



Estado do Rio Grande do Sul
PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE PRETA

CONTRATO ADMINISTRATIVO Nº 030/2025

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PONTE PRETA-RS

RELATÓRIO DO PROJETO HIDRÁULICO

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS
DE ENGENHARIA PARA AMPLIAÇÃO DOS
SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO,
SITUADOS NO MUNICÍPIO DE PONTE PRETA,
RIO GRANDE DO SUL.**

(SETEMBRO/2025)

EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO DO PROJETO

NOME/TIPO DE PROFISSIONAL	ATIVIDADE/FUNÇÃO	FORMAÇÃO	Nº CONSELHO
Carlos Henrique Garbin	Responsável Técnico/Eng. Projetista Hidráulico	Engenheiro Civil	RS-219532
Dayane da Silva Ocampos	Projetista Auxiliar/Arquiteta	Arquiteta e Urbanista	RS-A285595-0
Eduarda Bastos	Cadista/Orçamentista	-	-
Lettícia Lopes	Cadista/Orçamentista	-	-
Nathália Gonzáles	Cadista/Orçamentista	-	-

QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Título do Documento:	Relatório do Projeto Hidráulico			
Aprovador:	Carlos Henrique Garbin			
Data da Aprovação:	20/10/2025			
Controle de Revisões				
Nº da Revisão	Natureza/Justificativa	Aprovação		
		Data	Responsável	Rubrica
R00	Emissão Inicial	20/10/2025	Carlos Henrique Garbin	C.G

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	RESUMO DO RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS.....	8
2.1	Situação do SES existente	8
2.2	Estudo de População.....	9
3	PARÂMETROS ADOTADOS.....	16
4	IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS E LEVANTAMENTO DAS INTERFERÊNCIAS.....	17
5	ESTUDO DO CORPO RECEPTOR.....	18
6	CONCEPÇÃO DA ALTERNATIVA Do PROJETO DE SES.....	18
6.1	Unidades Lineares.....	19
6.1.1	Equações e Coeficientes adotados.....	19
6.1.2	Características da Rede Coletora Projetada.....	20
6.2	Estações Elevatórias de Esgoto e Linha de Recalque	24
6.2.1	Elevatória 01.....	24
6.2.2	Elevatória Compacta	25
6.2.3	Resultados do Pré-Dimensionamento das Elevatórias	26
6.2.4	Resultado e Análise das Linhas de Recalque.....	26
6.2.5	Verificação do Local das EEEs	27
6.3	REGISTRO FOTOGRÁFICO	28
7	análise socioambiental das alternativas de projeto	29
8	Travessia – Ponte de Concreto.....	29
8.1.1	Características Gerais da Travessia	30
8.1.2	Determinação do Espaçamento Máximo entre Apoios.....	31
9	Anexos	34
10	BIBLIOGRAFIA	35

TABELAS

Tabela 1 - Projeção Populacional de Ponte Preta.....	11
Tabela 2 - Projeção Populacional por Bacia de Contribuição.....	14
Tabela 3 - Projeção Populacional e de Vazões.....	16
Tabela 4 - Resumo das tubulações da rede coletora	21

FIGURAS

Figura 1 - Localização da ETE em Ponte Preta	8
Figura 2 - Bacias de Contribuição do SES Ponte Preta	13
Figura 3 - Articulação do Sistema	18
Figura 4 – Ligação predial do tipo simples.....	21
Figura 5 – Localização da EEE - Compacta.....	28
Figura 6 – Localização da Linha de Recalque aérea	28
Figura 7 - Terreno da EEE-01	29
Figura 8 - Local da Ponte Três de Outubro	30

1 INTRODUÇÃO

Este Relatório do Projeto Hidráulico apresenta o desenvolvimento das soluções de engenharia para a ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do Município de Ponte Preta, no estado do Rio Grande do Sul.

A FIXA Engenharia conduziu uma visita técnica de reconhecimento à localidade, realizando a coleta de informações junto à Prefeitura Municipal de Ponte Preta. Além das informações obtidas presencialmente, foram consultados outros órgãos públicos e fontes complementares para embasar o estudo preliminar.

O presente relatório contempla a revisão e complementação do projeto de SES originalmente elaborado pela empresa TSA em 2018, que foi parcialmente executado na região sul do perímetro urbano, atendida pela Bacia 01. A nova proposta visa a expansão do sistema para a região norte, correspondente à Bacia 02, considerando a infraestrutura já existente — rede coletora e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) — e incorporando projeções populacionais atualizadas com base em metodologia matemática, compatível com a realidade demográfica local.

2 RESUMO DO RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS

2.1 Situação do SES existente

Em 2018, a empresa TSA elaborou o projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) para o município de Ponte Preta, cuja implantação contemplou exclusivamente a região sul do perímetro urbano, atualmente atendida pela Bacia 01. A empresa FIXA Engenharia LTDA assumiu a responsabilidade pela revisão e complementação do projeto, visando a expansão do SES para a região norte da cidade, correspondente à Bacia 02. Para isso, foi considerada a infraestrutura já existente — incluindo a rede coletora e a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Bacia 01 — como base para o desenvolvimento de um novo estudo de viabilidade técnica da rede de esgotamento sanitário destinada à Bacia 02.

A Estação de Tratamento de Esgoto está localizada no perímetro urbano a sudoeste do município de Ponte Preta.

Figura 1 - Localização da ETE em Ponte Preta



Fonte: Google Earth

2.2 Estudo de População

O estudo populacional realizado para o município de Ponte Preta teve como objetivo analisar o comportamento evolutivo da população urbana, com foco na estimativa de demanda para a área de abrangência da Bacia 02. Para o cálculo das projeções populacionais, foram consideradas três metodologias:

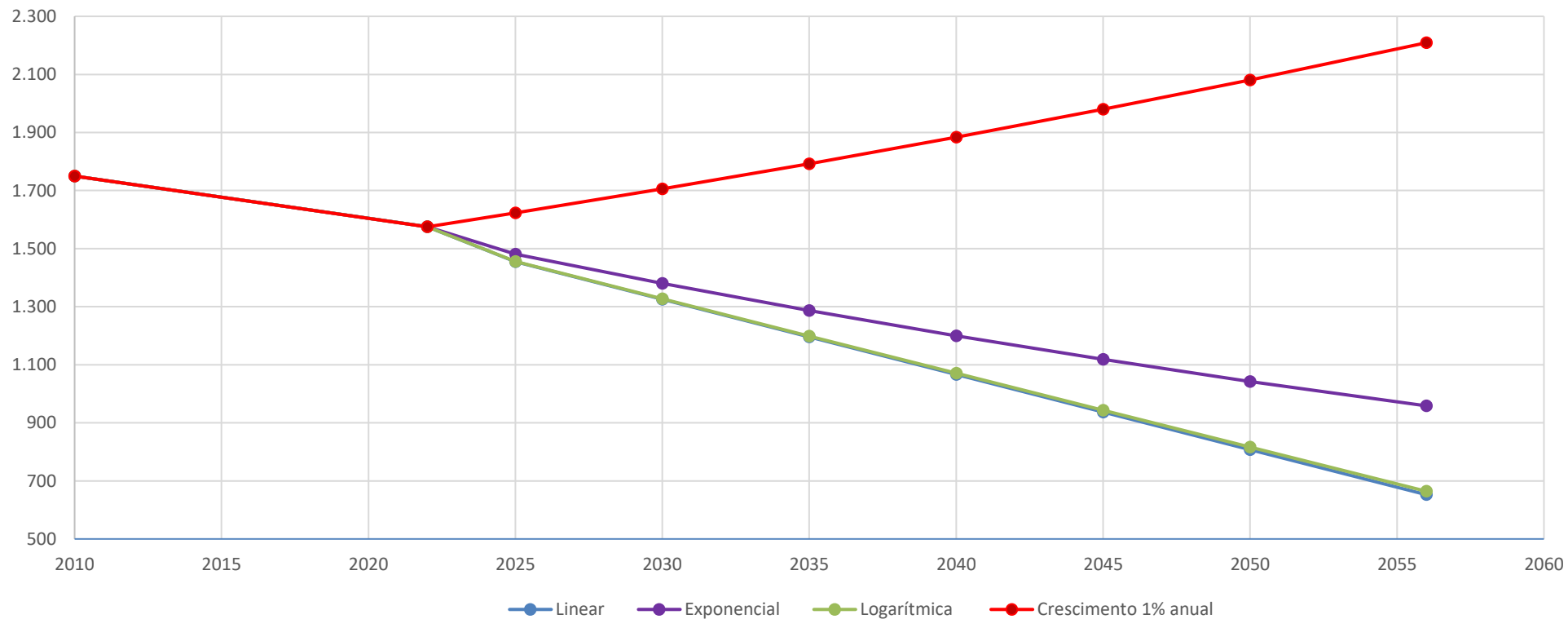
- Método dos Componentes Demográficos
- Método de Extrapolação Gráfica
- Método Matemático

