

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BÁRBARA CRISTINA SMIDARLE

FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA APLICAÇÃO DE  
MÉTODO NÃO DESTRUTIVO NA SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE  
ESGOTO



CURITIBA

2015

BÁRBARA CRISTINA SMIDARLE

FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA APLICAÇÃO DE  
MÉTODO NÃO DESTRUTIVO NA SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE  
ESGOTO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Área de Concentração em Ciências Ambientais, Departamento de Engenharia Química, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Margarete Casagrande Lass Erbe

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Neuffer

CURITIBA

2015

---

S639f

Smidarle, Bárbara Cristina

Ferramenta de auxílio à tomada de decisão para aplicação de método não destrutivo na substituição de rede coletora de esgoto / Bárbara Cristina

Smidarle. – Curitiba, 2015.

201f. : il. [algumas color.] ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2015.

Orientadora: Margarete Casagrande Lass Erbe -- Co-orientadora: Daniela Neuffer.

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

**BÁRBARA CRISTINA SMIDARLE**

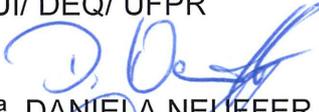
### FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA APLICAÇÃO DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO NA SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

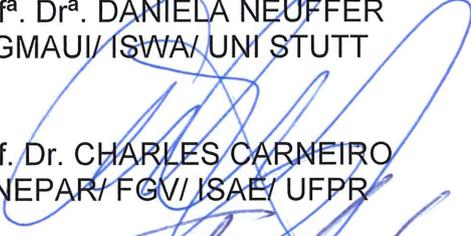
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI/PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

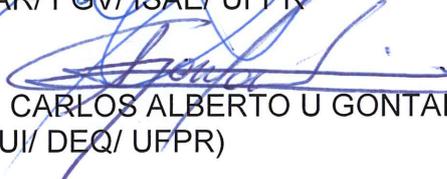
Orientadora:

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE  
PPGMAUI/ DEQ/ UFPR

Coorientadora:

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. DANIELA NEUFFER  
PPGMAUI/ ISWA/ UNI STUTT

  
Prof. Dr. CHARLES CARNEIRO  
SANEPAR/ FGV/ ISAE/ UFPR

  
Prof. Dr. CARLOS ALBERTO U GONTARSKI  
PPGMAUI/ DEQ/ UFPR)

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE  
Coordenadora do PPGMAUI-UFPR

Curitiba, 09 de julho de 2015.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por me apoiarem e me incentivarem a ser sempre mais, me dando suporte para eu superar os meus maiores desafios.

Ao amigo Thiago Odia Meneghati por ter me ajudado a pensar nas infinitas fórmulas existentes na ferramenta elaborada.

À professora Dr<sup>a</sup>. Daniela Neuffer por ter me ajudado a conseguir visitas técnicas e o estágio na empresa responsável pela coleta e tratamento de esgoto na cidade de Stuttgart na Alemanha.

Aos professores Dr. Klaus Fischer e Dr. Jörg W. Metzger por terem me ajudado a superar algumas etapas no mestrado. *Danke Schön!*

Ao professor Dr. Charles Carneiro por ter me orientado e me guiado em vários momentos desta trajetória. Não tenho dúvida que com os seus conselhos, eu consegui fazer sempre mais.

Às colegas de mestrado Carolina Rossato e Ithiara Dalponte pela amizade e o companheirismo durante esta jornada.

Às amigas Déborah Mariano Kirschner Spring, Christine Fernanda Pinto Marconcin Legl, Flávia Cristina de Andrade e Helaine Baggio que apesar da distância (ou não), me apoiaram e me ajudaram a chegar até o fim deste ciclo.

Aos colegas saneparianos que de alguma forma contribuíram para a existência deste trabalho, compartilhando comigo conhecimento técnico e experiência de vida.

Aos empresários Diogo Dantas, Jorge Dequech, Fabio Pressionotti, Agnaldo Izeli, Fabricio Kluthcovsky e Antonio Carlos Moutinho por terem contribuído com o aumento do meu conhecimento na área de Métodos Não Destrutivos.

