

## **ANÁLISE DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO PARA A PRAIA DO CABO DE SANTA MARTA EM LAGUNA - SC**

Aline Tramontin (1), Nestor Back (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)aline\_tramontin@hotmail.com, (2)nrbk@unesc.net

### **RESUMO**

A má disposição dos resíduos provenientes do esgoto sanitário vem ocasionando uma série de prejuízos ao meio ambiente. São inúmeras as doenças que podem ser transmitidas quando não existe a disposição adequada do esgoto. Sendo assim, o presente artigo estabelece o condão de apresentar uma proposta de rede coletora de esgoto para a região da Praia do Cabo de Santa Marta, conhecida popularmente como Prainha, situada em Laguna, que atenda às necessidades da população e solucione os problemas causados pelos dejetos que são lançados no mar sem tratamento. Através do levantamento topográfico da região, foi delimitada a área de atendimento do projeto e foi elaborado o traçado da rede coletora, sempre obedecendo os limites estabelecidos para cada parâmetro do projeto, e visando atender todos os domicílios presentes na área delimitada. Devido ao relevo do local, a rede foi dividida em três partes, sendo necessário o aumento do diâmetro da tubulação em alguns pontos para melhorar valores de tensão trativa e velocidade máxima, sendo que em alguns trechos observou-se que mesmo com o aumento do diâmetro houve a necessidade de utilização de dissipadores de energia para redução de velocidade de escoamento. Encontrou-se também a necessidade de transposição de cotas no projeto, que seriam solucionadas com a utilização de duas estações elevatórias. Os custos para a implantação de um projeto deste porte, embora não mensurados no presente artigo, podem ser previstos como bastante elevados se comparados a uma rede construída em um terreno mais plano, mas a Praia do Cabo de Santa Marta é um ponto turístico com natureza exuberante que vem se degradando com o tempo pela poluição gerada pelo esgoto depositado na praia. Com a realização deste projeto, mais de 8520m de rede de coleta seriam construídos e mais de 600 residências seriam atendidas. Além dos benefícios gerados à saúde da população e ao meio ambiente, que são pontos prioritários, a recuperação deste ponto turístico pode contribuir para o crescimento da economia local e para o desenvolvimento ordenado da região.

*Palavras-Chave: rede coletora, esgoto sanitário, dimensionamento.*

## 1. INTRODUÇÃO

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Geralmente, o esgoto não tratado contém muitos transmissores de doenças, micro-organismos, resíduos tóxicos e nutrientes que provocam o crescimento de outros tipos de bactérias, vírus ou fungos.

Os destinos do esgoto doméstico são, normalmente, cursos de água, lagos, o oceano ou o solo, mas o esgoto deve estar convenientemente preparado para este fim. Os sistemas de coleta e tratamento de esgotos são importantes para a saúde pública, porque evitam a contaminação e transmissão de doenças, além de preservar o meio ambiente. Atualmente, apesar de várias cidades brasileiras já contarem com estações de tratamento de esgoto, a grande maioria não coleta e não trata seus esgotos. O crescimento populacional do país, principalmente das áreas litorâneas, resultou em algumas cidades com ocupação desordenada e sem disposição adequada do esgoto sanitário. E enquanto o problema não é solucionado, com o passar do tempo, esse crescimento agrava cada vez mais a situação, uma vez que há uma relação direta entre o aumento populacional e o aumento no volume de esgoto produzido.

Em virtude disso, a qualidade das águas costeiras vem sofrendo um grande processo de degradação, pois o lançamento de esgotos domésticos que escoam para as praias, muitas vezes é feito sem qualquer tratamento, tornando impróprios os locais para banho, exalando um forte odor, prejudicando a fauna e flora marinha, e prejudicando o turismo, o que afeta economicamente as cidades.

Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado nos corpos d'água sem receber um prévio tratamento, pode-se esperar sérios prejuízos à qualidade desta água. Segundo Nuvolari (2003):

“Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática; exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo contato ou consumo com essa água”.

O tratamento dos efluentes visa manter a qualidade da água dos corpos receptores, evitando a poluição do solo e mananciais de abastecimento de água, permitindo a utilização desta água sem riscos à saúde da população. Visa, também, evitar o contato de vetores com as fezes, garantir a sobrevivência dos seres de vida aquática e manter os aspectos estéticos que estão relacionados com a qualidade de vida da população, propiciando a promoção de novos hábitos de higiene, promovendo conforto e senso estético.

No caso da Praia do Cabo de Santa Marta, popularmente conhecida como Prainha, situada no município de Laguna, a 131 km ao sul de Florianópolis e local de estudo do presente artigo, o tratamento de influentes contribuiria também com o turismo, uma vez que é nesta praia que se encontra o Farol de Santa Marta, importante ponto turístico de Santa Catarina.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um projeto de rede de coleta para o esgoto doméstico na região da Praia do Cabo de Santa Marta, atendendo as necessidades da população residente na região, favorecendo o comércio e o turismo local.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os métodos de pesquisa adotados para o desenvolvimento do trabalho foram pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa documental foi realizada através da obtenção de dados com a prefeitura e órgãos municipais e visou coletar dados que foram utilizados para o dimensionamento da rede coletora de esgoto.

Após a realização da pesquisa, foi realizado o dimensionamento da rede coletora.

O traçado da rede foi baseado na declividade do terreno mantendo o escoamento por gravidade, em trechos retos, sendo que para cada mudança de direções foi projetado um poço de visita (PV). Ainda foram observadas as recomendações de Crespo (2001) de atender todos os usuários por um coletor de rua e de que nenhum usuário seja atendido por mais de um coletor de rua. Porém, no caso estudado devido ao relevo íngreme e à ocupação desordenada da região, em alguns casos os

usuários serão atendidos por mais de um coletor, mas isso ocorreu para assegurar que nenhum usuário ficasse sem atendimento.