Apesar da consideração inicial das três abordagens, a metodologia adotada para o estudo foi a matemática, em razão da limitação de dados históricos e do baixo índice populacional urbano, o que inviabilizou a aplicação dos demais métodos com precisão estatística.

Como base para a modelagem matemática, foram utilizadas as informações disponíveis relativas à população urbana de Ponte Preta no ano de 2000, 2010 e 2022, sendo todos dados oficiais obtidos. A partir desses dados de referência, foram aplicadas diferentes técnicas de projeção, incluindo os modelos linear, exponencial, logarítmico, potencial e o método de crescimento constante de 1,00% ao ano, visando estimar o crescimento populacional futuro e subsidiar o dimensionamento da infraestrutura de esgotamento sanitário para a Bacia 02.

Gráfico 1 - Gráfico de Populações Projetadas para o Município de Ponte Preta – Área Urbana

Projeção Populacional



Fonte: próprio autor (2025)

Em quatro dos métodos matemáticos selecionado para estimar a evolução da população urbana de Ponte Preta no horizonte de projeto (2000 a 2056), resultaram nas seguintes taxas médias anuais de crescimento populacional:

- Método Linear: -2,41% a.a.
- Método Exponencial: -1,39% a.a.
- Método Logarítmico: -2,37% a.a.

Conforme evidenciado, o município apresentou um declínio populacional expressivo entre os anos de 2000 e 2022. No entanto, a prévia do Censo de 2025 indica uma reversão dessa tendência, com uma população estimada em 1.602 habitantes, sinalizando um possível crescimento.

Diante desse cenário, e considerando que Ponte Preta é um município de pequeno porte (população inferior a 10.000 habitantes), com predominância rural e baixa expectativa de crescimento acelerado, optou-se pela adoção de uma projeção exponencial com taxa de crescimento constante de 1,00% ao ano. Essa taxa é compatível com a realidade local, alinhando-se às tendências observadas em municípios vizinhos e ao comportamento demográfico regional e nacional.

A escolha dessa taxa também se justifica pela coerência com o processo gradual de urbanização da região e pela influência dos fluxos migratórios rurais, que reforçam a plausibilidade da projeção adotada.

A Tabela 1 apresenta os valores projetados da população urbana de Ponte Preta com base na metodologia adotada.

Tabela 1 - Projeção Populacional de Ponte Preta

Ano	População
2022	1.575
2023	1.591
2024	1.607
2025	1.623
2026	1.639
2027	1.655
2028	1.672
2029	1.689
2030	1.705
2031	1.723
2032	1.740
2033	1.757
2034	1.775
2035	1.792
2036	1.810
2037	1.829
2038	1.847
2039	1.865
2040	1.884
2041	1.903

Ano	População
2042	1.922
2043	1.941
2044	1.960
2045	1.980
2046	2.000
2047	2.020
2048	2.040
2049	2.060
2050	2.081
2051	2.102
2052	2.123
2053	2.144
2054	2.166
2055	2.187
2056	2.209

Fonte: Relatório de Estudos Básicos (2025)

Neste estudo, não foram consideradas zonas homogêneas, em razão da baixa população absoluta e da reduzida densidade demográfica observada na área de abrangência. Tais características inviabilizam a segmentação espacial por critérios de homogeneidade populacional ou socioeconômica.

Embora a análise de viabilidade técnica esteja direcionada à Bacia 02, foi considerada toda a população residente dentro do perímetro urbano do município de Ponte Preta. Essa abordagem visa garantir maior precisão na estimativa de demanda e assegurar que o dimensionamento do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) esteja alinhado com o potencial de atendimento da infraestrutura existente e futura.

Figura 2 - Bacias de Contribuição do SES Ponte Preta



Fonte: Elaboração própria.

Devido a horizontalidade da localidade, os poucos setores censitários existentes e a baixa população total, a divisão de população entre bacias fica melhor caracterizada pela área de cada bacia de contribuição, tendo como resultado:

- ✓ Bacia 1 – 59% da população de início de plano;
- ✓ Bacia 2 – 41% da população de início de plano.

Tabela 2 - Projeção Populacional por Bacia de Contribuição

Ano	Bacia 01	Bacia 02
2022	922	653
2023	931	660
2024	941	666
2025	950	673
2026	959	680
2027	969	686
2028	979	693
2029	989	700
2030	999	707
2031	1009	714
2032	1019	721
2033	1029	728
2034	1039	736
2035	1050	743
2036	1060	751
2037	1071	758
2038	1081	766
2039	1092	773
2040	1103	781
2041	1114	789
2042	1125	797
2043	1136	805
2044	1147	813
2045	1159	821
2046	1171	829
2047	1182	838
2048	1194	846
2049	1206	854
2050	1218	863
2051	1230	872
2052	1243	880
2053	1255	889
2054	1267	898
2055	1280	907
2056	1293	916

Fonte: Relatório de Estudos Básicos (2025)

Portanto, a população beneficiada por este estudo/projeto, será de 1.639 habitantes no ano de 2026 e de 2.209 habitantes no ano de 2056. A partir disso, a demanda de vazão do sistema foi calculada considerando um nível de atendimento de 100% da população do município.

Os seguintes coeficientes foram utilizados:

- $K_1 = 1,20$ → Coeficiente do dia de maior consumo (máximo diário);
- $K_2 = 1,50$ → Coeficiente da hora de maior consumo (máximo horário);
- $K_3 = 0,50$ → Coeficiente de reforço da hora de menor consumo;
- $C = 0,80$ → Coeficiente de retorno;
- Taxa de Infiltração = $0,0002$ l/s x m.

A taxa de infiltração adotada para Interceptores e Redes Coletoras de esgoto será de $0,0002$ l/s x m, levando em consideração a localização próxima à talvegues e locais onde o nível de água do lençol freático é mais alto.

O per capita adotado para o estudo foi de **200 l/hab x dia**. Como não existe demanda represada, o valor adotado é coerente.

Os cálculos seguem, conforme:

Vazão Média:

$$Q_{\text{méd domestica}} = \frac{P \times At \times q \times C}{86400}$$

Sendo:

- $Q_{\text{méd}}$ ⇒ Vazão média (l/s);
- P ⇒ População (hab);
- At ⇒ Índice de atendimento;
- q ⇒ Consumo per capita = 150 l/(hab. x dia);
- C ⇒ Coeficiente de retorno água/esgoto = $0,80$.