À empresa em que trabalho a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) por ter me disponibilizado informações técnicas e ter me concedido uma licença de seis meses para viver a experiência na Alemanha.

Ao DAAD pela bolsa de estudos concedida.

## RESUMO

Após acompanhar o procedimento de investigação até a tomada de decisão, entre os tipos de reabilitação na Rede Coletora de Esgoto (RCE) existente na cidade de Stuttgart na Alemanha e de Curitiba no Brasil, verificou-se que a escolha para substituição de redes, entre os possíveis métodos, Métodos Não Destrutivos (MND) e Método Destrutivo (MD), depende das características presentes no trecho em análise e da experiência do engenheiro que o avalia. Com base em entrevistas realizadas em empresas que atuam no mercado curitibano com tecnologias não destrutivas para saneamento, gerou-se uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão para substituição de RCE nesta cidade. A ferramenta criada foi uma planilha no software Microsoft Excel<sup>®</sup>, a qual a partir de dados inseridos pelo usuário, que verifica se a vazão e a declividade atendem às condições impostas em norma, e ao final, origina um ranqueamento dos possíveis métodos de execução, levando em consideração os princípios da sustentabilidade (fatores econômicos, sociais e ambientais).

Palavras-chave: investigação, esgoto, método não destrutivo, tecnologia não destrutiva, vala aberta, método destrutivo, tomada de decisão.

## **ABSTRACT**

After following the investigation procedure to make a decision, between the types of rehabilitation of existing sewage networks in the city of Stuttgart in Germany and Curitiba in Brazil, it was found that the choice for replacing the network among the possible methods, no-dig methods and dig method, depends on the characteristics present in the work place and the engineer's experience. Based on interviews conducted in companies that operates trenchless technologies in Curitiba's sanitation market, it was generated a tool that helps to choose the best decision to replace sewage networks in this city. The created tool was a spreadsheet in the software Microsoft Excel<sup>®</sup>, which from data entered by the user, it checks if the flow and the slope meet the conditions imposed in standard, and in the end, it brings a ranking of the possible methods of execution, taking account the principles of sustainability (economic, social and environmental).

Key-word: investigation, sewage, no-dig method, trenchless technology, open dig, dig method, decision make.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – COMPOSIÇÃO DO CUSTO PARA PROJETOS DE TUBULAÇÃO COM DIFERENTES MÉTODOS CONTRUTIVOS .....	63
FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DA PESQUISA .....	72
FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA .....	73
FIGURA 4 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE CURITIBA NO BRASIL....	73
FIGURA 5 – ORGANOGRAMA DA EMPRESA <i>STADTENTWÄSSERUNG</i> STUTTGART.....	76
FIGURA 6 – MAPA DE REDES, EEE, ETE E BACIAS DE ARMAZENAMENTO E DE TRANSBORDAMENTO DE STUTTGART .....	78
FIGURA 7 – ORGANOGRAMA DA EMPRESA SANEPAR .....	80
FIGURA 8 – MAPA DE REDES, EEE, ETE DE CURITIBA.....	81
FIGURA 9 – CÂMERA ROBÔ UTILIZADO PARA INVESTIGAÇÃO DAS RCE EM STUTTGART.....	88
FIGURA 10 – EQUIPE DE FILMAGEM COMPOSTA POR UM VEÍCULO E DOIS FUNCIONÁRIOS.....	88
FIGURA 11 – FUNCIONÁRIO RESPONSÁVEL PELA FILMAGEM E ANÁLISE DA RCE .....	89
FIGURA 12 – FUNCIONÁRIO RESPOSÁVEL PELO PREPARO E SUPORTE À CÂMERA ROBÔ .....	89
FIGURA 13 – SELEÇÃO DE CÓDIGOS PRESENTE NO SOFTWARE DE FILMAGEM POSSÍVEIS DE SEREM UTILIZADOS NA TUBULAÇÃO DE ESGOTO.....	90
FIGURA 14 – GARAGEM DA SES .....	92
FIGURA 15 – DISPOSITIVO DE TRANSMISSÃO .....	92
FIGURA 16 – SEQUENCIAMENTO DE AVALIAÇÕES A PARTIR DO RESULTADO DA INVESTIGAÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO .....	95
FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DE TOMADA DE DECISÃO ENTRE AS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS.....	97
FIGURA 18 – LIGAÇÃO LATERAL ANTES DA APLICAÇÃO DA REPARAÇÃO ....	98
FIGURA 19 – LIGAÇÃO LATERAL APÓS A APLICAÇÃO DA REPARAÇÃO.....	98