Foi confeccionada uma planilha de cálculos com todas as fórmulas necessárias para um dimensionamento eficiente e completo da rede coletora, como vazões, declividades, diâmetro dos coletores, velocidade máxima e crítica, fator hidráulico, relação  $h/D$  e tensão trativa, além de outras fórmulas necessárias para a obtenção dos resultados.

Tudo foi dimensionado visando manter a movimentação do líquido na rede a todo instante, evitando a deposição de sólidos, formação de *escumas* e geração de maus odores.

Os cálculos foram realizados e os parâmetros foram adotados seguindo as diretrizes da norma brasileira (NBR 9649, 1986) que determina a profundidade mínima do coletor ao fixar o cobrimento mínimo das tubulações de esgoto, que é considerada entre a geratriz superior do tubo e a cota da superfície, sendo esta de 65 cm sob o passeio e 90 cm sob o leito da rua. Como grande parte das ruas é irregular, e não existem informações precisas a cerca de tubulações já existentes, considerou-se 90 cm para todos os casos, pois pode haver a necessidade de mudanças durante a execução para transposição de obstáculos. Esse recobrimento serve para proteção da tubulação contra cargas externas na superfície do terreno.

Quanto à profundidade máxima, o fator limitante é o custo de implantação, sendo que se limitou a 4,0 m, tanto em função dos equipamentos necessários, quanto em função do total de cargas que se acumula sobre a tubulação, lembrando que é sempre importante consultar o fabricante dos tubos para verificar a capacidade máxima de suporte dos mesmos, evitando amassamento e estrangulamento das tubulações.

A rede foi dimensionada pelo método da tensão trativa, considerando que o escoamento acontece como conduto livre e o material da rede coletora é PVC. Para cada lote ou residência, previu-se uma ocupação de 5 habitantes, foi estipulado coeficiente de retorno de 80% e consumo de  $200 \text{ l.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , conforme recomendado pelo código de obras de Laguna e a NBR 9649, 1986.

Sendo assim, a vazão de distribuição foi calculada através da seguinte fórmula:

$$q_d = \frac{K_1 K_2 K_3 P Q}{86400 L} + q_i \quad \text{equação (1)}$$

Em que:  $q_d$ : vazão de distribuição ( $\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ );  
 $K_1$ : Coeficiente do dia de maior contribuição = 1,20;  
 $K_2$ : Coeficiente da hora de maior contribuição = 1,50;  
 $K_3$ : Coeficiente de retorno = 0,80;  
 $q_i$ : Vazão unitária de infiltração ( $0,0005 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ );  
 $L$ : Extensão total da rede (m);  
 $P$ : População total atendida (hab);  
 $q$ : Contribuição per capita =  $200 \text{ l.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

Para cálculo da velocidade máxima e velocidade crítica, utilizaram-se as equações 2 e 3:

$$V_{\text{máx}} = 15,8422 Q^{0,25} I^{0,375} \quad \text{equação (2)}$$

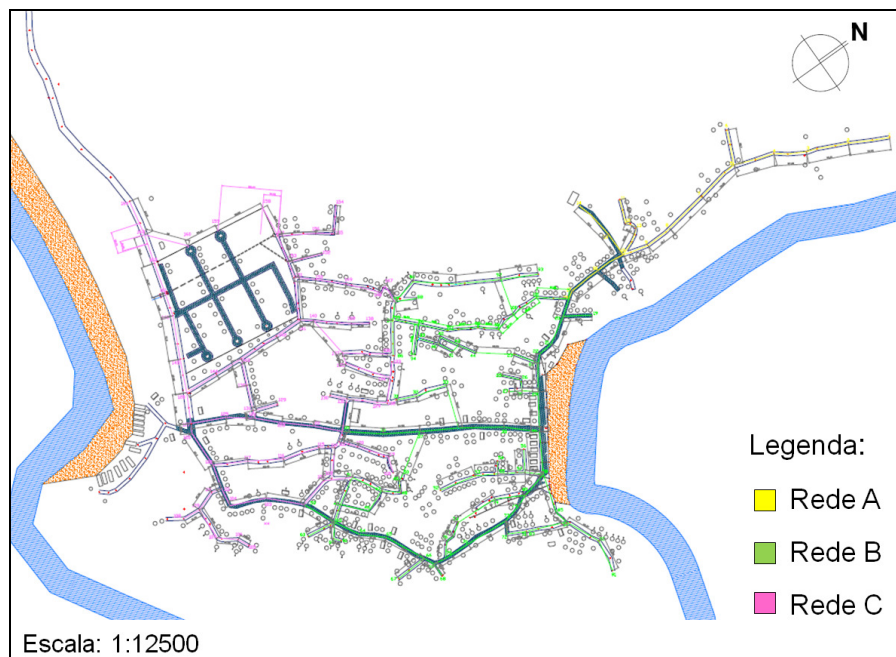
$$V_c = 18,7925 \sqrt{R_h} \quad \text{equação (3)}$$

Em que:  $V_{\text{máx}}$ : Velocidade máxima ( $\text{m.s}^{-1}$ );  
 $Q$ : Vazão ( $\text{l.s}^{-1}$ );  
 $I$ : Declividade do coletor ( $\text{m.m}^{-1}$ ).  
 $V_c$ : Velocidade crítica ( $\text{m.s}^{-1}$ );  
 $R_h$ : Raio hidráulico (m).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a análise dos projetos fornecidos pela Prefeitura de Laguna, pôde-se verificar que a área se apresenta de forma bastante irregular quanto ao relevo e quanto à distribuição demográfica, de forma que foi necessária a divisão em três redes menores e independentes, conforme a imagem a seguir.