Vazão Mínima :

$$Q_{\text{mín domestica}} = Q_{\text{méd domestica}} \times K_3$$

Vazão Máxima Horária

$$Q_{\text{máx horária domestica}} = Q_{\text{méd domestica}} \times K_1 \times K_2$$

Vazão Mínima Total

$$Q_{\text{mín total}} = Q_{\text{mín domestica}} + Q_{\text{inf}}$$

Vazão Média Total

$$Q_{\text{méd total}} = Q_{\text{méd domestica}} + Q_{\text{inf}}$$

Vazão Máxima Horária

$$Q_{\text{máx horaria total}} = Q_{\text{máx horaria domestica}} + Q_{\text{inf}}$$

A seguinte tabela apresenta o resultado da evolução ano a ano para a projeção populacional de Ponte Preta.

Tabela 3 - Projeção Populacional e de Vazões

ANO	POPULAÇÃO (hab)		VAZÕES (l/s)						
	TOTAL	ATENDIDA	DOMÉSTICA			Qinfiltração	TOTAL		
			Q _{min}	Q _{média}	Q _{máx.hor}		Q _{min}	Q _{média}	Q _{máx.hor}
2026	1.639	1.639	1,52	3,04	5,46	0,05	1,57	3,08	5,51
2027	1.655	1.655	1,53	3,06	5,52	0,05	1,58	3,11	5,56
2028	1.672	1.672	1,55	3,10	5,57	0,05	1,60	3,14	5,62
2029	1.689	1.689	1,56	3,13	5,63	0,05	1,61	3,18	5,68
2030	1.706	1.706	1,58	3,16	5,69	0,05	1,63	3,21	5,73
2031	1.723	1.723	1,60	3,19	5,74	0,05	1,64	3,24	5,79
2032	1.740	1.740	1,61	3,22	5,80	0,05	1,66	3,27	5,85
2033	1.757	1.757	1,63	3,25	5,86	0,05	1,67	3,30	5,90
2034	1.775	1.775	1,64	3,29	5,92	0,05	1,69	3,34	5,96
2035	1.793	1.793	1,66	3,32	5,98	0,05	1,71	3,37	6,02
2036	1.811	1.811	1,68	3,35	6,04	0,05	1,72	3,40	6,08
2037	1.829	1.829	1,69	3,39	6,10	0,05	1,74	3,44	6,14
2038	1.847	1.847	1,71	3,42	6,16	0,05	1,76	3,47	6,20
2039	1.865	1.865	1,73	3,45	6,22	0,05	1,77	3,50	6,26
2040	1.884	1.884	1,74	3,49	6,28	0,05	1,79	3,54	6,33
2041	1.903	1.903	1,76	3,52	6,34	0,05	1,81	3,57	6,39
2042	1.922	1.922	1,78	3,56	6,41	0,05	1,83	3,61	6,45
2043	1.941	1.941	1,80	3,59	6,47	0,05	1,85	3,64	6,52
2044	1.960	1.960	1,81	3,63	6,53	0,05	1,86	3,68	6,58
2045	1.980	1.980	1,83	3,67	6,60	0,05	1,88	3,71	6,65
2046	2.000	2.000	1,85	3,70	6,67	0,05	1,90	3,75	6,71
2047	2.020	2.020	1,87	3,74	6,73	0,05	1,92	3,79	6,78
2048	2.040	2.040	1,89	3,78	6,80	0,05	1,94	3,83	6,85
2049	2.060	2.060	1,91	3,81	6,87	0,05	1,96	3,86	6,91
2050	2.081	2.081	1,93	3,85	6,94	0,05	1,97	3,90	6,98
2051	2.102	2.102	1,95	3,89	7,01	0,05	1,99	3,94	7,05
2052	2.123	2.123	1,97	3,93	7,08	0,05	2,01	3,98	7,12
2053	2.144	2.144	1,99	3,97	7,15	0,05	2,03	4,02	7,19
2054	2.165	2.165	2,00	4,01	7,22	0,05	2,05	4,06	7,26
2055	2.187	2.187	2,03	4,05	7,29	0,05	2,07	4,10	7,34
2056	2.209	2.209	2,05	4,09	7,36	0,05	2,09	4,14	7,41

Fonte: próprio autor

Estes dados de vazão já foram calculados com base na extensão total de rede coletora projetada

3 PARÂMETROS ADOTADOS

Os parâmetros adotados para este anteprojeto, além dos já apresentados no estudo populacional e de demanda, foram definidos com base nas condições específicas da zona urbana da localidade de Ponte Preta. O objetivo central do projeto é a ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), contemplando integralmente a população urbana da localidade, com atendimento desde a concepção inicial.

O projeto prevê a utilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) já implantada na Bacia 01, aproveitando a infraestrutura existente. Os efluentes coletados na Bacia 02 serão encaminhados por recalque até duas unidades de Estação Elevatória de Esgoto (EEE):

- EEE 01, localizada na porção noroeste da Bacia 02

- EEE Compacta, situada na porção oeste da área de estudo

Ambas as elevatórias foram posicionadas estrategicamente para garantir eficiência hidráulica e cobertura adequada da área urbana. A escolha da EEE Compacta se deu em função da declividade acentuada na travessia da Bacia 02, além de permitir melhor atendimento à população localizada antes da travessia, especialmente no eixo de acesso ao centro da cidade.

O corpo receptor dos efluentes tratados será mantido o mesmo utilizado atualmente, uma vez que a ETE existente será aproveitada, assim como seu emissário final, conforme diretrizes técnicas e ambientais vigentes.

A linha de recalque será implantada com instalação aérea, aproveitando a viabilidade técnica observada na lateral da base da ponte existente. Essa solução foi adotada devido à baixa viabilidade de implantação de Poço de Visita subterrâneo na travessia, considerando aspectos como:

- Diâmetro e material da tubulação
- Profundidade de escavação
- Recobrimento mínimo exigido pelas normas técnicas
- Segurança estrutural e operacional

A EEE 01, localizada a noroeste, será responsável por captar todos os efluentes provenientes da rede coletora da Bacia 02. Após o bombeamento, os efluentes serão integrados à rede existente da Bacia 01, com destino final à ETE situada na porção sudoeste do sistema, garantindo continuidade operacional e eficiência no tratamento

4 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS E LEVANTAMENTO DAS INTERFERÊNCIAS

Foram realizados levantamentos topográficos localizados com o objetivo de complementar os projetos anteriormente desenvolvidos pela empresa TSA. A análise desses dados permitiu identificar a viabilidade técnica para a implantação de uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE) compacta na região da travessia, bem como a necessidade de revisão dos pontos de instalação da rede coletora e da EEE 01, durante a fase de execução.

Essa necessidade decorre das curvas de nível e das larguras viárias previamente levantadas pela TSA, que se mostraram incompatíveis com os dados atualizados obtidos nos levantamentos localizados realizados pela FIXA Engenharia, durante a compatibilização entre os projetos.

Um dos pontos críticos identificados alvo de complementação de topografia foi a travessia sobre o curso d'água de pequeno porte, onde também foram observadas cercas e outras interferências físicas nas proximidades. Com base nessa análise, definiu-se a implantação da EEE compacta e da respectiva rede coletora nesse trecho, considerando a viabilidade técnica e a minimização de impactos.

Além das delimitações viárias e do curso hídrico mencionado, não foram identificadas interferências significativas adicionais que demandem análise detalhada nesta etapa do projeto.

5 ESTUDO DO CORPO RECEPTOR

O corpo receptor dos efluentes tratados será mantido o mesmo atualmente utilizado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) implantada na porção sudoeste do município de Ponte Preta. A ETE existente foi originalmente projetada para receber os efluentes provenientes de toda a rede coletora urbana do município, incluindo as contribuições futuras da Bacia 02.

