



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL
SANEAMENTO AMBIENTAL E INFRAESTRUTURA URBANA

Rômulo Henrique Alvarada Ferreira

AVALIAÇÃO DO CUSTO DE CONSTRUÇÃO EM FUNÇÃO DO
TRAÇADO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO

Belém-Pará

2013

Rômulo Henrique Alvarada Ferreira

AVALIAÇÃO DO CUSTO DE CONSTRUÇÃO EM FUNÇÃO DO TRAÇADO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Recursos hídricos e Saneamento Ambiental.

Linha de pesquisa: Saneamento e sistemas de infraestrutura urbana.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

Belém-Pará

2013

Rômulo Henrique Alvarada Ferreira

AVALIAÇÃO DO CUSTO DE CONSTRUÇÃO EM FUNÇÃO DO TRAÇADO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Recursos hídricos e Saneamento Ambiental.

Linha de pesquisa: Saneamento e sistemas de infraestrutura urbana.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

Data de aprovação: _____ / _____ / 2013

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira – Orientador
Doutor em Hidráulica e Saneamento
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr^a. Germana Menescal Bittencourt
Doutora em Recursos Hídricos
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará

Para a minha **mãe Maria Helena**,
que me inspira a viver.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus maravilhoso que me guia e abençoa a minha vida.

Ao Professor e orientador José Almir em confiar no meu trabalho e pelo apoio e incentivo para a concretização da pesquisa

Aos meus pais Domingos Ferreira e Maria Helena pelo apoio e fé em acreditar nos meus sonhos e objetivos. A minha irmã Daniele Ferreira que sempre me incentivou e apoiou as minhas decisões. E ao seu namorado Hellyezel Valente pela sua amizade. A Rita e a Lilica

A minha madrinha Liege Vieira pela sua simplicidade, bondade e caráter que me serve de exemplo, além de estar ao meu lado nos principais momentos de dificuldades e felicidades. E as suas filhas queridas que amo tanto a Mariana Vieira e a Vitória Vieira

Ao meu grande amigo Michel Nunes, pela sua dedicação e auxílio principalmente na fase final dos resultados.

A minha amada, amiga e companheira Suzana Rodrigues, pela sua enorme dedicação e paciência que teve durante o desenvolvimento da pesquisa e pelo apoio incondicional que necessitava nos momentos mais complicados além de acreditar que no final tudo iria dar certo. Su, obrigado pelo seu carinho, amor e pelo presente maravilhoso que será o nosso filhotinho.

Aos meus amigos do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento – GPHS, em especial a Laís, ao Claudio e o Davi pelas suas contribuições que fizeram grandes diferenças para a finalização do trabalho.

A banca avaliadora composta pela Professora Germana Menescal e o Professor Lindemberg Fernandes pelas suas contribuições para a conclusão da pesquisa.

A Chaves Consultoria, especialmente ao meu grande amigo, Jorge Abílio Chaves, a qual considero um dos maiores Engenheiros Sanitaristas do Pará e um dos grandes incentivadores profissional e pessoal e foi muito decisivo para a realização e conclusão da pesquisa.

A Fundação Amazônia Paraense (FAPESPA) pelo financiamento da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FLUXOGRAMAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	21
3.1.1	Sistema individual	22
3.1.2	Sistema coletivo	25
3.2	ESTUDO DE ALTERNATIVA DE SES	27
3.3	REDE CONVENCIONALDE ESGOTO – TIPO SEPARADOR ABSOLUTO	30
3.3.1	Unidades do sistema coletivo	30
3.3.2	Normas técnicas da ABNT	32
3.3.3	Órgãos acessórios	32
3.3.4	Projeto de rede coletora de esgoto sanitário	35
3.3.4.1	Traçado da Rede Coletora.....	35
3.3.4.2	Fatores que Interferem no Traçado da Rede Coletora	39
3.3.4.3	Critérios de Dimensionamento da Rede.....	40
3.3.4.4	Materiais das Tubulações da Rede de Esgoto	44
3.4	APRESENTAÇÃO DE PROJETO	50
3.5	CONSTRUÇÃO DA REDE COLETORA.....	51
3.5.1	Serviços preliminares	52
3.5.1.1	Sinalização da Obra.....	52
3.5.1.2	Locação da Rede Coletora	52
3.5.2	Instalação da rede coletora	55
3.5.2.1	Remoção de Pavimentos	55
3.5.2.2	Escavação	56
3.5.2.3	Escoramento.....	57
3.5.2.4	Esgotamento.....	59
3.5.2.5	Assentamento dos tubos.....	60
3.5.2.6	Reaterro.....	63
3.6	CUSTO DE CONSTRUÇÃO.....	64
3.6.1	A importância do traçado no custo da rede coletora	72
4	METODOLOGIA	74
4.1	Localização e caracterização da área de estudo	74
4.1.1	Clima	75

4.1.2	Geologia	75
4.1.3	Solo	76
4.1.4	Hidrografia	76
4.1.5	Vegetação	76
4.2	FASES DA PESQUISA	76
	Etapa 1: Coleta das informações locais	77
	Etapa 2: Elaboração dos traçados da rede coletora	77
	Etapa 3: Determinação de custos construtivos entre os traçados.	78
	Etapa 4: Avaliação do melhor traçado.....	81
5	RESULTADOS	82
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	82
5.2	ESTUDO DO TRAÇADO DE REDE DE ESGOTO N°1	84
5.3	ESTUDO DO TRAÇADO DE REDE DE ESGOTO N°2	102
5.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS DE TRAÇADO N°1 E N°2	121
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
	REFERÊNCIAS	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema individual	22
Figura 2 - Tanque Séptico	24
Figura 3 - Sistema Coletivo	25
Figura 4 - Sistema de esgotamento sanitário tipo coletivo: tipo unitário	25
Figura 5 - Sistema de esgotamento sanitário coletivo: parcial.....	26
Figura 6 - Sistema de esgotamento sanitário coletivo: separador absoluto	26
Figura 7 - Esquema do Sistema de Esgoto Sanitário	31
Figura 8 - Poço de Visita em aduelas de concreto armado pré-moldado.	33
Figura 9 - TIL em alvenaria e em duelas pré-moldadas de concreto	34
Figura 10 - Terminal de Limpeza.....	34
Figura 11 - Caixa de Passagem (CP).....	35
Figura 12 - Traçado de rede tipo radial ou distrital	37
Figura 13 - Traçado de rede tipo perpendicular.....	38
Figura 14 - Traçado de rede tipo em leque	38
Figura 15 - Tubos cerâmicos.....	46
Figura 16 - Tubos em concreto	47
Figura 17 - Tubo em PVC	48
Figura 18 - Tubos em Ferro fundido	49
Figura 19 - Tubos em aço	49
Figura 20 - Sinalização da obra	52
Figura 21 - Tipos de assentamentos de coletores	53
Figura 22 - Remoção do pavimento asfáltico	56
Figura 23 - Utilização da retroescavadeira	57
Figura 24 - Escoramento metálico.....	57
Figura 25 - Escoramento descontínuo	58
Figura 26 - Escoramento contínuo	58
Figura 27- Esgotamento da obra.....	59
Figura 28 - Assentamento da tubulação.....	60
Figura 29 - Método Cruzeta	61
Figura 30 - Método Gabarito	61
Figura 31 - Métodos Cruzeta e Gabarito para assentamento de tubulações de esgoto	62
Figura 32 - Reaterro Manual com socador mecânico.....	63
Figura 33 - Localização da sede do município de Santa Cruz do Arari	74
Figura 34 – Ruas sem saneamento	75
Figura 35 - Cotas topográficas do terreno	83
Figura 36- Traçado Nº1.....	85
Figura 37 - Traçado Nº2.....	103
Figura 38 – Síntese do Traçado Nº1	122
Figura 39 – Síntese do Traçado Nº2	122

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Sistema de Esgotamento Sanitário	22
Fluxograma 2 - Atividades de estudo de concepção de rede coletora.....	36
Fluxograma 3 - Apresentação do Projeto	51
Fluxograma 4 - Fluxograma das etapas	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Fossas Sépticas	23
Quadro 2 - Fórmulas utilizadas na determinação da largura da vala (Bd) em função do diâmetro interno (Di) do coletor.	53
Quadro 3 - Largura da vala para obra de esgoto.....	54
Quadro 4 - Modelo de planilha orçamentária	69
Quadro 5 - Custo percentuais das diversas partes da obra para a execução das redes coletoras	73
Quadro 6 - Altura média de profundidade	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual Municípios de coleta de esgoto nas regiões do Brasil	17
Gráfico 2 - Composição Percentual do Custo Global para SES	72
Gráfico 3 – Percentual de Escavação do Traçado N°1	96
Gráfico 4 - Custo dos percentuais dos serviços – Traçado N°1	101
Gráfico 5 - Percentual de Escavação do Traçado N°2	115
Gráfico 6 - Custo dos percentuais dos serviços – Traçado N°2.....	120
Gráfico 7 - Comparação do volume de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2.....	124
Gráfico 8 - Comparação dos custos de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2.....	125
Gráfico 9 - Comparação do volume de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	125
Gráfico 10 - Comparação dos custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	126
Gráfico 11 - Comparação do escoramento entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	127
Gráfico 12 - Comparação dos custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	128
Gráfico 13 - Comparação dos custos totais entre o Traçado N°1 e Traçado N°2 ...	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Traçado N°1.....	86
Tabela 2 - Dimensionamento Hidráulico – Traçado N°1	87
Tabela 3 - Características hidráulicas do Traçado N°1	92
Tabela 4 - Profundidade Média, Volume Escavado Volume de Reaterro e Remoção de Asfalto para cada Trecho do Traçado N° 1	93
Tabela 5 – Planilha Orçamentária – Traçado N° 1	97
Tabela 6 - Custos percentuais dos serviços da rede coletora de esgoto – Traçado N° 1.....	101
Tabela 7 - Características do Traçado N°2.....	104
Tabela 8 - Dimensionamento Hidráulico – Traçado N° 2.....	105
Tabela 9 - Características hidráulicas do Traçado N°2.....	111
Tabela 10 - Profundidade Média, Volume Escavado Volume de Reaterro e Remoção de Asfalto para cada Trecho do Traçado N° 2.....	112
Tabela 11 - Planilha Orçamentária – Traçado N° 2	116
Tabela 12- Custos percentuais dos serviços da rede coletora de esgoto – Traçado N° 2.....	120
Tabela 13 - Comparação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	123
Tabela 14 - Custos de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2.....	124
Tabela 15 - Custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	126
Tabela 16 - Custos de escoramento entre o Traçado N°1 e Traçado N°2	127
Tabela 17 - Comparação de custo total da obra entre Traçado N°1 e Traçado N°2	128
Tabela 18 – Valores finais de comparação entre os principais itens e o custo total dos projetos dos Traçados N°1 e N°2	129

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CP	Caixa de Passagem
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A
ETE	Estações de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PDES	Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário
ReCESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
PIB	Produto Interno Bruto
PI	Poço de Inspeção
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PV	Poço de Visita
PVC	Policloreto de Polivinila
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SICRO2	Sistema de Custos Rodoviários
SINAPI	Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil
TIL	Tubo de Inspeção e Limpeza
TL	Terminal de Limpeza

RESUMO

Um dos principais entraves para expansão do Sistema de Esgotamento Sanitário no país é o alto custo da implantação da rede coletora de esgoto, uma vez que está relacionada diretamente com a profundidade. Considerando este problema, o presente trabalho apresenta dois diferentes estudos de traçados de rede coletora do tipo separador absoluto para o município de Santa Cruz do Arari – Marajó – Pará, a fim de encontrar a menor profundidade e conseqüentemente o melhor custo. Primeiramente, foram elaborados dois traçados de rede coletora de esgoto na área com maior concentração populacional sendo dimensionado conforme as normas técnicas existentes. A partir dos levantamentos quantitativos de cada traçado, foram realizadas planilhas orçamentárias com a possibilidade de comparar entre si o menor custo de rede. Embora houvesse pequena diferença de comprimento entre os dois traçados, o item que mais pesou foi à profundidade ao longo da rede. No trecho de chegada da Estação Elevatória de Esgoto, a profundidade teve 4,90 m e 4,77m, para o Traçado Nº 1 e para o Traçado Nº 2, respectivamente. Logo, o que melhor apresentou o custo total foi o Traçado Nº 2, com valor total de R\$ 913.867,54 *versus* R\$ 1.021.818,11 do Traçado Nº 1, representado uma economia de R\$ 107.950,56 para o mesmo local. De acordo com os resultados obtidos, foi possível avaliar que o estudo de traçado de rede coletora de esgoto se torna importante para qualquer local, como neste estudo de caso, onde o município apresenta grandes dificuldades de acesso para a implantação do sistema de esgotamento sanitário.

Palavras-Chave: Rede de esgoto. Traçado. Custo. Profundidade.

ABSTRACT

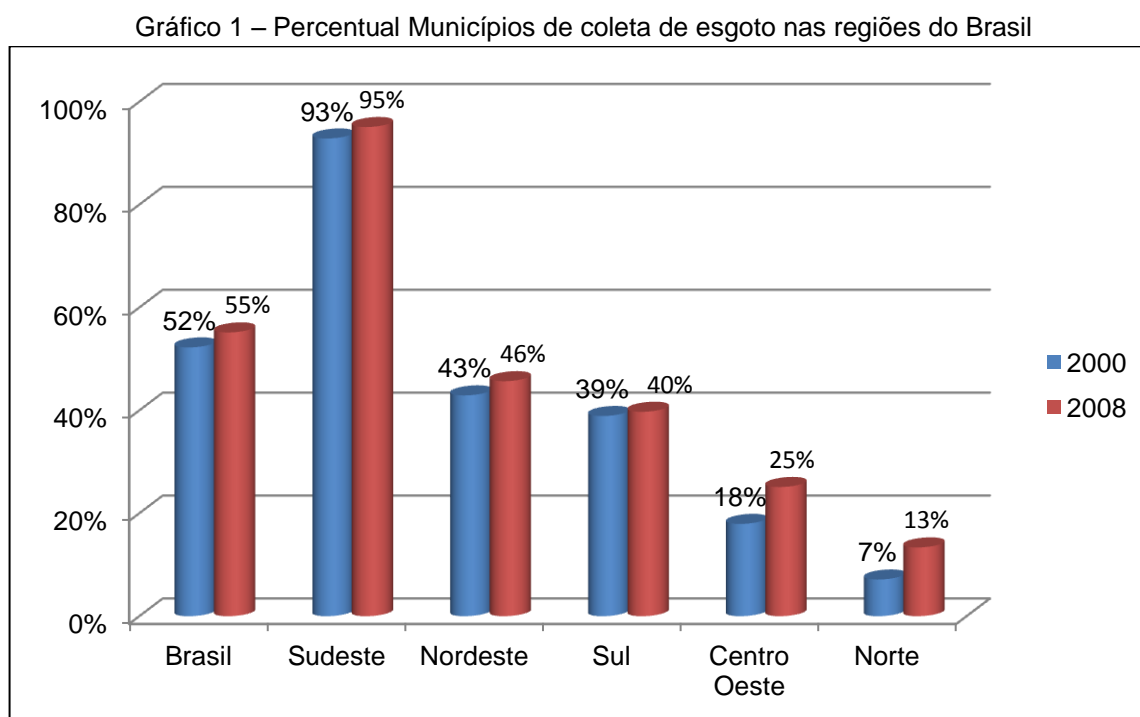
One of the main barriers to expansion of sewage system in the country is the high cost of implementation of sewage disposal system, as being directly related to depth. Considering this problem, this paper presents two different studies tracings collection network type absolute tab for the city of Santa Cruz Arari - Marajó - Pará, in order to find the smallest depth and consequently the best cost. First, we designed two stroke sewage disposal system in the area with the highest population concentration is scaled according to existing technical standards. From the quantitative surveys of each stroke, there were budget spreadsheets with the possibility to compare among themselves the best network cost. Although there was little difference in length between the two paths, the item is weighed more than the depth of the network along the stretch of arrival of Sewage Pumping Station, for example, the depth was 4.90m and 4.77 m for the Path 1 and Path to 2, respectively. Soon we had the best total cost was Trace 2, with a total value of R\$ 908,329.11 versus R\$ 1,021,818.11 in Trace 1, representing a savings of R\$ 113,579.00 to the same location. According to the results obtained, it was possible to evaluate the study tracing sewage disposal system becomes important for any location, as in this case study, where the city presents great difficulties of access and reduced costs for system implementation sewage.

Key-words: Sewage disposal system. Tracings. Costs

1 INTRODUÇÃO

Na Lei do Saneamento Básico 11.445/2007 é considerado esgotamento sanitário o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento de esgoto sanitário, desde a coleta predial até o lançamento final no corpo receptor. Esse conceito de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), previsto pela lei não é observado na maioria dos municípios brasileiros, uma vez que mais da metade não apresenta sequer coleta de esgoto, resultando em problema gravíssimo para a saúde pública (IBGE, 2008).

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), a evolução da coleta de esgoto sanitário foi muito pequena no Brasil, durante o período de oito anos na coleta de esgoto sanitário, sendo ainda, grandes as diferenças regionais, como pode ser observado no Gráfico 1:



Fonte: Adaptado IBGE (2008)

É possível observar que o percentual de coleta de esgoto no país teve crescimento médio de 3,0% em oito anos, muito abaixo do crescimento da população de mais de 1% por ano. No entanto, ainda é preciso ressaltar que as regiões Norte e Centro Oeste, cresceram cerca de 6% e 7%, respectivamente a mais

do que a média brasileira da coleta de esgoto do país. Entretanto, ainda continuam muito aquém das outras regiões em termos de cobertura, principalmente da região Sudeste em que o percentual é cinco vezes maior em relação às regiões Centro Oeste e Norte.

Essa desproporção regional em relação à região Sudeste coincide com o maior Produto Interno Bruto - PIB do país segundo o IBGE (2009), cerca de 11 vezes maior que a região Norte, além de apresentar as melhores condições sociais e grandes investimentos em saneamento básico.

Segundo Creder (2006), em áreas desprovidas de rede de esgoto sanitário, é obrigatório o uso de instalações necessárias para a depuração biológica e bacteriana das águas residuárias. Pereira e Soares (2010) observam que o crescimento populacional e a redução de áreas livres nas habitações acabam dificultando a utilização do sistema individual, caracterizando o SES coletivo como a solução mais adequada em locais com aglomerações populacionais.

Clarke e King (2005) destacam que problemas de saúde pública são agravados pela falta de coleta e tratamento de esgoto sanitário, pois o descarte seguro e o tratamento dos efluentes é um fator básico na luta contra muitas doenças infecciosas.

A construção da rede coletora de esgoto sanitário, na maioria das vezes torna-se onerosa para o SES, pois segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999), a rede coletora possui maior custo de execução da obra, representando cerca de 75% do valor total do projeto.

O custo para a implantação da rede coletora está diretamente relacionado com a profundidade, já que dependo da altura do tubo em relação à superfície do terreno, a quantidade de escavação, escoramento e reaterro serão maiores ou menores, ou seja, a profundidade da tubulação influenciará diretamente no custo total do SES.

Dentre as possibilidades de redução dos custos para implantação da rede coletora é estudar o melhor alternativa de traçado de rede, pois possibilita comparar e determinar o menor custo para um determinado local. Uma vez que a declividade, quantidades de poços de visita e as dimensões dos diâmetros das tubulações, influenciam diretamente nos custos para a implantação da rede.

Outro fator relevante para o estudo de traçado de rede coletora é que a maioria dos projetistas não apresenta uma segunda alternativa, desta forma na maior parte dos projetos apresentados, poderiam ser evitados os gastos excessivos com a construção da rede coletora, principalmente em municípios que tem um limite de crédito para a implantação do SES.

Diante destes pontos, o estudo de caso escolhido foi à sede do município de Santa Cruz do Arari na Ilha de Marajó/PA, que possui o maior adensamento populacional do município e mais dois contextos relevantes que serviram para sua escolha:

- ✓ A área da bacia possui pouca variação topográfica e com isso a melhor alternativa de estudo, representará a menor profundidade e melhor custo construtivo;
- ✓ O alto lençol freático da região, que dependo da profundidade da implantação da tubulação pode resultar na contaminação dos aquíferos e gerar sérios problemas ambientais e de saúde pública.

Para o presente trabalho foi realizado estudo de dois traçados de rede coletora de esgoto a fim de correlacionar o custo total do projeto e definir o melhor traçado com a melhor alternativa técnica e econômica para a sede do município.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar diferentes alternativas de traçado da rede coletora convencional de esgoto, visando à redução dos custos construtivos em área com baixa declividade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Dimensionar a rede coletora de esgoto para duas diferentes alternativas de traçado, utilizando como área de Estudo a sede do Município de Santa Cruz do Arari, região do Marajó – Pará;
- ✓ Comparar as profundidades médias e os custos construtivos das duas alternativas de traçado da rede coletora na área de estudo: escavação, reaterro e escoramento;
- ✓ Comparar os custos de construção entre os dois traçados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Soares (2004) define o SES como o conjunto de elementos que tem por objetivo coletar, transportar, tratar e dispor o esgoto de forma sanitariamente correta, para evitar a poluição/contaminação do meio ambiente e a disseminação e proliferação de doenças.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9648/1986 define esgoto sanitário, como o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

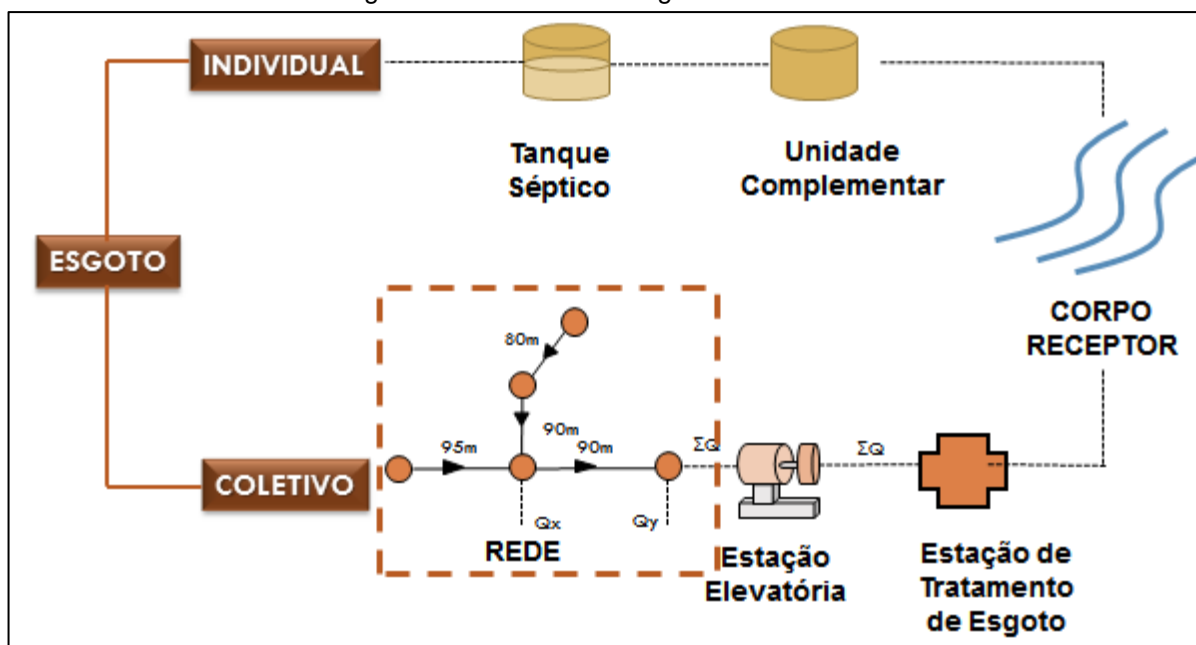
Azevedo Netto (1998) considera o esgoto doméstico como o despejo de efluentes das residências, estabelecimentos comerciais, instituições e edifícios públicos, resultantes da água na higiene e necessidades humanas, já o esgoto industrial é o efluente das operações utilizadas nos processos industriais.

Segundo Vaz (2009) o esgoto sem tratamento constitui um problema sério de saúde permanente, pois a falta de coleta e tratamento de esgoto geram problemas graves de saúde, como leptospirose, hepatite, cólera e esquistossomose. Clarke e King (2005) observam que o descarte seguro das fezes humanas é um fator básico na luta contra muitas doenças infecciosas.

Ao analisar a Lei 11.445/2007, Vaz (2009) constatou que no Brasil existe um grande déficit no conjunto de serviços de infraestrutura e instalações operacionais, principalmente ao esgotamento sanitário, pois mais da metade dos municípios brasileiros não tem sequer coleta de esgoto, e o que é coletado geralmente é lançado diretamente em corpos hídricos, contaminando solos e os corpos hídricos.

Entretanto, é preciso analisar as características da localidade antes da implantação do SES, pois segundo Pereira e Soares (2010), dependendo do tipo de aglomeração populacional, o sistema pode ser individual ou coletivo, que serão apresentados no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Sistema de Esgotamento Sanitário



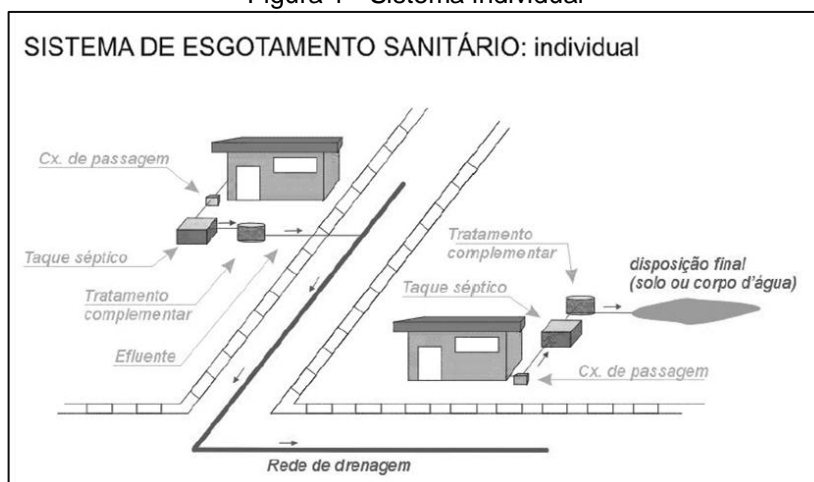
Fonte: Pesquisa direta (2012)

3.1.1 Sistema individual

Segundo Von Sperling (2005), o sistema individual é a solução no local, consistindo no lançamento das excretas humanas ou dos esgotos gerados pelas residências, envolvendo a infiltração do solo, geralmente utilizando tanque/fossa sépticas.

Na Figura 1, é representado o sistema individual simples utilizado geralmente em locais com pequenas aglomerações urbanas e sem rede coletora, com dois tipos de lançamento após o tratamento.

Figura 1 - Sistema individual



Fonte: Dias (2009)

Antes de definir qual o tratamento individual que será utilizado, é preciso distinguir a diferença entre tanque séptico e fossa. De acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB (2009), a diferença entre os dois é o fato de o tanque séptico ser uma unidade de tratamento de esgotos, com o efluente a ter um destino final, geralmente infiltrando no solo através das unidades complementares (sumidouro ou valas de infiltração). Enquanto, a fossa é utilizada para disposição final dos esgotos.

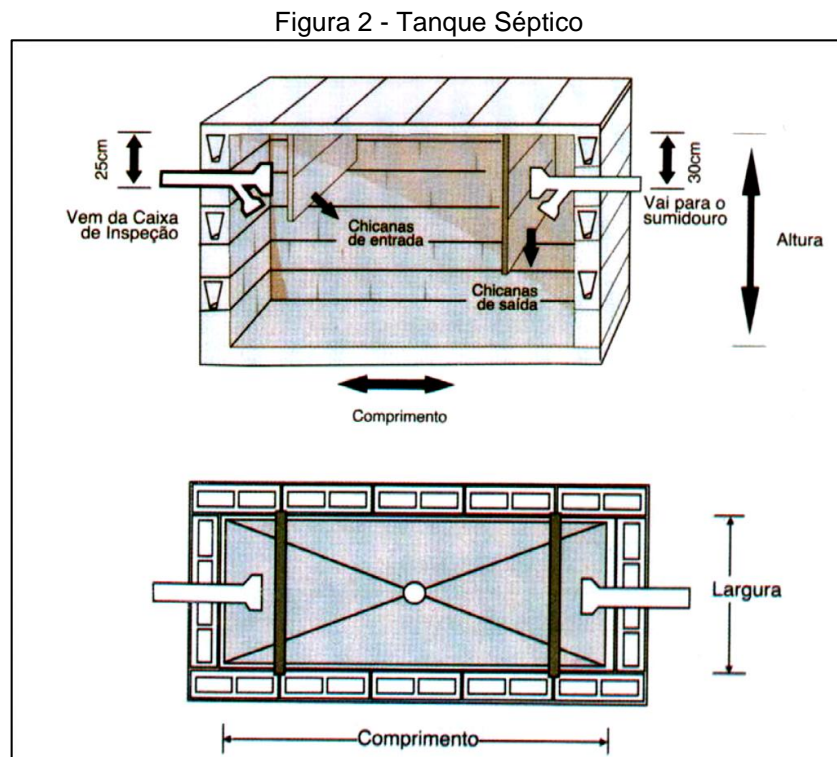
No Quadro 1, abaixo são apresentados os tipos de fossas e suas características:

Quadro 1 - Tipos de Fossas Sépticas

Tipos	Características
Fossa seca de buraco	Constituída por um buraco no solo e elementos acessórios, sendo que ao atingir um determinado nível estabelecido (de 0,50 a 1,0 metros abaixo da superfície do terreno), o espaço livre é preenchido por terra e a fossa é desativada. Podendo ser ventilada;
Fossa seca tubular	Variante da fossa seca, porém com um buraco menor (cerca de 0,40 cm de diâmetro);
Fossa estanque	É um tanque impermeável onde são dispostas as excretas até sua remoção
Fossas de fermentação/ Privada de compostagem	Instalação onde usuário deposita as excretas que, em condições ambientais adequadas, propiciam a compostagem dos dejetos.
Fossa química	É uma fossa estanque onde é adicionado um produto químico para desinfecção dos dejetos.
Privada com receptáculo móvel	Consiste em um recipiente metálico, colocado sob o assento, para receber dejetos que são retirados se esvaziados temporariamente.
Fossa absorvente/Poço absorvente	É uma escavação semelhante a um poço, onde são dispostos os esgotos, podendo ou não ter paredes de sustentação. Permitem a infiltração do efluente no solo.

Fonte: Adaptado PROSAB (2009)

De acordo com Pereira e Soares (2010) o tanque séptico, mostrado na Figura 2, é a unidade de tratamento mais utilizada no Brasil para o sistema individual, sendo normalmente utilizado em locais desprovidos de rede coletora e tratando apenas pequena vazão de esgoto.



Fonte: ConstruTens (2012).

A NBR-7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos conceituam-os como a unidade de tratamento de esgoto de fluxo horizontal por processos de sedimentação, flotação e digestão.

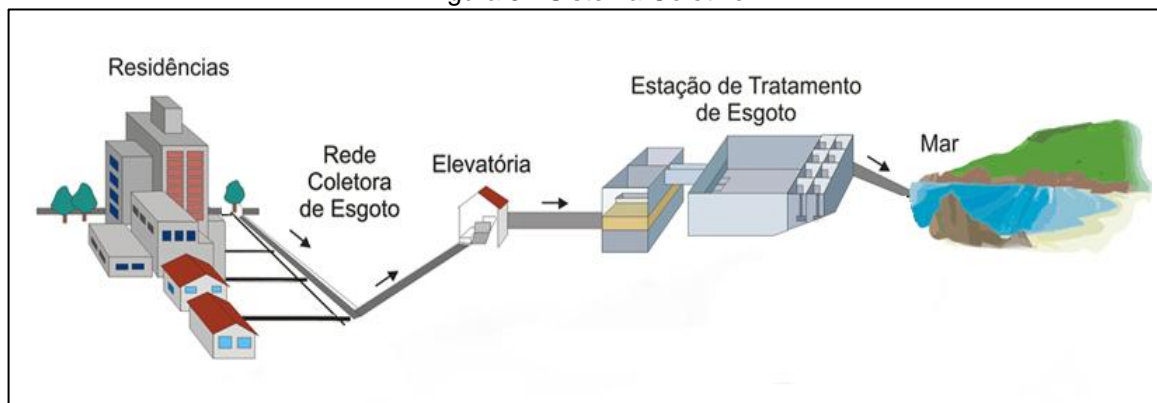
Jordão e Pessoa (2009) classificam o tanque séptico como dispositivo de tratamento primário, onde sua eficiência não atinge 50% de sólidos de suspensão e a remoção máxima de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO de 30%, na qual é necessária a implantação de unidades complementares para a melhor eficiência como: filtro anaeróbio, filtro aeróbio, filtro de areia, escoamento superficial ou a desinfecção.