Figura 1: Divisão das redes



Fonte: Aline Tramontin

A primeira rede, a menor delas, chamada de Rede A, está situada ao Norte em relação à cota mais elevada do projeto. Compreende algumas ruas com bastante declividade, situadas à esquerda da Prainha, representadas pela cor amarela na Figura 1. Esta rede possui 1827 m aproximadamente e conta com 34 PV's. Atendendo 129 residências que estão distribuídas de forma desordenada ao longo da extensão da rede. A diferença de nível entre o ponto mais elevado e o mais baixo é de 35 m.

Através da tabela de dimensionamento, calculou-se a vazão de distribuição  $q_d = 0,00168 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  e também a vazão final da rede,  $Q = 3,063 \text{ l.s}^{-1}$ .

Esta rede possui a sua cota mais baixa muito próxima ao mar, sendo que não há espaço adequado para a construção de uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Então se faz necessário a análise e dimensionamento para implantação de uma estação elevatória no local, embora seja uma unidade de alto custo e manutenção, ela se faz necessária para a transposição de cotas e direcionamento do esgoto para um local mais adequado às instalações da ETE.

Como pode ser observado na Tabela 1, nos locais em destaque, em alguns trechos da rede a tensão trativa ficou menor que 1,00 Pa. O que não é adequado, pois o

dimensionamento hidráulico deve promover o arraste dos sedimentos garantindo a autolimpeza dos condutos.

Para solucionar o problema, aumentou-se o diâmetro desses trechos. O diâmetro inicialmente dimensionado, foi de 100 mm, aumentou-se para 150 mm, porém os resultados não foram satisfatórios, e então para 200 mm, o que resolveu a situação na maioria dos casos, com exceção ao trecho A-08, onde mesmo com o aumento do diâmetro a tensão trativa não chegou a valores satisfatórios, atingindo apenas 0,65 Pa conforme a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Dados da Rede A com cota montante (CM), cota jusante (CJ), Velocidade Máxima (Vm), Velocidade Crítica (Vc) e tensão Trativa (Tt)

| Trecho         | Extensão<br>L (m) | Cota Terreno |        | Vm     | Dimensionamento |       | Redimensionamento |       |
|----------------|-------------------|--------------|--------|--------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|                |                   | CM           | CJ     |        | Vc              | Tt    | Vc                | Tt    |
| A 01           | 73,790            | 43,524       | 43,274 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A 02           | 75,610            | 43,274       | 42,091 | 0,6558 | 1,9180          | 1,63  | 2,7124            | 3,26  |
| A 03           | 57,650            | 42,091       | 37,995 | 1,1567 | 1,6324          | 5,36  | 2,3086            | 10,72 |
| A 04           | 73,940            | 37,995       | 33,241 | 1,1142 | 1,6324          | 4,85  | 2,3086            | 9,70  |
| A 05           | 62,670            | 47,977       | 33,241 | 1,8119 | 1,4244          | 13,51 | 2,0145            | 27,02 |
| A 06 (4+5)     | 79,580            | 33,241       | 22,527 | 1,4700 | 1,4978          | 8,55  | 2,1181            | 17,10 |
| A 07           | 80,000            | 22,527       | 17,940 | 1,0674 | 1,6948          | 4,66  | 2,3968            | 9,33  |
| A 08           | 48,700            | 17,940       | 17,589 | 0,4904 | 1,2625          | 0,33  | 1,7854            | 0,65  |
| A 09           | 46,620            | 17,598       | 19,104 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A 10           | 42,790            | 36,916       | 29,272 | 1,6345 | 1,4978          | 11,35 | 2,1181            | 22,69 |
| A 11           | 20,670            | 29,272       | 26,300 | 1,5067 | 1,4978          | 9,13  | 2,1181            | 18,27 |
| A 12           | 52,810            | 26,300       | 19,104 | 1,4767 | 1,4978          | 8,66  | 2,1181            | 17,31 |
| A 13           | 70,500            | 38,094       | 25,169 | 1,6505 | 1,4978          | 11,65 | 2,1181            | 23,29 |
| A 14           | 45,800            | 25,169       | 19,104 | 1,4609 | 1,5669          | 9,21  | 2,2159            | 18,41 |
| A 15 (9+12+14) | 53,890            | 19,104       | 20,329 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A 16           | 71,080            | 20,329       | 9,269  | 1,5781 | 1,4978          | 9,88  | 2,1181            | 19,77 |
| A18            | 61,560            | 36,132       | 34,319 | 0,8314 | 1,8111          | 2,74  | 1,8111            | 2,74  |
| A19            | 33,530            | 34,319       | 31,917 | 1,1603 | 1,6324          | 5,41  | 1,6324            | 5,41  |
| A20            | 38,450            | 33,081       | 31,917 | 0,8400 | 1,8111          | 2,81  | 1,8111            | 2,81  |
| A21 (19+20)    | 47,650            | 31,917       | 31,450 | 0,5503 | 2,0169          | 1,13  | 2,8523            | 2,26  |
| A22            | 75,680            | 31,450       | 24,049 | 1,3039 | 1,5669          | 6,80  | 2,2159            | 13,60 |
| A23            | 80,000            | 24,049       | 30,996 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A24            | 66,450            | 29,656       | 30,996 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A25 (23+24)    | 65,230            | 30,996       | 21,531 | 1,5119 | 1,4978          | 9,22  | 2,1181            | 18,43 |
| A26            | 53,080            | 32,681       | 33,006 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A27            | 46,230            | 34,319       | 33,006 | 0,8202 | 1,8111          | 2,64  | 1,8111            | 2,64  |
| A28 (26+27)    | 52,500            | 33,006       | 29,757 | 1,0983 | 1,6948          | 5,03  | 2,3968            | 10,07 |
| A29            | 53,970            | 29,757       | 25,612 | 1,1910 | 1,6324          | 5,80  | 2,3086            | 11,59 |
| A30            | 36,040            | 25,612       | 22,963 | 1,1715 | 1,6324          | 5,55  | 2,3086            | 11,09 |
| A31            | 37,340            | 22,963       | 21,531 | 0,9179 | 1,7542          | 3,34  | 2,4808            | 6,68  |
| A32 (25+31)    | 50,310            | 21,531       | 22,484 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| A33            | 57,550            | 22,484       | 17,843 | 1,2130 | 1,6324          | 6,09  | 2,3086            | 12,17 |
| A 17           | 14,790            | 17,843       | 9,269  | 2,5416 | 1,3463          | 29,75 | 1,9040            | 59,51 |