Dessa forma, o acréscimo de vazão decorrente da ampliação do sistema para a Bacia 02 não representa impacto significativo sobre a capacidade de assimilação do corpo hídrico receptor. Considerando que a infraestrutura de tratamento e lançamento já contempla essa demanda, não se faz necessária a elaboração de novo estudo específico do corpo receptor nesta etapa do projeto.

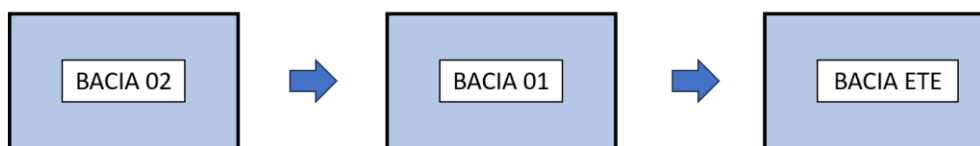
6 CONCEPÇÃO DA ALTERNATIVA DO PROJETO DE SES

A concepção das alternativas técnicas para ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da localidade de Ponte Preta foi elaborada com base nos levantamentos topográficos, estudos populacionais, análise da infraestrutura existente, viabilidade hidráulica e projeto inicialmente elaborado pela TSA.

Diante das condições identificadas, foi considerada a implantação da Estação Elevatória de Esgoto (EEE) 01 na porção noroeste da Bacia 02, bem como de uma EEE Compacta junto à travessia sobre o curso d'água existente. Ambas as unidades operam em conjunto para realizar o recalque dos efluentes até a rede coletora já implantada na Bacia 01, que conduz os esgotos até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada ao sudoeste do município.

Essa solução técnica permite o aproveitamento da infraestrutura existente, reduz a necessidade de novas intervenções em áreas sensíveis e assegura eficiência operacional com menor impacto ambiental, alinhando-se às diretrizes de sustentabilidade e racionalidade econômica do projeto.

Figura 3 - Articulação do Sistema



Fonte: FIXA Engenharia

6.1 Unidades Lineares

As unidades lineares consistem nos dispositivos correspondentes à rede coletora de esgoto, coletores de fundo e redes auxiliares. Abaixo seguem os critérios e fórmulas utilizadas no pré-dimensionamento das unidades.

6.1.1 Equações e Coeficientes adotados

Equação da Continuidade: $Q = V.A$

Equação de Manning: $V = \frac{1}{n} R^{(2/3)} I^{(1/2)}$

Equação da Tensão Trativa: $T = \gamma.R.I$

Em que:

- Q é a vazão, em l/s;
- V é a velocidade média, em m/s;
- A é a área molhada, em m²;
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning;
- R é o raio hidráulico, em m;
- I é a declividade da tubulação, em m/m;
- γ é o peso específico do líquido, em N/m³.

6.1.1.1 Vazão Mínima de dimensionamento

A tensão tangencial imposta pelo escoamento à parede do conduto é denominada de tensão trativa. O critério preconizado pela NBR n° 14.486, relacionado a essa grandeza, substitui o critério de velocidade mínima de autolimpeza. Segundo a referida norma, a tensão trativa crítica, entendendo-a como a mínima admissível, é de 0,6 Pa (Pascal) para tubos em PVC e, para tubulações em concreto armado, será adotado 1,0 Pa.

Para este estudo, adotou-se 1,0 Pa tanto para tubos de PV quanto para tubos de concreto.

6.1.1.2 Coeficiente de Rugosidade Manning

A rugosidade é a responsável pelo atrito ou a resistência da passagem do fluido pela tubulação que conduz o escoamento. A consequência da resistência ao escoamento sobre as paredes internas do tubo é a perda de pressão ou a energia distribuída ao longo dele. O coeficiente é utilizado para o cálculo da declividade mínima admissível, influenciando, por consequência, na tensão trativa. Sendo a autolimpeza da tubulação relacionada à tensão trativa, o coeficiente de rugosidade também influencia nesse fator. O coeficiente de rugosidade em uma tubulação depende de seu material, os valores utilizados no projeto são os tabelados na fórmula da Manning, sendo:

- n = 0,013: utilizado para verificação das condições de escoamento para vazões de início de plano em tubos de PVC (diâmetros inferiores a 400 mm).

6.1.1.3 Declividade Mínima Admissível

Deve ser aquela que, em função da vazão de projeto, permita atender ao critério de tensão trativa. Para 150 mm <= DN < 400 mm:

$$I_{min} = 0,0036732. Q_i^{-0,47} (m/m) \quad (\text{sendo } n = 0,010)$$

Onde:

- Q_i = vazão de início de plano, quando esta é $\geq 1,5$. Caso contrário, $Q_i = 1,5$ L/s)

Adotou-se uma declividade mínima de 0,001 m/m.

6.1.1.4 Lâmina de Água Máxima

A lâmina d'água máxima de projeto adotada foi de 75% do diâmetro da tubulação, conforme NBR n° 14.486/00, com exceção dos trechos em que a velocidade final do escoamento for superior à velocidade crítica. Para essa situação, a lâmina máxima é de 50% do diâmetro da tubulação.

6.1.1.5 Controle de Remanso

Tradicionalmente, o controle do remanso é realizado mediante um procedimento que consiste em equilibrar os níveis d'água em trechos consecutivos, mediante a introdução de degraus ou quedas nos PVs. Essa solução decorre da hipótese simplificadora correntemente adotada de que o escoamento se dá em regime uniforme. Ao equilibrar as lâminas, procura-se eliminar ou minimizar a ocorrência de remanso, aproximando o escoamento da condição de regime uniforme.

Na modelagem hidráulica, avalia cada caso conforme as implicações decorrentes das soluções alternativas a adotar, sejam elas:

- introdução de degraus nos PVs, visando eliminar ou minimizar o remanso;
- manutenção da concordância pela geratriz inferior, com aumento de diâmetro dos trechos afetados, até que se atenda ao critério de $h/D \geq 0,75$, mesmo na presença de remanso.

6.1.2 Características da Rede Coletora Projetada

As características da rede projetada foram definidas em conformidade com a Norma Brasileira para a elaboração de projetos de redes coletoras de sistemas de esgotos sanitários do tipo separador absoluto.

6.1.2.1 Diâmetros e Comprimentos

Admite-se o diâmetro mínimo de 150 mm para redes coletoras de esgoto.

Quanto aos comprimentos, tem-se como limitação para o comprimento máximo admissível o alcance do equipamento de limpeza.

6.1.2.2 Materiais e Comprimentos

Adotou-se para fins de Especificação e Orçamento, tubos de PVC Rígido e Junta Elástica para diâmetros de DN 150 mm

6.1.2.3 Recobrimentos

Em conformidade com as diretrizes de projeto e com as Normas Brasileiras de Projeto (NBR), foram adotados os seguintes valores para recobrimento mínimo:

- redes assentadas sob passeio em guia definida: 0,65 m;
- redes assentadas sob via pública pavimentada ou em greide definido: 0,90 m.