Para que a implantação do tanque séptico não se torne inviável, Simon (2010) observa que é necessário avaliar alguns critérios como a baixa permeabilidade, as características do subsolo, a possibilidade de contaminação do lençol freático e se o local é apropriado para a infiltração dos efluentes.

3.1.2 Sistema coletivo

Em relação ao sistema coletivo, Pereira e Soares (2010) destacam que o crescimento populacional e a redução de áreas livres nas habitações dificultaram a utilização dos sistemas isolados, sendo necessário utilizar SES coletivo para áreas com grande adensamento populacional. Esse sistema (Figura 3) é composto pelas unidades de coleta, elevação, tratamento e destino final.

Figura 3 - Sistema Coletivo

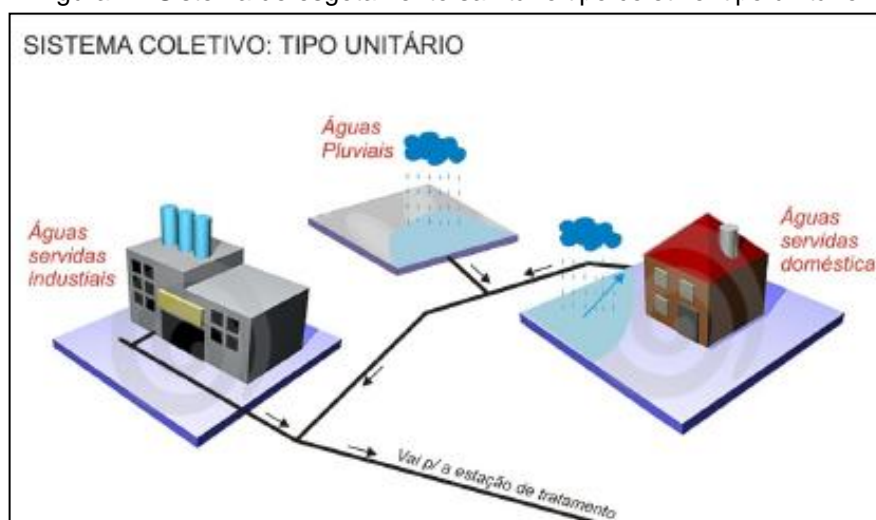


Fonte: Adaptado Companhia Espírito Santense de Saneamento- CESAN (2012)

Segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999), o sistema coletivo pode ser definido pelo tipo de coleta, sendo dividido em três sistemas de esgotamento:

a) Unitário: construído para coletar as águas domésticas e industriais, juntamente com águas pluviais que são transportados por uma única rede, conforme a Figura 4:

Figura 4 - Sistema de esgotamento sanitário coletivo: tipo unitário



Fonte: Dias (2009)

b) Parcial: sistema que inclui a coleta de parte das águas pluviais provenientes das ruas, praças, jardins, quintais e áreas não pavimentadas, ilustrada na Figura 5:



Fonte: Dias (2009)

c) Absoluto: que consiste em um sistema de coleta independente para o esgoto sanitário de residências, indústrias e águas de infiltração, enquanto, as águas pluviais são transportadas em um sistema de drenagem totalmente independente, como observado na Figura 6:



Fonte: Dias (2009)

Segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999), no Brasil utiliza-se principalmente o sistema separador absoluto, que de acordo com a NBR-9648, define como “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente de modo contínuo e higienicamente seguro”.

3.2 ESTUDO DE ALTERNATIVA DE SES

A NBR 9648/1986 de Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário define o estudo de concepção como o estudo dos arranjos das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, e que, deve ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da alternativa mais viável do ponto de vista técnico, econômico, financeiro e social. Esta norma objetiva as condições exigíveis no estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário do tipo separador, com amplitude suficiente para permitir o desenvolvimento do projeto de todas ou qualquer das partes que o constituem, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.

Antes da elaboração de um sistema de esgoto, é necessário fazer um estudo de concepção na área onde o projeto será implantado. Segundo Silva (2005), o estudo é imprescindível para a realização do planejamento prévio de atividades que compõem a concepção do sistema, no qual são desenvolvidas alternativas de localização e tipo das unidades de coleta, elevação, tratamento e destino final, para posterior seleção da melhor alternativa segundo critérios técnicos, econômicos e ambientais.

Frizzo e Eckman (2003) ressaltam que a concepção do SES envolve aspectos básicos, como o estudo de alternativas de traçado perfeitamente definidas para o interceptor e coletores tronco, seguindo as condições de drenagem natural impostas pela topografia local e acompanhando o sentido de escoamento dos cursos d'água que existem em grande quantidade cruzando o perímetro urbano da cidade.

Dentre os requisitos mínimos para o estudo de concepção de um SES apresentados pela NBR 9648/1986, estão:

- ✓ Planta topográfica em escala real e compatível;

- ✓ Características físicas da região em estudo como relevo, informações; meteorológicas, geológicas fluviométricas e corpos receptores;
- ✓ Dados populacionais e sua distribuição espacial;
- ✓ Meios de acessos de transporte;
- ✓ Sistemas de saneamento existentes
- ✓ Energia elétrica;
- ✓ Materiais de construção;
- ✓ Cadastro do sistema existente;
- ✓ Ligações prediais;
- ✓ Uso da terra;
- ✓ Planos diretores existentes.

Sendo que a própria NBR 9648/1986 apresenta um conjunto de atividades a serem desenvolvidas, exatamente para a definição do projeto, dentre as quais se destacam-se:

- ✓ Delimitação da bacia de esgotamento;
- ✓ Fixação do alcance do plano inicial e final;
- ✓ Estimativa da população num certo período de anos;
- ✓ Estabelecendo as concepções de esgoto, conforme aos estudos dos corpos receptores;
- ✓ Pré-dimensionamentos dos componentes SES.

Desta forma, Araújo (2003) concluiu que a NBR 9648/1986, reúne todos os requisitos necessários para o planejamento do estudo de concepção de um SES.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP lançou em 2002 a norma técnica NTS 062 de Concepção de Esgoto Sanitário, com objetivos muitos semelhantes à norma da ABNT (NBR 9648/1986). Porém, é interessante ressaltar, que a NTS 062, detalha alguns itens que auxiliaram no estudo de concepção e que não são apresentados na NBR 9648/1986, como por exemplo:

- ✓ O consumo “per capita” ou por economia, que na falta dessa informação, adota-se os dados de comunidades de características semelhantes;
- ✓ O consumo comercial, público, industrial e especial, que na falta dessa informação, adota-se os dados de atividades similares;
- ✓ Fixa o período de alcance de projeto em 20 anos;

Em relação ao corpo receptor, a NTS 062 recomenda um estudo bem delineado para as águas interiores e águas costeiras, que são destacados a seguir:

- ✓ Usos dos recursos hídricos na área de influência;
- ✓ Condições de proteção e as tendências de ocupação da bacia analisando interferências que possam afetar a quantidade e qualidade do corpo receptor;
- ✓ Análise dos impactos decorrentes do lançamento pretendido e dos possíveis conflitos pelo uso do corpo receptor;
- ✓ Análises físico-químicas, bacteriológicas e toxicológicas das águas do corpo receptor;
- ✓ Compatibilização com diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor da Bacia Hidrográfica;
- ✓ O estudo do corpo receptor costeiro que compreende também as baías, estuários lagunas e deltas;
- ✓ Caracterização sanitária e ambiental da área estudada considerando: balneabilidade;
- ✓ Capacidade de assimilação do corpo receptor através de levantamentos oceanográficos;
- ✓ Caracterização das ondas através de monitoramento e dados holográficos existentes, obtendo as ondas de projeto e ondas de arrebentação para a análise da capacidade dispersora;
- ✓ Caracterização da mistura oceânica.

Outro fator importante que diferencia a norma da SABESP da ABNT, é que a NTS 062 exige estudos ambientais, que deverão ser entregues a órgãos competentes, que se manifestaram favoráveis ao projeto. Segundo Miyashita e Nuvolari (2003), estes estudos são importantes, pois como qualquer outra atividade humana que causa alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, necessita de licenciamento, justamente como uma medida mitigadora.

Segundo Leme (1977), os elementos para o estudo de concepção são geralmente encontrados em órgãos administrativos locais, municipais e estaduais. Dentre os elementos mais relevantes, podem-se citar as cartas topográficas, necessárias ao estudo da topografia e hidrografia da área em questão e no

delineamento das bacias contribuintes e possíveis corpos receptores capazes de servirem como destino final das contribuições coletadas, bem como considerar as regiões que não são passíveis de esgotamento.

Pereira e Soares (2010) destacam que a grande maioria das informações para o estudo de concepção de SES pode ser obtida pelo Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário - PDSES. Porém, os autores observam que a grande maioria dos municípios brasileiros não possui o plano ou está desatualizado. Os autores recomendam que independente da falta de planejamento, o estudo de concepção deverá ser realizado, justamente para ser ter a visibilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas concebidas para o projeto do sistema de esgoto na área.

Mendonça (1987) ressalta que o planejamento do sistema de esgotos sanitários deve abranger toda área urbanizada e mais as zonas de expansão, de modo a facultar a futura ocupação pela população prevista para o período de alcance ou de projeto.

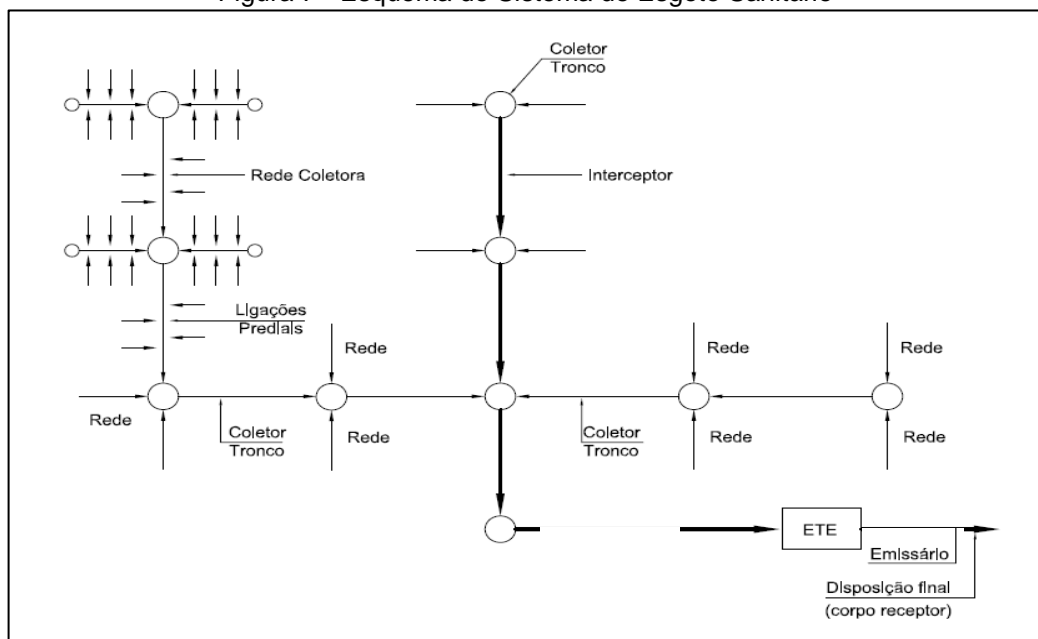
3.3 REDE CONVENCIONAL DE ESGOTO – TIPO SEPARADOR ABSOLUTO

Segundo Pereira e Soares (2010) a rede convencional é a mais utilizada pelos municípios brasileiros, pois atende às recomendações técnicas (NBR-9648/1986 e NBR-9649/1986), onde o esgoto sanitário é transportado gravitacionalmente de uma cota mais alta para outra cota mais baixa, sendo que em algumas situações, sejam necessárias estações elevatórias, devido ao desfavorecimento topográfico.

3.3.1 Unidades do sistema coletivo

O sistema coletivo apresenta unidades maiores e mais complexas para coleta e tratamento do esgoto. De acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999), o sistema de esgoto coletivo pode ser dividido em: rede coletora; Interceptores/emissários; sifão invertido; estação elevatória e estação de tratamento; e corpo receptor. A Figura 7 apresenta um esquema das partes constituintes deste sistema coletivo:

Figura 7 - Esquema do Sistema de Esgoto Sanitário



Fonte: Araújo (2003)

Além Sobrinho e Tsutiya (1999) descrevem as unidades do sistema de esgotamento sanitário:

a) Rede coletora

Conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios.

b) Interceptores:

É uma canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas e geralmente localizadas próximo de cursos de água ou lago.

c) Emissário

Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino convenientemente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marchas.

d) Sifão invertido:

Obra destinada a transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto funcionando sob pressão.

e) Estações elevatórias de esgoto (EEE):

Conjunto de instalações destinado a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para uma cota mais alta.

f) Estações de tratamento de esgoto (ETE):

Conjunto de instalações destinado à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento.

g) Corpo receptor:

Corpo de água onde são lançados os esgotos.

3.3.2 Normas técnicas da ABNT

A ABNT, que é órgão responsável pela normalização técnica do país, criou algumas normas para orientar sobre as condições exigíveis para implantação de projetos de sistema de esgoto sanitário para o tipo separador absoluto, as normas que podem ser destacadas são:

- a) NBR 9648/1986 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
- b) NBR 9649/1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- c) NBR 12207/1992 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário
- d) NBR 12208/1992 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário.
- e) NBR 9814/1987 – Execução de rede coletora de esgoto sanitário

3.3.3 Órgãos acessórios

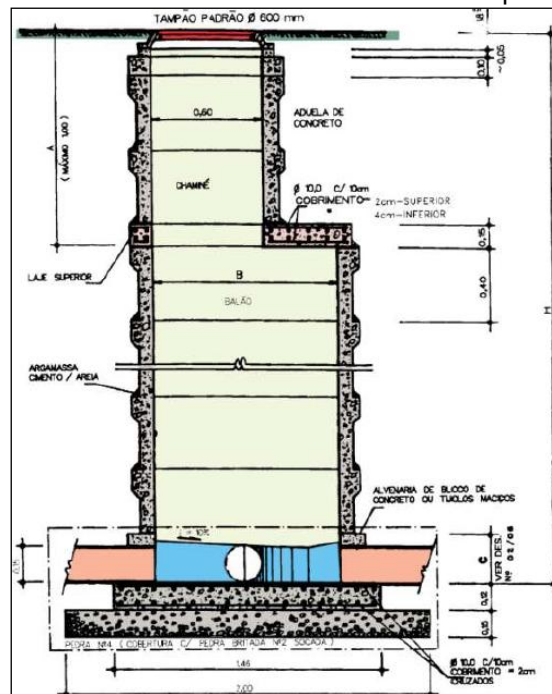
Os órgãos e acessórios são muito importantes para a rede coletora na interligação das tubulações ou mudança de direção.

Segundo Azevedo Netto (1998), os órgãos e acessórios são dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos, construídos em pontos singulares da rede de esgoto. Dentre eles estão o poço de visita (PV), o Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL), o Terminal de Limpeza (TL) e a caixa de passagem.

Para Pereira e Soares (2010), esses dispositivos são utilizados nos pontos de derivação ou mudança de plano, declividade, diâmetro, material e cota. Pereira e Soares (2010), afirmam também, que esses dispositivos são importantes na construção e operação de SES, pois deve haver facilidade para a desobstrução e remoção de dejetos acumulados no interior dos condutos.

O Poço de Visita (PV), mostrado na Figura 8 a seguir, é um dos principais acessórios do sistema, a NBR-9649/1986, define o como uma câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção. Além Sobrinho e Tsutiya (1999), recomendam que os PV's sejam utilizados, geralmente em todos os pontos com singularidades, no início de coletores, nas mudanças de sentidos, de declividade, de diâmetro e de material e reunião de coletores. A distância entre poços, não deve ser superior a 100 m.

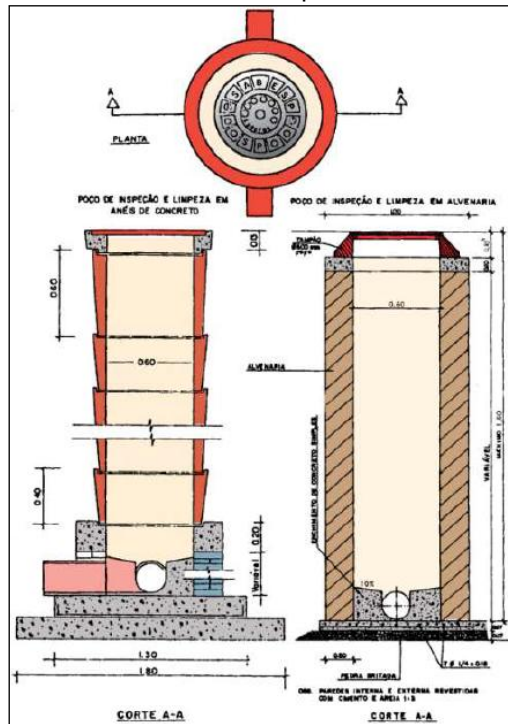
Figura 8 - Poço de Visita em aduelas de concreto armado pré-moldado.



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

Outro acessório importante é o tubo de inspeção e limpeza (TIL) ou Poço de Inspeção (PI). Além Sobrinho e Tsutiya (1999), afirmam que o TIL só poderá ser utilizado em algumas situações em substituição ao PV, como no caso de haver reunião de coletores (três entradas e uma saída); nos pontos com degrau de altura inferior a 0,60m; em profundidades até 3,00 m. A Figura 9 a seguir, apresenta o TIL em concreto pré-moldado.

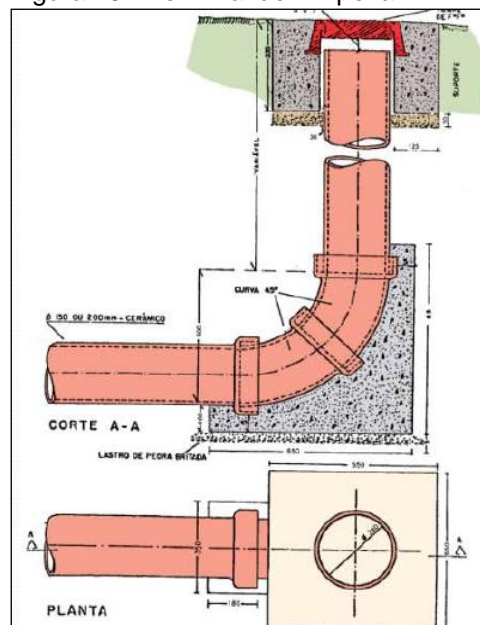
Figura 9 - TIL em alvenaria e em duelas pré-moldadas de concreto



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

O terminal de limpeza (TL), segundo Pereira e Soares (2010), é um dispositivo não visitável, fabricado em Policloreto de Polivinila - PVC ou outro material plástico, destinado à introdução de equipamentos de limpeza dos coletores. Pode ser também, substituído por PV no início dos coletores. Na Figura 10 é apresentado um modelo do TL.

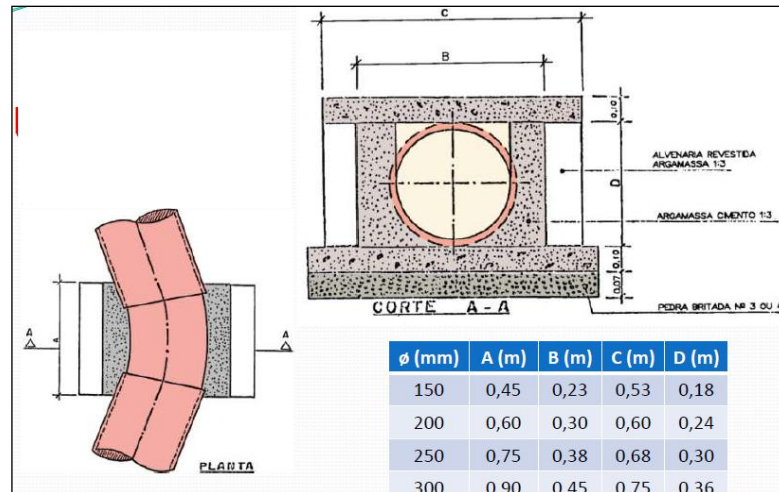
Figura 10 - Terminal de Limpeza



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

De acordo com Pereira e Soares (2010), a caixa de passagem não permite acesso e nem inspeção. Pode estar localizado no meio do coletor, desde que justificado por necessidade construtiva ou econômica. A câmara de passagem, é mostrada na Figura 11.

Figura 11 - Caixa de Passagem (CP)



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

3.3.4 Projeto de rede coletora de esgoto sanitário

De acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999), o projeto de rede coletora de esgotamento sanitário deverá atender horizonte de projeto de 20 (vinte) anos, devendo ser justificados os casos excepcionais. Fernandes (1997) destaca como o tempo útil para o qual as obras projetadas serão operadas depende de fatores como a vida útil das estruturas e equipamentos, a existência de planos organizados de expansão, a flexibilidade para ampliações futuras do sistema e a, condições de empréstimos e rentabilidade.

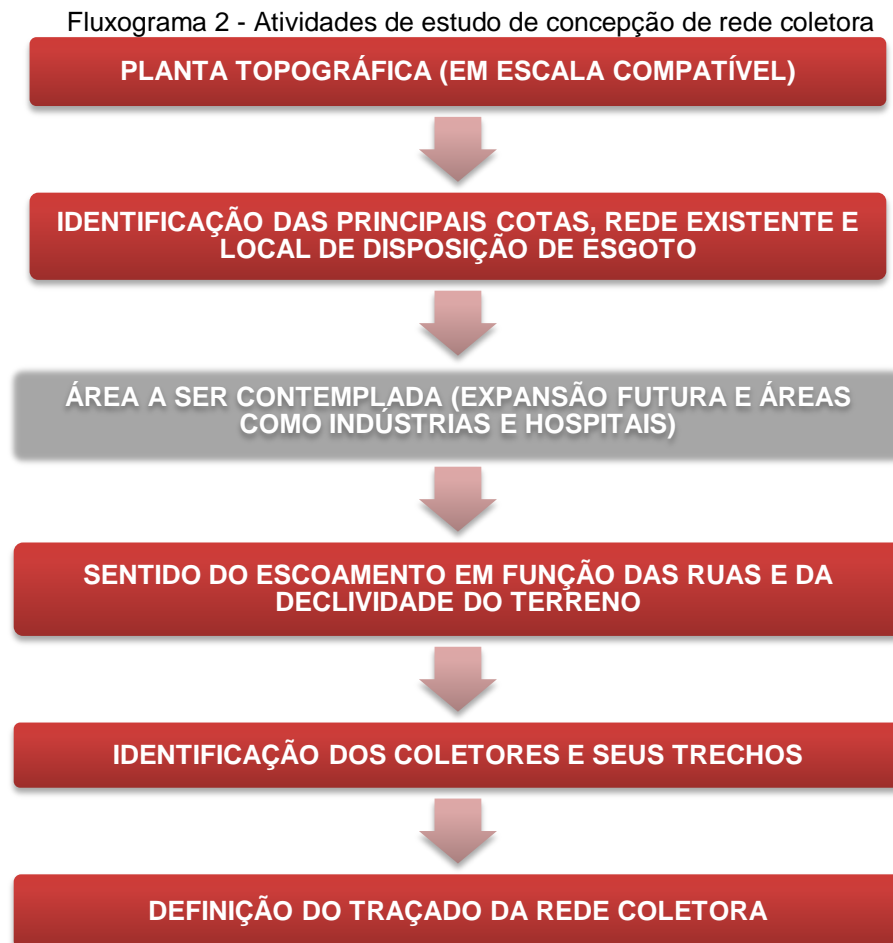
Antes de iniciar o projeto de rede coletora, é preciso considerar alguns itens importantes para a implantação do sistema como o tipo traçado a ser adotado, a população a ser atendida num plano inicial e final e os critérios hidráulicos preestabelecidos para o dimensionamento da rede coletora.

3.3.4.1 Traçado da Rede Coletora

Segundo a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCesa (2008), em projetos de redes de esgoto sanitário, o modo como deve se comportar o plano de escoamento é definido pela topografia.

A rede depende do caimento do terreno, ou seja, o fluxo parte de pontos de cota maior para os de cota menor, fazendo com que o efluente escoe normalmente por gravidade.

Para o traçado de rede coletora de esgoto sanitário, Azevedo Netto (1998) apresenta o seguinte roteiro simplificado no Fluxograma 2:

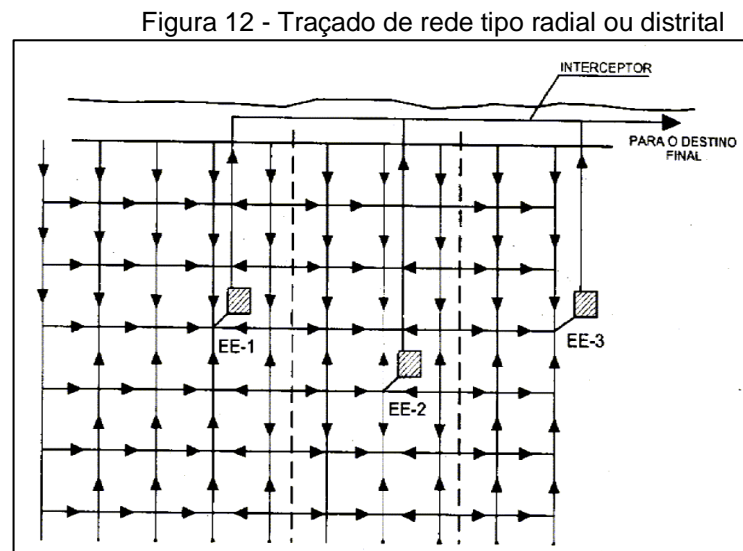


Fonte: Adaptado de Azevedo Netto (1998)

Segundo Soares e Pereira (2010), sempre que possível o assentamento do coletor de esgoto acompanhe a declividade do terreno, a fim de evitar coletores com grandes profundidades, diâmetro maiores e EEE em quantidade elevada e em profundidade excessiva.

Mascaró (1989) afirma que a declividade do terreno é importante para o traçado e custo da execução da rede coletora e nem sempre as características topográficas do terreno contribuem para o alcance de profundidades satisfatórias ou que resultem em menores custos de implantação.

A rede coletora de esgoto apresenta geralmente três tipos de traçado, que se adequam as condições físicas e da localidade, que podem ser: Radial ou distrital. É o sistema característico de cidades planas. A cidade é dividida em distritos ou setores independentes; em cada um, criam-se pontos baixos, para onde são dirigidos os esgotos. Dos pontos baixos, o esgoto é recalcado, ou para o distrito vizinho, ou para o destino final. É o arranjo típico de cidades litorâneas (Além Sobrinho e Tsutiya 1999). A Figura 12 abaixo apresenta o traçado tipo radial.

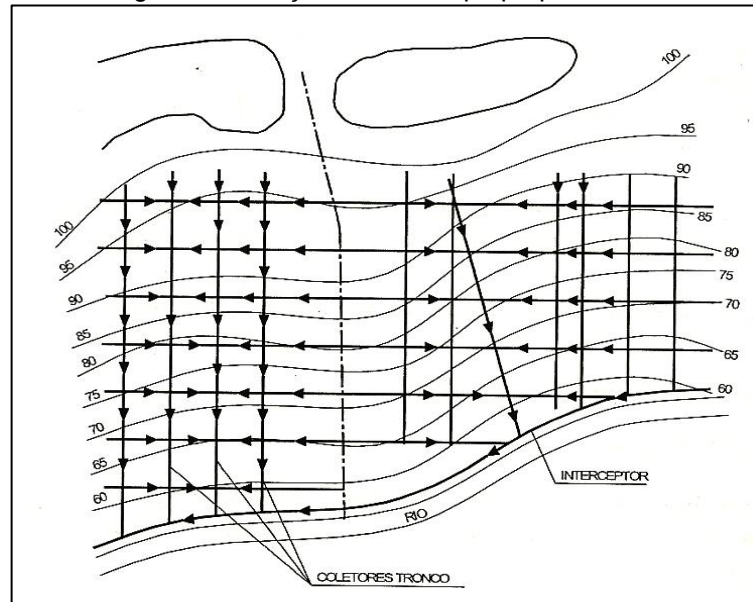


Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

- Perpendicular: em cidades atravessadas ou circundadas por cursos de água.

A rede de esgotos compõe-se de vários coletores troncos independentes, com traçado mais ou menos perpendicular ao curso d'água, sendo que um interceptor marginal deverá receber esses coletores, levando esses efluentes ao destino adequado. A Figura 13 apresenta a rede tipo perpendicular.

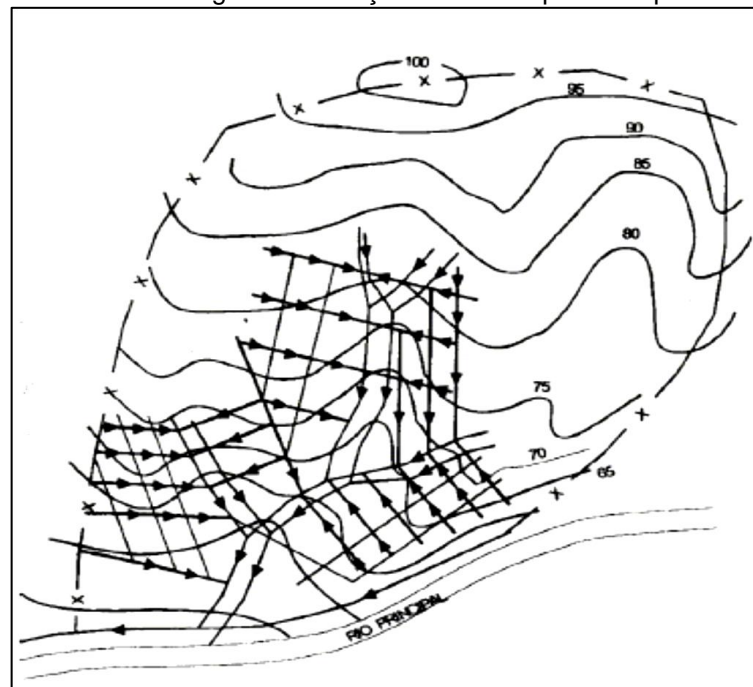
Figura 13 - Traçado de rede tipo perpendicular



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

- Leque: é o traçado próprio a terrenos acidentados. Os coletores tronco correm pelos fundos dos vales ou pela parte baixa das bacias e nele incidem os coletores secundários, como um traçado em forma de leque ou fazendo lembrar uma espinha de peixe. A Figura 14 apresenta a rede tipo leque.

Figura 14 - Traçado de rede tipo em leque



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

A seleção da melhor alternativa de traçado é baseada no estudo detalhado da concepção para esta unidade, implicando, normalmente, em reduções na extensão

da rede, nos volumes de escavação/reaterro e no tempo de duração da construção da rede coletora de esgotos (SOARES, 2004).

Cabe ao projetista identificar e desenvolver o traçado característico a condição topográfica da cidade, visando à diminuição das profundidades dos coletores e, conseqüentemente, a redução dos recursos que serão investidos da rede coletora de esgotos, bem como do sistema de esgotamento sanitário (DACACH, 1984).

