ponto 04 existe um trecho a céu aberto, onde ocorre a confluência com outro segmento do córrego, direcionando toda a vazão para o ponto 04, que atualmente é composto por três tubos de concreto. Além disso, observa-se acúmulo de detritos no leito do córrego, o que prejudica o escoamento adequado.

Proposta:

Deverá ser realizado a substituição do tubo existente por **um tubo de concreto com diâmetro de 1,20 m**, dimensionado para conduzir vazão de $6,94 \text{ m}^3/\text{s}$, atendendo aos critérios hidráulicos da bacia contribuinte.

Para garantir o funcionamento da nova estrutura, será **necessário executar o desassoreamento do leito do córrego no trecho a montante**, com extensão aproximada de 5 metros e promover a limpeza e manutenção do canal a jusante que interliga o ponto 04 e 04.1.

● Ponto 21 - Córrego São João

Situação atual:

Durante as visitas em campo e a realização do levantamento Planalmétrico Cadastral, **não foi possível identificar** o tipo de estrutura atualmente existente no local, o que impossibilita a avaliação direta da sua capacidade hidráulica. No entanto, com base nas características da bacia contribuinte e na análise da vazão estimada, foi possível constatar a necessidade de implantação de um novo dispositivo para adequação do escoamento.

Proposta:

A intervenção proposta prevê a instalação de **um tubo de concreto de Ø 1,50 m**, projetado para conduzir vazão de 14,75 m³/s. A nova estrutura foi definida com base nas vazões estimadas para a bacia promovendo o escoamento adequado e prevenindo riscos de extravasamento.

De forma a garantir o pleno funcionamento do sistema, será necessário realizar o **desassoreamento e a limpeza da área**, tanto no ponto de intervenção quanto em seu entorno imediato, evitando obstruções futuras e assegurando a continuidade do fluxo hídrico.

● Trecho 1 e 2 do Ponto 22-B - Córrego São João

Situação atual:

Este trecho foi **recentemente modificado pela prefeitura** como medida emergencial, em razão do afundamento da calçada causado pela estrutura antiga, que era composta por **tubo de aço corrugado**. A nova intervenção, embora tenha solucionado o problema estrutural imediato, **não apresenta dimensionamento hidráulico compatível com as vazões de projeto**, permanecendo insuficiente para atender à demanda da bacia contribuinte.

Este trecho também recebe a contribuição do córrego proveniente do **ponto 21**, reforçando a necessidade de reestruturação completa adequadamente a vazão gerada no sistema. A rede existente segue por debaixo de edificações e da praça localizada à jusante, o que gera risco e dificulta manutenções.

Proposta:

A nova solução prevê o redirecionamento do traçado de drenagem para a **Rua Manoel da Silva Marques**, com implantação de **uma aduela de concreto 2,00 m x 2,00 m**, projetada para conduzir uma vazão de 20,12 m³/s. Essa rede de aduela será conectada por meio de caixas de transição ao longo do trecho projetado na **Rua Manoel da Silva Marques**, conforme necessidade do projeto.

A rede atualmente situada na **Rua José Pedro da Costa** será desativada, com o tamponamento realizado em concreto ciclópico.

● Trecho 3 do Ponto 22B - Novo traçado para os Pontos 22-B e 23

Situação atual:

Este trecho não existe atualmente, sendo proposto como um novo traçado para canalização. Sua implantação se justifica pela necessidade de desviar o fluxo da rede antiga, que hoje atravessa residências e uma praça. A criação desse novo trecho garante segurança, capacidade hidráulica e facilidade de manutenção.

Proposta:

A partir da caixa de transição (que receberá os fluxos dos pontos 22-B e 23), deverá ser implantada **uma aduela de concreto com seção de 2,00 m x 2,00 m**, dimensionada para conduzir a vazão de 20,12 m³/s.

Ao final do trecho 3, deverá ser implantada uma nova estrutura de chegada, localizada em frente a praça, no mesmo local de desague do tubo existente. Essa estrutura permitirá o encaixe adequado do novo sistema ao leito natural do córrego, mantendo o sentido do escoamento atual.

● Ponto 23 - Córrego São João

Situação Atual:

Atualmente, o ponto é atendido por **um tubo de concreto com diâmetro de 0,60 m**, cuja **capacidade hidráulica é insuficiente** frente à vazão estimada do local. O trecho apresenta um córrego espraiado, com margens degradadas e significativa presença de vegetação invasiva, principalmente taboas (*Typha sp.*), além do acúmulo de sedimentos. Esses fatores reduzem a eficiência do escoamento e favorecem processos de obstrução e alagamentos. O ponto será integrado à mesma caixa de transição que recebe o fluxo do ponto 22-B.