FIGURA 20 – REDE COM DEFEITOS SUPERFICIAIS ANTES DA APLICAÇÃO DA RENOVAÇÃO .....	99
FIGURA 21 – REDE APÓS APLICAÇÃO DA RENOVAÇÃO.....	99
FIGURA 22 – REDE CONDENADA ANTES DA SUBSTITUIÇÃO.....	100
FIGURA 23 – PROJETO EM CORTE QUE APRESENTA A REDE A SER SUBSTITUIDA PELO MESMO TRAJETO DEVIDO À GRANDE NÚMERO DE INTERFERÊNCIAS EXISTENTES.....	101
FIGURA 24 – REDE EXSITENTE COM DN 500 MM A SER ABANDONADA.....	101
FIGURA 25 – PROJETO EM CORTE QUE APRESENTA A SUBSTITUIÇÃO POR UM NOVO TRAJETO, NO QUAL A REDE ANTIGA É ABANDONADA E A NOVA EXECUTADA EM OUTRO LOCAL .....	102
FIGURA 26 – FLUXOGRAMA DE DIAGNÓSTICOS POSSÍVEIS PARA AVALIAÇÃO DE RCE .....	104
FIGURA 27 – FUNCIONÁRIO APLICANDO .....	105
FIGURA 28 – FUNCIONÁRIO VERIFICANDO .....	105
FIGURA 29 – EQUIPAMENTO TERMONEBULIZADOR PARA EXECUÇÃO DO TESTE DE FUMAÇA .....	107
FIGURA 30 – EQUIPE DE FUNCIONÁRIOS REALIZANDO O TESTE DE FUMAÇA .....	108
FIGURA 31 – CÂMERA DE INSPEÇÃO RÁPIDA DE PV PARA AVALIAÇÃO DE PV E RCE .....	109
FIGURA 32 – EQUIPE DE TRABALHO EXECUTANDO VISTORIA COM CÂMARA DE INSPEÇÃO RÁPIDA DE PV.....	109
FIGURA 33 – CÂMERA SEESNAKE® UTILIZADA NO TELEDIAGNÓSTICO.....	110
FIGURA 34 – EQUIPE DE FILMAGEM NECESSÁRIA PARA A CÂMERA SEESNAKE® .....	111
FIGURA 35 – CÂMERA ROBÔ FORNECIDO PELA JICA UTILIZADA NO TELEDIAGNÓSTICO .....	111
FIGURA 36 – EQUIPE DE FILMAGEM NECESSÁRIA PARA A CÂMERA ROBÔ.....	112
FIGURA 37 – EQUIPE DE LIMPEZA COM CAMINHÃO DE HIDROJATO.....	112
FIGURA 38 – REDE CERÂMICA COM DANO DE QUEBRA ANTES DA REPARAÇÃO.....	116
FIGURA 39 – REDE EM PVC APÓS REPARAÇÃO SEM APRESENTAÇÃO DE DANO.....	116