Fonte: Aline Tramontin

O trecho A-07 possui declividade de 0,0573 m/m, e o trecho A-08 possui menor declividade, 0,0072 m/m, fato que pode ter causado a redução da tensão trativa. Como solução, pode-se trabalhar de forma a aumentar ainda mais o diâmetro da tubulação ou aumentar a profundidade da jusante do trecho A-08, sempre respeitando os limites de profundidade máxima. Para escolher a solução mais adequada, é necessário um estudo de custo x benefício para avaliar as duas soluções.

Outro problema constatado na Tabela 1 é a velocidade de escoamento, que em alguns pontos ficou acima da velocidade crítica. Com o aumento do diâmetro da tubulação, a maioria dos casos foi resolvida, com exceção do trecho A-17, onde a velocidade máxima ainda está acima da velocidade crítica.

A NBR 9649 admite que “a máxima declividade é aquela para a qual se obtenha velocidade final de 5m/s”. A velocidade não chegou a este limite em nenhum caso, porém, de acordo com Crespo (1997) “Altas velocidades de esgoto, em consequência de declividades muito pronunciadas, provocam uma rápida destruição das canalizações devido ao poder abrasivo do líquido residual”.

Para evitar a rápida degradação das tubulações, poderia ser utilizado um dissipador de energia, para quebrar o potencial hidráulico do sistema.

A segunda parte da rede, denominada Rede B, maior que a primeira, se situa ao nordeste do ponto mais elevado, atendendo várias ruas e inclusive passando pela região central da Prainha, ponto mais crítico verificado atualmente. Ela possui 3141 m aproximadamente e atenderá 316 residências. Esta rede contará com 68 PV's, necessários devido à irregularidade do terreno. Os valores de vazão calculados foram  $q_d=0,00222 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$  e a vazão final da rede,  $Q=6,645 \text{ l.s}^{-1}$ .

Foi elaborada uma planilha de cálculos e o resumo dos resultados encontra-se na Tabela 2. Da mesma forma que a Rede A, a Rede B também apresentou alguns valores abaixo de 1,00 Pa para tensão trativa e valores elevados para velocidade máxima.

Buscando solucionar este problema, também foi aumentado o diâmetro de alguns trechos, de 100 mm para 200 mm e de 150 mm para 250 mm em alguns casos. Esta medida resolveu o problema da velocidade para todos os trechos que apresentavam problemas.

Porém, um trecho continuou com valor de tensão trativa abaixo de 1,00 Pa. O trecho B-36, com declividade do coletor de 0,0031 m/m, ficou com valor final de tensão trativa 0,82 Pa e as mesmas soluções sugeridas à Rede A podem ser aplicadas à Rede B.

Tabela 2: Dados da Rede B com cota montante (CM), cota jusante (CJ), Velocidade Máxima (Vm), Velocidade Crítica (Vc) e tensão Trativa (Tt)

(continua)