3.3.4.2 Fatores que Interferem no Traçado da Rede Coletora

Segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999), o projetista deve considerar alguns fatores que influenciam no traçado da rede coletora como: profundidade máxima e mínima, interferências e planos diretores.

a) Profundidades máximas e mínimas

As profundidades máxima e mínima são importantes no traçado da rede coletora, pois profundidades máximas implicariam na necessidade de implantação de estações elevatórias e no custo de execução de valas, enquanto que a profundidade mínima é utilizada para a proteção da tubulação contra as cargas externas na superfície do terreno. Na NBR 9648/1986, são estabelecidos critérios de recobrimento mínimo, sendo a altura entre o nível da superfície e o da geratriz superior externa do tubo de 0,65m, quando o coletor for assentado no passeio; e de 0,90m, quando o coletor for assentado no leito de tráfego. E geralmente a profundidade máxima utilizada pelos projetistas esta entre 4,5m e 6,0m, pois com tubos com grandes profundidades dificulta a instalação de ligações prediais, além da manutenção do trecho do coletor.

b) Influências

As influências podem prejudicar a implantação da rede coletora de esgoto, pois em alguns casos podem atrasar as obras e gerar transtorno para a sociedade. De acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999), entre as principais interferências a serem consideradas podem-se citar as canalizações de drenagem urbana; os cursos d'águas que atravessam a área urbana; as tubulações de água potável; além do

trânsito, que na concepção da rede coletora, deverá ter o mínimo de problemas possível.

c) Planos diretores

É importante que no traçado da rede coletora, seja considerado o plano diretor de urbanização. Normalmente, esses planos estabelecem a setorização de densidades demográficas, setor industrial, sistema viário e preveem as zonas de expansão da cidade (ALÉM SOBRINHO E TSUTIYA, 1999).

Gallegos (1997) *apud* Soares (2004) esclarece que as áreas reservadas para parques industriais, para novas urbanizações, áreas de lazer, reservas de qualquer espécie etc., deverão ser convenientemente identificadas como subsídio às definições de projeto.

3.3.4.3 Critérios de Dimensionamento da Rede

Segundo Azevedo Netto (1998), a rede coletora é projetada para funcionar como condutos livres em regime permanente e uniforme, de modo que a declividade da linha de energia equivale a declividade da tubulação e é igual a perda de carga unitária. Porém, o escoamento na rede pode ser variável, devido às ligações prediais, com variação ao longo do dia, presença de sólidos, mudança de greide, etc.

De acordo com Soares (2004), os parâmetros hidráulicos são importantes para garantir o escoamento livre do esgoto, pois evitam a deposição de material sólido no fundo dos coletores, além de efeitos abrasivos nas paredes internas da tubulação.

A NBR 9649/1986, estabelece critérios para o dimensionamento da rede, entre os quais, podem ser destacados: vazão de contribuição de esgoto, taxas, diâmetros, declividade mínima, tensão trativa, velocidade do escoamento e crítica.

a) Vazão de contribuição de esgoto e taxas

Segundo Pereira e Soares (2010), para que o sistema de esgotamento sanitário seja eficiente, é necessário que as tubulações de esgoto estejam preparadas para coletar as contribuições de uma população inicial e final, sendo

recomendado normalmente alcance de projeto de 20 anos, atendendo assim a vazão de esgoto sanitário durante todo o período de projeto.

Para o cálculo da vazão de esgoto, é necessário que seja determinado o início e final de plano, sendo incluídas as vazões domésticas, industrial e infiltração que contribuem para a capacidade da tubulação.

A Equação 1 apresenta a vazão inicial de plano:

$$Q_{esi} = Q_{di} + Q_{indi} + Q_{infi} \quad (1)$$

Onde Q_{esi} , pode ser calculado por:

$$Q_{esi} = \frac{C \times P_i \times q_i \times K_2}{86400} + Q_{ind} + Q_{inf} \quad (2)$$

Onde:

Q_{esi} = Vazão de esgoto sanitário inicial (L/s);

Q_{di} = Vazão doméstica de início de plano (L/s);

C = Coeficiente de retorno;

P_i = População de início de plano (hab.);

q_i = Per capita inicial (L/hab.dia);

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária;

Q_{ind} = Vazão industrial (L/s);

Q_{inf} = Vazão de infiltração (L/s);

A Equação 3 apresenta a vazão final de plano:

$$Q_{esf} = Q_{df} + Q_{indf} + Q_{inf} \quad (3)$$

Onde Q_{esf} , pode ser calculado da seguinte forma:

$$Q_{esf} = \frac{C \times P_f \times q_f \times K_2}{86400} + Q_{indf} + Q_{inf} \quad (4)$$

Onde:

Q_{esf} = Vazão de esgoto sanitário final (L/s);

Qdf= Vazão doméstica de final de plano (L/s);

C= Coeficiente de retorno

Pf= População de final de plano (hab.);

qf= Per capita final (L/hab.dia);

K2= Coeficiente de máxima vazão horária;

Qind = Vazão industrial (L/s);

Qinf = Vazão de infiltração (L/s);

A NBR 9649/1986, recomenda que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão seja 1,5 L/s. Além Sobrinho e Tsutiya (1999), explicam que esse valor corresponde ao pico instantâneo de vazão decorrente da vazão da descarga de vaso sanitário.

b) Diâmetro

A NBR 9649/1986, recomenda que o diâmetro mínimo seja de 100 mm, mas Pereira e Soares (2010) ressaltam que os diâmetros superiores podem ser utilizados, porém com justificativa técnica.

Soares (2004) observou que grande parte das redes coletoras no país estão utilizando diâmetros mínimos a partir de 150 mm, pois diâmetros menores são mais suscetíveis à obstrução das canalizações, o que compromete a eficiência hidráulica da rede coletora.

c) Declividade mínima e econômica

Araújo (2003) explica que a declividade está relacionada a dois conceitos: a autolimpeza ou arraste de sedimentos e economicidade do investimento, direta e fortemente ligada às profundidades de assentamento dos condutos. A NBR 9649/1986, recomenda que a declividade mínima para vazão inicial (Qi), que satisfaça a autolimpeza pelo menos uma vez ao dia, seja calculada pela Equação 5 abaixo:

$$I_{min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47} \quad (5)$$

Onde:

Imin = declividade mínima (m/m);

Qi= vazão de jusante de início de plano (L/s).

d) Lâmina d'água máxima

De acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999), para que tenham ventilação e flutuação excepcionais de nível de esgoto, as tubulações deveram funcionar com lâmina igual ou inferior 75% do diâmetro da tubulação.

e) Tensão trativa

Segundo Azevedo Netto (1998), a tensão trativa ou tensão de arraste é o componente tangencial do peso liquido sobre a unidade de área da parede do coletor e que atua sobre o material sedimentado, promovendo o arraste dos sólidos, ou seja, promovendo a autolimpeza das tubulações.

Além Sobrinho e Tsutiya (1999), explicam que as partículas são normalmente depositadas nas tubulações de esgoto nos horários de menor contribuição, então a tensão trativa critica é a tensão mínima necessária para inicio do movimento, entretanto, a NBR 9649/1986, estabelece critério da tensão trativa com valor mínimo de 1,0 Pa (Pascal), calculada para vazão inicial e o coeficiente de Manning $n = 0,013$. E pode ser calculada através da seguinte Equação 6:

$$\sigma = \gamma \cdot R_H \cdot I_p \quad (6)$$

Onde:

σ = Tensão trativa, Pa;

γ = Peso específico do líquido, N/m³;

R_h = Raio hidráulico, m;

I_p = Declividade da tubulação, m/m;

f) Velocidade de escoamento e velocidade crítica

Para determinado conduto, a velocidade de escoamento e a vazão são tanto maiores quanto mais acentuadas for a sua declividade, ou seja, o ideal é que o conduto seja instalado com a declividade capaz de propiciar a velocidade máxima tolerada, a fim de proporcionar a vazão máxima. Nesse caso, a velocidade máxima tolerada conduziria, a priori, na solução mais econômica, pois em decorrência da

mesma seria utilizado conduto de menor seção possível para dar certa vazão (DACACH, 1984 *apud* SOARES, 2004). Porém, Pereira e Soares (2010) observam que quanto maior a declividade, maior será a profundidade e conseqüentemente mais onerosa será a construção da rede coletora. Além Sobrinho e Tsutiya (1999), ressaltam que em grandes declividades, pode haver entrada de bolhas de ar na superfície do líquido e ocasionar aumento da lamina d'água.

A NBR 9649/1986, recomenda que a máxima declividade admissível provoque uma velocidade final de escoamento (V_f) de até a 5 m/s. Além disso, a norma técnica aconselha que quando a velocidade final V_f do escoamento for superior a velocidade crítica (V_c), a maior lâmina admissível deve ser 50% do diâmetro do coletor, para assegurar a ventilação do trecho.

A velocidade crítica é calculada através da Equação 7:

$$V_c = 6 \times (g \cdot R_h)^{1/2} \quad (7)$$

Onde:

V_c = Velocidade crítica, m/s;

g = aceleração da gravidade, m/s²;

R_h = Raio hidráulico, m.

3.3.4.4 Materiais das Tubulações da Rede de Esgoto

Para a escolha entre os diversos tipos de materiais são necessários estudos técnicos e econômicos que possam relacionar o custo dos materiais, a hidráulica das tubulações, os custos de construção, tipo de solo, profundidade e periodicidade de manutenção e a facilidade no transporte, manuseio e estocagem.

Segundo Sanks *et al*, (1998), os principais fatores que devem ser considerados para a escolha da tubulação são:

- ✓ Propriedades do fluido: caso seja corrosivo ou tenha facilidade na formação de resíduo;
- ✓ Disponibilidade: saber se os tamanhos, espessuras e conexões estão disponíveis no mercado para o referido material;
- ✓ Propriedade do tubo: Se possui resistência à corrosão, à fricção de fluido do tubo ou revestimento interno;

- ✓ Economia: vida útil, manutenção, custo (fabricação e frete até o local) e custo dos reparos.

Entre os diversos tipos de materiais existentes no mercado estão: tubo cerâmico, tubo de concreto, tubo de cloreto de polivinil, Polietileno de Alta Densidade (PEAD), tubo de ferro fundido e tubo de aço.

a) Tubo cerâmico

Os tubos cerâmicos (Figura 15) são fabricados com argila cozida a elevadas temperaturas e são vidrados internamente ou internamente e externamente. Nos dias atuais ainda é comum utilizá-los, apresentando uma grande aceitação para a construção de redes coletoras de esgotos sanitários. Suas características mais relevantes são (Bevilacqua, 2006):

- ✓ Boa resistência mecânica: Sua seção tende a ser sempre circular devido ser muito rígido, dificultando o risco de ovalizações;
- ✓ Resistência química: Por ter em sua composição a argila, o material torna-se imune à ação de possíveis elementos agressivos que compõem os esgotos residenciais e industriais;
- ✓ Resistência à temperatura elevada: Em sua fabricação, os tubos cerâmicos passam por avaliação (carga de prova) com temperaturas de 1.200 °C, afim de que seja preservada a tubulação em possíveis despejos industriais quentes;
- ✓ Custo: É o material que apresenta menor custo dentre todos os tipos de tubos que existe no mercado.

Possui desvantagens no que diz respeito à fragilidade do material, não resiste a cargas externas elevadas, não resiste a pressões internas.

Figura 15 - Tubos cerâmicos



Fonte: Cerâmica Avante (2012)

b) Tubo de concreto

Estas tubulações (Figura 16) podem ser de concreto simples (ponta e bolsa) ou de concreto armado (moldado no local ou pré-moldado). Os tubos de concreto (Figura 16) são utilizados com mais frequência em emissários, interceptores e coletores tronco, com diâmetros superiores a 400mm e funcionam como conduto livre.

As vantagens da utilização dos tubos em concreto são:

- ✓ Resistente a cargas externas moderadas;
- ✓ Utilizado para grandes diâmetros;
- ✓ Facilidade para execução das juntas elásticas pelo sistema ponta e bolsa;
- ✓ Baixo custo.

Figura 16 - Tubos em concreto



Fonte: COPEL (2012)

Sua desvantagem é em relação a não resistência a pressões internas e possuir elevado peso (dificultando seu manuseio).

Os tubos de concreto estão sujeitos ao ataque químico (corrosão por ácido sulfúrico), o ácido sulfúrico ataca o cimento enfraquecendo a tubulação (diminuindo a resistência da tubulação) e proporcionando o rompimento da canalização. O ácido sulfúrico é proveniente de compostos originados da decomposição anaeróbia do esgoto.

c) Tubo de Cloreto de Polivinil (PVC)

O PVC (Figura 17) é amplamente utilizado em redes de esgoto e ligações prediais. É inerte quando exposto à maioria dos ácidos, porém é atacado por cetonas encontradas em alguns esgotos industriais. Possui boas características como: leveza, diversos tipos de conexões, tubos mais longos e lisos, estanqueidade, flexibilidade, baixa rugosidade, ligações simples, não sofre perda por quebra, facilidade, rapidez no assentamento e o aproveitamento de mão de obra local (PASSETO, 1972). Como desvantagem pode-se citar a baixa resistência a choques, a baixa resistência a raios solares (incidência direta), e a profundidade mínima de assentamento dos tubos, que não deve ser inferior a 1 metro (SANKS, 1998).

Figura 17 - Tubo em PVC



Fonte: Tigre (2012)

d) Tubo de ferro fundido

Os tubos de ferro fundido apresentam alta resistência a cargas externas, sendo que, sua maior utilização é em locais de trânsito pesado e pouco recobrimento, linhas de recalque, passagem de obstáculos, vãos de pontes, rios e estruturas sujeitas a trepidação.

Os tubos são normalmente utilizados em serviços de baixa pressão, temperatura e ambiente, e em locais onde não ocorram grandes esforços mecânicos. De acordo com Telles (1987) os tubos de ferro fundido são resistentes à corrosão, principalmente os que são ocasionados pelo solo, possuindo grande durabilidade. Como desvantagem pode-se listar a sensibilidade a corrosão e seu elevado peso. Ver Figura 18:

Figura 18 - Tubos em Ferro fundido



Fonte: Idumental (2012)

e) Tubo de aço

Os tubos de aço (Figura 19) são recomendados em casos onde haja necessidade de tubulações com pequeno peso, porém com grande resistência a pressão de ruptura e flexibilidade, e é devido à essa característica, que os tubos de aço são resistentes a efeitos como: choques, deslocamentos e pressões externas. (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

Figura 19 - Tubos em aço



Fonte: Steelpipessupply (2012)

3.4 APRESENTAÇÃO DE PROJETO

A Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2008) estabelece que o projeto de engenharia deva apresentar os elementos e informações necessárias e suficientes para que a obra seja executada com segurança, funcionalidade, adequação, facilidade de construção, conservação e operação, durabilidade dos componentes e principalmente a possibilidade do emprego de mão-de-obra, material, matérias-primas e tecnologias existentes no local.

Segundo Pereira e Soares (2010), os projetos básicos e executivos da rede coletora de esgoto sanitário são os documentos que caracterizam o empreendimento, apresentando às informações necessárias a execução da obra. Sendo que a FUNASA (2008) define esses projetos, como:

- ✓ Projeto básico: conjunto de elementos necessários e suficientes, com precisão adequada, para caracterizar a obra e o serviço, ou o complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução;
- ✓ Projeto executivo: conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Pereira e Soares (2010) sugerem a organização dos documentos pela ordem de detalhamento em parte textual, orçamentária e gráfica, conforme apresentado no Fluxograma 3.

De acordo com essa organização, o documento deverá ser entregue de forma clara e dentro dos padrões estabelecidos pelo órgão, justamente para facilitar a análise e aprovação.

Fluxograma 3 - Apresentação do Projeto



Fonte: Adaptado por Pereira e Soares (2010)

3.5 CONSTRUÇÃO DA REDE COLETORA

A construção da rede coletora de esgoto sanitário é uma obra civil que requer em uma sequência de etapas e procedimentos para o bom desenvolvimento das atividades, a fim de que o projeto seja executado da melhor forma. (PEREIRA; SOARES, 2010).

3.5.1 Serviços preliminares

3.5.1.1 Sinalização da Obra

Em qualquer serviço de obra realizada deverá ser sinalizada obedecendo as normas da Lei nº 9.503/97 no artigo 30 que institui o Código de Trânsito Brasileiro. A sinalização em vias públicas é de extrema importância para a segurança, não só da equipe de execução, mas também de pedestres, condutores de veículos pessoas estranhas e até mesmo animais (Figura 20). As sinalizações dependem da área (parcial ou total) e do horário (diurno ou noturno) para serem utilizadas (MENDONÇA *et. al.* (1987) *apud* Pereira; Soares (2010)). Os materiais mais utilizados para a realização dessa sinalização são: cones, cavaletes, telas, sinalização refletiva (tinta fluorescente) e a luminosa (lâmpada).

Figura 20 - Sinalização da obra

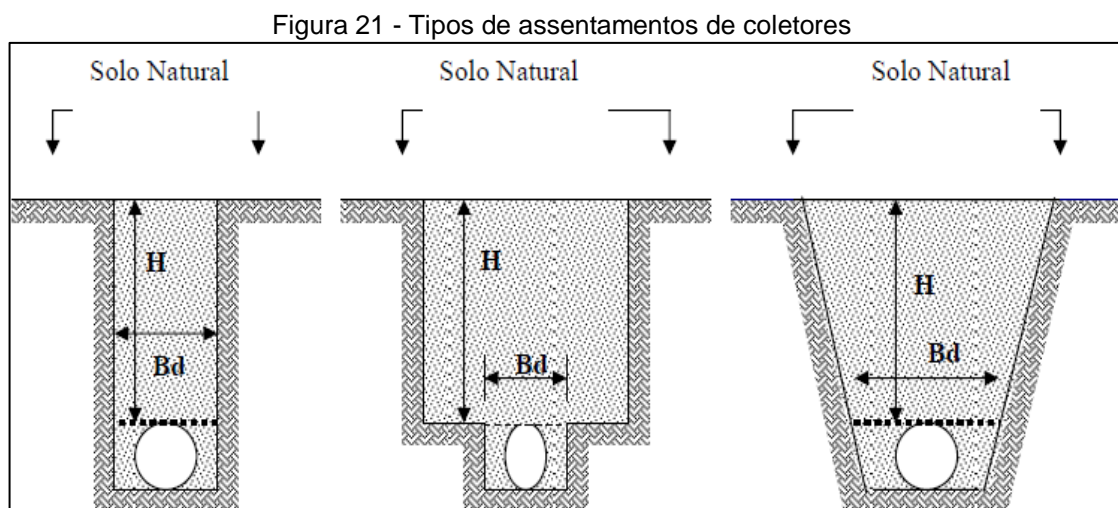


Fonte: Soluções para as Cidades (2012)

3.5.1.2 Locação da Rede Coletora

Vala é toda abertura feita no solo, com a finalidade de receber tubulações. Segundo Dacach (1984), a vala de abertura em que será locada a rede de esgoto é similar à de água potável, sendo que a diferença está na profundidade dos coletores de esgoto, que são mais profundos. A largura da vala para o assentamento das tubulações dependerá da profundidade, do diâmetro da tubulação, da modalidade de escoramento e tipo de solo. (SOARES, 2004).

A Figura 21 abaixo mostra três tipos de valas mais comuns que são utilizadas em assentamentos dos coletores.



Fonte: Adaptado de Mendonça *et. al.* 1987 *apud* Pereira; Soares (2010).

A determinação da largura da vala pode ser calculada conforme o Quadro 2 segundo Mendonça (1987) *apud* Soares (2010).

Quadro 2 - Fórmulas utilizadas na determinação da largura da vala (B_d) em função do diâmetro interno (D_i) do coletor.

Fórmulas	Autores
$B_d = D_i + 2 \cdot (0,15\text{m ou } 0,30)$	Guerrin
$B_d = 1,34 D_i + 0,20\text{m}$	Fórmula Americana
$B_d = 1,40 D_i + 0,16\text{m}$	M. Dubosch
$B_d = 1,50 D_i + 0,30\text{m}$	Steel
$B_d = D_i + 0,30\text{m}$	BNH/ABES/CETESB

Fonte: Mendonça (1987) *apud* Soares (2004)

A NBR 12266 define a largura das valas para obras de esgoto sanitário conforme o diâmetro nominal da tubulação, da cota de corte e do tipo de escoramento adotado. Ver Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Largura da vala para obra de esgoto

Diâmetro	Cota do corte	Largura da vala em função do tipo de escoramento e cota de corte			
		Pontaletes (m)	Contínuo e descontínuo (m)	Especial (m)	Metálico – madeira (m)
100 e 150	0 a 2	0,65	0,65	0,75	-
	2 a 4	0,75	0,85	1,05	-
	4 a 6	0,85	1,05	1,35	-
	6 a 8	0,95	1,25	1,65	-
200	0 a 2	0,70	0,70	0,80	-
	2 a 4	0,80	0,90	1,10	1,75
	4 a 6	0,90	1,10	1,40	1,90
	6 a 8	1,00	1,30	1,70	2,05
250 a 300	0 a 2	0,80	0,80	0,90	-
	2 a 4	0,90	1,00	1,20	1,85
	4 a 6	1,00	1,20	1,50	2,00
	6 a 8	1,10	1,40	1,80	2,15
350 a 400	0 a 2	0,90	1,10	1,20	-
	2 a 4	1,00	1,30	1,50	2,15
	4 a 6	1,10	1,50	1,80	2,30
	6 a 8	1,20	1,70	2,10	2,45
450	0 a 2	1,00	1,15	1,25	-
	2 a 4	1,10	1,35	1,55	2,25
	4 a 6	1,20	1,55	1,85	2,40
	6 a 8	1,30	1,75	2,15	2,55
500	0 a 2	1,10	1,30	1,40	-
	2 a 4	1,20	1,50	1,70	2,35
	4 a 6	1,30	1,70	2,00	2,50
	6 a 8	1,40	1,90	2,30	2,65
600	0 a 2	1,20	1,40	1,50	-
	2 a 4	1,30	1,60	1,80	2,45
	4 a 6	1,40	1,80	2,10	2,60
	6 a 8	1,50	2,00	2,40	2,75
700	0 a 2	1,30	1,50	1,60	-
	2 a 4	1,40	1,70	1,90	2,55
	4 a 6	1,50	1,90	2,20	2,70
	6 a 8	1,60	2,10	2,50	2,85
800	0 a 2	1,40	1,60	1,70	-
	2 a 4	1,50	1,80	2,00	2,65
	4 a 6	1,60	2,00	2,30	2,80
	6 a 8	1,70	2,20	2,60	2,90
900	0 a 2	1,50	1,70	1,80	-
	2 a 4	1,60	1,90	2,10	2,75
	4 a 6	1,70	2,10	2,40	2,90
	6 a 8	1,80	2,30	2,70	3,05
1000	0 a 2	1,60	1,80	1,90	-
	2 a 4	1,70	2,00	2,10	2,85
	4 a 6	1,80	2,20	2,50	3,00
	6 a 8	1,90	2,40	2,80	3,15

Fonte: ABNT NBR 12266/1992

3.5.2 Instalação da rede coletora

Para o início da instalação da rede coletora, é necessário seguir as seguintes etapas:

- ✓ Remoção de pavimentos;
- ✓ Escavação;
- ✓ Escoramento;
- ✓ Esgotamento;
- ✓ Assentamento do coletor;
- ✓ Reaterro e compactação;

3.5.2.1 Remoção de Pavimentos

Nuvolari (2003) recomenda que em ruas pavimentadas, deve-se remover o pavimento na largura da vala acrescida de 0,15m a cada lado, evitando que haja acidentes com os operários.

Os métodos mais utilizados para remoção de pavimentos são descritos a seguir (Nuvolari, 2003):

- ✓ Pavimento asfáltico: o corte é feito com martelete pneumático ou picaretas. A remoção do material cortado é feito com retroescavadeiras ou manualmente com alavancas, picaretas, etc.
- ✓ Paralelepípedos e blockets: a remoção é feita manualmente com alavancas ou com picaretas.
- ✓ Passeios: Se for cimento, cerâmica ou lajota são removidos com marteletes pneumáticos ou picaretas.

Segundo ReCESA (2008) recomenda-se que todos os resíduos retirados deverão ser transportados imediatamente para bota-fora. A Figura 22 ilustra a remoção do pavimento asfáltico.

Figura 22 - Remoção do pavimento asfáltico



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2012)

3.5.2.2 Escavação

De acordo com a NBR 12266/1992, a escavação é a remoção de solo, desde a superfície natural do terreno até a cota especificada no projeto. Para assentamento do coletor a escavação pode ser realizada manual ou mecanicamente.

A presença de rochas e outros sedimentos são um dos fatores que mais oneram a instalação de uma rede coletora de esgotos, cujos preços não estavam computados no orçamento. Apesar da realização de estudos do perfil geológico (sondagem), poderá haver modificação nos preços já orçados (ReCESA, 2008).

De acordo com Dacach (1984), a escavação manual é realizada pela força humana com a utilização de enxadas, pá, picaretas, etc. Já na escavação mecanizada são utilizados equipamentos como a retroescavadeira que auxilia na realização das atividades de maneira eficiente. Ver Figura 23:

Figura 23 - Utilização da retroescavadeira



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2012)

3.5.2.3 Escoramento

De acordo com Nuvolari (2003) o escoramento das paredes laterais das valas é necessário para evitar a desmoronamento do solo, cuja ocorrência pode causar transtornos ao bom andamento dos serviços e colocar em risco vidas humanas. Ver Figura 24:

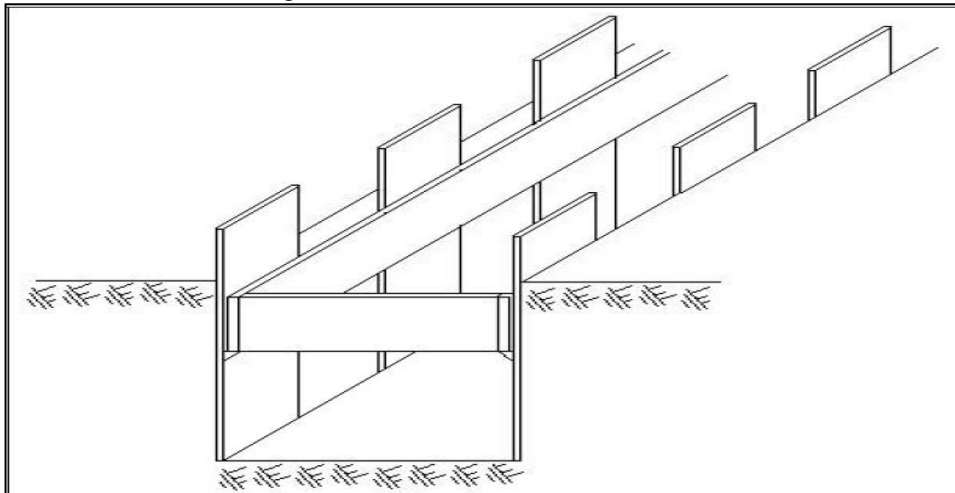
Figura 24 - Escoramento metálico



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2012)

Dacach (1984) classifica os escoramentos em dois tipos: o aberto ou contínuo e o fechado ou descontínuo. Sendo que o contínuo é aquele que não cobre toda a superfície lateral da vala, são usados pares de tábuas na vertical que são pressionadas por estroncas, por meio de outros pares no eixo longitudinal da escavação (Figura 25). São utilizados em locais de terreno firme e com pouca água.

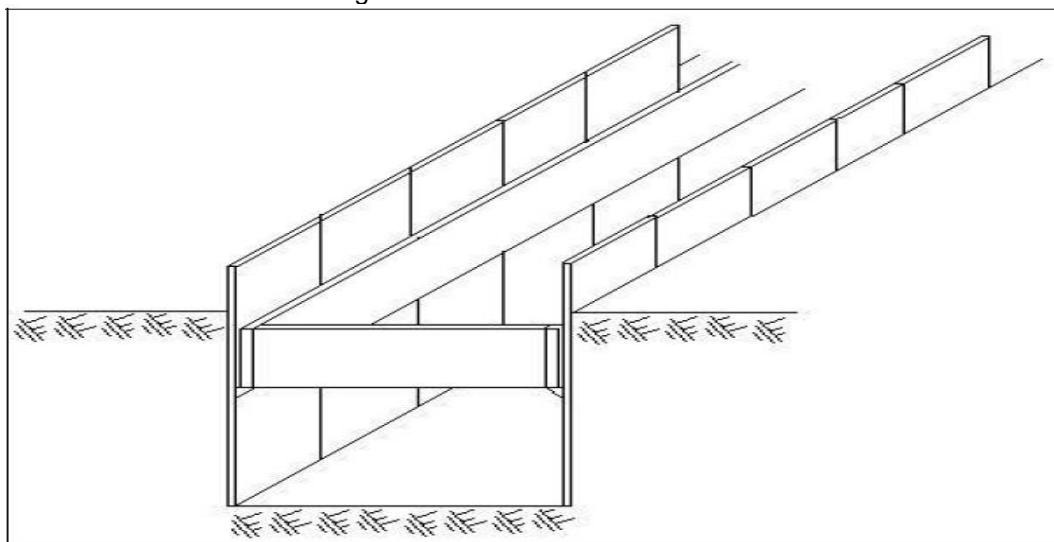
Figura 25 - Escoramento descontínuo



Fonte: Mendonça *et. al.* (1987)

Em relação ao escoramento contínuo (Figura 26), a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental– CETESB (1979) define como aquele que cobre toda a superfície lateral da vala, sendo que a profundidade máxima é de 1,50m a fim de que seja possível a preparação dos quadros.

Figura 26 - Escoramento contínuo



Fonte: Mendonça *et al* (1987) *apud* Pereira; Soares (2010).

3.5.2.4 Esgotamento

Quando a escavação atingir o lençol d'água, deve-se manter o terreno permanentemente drenado (NBR 9814/1987). Segundo Mendonça et al. (1979) *apud* Soares e Pereira (2010), para o perfeito acabamento das juntas das tubulações da rede de esgoto é necessário que a água seja esgotada afim de que o assentamento não fique comprometido. Em regiões em que o lençol freático está acima do fundo da vala, pode-se utilizar equipamentos que auxiliam no rebaixamento do nível d'água como bombas centrífugas, bombas diafragmas, bombas sapo, ponteiras filtrantes e sistemas de drenagem (DACACH, 1984).

Nos casos em que não haja no projeto a especificação da bomba a ser utilizada, a NBR 12266/1992 recomenda que de preferência sejam usadas bombas do tipo escorvante ou submersa e que a jusante do trecho em construção, exista um pequeno poço de sucção para onde a água infiltrada deverá ser conduzida. Ver Figura 27.

Figura 27- Esgotamento da obra

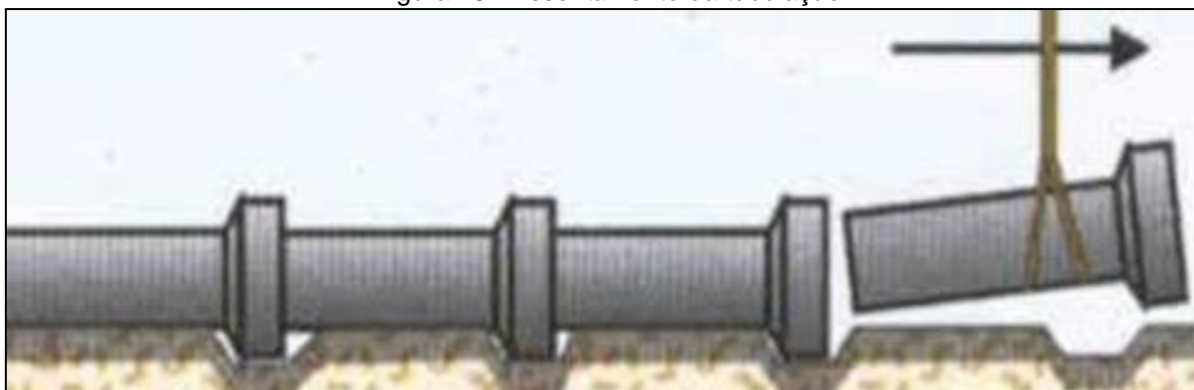


Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2012)

3.5.2.5 Assentamento dos tubos

O assentamento das tubulações (Figura 28) deverá ocorrer de jusante para montante, sobre bases firmes evitando uma possível mudança de posição e riscos de ruptura (CETESB (1979) *apud* Bevilacqua (2006)).