6.1.2.4 Poços de Visita

Os poços de visita foram previstos nas seguintes situações:

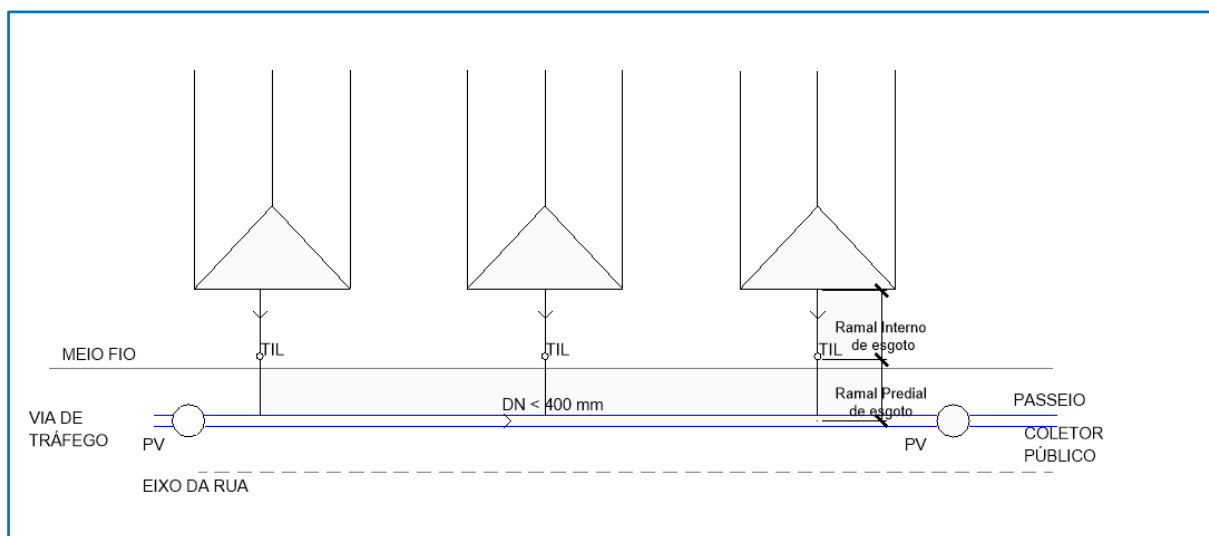
- nas cabeceiras da rede;
- nas mudanças de direção;
- nas mudanças de declividade;
- nas mudanças de diâmetro;
- nos pontos em degrau da rede.

O PV a ser utilizado em coletores localizados no passeio ou em via pública deverá ser previsto em todas as singularidades da rede coletora.

6.1.2.5 Ligações Prediais

A ligação predial será do tipo simples, com ligação domiciliar individual para cada lote. No caso da rede posicionada na via, será feita uma inspeção utilizando um TIL de PVC ou uma caixa de calçada para inspeção, caso a rede esteja posicionada na calçada, a ligação será direta dispensando a inspeção. A abaixo mostra uma planta esquemática da ligação.

Figura 4 – Ligação predial do tipo simples



Fonte: FIXA Engenharia

6.1.2.6 Planilhas de Pré-Dimensionamento

Neste item são apresentadas as planilhas de dimensionamento da rede coletora de esgoto das bacias do SES Ponte Preta, objeto do presente projeto revisado. Abaixo segue o quadro resumo da RCE projetada.

Tabela 4 - Resumo das tubulações da rede coletora

Bacia	DN 150 mm
2	2.237,05

Fonte: FIXA Engenharia



As planilhas completas com o pré-dimensionamento das unidades lineares estão no Anexo A. O pré-dimensionamento das redes coletoras foi feito através do *software* SANCAD, referência na área.