FIGURA 40 – REDE CERÂMICA DANIFICADA ANTES DO SERVIÇO DE SUBSTITUIÇÃO.....	117
FIGURA 41 – SUBSTITUIÇÃO DE RCE PELO MESMO CAMINHAMENTO EXISTENTE EM PEAD .....	118
FIGURA 42 – PLANILHA DE TOMADA DE DECISÃO ABERTA NA ABA ENTRADA E MOSTRANDO TODAS DEMAIS ABAS EXISTENTES.....	121
FIGURA 43 – COMPARATIVO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 150 MM, PROFUNDIDADE DE 2,00 M, SOLO ARGILOSO E ALTO FATOR SOCIOAMBIENTAL .....	135
FIGURA 44 – POLÍGONO DE CONTRIBUIÇÃO PARA OS CENÁRIOS 1 A 4 .....	136
FIGURA 45 – VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE COM DADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 150 MM, PROFUNDIDADE DE 2,00 M E SOLO ARGILOSO .....	137
FIGURA 46 – RESUMO DOS RESULTADOS AVALIANDO A SUSTENTABILIDADE NO CENÁRIO 1 .....	138
FIGURA 47 – COMPARATIVO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 400 MM, PROFUNDIDADE DE 2,50 M, SOLO ARGILOSO E MÉDIO FATOR SOCIOAMBIENTAL .....	142
FIGURA 48 – POLÍGONO DE CONTRIBUIÇÃO PARA OS CENÁRIOS 5 A 8 .....	143
FIGURA 49 – VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE COM DADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 400 MM, PROFUNDIDADE DE 2,50 M E SOLO ARGILOSO .....	144
FIGURA 50 – RESUMO DOS RESULTADOS AVALIANDO A SUSTENTABILIDADE NO CENÁRIO 5 .....	145

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTÍVAS PRIMÁRIAS E DE POSSÍVEL APLICAÇÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DE REDES .....	24
QUADRO 2 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO CRAVAÇÃO DE TUBO .....	26
QUADRO 3 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO MICROTÚNEL .....	29
QUADRO 4 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE PERFURAÇÃO HORIZONTAL DIRECIONAL .....	32
QUADRO 5 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO TUBO-PILOTO MICROTÚNEL .....	34
QUADRO 6 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE INSERÇÃO POR ARREBENTAMENTO .....	36
QUADRO 7 – COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS EXISTENTES PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE .....	37
QUADRO 8 – EXEMPLOS DE TUBOS RÍGIDOS E FLEXÍVEIS .....	38
QUADRO 9 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO DE CONCRETO .....	41
QUADRO 10 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO PVC .....	43
QUADRO 11 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO PEAD .....	46
QUADRO 12 – PRAZO MÁXIMO DE INSPEÇÕES PERIÓDICAS .....	55
QUADRO 13 – CUSTO DO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO .....	62
QUADRO 14 – COMPARATIVO DE ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E TEMPERATURAS ANUAIS ENTRE A CIDADE DE STUTTGART E CURITIBA .....	74
QUADRO 15 – FONTES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE A CIDADE DE STUTTGART E DE CURITIBA .....	74
QUADRO 16 – FONTES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE RCE NA CIDADE DE STUTTGART E DE CURITIBA .....	75
QUADRO 17 – CÓDIGO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES .....	90

QUADRO 18 – ASPECTOS HIDRÁULICOS, AMBIENTAIS, ESTRUTURAIS E DE SEGURANÇA A SEREM OBSERVADOS DURANTE A AVALIAÇÃO DA REDE DE ESGOTO.....	93
QUADRO 19 – CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ANORMALIDADES PRESENTES NA RCE.....	113
QUADRO 20 – COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE NA CIDADE DE CURITIBA .....	120

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DE CADA CENÁRIO GERADO	85
TABELA 2 – RESUMO COMPARATIVO DO FATOR ECONÔMICO ENTRE OS CENÁRIOS 1 A 4.....	139
TABELA 3 – RESUMO COMPARATIVO DA RELAÇÃO ENTRE MNDXMD DOS CENÁRIOS 1 A 4.....	140
TABELA 4 – RESUMO COMPARATIVO ENTRE RANKING DA SUSTENTABILIDADE PARA OS CENÁRIOS 1 A 4.....	140
TABELA 5 – RESUMO COMPARATIVO DO FATOR ECONÔMICO ENTRE OS CENÁRIOS 5 A 8.....	146
TABELA 6 – RESUMO COMPARATIVO DA RELAÇÃO ENTRE MNDXMD DOS CENÁRIOS 5 A 8.....	147
TABELA 7 – RESUMO COMPARATIVO ENTRE RANKING DA SUSTENTABILIDADE PARA OS CENÁRIOS 5 A 8.....	147

## SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
APP - Áreas de Preservação Permanentes  
BDI - Benefícios e Despesas Indiretas  
CFTV - Circuito Fechado de Televisão  
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DF - Distrito Federal  
DN - Diâmetro Nominal  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
DTI - Dispositivo Tubular de Inspeção  
EEE - Estações Elevatórias de Esgoto  
EKVO - *Eigenkontrollverordnung* - Regulação de Autocontrole  
ETE - Estações de Tratamento de Esgoto  
FBE - *Fusion Bonded Epoxy* - Epóxi ligada por fusão  
GAP – Galeria de Água Pluvial  
HDD - *Horizontal Directional Drilling* - Perfuração Horizontal Direcional  
IEC - *International Electrotechnical Commission*  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPPUC - Instituto de Pesquisa Planejamento Urbano de Curitiba  
ISO - *International Organization for Standardization*  
ISWA - *Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft*  
MA - Maranhão  
MD - Método Destrutivo  
MND - Método(s) Não Destrutivo(s)  
MOS - Manual de Obras de Saneamento  
MP - Ministério Público  
MS - Mato Grosso do Sul  
MT - *Microtunneling* - Microtúnel  
MTBM - *Microtunnel Boring Machine* – Máquina de Perfuração por Microtúnel  
OSE - Ordem de Serviço de Execução  
PB - *Pipe Bursting* - Inserção de um tubo por arrebentamento (PB -)  
PBA - Ponta Bolsa com Anel

PE - Polietileno  
PEAD - Polietileno de Alta Densidade  
PJ - *Pipe Jacking* - Cravação de Tubo  
PM - Prefeitura Municipal  
PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico  
PP - Polipropileno  
PR - *Pipe Ramming* - Cravação Dinâmica  
PTMT - *Pilot-Tube Microtunneling* - Tubo-Piloto Microtúnel  
PU - Poliuretano  
PV - Poço de Visita  
PVC - Policloreto de Polivinila  
QDM - Quantitativo Método Destrutivo  
RCE - Rede Coletora de Esgoto  
RJ - Rio de Janeiro  
SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná  
SAR - Serviço de Ampliação de Rede  
SES - *Stadtentwässerung* Stuttgart  
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil  
SMMA - Secretaria Municipal do Meio Ambiente  
SP - São Paulo  
SPT - *Standard Penetration Test*  
UR - Unidade Regional  
USPO - Unidade de Serviço de Projetos e Obras  
UT - *Utility Tunneling* - Túnel Utilitário  
VTA - Vistoria Técnica Ambiental  
VTR - Vistoria Técnica Operacional em Redes

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO NAS REDES COLETORAS DE ESGOTO	20
2.2 MÉTODO DESTRUTIVO DE SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO.....	21
2.3 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DE SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO.....	23
2.3.1 Cravação de Tubo ( <i>PJ - Pipe Jacking</i> ) .....	24
2.3.2 Microtúnel ( <i>MT - Microtunneling</i> ) .....	26
2.3.3 Perfuração Horizontal Direcional ( <i>HDD - Horizontal Directional Drilling</i> ) .....	29
2.3.4 Tubo-Piloto Microtúnel ( <i>PTMT - Pilot-Tube Microtunneling</i> ) .....	32
2.3.5 Inserção de um tubo por arrebentamento ( <i>PB - Pipe Bursting</i> ) .....	34
2.3.6 Comparativo das Tecnologias Não Destrutivas .....	36
2.4 MATERIAIS PARA TUBULAÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO .....	37
2.4.1 Concreto .....	39
2.4.2 Policloreto de Polivinila (PVC) .....	41
2.4.3 Polietileno (PE) .....	43
2.5 NORMATIZAÇÃO APLICÁVEL.....	46
2.5.1 A Normatização na Alemanha .....	46
2.5.2 A Normatização no Brasil .....	55
2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM A TOMADA DE DECISÃO .....	61
2.6.1 Custo.....	61
2.6.2 Análise do solo.....	64
2.6.3 Efeitos sociais e impactos ambientais .....	66
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>72</b>
3.1 CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA E CURITIBA NO BRASIL .....	73
3.2 ELABORAÇÃO DE QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS EMPRESAS QUE COLETAM E TRATAM O ESGOTO EXISTENTE NA CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA E DE CURITIBA NO BRASIL .....	75
3.2.1 Empresa de coleta e tratamento de esgoto em Stuttgart.....	76
3.2.2 Empresa de coleta e tratamento de esgoto em Curitiba .....	78