Figura 28 - Assentamento da tubulação



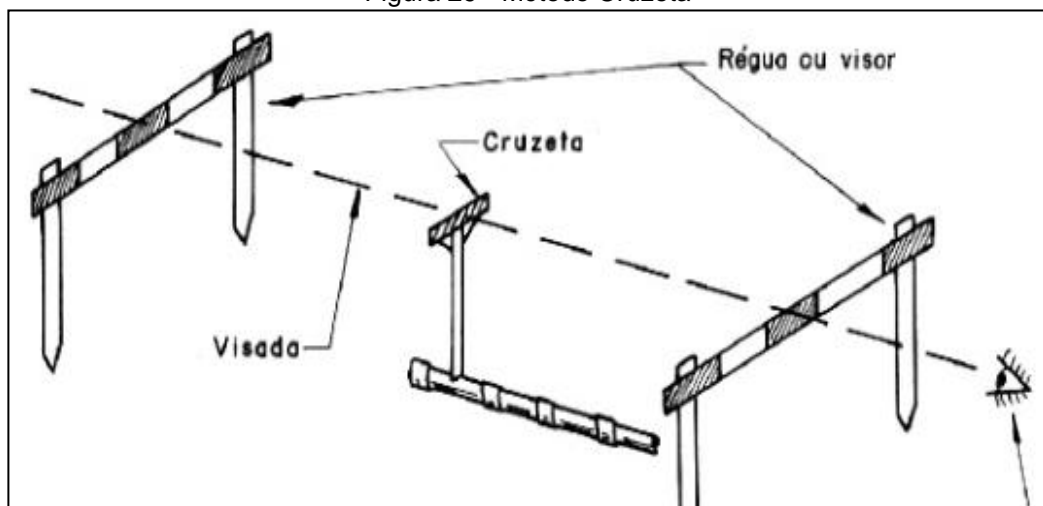
Fonte: Construmabe (2012)

Pereira e Soares (2010) recomendam que o assentamento seja realizado através dos métodos construtivos: o método da cruzeta e o método do gabarito.

a) Método da Cruzeta

Consiste na transferência da linha imaginária de fora da vala para a geratriz externa superior do coletor. Segundo a NBR 9814, as réguas devem obedecer a um espaçamento de no máximo 30m e numeradas com as estacas correspondentes ao trecho. Dacach (1984) conceituou a cruzeta como sendo uma régua de madeira que possui um formato na letra “T”, tendo em sua barra transversal comprimento que varia de 0,40 e 0,60m, variando apenas na altura. Ver Figura 29:

Figura 29 - Método Cruzeta

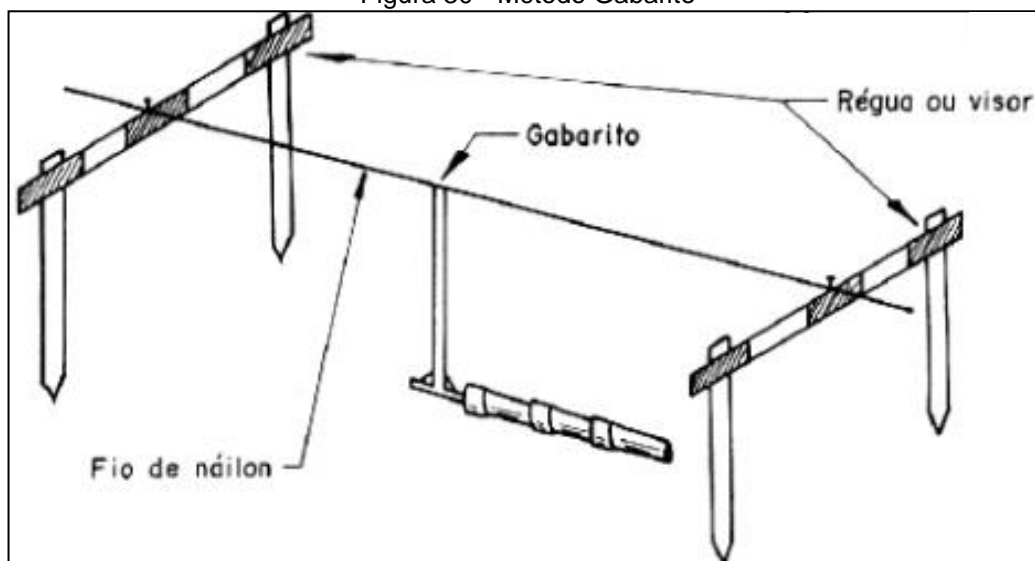


Fonte: ABNT NBR 9814/87

b) Método do Gabarito

Consiste na transferência da linha imaginária de fora da vala para a geratriz inferior interna do coletor. Segundo a NBR 9814, as réguas devem obedecer um espaçamento de no máximo 10m e numeradas com as estacas correspondentes ao trecho. O gabarito é uma régua em formato de “L” onde a tangência visual entre as réguas e a cruzeta indicam se o tubo está ou não assentado na posição correta. Ver Figura 30:

Figura 30 - Método Gabarito

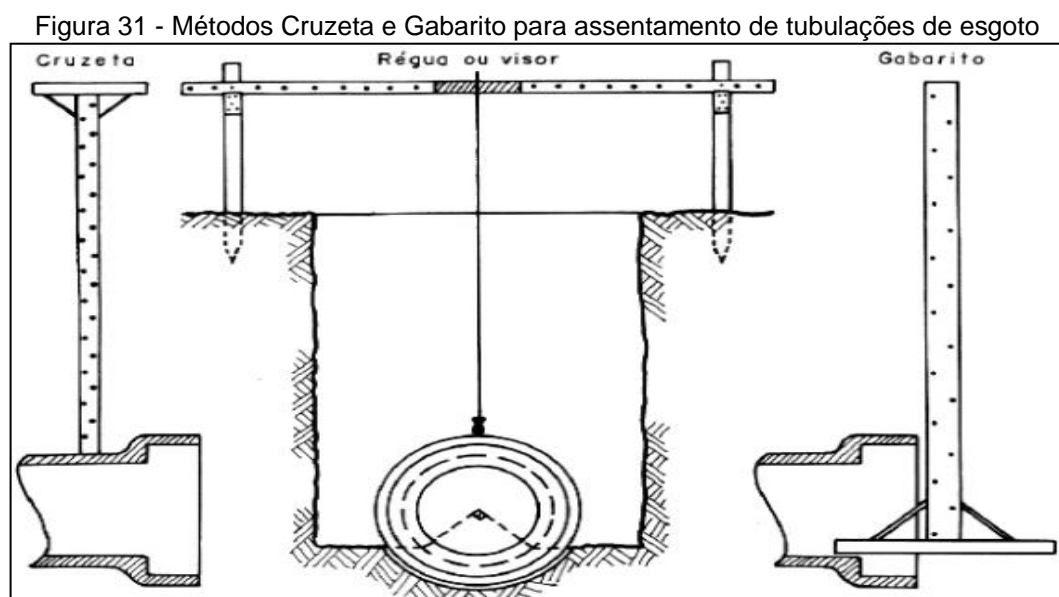


Fonte: ABNT NBR 9814/87

A recomendação da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR para o assentamento de tubos é a utilização do método misto gabarito/cruzeta (Figura 31). São necessários os seguintes procedimentos:

- ✓ A instalar os gabaritos com régua fixada e nivelada em relação ao piquete a cada 20 m ou nos pontos de mudança de declividade ou direção (PVs, CI's, CP's);
- ✓ Passar a linha de nylon, bem tencionada e sem emenda, sobre a régua nivelada para evitar catenária. Esta linha servirá como alinhamento de vala e conferência do assentamento dos tubos;
- ✓ Utilizar, no fundo da vala, outra linha de nylon no mesmo alinhamento da superior para servir de alinhamento dos tubos;
- ✓ Assentar os tubos conferindo-os com a cruzeta que será assentada sobre os tubos e passando-a junto a linha superior para verificação das cotas.

Utilizam-se gabaritos com ponteiros de FG de diâmetro $\frac{1}{2}$ "ou $\frac{3}{4}$ " com 2 m de comprimento, réguas pintadas e com furos para evitar deformações. Nas ponteiros utilizam-se fixadores móveis para altura das réguas e para fixar a própria régua. Utiliza-se cruzeta em alumínio ou madeira contendo, em suas extremidades, um semicírculo no diâmetro do tubo correspondente e uma pequena barra para visualização junto a linha de nylon, bem como nível esférico para conseguir sua verticalidade.



Fonte: ABNT NBR 9814/1987

Segundo Hammer (1979), testes de compressão diametral são necessários para determinar a carga transmitida aos tubos circulares enterrados. Esses testes são padronizados para o teste de esmagamento de um coletor para dar início ao trabalho de preparação do fundo de valas em que serão assentados os coletores de esgoto.

Caso haja necessidade de paralisação da obra no momento do assentamento, é recomendado a vedação da extremidade do coletor, a fim de evitar a entrada de materiais ou animais e cobertura do trecho já assentado, para que não ocorra a suspensão dos tubos caso haja previsão de chuva, ou elevação do nível do lençol freático (PEREIRA e SOARES, 2010).

3.5.2.6 Reaterro

O objetivo principal desta etapa é o preenchimento da vala com: reaterro com o mesmo material de escavação da vala que são isentos de pedra e barro ou reaterro com material de empréstimo, para que haja redução do volume de vazios e aumentar o peso específico. Conforme a Figura 32 abaixo:

Figura 32 - Reaterro Manual com socador mecânico



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2012)

A compactação do material do reaterro segundo Dacach (1984) poderá ser feito de forma manual ou mecânica. A compactação manual pode ser realizada com

um socador ou maço, constituído de bloco prismático de base quadrada de madeira, ferro ou concreto, sustentado por um cabo. Já a compactação mecânica poderá ser (PEREIRA, 2006):

- ✓ Por impacto: é realizada com soquetes denominados “sapos mecânicos”, acionados por máquinas especiais;
- ✓ Por pressão: utilizam-se rolos compressores de pequena largura para que possa caber dentro da vala;
- ✓ Por vibração: recomendado para solos inconsistentes a exemplo de areia.

Para Nuvolari (2003), as principais funções do pavimento é distribuir os esforços oriundos do tráfego e melhorar as condições de rolamento, contribuindo para um maior conforto e segurança do usuário. O revestimento asfáltico (capa asfáltica) deve ser adensado com rolo liso, de preferência vibratório.

3.6 CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Conforme Ávila, Librelotto e Lopes (2003) o custo representa o valor da soma dos insumos (mão-de-obra, materiais e equipamentos, impostos, etc.) necessários a realização de dada obra ou serviço, sendo assim constitui-se no valor pago pelos insumos.

De acordo com Soares (2004), os custos podem ser classificados quanto à facilidade de alocação como custos diretos e indiretos. Rebelato (2004) explica que o custo direto é todo custo que pode ser associado a produtos ou serviços de uma obra forma quantificável, como por exemplo, a matéria-prima que pode ser relacionada diretamente aos custos dos produtos ou serviços. Em relação ao custo indireto, o autor esclarece que o custo indireto é todo custo que não oferece uma condição de medida objetiva, sendo que as tentativas de associá-los aos produtos ou serviços devem ser feitas por estimativas ou arbitrariamente, como exemplifica em relação a materiais de consumo, uma vez que na maioria dos casos é difícil de associar tais materiais aos produtos ou serviços, pois foram utilizados em vários produtos ou serviços.

Para Soares (2004) o mercado de construção civil, os custos diretos não são suficientes para orçar uma obra, pois as empresas executam despesas indiretas de

várias naturezas, como na administração local, em que as despesas indiretas são determinadas pela montagem e manutenção de uma estrutura administrativa no local de obra, justamente para permitir a direção e a fiscalização técnica (interna e externa) dos serviços e o controle dos custos, tais como, instalação de canteiro, equipamentos administrativos, mão-de-obra indireta (engenheiro, gerente, técnico e etc.). A autora afirma que essas despesas indiretas, não são discriminadas em planilha orçamentária, sendo que cada empresa deve conhecer a taxa de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), exatamente para cobrir esses gastos.

Conforme Rebelato (2004) há outra forma de classificação dos custos que considera a unidade de tempo, valor total de custos dentro da unidade de tempo e o volume de atividades, que são o custo fixo que mantém o seu valor, independente de aumentos ou diminuições do volume de produtos produzidos e de serviços realizados em um período e o custo variável, cujo valor varia de acordo com o volume de produtos produzidos ou de serviços realizados em um período.

Segundo Siqueira (2008), o custo é um dos principais itens a se conhecer sobre qualquer empreendimento, desde a fase inicial até a fase de execução das obras. Nas etapas preliminares, a autora explica que a estimativa de custo cumpre um papel importante, uma vez que as metodologias de orçamento tradicional exige um nível de detalhamento e especificação que não é possível obter na fase de anteprojeto, sendo que as estimativas de custos são ferramentas fundamentais para tomadas de decisão, pois estas não buscam custos precisos e sim uma aproximação.

Siqueira (2008) destaca que existem técnicas de estimativas de custo, porém a escolha vai depender da fase de definição do projeto e a sua finalidade de uso. Sendo que autora observa que uma estimativa de custo deva proporcionar aos projetistas uma radiografia do projeto, com aproximação aceitável para qual se destina, sendo comparada aos valores obtidos pelo orçamento detalhado.

Já em fases mais avançadas, o orçamento tem outro papel importante para a análise de custo de um empreendimento, apesar de ser considerada uma estimativa de custo. Porém, a diferença é que possui um nível de precisão maior devido ao seu detalhamento.

Segundo Baeta e Sartor (1999) *apud* Pereira e Soares (2006), o orçamento é o custo provável de um serviço ou obra a ser executado, de acordo com

especificações técnicas preestabelecidas, realizadas as compensações monetárias para retratar o custo estimado.

De acordo com Lopes *et al* (2003) o orçamento pode ser analisado de duas formas, como processo ou como produto. Como processo, os autores comentam que o objetivo é definir metas empresarias em termos de custo, faturamento e desempenho, na qual participam na elaboração e se compromete com sua realização todo o corpo gerencial da empresa. Logo o orçamento como produto, tem o objetivo definir o custo e, em decorrência, o preço de algum produto da empresa, seja a construção de algum bem ou a realização de qualquer serviço.

Siqueira (2008), explica que para orçar um empreendimento é preciso calcular o custo de forma detalhada baseado nos projetos executivos, uma vez que é a partir do orçamento que serão definidas em metas físicas, cronograma físico-financeiro, o gerenciamento de compra de matérias e a contratação de mão-de-obra.

De acordo com Valentini (2009), o orçamento pode ser dividido em três formas distintas:

- ✓ Orçamento tabelado: é aquele que utiliza cálculo como base de cálculo a multiplicação da metragem quadrada da área de Custo Unitário Básico da Construção Civil (Cub/m²);
- ✓ Orçamento sintético: é aquele é calculado pelo método dos Índices de Construção, no qual é importante ter o projeto básico de onde serão calculadas todas as atividades macro mensuráveis;
- ✓ Orçamento analítico: consiste no detalhamento de todas as suas etapas resultando na confiabilidade do preço apresentado, onde toda a metodologia é aplicada aplicando todos os recursos e variáveis.

Além dessas três formas de orçamento, Siqueira (2008) comenta que existem outros tipos de orçamentos que são citados na literatura, os mais destacados são:

- ✓ Orçamento convencional ou discriminado: é o mais utilizado na construção civil, realizado a partir das discriminações dos serviços necessários para execução da obra, que são quantificados e multiplicados pela composição dos custos unitários destes serviços;
- ✓ Orçamento operacional: consiste na determinação dos custos de acordo com as atividades ocorridas na obra. Sendo que calculam o consumo de

materiais e mão-de-obra da cada serviço através de constantes de consumo e permanência das equipes de trabalho na obra;

- ✓ Orçamento paramétrico: consiste na determinação de constantes de materiais ou serviços, que posteriormente são associadas a um custo unitário de execução. As constantes de consumo podem ser determinadas através de dados históricos, e a precisão desse tipo de orçamento depende muito das características da base de dados utilizada para determinação das constantes.

Para a realização do orçamento Siqueira (2008) apresenta duas metodologias: a metodologia de cálculo de orçamento e a metodologia de quantificação pela composição do custo unitário.

Segundo Siqueira (2008), a metodologia de cálculo de orçamento baseia-se num método de cálculo, no qual orçamento pode ser dividido como de correlação ou de quantificação direta, em função da qualidade dos dados obtidos. Neste método a correlação é realizada através de variáveis de medidas de grandeza da obra, podendo ser simples ou múltipla, em função do número de variáveis que possuem e consiste na determinação do consumo de uma determinada característica da obra, na maioria das vezes o mais comum é relacionar às variáveis a área construída, tendo, por exemplo, índices de áreas de parede por metro quadrado de construção. Enquanto a quantificação direta usado neste método, à autora explica que pode ser de dois tipos, pela quantificação de insumos que consiste no levantamento do custo de todos os insumos necessários a obra, ou seja, o custo será a soma do custo de cada insumo e outro seria através da composição do custo unitário, que é calculado através da subdivisão da obra em etapas e pela determinação das quantidades de cada serviço que deverá ser executado.

A metodologia de quantificação pela composição do custo unitário num orçamento segundo Siqueira (2008), é realizado de forma que cada uma das partes discriminadas será dividida em serviços, e por sua vez, em seus respectivos insumos, que serão multiplicados por coeficiente correspondentes a quantidade e a um preço unitário, resultando assim o custo de cada insumo do serviço e posteriormente resultando no custo total do empreendimento. A autora recomenda que para elaborar o custo unitário de cada serviço é necessário que conheça os

preços, os coeficientes ou índices de consumo de cada insumo (mão-de-obra, materiais e equipamentos).

Para composição do orçamento em obras de construção civil pública, a Caixa Econômica Federal, disponibiliza através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil – SINAPI, com objetivo de armazenar e atualizar informações sobre custos da construção civil e os índices de evolução de tais custos, com uma abrangência nacional. Essa fonte de pesquisa auxilia os profissionais da área de orçamentação, principalmente aos que trabalham com formação de preços para contratação de obras ou serviços de engenharia realizados com recursos públicos. Entretanto, existem outros tipos de sistemas como Sistema de Custos Rodoviários (Sicro2), os Boletins de preços dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem, as tabelas de composições das entidades do setor elétrico, etc.

O sistema de informações de custos é muito importante para a composição de custo no orçamento da obra, pois evita ter projetos superfaturados com dinheiro público. Isso se aplica também a obras de saneamento, que são geralmente licitadas.

A seguir no Quadro 4 é apresentado um modelo de planilha orçamentária:

Quadro 4 - Modelo de planilha orçamentária

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO BASICO	
				UNITARIO	TOTAL
1	MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DO CANTEIRO				
1.1	Mobilização e desmobilização	unid.			
1.2	Construção provisória do barracão da obra	m ²			
2	SINALIZAÇÃO E PROTEÇÃO				
2.1	Sinalização de transito diurna	unid.			
2.2	Sinalização de transito noturna	unid.			
2.3	Tapume continuo em chapa de compensado	m ³			
2.4	Passadiços de madeira para pedestres (1,00m x 3,00m)	m ³			
2.5	Travessias de madeira para veículos (3,00m x 2,50m)	unid.			
2.6	Demolição de alvenaria	m ³			
2.7	Demolição de concreto simples	m ³			
2.8	Demolição de concreto armado	m ³			
3	SERVIÇOS TECNICOS				
3.1	Locação de eixo da rede coletora	m			
3.2	Cadastro de redes coletoras	m			
4	MOVIMENTO DE TERRA				
4.1	Escavação manual de valas em material de 1ª categoria	m ³			
4.2	Escavação manual de valas em solo mole com água	m ³			
4.3	Escavação mecânica em material de 1ª categoria	m ³			
4.4	Escavação mecânica em solo mole com água	m ³			
4.5	Reaterro compactado mecanicamente com controle do grau de compactação	m ³			
4.6	Reaterro compactado mecanicamente sem controle do grau de compactação	m ²			
4.7	Regularização do fundo da vala	m ³			
5	CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA				
5.1	Bota-fora mecanizado até 10 km	m ³			

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO BASICO	
				UNITARIO	TOTAL
5.2	Material de empréstimo compactado, tipo Arenoso Vermelho Dmt<= 10 km	m³			
6	Escoramento e obras de contenção				
6.1	Pontaleteamento				
6.2	Descontínuo				
6.3	Contínuo				
6.4	Poste	unid.			
6.5	Tubulação existente	m			
7	ESGOTAMENTO E DRENAGEM				
7.1	Esgotamento de água com bombas de superfície e submersa	h			
8	FUNDAÇÕES E ESTRUTURA				
8.1	Lastro de areia	m³			
8.2	Berço em concreto armado para assentamento de tubos	m			
9	CONCRETO				
9.1	Concreto para passeio cimentado fck= 11,00Mpa	m³			
9.2	Concreto estrutural fck= 15MPA	m³			
9.3	Armação em açoCA-50	kg			
9.4	Armação em açoCA-60	kg			
9.5	Forma plana de madeira comum	m²			
9.6	Forma plana de madeira estrutura	m²			
9.7	Vedação de juntas com mastique elastico	m			
10	PAVIMENTAÇÃO				
10.1	Demolição de pavimentação asfáltica	m²			
10.2	Demolição de passeios cimentados	m²			
10.3	Demolição de sarjetas	m³			
10.4	Demolição de guias	m			
10.5	Regularização de sub-leito	m²			

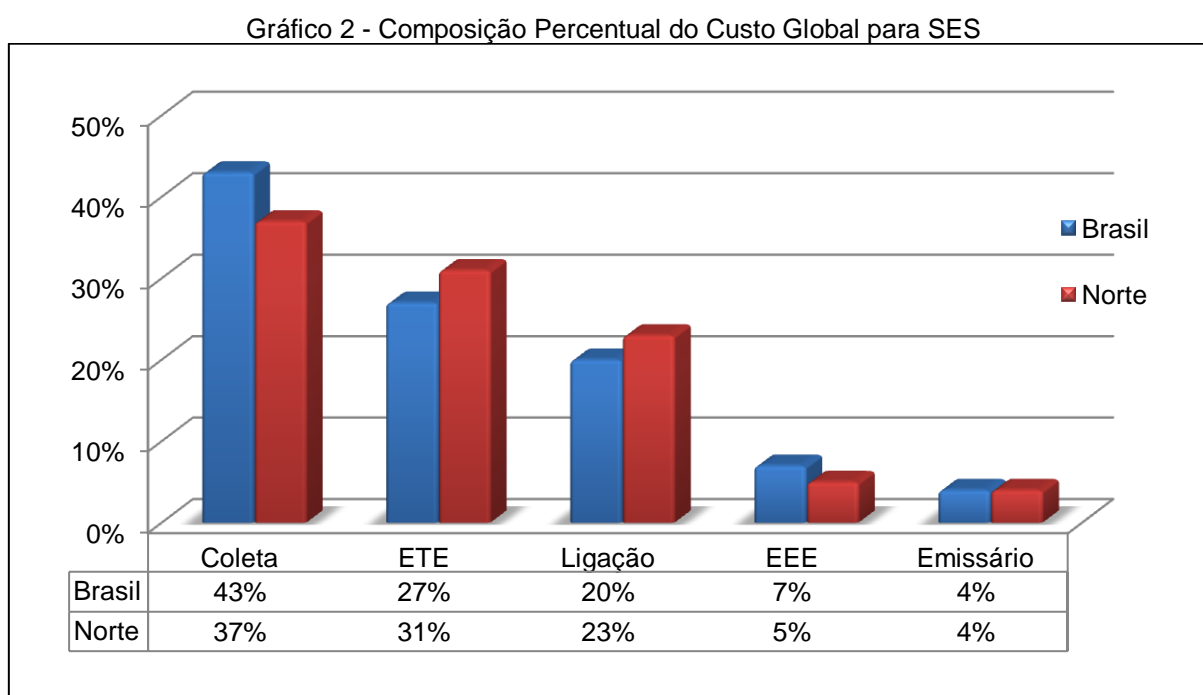
Continuação

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO BÁSICO	
				UNITÁRIO	TOTAL
10.6	Execução da pavimentação asfáltica demolida em C.B.U.Q. e=5,00 cm	m ²			
10.7	Execução de passeios cimentado demolido	m ²			
10.8	Construção de guias demolidas	m			
10.9	Construção de sarjetas demolidas	m ³			
11	DISPOS. ESPECIAIS E ESTRUTURA ACESSÓRIAS				
11.1	Form. E assent. De poços de visita diâmetro=1.00m em anéis pré-moldados entre 2,00 a 4,00 m	unid.			
11.2	Fornecimento e assentamento de terminal de inspeção e limpeza (TIL)	unid.			
11.3	Fornecimento e assentamento de assentamento de tubos de queda	m			
11.4	Fornecimento e assentamento de tampão de FºFº para TL e TIL	unid.			
11.5	Fornecimento e assentamento de tampão de FºFº para PV	unid.			
11.6	Fornecimento e assentamento determina de limpeza - TIL	unid.			
12	FORN. W ASSENT. DE TUBOS, PEÇAS E ANÉIS				
12.1	TUBULAÇÕES DE PVC, PB, JE PARA ESGOTO				
12.1.1	De ϕ =100 mm a ϕ = 300 mm	m			
13	ANEIS DE BORRACHA PARA TUBO DE PVC, PB, JE				
13.1	De ϕ =100 mm a ϕ 300 mm	unid.			
14	LIGAÇÕES DOMICILIARES				
14.1	Ligação domiciliar com tubo PVC vinilfort PBB JE DN 100mm, incluindo serviços				
	preliminares, movimento de terra, fornecimento de tubos, conexões e peças				
	especiais, anéis de borracha, acessórios e construção da caixa de inspeção				
	sem pavimentação	unid.			
	com pavimentação	unid.			
	TOTAL GERAL				

Fonte: Pereira e Soares (2010)

3.6.1 A importância do traçado no custo da rede coletora

Uma das principais dificuldades para a expansão do SES é o alto custo para a implantação da rede coletora, uma vez que grande parte dos projetos apresentados exibem apenas um estudo de traçado de rede coletora, além da falta de informações detalhadas do orçamento da concepção adotada. O Gráfico 2, mostra esse impacto no custo total do SES:



Fonte: Adaptado Ministérios das Cidades (2008)

Ao analisar os custos de implantação do SES apresentado pelo Ministério das Cidades, é possível perceber que a rede coletora apresentou média nacional de 43% do custo global para implantação do SES, e a Região Norte com 37%, sendo que o custo da rede está relacionado diretamente com a profundidade, uma vez que os serviços dessa unidade estão relacionados à movimentação de terra, o que influencia no custo total da obra.

Segundo Soares (2004) o último trecho da rede coletora influencia na construção dos poços de visitas, estação elevatória de esgoto e estação tratamento de esgoto e conseqüentemente nos custos de construção do sistema de esgotamento sanitário. Sendo assim, a autora justifica que um dos principais meios

de se ter economia é encontrar o melhor traçado, no qual vai fornecer a menor profundidade de chegada do último trecho.

Cynamon (1986) *apud* Rodrigues (2011) cita que o custo dos sistemas de esgotos é majorado com o aumento do diâmetro dos coletores. Porém, este acréscimo de custo não é proporcional ao aumento do diâmetro, como acontece em redes de distribuição de água, sendo, às vezes, até vantajoso o aumento dos diâmetros para reduzir o aprofundamento de valas, pois esta diminuição acarreta menores áreas escoradas e menor volume de reaterro.

Segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999) num estudo realizado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – SABESP, para a construção de rede coletora de esgoto na Região Metropolitana de São Paulo, os principais fatores que apresentaram maior peso no custo total da obra foram os serviços com escoramento de valas, poços de visitas, escavação de valas, reaterro de valas e reposição de pavimentos. O escoramento, escavação e reaterro das valas estão relacionados à profundidade da rede. A Quadro 5 apresenta este custo percentual para construção da rede coletora:

Quadro 5 - Custo percentuais das diversas partes da obra para a execução das redes coletoras

<i>Etapa</i>	<i>Itens</i>	<i>Custos (%)</i>
Implantação da Obra (30,8%)	Canteiro e locação	0,6%
	Tapumes e sinalização	2,1%
	Passadiços	1,1%
Valas (61,2%)	Levantamento e pavimento	1,3%
	Escavação	10,6%
	Escoramento	38,8%
	Reaterro	10,5%
Assentamento de tubulações (25,1%)	Transporte	0,4%
	Assentamento	4,1%
	Poço de visita	15,5%
	Ligações prediais	4,6%
	Cadastro	0,5%
Serviços complementares (9,9%)	Lastros e bases adicionais	0,7%
	Reposição de pavimento	9,2%
	Reposição de galerias pluviais	0,1%

Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

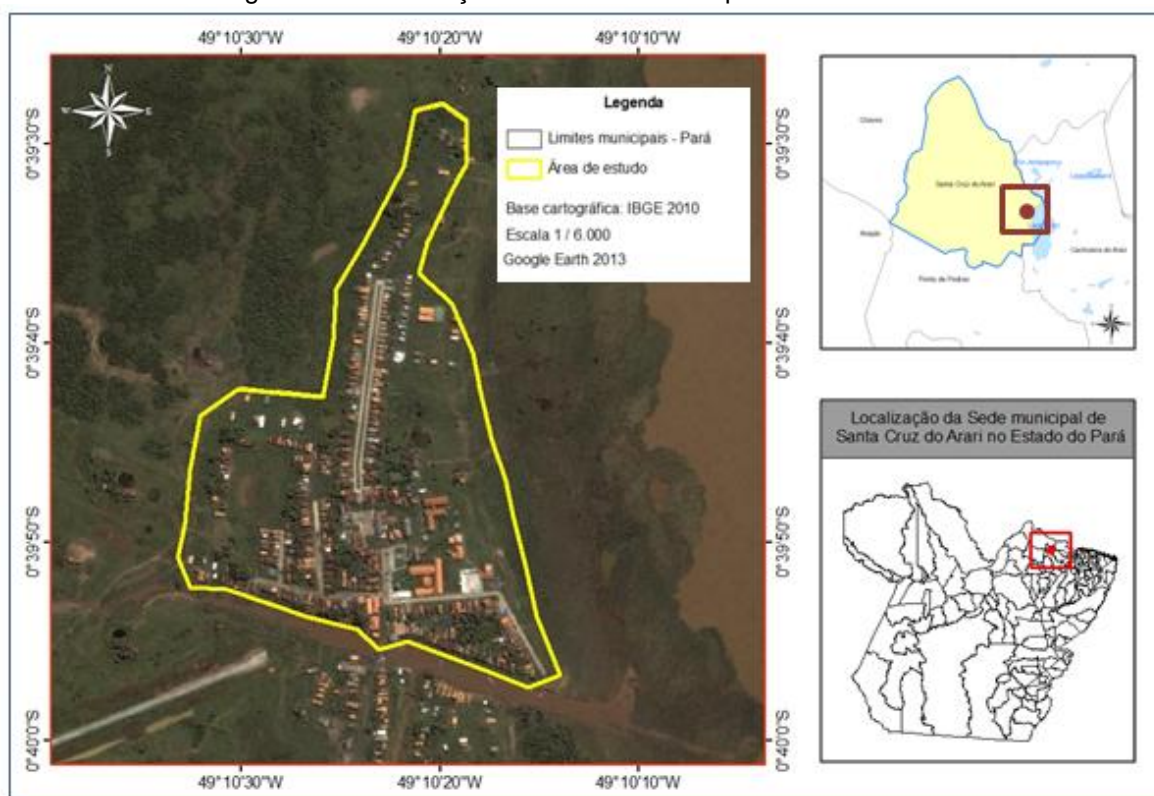
4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas investigação em campo, determinação do método a ser utilizado para o estudo do melhor traçado e análise das variáveis que determinaram a melhor concepção para a rede coletora de esgoto sanitário em Santa Cruz do Arari /PA.

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O município de Santa Cruz do Arari localiza-se na Região do Marajó/Pará, às margens do lago Arari, possuindo uma extensão de 1076,652 km² e uma população total de 8.155 habitantes (IBGE, 2010). Devido as suas peculiaridades locais com topografia relativamente plana e um lençol freático alto, foram propostos dois estudos de traçados de coleta de esgoto sanitário a fim de apresentar o melhor custo benefício. Na Figura 33, é apresentada a sede do município, que possui a maior aglomeração urbana e as principais locações dos órgãos municipais.

Figura 33 - Localização da sede do município de Santa Cruz do Arari



Fonte: Google Earth (2013)

Na área estudada é possível observar a ausência de coleta e tratamento de esgoto sanitário, levando a população a ter possíveis riscos de contaminação ocasionada pelo falta de saneamento, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34 – Ruas sem saneamento



Fonte: Autor, 2013

4.1.1 Clima

Por estar inserido no Arquipélago do Marajó, o município de Santa Cruz do Arará possui as mesmas características fisiográficas, sendo que o clima segue um regime pluviométrico anual definido por tropical úmido, com temperatura média anual de 27°C, mínima superior a 18°C, e máxima de 36°C com umidade elevada e alta pluviosidade nos seis primeiros meses do ano (BARBOSA, 2012).