| Trecho      | Extensão<br>L (m) | Cota Terreno |        | Vm     | Dimensionamento |       | Redimensionamento |       |
|-------------|-------------------|--------------|--------|--------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|             |                   | CM           | CJ     |        | Vc              | Tt    | Vc                | Tt    |
| B01         | 50,600            | 11,083       | 13,293 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B02         | 32,250            | 17,843       | 13,293 | 1,4961 | 1,4978          | 8,96  | 2,1181            | 17,92 |
| B03 (1+2)   | 53,600            | 13,293       | 8,504  | 1,2605 | 1,6324          | 6,74  | 2,3086            | 13,48 |
| B04         | 26,350            | 8,504        | 6,126  | 1,2653 | 1,6324          | 6,81  | 2,3086            | 13,62 |
| B05         | 16,310            | 6,126        | 4,315  | 1,3675 | 1,5669          | 7,72  | 2,2159            | 15,44 |
| B07         | 40,290            | 32,776       | 30,058 | 1,1345 | 1,6324          | 5,09  | 2,3086            | 10,18 |
| B08         | 27,950            | 30,058       | 26,564 | 1,4297 | 1,5669          | 8,69  | 2,2159            | 17,38 |
| B09         | 14,850            | 26,564       | 26,615 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B10         | 13,000            | 30,058       | 29,866 | 0,6418 | 1,9683          | 1,62  | 1,9683            | 1,62  |
| B11         | 35,250            | 29,866       | 26,615 | 1,2756 | 1,5669          | 6,41  | 1,5669            | 6,41  |
| B12 (9+11)  | 33,550            | 26,615       | 22,437 | 1,4276 | 1,5669          | 8,66  | 2,2159            | 17,32 |
| B13         | 68,530            | 22,437       | 9,027  | 1,6913 | 1,4978          | 12,43 | 2,1181            | 24,86 |
| B14         | 44,290            | 9,027        | 4,315  | 1,3458 | 1,5669          | 7,40  | 2,2159            | 14,79 |
| B15 (5+14)  | 50,860            | 4,315        | 1,816  | 1,0073 | 1,6948          | 4,00  | 2,3968            | 7,99  |
| B16         | 33,590            | 8,033        | 5,573  | 1,1699 | 1,6324          | 5,53  | 1,6324            | 5,53  |
| B17         | 19,530            | 5,573        | 3,601  | 1,3197 | 1,5669          | 7,02  | 1,5669            | 7,02  |
| B18         | 22,640            | 5,292        | 3,601  | 1,1786 | 1,6324          | 5,64  | 1,6324            | 5,64  |
| B19 (17+18) | 28,720            | 3,601        | 1,816  | 1,1001 | 1,6948          | 5,05  | 1,6948            | 5,05  |
| B20 (19+15) | 70,780            | 1,816        | 1,856  | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B21         | 35,440            | 32,572       | 27,673 | 1,4846 | 1,4978          | 8,78  | 1,8344            | 13,17 |
| B22         | 56,350            | 27,673       | 22,281 | 1,2933 | 1,5669          | 6,65  | 1,9191            | 9,98  |
| B23         | 78,670            | 22,281       | 10,696 | 1,5203 | 1,4978          | 9,35  | 1,8344            | 14,03 |
| B24         | 72,060            | 29,299       | 24,319 | 1,1448 | 1,6324          | 5,21  | 1,6324            | 5,21  |
| B25         | 64,930            | 24,319       | 19,791 | 1,1487 | 1,6324          | 5,26  | 1,6324            | 5,26  |
| B26         | 51,790            | 38,261       | 35,206 | 1,0788 | 1,6948          | 4,80  | 1,6948            | 4,80  |
| B27         | 42,240            | 35,206       | 34,156 | 0,7802 | 1,8111          | 2,31  | 1,8111            | 2,31  |
| B28         | 56,970            | 36,944       | 34,151 | 1,0065 | 1,6948          | 3,99  | 1,6948            | 3,99  |
| B29 (27+28) | 33,650            | 34,156       | 30,745 | 1,3216 | 1,5669          | 7,05  | 2,2159            | 14,09 |
| B30         | 20,130            | 30,745       | 31,662 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B31         | 15,670            | 31,662       | 30,289 | 1,2513 | 1,6324          | 6,61  | 2,3086            | 13,22 |
| B32         | 79,310            | 30,289       | 19,791 | 1,4607 | 1,5669          | 9,20  | 2,2159            | 18,40 |
| B33 (25+32) | 68,740            | 19,791       | 10,696 | 1,4605 | 1,5669          | 9,20  | 2,2159            | 18,40 |
| B34 (23+33) | 80,170            | 10,696       | 3,010  | 1,3308 | 1,6324          | 7,23  | 2,3086            | 14,47 |
| B35         | 63,810            | 3,010        | 1,856  | 0,7266 | 1,9683          | 1,98  | 2,7836            | 3,97  |
| B36 (35+20) | 75,270            | 1,856        | 1,932  | 0,4377 | 2,6364          | 0,61  | 3,0443            | 0,82  |
| B37         | 66,360            | 18,435       | 10,469 | 1,4081 | 1,5669          | 8,35  | 1,5669            | 8,35  |
| B38         | 40,280            | 10,469       | 5,550  | 1,4172 | 1,5669          | 8,49  | 1,5669            | 8,49  |
| B39         | 22,320            | 5,418        | 5,550  | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |

Tabela 2: Dados da Rede B com cota montante (CM), cota jusante (CJ), Velocidade Máxima (Vm), Velocidade Crítica (Vc) e tensão Trativa (Tt)

(conclusão)

| Trecho         | Extensão<br>L (m) | Cota Terreno |        | Vm     | Dimensionamento |       | Redimensionamento |       |
|----------------|-------------------|--------------|--------|--------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|                |                   | CM           | CJ     |        | Vc              | Tt    | Vc                | Tt    |
| B40 (39+38)    | 48,130            | 5,550        | 2,827  | 1,0620 | 1,6948          | 4,60  | 2,3968            | 9,20  |
| B41            | 40,130            | 3,032        | 2,827  | 0,4310 | 2,1526          | 0,67  | 3,0443            | 1,34  |
| B42 (40+41)    | 32,670            | 2,827        | 1,932  | 0,8091 | 1,8111          | 2,54  | 2,5613            | 5,09  |
| B43            | 52,370            | 36,944       | 38,261 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B44            | 33,140            | 38,261       | 35,415 | 1,2419 | 1,6324          | 6,48  | 2,3086            | 12,96 |
| B45            | 48,210            | 36,327       | 35,415 | 0,7042 | 1,9180          | 1,97  | 2,7124            | 3,94  |
| B46            | 52,610            | 34,578       | 35,415 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B49 (44+45+46) | 49,320            | 35,415       | 31,656 | 1,1876 | 1,6324          | 5,75  | 2,3086            | 11,50 |
| B50            | 47,440            | 31,656       | 27,688 | 1,2297 | 1,6324          | 6,31  | 2,3086            | 12,62 |
| B51            | 76,840            | 27,688       | 18,771 | 1,3904 | 1,5669          | 8,07  | 2,2159            | 16,14 |
| B53            | 19,910            | 18,771       | 17,855 | 0,9828 | 1,6948          | 3,74  | 2,3968            | 7,48  |
| B54            | 24,430            | 18,190       | 17,855 | 0,6242 | 1,9683          | 1,50  | 2,7836            | 3,01  |
| B55 (53+54)    | 70,000            | 17,855       | 13,785 | 1,0729 | 1,6948          | 4,73  | 2,3968            | 9,46  |
| B56            | 78,120            | 13,785       | 8,398  | 1,1438 | 1,6324          | 5,20  | 2,3086            | 10,41 |
| B57            | 34,090            | 14,452       | 14,340 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| B58            | 23,430            | 14,340       | 8,398  | 1,8640 | 1,3463          | 13,02 | 1,9040            | 26,03 |
| B59 (56+58)    | 60,000            | 8,398        | 3,737  | 1,1961 | 1,6324          | 5,86  | 2,3086            | 11,72 |
| B60            | 22,360            | 3,737        | 2,442  | 1,0776 | 1,6948          | 4,71  | 2,3968            | 9,42  |
| B61            | 32,030            | 16,556       | 14,562 | 1,1008 | 1,6948          | 5,06  | 1,6948            | 5,06  |
| B62            | 14,590            | 14,562       | 13,545 | 1,1485 | 1,6324          | 5,26  | 1,6324            | 5,26  |
| B63            | 25,900            | 13,545       | 10,554 | 1,3878 | 1,5669          | 8,03  | 1,5669            | 8,03  |
| B64            | 77,280            | 10,554       | 5,502  | 1,1212 | 1,6324          | 4,93  | 1,6324            | 4,93  |
| B65            | 54,410            | 5,502        | 2,442  | 1,0596 | 1,6948          | 4,57  | 1,6948            | 4,57  |
| B66 (60+65)    | 49,140            | 2,442        | 1,932  | 0,6114 | 2,1526          | 1,36  | 3,0443            | 2,72  |
| B67            | 72,950            | 14,452       | 11,827 | 0,8963 | 1,7542          | 3,14  | 2,4808            | 6,27  |
| B68            | 57,760            | 28,774       | 19,917 | 1,5435 | 1,4978          | 9,74  | 2,1181            | 19,48 |
| B69            | 66,370            | 19,916       | 11,827 | 1,4162 | 1,5669          | 8,47  | 2,2159            | 16,95 |
| B70 (67+69)    | 24,410            | 11,827       | 4,582  | 1,9773 | 1,4244          | 17,05 | 2,0145            | 34,11 |
| B71            | 71,360            | 4,582        | 1,932  | 0,9069 | 1,7542          | 3,24  | 2,4808            | 6,47  |