Proposta:

Deverá ser realizada a **substituição do tubo existente por uma aduela de concreto com seção de 1,50 m x 1,50 m**, projetada para conduzir uma vazão de 10,04 m³/s.

Como parte da intervenção, será necessária a reconformação do leito do córrego em uma extensão, mínima de 10 metros, com desassoreamento e remoção da vegetação indesejada (taboas), reestabelecendo a seção hidráulica.

● Ponto 24 - Rio Verde

Situação atual:

O sistema de drenagem atualmente existente neste ponto é composto por uma tubulação com variação de diâmetro, iniciando com **um tubo de Ø 0,50 m** e finalizando com **um tubo de Ø 1,00 m**, o que compromete a uniformidade e eficiência do escoamento.

Além disso, parte significativa dessa rede passa sob edificações residenciais, dificultando intervenções e aumentando o risco estrutural para as construções sobrepostas. A capacidade hidráulica atual encontra-se defasada em relação a vazão estimada da bacia, havendo risco de extravasamentos durante eventos intensos de precipitação.

Proposta:

A solução proposta prevê o desvio completo do traçado, com implantação de **uma aduela de concreto com seção de 1,50 m x 1,50 m**, realocada para vias públicas, fora das áreas edificadas. A estrutura foi dimensionada para conduzir uma vazão de 11,95 m³/s, assegurando desempenho adequado ao regime de escoamento da bacia.

A rede existente sob as residências será totalmente desativada, com o tamponamento realizado em concreto ciclópico. A nova estrutura permitirá melhor acessibilidade para futuras manutenções, além de eliminar os riscos associados ao traçado anterior.

● Ponto 25 - Córrego Fortaleza

Situação atual:

O ponto é atualmente atendido por um sistema composto por **um tubo de Ø 1,00 m**, que segue até a passagem localizada ao lado da estação elevatória de esgoto. A partir desse ponto, o sistema se divide em **três tubos de concreto de Ø 1,00 m cada**, os quais conduzem a vazão até o seu ponto de lançamento no Rio Paraíba do Sul.

Apesar da divisão em três tubulações, a **capacidade hidráulica do conjunto é insuficiente** para atender à vazão projetada da bacia contribuinte. Além disso, o trecho em questão passa sob a linha férrea, o que torna necessária uma solução que garanta segurança estrutural e compatibilidade com as restrições operacionais da ferrovia.

Proposta:

Realizar a substituição do sistema de drenagem existente por **uma aduela de concreto com seção de 1,50 m x 1,50 m**, até a caixa de transição existente, conforme dimensionamento. A partir dessa caixa, será implantado **um tubo de aço galvanizado tipo Tunnel Liner, com diâmetro de 1,60 m**, utilizando o Método Não Destruutivo (MND), devido à presença da via férrea na área. Este método foi adotado para evitar qualquer interferência que possa comprometer a operação da linha férrea. Ambos os dispositivos de drenagem têm capacidade para conduzir uma vazão de 6,57 m³/s.

O traçado atual será mantido, respeitando as interferências existentes e evitando a necessidade de novas faixas de servidão. A nova estrutura proporcionará melhor desempenho, maior segurança e facilidade de manutenção, mesmo considerando a passagem sob a ferrovia.

● Ponto 27 - Córrego do Sinhá

Situação atual:

Durante as visitas de campo e análise cadastral, não foi possível identificar com precisão a estrutura existente neste ponto, embora se acredite que o trecho seja atendido por um canal aberto ou um dispositivo antigo não visível, atualmente encoberto por edificações.

O sistema segue um traçado que passa sob as residências, atravessa a linha férrea, e deságua diretamente no Rio Paraíba do Sul. Essa condição representa um risco significativo, tanto do ponto de vista estrutural quanto para a manutenção e operação do sistema.

Proposta:

A solução proposta prevê a implantação de um novo traçado em via pública, com instalação de **tubo de concreto de diâmetro de 1,20 m** até o Poço de Visita implantado, denominado como 03 em projeto, deste ponto até o desague no Rio Paraíba do Sul, será implantado **um tubo de aço galvanizado tipo Tunnel Liner, com diâmetro de 1,20 m**, utilizando o Método Não Destruutivo (MND), devido à presença da via férrea na área. Este método foi adotado para evitar qualquer interferência que possa comprometer a operação da linha férrea. As estruturas projetadas serão capazes de conduzir uma vazão de 12,41 m³/s.