4.1.2 Geologia

A formação geológica corresponde ao período quaternário, composta por unidade de aluviões, ou seja, por coberturas sedimentares recentes, que compreende depósitos aluviais não consolidados de variada granulometria, formando uma ampla planície aluvial (BARBOSA, 2012).

4.1.3 Solo

As áreas de várzeas possibilitam a ocorrência de solos hidromórficos de tipo Gley (húmicos e pouco húmicos). A fertilidade dos solos de várzea concentra-se na sua camada superficial, provocado pela liberação de nutrientes pela matéria orgânica oriunda da decomposição de material vegetal florestal. (BARBOSA, 2012)

4.1.4 Hidrografia

A hidrografia da região é caracterizada por rede de drenagem formada por vários canais recentes, furos, baias, paranás, lagos e igarapés. O movimento diário das águas é um elemento definidor da paisagem da região, onde se destacam as várzeas e os igapós. A hidrografia regional tem importância vital para a economia da região devido aos aspectos como: a) único meio de transporte e comunicação entre a grande maioria das cidades e vilas; b) potencial pesqueiro; c) enriquecedor sedimentar das várzeas. (BARBOSA, 2012)

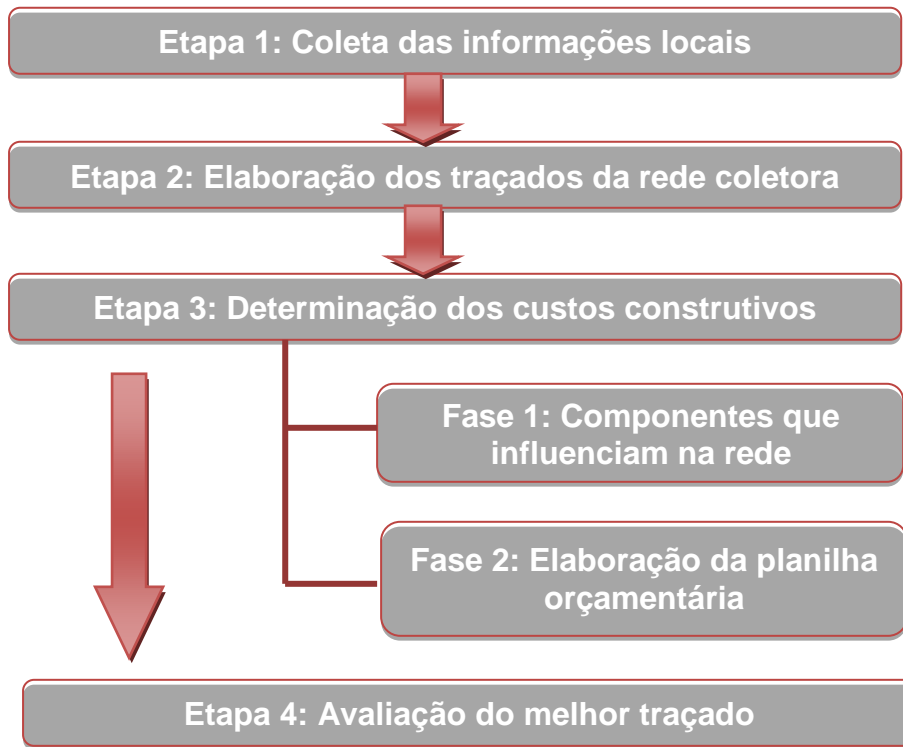
4.1.5 Vegetação

Existem quatro tipos de ecossistemas: várzea, igapó, terra firme e campos naturais. As áreas são alagadas periodicamente, apresentando cobertura arbórea, predominando espécies com madeira de grande valor econômico, como a ucuúba (*Virola surinamensis*), andiroba (*Carapa guianensis*) e açaizeiros (*Euterpe oleracea*) (BARBOSA, 2012)

4.2 FASES DA PESQUISA

Para compreensão e organização da pesquisa, foi proposta a divisão em 4 etapas, que auxiliaram nos resultados e conclusão do trabalho. As 4 etapas são apresentadas no Fluxograma 4 a seguir:

Fluxograma 4 - Fluxograma das etapas



Etapa 1: Coleta das informações locais

Por meio de pesquisa bibliográfica e visitas *“in loco”*, foram levantadas as principais informações básicas para o desenvolvimento da pesquisa como: o levantamento planialtimétrico, identificação do corpo receptor, condição física local, tipo de ocupação urbana (residencial, comercial e pública), além da possível localização da ETE.

Etapa 2: Elaboração dos traçados da rede coletora

Após a coleta de dados, foram elaboradas planilhas de dimensionamento para os dois estudos de alternativas de traçado de rede coletora. Considerando que delimitação da bacia de esgotamento foi realizada na área do próprio projeto urbanístico (proposto para este trabalho), apresentando apenas uma Estação Elevatória e uma Estação de Tratamento de Esgoto para os dois traçados. As plantas de planialtimetria e traçados de rede foram apresentadas em escalas de 1:3000 em papel A3.

O estudo de traçado da rede coletora de esgoto foi realizado por condições exigíveis de rede convencional do tipo separador absoluto de acordo com as NBR 9648/1986, NBR 9649/1986 e NBR 9814/1987, considerando o traçado de cada trecho de montante para jusante, obedecendo sempre que possível o desnivelamento natural do terreno.

Para o dimensionamento hidráulico com período de alcance de 20 anos foram fixados os seguintes parâmetros para o início e final de planos:

- ✓ População inicial: 6.250 hab;
- ✓ População final: 10.000 hab;
- ✓ Consumo de água efetivo per capita (q): 160 L/hab.dia;
- ✓ Coeficiente de retorno: 0,8;
- ✓ Coeficiente de máxima vazão diária: (K1): 1,2;
- ✓ Coeficiente de máxima vazão horária (K2): 1,5;

Considerando a implantação da rede coletora de esgoto em vias públicas e de acordo com a NBR 9649 (1986), adotaram-se os seguintes critérios hidráulicos e valores estabelecidos:

- Recobrimento mínimo: 0,90 m
- Vazão mínima: 1,5 l/s;
- Taxa de contribuição de Infiltração (Tinf): 0,7 L/s.km;
- Diâmetro mínimo: 150 mm;
- Tensão trativa mínima: 1,0 Pa
- Lamina Líquida: 0,75.
- Velocidade máxima: 5,0 m/s;

Etapa 3: Determinação de custos construtivos entre os traçados.

Nesta etapa foram consideradas duas fases para a comparação dos custos construtivos. A 1º Fase consistiu em calcular os principais componentes que influenciam no custo da rede coletora de esgoto. E na 2º Fase, foram avaliados os custos construtivos através da planilha orçamentária com a determinação do melhor traçado.

Fases 1 - Componentes que influenciam no custo da rede

Após o estudo dos dois traçados da rede coletora de esgoto, foram calculados os seguintes itens: remoção do pavimento, volume de escavação, volume de reaterro e escoramento, sendo apresentados a seguir:

a) Remoção de pavimento:

Para a remoção do pavimento asfáltico, foi considerada a recomendação técnica da NBR 9814/1987, que cita que em remoção em leito de ruas na largura da vala deva ser acrescida de 20 centímetros para cada lado, considerando uma altura de 8 cm, conforme a Equação (8) , abaixo:

$$Vol_{asf} = ((Lv + 0,4) \times L) \times 0,08 \quad (8)$$

Vol_{asf} = Volume de asfalto (m^3);

Lv = Largura da Vala (m).

L = Extensão do trecho (m);

b) Volume de escavação

Para a determinação do volume escavado conforme a Equação (9) abaixo, foi calculada a profundidade média do coletor entre a jusante (H2) e a montante (H1) de cada trecho, conforme mostrado no Quadro 6:

$$Vol_{esc} = A \times H_{med} \quad (9)$$

Onde:

Vol_{esc} = Volume escavado (m^3);

A = Área da vala (m^2);

H_{med} = Altura média (m).

Quadro 6 - Altura média de profundidade

ALTURA DA PROFUNDIDADE DA ESCAVAÇÃO			
TRECHOS	H1	H2	Hmed
01			
02			
03			
N Trechos			

Para a determinação da largura útil da vala (L_{vala}), a NBR 9814/1866, determina que a vala seja igual o diâmetro do tubo (\emptyset) mais 0,60m, para profundidades máximas até 2,00m, e profundidades maiores que 2,00m sejam acrescidas 0,10m para cada metro ou fração que exceda os 2,00m de profundidades, conforme é mostrado nas Equação (10) e Equação (11) abaixo:

$$L_{vala} = \emptyset + 0,60, \text{ para as profundidades de até } 2,00\text{m}; \quad (10)$$

ou

$$L_{vala} = \emptyset + 0,60 + 10 x, \text{ o número de vezes que exceda a cada metro ou fração, após } 2,00\text{m de profundidade}; \quad (11)$$

Onde:

L_{vala} = Largura da vala (m);

\emptyset = Diâmetro interno(m).

c) Volume de reaterro:

Para cada trecho, o volume de reaterro será volume escavado subtraído o volume da tubulação, conforme a Equação (12) abaixo:

$$Vol_{reat} = Vol_{esc} - Vol_{tubo} \quad (12)$$

Vol_{reat} = Volume de reaterro (m^3);

Vol_{esc} = Volume escavado (m^3);

$Vol_{tubo} = Volume\ do\ tubo\ (m^3).$

d) Escoramento:

Os escoramentos foram adotados de acordo com as profundidades das valas, assim sendo:

- Escoramento Tipo Descontínuo: em profundidades até 1,50 metros;
- Escoramento Tipo Contínuo: em profundidades até 3,00 metros;
- Escoramento Tipo Metálico: em profundidades superiores a 3,00 metros.

Fase 2 - Composição da planilha orçamentária

Nesta fase foram elaboradas planilhas analítico-descritivas orçamentárias para cada alternativa de traçado, a fim de auxiliar na decisão do melhor traçado de rede coletora para o município.

Após a definição dos traçados, foram levantados os quantitativos a partir das plantas baixas e das planilhas de dimensionamento e organizados e tratados no *Microsoft Office Excel 2010*.

Para a composição da planilha orçamentária, foi utilizada a tabela do SINAPI (03/2013) de Preços de Insumos e adotou-se um valor de BDI de 30% para todos os itens.

Etapa 4: Avaliação do melhor traçado

Logo após os resultados obtidos nas etapas anteriores, foi possível avaliar o melhor traçado de rede coletora de esgoto através dos principais itens que estão relacionadas diretamente com os serviços de movimentação de terra (volume de escavação, volume de reaterro e escoramento), já que estes representam maiores pesos no custo total da obra. Além de se comparar entre si o custo total de cada traçado.

5 RESULTADOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para o estudo de concepção dos dois traçados foi selecionada a sede do município que possui uma população de 6.250 habitantes de acordo com as informações fornecidas pela prefeitura do município em 2010, representando cerca de 77% da população total se comparados com o último censo do IBGE (2010), que contabilizou uma população total de 8.155 habitantes em toda a área municipal.

Nesta pesquisa não foram incluídos os custos decorrente da peculiaridade que cerca a região em estudo como: o custo de transporte de navio ou balsa dos materiais (a região localiza-se na Ilha do Marajó); o tempo de viagem da capital até a sede municipal que é de aproximadamente doze horas; e principalmente a escassez de mão-de-obra qualificada local.

A seleção da área destinada à instalação da EEE e ETE foi estabelecida a partir das seguintes análises: a área destinada possui o solo mais firme; cota relativamente baixa; e está próxima ao Lago Ararí o qual servirá de corpo receptor para o lançamento dos efluentes.

Para o estudo dos traçados de rede coletora, considerou-se que haveria apenas uma bacia de contribuição para ambas alternativas, esta escolha foi para que a área em estudo contemplasse o maior número da população na área de urbanização da sede. Vale ressaltar que foram realizados outros traçados de rede, sendo que apenas duas alternativas apresentadas nesta pesquisa proporcionaram condições aceitáveis de profundidades menores que 5,00m.

Para definir o estudo das alternativas de esgoto, a Figura 35 apresenta a cotas topográficas, que variaram de 5,00m a 5,72m, e foram importantes na escolha dos trechos e decisivos para a determinação de montante e jusante.

Figura 35 - Cotas topográficas do terreno



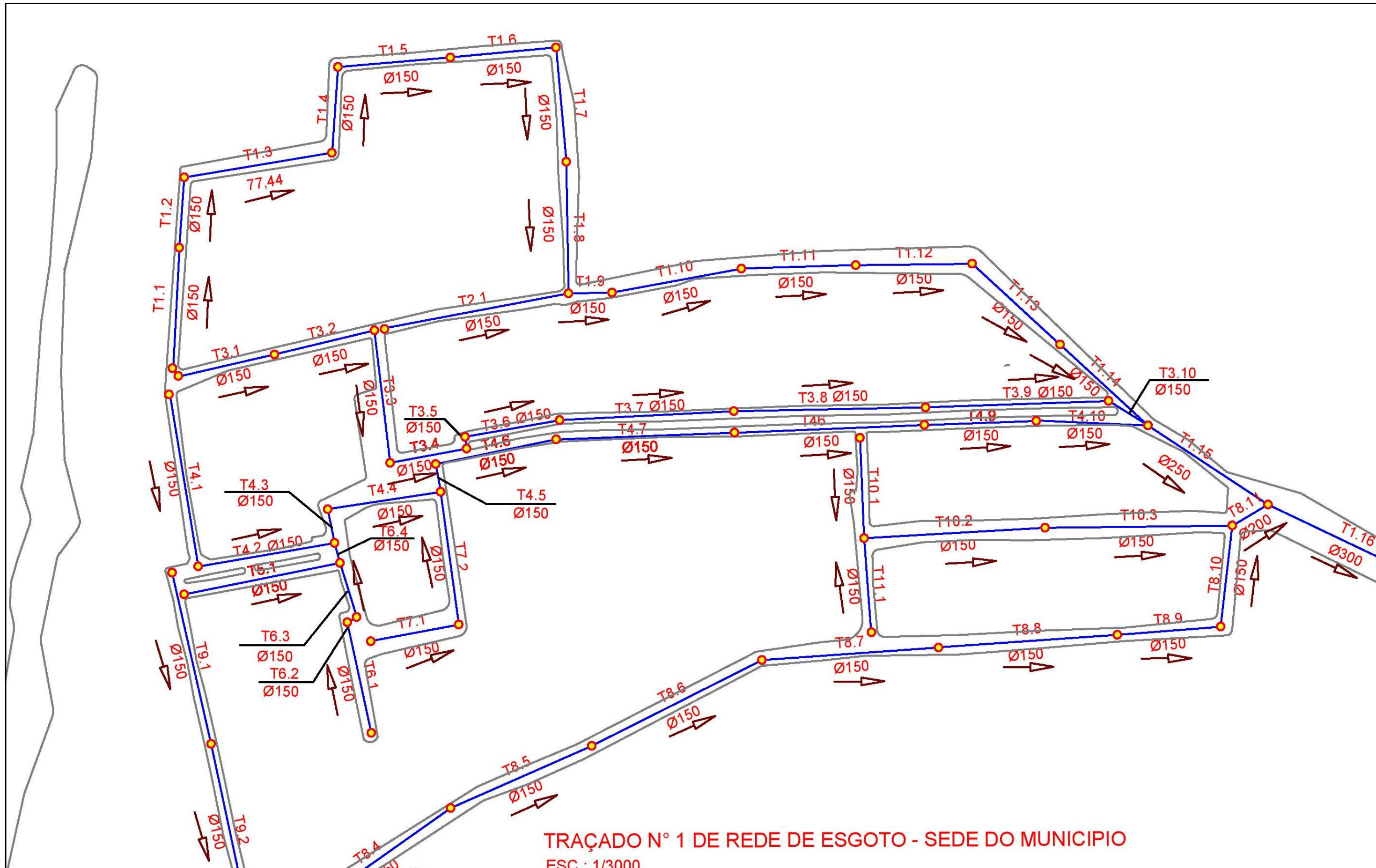
TOPOGRAFIA DA SEDE DO MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DO ARARI

5.2 ESTUDO DO TRAÇADO DE REDE DE ESGOTO Nº1

Com base no levantamento planialtimétrico, este primeiro estudo, considerou que o escoamento do trecho, fosse determinado a partir do caimento natural do terreno, desejando saber se haveria principalmente profundidades mais aceitáveis.

Após a definição do traçado foram numerados os trechos iniciais a partir dos mais distantes da ETE. A Figura 36, mostra o estudo da alternativa do Traçado Nº1.

Figura 36- Traçado N°1



De acordo com este traçado, a Tabela 1 abaixo, apresenta as principais características deste estudo:

Tabela 1 - Características do Traçado Nº1

Característica	Valores	Unidades
Trechos	65	-
Poços de Visitas	66	-
Extensão Total	4117,23	m
Taxa de contribuição linear (início de plano)	0,0041	L/s.m
Taxa de contribuição linear (fim de plano)	0,0071	L/s.m

Fonte: Autor, 2013

Os resultados do dimensionamento hidráulico são apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Dimensionamento Hidráulico – Traçado N°1

Trecho	PV	Extensão. (m)	Q proj (L/s)	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col. (m)	Prof. Col. (m)	Lâmina D'água	Veloc. (m/m)	Tens. Trat.	Vel. Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
1.1	1	63,37	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	2		1,50			5,60	4,38	1,22	0,26	0,42		
1.2	2	36,26	1,50	150	0,0045	5,60	4,38	1,22	0,26	0,42	1,00	2,82
	3		1,50			5,32	4,22	1,10	0,26	0,42		
1.3	3	77,44	1,50	150	0,0051	5,32	4,22	1,10	0,25	0,43	1,09	2,79
	4		1,50			5,30	3,83	1,47	0,25	0,43		
1.4	4	43,94	1,50	150	0,0051	5,30	3,83	1,47	0,25	0,43	1,09	2,82
	5		1,59			5,29	3,61	1,69	0,26	0,44		
1.5	5	59,13	1,50	150	0,0053	5,29	3,61	1,69	0,25	0,44	1,14	2,95
	6		2,01			5,29	3,29	2,00	0,29	0,48		
1.6	6	54,91	1,50	150	0,0053	5,29	3,29	2,00	0,25	0,44	1,14	3,07
	7		2,41			5,28	3,00	2,28	0,31	0,51		
1.7	7	58,48	1,60	150	0,0052	5,28	3,00	2,28	0,26	0,44	1,14	3,18
	8		2,82			5,28	2,70	2,58	0,34	0,53		
1.8	8	66,84	1,88	150	0,0048	5,28	2,70	2,58	0,28	0,45	1,15	3,3
	9		3,30			5,28	2,38	2,90	0,38	0,54		
1.9	9	22,77	2,38	150	0,0043	5,28	2,38	2,90	0,33	0,47	1,16	3,5
	10		4,18			5,00	2,28	2,72	0,44	0,55		
1.10	10	68,16	2,65	150	0,004	5,00	2,28	2,72	0,36	0,47	1,17	3,59
	11		4,67			5,00	2,01	2,99	0,48	0,56		
1.11	11	60,28	2,90	150	0,0039	5,00	2,01	2,99	0,38	0,48	1,17	3,67
	12		5,11			5,00	1,77	3,23	0,51	0,56		
1.12	12	60,28	3,14	150	0,0037	5,00	1,77	3,23	0,4	0,48	1,17	3,73
	13		5,54			5,00	1,55	3,45	0,54	0,56		

Continuação

Trecho	PV	Extensão (m)	Q proj (L/s)	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col. (m)	Prof. Col. (m)	Lâmina D'água	Veloc. (m/m)	Tens. Trat.	Vel. Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
1.13	13	61,58	3,39	150	0,0036	5,00	1,55	3,45	0,42	0,48	1,17	3,8
	14		5,98			5,00	1,33	3,67	0,58	0,57		
1.14	14	61,57	3,65	150	0,0035	5,00	1,33	3,67	0,44	0,49	1,17	3,85
	15		6,42			5,00	1,11	3,89	0,61	0,57		
1.15	15	74,81	10,10	250	0,0021	5,00	1,01	3,99	0,41	0,52	1,15	4,89
	16		17,79			5,00	0,85	4,15	0,57	0,62		
1.16	16	98,2	15,49	300	0,0017	5,00	0,80	4,20	0,42	0,54	1,14	5,39
	17		27,29			5,00	0,63	4,37	0,58	0,64		
1.17	17	78,88	15,81	300	0,0017	5,00	0,63	4,37	0,43	0,54	1,14	5,41
	18		27,85			5,00	0,50	4,50	0,59	0,64		
1.18	18	62,67	16,07	300	0,0017	5,00	0,50	4,50	0,44	0,54	1,14	5,43
	19		28,30			5,00	0,39	4,61	0,6	0,64		
1.19	19	77,2	16,38	300	0,0017	5,00	0,39	4,61	0,44	0,54	1,14	5,45
	20		28,86			5,00	0,26	4,74	0,61	0,64		
1.20	20	96,7	16,77	300	0,0017	5,00	0,26	4,74	0,45	0,55	1,14	5,47
	21		29,55			5,00	0,10	4,90	0,62	0,64		
2.1	22	99,75	1,50	150	0,0045	5,40	4,35	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	9		1,50			5,28	3,90	1,38	0,26	0,42		
8.1	50	70,88	1,50	150	0,0051	5,23	4,18	1,05	0,25	0,43	1,09	2,79
	51		1,50			5,58	3,82	1,76	0,25	0,43		
8.2	51	66,08	1,50	150	0,0051	5,58	3,82	1,76	0,25	0,43	1,09	2,79
	52		1,50			5,36	3,49	1,87	0,25	0,43		
8.3	52	24,53	1,50	150	0,0053	5,36	3,49	1,87	0,25	0,44	1,13	3,08
	53		2,46			5,32	3,36	1,96	0,32	0,51		
8.4	53	97,84	1,80	150	0,0049	5,32	3,36	1,96	0,28	0,45	1,15	3,27
	54		3,17			5,28	2,88	2,40	0,37	0,53		

Continuação

Trecho	PV	Extensão (m)	Q proj (L/s)	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col. (m)	Prof. Col. (m)	Lâmina D'água	Veloc. (m/m)	Tens. Trat.	Vel. Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus	Jus	Jus	Final	Final		
8.5	54	80,48	2,12	150	0,0045	5,28	2,88	2,40	0,31	0,46	1,16	3,41
	55		3,74			5,25	2,52	2,73	0,41	0,54		
8.6	55	97,88	2,52	150	0,0041	5,25	2,52	2,73	0,34	0,47	1,16	3,55
	56		4,45			5,20	2,11	3,09	0,46	0,55		
8.7	56	92,98	2,90	150	0,0039	5,20	2,11	3,09	0,38	0,48	1,17	3,67
	57		5,11			5,18	1,75	3,43	0,51	0,56		
8.8	57	92,98	3,28	150	0,0037	5,18	1,75	3,43	0,41	0,48	1,17	3,77
	58		5,78			5,13	1,41	3,72	0,56	0,56		
8.9	58	53,81	3,50	150	0,0035	5,13	1,41	3,72	0,43	0,48	1,17	3,82
	59		6,17			5,10	1,22	3,88	0,59	0,57		
8.10	59	52,39	3,71	150	0,0034	5,10	1,22	3,88	0,45	0,49	1,17	3,87
	60		6,54			5,00	1,04	3,96	0,62	0,57		
8.11	60	21,24	4,99	200	0,003	5,00	0,99	4,01	0,36	0,49	1,15	4,16
	16		8,79			5,00	0,93	4,07	0,48	0,58		
4.1	33	90,82	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	34		1,50			5,45	4,26	1,19	0,26	0,42		
4.2	34	72,48	1,50	150	0,0045	5,45	4,26	1,19	0,26	0,42	1,00	2,82
	35		1,50			5,10	3,93	1,17	0,26	0,42		
4.3	35	17,73	1,50	150	0,0053	5,10	3,43	1,68	0,25	0,44	1,14	3,12
	36		2,64			5,45	3,33	2,12	0,33	0,52		
4.4	36	59,2	1,74	150	0,005	5,45	3,33	2,12	0,27	0,45	1,15	3,24
	37		3,07			5,45	3,04	2,41	0,36	0,53		
4.5	37	14,11	2,28	150	0,0044	5,45	3,04	2,41	0,32	0,46	1,16	3,46
	38		4,01			5,45	2,98	2,47	0,43	0,55		
4.6	38	64,11	2,54	150	0,0041	5,45	2,98	2,47	0,35	0,47	1,16	3,56
	39		4,47			5,50	2,71	2,79	0,47	0,55		

Continuação

Trecho	PV	Extensão (m)	Q proj (L/s)	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col. (m)	Prof. Col. (m)	Lâmina D'água	Veloc. (m/m)	Tens. Trat.	Vel. Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
4.7	39	92,6	2,91	150	0,0039	5,50	2,71	2,79	0,38	0,48	1,17	3,67
	40		5,13			5,22	2,35	2,87	0,51	0,56		
4.8	40	99,27	3,32	150	0,0036	5,22	2,35	2,87	0,41	0,48	1,17	3,78
	41		5,85			5,10	1,99	3,11	0,57	0,57		
4.9	41	57,96	3,55	150	0,0035	5,10	1,99	3,11	0,43	0,49	1,17	3,83
	42		6,26			5,50	1,79	3,71	0,6	0,57		
4.10	42	57,96	3,79	150	0,0034	5,50	1,79	3,71	0,45	0,49	1,17	3,88
	15		6,68			5,00	1,59	3,41	0,63	0,57		
5.1	43	83,69	1,50	150	0,0045	5,45	4,40	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	44		1,50			5,10	4,02	1,08	0,26	0,42		
6.4	44	10,53	1,50	150	0,0051	5,10	3,48	1,62	0,25	0,43	1,09	2,79
	35		1,50			5,10	3,43	1,68	0,25	0,43		
6.1	45	58,56	1,50	150	0,0051	5,00	3,95	1,05	0,25	0,43	1,09	2,79
	46		1,50			5,37	3,65	1,72	0,25	0,43		
6.2	46	5,7	1,50	150	0,0051	5,37	3,65	1,72	0,25	0,43	1,09	2,79
	47		1,50			5,37	3,62	1,75	0,25	0,43		
6.3	47	28,79	1,50	150	0,0051	5,37	3,62	1,75	0,25	0,43	1,09	2,79
	44		1,50			5,10	3,48	1,62	0,25	0,43		
9.1	61	88,64	1,50	150	0,0048	5,45	4,40	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	62		1,50			5,44	3,97	1,47	0,25	0,43		
9.2	62	92,95	1,50	150	0,0051	5,44	3,97	1,47	0,25	0,43	1,09	2,79
	52		1,50			5,36	3,50	1,86	0,25	0,43		
3.1	23	52,56	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	24		1,50			5,61	4,43	1,18	0,26	0,42		
3.2	24	52,57	1,50	150	0,0045	5,61	4,43	1,18	0,26	0,42	1,00	2,82
	25		1,50			5,40	4,20	1,21	0,26	0,42		

Continuação

Trecho	PV	Extensão (m)	Q proj (L/s)	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col. (m)	Prof. Col. (m)	Lâmina D'água	Veloc. (m/m)	Tens. Trat.	Vel. Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
3.3	25	67,91	1,50	150	0,0051	5,40	4,20	1,21	0,25	0,43	1,09	2,79
	26		1,50			5,45	3,85	1,60	0,25	0,43		
3.4	26	39,78	1,50	150	0,0051	5,45	3,85	1,60	0,25	0,43	1,09	2,8
	27		1,53			5,45	3,65	1,80	0,25	0,44		
3.5	27	6,08	1,50	150	0,0051	5,45	3,65	1,80	0,25	0,43	1,09	2,82
	28		1,57			5,45	3,62	1,83	0,26	0,44		
3.6	28	50,44	1,50	150	0,0053	5,45	3,62	1,83	0,25	0,44	1,14	2,93
	29		1,93			5,50	3,35	2,15	0,28	0,47		
3.7	29	90,55	1,50	150	0,0053	5,50	3,35	2,15	0,25	0,44	1,13	3,11
	30		2,58			5,22	2,87	2,35	0,33	0,52		
3.8	30	99,85	1,87	150	0,0048	5,22	2,87	2,35	0,28	0,45	1,15	3,3
	31		3,30			5,10	2,39	2,71	0,38	0,54		
3.9	31	95,3	2,26	150	0,0044	5,10	2,39	2,71	0,32	0,46	1,16	3,46
	32		3,98			5,00	1,98	3,02	0,43	0,55		
3.10	32	23,5	2,36	150	0,0043	5,00	1,98	3,02	0,33	0,47	1,16	3,49
	15		4,15			5,00	1,88	3,12	0,44	0,55		
10.1	63	52,27	1,50	150	0,0051	5,10	4,05	1,05	0,25	0,43	1,09	2,79
	64		1,50			5,10	3,79	1,32	0,25	0,43		
10.2	65	94,19	1,50	150	0,0051	5,10	3,79	1,32	0,25	0,43	1,09	2,79
	60		1,50			5,05	3,31	1,74	0,25	0,43		
10.3	56	97,55	1,50	150	0,0053	5,05	3,31	1,74	0,25	0,44	1,14	2,98
	39		2,10			5,00	2,79	2,21	0,29	0,49		
11.1	66	48,37	1,50	150	0,0045	5,19	4,14	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	64		1,50			5,10	3,92	1,18	0,26	0,42		
7.1	48	48,02	1,50	150	0,0051	5,38	4,33	1,05	0,25	0,43	1,09	2,79
	49		1,50			5,45	4,09	1,36	0,25	0,43		
7.2	49	68,88	1,50	150	0,0051	5,45	4,09	1,36	0,25	0,43	1,09	2,79
	37		1,50			5,45	3,74	1,71	0,25	0,43		

Observando os resultados da planilha de dimensionamento, podem-se verificar seus principais valores avaliados, que serão apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Características hidráulicas do Traçado N°1

Característica	Valores	
	Mínimo	Máximo
Vazão de projeto (L/s)	1,50	29,55
Declividades (m/m)	0,0017	0,0053
Lâmina Líquida	0,250	0,630
Tensão Trativa (Pa)	1,00	1,17
Velocidade final (m/s)	0,42	0,64
Velocidade crítica (m/s)	2,79	5,47
Profundidade do Coletor (m)	1,05	4,90

Fonte: Autor, 2013

Diante destas características é possível perceber que o Traçado N°1, proposto em considerar que os trechos seguissem o caimento natural do terreno, se comportou dentro dos padrões previstos, ou seja, desde o trecho mais distante até a chegada à EEE, as declividades da tubulação foram baixas e consequentemente a tensão trativa teve um pequeno pico de 1,17 Pa, assim tornando o sistema com regime uniforme e promovendo o arraste da matéria; outra consideração importante foram que as velocidade finais ficaram inferiores a condição da NBR-9649 de 5m/s.

Em relação à profundidade do coletor ter sido alto, foi em razão de a topografia ser praticamente plana, principalmente nos últimos trechos que antecedem a EEE. A seguir a Tabela 4, apresenta as profundidades médias dos coletores de cada trecho com volume de escavação e volume de reaterro.