Fonte: Aline Tramontin

Para esta rede também será necessária a utilização de estação elevatória para a transposição das cotas e direcionamento do esgoto para o local onde estará situada a estação de tratamento.

A terceira rede, denominada Rede C, está localizada a oeste da cota mais elevada, sendo que para esta, não será necessária a utilização de estações elevatórias. A Rede C possuirá 3552 m e atenderá 180 residências.

O resultado obtido com a planilha de dimensionamento da Rede C encontra-se na Tabela 3 e apresenta valores de vazão de distribuição  $q_d=0,00134 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$  e vazão final  $Q= 4,690 \text{ l.s}^{-1}$ .

Da mesma forma que as anteriores, esta apresentou valores baixos de tensão trativa e valores elevados de velocidade máxima em alguns trechos. Desta vez, o aumento do diâmetro da tubulação de 100mm para 200mm foi suficiente para resolver os dois problemas.

Tabela 3: Dados da Rede C com cota montante (CM), cota jusante (CJ), Velocidade Máxima (Vm), Velocidade Crítica (Vc) e tensão Trativa (Tt)

(continua)

| Trecho       | Extensão<br>L (m) | Cota Terreno |        | Vm     | Dimensionamento |       | Redimensionamento |       |
|--------------|-------------------|--------------|--------|--------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|              |                   | CM           | CJ     |        | Vc              | Tt    | Vc                | Tt    |
| C 01         | 50,660            | 36,944       | 36,414 | 0,5640 | 2,0169          | 1,21  | 2,0169            | 1,21  |
| C 02         | 54,950            | 36,414       | 35,752 | 0,5946 | 1,9683          | 1,32  | 1,9683            | 1,32  |
| C 03         | 68,000            | 35,752       | 34,479 | 0,7015 | 1,9180          | 1,95  | 1,9180            | 1,95  |
| C 04         | 65,530            | 34,479       | 30,606 | 1,0796 | 1,6948          | 4,81  | 1,6948            | 4,81  |
| C 05         | 34,130            | 30,606       | 27,681 | 1,2410 | 1,6324          | 6,47  | 1,6324            | 6,47  |
| C 06         | 20,940            | 27,724       | 27,217 | 0,7725 | 1,8656          | 2,39  | 2,6384            | 4,77  |
| C 07         | 37,430            | 27,217       | 28,243 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 08         | 58,660            | 28,243       | 27,312 | 0,6594 | 1,9180          | 1,65  | 2,7124            | 3,31  |
| C 09         | 31,720            | 26,450       | 27,312 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 10 (8+9)   | 37,360            | 27,312       | 25,730 | 0,9527 | 1,7542          | 3,69  | 2,4808            | 7,38  |
| C 11         | 18,910            | 25,730       | 27,681 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 12 (5+11)  | 43,660            | 27,681       | 18,973 | 1,7035 | 1,4978          | 12,67 | 2,1181            | 25,34 |
| C 13         | 54,370            | 35,931       | 30,669 | 1,2989 | 1,5669          | 6,73  | 1,5669            | 6,73  |
| C 14         | 28,000            | 30,669       | 29,001 | 1,0828 | 1,6948          | 4,84  | 1,6948            | 4,84  |
| C 15         | 66,050            | 29,001       | 24,285 | 1,1589 | 1,6324          | 5,39  | 1,6324            | 5,39  |
| C 16         | 63,480            | 24,285       | 20,599 | 1,0724 | 1,6948          | 4,72  | 1,6948            | 4,72  |
| C 17         | 61,990            | 20,599       | 18,976 | 0,7955 | 1,8111          | 2,43  | 1,8111            | 2,43  |
| C 18 (12+17) | 67,300            | 18,976       | 9,007  | 1,5236 | 1,4978          | 9,41  | 2,1181            | 18,82 |
| C 31         | 17,680            | 9,007        | 7,689  | 1,1778 | 1,6324          | 5,63  | 2,3086            | 11,25 |
| C 19         | 28,310            | 31,735       | 30,119 | 1,0656 | 1,6948          | 4,64  | 2,3968            | 9,29  |
| C 20         | 57,340            | 30,119       | 30,123 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 21         | 33,550            | 30,123       | 29,548 | 0,6786 | 1,9180          | 1,79  | 2,7124            | 3,57  |
| C 22         | 18,860            | 29,548       | 29,299 | 0,6154 | 1,9683          | 1,45  | 2,7836            | 2,90  |
| C 37         | 72,380            | 36,132       | 30,537 | 1,1939 | 1,6324          | 5,83  | 1,6324            | 5,83  |
| C 33         | 17,440            | 30,537       | 29,970 | 0,8628 | 1,8111          | 3,02  | 1,8111            | 3,02  |
| C 34         | 54,310            | 29,970       | 28,798 | 0,7399 | 1,8656          | 2,13  | 1,8656            | 2,13  |
| C 35         | 30,030            | 29,061       | 28,798 | 0,5276 | 2,0637          | 1,06  | 2,0637            | 1,06  |
| C 36 (34+35) | 57,770            | 28,798       | 29,305 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 23 (22+36) | 52,140            | 29,305       | 26,134 | 1,0912 | 1,6948          | 4,95  | 2,3968            | 9,89  |
| C 24         | 56,050            | 26,134       | 14,414 | 1,7339 | 1,4244          | 12,01 | 2,0145            | 24,03 |
| C 25         | 48,230            | 14,414       | 10,784 | 1,1820 | 1,6324          | 5,68  | 2,3086            | 11,36 |
| C 26         | 44,300            | 10,784       | 10,369 | 0,5411 | 2,0637          | 1,13  | 2,0637            | 1,13  |
| C 27         | 46,230            | 11,942       | 10,369 | 0,8776 | 1,7542          | 2,96  | 1,7542            | 2,96  |
| C 28 (26+27) | 13,780            | 10,369       | 10,784 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 29 (25+28) | 51,460            | 10,784       | 8,432  | 0,9803 | 1,6948          | 3,72  | 2,3968            | 7,43  |
| C 30         | 63,110            | 8,432        | 7,689  | 0,5895 | 1,9683          | 1,29  | 2,7836            | 2,58  |