Embora o traçado tenha sido redirecionado para as vias urbanas, não será possível manter a travessia no mesmo ponto da linha férrea. Para otimizar o percurso, o ponto de lançamento final foi alterado, mantendo-se, no entanto, o deságue no Rio Paraíba do Sul.

● Ponto 30 - Rio Verde

Situação atual:

Este é considerado o ponto mais crítico do sistema de macrodrenagem urbana, com diversos relatos de alagamentos em eventos de chuvas intensas. Atualmente, o sistema existente é composto por **dois tubos de concreto de Ø 1,00 m**, cuja capacidade está claramente defasada frente à demanda hidráulica da bacia. A rede existente passa sob as residências, o que aumenta os riscos operacionais e de manutenção.

O ponto está localizado em uma das principais avenidas de acesso ao município de Queluz, pavimentada e com alto volume de tráfego, o que eleva a importância da intervenção.

Proposta:

A solução proposta prevê o redirecionamento da rede existente, atualmente localizada sob áreas residenciais, para a Avenida Virgílio Camargo da Silva, onde **será implantada uma aduela de concreto com dimensões de 2,00 m x 2,00 m**. A estrutura foi dimensionada para atender à nova vazão calculada de 12,59 m³/s e irá conduzir o escoamento até o córrego canalizado nas proximidades.

Os trechos existentes que atualmente passam sob as residências serão desativados, com o tamponamento das redes por meio de concreto ciclopico.

● Ponto 32 - Rio Verde

Situação atual:

Atualmente, o trecho conta com **um tubo de concreto de Ø 1,00 m** que passa por debaixo da linha férrea. Antes da travessia, existe uma caixa de transição, que se encontra em condições inadequadas. A rede existente conduz as águas pluviais até o Rio Paraíba do Sul, ponto onde ocorre o lançamento final.

Proposta:

A solução proposta prevê a substituição do tubo existente por **um tubo de concreto com diâmetro de 1,50 m**, que se estenderá da rua até uma escada hidráulica. Essa escada será implantada a montante de uma nova caixa, que será projetada no mesmo local da estrutura atualmente existente. Essa configuração permitirá o controle da energia da água antes de sua entrada na estrutura, proporcionando maior segurança hidráulica.

Além disso, a caixa de transição será reconstruída para acomodar a nova seção e aprimorar o desempenho da estrutura.

A partir dessa caixa, será implantado **um tubo de aço galvanizado tipo Tunnel Liner, com diâmetro de 1,60 m**, utilizando o Método Não Destrutivo (MND), devido à presença da via férrea na área. Este método foi adotado para evitar qualquer interferência que possa comprometer a operação da linha férrea.

O novo dimensionamento foi desenvolvido para atender a uma vazão de 8,27 m³/s, assegurando a capacidade hidráulica necessária ao escoamento no trecho. O ponto de lançamento final será mantido no mesmo local, com deságue no Rio Paraíba do Sul.

O trecho de rede atualmente existente será desativado, com o tamponamento realizado por meio de concreto ciclópico

● Ponto 10 - Requalificação de Trecho de Microdrenagem em Área Urbana

Situação atual:

Este ponto está localizado dentro de uma propriedade particular, onde **um tubo de concreto com diâmetro de 1,00 m** cruza a Rodovia Presidente Dutra, desaguando nos fundos da residência. A partir desse ponto, o sistema de microdrenagem segue de forma precária: há um trecho a céu aberto, conectando-se a um **tubo de Ø 0,40 m** e outro de **Ø 0,80 m**, que percorrem o interior de áreas residenciais e passando sob uma empresa de química, com lançamento também no Rio Paraíba do Sul.

Proposta:

A proposta visa a requalificação do sistema de microdrenagem, com a implantação de uma caixa de transição fechada imediatamente após a saída da tubulação da Dutra. A nova rede será composta por um **tubo circular de concreto de diâmetro de 1,20 m**, e terá seu traçado redirecionado para a lateral da residência, afastando-se das edificações.