Tabela 4 - Profundidade Média, Volume Escavado Volume de Reaterro e Remoção de Asfalto para cada Trecho do Traçado N° 1

Trecho	Extensão	Diâmetro	Prof. Col. (m)	Prof. Col. Media. (m)	Volume Escavado (m³)	Volume de Reaterro (m³)	Remoção do asfalto (m³)
	(m)		Mon. Jus.				
1.1	63,37	150	1,05	1,13	53,85	52,73	3,80
			1,22				
1.2	36,26	150	1,22	1,16	31,49	30,85	2,18
			1,10				
1.3	77,44	150	1,10	1,29	74,69	73,32	SEM ASFALTO
			1,47				
1.4	43,94	150	1,47	1,58	52,02	51,24	SEM ASFALTO
			1,69				
1.5	59,13	150	1,69	1,84	81,69	80,64	SEM ASFALTO
			2,00				
1.6	54,91	150	2,00	2,14	99,86	98,89	SEM ASFALTO
			2,28				
1.7	58,48	150	2,28	2,43	120,84	119,81	SEM ASFALTO
			2,58				
1.8	66,84	150	2,58	2,74	155,76	154,58	SEM ASFALTO
			2,90				
1.9	22,77	150	2,90	2,81	54,38	53,97	SEM ASFALTO
			2,72				
1.10	68,16	150	2,72	2,86	165,47	164,26	SEM ASFALTO
			2,99				
1.11	60,28	150	2,99	3,11	178,15	177,09	SEM ASFALTO
			3,23				
1.12	60,28	150	3,23	3,34	191,30	190,23	SEM ASFALTO
			3,45				
1.13	61,58	150	3,45	3,56	208,47	207,38	SEM ASFALTO
			3,67				
1.14	61,57	150	3,67	3,78	221,16	220,07	SEM ASFALTO
			3,89				
1.15	74,81	250	3,99	4,07	349,93	346,26	SEM ASFALTO
			4,15				
1.16	98,2	300	4,20	4,28	504,53	497,59	SEM ASFALTO
			4,37				
1.17	78,88	300	4,37	4,43	419,66	414,08	SEM ASFALTO
			4,50				
1.18	62,67	300	4,50	4,55	342,48	338,05	SEM ASFALTO
			4,61				
1.19	77,2	300	4,61	4,67	432,81	427,36	SEM ASFALTO
			4,74				
1.20	96,7	300	4,74	4,82	558,96	552,13	SEM ASFALTO
			4,90				
2.1	99,75	150	1,05	1,22	90,90	89,14	SEM ASFALTO
			1,38				

Continuação

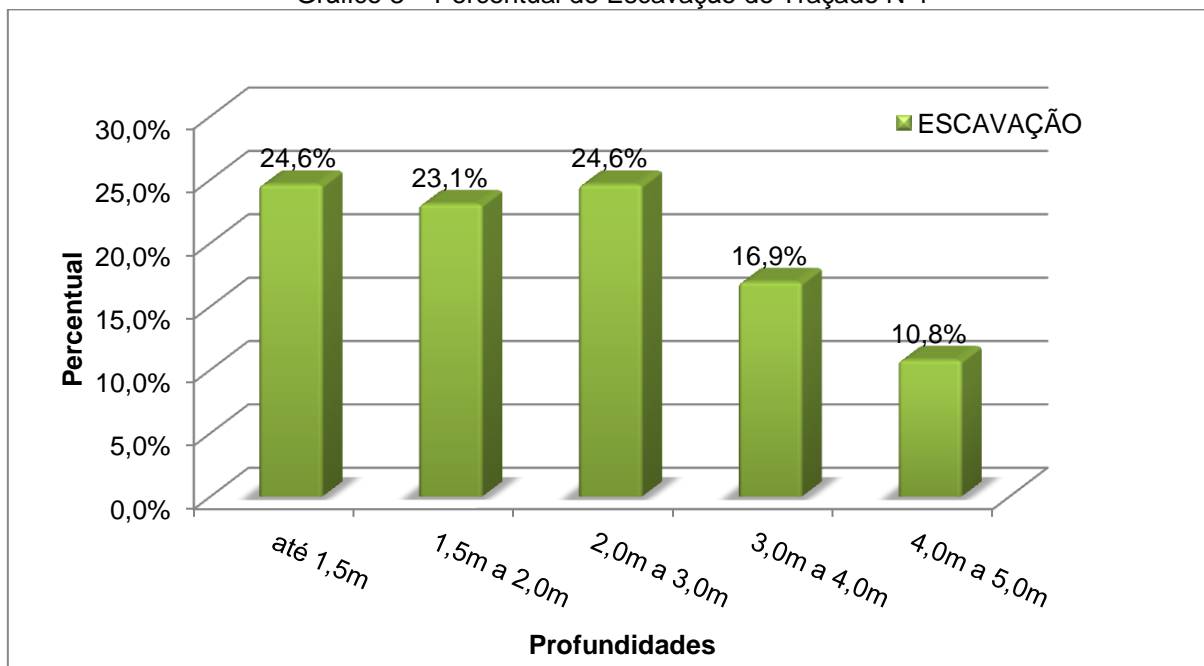
Trecho	Extensão	Diâmetro	Prof. Col.	Prof. Col. Media.	Volume Escavado	Volume de Reaterro	Remoção do asfalto
	(m)		(m)				
	(m)	(mm)	Mon.	(m)	(m³)	(m³)	(m³)
8.1	70,88	150	1,05	1,40	74,66	73,41	4,25
			1,76				
8.2	66,08	150	1,76	1,82	90,03	88,86	3,96
			1,87				
8.3	24,53	150	1,87	1,92	35,30	34,87	SEM ASFALTO
			1,96				
8.4	97,84	150	1,96	2,18	181,55	179,82	SEM ASFALTO
			2,40				
8.5	80,48	150	2,40	2,57	175,67	174,25	SEM ASFALTO
			2,73				
8.6	97,88	150	2,73	2,91	270,78	269,05	SEM ASFALTO
			3,09				
8.7	92,98	150	3,09	3,26	287,96	286,32	SEM ASFALTO
			3,43				
8.8	92,98	150	3,43	3,58	315,78	314,14	SEM ASFALTO
			3,72				
8.9	53,81	150	3,72	3,80	194,28	193,33	SEM ASFALTO
			3,88				
8.10	52,39	150	3,88	3,92	195,15	194,22	SEM ASFALTO
			3,96				
8.11	21,24	200	4,01	4,04	94,45	93,78	SEM ASFALTO
			4,07				
4.1	90,82	150	1,05	1,12	76,29	74,68	5,45
			1,19				
4.2	72,48	150	1,19	1,18	64,06	62,78	4,35
			1,17				
4.3	17,73	150	1,68	1,90	28,59	28,28	1,06
			2,12				
4.4	59,2	150	2,12	2,27	114,00	112,95	SEM ASFALTO
			2,41				
4.5	14,11	150	2,41	2,44	29,30	29,05	SEM ASFALTO
			2,47				
4.6	64,11	150	2,47	2,63	143,40	142,27	3,85
			2,79				
4.7	92,6	150	2,79	2,83	222,59	220,96	5,56
			2,87				
4.8	99,27	150	2,87	2,99	281,74	279,99	5,96
			3,11				
4.9	57,96	150	3,11	3,41	187,76	186,74	3,48
			3,71				
4.10	57,96	150	3,71	3,56	196,05	195,02	3,48
			3,41				
5.1	83,69	150	1,05	1,06	66,78	65,31	5,02
			1,08				
6.4	10,53	150	1,62	1,65	13,02	12,83	0,63
			1,68				

Trecho	Extensão	Diâmetro	Prof. Col.	Prof. Col. Media.	Volume Escavado	Volume de Reaterro	Remoção do asfalto
	(m)		(mm)				
6.1	58,56	150	1,05	1,38	60,76	59,73	SEM ASFALTO
			1,72				
6.2	5,7	150	1,72	1,73	7,40	7,30	SEM ASFALTO
			1,75				
6.3	28,79	150	1,75	1,68	36,36	35,85	SEM ASFALTO
			1,62				
9.1	88,64	150	1,05	1,26	83,63	82,07	5,32
			1,47				
9.2	92,95	150	1,47	1,66	115,83	114,19	5,58
			1,86				
3.1	52,56	150	1,05	1,11	43,89	42,97	SEM ASFALTO
			1,18				
3.2	52,57	150	1,18	1,19	46,96	46,03	SEM ASFALTO
			1,21				
3.3	67,91	150	1,21	1,40	71,41	70,21	SEM ASFALTO
			1,60				
3.4	39,78	150	1,60	1,70	50,70	50,00	SEM ASFALTO
			1,80				
3.5	6,08	150	1,80	1,82	8,28	8,17	0,36
			1,83				
3.6	50,44	150	1,83	1,99	85,32	84,43	3,03
			2,15				
3.7	90,55	150	2,15	2,25	173,14	171,54	5,43
			2,35				
3.8	99,85	150	2,35	2,53	214,60	212,84	5,99
			2,71				
3.9	95,3	150	2,71	2,87	259,43	257,74	5,72
			3,02				
3.10	23,5	150	3,02	3,07	68,63	68,21	1,41
			3,12				
10.1	52,27	150	1,05	1,18	46,36	45,43	SEM ASFALTO
			1,32				
10.2	94,19	150	1,32	1,53	107,98	106,31	SEM ASFALTO
			1,74				
10.3	97,55	150	1,74	1,98	144,57	142,85	SEM ASFALTO
			2,21				
11.1	48,37	150	1,05	1,11	40,41	39,56	SEM ASFALTO
			1,18				
7.1	48,02	150	1,05	1,21	43,45	42,60	SEM ASFALTO
			1,36				
7.2	68,88	150	1,36	1,54	79,43	78,21	SEM ASFALTO
			1,71				

Fonte: Autor, 2013

Com os resultados da planilha anterior, é possível destacar os valores dos percentuais das profundidades médias da rede coletora, considerando que os valores apresentados no Gráfico 3, serviram como base para o tipo de movimentação de terra no orçamento.

Gráfico 3 – Percentual de Escavação do Traçado N°1



Fonte: Autor (2013)

Presume-se que mais de 53% da rede coletora têm profundidades maiores que 2,00m, significando que a rede utilizaria escavação do tipo mecânica de 2ª categoria, e como consequência custo maior para o item movimento de terra da planilha orçamentária. Em relação aos escoramentos verificou-se que 25% da rede utilizaria escoramento do tipo descontínuo até 1,5m de profundidade; 47% do tipo contínuo de 1,5m a 3,0m de profundidade; e 28% do tipo metálico, acima de 4,0m de profundidade.

Outro fator destacável é a implantação dos poços de visitas com profundidades maiores do que 4,00 m, já que encarece o custo da obra e prejudica a manutenção da rede com grandes profundidades para a visita.

Diante dos resultados apresentados anteriormente para o estudo do traçado de rede coletora 1, foi possível elaborar a planilha orçamentária, conforme a Tabela 5, relacionando e quantificando os serviços referente a construção da rede coletora de esgoto do Traçado N°1.

Tabela 5 – Planilha Orçamentária – Traçado Nº 1

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – Nº1							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1		REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO					
1.1		SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1.2		Mobilização e desmobilização	UND.	1	25.752,46	33.478,20	33.478,20
1.1.3	74209/001	Placa da obra em chapa de aço galvanizado	m²	14,40	296,50	385,45	5.550,48
TOTAL ITEM 1.1							39.028,68
1.2		MOVIMENTO DE TERRA					
1.2.1	73962/013	Escavação de vala não escorada em material 1ª categoria, profundidade até 1,5 m com escavadeira hidráulica 105 HP (capacidade de 0,78m³), sem esgotamento	m³	2.342,43	3,40	4,42	10.353,54
1.2.2	72915	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 2m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	2.196,03	9,03	11,74	25.779,17
1.2.3	72917	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 2,01 até 4,00 m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	3.952,85	10,32	13,42	53.031,43
1.2.4	72918	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 4,01 até 6,00 m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	1.024,81	12,04	15,65	16.040,37
1.2.5	74207/001	Transporte de material-Bota-fora distância = 6 km	m³	97,28	11,21	14,57	1.417,66
1.2.6	73964/005	Reaterro de vala/cava sem controle de compactação, utilizando retroescavadeira e compactador vibratório com material reaproveitado.	m³	7.100,36	6,09	7,92	56.213,53
1.2.7	73964/006	Reaterro manual de valas	m³	2.318,48	21,28	27,66	64.138,54
TOTAL ITEM 1.2							226.974,24
1.3		ESCORAMENTO E OBRAS DE CONTENÇÃO					
1.3.1	83867	Escoramento de valas descontínuos	m²	2.318,48	24,19	31,45	72.909,36
1.3.2	83868	Escoramento de valas contínuos	m²	4.492,06	34,03	44,24	198.724,34
1.3.3	73877/002	Escoramento de valas com pranchões metálicos	m²	2.608,29	22,21	28,87	75.309,28
TOTAL ITEM 1.3							346.942,97
1.4		FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MATERIAL HIDRÁULICO					
1.4.1		Fornecimento e assentamento de tubo de PVC PB JE para esgoto					
1.4.1.1	9818	Diâmetro de 150 mm	m	3607,53	24,87	32,33	116.635,05

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – N°1							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.4.1.2	9819	Diâmetro de 200 mm	m	21,24	38,44	49,97	1.061,41
1.4.1.3	9820	Diâmetro de 250 mm	m	74,81	65,54	85,20	6.373,96
1.4.1.4	9821	Diâmetro de 300 mm	m	413,65	102,77	133,60	55.264,05
TOTAL ITEM 1.4							179.334,47
1.5		DISPOS. ESPECIAIS E ESTRUTURAS ACESSÓRIAS					
1.5.1	73963/005	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=120CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido.	UND.	14	821,85	1.068,41	14.957,67
1.5.2	73963/006	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=140CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	922,28	1.198,96	3.596,89
1.5.3	73963/007	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=150CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	971,76	1.263,29	2.526,58
1.5.4	73963/008	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=160CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	1	976,42	1.269,35	1.269,35
1.5.5	73963/009	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=170CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.045,97	1.359,76	4.079,28
1.5.6	73963/010	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=200CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	9	1.103,61	1.434,69	12.912,24
1.5.7	73963/011	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=230CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	1.184,51	1.539,86	3.079,73
1.5.8	73963/012	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=260CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	6	1.307,56	1.699,83	10.198,97
1.5.9	73963/013	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=290CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	6	1.425,59	1.853,27	11.119,60
1.5.10	73963/014	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=320CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	4	1.494,17	1.942,42	7.769,68
1.5.11	73963/015	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=350CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.621,90	2.108,47	6.325,41

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – N°1							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.5.12	73963/016	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=380CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.730,36	2.249,47	6.748,40
1.5.13	73963/017	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=410CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.859,41	2.417,23	7.251,70
1.5.14	73963/018	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=440CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	1.950,62	2.535,81	5.071,61
1.5.15	73963/019	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=470CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	2.068,90	2.689,57	5.379,14
1.5.16	73963/020	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=500CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	2.186,77	2.842,80	5.685,60
1.5.17	83691	Tampão de Ferro Fundido p/ poço de visita	UND.	65	151,79	197,33	12.826,26
TOTAL ITEM 1.5							120.798,11
1.6		ESGOTAMENTO E DRENAGEM					
1.6.1	73891/001	Esgotamento com moto-bomba autoescorvante	h	300,00	4,77	6,20	1.860,30
TOTAL ITEM 1.6							1.860,30
1.7		PAVIMENTAÇÃO					
1.7.1	72949	Demolição de pavimentação asfáltica, exclusive transporte do material retirado.	m³	85,86	16,97	22,06	1.894,22
TOTAL ITEM 1.7							1.894,22
1.8		SERVIÇOS TÉCNICOS					
1.8.1	73682	Cadastro de redes, inclusive topografo e desenhista	m	4.117,23	0,86	1,12	4.603,06
1.8.2	73610	Locação de rede de esgoto	m	4.117,23	0,62	0,81	3.318,49
TOTAL ITEM 1.8							7.921,55
1.9		LIGAÇÕES PREDIAIS					
1.9.1	23445/001	Ramal predial de esgoto em tubo PVC esgoto DN 100mm para rede em implantação (mão de obra e material incluindo escavação manual até 1,50m e reaterro)	UND.	1.500	48,72	63,34	95.004,00
TOTAL ITEM 1.9							95.004,00

Continuação

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – N°1							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.10		SERVIÇOS COMPLEMENTARES					
1.10.1	74221/001	Sinalização de trânsito - noturna	m	100	1,17	1,52	152,10
1.10.2	74219/001	Passadiços de madeira para pedestres	m ²	14	35,26	45,84	641,73
TOTAL ITEM 1.10							793,83
TOTAL GERAL							1.020.552,38

Fonte: Autor, 2013

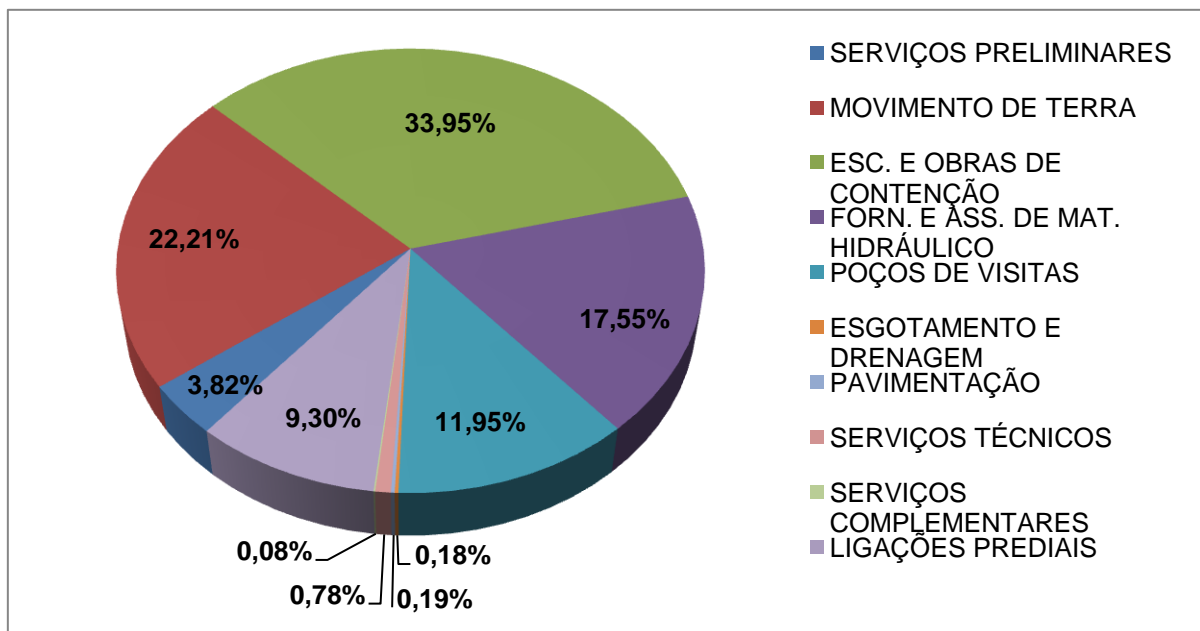
A partir da planilha orçamentária apresentada anteriormente, percebe-se que os custos com escoramento (34%) e movimento de terra (22%) representaram maiores pesos no custo global da rede coletora. Entre outros itens, destaca-se o fornecimento e assentamento de material hidráulico (17,57%) que obteve um percentual elevado para rede, devido utilizar diâmetros superiores de 150 mm e com custos mais elevados. A Tabela 6 e o Gráfico 4 representam os outros itens que compõe o custo da rede coletora.

Tabela 6 - Custos percentuais dos serviços da rede coletora de esgoto – Traçado Nº 1

ITEM	ITENS	CUSTO (R\$)	%
1.1	Serviços preliminares	39.028,68	3,82
1.2	Movimento de terra	226.974,24	22,24
1.3	Escoramento e obras de contenção	346.942,97	34,00
1.4	Fornecimento e assentamento de material hidráulico	179.334,47	17,57
1.5	Poços de visitas	120.798,11	11,84
1.6	Esgotamento e drenagem	1.860,30	0,18
1.7	Pavimentação	1.894,22	0,19
1.8	Serviços técnicos	7.921,55	0,78
1.9	Ligações prediais	95.004,00	9,31
1.10	Serviços complementares	793,83	0,08
Total do custo geral da obra		1.020.552,38	100

Fonte: Autor, 2013

Gráfico 4 - Custo dos percentuais dos serviços – Traçado Nº1



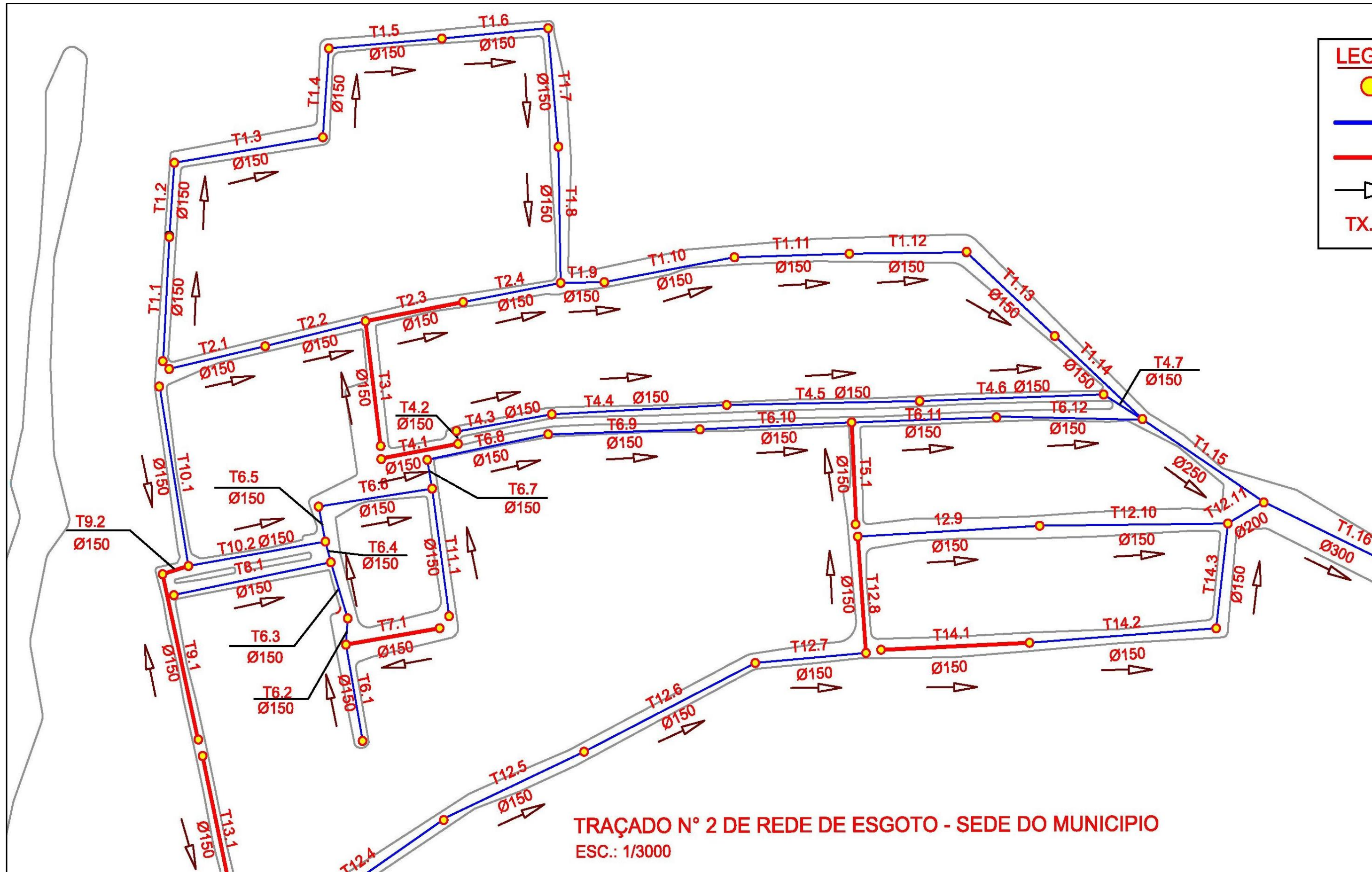
Fonte: Autor, 2013

Diante dos resultados apresentados na planilha orçamentária, presume-se que o custo de implantação por metro de rede do Traçado N°1, foi de 248,18 R\$/m.

5.3 ESTUDO DO TRAÇADO DE REDE DE ESGOTO N°2

Como no Traçado N°1, o escoamento dos trechos do Traçado N°2 aproveitaram o máximo possível o caimento natural do terreno. Sendo que alguns trechos criados ou mudados o sentido do fluxo no Traçado N°2, foram devido às cotas montantes e jusantes serem as mesmas, favorecendo a mudança se comparado com o Traçado N°1. Na Figura 37, mostra os novos trechos com a cor vermelha proposta para o Traçado N°2.

Figura 37 - Traçado N°2



De acordo com este traçado, a Tabela 7 abaixo, apresenta as principais características deste estudo:

Tabela 7 - Características do Traçado N°2

Característica	Valores	Unidades
Trechos	67	-
Poços de Visitas	68	-
Extensão Total	4132,52	m
Taxa de contribuição linear (início de plano)	0,0040	L/s.m
Taxa de contribuição linear (fim de plano)	0,0071	L/s.m

Fonte: Autor, 2013

Os resultados do dimensionado hidráulico, são apresentados na próxima Tabela 8:

Tabela 8 - Dimensionamento Hidráulico – Traçado Nº 2

Trecho	PV	Extensão (m)	Qproj	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr.(m)	Cota Col.(m)	Prof. Col.(m)	Lâmina D'água	Veloc.(m/m) Inicial Final	Tens.Trat. (Pa)	Vel.Crit. (m/s)
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial			
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final			
4.1	27	39,78	1,50	150	0,0048	5,45	4,40	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	28		1,50			5,45	4,21	1,24	0,25			
4.2	28	6,08	1,50	150	0,0048	5,45	4,21	1,24	0,25	0,43	1,05	2,81
	29		1,50			5,45	4,18	1,27	0,25			
4.3	29	50,44	1,50	150	0,0048	5,45	4,18	1,27	0,25	0,43	1,05	2,81
	30		1,50			5,50	3,94	1,56	0,25			
4.4	30	90,55	1,50	150	0,0048	5,50	3,94	1,56	0,25	0,43	1,05	2,81
	31		1,50			5,22	3,50	1,71	0,25			
4.5	31	99,85	1,50	150	0,0048	5,22	3,50	1,71	0,25	0,43	1,05	3,00
	32		2,05			5,10	3,02	2,07	0,30			
4.6	32	95,3	1,50	150	0,0047	5,10	3,02	2,07	0,26	0,43	1,05	3,19
	33		2,73			5,00	2,58	2,42	0,35			
4.7	33	23,5	1,50	150	0,0046	5,00	2,58	2,42	0,27	0,43	1,05	3,24
	15		2,90			5,00	2,47	2,53	0,36			
1.15	15	74,81	10,33	250	0,0019	5,00	1,37	3,63	0,44	0,50	1,06	4,96
	16		18,20			5,00	1,23	3,77	0,60			
1.16	16	98,2	15,15	300	0,0016	5,00	0,86	4,13	0,43	0,52	1,05	5,42
	17		26,69			5,00	0,71	4,29	0,60			
1.17	17	78,88	15,47	300	0,0016	5,00	0,71	4,29	0,44	0,52	1,05	5,45
	18		27,25			5,00	0,59	4,41	0,61			
1.18	18	62,67	15,73	300	0,0015	5,00	0,59	4,41	0,44	0,52	1,05	5,46
	19		27,70			5,00	0,49	4,51	0,62			
1.19	19	77,2	16,04	300	0,0015	5,00	0,49	4,51	0,45	0,52	1,05	5,48
	20		28,25			5,00	0,37	4,62	0,63			

Trecho	PV	Extensão (m)	Qproj	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr.(m)	Cota Col.(m)	Prof. Col.(m)	Lâmina D'água	Veloc.(m/m)	Tens.Trat.	Vel.Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
1.20	20	96,7	16,43	300	0,0015	5,00	0,37	4,62	0,46	0,52	1,05	5,51
	15		28,95			5,00	0,23	4,77	0,64	0,60		
1.1	1	63,37	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	2		1,50			5,60	4,38	1,21	0,26	0,42		
1.2	2	36,26	1,50	150	0,0045	5,60	4,38	1,21	0,26	0,42	1,00	2,82
	3		1,50			5,32	4,22	1,10	0,26	0,42		
1.3	3	77,44	1,50	150	0,0048	5,32	4,22	1,10	0,25	0,43	1,05	2,81
	4		1,50			5,30	3,85	1,45	0,25	0,43		
1.4	4	43,94	1,50	150	0,0048	5,30	3,85	1,45	0,25	0,43	1,05	2,84
	5		1,58			5,29	3,64	1,65	0,26	0,43		
1.5	5	59,13	1,50	150	0,0048	5,29	3,64	1,65	0,25	0,43	1,05	2,98
	6		2,00			5,29	3,35	1,93	0,29	0,46		
1.6	6	54,91	1,50	150	0,0048	5,29	3,35	1,93	0,25	0,43	1,05	3,10
	7		2,39			5,28	3,09	2,19	0,32	0,49		
1.7	7	58,48	1,59	150	0,0046	5,28	3,09	2,19	0,26	0,43	1,05	3,21
	8		2,81			5,28	2,82	2,46	0,35	0,50		
1.8	8	66,84	1,87	150	0,0045	5,28	2,82	2,46	0,29	0,44	1,09	3,33
	9		3,29			5,28	2,52	2,76	0,39	0,52		
1.9	9	22,77	3,07	150	0,0035	5,28	2,52	2,76	0,40	0,47	1,11	3,74
	10		5,41			5,00	2,44	2,56	0,55	0,55		
1.10	10	68,16	3,35	150	0,0034	5,00	2,44	2,56	0,42	0,47	1,10	3,82
	11		5,90			5,00	2,21	2,78	0,59	0,55		
1.11	11	60,28	3,59	150	0,0032	5,00	2,21	2,78	0,45	0,47	1,10	3,87
	12		6,33			5,00	2,02	2,98	0,62	0,55		
1.12	12	60,28	3,84	150	0,0031	5,00	2,02	2,98	0,47	0,47	1,09	3,92
	13		6,76			5,00	1,83	3,16	0,66	0,55		

Trecho	PV	Extensão (m)	Qproj	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr.(m)	Cota Col.(m)	Prof. Col.(m)	Lâmina D'água	Veloc.(m/m)	Tens.Trat. (Pa)	Vel.Crit. (m/s)
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial		
	Final		Final			Jus	Jus	Jus	Final	Final		
1.13	13	61,58	4,09	150	0,003	5,00	1,83	3,16	0,49	0,47	1,09	3,96
	14		7,21			5,00	1,65	3,35	0,70	0,54		
1.14	14	61,57	4,34	150	0,0029	5,00	1,65	3,35	0,51	0,48	1,08	4,00
	15		7,65			5,00	1,47	3,53	0,75	0,54		
12.1	49	70,88	1,50	150	0,0048	5,23	4,18	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	50		1,50			5,58	3,84	1,74	0,25	0,43		
12.2	50	66,08	1,50	150	0,0048	5,58	3,84	1,74	0,25	0,43	1,05	2,81
	51		1,50			5,36	3,52	1,83	0,25	0,43		
12.3	51	24,53	1,50	150	0,0048	5,36	3,52	1,83	0,25	0,43	1,05	2,92
	52		1,82			5,32	3,41	1,91	0,28	0,45		
12.4	52	97,84	1,50	150	0,0048	5,32	3,41	1,91	0,25	0,43	1,05	3,13
	53		2,52			5,28	2,94	2,34	0,33	0,49		
12.5	53	80,48	1,75	150	0,0046	5,28	2,94	2,34	0,28	0,44	1,09	3,27
	54		3,09			5,25	2,56	2,68	0,37	0,52		
12.6	54	97,88	2,15	150	0,0041	5,25	2,56	2,68	0,32	0,45	1,08	3,45
	55		3,79			5,20	2,16	3,04	0,43	0,53		
12.7	55	58,53	2,39	150	0,0039	5,20	2,16	3,04	0,34	0,45	1,08	3,54
	56		4,21			5,19	1,93	3,25	0,46	0,53		
12.8	56	57,07	2,62	150	0,0037	5,19	1,93	3,25	0,36	0,45	1,08	3,62
	57		4,62			5,10	1,72	3,37	0,49	0,53		
12.9	57	94,19	3,00	150	0,0034	5,10	1,72	3,37	0,40	0,46	1,07	3,74
	58		5,29			5,05	1,40	3,65	0,55	0,54		
12.10	58	97,55	3,40	150	0,0033	5,05	1,40	3,65	0,43	0,47	1,10	3,83
	59		5,99			5,00	1,08	3,92	0,60	0,55		
12.11	59	21,24	4,42	200	0,0029	5,00	1,03	3,97	0,34	0,47	1,06	4,08
	16		7,78			5,00	0,96	4,03	0,46	0,55		