6.1.2.7 Planilha de Dimensionamento da Rede Coletora

6.1.2.7.1 Bacia 02

coletor	pv_mont	pv_jus	comp	ct_mont	ct_jus	cc_mont	cc_jus	na_mon	na_jus	prof_mont	prof_jus	diam	decliv	q_con_ini	q_con_fim	vazao_ini	vazao_fim	vel_ini	vel_fim	vel_cri	trativa	lam_ini	lam_fim	obs
010-001	B2.1-034	B2.1-035	89,18	567,112	564,809	566,062	563,759	566,088	563,785	1,05	1,05	150	0,02582	0	0	0,1199	0,1664	0,77	0,77	2,34	3,989	0,17	0,17	
010-002	B2.1-035	B2.1-036	74,27	564,809	563,943	563,759	562,893	563,789	562,923	1,05	1,05	150	0,01166	0	0	0,2198	0,3049	0,58	0,58	2,55	2,147	0,2	0,2	
010-003	B2.1-036	B2.1-037	22,15	563,943	563,85	562,893	562,792	562,932	562,831	1,05	1,058	150	0,00456	0	0	0,2496	0,3462	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
010-004	B2.1-037	B2.1-038	33,27	563,85	562,75	562,792	561,7	562,816	561,724	1,058	1,05	150	0,03282	0	0	0,2943	0,4083	0,83	0,83	2,27	4,807	0,16	0,16	
010-005	B2.1-038	B2.1-039	78,36	562,75	562,32	561,7	561,27	561,738	561,308	1,05	1,05	150	0,00549	0	0	0,3997	0,5545	0,44	0,44	2,77	1,192	0,25	0,25	
010-006	B2.1-039	B2.1-040	49,82	562,32	562	561,27	560,95	561,306	560,986	1,05	1,05	150	0,00642	0	0	0,4667	0,6474	0,47	0,47	2,72	1,347	0,24	0,24	
010-007	B2.1-040	B2.1-022	45,78	562	561,938	560,95	560,742	560,989	560,781	1,05	1,196	150	0,00454	0	0	0,5283	0,7328	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	DG 0.156
009-001	B2.1-033	B2.1-019	98,75	562	561,1	560,95	560,05	560,983	560,083	1,05	1,05	150	0,00911	0	0	0,1328	0,1842	0,53	0,53	2,62	1,771	0,22	0,22	DG 0.462
008-001	B2.1-029	B2.1-030	44,83	567,75	565	566,7	563,95	566,721	563,971	1,05	1,05	150	0,06134	0	0	0,0603	0,0836	1,04	1,04	2,12	7,812	0,14	0,14	
008-002	B2.1-030	B2.1-031	25,8	565	563	563,95	561,95	563,97	561,97	1,05	1,05	150	0,07752	0	0	0,095	0,1317	1,13	1,13	2,07	9,367	0,13	0,13	
008-003	B2.1-031	B2.1-032	25,7	563	561,85	561,95	560,8	561,973	560,823	1,05	1,05	150	0,04475	0	0	0,1296	0,1796	0,93	0,93	2,2	6,116	0,15	0,15	
008-004	B2.1-032	B2.1-024	72,57	561,85	562	560,8	560,47	560,839	560,509	1,05	1,53	150	0,00455	0	0	0,2272	0,315	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
007-001	B2.1-025	B2.1-026	55,29	567	563	565,95	561,95	565,97	561,97	1,05	1,05	150	0,02735	0	0	0,0743	0,1031	1,1	1,1	2,08	8,879	0,13	0,13	
007-002	B2.1-026	B2.1-027	20,67	563	562,5	561,95	561,45	561,976	561,476	1,05	1,05	150	0,02419	0	0	0,1021	0,1417	0,75	0,75	2,35	3,791	0,17	0,17	
007-003	B2.1-027	B2.1-028	46,86	562,5	561,5	561,45	560,45	561,477	560,477	1,05	1,05	150	0,02134	0	0	0,1651	0,2291	0,72	0,72	2,39	3,439	0,18	0,18	
007-004	B2.1-028	B2.1-006	79,72	561,5	561	560,45	559,95	560,486	559,986	1,05	1,05	150	0,00627	0	0	0,2723	0,3778	0,46	0,46	2,73	1,322	0,24	0,24	DG 0.415
006-001	B2.1-023	B2.1-024	94,41	563	562	561,95	560,95	561,982	560,982	1,05	1,05	150	0,01059	0	0	0,127	0,1761	0,56	0,56	2,58	1,992	0,21	0,21	DG 0.480
006-002	B2.1-024	B2.1-018	68,15	562	561,625	560,47	560,16	560,509	560,199	1,53	1,465	150	0,00455	0	0	0,4458	0,6182	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	DG 0.261
005-001	B2.1-020	B2.1-021	97,18	562,5	561,85	561,45	560,8	561,485	560,835	1,05	1,05	150	0,00669	0	0	0,1307	0,1813	0,48	0,48	2,71	1,391	0,23	0,23	
005-002	B2.1-021	B2.1-022	47,06	561,85	561,938	560,8	560,586	560,839	560,625	1,05	1,352	150	0,00455	0	0	0,194	0,2691	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
005-003	B2.1-022	B2.1-017	56,16	561,938	563,15	560,586	560,33	560,625	560,369	1,352	2,82	150	0,00456	0	0	0,7978	1,1067	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
004-001	B2.1-015	B2.1-016	65,74	564,15	563,05	563,1	562	563,129	562,029	1,05	1,05	150	0,01673	0	0	0,0884	0,1226	0,66	0,66	2,45	2,845	0,19	0,19	
004-002	B2.1-016	B2.1-017	87,12	563,05	563,15	562	561,604	562,039	561,643	1,05	1,546	150	0,00455	0	0	0,2055	0,2851	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	TQ 1.274
004-003	B2.1-017	B2.1-018	94,62	563,15	561,625	560,33	559,899	560,369	559,938	2,82	1,726	150	0,00456	0	0	1,1305	1,5683	0,41	0,42	2,85	1,029	0,26	0,26	
004-004	B2.1-018	B2.1-019	71,94	561,625	561,1	559,899	559,588	559,949	559,638	1,726	1,512	150	0,00432	0	0	1,673	2,3207	0,42	0,46	3,12	1,035	0,28	0,33	
004-005	B2.1-019	B2.1-006	12,72	561,1	561	559,588	559,535	559,641	559,588	1,512	1,465	150	0,00417	0	0	1,8229	2,5286	0,42	0,47	3,19	1,041	0,29	0,35	
003-001	B2.1-014	B2.1-003	83,66	564,63	563,475	563,58	562,425	563,61	562,455	1,05	1,05	150	0,01381	1	1	1,1125	1,1561	0,61	0,61	2,5	2,45	0,2	0,2	TQ 0.984
002-001	B2.1-007	B2.1-008	44	575	574	573,95	572,95	573,976	572,976	1,05	1,05	150	0,02273	0	0	0,0592	0,0821	0,73	0,73	2,37	3,612	0,17	0,17	
002-002	B2.1-008	B2.1-009	88,53	574	570,5	572,95	569,45	572,973	569,473	1,05	1,05	150	0,03953	0	0	0,1782	0,2472	0,89	0,89	2,23	5,554	0,15	0,15	
002-003	B2.1-009	B2.1-010	44,36	570,5	567,75	569,45	566,7	569,471	566,721	1,05	1,05	150	0,06199	0	0	0,2378	0,3299	1,04	1,04	2,12	7,876	0,14	0,14	
002-004	B2.1-010	B2.1-011	34,71	567,75	565,5	566,7	564,45	566,72	564,47	1,05	1,05	150	0,06482	0	0	0,2845	0,3946	1,06	1,06	2,11	8,154	0,13	0,13	
002-005	B2.1-011	B2.1-012	19,65	565,5	564,5	564,45	563,45	564,471	563,471	1,05	1,05	150	0,05089	0	0	0,3109	0,4313	0,97	0,97	2,17	6,758	0,14	0,14	
002-006	B2.1-012	B2.1-013	37,57	564,5	564,633	563,45	563,279	563,489	563,318	1,05	1,354	150	0,00455	0	0	0,3614	0,5014	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
002-007	B2.1-013	EEE COMP.	2,97	564,633	564,633	563,279	563,265	563,318	563,304	1,354	1,368	150	0,00471	0	0	0,3654	0,5069	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	FIM
001-001	B2.1-001	B2.1-002	63,5	564	562,85	562,95	561,8	562,977	561,827	1,05	1,05	150	0,01811	0	0	0,0854	0,1185	0,68	0,68	2,43	3,026	0,18	0,18	
001-002	B2.1-002	B2.1-003	78,84	562,85	563,475	561,8	561,441	561,839	561,48	1,05	2,034	150	0,00455	0	0	0,1914	0,2656	0,41	0,41	2,83	1,029	0,26	0,26	
001-003	B2.1-003	B2.1-004	69,34	563,475	562,065	561,441	561,015	561,477	561,051	2,034	1,05	150	0,00614	0	0	1,3971	1,551	0,46	0,47	2,76	1,301	0,24	0,24	
001-004	B2.1-004	B2.1-005	49,57	562,065	561,433	561,015	560,383	561,047	560,415	1,05	1,05	150	0,01275	0	0	1,4638	1,6435	0,6	0,61	2,58	2,302	0,2	0,21	
001-005	B2.1-005	B2.1-006	58,65	561,433	561	560,383	559,95	560,421	559,988	1,05	1,05	150	0,00738	0	0	1,5427	1,7529	0,5	0,52	2,77	1,521	0,23	0,25	DG 0.415
001-006	B2.1-006	EEE 01	2,76	561	561	559,535	559,53	559,615	559,607	1,465	1,473	150	0,0029	0	0	3,6416	4,6644	0,46	0,49	3,71	1,068	0,46	0,53	FIM

6.1.2.8 Pontos de Atenção na Rede Coletora

A rede coletora projetada para o Município de Ponte Preta não apresentou pontos críticos relevantes quanto à sua implantação. A profundidade média das tubulações é considerada rasa, o que favorece a execução e reduz interferências com infraestruturas existentes.

Entretanto, recomenda-se atenção especial aos trechos relacionados às Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), principalmente no que se refere à compatibilização com a linha de chegada da recalque. Essa verificação é essencial para garantir o correto funcionamento hidráulico do sistema, evitar contrapressões e assegurar a eficiência do bombeamento.

6.2 Estações Elevatórias de Esgoto e Linha de Recalque

Não existem estações elevatórias de esgoto instaladas atualmente em Ponte Preta. No total, foram projetadas duas estações elevatórias de esgoto novas.

As elevatórias previstas na revisão do projeto foram concebidas de forma a transportar o esgoto das partes baixas da bacia hidrossanitária até um ponto de cota mais elevada. A concepção da estação elevatória de esgoto (EEE) foi feita associada a definição do *layout* da rede coletora de esgoto, atendendo não somente a norma NBR 12208 NB 569 (1992).

Estas elevatórias foram projetadas utilizando-se de equipamentos eletromecânicos e métodos construtivos de forma que os custos sejam racionalizados e a operação se dê com máxima eficiência, sendo os critérios e fórmulas do pré-dimensionamento apresentados a seguir.

Foram apresentados neste dois tipos de elevatórias diferentes convencionais:

- Tipo 1 - Elevatória completa, do tipo simplificada, atendendo as baixas vazões, como são as características do projeto de Ponte Preta, contendo três poços no total;
- Tipo 2 - Elevatória compacta, com um único poço;

Os tipos de elevatória são descritos conforme as unidades a seguir.

6.2.1 Elevatória 01

A elevatória é composta por quatro poços, sendo o um poço de visita, um poço de gradeamento e um poço de sucção, as unidades que compõe a elevatória estão descritas a seguir:

6.2.1.1 PV de chegada

O PV de chegada da elevatória será o último PV do coletor tronco da rede coletora, logo antes de acessar a elevatória, o PV será no mesmo padrão de um PV comum de rede coletora.