A drenagem deve seguir pela via pública até o terreno da UBS (Unidade Básica de Saúde) localizado na Rua Corifeu de Azevedo Marques. O lançamento será mantido no Rio Paraíba do Sul, em ponto seguro e acessível. A rede atual deverá ser desativada, eliminando o risco associado à passagem por debaixo de imóveis. A nova estrutura foi dimensionada para conduzir uma vazão de 1,41m³/s.

3.4 Nota Técnica sobre Interferências com Redes de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Durante a elaboração do projeto de drenagem urbana, foi solicitada à Prefeitura Municipal, juntamente à SABESP, a disponibilização dos projetos executivos das redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário existentes, com o objetivo de verificar possíveis interferências e realizar os devidos ajustes no projeto de macrodrenagem.

Contudo, foi fornecido apenas um croqui simplificado, com informações limitadas, o que impossibilitou uma análise precisa das interferências. Dessa forma, optou-se por manter o traçado da rede de drenagem conforme projetado, por se tratar da solução mais eficiente e tecnicamente viável para o escoamento adequado das águas pluviais nas áreas de intervenção.

No que se refere à travessia da via férrea, destaca-se que a solicitação de anuênciam junto à concessionária responsável (como a MRS) requer o atendimento a normas específicas, incluindo a restrição de projeções dentro da faixa de domínio da ferrovia, normalmente compreendida como 30 metros de cada lado da linha férrea, acrescidos de 3 metros de área não edificante.

Entretanto, considerando que o traçado proposto segue o alinhamento das redes atualmente existentes e respeita os modelos construtivos adotados pelo município de Queluz, cujo tecido urbano se desenvolveu

majoritariamente nas margens da ferrovia, optou-se por manter a solução como projetada. Assim, em eventual negociação com a concessionária, recomenda-se verificar como foram conduzidas tratativas anteriores no município, as quais, por vezes, não seguiram integralmente os critérios padrão estabelecidos pelas normas da ferrovia.

Ressaltamos que, caso sejam identificadas interferências significativas durante a execução da obra, caberá à fiscalização da Prefeitura Municipal, em conjunto com a SABESP, providenciar os ajustes e a realocação das redes de água ou esgoto eventualmente conflitantes com o projeto de drenagem apresentado.

4. PROJETO EXECUTIVO

Os projetos desenvolvidos estão apresentados em anexo.

4.1 Planta de localização e delimitação das bacias hidrográficas

A planta de localização será apresentada como anexo.

4.2 Planilhas de Cálculos

As planilhas de cálculos serão apresentadas como anexo.

4.3 Orçamento e Cronograma

O orçamento e cronograma serão apresentados como anexo.

4.4 Projetos executivos

Neste produto, foram desenvolvidos e serão entregues os projetos executivos, considerados essenciais para o cumprimento dos objetivos estabelecidos no presente contrato. O conjunto do projeto contempla todos os pontos identificados no estudo, reunidos em um único arquivo DWG, que contém:

- Planta geral com as bacias de contribuição de cada ponto;
- Situação atual e proposta do sistema de macrodrenagem;
- Indicação das áreas de corte necessárias para a implantação dos dispositivos projetados;
- Perfis Longitudinais das redes;
- Detalhes dos muros alas e aduelas;
- Detalhes de poços de visita, caixas de transição e escada hidráulica.

Além disso, será entregue um projeto complementar específico, contendo os projetos estruturais dos dispositivos mencionados.

Os arquivos serão entregues em formato DWG e PDF.

5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos Auxiliares para a Gestão do Risco de Inundações, 2012.** Disponível em: <<http://gripbsul.ana.gov.br/SisprecR05.html>>. Acesso em 06 de março. de 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ (SP). **Plano Municipal de Macrodrenagem.** Queluz, SP: Prefeitura Municipal de Queluz, abril 2024. (PDF online). Disponível em: <https://queluz.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/Plano-Municipal-de-Macrodrenagem_-Queluz_SP.pdf>. Acesso em: 21 maio. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Catálogo de metadados da ANA.** Disponível em: <https://metadados.snhr.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>. Acesso em 20 de junho de 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Todos os produtos.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em 09 de junho de 2025.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Produtos.** Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/centraldownloads/>. Acesso em 05 de maio de 2025.

Azevedo Netto, J. M. de. (2015). **Manual de Hidráulica (9^a ed.).** São Paulo :Blucher.

Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). (1980). **Drenagem Urbana - Manual de Projeto. (2^aed.).** São Paulo: DAEE

Tomaz, P. (2002). **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais.** São Paulo: MF Navegar Editora