Tabela 3: Dados da Rede C com cota montante (CM), cota jusante (CJ), Velocidade Máxima (Vm), Velocidade Crítica (Vc) e tensão Trativa (Tt)

(conclusão)

| Trecho       | Extensão<br>L (m) | Cota Terreno |        | Vm     | Dimensionamento |       | Redimensionamento |       |
|--------------|-------------------|--------------|--------|--------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|              |                   | CM           | CJ     |        | Vc              | Tt    | Vc                | Tt    |
| C 32 (30+31) | 54,860            | 7,689        | 5,412  | 1,0476 | 1,9683          | 4,55  | 2,7836            | 9,11  |
| C 38         | 80,000            | 33,586       | 27,211 | 1,2076 | 1,6324          | 6,01  | 1,6324            | 6,01  |
| C 39         | 20,150            | 27,211       | 26,026 | 1,0775 | 1,6948          | 4,78  | 1,6948            | 4,78  |
| C 40         | 80,000            | 34,356       | 26,026 | 1,3350 | 1,5669          | 7,24  | 1,5669            | 7,24  |
| C 41 (39+40) | 76,550            | 26,026       | 20,239 | 1,1840 | 1,6324          | 5,70  | 1,6324            | 5,70  |
| C 42         | 31,750            | 34,831       | 32,595 | 1,1529 | 1,6324          | 5,31  | 1,9993            | 7,97  |
| C 43         | 67,390            | 32,595       | 20,239 | 1,6505 | 1,4978          | 11,65 | 1,8344            | 17,47 |
| C 44 (41+43) | 23,680            | 20,239       | 18,046 | 1,2776 | 1,5669          | 6,44  | 1,9191            | 9,66  |
| C 45         | 51,300            | 18,046       | 11,179 | 1,4669 | 1,5669          | 9,31  | 1,9191            | 13,96 |
| C 46         | 73,830            | 11,179       | 7,722  | 0,9893 | 1,6948          | 3,81  | 2,0757            | 5,71  |
| C 47         | 47,820            | 11,942       | 7,722  | 1,2547 | 1,6324          | 6,66  | 1,6324            | 6,66  |
| C 48 (46+47) | 51,530            | 7,722        | 6,372  | 0,7957 | 1,8111          | 2,43  | 2,2181            | 3,65  |
| C 49         | 61,750            | 6,372        | 5,412  | 0,6543 | 1,9180          | 1,62  | 2,3490            | 2,43  |
| C 50 (32+49) | 60,360            | 5,412        | 4,157  | 0,8843 | 2,3141          | 3,15  | 3,2726            | 6,31  |
| C 51         | 77,900            | 4,157        | 2,830  | 0,8272 | 2,3876          | 2,75  | 3,3766            | 5,50  |
| C 68         | 41,820            | 2,830        | 3,251  | 0,4382 | 2,7870          | 0,68  | 3,5980            | 1,13  |
| C 69         | 56,570            | 3,251        | 3,459  | 0,4389 | 2,8341          | 0,70  | 3,6588            | 1,16  |
| C 70         | 53,210            | 3,459        | 3,040  | 0,6286 | 2,0637          | 0,95  | 3,2630            | 2,37  |
| C 52         | 32,960            | 31,917       | 29,526 | 1,1658 | 1,6324          | 5,47  | 2,3086            | 10,95 |
| C 53         | 13,500            | 29,526       | 29,172 | 0,7960 | 1,8111          | 2,44  | 2,5613            | 4,87  |
| C 54         | 64,340            | 29,172       | 20,796 | 1,4516 | 1,5669          | 9,05  | 2,2159            | 18,10 |
| C 55         | 54,140            | 20,796       | 15,576 | 1,2970 | 1,5669          | 6,70  | 2,2159            | 13,41 |
| C 56         | 37,660            | 15,576       | 15,446 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 57         | 74,090            | 17,837       | 14,446 | 0,9809 | 1,6948          | 3,72  | 1,6948            | 3,72  |
| C 58 (56+57) | 29,310            | 14,446       | 11,948 | 1,2384 | 1,6324          | 6,43  | 2,3086            | 12,86 |
| C 59         | 61,730            | 13,380       | 11,948 | 0,7602 | 1,8656          | 2,29  | 1,8656            | 2,29  |
| C 60         | 49,960            | 11,948       | 11,876 | 0,4126 | 2,1949          | 0,62  | 3,1041            | 1,24  |
| C 61         | 50,220            | 23,736       | 21,716 | 0,9345 | 1,7542          | 3,50  | 1,7542            | 3,50  |
| C 62         | 31,200            | 21,716       | 18,829 | 1,2772 | 1,5669          | 6,43  | 1,5669            | 6,43  |
| C 63         | 67,640            | 18,829       | 11,873 | 1,3288 | 1,5669          | 7,15  | 1,5669            | 7,15  |
| C 64 (60+63) | 56,240            | 11,873       | 10,538 | 0,7668 | 1,8656          | 2,34  | 2,6384            | 4,68  |
| C 65         | 88,930            | 10,538       | 7,281  | 0,9022 | 1,7542          | 3,19  | 2,4808            | 6,38  |
| C 66         | 59,460            | 7,281        | 4,973  | 0,9221 | 1,7542          | 3,38  | 2,4808            | 6,76  |
| C 67         | 80,000            | 4,973        | 3,040  | 0,7719 | 1,8656          | 2,38  | 2,6384            | 4,76  |
| C 71 (70+67) | 64,190            | 3,040        | 2,605  | 0,6401 | 2,7384          | 1,44  | 3,5352            | 2,40  |