6.2.1.2 Poço de Gradeamento

Concebido para, por gravidade, reter os sólidos grosseiros e conduzir o esgoto bruto com maior segurança até o poço de sucção e permitir o seu isolamento. Foi previsto para ser executado em formato de aduela circular de concreto armado, moldada in loco, com diâmetro igual a 1,5m, contendo os seguintes equipamentos:

Válvula de manobra: instalada junto à tubulação de interligação ao poço de chegada, permite o seu isolamento em caso de eventual manutenção;

Cesto içável metálico: junto à tubulação de saída está prevista a instalação de um cesto metálico dotado de malha em aço inox 316 para a remoção de sólidos grosseiros, evitando assim que estes cheguem às bombas e prejudiquem seu funcionamento. O espaçamento da malha está associado à capacidade de passagem de sólidos da bomba instalada, seguindo dados de fabricantes serão adotados aqui os seguintes critérios. Para potências de até 2 cv a malha do cesto deve permitir a passagem de sólidos com até 38 mm de diâmetro, para potências maiores é padronizado a utilização de malhas com a capacidade de reter sólidos com diâmetros maiores que 50 mm;

Acesso: este poço foi concebido para ser acessado através de um tampão em ferro fundido instalado na laje superior;

6.2.1.3 Poço de Sucção

Poço responsável por abrigar as bombas submersíveis e permitir o amortecimento dos picos de vazão proveniente da rede coletora através de seu volume útil. Foi previsto para ser executado em formato de aduela circular de concreto armado, moldada in loco, sendo o seu diâmetro de 1,60 metros. Este poço contém os seguintes equipamentos:

Conjunto motobomba: as duas bombas a serem instaladas são do tipo submersível, com acionamento controlado por chave boia, e deverão operar individualmente, sendo um grupo de reserva. Está prevista a instalação de mecanismos de fixação e içamento manual da bomba, através de corrente, tubo guia e dispositivo de conexão rápida. Tanto o corpo quanto o rotor devem ser construídos em ferro fundido.

Extravasor: para os casos de parada emergencial ou eventual aporte de vazões não previstas, está projetada a instalação de tubulação de pvc, interligando o poço a rede de drenagem mais próxima, evitando que haja transbordamento de esgoto bruto.

Paredes: em todo o perímetro da laje de fundo deverão ser executados chanfros com inclinação de 60° no sentido da sucção da bomba, de forma a evitar a deposição de materiais sólidos e facilitar eventuais limpezas;

Laje superior e acesso: a laje superior deverá ser moldada in loco, sendo a entrada para o poço feita por um orifício dotado de tampa de concreto.

6.2.1.4 Câmara de Manobras

Estrutura de formato prismático de base retangular, a ser moldada in loco, em concreto armado para abrigar as válvulas de manobra e retenção. Neste poço ainda está contida uma válvula para permitir a descarga da linha de recalque, para ser operada em eventuais necessidades de manutenção ou limpeza.

6.2.2 Elevatória Compacta

A elevatória trata-se de unidade compacta, simplificada, com um poço único existente, responsável pela chegada sucção, bombeamento e manobra. Ele possui as seguintes características:

Poço responsável por abrigar as bombas submersíveis e permitir o amortecimento dos picos de vazão proveniente da rede coletora através de seu volume útil. Foi previsto para ser executado em formato de aduela circular em concreto armado, pré-moldado, sendo o seu diâmetro de 1,20 metros. Este poço contém os seguintes equipamentos:

Conjunto motobomba: As duas bombas a serem instaladas são do tipo submersível, com acionamento controlado por chave boia, e deverão operar individualmente, sendo um grupo

de reserva. Está prevista a instalação de mecanismos de fixação e içamento manual da bomba, através de corrente, tubo guia e dispositivo de conexão rápida. Tanto o corpo quanto o rotor devem ser construídos em Ferro Fundido. A bomba deve possuir triturador.

Esse poço possui algumas válvulas e equipamentos operacionais.

Laje Superior e Acesso: A laje superior deverá ser moldada in loco, sendo a entrada para o poço feita por um orifício dotado de tampa de concreto.

6.2.3 Resultados do Pré-Dimensionamento das Elevatórias

As linhas de recalque, a nível de pré-dimensionamento, foram dimensionadas pela Fórmula de Bresse. Todas as linhas de recalque foram projetadas em PEAD, aproveitando que esse tipo de tubulação possui ótimo desempenho na questão de transientes hidráulicos e ótima flexibilidade, evitando um número excessivo de blocos de ancoragem, verticais e horizontais.

6.2.3.1 EEE-01

- Vazão Média Início de Plano (2026): 2,428 L/s
- Vazão Máxima Horária Final de Plano (2056): 4,66 L/s
- Vazão de Bombeamento: 4,66 L/s
- AMT: 12,50mca
- Potência: 3,00cv
- Extensão da Linha de Recalque: 348,99 m
- Diâmetro da Linha de Recalque Adotado: 90 mm
- Material da Linha de Recalque: PEAD
- Localização da Elevatória: X: 353013.233; Y: 6940116.501

6.2.3.2 EEE-Compacta

- Vazão Média Início de Plano (2026): 0,244 L/s
- Vazão Máxima Horária Final de Plano (2056): 0,51 L/s
- Vazão de Bombeamento: 1,00 L/s
- AMT: 5,00 mca
- Potência: 1,00 cv
- Extensão da Linha de Recalque: 77,73 m
- Diâmetro da Linha de Recalque Adotado: 50 mm
- Material da Linha de Recalque: PEAD
- Localização da Elevatória: X: 352781.518; Y: 6939939.268

6.2.4 Resultado e Análise das Linhas de Recalque

Os diâmetros das linhas de recalque das elevatórias denominadas EEE 1 e EEE Compacta, apresentadas no item anterior, tiveram o seu diâmetro inicial calculado pela fórmula de Bresse,

adotando-se um diâmetro comercial imediatamente superior. Inicialmente, adotaram-se todas as tubulações em PEAD, devido à sua capacidade de curvatura, bom custo benefício e baixa rugosidade e baixa necessidade de conexões e, portanto, de blocos de ancoragem, gerando economia.

Buscou-se sempre uma velocidade de recalque entre 0,70 e 1,00 m/s, sendo esta uma velocidade eficiente, que prioriza o baixo custo energético ao longo do tempo, uma menor perda de carga e portanto um GMB escolhido com maior eficiência e de menor custo.

As características das linhas de recalque calculadas são as seguintes:

6.2.4.1 Linha de Recalque EEE 01

- Vazão de Bombeamento: 4,66 L/s;
- Tubulação adotada: PEAD DE 90 mm;
- Velocidade calculada: 1,01m/s;

Este diâmetro adotado segue a diretriz de eficiência de bombeamento prevista, com baixa perda de carga sem levar a instalação de uma tubulação superdimensionada, que geraria custos extra de implantação.

6.2.4.2 Linha de Recalque EEE Compacta

- Vazão de Bombeamento: 1,00 L/s;
- Tubulação adotada: PEAD DE 50 mm;
- Velocidade calculada: 0,70 m/s;

Este diâmetro adotado segue a diretriz de eficiência de bombeamento prevista, com baixa perda de carga sem levar a instalação de uma tubulação superdimensionada, que geraria custos extra de implantação.

6.2.5 Verificação do Local das EEEs

Os locais escolhidos para as EEEs devem ser verificados após a realização das investigações do subsolo, feitas através de sondagens do tipo SPT.

6.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 5 – Localização da EEE - Compacta



Fonte: FIXA Engenharia

Figura 6 – Localização da Linha de Recalque aérea



Fonte: FIXA Engenharia

Figura 7 - Terreno da EEE-01



Fonte: FIXA Engenharia

7 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DAS ALTERNATIVAS DE PROJETO

A análise socioambiental das alternativas de projeto, composta pelo Relatório Social e pelo Relatório Ambiental, em suas fases iniciais, ficam sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ponte Preta

8 TRAVESSIA – PONTE DE CONCRETO

Como parte dos levantamentos topográficos complementares, foi realizada a análise da travessia sobre a Ponte Três de Outubro, localizada no traçado da rede coletora da Expansão 2. Essa rede é responsável por conduzir o esgoto sanitário até a Estação Elevatória de Esgoto (EEE) Compacta, situada na Rua João Augustini.