Trecho	PV	Extensão (m)	Qproj	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr.(m)	Cota Col.(m)	Prof. Col.(m)	Lâmina D'água	Veloc.(m/m)	Tens.Trat.	Vel.Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
10.1	46	90,82	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	47		1,50			5,45	4,26	1,19	0,26	0,42		
10.2	47	72,48	1,50	150	0,0045	5,45	4,26	1,19	0,26	0,42	1,00	2,82
	39		1,50			5,10	3,93	1,16	0,26	0,42		
6.5	39	17,73	1,74	150	0,0046	5,10	3,47	1,63	0,28	0,44	1,09	3,27
	40		3,07			5,45	3,39	2,06	0,37	0,52		
6.6	40	59,2	1,98	150	0,0043	5,45	3,39	2,06	0,30	0,45	1,09	3,38
	41		3,50			5,45	3,13	2,31	0,40	0,52		
6.7	41	14,11	2,32	150	0,0039	5,45	3,13	2,31	0,33	0,45	1,08	3,52
	42		4,09			5,45	3,08	2,37	0,45	0,53		
6.8	42	64,11	2,58	150	0,0037	5,45	3,08	2,37	0,36	0,45	1,08	3,61
	43		4,55			5,50	2,84	2,66	0,49	0,53		
6.9	43	78,17	2,90	150	0,0035	5,50	2,84	2,66	0,39	0,46	1,07	3,71
	44		5,11			5,32	2,57	2,75	0,53	0,54		
6.10	44	79,42	3,22	150	0,0034	5,32	2,57	2,75	0,41	0,47	1,11	3,78
	45		5,68			5,10	2,29	2,80	0,57	0,55		
6.11	45	74,38	3,73	150	0,0032	5,10	2,29	2,80	0,46	0,47	1,10	3,90
	46		6,57			5,50	2,06	3,44	0,64	0,55		
6.12	46	75,81	4,04	150	0,003	5,50	2,06	3,44	0,49	0,47	1,09	3,96
	15		7,11			5,00	1,83	3,17	0,69	0,54		
8.1	43	83,69	1,50	150	0,0045	5,45	4,40	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	38		1,50			5,10	4,02	1,07	0,26	0,42		
6.4	38	10,53	1,50	150	0,0048	5,10	3,52	1,58	0,25	0,43	1,05	2,88
	39		1,68			5,10	3,47	1,63	0,27	0,44		
6.1	35	47,61	1,50	150	0,0048	5,00	3,95	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	36		1,50			5,37	3,72	1,64	0,25	0,43		

Trecho	PV	Extensão	Qproj	Diam.	Decliv.	Cota Terr.	Cota Col.(m)	Prof.	Lâmina	Veloc.(m/m)	Tens.Trat.	Vel.Crit.
	Inicial		(m)			Inicial	(m)	Mon.	Mon.			
	Final	Final		(m/m)	Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final			
6.2	36	13,24	1,50	150	0,0048	5,37	3,72	1,64	0,25	0,43	1,05	2,81
	37		1,50			5,37	3,66	1,71	0,25	0,43		
6.3	37	28,79	1,50	150	0,0048	5,37	3,66	1,71	0,25	0,43	1,05	2,81
	38		1,50			5,10	3,52	1,58	0,25	0,43		
11.1	48	68,88	1,50	150	0,0048	5,45	4,40	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	44		1,50			5,45	4,07	1,38	0,25	0,43		
13.1	60	92,95	1,50	150	0,0045	5,44	4,39	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	51		1,50			5,36	3,97	1,39	0,26	0,42		
2.1	22	52,56	1,50	150	0,0045	5,72	4,67	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	23		1,50			5,61	4,43	1,17	0,26	0,42		
2.2	23	52,63	1,50	150	0,0045	5,61	4,43	1,17	0,26	0,42	1,00	2,82
	24		1,50			5,40	4,20	1,20	0,26	0,42		
2.3	24	51,59	1,50	150	0,0048	5,40	4,10	1,29	0,25	0,43	1,05	2,84
	25		1,59			5,37	3,85	1,51	0,26	0,43		
2.4	25	51,59	1,50	150	0,0048	5,37	3,85	1,51	0,25	0,43	1,05	2,97
	9		1,96			5,28	3,61	1,67	0,29	0,46		
9.1	44	85,58	1,50	150	0,0048	5,45	4,40	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	45		1,50			5,44	3,99	1,45	0,25	0,43		
9.2	45	13,68	1,50	150	0,0048	5,45	4,40	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	41		1,50			5,45	4,33	1,11	0,25	0,43		
7.1	42	51,88	1,50	150	0,0045	5,45	4,40	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	36		1,50			5,37	4,17	1,20	0,26	0,42		
5.1	34	50,17	1,50	150	0,0048	5,10	4,05	1,05	0,25	0,43	1,05	2,81
	45		1,50			5,10	3,81	1,29	0,25	0,43		
14.1	61	80,5	1,50	150	0,0045	5,19	4,14	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	62		1,50			5,15	3,78	1,37	0,26	0,42		

Continuação

Trecho	PV	Extensão (m)	Qproj	Diam. (mm)	Decliv. (m/m)	Cota Terr. (m)	Cota Col.(m)	Prof. Col.(m)	Lâmina D'água	Veloc.(m/m)	Tens.Trat.	Vel.Crit.
	Inicial		Inicial			Mon.	Mon.	Mon.	Inicial	Inicial	(Pa)	(m/s)
	Final		Final			Jus.	Jus.	Jus.	Final	Final		
14.2	62	96,73	1,50	150	0,0048	5,15	3,78	1,37	0,25	0,43	1,05	2,81
	63		1,50			5,10	3,31	1,78	0,25	0,43		
14.3	63	52,39	1,50	150	0,0048	5,10	3,31	1,78	0,25	0,43	1,05	2,86
	59		1,64			5,00	3,06	1,93	0,27	0,44		
3.1	26	66,06	1,50	150	0,0045	5,45	4,40	1,05	0,26	0,42	1,00	2,82
	24		1,50			5,40	4,10	1,29	0,26	0,42		

Fonte: Autor, 2013

De acordo com os resultados do dimensionamento da rede coletora Nº 2, podem-se verificar os seus principais valores avaliados, que serão apresentados na Tabela 9:

Tabela 9 - Características hidráulicas do Traçado Nº2

Característica	Valores	
	Mínimo	Máximo
Vazão de projeto (L/s)	1,50	28,95
Declividades (m/m)	0,0015	0,0048
Lâmina Líquida	0,250	0,750
Tensão Trativa (Pa)	1,00	1,11
Velocidade final (m/s)	0,42	0,64
Velocidade Crítica (m/s)	2,81	5,51
Profundidade do Coletor (m)	1,05	4,77

Fonte: Autor, 2013

É observável que o Traçado Nº2, obteve as declividades menores e lâmina d'água bem próximo ao limite estabelecido pela NBR- 9649, entretanto os resultados desta alternativa foram satisfatórios e dentro do proposto para que o efluente escoasse uniformemente e promova a limpeza da tubulação. Mais um ponto destacável, com a mudança e criação dos novos trechos da rede coletora, a profundidade do coletor máximo foi de 4,77m, representando menores volumes de escavação. A próxima Tabela 10 mostrará as profundidades médias dos coletores de cada trecho com volume de escavação e reaterro.

Tabela 10 - Profundidade Média, Volume Escavado Volume de Reaterro e Remoção de Asfalto para cada Trecho do Traçado Nº 2

Trecho	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Prof. Col. (m)		Volume Escavado (m³)	Volume de Reaterro (m³)	Remoção do asfalto (m³)
			Mon. Jus.	Prof. Col. Media. (m)			
1.1	63,37	150	1,05	1,13	53,85	52,73	3,80
			1,22				
1.2	36,26	150	1,22	1,16	31,49	30,85	2,18
			1,10				
1.3	77,44	150	1,10	1,29	74,69	73,32	SEM ASFALTO
			1,47				
1.4	43,94	150	1,47	1,58	52,02	51,24	SEM ASFALTO
			1,69				
1.5	59,13	150	1,69	1,84	81,69	80,64	SEM ASFALTO
			2,00				
1.6	54,91	150	2,00	2,14	99,86	98,89	SEM ASFALTO
			2,28				
1.7	58,48	150	2,28	2,43	120,84	119,81	SEM ASFALTO
			2,58				
1.8	66,84	150	2,58	2,74	155,76	154,58	SEM ASFALTO
			2,90				
1.9	22,77	150	2,90	2,81	54,38	53,97	SEM ASFALTO
			2,72				
1.10	68,16	150	2,72	2,86	165,47	164,26	SEM ASFALTO
			2,99				
1.11	60,28	150	2,99	3,11	178,15	177,09	SEM ASFALTO
			3,23				
1.12	60,28	150	3,23	3,34	191,30	190,23	SEM ASFALTO
			3,45				
1.13	61,58	150	3,45	3,56	208,47	207,38	SEM ASFALTO
			3,67				
1.14	61,57	150	3,67	3,78	221,16	220,07	SEM ASFALTO
			3,89				
1.15	74,81	250	3,99	4,07	349,93	346,26	SEM ASFALTO
			4,15				
1.16	98,2	300	4,20	4,28	504,53	497,59	SEM ASFALTO
			4,37				
1.17	78,88	300	4,37	4,43	419,66	414,08	SEM ASFALTO
			4,50				
1.18	62,67	300	4,50	4,55	342,48	338,05	SEM ASFALTO
			4,61				
1.19	77,2	300	4,61	4,67	432,81	427,36	SEM ASFALTO
			4,74				
1.20	96,7	300	4,74	4,82	558,96	552,13	SEM ASFALTO
			4,90				
2.1	99,75	150	1,05	1,22	90,90	89,14	SEM ASFALTO
			1,38				

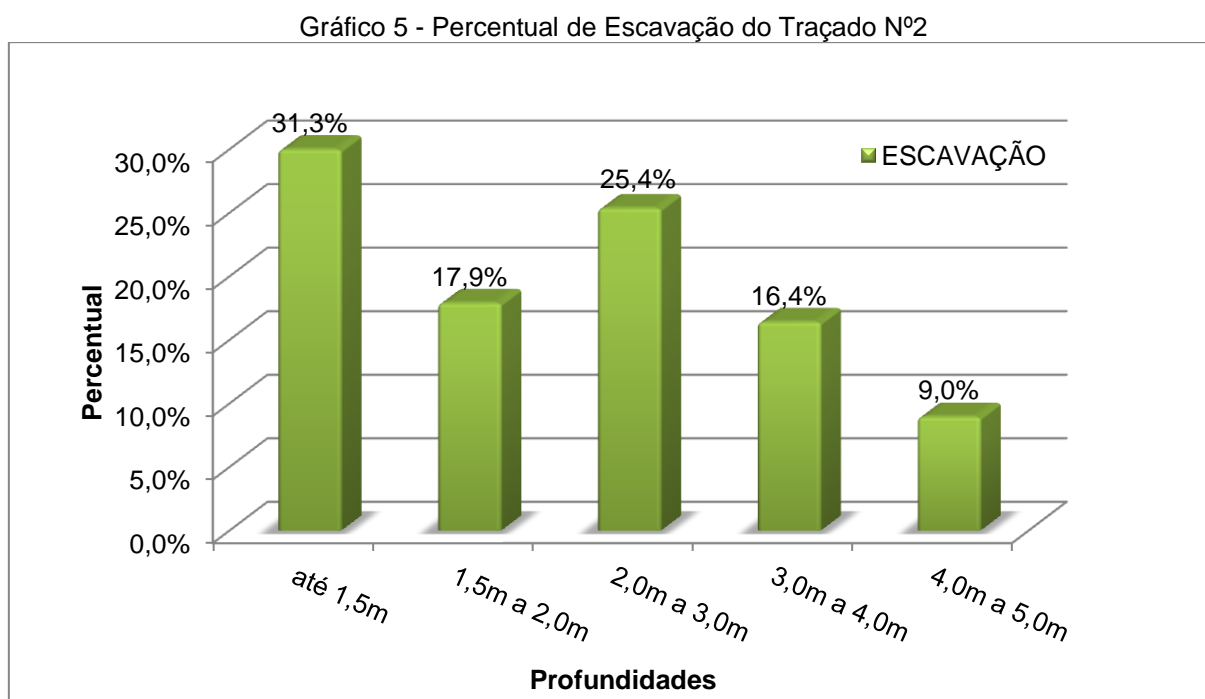
Continuação

Trecho	Extensão	Diâmetro	Prof. Col. (m)	Prof. Col. Media.	Volume Escavado	Volume de Reaterro	Remoção do asfalto	
	(m)		(mm)					Mon.
								Jus.
(m)	(mm)	(m)	(m³)	(m³)	(m³)			
8.1	70,88	150	1,05	1,40	74,66	73,41	4,25	
			1,76					
8.2	66,08	150	1,76	1,82	90,03	88,86	3,96	
			1,87					
8.3	24,53	150	1,87	1,92	35,30	34,87	SEM ASFALTO	
			1,96					
8.4	97,84	150	1,96	2,18	181,55	179,82	SEM ASFALTO	
			2,40					
8.5	80,48	150	2,40	2,57	175,67	174,25	SEM ASFALTO	
			2,73					
8.6	97,88	150	2,73	2,91	270,78	269,05	SEM ASFALTO	
			3,09					
8.7	92,98	150	3,09	3,26	287,96	286,32	SEM ASFALTO	
			3,43					
8.8	92,98	150	3,43	3,58	315,78	314,14	SEM ASFALTO	
			3,72					
8.9	53,81	150	3,72	3,80	194,28	193,33	SEM ASFALTO	
			3,88					
8.10	52,39	150	3,88	3,92	195,15	194,22	SEM ASFALTO	
			3,96					
8.11	21,24	200	4,01	4,04	94,45	93,78	SEM ASFALTO	
			4,07					
4.1	90,82	150	1,05	1,12	76,29	74,68	5,45	
			1,19					
4.2	72,48	150	1,19	1,18	64,06	62,78	4,35	
			1,17					
4.3	17,73	150	1,68	1,90	28,59	28,28	1,06	
			2,12					
4.4	59,2	150	2,12	2,27	114,00	112,95	SEM ASFALTO	
			2,41					
4.5	14,11	150	2,41	2,44	29,30	29,05	SEM ASFALTO	
			2,47					
4.6	64,11	150	2,47	2,63	143,40	142,27	3,85	
			2,79					
4.7	92,6	150	2,79	2,83	222,59	220,96	5,56	
			2,87					
4.8	99,27	150	2,87	2,99	281,74	279,99	5,96	
			3,11					
4.9	57,96	150	3,11	3,41	187,76	186,74	3,48	
			3,71					
4.10	57,96	150	3,71	3,56	196,05	195,02	3,48	
			3,41					
5.1	83,69	150	1,05	1,06	66,78	65,31	5,02	
			1,08					

Continuação

Trecho	Extensão	Diâmetro	Prof. Col. (m)	Prof. Col. Media.	Volume Escavado	Volume de Reaterro	Remoção do asfalto
	(m)		(mm)				
6.4	10,53	150	1,62	1,65	13,02	12,83	0,63
			1,68				
6.1	58,56	150	1,05	1,38	60,76	59,73	SEM ASFALTO
			1,72				
6.2	5,7	150	1,72	1,73	7,40	7,30	SEM ASFALTO
			1,75				
6.3	28,79	150	1,75	1,68	36,36	35,85	SEM ASFALTO
			1,62				
9.1	88,64	150	1,05	1,26	83,63	82,07	5,32
			1,47				
9.2	92,95	150	1,47	1,66	115,83	114,19	5,58
			1,86				
3.1	52,56	150	1,05	1,11	43,89	42,97	SEM ASFALTO
			1,18				
3.2	52,57	150	1,18	1,19	46,96	46,03	SEM ASFALTO
			1,21				
3.3	67,91	150	1,21	1,40	71,41	70,21	SEM ASFALTO
			1,60				
3.4	39,78	150	1,60	1,70	50,70	50,00	SEM ASFALTO
			1,80				
3.5	6,08	150	1,80	1,82	8,28	8,17	0,36
			1,83				
3.6	50,44	150	1,83	1,99	85,32	84,43	3,03
			2,15				
3.7	90,55	150	2,15	2,25	173,14	171,54	5,43
			2,35				
3.8	99,85	150	2,35	2,53	214,60	212,84	5,99
			2,71				
3.9	95,3	150	2,71	2,87	259,43	257,74	5,72
			3,02				
3.10	23,5	150	3,02	3,07	68,63	68,21	1,41
			3,12				
10.1	52,27	150	1,05	1,18	46,36	45,43	SEM ASFALTO
			1,32				
10.2	94,19	150	1,32	1,53	107,98	106,31	SEM ASFALTO
			1,74				
10.3	97,55	150	1,74	1,98	144,57	142,85	SEM ASFALTO
			2,21				
11.1	48,37	150	1,05	1,11	40,41	39,56	SEM ASFALTO
			1,18				
7.1	48,02	150	1,05	1,21	43,45	42,60	SEM ASFALTO
			1,36				
7.2	68,88	150	1,36	1,54	79,43	78,21	SEM ASFALTO
			1,71				

Com base na planilha anterior é possível destacar os valores dos percentuais das profundidades médias da rede coletora, conforme é indicado no Gráfico 5:



Fonte: Autor, 2013

Para este estudo de traçado, a rede apresentou cerca de 50% profundidades menores que 2,00m, ou seja, metade da rede utilizaria escavação do tipo mecânica de 1° categoria, significando o custo menor no item movimento de terra seria menor. Já o escoramento neste Traçado N°2, foi observado que 31% da rede utilizaria escoramento do tipo descontínuo, até 1,5m de profundidades; 43% do tipo contínuo de 1,5m a 3,0m de profundidade; e 25% do tipo metálico, acima de 4,0m de profundidade. E em 9,0% dos trechos (geralmente localizados próximos a ETE), houve profundidades maiores que 4,00m, também necessitando de poços de visitas com grandes profundidades.

Na Tabela 11, é apresentada a planilha orçamentária de acordo com os resultados obtidos.

Tabela 11 - Planilha Orçamentária – Traçado Nº 2

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – Nº2							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1		REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO					
1.1		SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1.2		Mobilização e desmobilização	UND.	1	25.752,46	33.478,20	33.478,20
1.1.3	74209/001	Placa da obra em chapa de aço galvanizado	m²	14,40	296,50	385,45	5.550,48
TOTAL ITEM 1.1							39.028,68
1.2		MOVIMENTO DE TERRA					
1.2.1	73962/013	Escavação de vala não escorada em material 1ª categoria, profundidade até 1,5 m com escavadeira hidráulica 105 HP (capacidade de 0,78m3), sem esgotamento	m³	2.399,96	3,40	4,42	10.607,80
1.2.2	72915	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 2m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	1.371,40	9,03	11,74	16.098,90
1.2.3	72917	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 2,01 até 4,00 m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	3.199,94	10,32	13,42	42.930,40
1.2.4	72918	Escavação mecânica de vala de 2ª categoria até 4,01 até 6,00 m de profundidade com utilização de escavadeira hidráulica	m³	685,70	12,04	15,65	10.732,60
1.2.5	74207/001	Transporte de material-Bota-fora distância = 6 km	m³	95,46	11,21	14,57	1.391,14
1.2.6	73964/005	Reaterro de vala/cava sem controle de compactação, utilizando retroescavadeira e compactador vibratório com material reaproveitado	m³	5.190,60	6,09	7,92	41.093,95
1.2.7	73964/006	Reaterro manual de valas	m³	2.369,62	21,28	27,66	65.553,16
TOTAL ITEM 1.2							188.407,94
1.3		ESCORAMENTO E OBRAS DE CONTENÇÃO					
1.3.1	83867	Escoramento de valas descontínuos	m²	2.399,96	24,19	31,45	75.471,39
1.3.2	83868	Escoramento de valas contínuos	m²	3.314,22	34,03	44,24	146.617,95
1.3.3	73877/002	Escoramento de valas com pranchões metálicos	m²	1.942,82	22,21	28,87	56.095,07
TOTAL ITEM 1.3							278.184,41
1.4		FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MATERIAL HIDRÁULICO					
1.4.1		Fornecimento e assentamento de tubo de PVC PB JE para esgoto					
1.4.1.1	9818	Diâmetro de 150 mm	m	3622,82	24,87	32,33	117.129,39

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – Nº2							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.4.1.2	9819	Diâmetro de 200 mm	m	21,24	38,44	49,97	1.061,41
1.4.1.3	9820	Diâmetro de 250 mm	m	74,81	65,54	85,20	6.373,96
1.4.1.4	9821	Diâmetro de 300 mm	m	413,65	102,77	133,60	55.264,05
TOTAL ITEM 1.4							179.828,81
1.5		DISPOS. ESPECIAIS E ESTRUTURAS ACESSÓRIAS					
1.5.1	73963/005	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=120CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido.	UND.	18	821,85	1.068,41	19.231,29
1.5.2	73963/006	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=140CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	5	922,28	1.198,96	5.994,82
1.5.3	73963/007	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=150CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	1	971,76	1.263,29	1.263,29
1.5.4	73963/008	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=160CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	976,42	1.269,35	3.808,04
1.5.5	73963/009	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=170CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.045,97	1.359,76	4.079,28
1.5.6	73963/010	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=200CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	7	1.103,61	1.434,69	10.042,85
1.5.7	73963/011	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=230CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.184,51	1.539,86	4.619,59
1.5.8	73963/012	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=260CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	6	1.307,56	1.699,83	10.198,97
1.5.9	73963/013	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=290CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	6	1.425,59	1.853,27	11.119,60
1.5.10	73963/014	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=320CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	1.494,17	1.942,42	5.827,26
1.5.11	73963/015	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=350CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	4	1.621,90	2.108,47	8.433,88

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – Nº2							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.5.12	73963/016	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=380CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	1.730,36	2.249,47	4.498,94
1.5.13	73963/017	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=410CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	1	1.859,41	2.417,23	2.417,23
1.5.14	73963/018	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=440CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	2	1.950,62	2.535,81	5.071,61
1.5.15	73963/019	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=470CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	3	2.068,90	2.689,57	8.068,71
1.5.16	73963/020	Poço de visita para rede de esgoto sanitário em anéis de concreto O=60cm e 110cm, PROF=500CM, incluindo degrau, excluindo tampão de ferro fundido	UND.	1	2.186,77	2.842,80	2.842,80
1.5.17	83691	Tampão de Ferro Fundido p/ poço de visita	UND.	68	151,79	197,33	13.418,24
TOTAL ITEM 1.5							120.936,40
1.6		ESGOTAMENTO E DRENAGEM					
1.6.1	73891/001	Esgotamento com moto-bomba autoescorvante	h	300,00	4,77	6,20	1.860,30
TOTAL ITEM 1.6							1.860,30
1.7		PAVIMENTAÇÃO					
1.7.1	72949	Demolição de pavimentação asfáltica, exclusive transporte do material retirado	m³	84,86	16,97	22,06	1.872,20
TOTAL ITEM 1.7							1.872,20
1.8		SERVIÇOS TÉCNICOS					
1.8.1	73682	Cadastro de redes, inclusive topografo e desenhista	m	4.132,52	0,86	1,12	4.620,16
1.8.2	73610	Locação de rede de esgoto	m	4.132,52	0,62	0,81	3.330,81
TOTAL ITEM 1.8							7.950,97
1.9		LIGAÇÕES PREDIAIS					

Continuação

ESTUDO DO MELHOR TRAÇADO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO – Nº2							
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	SINAPI MARÇO/13	DESCRIÇÃO	UND.	Quant.	Custo Unitário	Custo Unitário c/ BDI	PREÇO TOTAL
1.9.1	23445/001	Ramal predial de esgoto em tubo PVC esgoto DN 100mm para rede em implantação (mão de obra e material incluindo escavação manual até 1,50m e reaterro)	UND.	1.500	48,72	63,34	95.004,00
TOTAL ITEM 1.9							95.004,00
1.10		SERVIÇOS COMPLEMENTARES					
1.10.1	74221/001	Sinalização de trânsito - noturna	m	100	1,17	1,52	152,10
1.10.2	74219/001	Passadiços de madeira para pedestres	m ²	14	35,26	45,84	641,73
TOTAL ITEM 1.10							793,83
TOTAL GERAL							913.867,54

Fonte: Autor, 2013

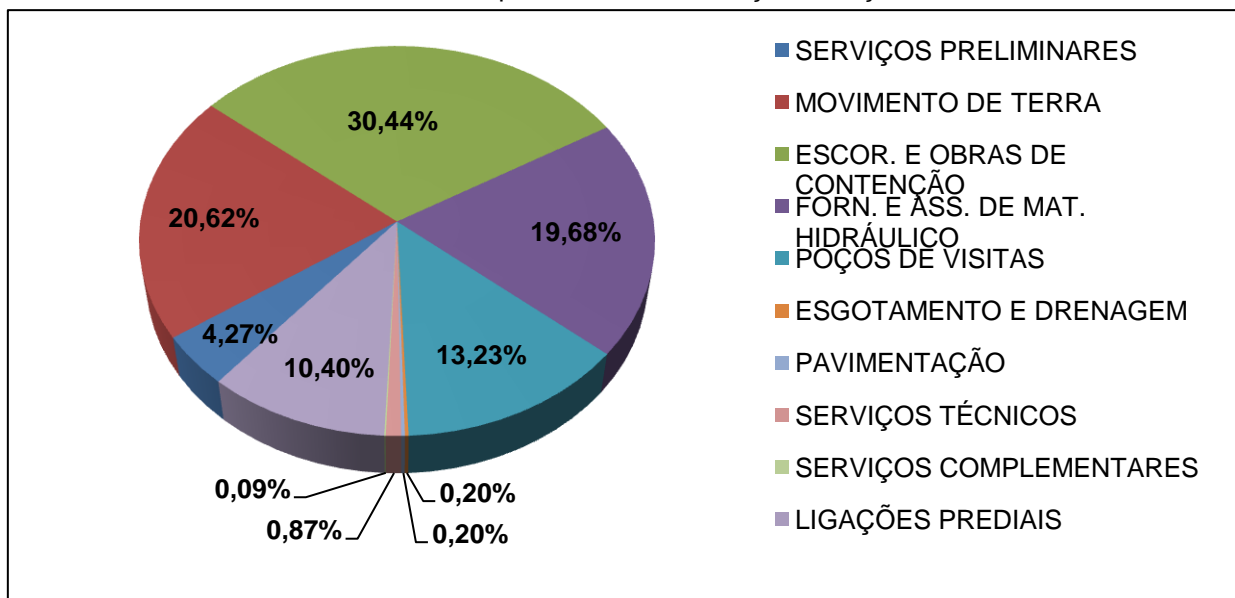
Com os dados da planilha orçamentária apresentada anteriormente, percebe-se que os custos com escoramento (30,44%) e movimento de terra (20,62%) representaram maiores pesos no custo global da rede coletora. Entre outros itens, destaca-se o fornecimento e assentamento de material hidráulico (19,68%) que obteve um percentual elevado para rede, devido utilizar diâmetros superiores de 150 mm. A Tabela 12 e o Gráfico 6 representam os custos da rede coletora com outros itens que o compõe.

Tabela 12- Custos percentuais dos serviços da rede coletora de esgoto – Traçado Nº 2

ITEM	ITENS	CUSTO (R\$)	%
1.1	Serviços preliminares	39.028,68	4,27%
1.2	Movimento de terra	188.407,94	20,62%
1.3	Escoramento e obras de contenção	278.184,41	30,44%
1.4	Fornecimento e assentamento de material hidráulico	179.828,81	19,68%
1.5	Poços de visitas	120.936,40	13,23%
1.6	Esgotamento e drenagem	1.860,30	0,20%
1.7	Pavimentação	1.872,20	0,20%
1.8	Serviços técnicos	7.950,97	0,87%
1.9	Ligações prediais	95.004,00	10,40%
1.10	Serviços complementares	793,83	0,09%
TOTAL DO CUSTO GERAL DA OBRA		913.867,54	100,00

Fonte: Autor, 2013

Gráfico 6 - Custo dos percentuais dos serviços – Traçado Nº2



Fonte: Autor, 2013

A partir dos resultados apresentados na planilha orçamentária, presume-se que o custo de implantação por metro de rede do Traçado N°2, foi de 221,14 R\$/m.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS DE TRAÇADO N°1 E N°2

Apesar da localização da EEE e ETE ter permanecido no mesmo local nos dois traçados, as principais diferenças entre as alternativas foram as mudanças de direção dos fluxos e criação de novos trechos. As Figuras 38 e Figura 39 mostram os dois traçados, considerando que a cor rosa na Figura 39 representa a nova direção de escoamento e criação de novos trechos.

Figura 38 – Síntese do Traçado N°1

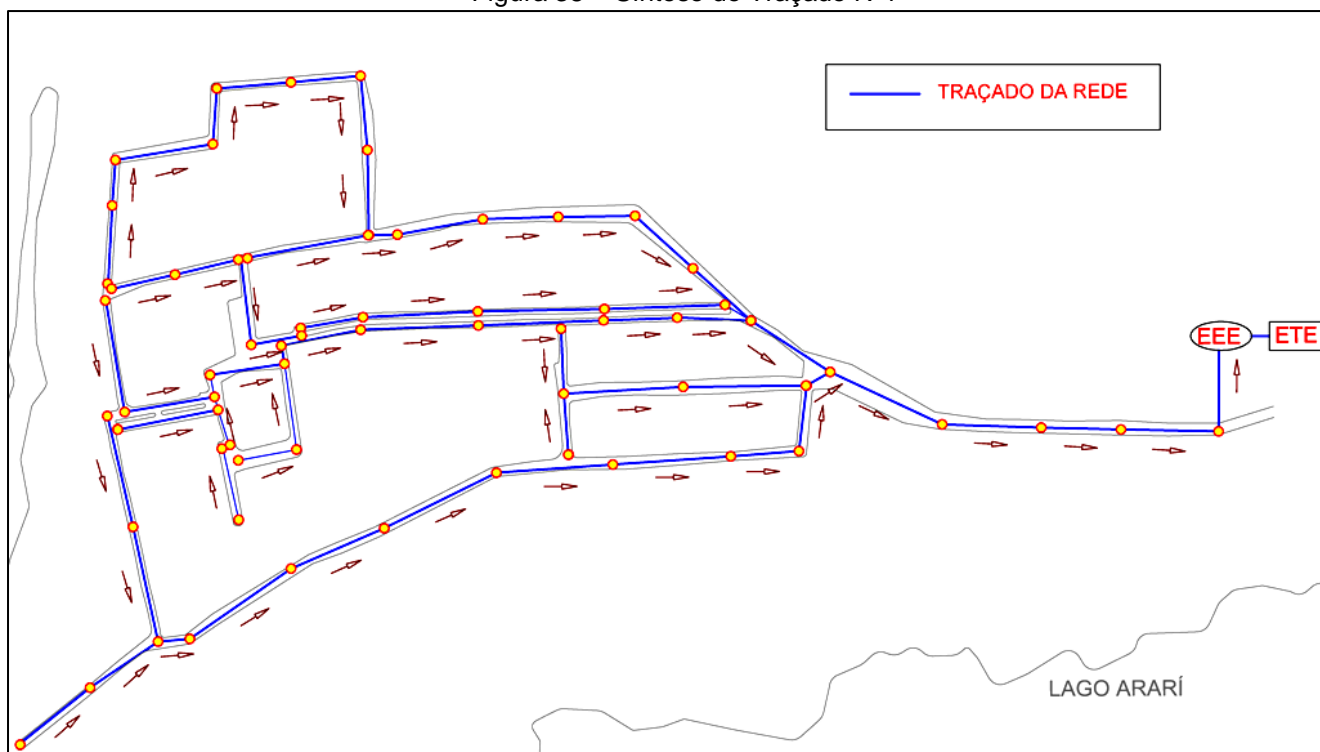


Figura 39 – Síntese do Traçado N°2



Uma das principais diferenças entre os dois traçados pode ser observado no último trecho de chegada à EEE, no qual no Traçado Nº1 chega com profundidade de 4,90m e no Traçado Nº2 chega com profundidade de 4,77m, significando redução de 2,65% da profundidade do último trecho do Traçado Nº2 em relação ao Traçado Nº1. Desta forma na comparação total entre as duas alternativa houve, uma redução na profundidade média de 6,22% no Traçado Nº2 em relação Traçado Nº1, isso significando que a mudança de direção ou criação de novos trechos, apesar de não ser em toda a rede, resultou em menores profundidades e conseqüentemente em menores escavações, reaterro, escoramentos. A Tabela 13 a seguir, mostra a diferença entre os dois traçados.