Fonte: Aline Tramontin

A vazão total calculada, unindo-se as três redes, que é a vazão que deverá ser utilizada para dimensionamento de uma possível Estação de Tratamento é de  $Q=14,398 \text{ l.s}^{-1}$ .

Em áreas acidentadas, bastante comuns na região estudada, o coletor deverá ser assentado, de preferência, do lado para o qual ficam os terrenos mais baixos.

Deve-se, no momento da execução, verificar a existência de outras estruturas ou canalizações, como drenagem pluvial, cabos elétricos, redes de água, entre outros e efetuar as adequações necessárias, registrando todas as intervenções executadas para a elaboração do projeto *as built*. Todo serviço depois de executado, deve ser realizado um memorial das etapas executadas. O *as built* é sempre muito importante quando se trata de redes de esgoto, e principalmente neste caso, pois a ocupação desordenada da região fez com que não houvesse um projeto *as built* de drenagem e abastecimento de água, sendo que essas verificações serão feitas no momento da execução da rede coletora de esgoto, juntamente às intervenções necessárias.

A construção de uma rede de esgotos requer planejamento e organização, isso deve-se especialmente ao fato de que, a construção atravessa regiões onde uma paralisação prolongada do tráfego causa consideráveis inconvenientes ao público, já que a Prainha possui somente um acesso para a entrada e um acesso para a saída da praia. Além do perigo que representa às edificações vizinhas, pois na região estudada, as construções são, em grande parte, precárias e irregulares. Mas os benefícios que esta obra trará à população compensam os transtornos e valor investido.

Os habitantes também são responsáveis pelo bom funcionamento da rede, uma vez que é de extrema importância a utilização de caixa de gordura residencial nos esgotos da cozinha, a fim de evitar o entupimento da tubulação de esgoto. E a ligação do esgoto das residências na rede coletora só poderá ser realizada após vistoria e autorização da concessionária de serviços de água e esgoto do município.

## 5. CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados obtidos, é possível observar que, devido ao relevo acidentado, existe a necessidade de estudo para solução de alguns problemas: necessidade de transposição de cotas, que pode ser realizada com a implantação de estações elevatórias, velocidade máxima acima da velocidade crítica, que pode ser solucionada com aumento do diâmetro da tubulação ou utilização de dissipadores de energia, e tensão trativa abaixo de 1,00 Pa, que pode ser solucionada com aumento do diâmetro da tubulação. A definição da melhor

alternativa para cada caso deve ser realizada com base na análise da menor relação custo/benefício.

A continuação deste projeto se faz muito importante, visando sua evolução para um projeto executivo, para ser apresentado às oficinas do Projeto Orla, aos órgãos ambientais para aprovação e também à Prefeitura de Laguna.

Outra sugestão seria a inclusão do Bairro Cigana nesta rede, o Bairro é situado à Oeste da rede projetada, aproximadamente 2,5 km distante da Prainha, com relevo plano e sem dificuldades para o dimensionamento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9648 – **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9649 – **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário** – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

CRESPO, Patricio Gallegos. **Elevatórias nos Sistemas de Esgotos**. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2001. 290p.

CRESPO, Patricio Gallegos. **Sistemas de Esgotos**. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 1997. 131p.

DACACH, Nelson Gandur. **Sistemas Urbanos de Esgoto**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Dois. 1984. 257p.

GAMEIRO, Luis Fernando de Souza. **Dimensionamento otimizado de redes de esgotos sanitários**. 2003. 66p. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

GONÇALVES, Fernando Botafogo; SOUZA, Amarilio Pereira. **Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários: História, Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 348p.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 2003. 520p.

SIMON, Gabriel Álvaro. **Análise teórica do dimensionamento e implantação de uma rede coletora de esgoto sanitário para cidade de Turvo**. 2010. 74p. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.