O levantamento identificou que a ponte possui extensão aproximada de 21,60 metros, na qual se analisou a viabilidade da instalação da Linha de Recalque, considerando aspectos como fixação, proteção mecânica e acessibilidade para manutenção.

Figura 8 - Local da Ponte Três de Outubro



Fonte: FIXA Engenharia

A ponte está situada sobre um curso d'água de pequeno porte, apresentando aproximadamente 21,60 metros de comprimento e 4,00 metros de largura, conforme levantamento topográfico realizado no local.

A linha de recalque será instalada no lado direito da ponte, no sentido da Estação Elevatória Compacta (EEE Compacta). Nesse ponto, há um espaço mais amplo que facilita a instalação dos acessórios necessários para a travessia. Optou-se pela instalação fixa da tubulação em PEAD, utilizando abraçadeiras apoiadas em mãos francesas fixadas na estrutura da ponte. Essa solução foi viabilizada pela base da ponte ser em concreto, capaz de suportar o peso reduzido do tubo de PEAD.

8.1.1 Características Gerais da Travessia

- Localização: Rua João Augustini, trecho 7 do coletor 2
- Produto Transportado: Esgoto bruto
- Método Construtivo: Travessia aérea com tubulação apoiada em mãos francesas fixadas na lateral da base da ponte. A fixação da tubulação será feita por meio de abraçadeiras em aço galvanizado.

8.1.2 Determinação do Espaçamento Máximo entre Apoios

O espaçamento máximo entre apoios foi definido com base no Manual de Boas Práticas da ABPE, elaborado pelo Engenheiro José Roberto B. Danieletto, atualizado em 2021. Para este projeto, foram consideradas as condições operacionais mais desfavoráveis, como a exposição direta da tubulação ao sol, podendo atingir temperaturas de até 60 °C, e a operação com seção plena, com o líquido interno a até 50 °C, devido ao aquecimento do tubo. Assim, o espaçamento foi dimensionado levando em conta o peso próprio da tubulação e os efeitos da dilatação térmica.

O espaçamento máximo devido ao peso próprio pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\ell = 0,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{E \cdot (DE^4 - DI^4)}{q}}$$

Onde:

ℓ : comprimento máximo entre apoios, em cm;

E : módulo de elasticidade da tubulação, em função da temperatura de operação, adotado 1000 kgf/cm²,

DE : diâmetro externo da tubulação, em cm, PEAD DE 50;

DI : diâmetro interno da tubulação, em cm, 4,2 cm para o caso do PEAD DE 50 SDR 11;

q : carga linear, em kgf/cm, adotado 0,00555 kgf/cm para o tubo, conforme catálogos disponíveis, e 0,01385 kgf/cm para o líquido transportado, para um total de 0,01940 kgf/cm.

Para esse caso tem-se:

$$\ell = 216,62 \text{ cm}$$

Já o espaçamento máximo em função da dilatação térmica pode ser calculado por:

$$\ell = 0,357 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{DE^2 + DI^2}{\alpha \cdot \Delta T}}$$

Onde:

ℓ : comprimento máximo entre apoios, em m;

DE : diâmetro externo da tubulação, em mm, PEAD DE 50;

DI : diâmetro interno da tubulação, em mm, 42 mm para o caso do PEAD DE 50 SDR 11;

α : coeficiente de dilatação linear, em K⁻¹, adotado 0,0002 K⁻¹;

ΔT : diferença de temperatura entre o tubo e o líquido, em K, calculado por:

$$\Delta T = |0,9 \cdot T_{op} - T_{inst}|, \text{ com } T_{op} = 20 \text{ }^\circ\text{C e } T_{inst} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 34 \text{ K}$$

Tem-se então:

$$\ell = 5,97 \text{ m}$$

O espaçamento máximo entre suportes não deve ser superior a 216,62 cm, adotou-se conservadoramente espaçamento de 150 cm entre cada suporte.

8.1.2.1 Carga suportada por cada apoio

A carga máxima a ser suportada pode ser calculada por:

$$P = q \cdot \ell = 1,94 \text{ kgf/m} \cdot 1,5 \text{ m} = 2,91 \text{ kgf}$$

Considerando o espaçamento adotado de 1,50 m, a carga vertical que cada abraçadeira deve suportar é de 2,91kgf, resistindo à força axial de 270,94kgf.

$$F_p = v \cdot \sigma_o \cdot A$$

$$(\sigma_o): \frac{18,75 \cdot (11 - 1)}{2} = 93,75 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A = \pi \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4} = \pi \cdot e \cdot (D - e) \text{ cm}^2$$

$$F_p = 0,5 \cdot 93,75 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 5,78 \text{ cm}^2$$

$$F_p \approx 270,94 \text{ kgf}$$

8.1.2.2 Proteção contra raios UV

De acordo com o Manual de Boas Práticas da ABPE os tubos de polietileno preto, que é o caso do PE 100, apresentam excelente resistência aos raios UV, tendo vida útil superior a 50 anos mesmo em instalações aéreas. Deste modo não se faz necessário prever medidas de proteção da tubulação contra raios UV.

O tubo instalado nessa travessia obrigatoriamente deve atender a norma de Tubos de Polietileno PE ABPE/E001 que determina as normas e obrigações para condições de trabalho de temperaturas de até 50 °C, que é o caso.

Especificamente, estes tubos devem atender ao item 4.2.4 desta normativa, que cita:

“Os compostos pretos aditivados com (2,5 +/-0,5)% de negro de fumo na massa do composto possuem excelente residência aos raios UV, sendo indicados para aplicações expostas ao tempo.”.

Ademais, na entrega destes tubos, a fabricante que fornecer os tubos pretos de PEAD devem obrigatoriamente fornecer também certificado que constate que os tubos pretos foram feitos dentro das normativas supracitadas, além de atender o item 4.2.6 de mesma norma, que determina:

“O composto e o tubo devem ser submetidos aos ensaios de determinação de teor de Negro de Fumo para comprovar a quantidade deste em sua massa, conforme abpe/M010.”.

8.1.2.3 Largura total da travessia

A travessia terá largura linear de 21,60 metros dos 77,73 metros da linha de recalque, considerando a distância entre a saída da EEE Compacta e a entrada do poço de visita de jusante.

8.1.2.4 Justificativa técnica de projeto

Existe a necessidade técnica de transportar o esgoto sanitário da EEE Compacta até o PV B2.1-014 e, neste trajeto, existe uma ponte para atravessar um córrego.

8.1.2.5 Necessidade de Aprovação em Órgão Específico

Se trata de córrego dentro de zona urbana municipal, dentro de rua municipal, não há a necessidade de autorização em órgão específico além de ambiental.

8.1.2.6 Peças gráficas

A travessia e corte detalhado estão constantes na prancha 08_Travessia

9 ANEXOS

ANEXO A – Dimensionamento da Rede Coletora

ANEXO B – Dimensionamento das Estações Elevatórias de Esgoto

ANEXO C – Peças Gráficas

10 BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário: procedimento.** ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico.** Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC.** Rio de Janeiro, 2000.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados** do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>.

ALÉM SOBRINHO, Pedro; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** APA. Além Sobrinho, P., & Tsutiya, M. T. (2000).

Termo de Referência do edital 01-2019.

IN015-OBP01 - 00 - Diretrizes para Projeto Executivo de Rede Coletora de Esgoto.

B. Danieletto, José Roberto. **Manual de Boas Práticas. 2021:** <https://www.abpebrasil.com.br/cartilha/completo.pdf>.