Tabela 13 - Comparação entre o Traçado Nº1 e Traçado Nº2

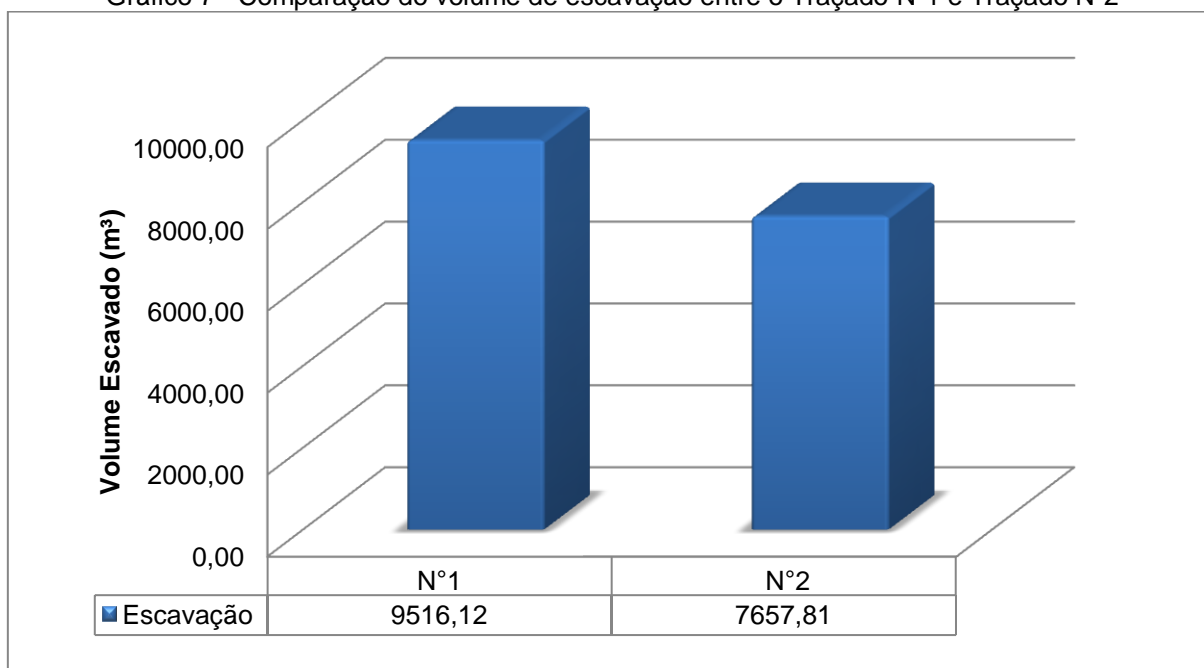
Característica	Alternativa Nº1	Alternativa Nº2	Unidades
Trechos	65	67	-
Poços de Visitas	66	68	-
Extensão Total	4117,23	4132,52	m
Profundidade do Último Coletor	4,90	4,77	m
Declividades	0,0017 a 0,0053	0,0015 a 0,0048	m/m

Fonte: Autor, 2013

Nesta comparação entre as duas alternativas os principais itens que mais favoreceram para a diminuição do custo total da obra foram o volume de escavação, reaterro e o escoramento, pois tanto na planilha orçamentária do Traçado Nº1, quanto no Traçado Nº2 apresentaram um peso maior no valor total da obra.

Em relação ao volume de escavação, houve uma redução de cerca 20% entre os dois traçados, conforme é observado no Gráfico 7 a seguir:

Gráfico 7 - Comparação do volume de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

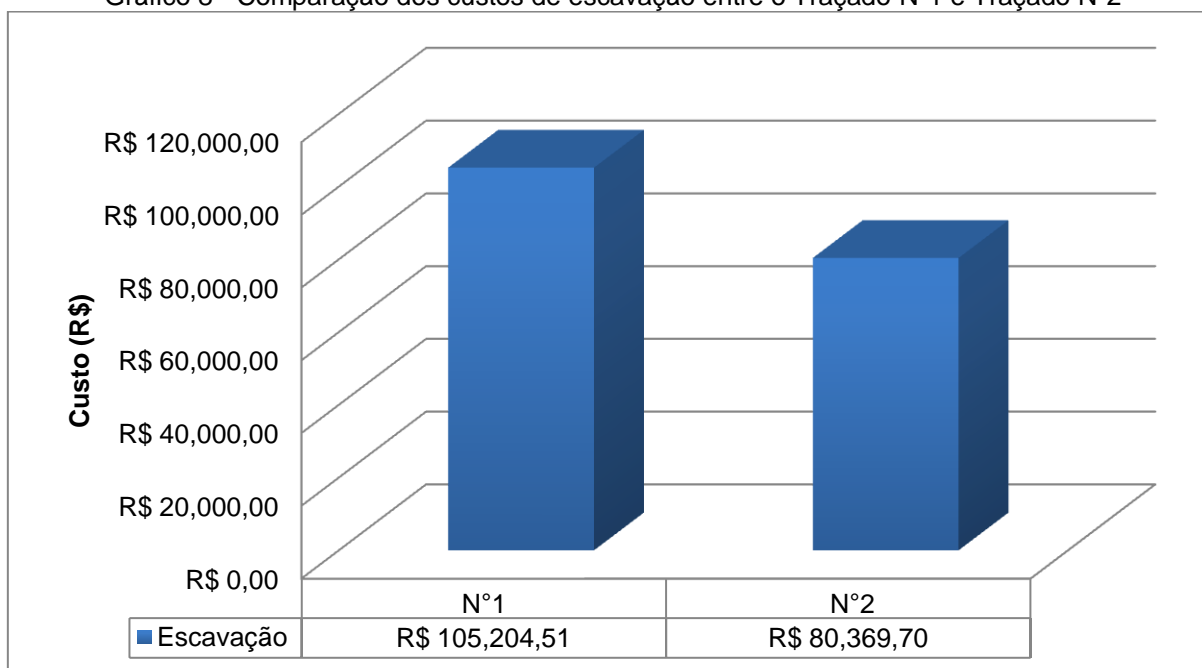
Desta forma, o Traçado N°2 representou uma economia de R\$ 24.834,81 neste item em comparação ao Traçado N°1. A Tabela 14 e o Gráfico 8 abaixo mostra o resumo entre os dois traçados:

Tabela 14 - Custos de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2

Escavação				
Traçado	Volume	Custo	Economia	
	m³	R\$	m³ (Percentual)	R\$ (Percentual)
N°1	9.516,12	105.204,51	1.858,31	24.834,81
N°2	7.657,81	80.369,70	19,53 %	23,61 %

Fonte: Autor, 2013

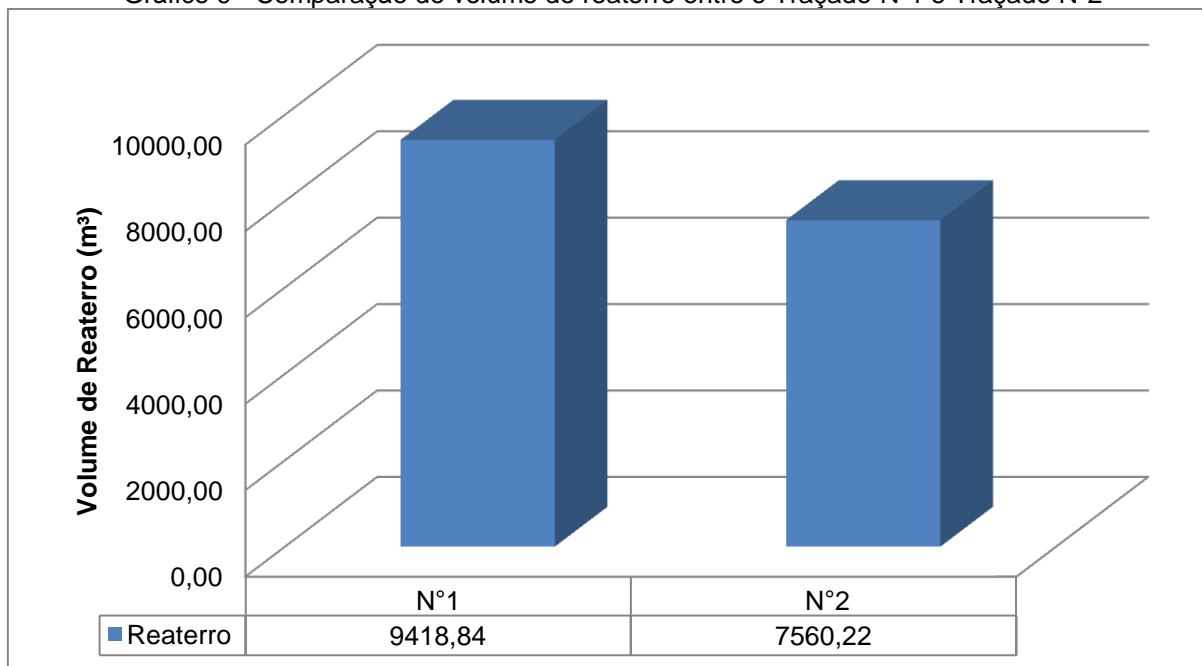
Gráfico 8 - Comparação dos custos de escavação entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

Como consequência de redução de escavação do Traçado N°2 em relação ao Traçado N°1, o reaterro obteve também uma redução de 19,73% em relação ao volume de reaterro entre as alternativas, sendo observado no Gráfico 9, abaixo:

Gráfico 9 - Comparação do volume de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

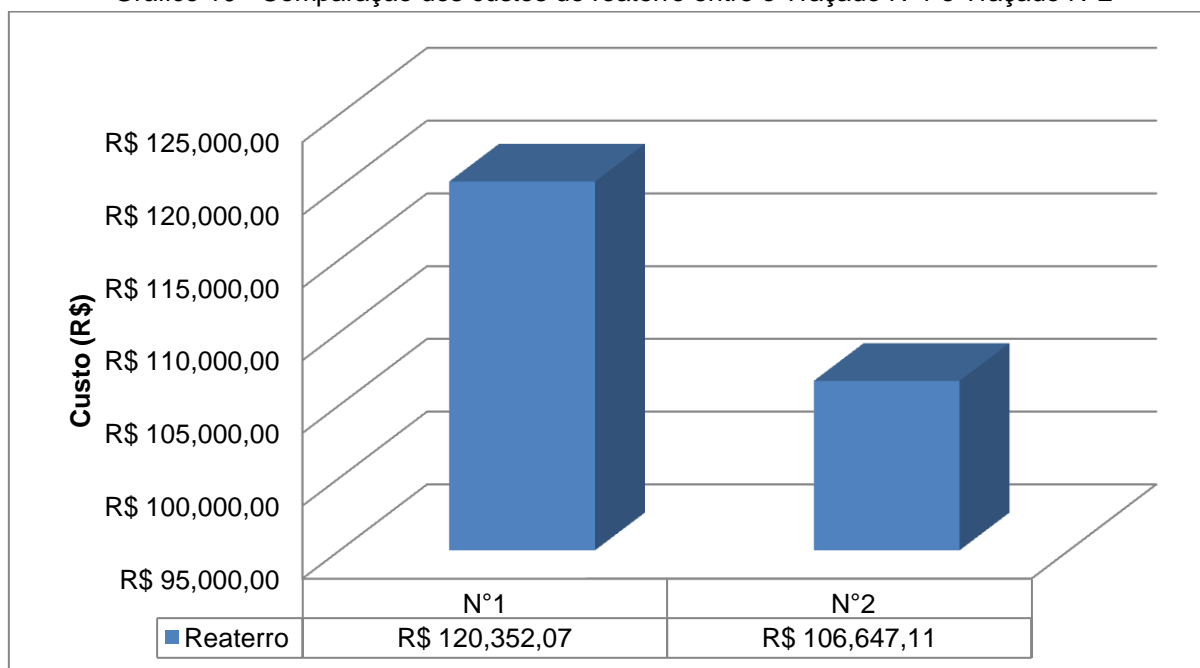
Sendo assim houve uma economia de R\$ 13.704,97 neste subitem entre as duas alternativas. A Tabela 15 e o Gráfico 10 abaixo mostram o resumo entre os dois traçados:

Tabela 15 - Custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2

Reaterro				
Traçado	Volume	Custo	Economia	
	m ³	R\$	m ³ (Percentual)	R\$ (Percentual)
N°1	9.418,84	120.352,07	1.858,63	13.704,97
N°2	7.560,22	106.647,11	19,73 %	11,39 %

Fonte: Autor, 2013

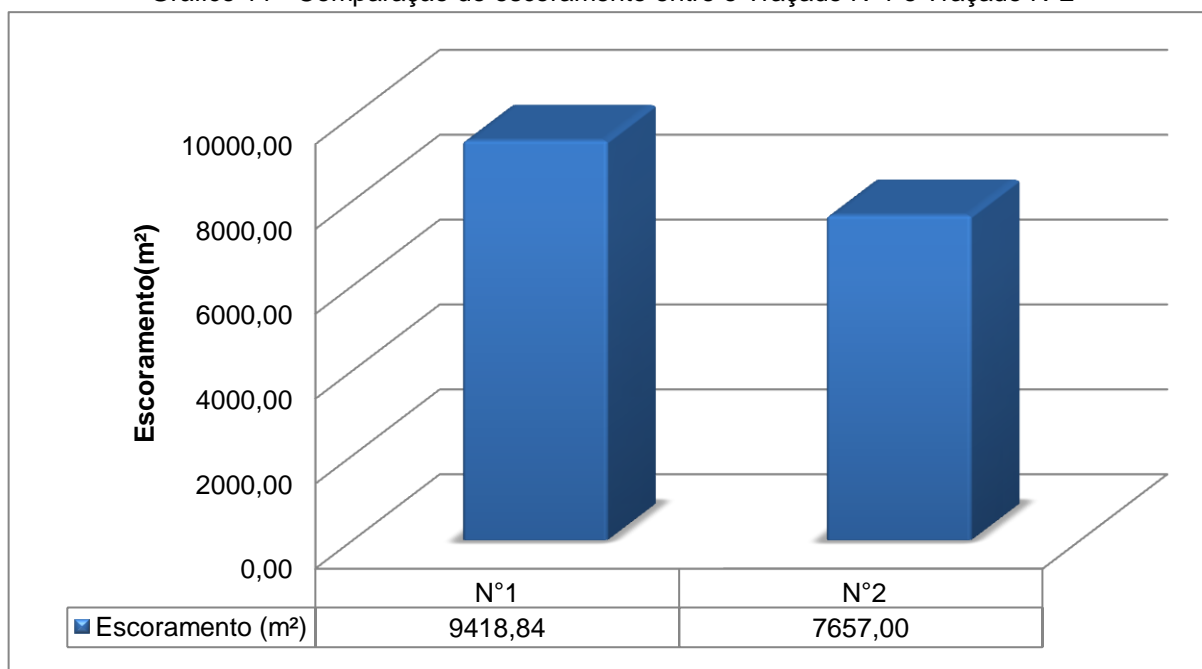
Gráfico 10 - Comparação dos custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

Entre todos os itens, o que mais encareceu o custo da obra foi sem dúvida o escoramento das valas, que nos dois traçados foi o que representou o maior peso na construção da rede, pois quanto menor a profundidade da vala menor também será o uso de escoramentos do tipo contínuo e pranchões metálicos já que são os mais onerosos para a implantação do sistema. O Gráfico 11 a seguir representa a diferença entre os dois traçados:

Gráfico 11 - Comparação do escoramento entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

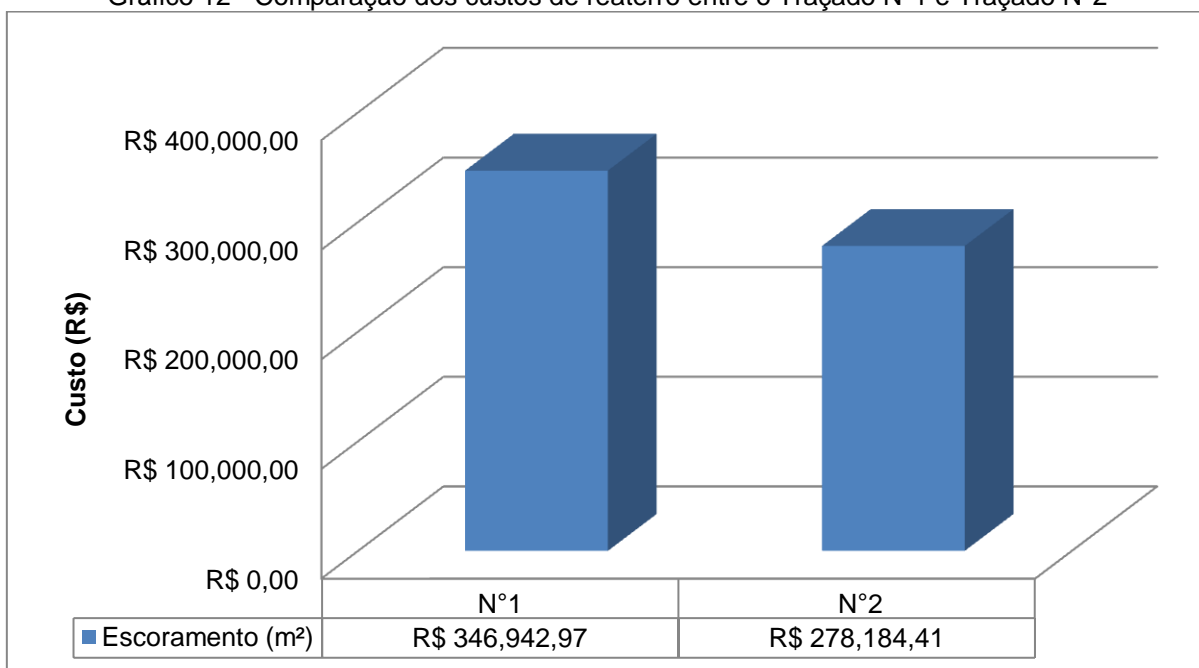
A diferença entre as áreas de escoramentos do Traçado N°2 em relação ao Traçado N°1, foi cerca de 18,71%, ou seja, 1761,84m² de área a ser escorada, representando uma economia de R\$ 68.758,56 entre as duas alternativas para este item. A Tabela 16 e o Gráfico 12 apresentam o resumo entres as alternativas.

Tabela 16 - Custos de escoramento entre o Traçado N°1 e Traçado N°2

Escoramento				
Traçado	Área	Custo	Economia	
	m ²	R\$	m ² (Percentual)	R\$ (Percentual)
N°1	9.418,84	346.942,97	1761,84	68.758,56
N°2	7.657,00	278.184,41	18,71 %	19,82 %

Fonte: Autor, 2013

Gráfico 12 - Comparação dos custos de reaterro entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

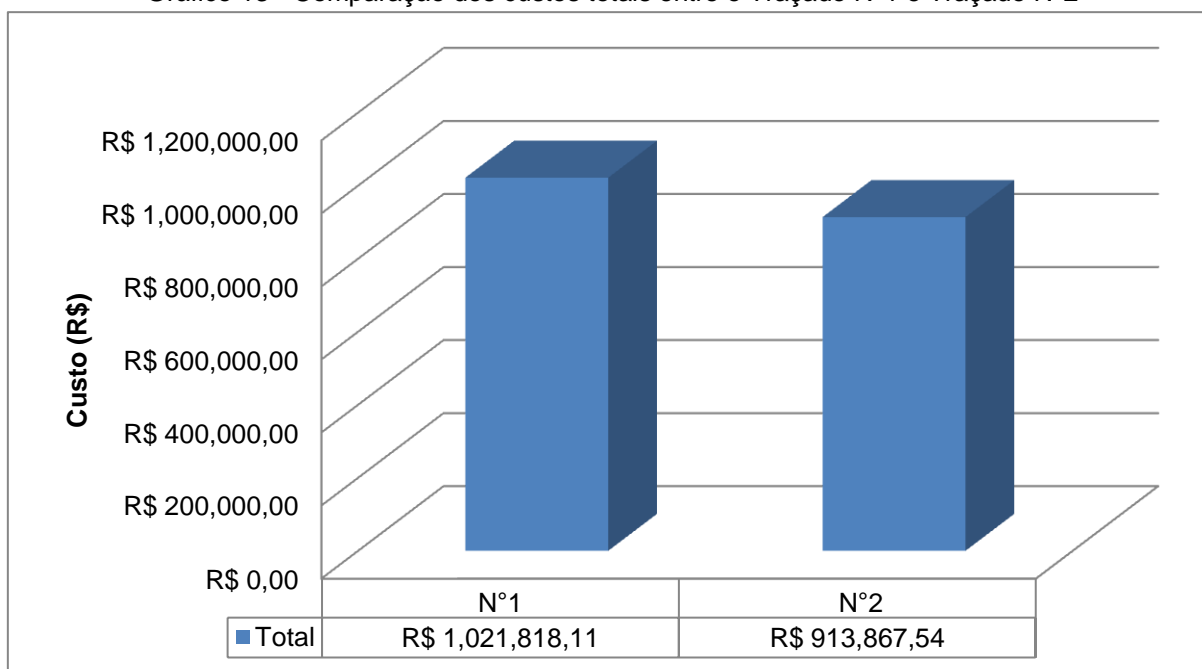
Os itens apresentados anteriormente tiveram uma relação direta para o custo total da obra, sendo assim o Traçado N° 2 apresentou o menor custo da rede coletora de esgoto, cerca de 10,56% menor, ou seja, R\$ 107.950,56 de economia em comparação com o Traçado N°1. A Tabela 17 e o Gráfico 13 a seguir mostram estes resumos:

Tabela 17 - Comparação de custo total da obra entre Traçado N°1 e Traçado N°2

Custo Total do Projeto		
Traçado	Total	Economia
	R\$	R\$
		%
N°1	1.021.818,11	107.950,56
N°2	913.867,54	10,56%

Fonte: Autor, 2013

Gráfico 13 - Comparação dos custos totais entre o Traçado N°1 e Traçado N°2



Fonte: Autor, 2013

É importante salientar que apenas dois dos itens da planilha orçamentária, a saber, “Fornecimento e Assentamento de Materiais Hidráulicos” e “Serviços Técnicos” obtiveram valores superiores no Traçado N° 2 em relação ao Traçado N° 1, o que pode ser explicado pelo aumento de 15,29 m de extensão da nova rede dimensionada para o Traçado N° 2.

Para melhor visualização, elaborou-se uma Tabela 18, com os resultados da comparação entre os estudos dos Traçados N°1 e N°2.

Tabela 18 – Valores finais de comparação entre os principais itens e o custo total dos projetos dos Traçados N°1 e N°2

ITENS	Traçado		Economia	
	N°1 (R\$)	N°2 (R\$)	R\$	%
Escavação	105.204,51	80.369,70	24.834,81	23,61
Reaterro	120.352,07	106.647,11	13.704,97	11,39
Escoramento	346.942,97	278.184,41	68.758,56	19,82
Total do projeto	1.021.818,11	913.867,54	107.950,56	10,56

Fonte: Autor, 2013

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo realizado no município de Santa Cruz do Arari, foi verificado que a topografia é relativamente plana e que o alto aquífero freático é decisivo. Isso dificulta a escolha do melhor traçado de rede coletora de esgoto, o que requer estudos de alternativas para a melhor viabilidade técnica e o menor custo construtivo para implantação do sistema de esgotamento sanitário. No trabalho foi constatado que o Traçado N°2 apresentou o melhor custo-benefício para a localidade, como pode ser ressaltado nos seguintes itens:

- ✓ Embora a EEE e ETE, não mudassem de local, a profundidade do trecho de chegada do Traçado N°1 foi de 4,90 m, enquanto que o Traçado N°2 foi de 4,77 m, ou seja, representou uma redução de 2,65% no volume de escavação neste último trecho;
- ✓ O custo financeiro com escavação no Traçado n° 2 apresentou redução total de 23,61% em relação ao Traçado N° 1, já o custo com o reaterro apresentou uma redução total de 11,39% no Traçado N° 2 em relação ao Traçado N°1;
- ✓ E o item que mais encarece o sistema de esgotamento sanitário, o escoramento, obteve uma redução de 19,82% do custo financeiro em comparação com o Traçado N°1;
- ✓ Apesar do Traçado N°2 possuir 2 trechos, 2 poços de visitas e 15,29 m a mais do que o Traçado N°1, a rede coletora do Traçado N°2 apresentou o mesmo comportamento hidráulico, como tensão trativa maior que 1, lâmina d'água inferior a 75% e velocidade final menor que 5,0m/s, sendo que a profundidade foi o componente determinante para a sua escolha;
- ✓ Para a construção por metro o Traçado N°2, custaria 221,14 R\$/m, contra os 248,18 R\$/m do Traçado N°1, representando 10,89% a mais que o Traçado N°2;
- ✓ Como o Traçado N°2 teve uma economia nos seus principais itens, desta forma o custo total do projeto apresentou uma economia de R\$ 107.950,56 em relação ao Traçado N°1, ou seja, a alternativa de traçado influencia no custo total de implantação do projeto.

Neste estudo de caso, realizado em área de Santa Cruz do Arari, foi comprovado que certos fatores contribuem para a diminuição dos custos, como a declividade e o trecho final, pois, de acordo com o sentido de assentamento do coletor ocorre influência direta na profundidade e, conseqüentemente, diminuição do custo total da obra. Além disso, a otimização do projeto da rede coletora resulta em menor profundidade para a EEE e/ou ETE, contribuindo, também, para a redução dos custos do SES como um todo.

Com base no presente estudo, é possível concluir que em qualquer local ou área é necessário que realize pelo menos duas propostas de traçados de rede coletora, justamente para encontrar não só a melhor solução técnica, como também para evitar gastos desnecessários no final de SES.

REFERÊNCIAS

ALÉM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: WinnerGraph, 547 p,2000.

ARAÚJO, R. O esgoto Sanitário. In: Esgoto Sanitário: coleta transporte tratamento e reuso agrícola, Ed: Blucher, 519 p,2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. NBR 9649/1986: Projeto de Rede Coletora de Esgoto. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____.NBR 9814: Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. NBR 12207: Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12208: Projeto de Estação Elevatória de esgoto sanitário.Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12266: Projeto e Execução de Valas para Assentamento de Tubulação de Água, Esgoto ou Drenagem Urbana. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AVILA, A.V.; LIBRELOTTO, L.I.; LOPES, O.C. Orçamento de Obras. Curso de Arquitetura [Apostila]. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

AZEVEDO NETTO, J.M et al. Manual de hidráulica. 8. ed. São Paulo: E.Blucher, 669 p. 1998.

BAETA E SARTOR. Custo de Produção. 2 ed. Ed: UFV, Minas Gerais. 100p.1999.

BARBOSA, M. J de S. Relatório Analítico do Território do Marajó. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Universidade Federal do Pará, 79p. 2012.

BEVILACQUA, N. Materiais de tubulações utilizadas em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários. Estudo de caso da área norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

BRASIL, Lei 11.445 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básicos. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 2007.

_____. Lei 9.503 – Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 1997.

CESAN, Companhia Espírito Santense de Saneamento. Disponível em: <<http://www.cesan.com.br/news.php?extend.1413>>. Acessado: 18/10/2012.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Estudo de redução de custos de redes de esgotos sanitários da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 1979.

CERAMICA AVANTE. Disponível em <<http://www.ceramicasavante.com/ceramica-artistica.php?codigo=catalogo-tubos-avtubodesaque>> Acessado em: 12/11/2012.

CLARKE, R. e KING, J. O Atlas da Água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. São Paulo: Publifolha, 2005.

CYNAMON, S. E. Sistema não convencional de esgoto sanitário a custo reduzido. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, 1986. 52 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Norma Técnica NTS 062. Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário, São Paulo, 2002.

CONSTRUMABE. Disponível em: <<http://construmabe.com.br/fotos/Assentamento-de-tubos>>. Acesso em 23/10/2012.

CONSTRUTENS. Disponível em <http://www.construtens.com.br/dicas_de_fossa_septica.html> Acesso em: 22/11/2012.

COPEL. Disponível em <<http://www.tuboscopel.com.br/tubos-circulares.php>>. Acessado em: 15/11/2012.

CREDER, H. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 6 ed. LTC Rio de Janeiro, 2006

DACACH, N.G. Sistemas Urbanos de Esgoto. 3 ed. Rio de Janeiro: E. Guanabara Dois. 1984. 257 p.

DIAS, M.S.O. Sistema de esgotamento sanitário no município de Belém: proposta de concepção para a universalização do atendimento até 2030. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2009. 177 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. Apresentação de Projetos de Sistema de Esgotamento Sanitário. Orientações Técnicas. 2 ed. Ministério da Saúde. Brasília, 28p. 2008.

FERNANDES, C. Esgotos Sanitários. 1 ed. Editora Universitária –UFPB.João Pessoa, 435p. 1997.

FRIZZO, E. E.; ECKMAN, M.C.S. Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Caxias do Sul. In: Assembleia Nacional da Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Santo André: ASSEMAE, 2003.

GALLEGOS, P.C. Sistema de Esgoto. Ed: UFMG. Minas Gerais, 131p. 1997.

GOOGLE EARTH. Disponível em <<http://www.maps.google.com>>. Acesso em: 16/10/2012.

HAMMER, M. J. Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos, LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979.

IDUMENTAL. Disponível em <<http://www.indumetal.com.br/conexao.htm>> Acesso em: 22/11/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. Gestão Municipal de Saneamento 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. Produto Interno Bruto dos Municípios 2005-2009. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150640&search=para%20santa-cruz-do-arari>> Acesso em: 04/11/2012. 2010

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A. Tratamento de Esgoto Doméstico, 940p.2009.

LEME, F.P. Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários. CETESB. São Paulo.213p.1977.

MASCARÓ, J.L. Desenho Urbano e Custos de Urbanização.2ed.São Paulo Editora DLC, 1989.

MENDONÇA, S.R et al. Projeto e construção de Redes de Esgotos.Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. Rio de Janeiro, 452p.1987.

MIYASHITA, N.J.; NUVOLARI, A.Preparação para Execução para as Obras. In: Esgoto Sanitário: coleta transporte tratamento e reuso agrícola. Ed: Blucher. São Paulo. 519 p.2003.

MINISTÉRIO DAS CIDADES.Nota Técnica SNSA nº 492/2010_Resumo_01/2011. Indicadores de Custos de Referência e de Eficiência Técnica para Análise Técnica de Engenharia de Infraestrutura de Saneamento nas Modalidades Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Brasília – DF, 2011.

PASSETO, W. Tubos de PVC coletores de esgotos prediais e despejos industriais. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária XIII, Paraguai, São Paulo: SABESP, 1972.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO - RS. Disponível <<http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?p=1949&a=2&pm=77>> Acesso em: 20/11/2012.

PEREIRA, J.A.R; SOARES, J.M. Rede Coletora de Esgoto Sanitário 2ed , 301p 2010.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final, Rio de Janeiro. 2009. 388p.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - ReCESA. Esgotamento sanitário: Projetos e construção de sistemas de esgotamento sanitário: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 183p.

NUVOLARI, A. A Construção das Redes de Esgoto Sanitário. In: Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Uso Agrícola. Ed: Blucher . São Paulo, 2003

REBELLATO, D. Projetos de Investimentos. Barueri, São Paulo, 2004.

RODRIGUES, G. P. W. Modelo computacional de redução de custos em redes coletoras de esgoto sanitário com a utilização de um algoritmo híbrido de busca , Tese de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. UFCE, 2011.

SANKS, R.L. et al. Pumping station design, Boston: Butterworth-Heinemann. Boston, MA, 1998

SIMON, A. G. Análise Teórica do dimensionamento e implantação de uma rede coletora de esgoto sanitário para cidade de Turvo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil).Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, 2010. 74p.

SILVA V. M. Plano Diretor Setorial do Sistema de Esgotamento Sanitário: Alternativas de Concepção Para a Área de Maior Adensamento Populacional do Município de Belém-Pa. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2005. 199 p.

SIQUEIRA, R. A. Peso Econômico das Soluções Projetuais nas Habitações de Interesse Social: Estudo de Caso dos Conjuntos Habitacionais do Programa de

Crédito Solidário em Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SOARES, J.M. Importância do Traçado no Custo de Construção da Rede Coletora de Esgoto Sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2004.

SOLUÇÕES PARA AS CIDADES. Disponível em <http://solucoesparacidades.com.br/saneamento>. Acessado em 25/11/2012.

STEELPIPESSUPPLY. Disponível em: <http://www.steelpipessupply.com.br/2-8-line-pipe.html>> Acesso em: 27/10/2012.

TELLES, P.C.S. Tubulações industriais: materiais, projeto e desenho, 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

TIGRE. Disponível em: http://www.tigre.com.br/pt/produtos_unico.php?rcr_id=4&cpr_id=19&cpridpai=5&lnh_id=52&prd_id=1017> Acesso em: 12/10/2012.

VALENTINI, J. Metodologia para Elaboração de Orçamentos de Obras Civis. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

VAZ, A. J. A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade Socioambiental. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. EGAL, 2009.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e o tratamento de esgotos. Ed: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Belo Horizonte, 2005. 452p.