3.3 ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS EXISTENTES PARA INVESTIGAÇÃO DE TUBULAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM STUTTGART E EM CURITIBA .....	82
3.4 ELABORAÇÃO DE QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS EMPRESAS QUE REALIZAM OBRAS DE SANEMANETO COM MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS EM CURITIBA.....	82
3.5 IDENTIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS DISPONÍVEIS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM CURITIBA .....	83
3.6 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO ELABORADA .....	83
3.7 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA.....	84
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>86</b>
4.1 PROCEDIMENTO EXISTENTE PARA INVESTIGAÇÃO DE TUBULAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM STUTTGART/ALEMANHA E CURITIBA/BRASIL .....	86
4.1.1 Procedimento de investigação até a tomada de decisão para remanejamento de rede coletora de esgoto em Stuttgart - Alemanha.....	86
4.1.2 Procedimento de investigação até a tomada de decisão para remanejamento de rede coletora de esgoto em Curitiba - Brasil .....	102
4.2 TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS DISPONÍVEIS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO EM CURITIBA .....	118
4.3 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO ELABORADA .....	121
4.4 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO.....	133
4.4.1 Cenários 1 a 4.....	134
4.4.2 Cenários 5 a 8.....	141
4.5 DISCUSSÃO .....	148
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>149</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>176</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As obras de saneamento básico são aquelas que levam infraestruturas e instalações operacionais ao processo de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, serviço de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Cada município brasileiro deve criar e aprovar o seu próprio Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) o qual deve contemplar as diretrizes, as metas de cobertura e de atendimento para os próximos 20 anos para cada um dos serviços acima mencionados (BRASIL, 2007).

Grande parte das Redes Coletoras de Esgoto (RCE) com o passar do tempo apresentam problemas de funcionamento necessitando de manutenções constantes. Muitas dessas encontram-se localizadas em áreas da região central da cidade, sendo estas densamente povoadas, pavimentadas e normalmente ocupadas por equipamentos de outras concessionárias como cabo de energia elétrica, cabo telefônico, tubulação de gás natural, cabo de fibra óptica, sistema de controle dos semáforos e interferências decorativas como árvores, ponto de ônibus e placas de identificação e sinalização de trânsito.

Com o rápido crescimento da necessidade de substituição e criação de novas linhas e tubulações em áreas urbanizadas com o mínimo de perturbação à superfície, a demanda por tecnologias não destrutivas têm aumentado ao redor do mundo (ZAYED; MAHMOUD, 2013). Devido ao transtorno causado à população, torna-se cada vez mais difícil a liberação e obtenção de alvarás para a reabilitação de redes coletoras de esgoto pelo método de escavação convencional, que apresenta abertura de valas e retirada de pavimentação. É crescente a necessidade de utilização dos Métodos Não Destrutivos (MND) para manter a eficiência e boa imagem da empresa executora perante o poder concedente e à população.

Com a utilização do Método Destrutivo (MD), a energia gasta na construção fica concentrada em atividades secundárias como: desvio de rua, gerenciamento do fluxo de tráfico, escavação e escoramento da vala, bombeamento da vala, reaterro e compactação, *by-pass* com sistema de bombeamento e restauração da superfície. Apenas uma pequena porcentagem da energia gasta é efetivamente focada no produto final que é a instalação do tubo em si (NAJAFI, 2010).

As obras pelo método tradicional de abertura de valas a céu aberto ocasionam alto custo social e risco à segurança do público em geral, impacto negativo ao meio ambiente pela necessidade de abertura de valas, possível dano a tubulações, árvores e estruturas já existentes e somada à redução da vida útil do pavimento devido aos serviços (NAJAFI, 2010). Na última década a Prefeitura Municipal de Curitiba somente autoriza a execução de obras de saneamento por meio de tecnologias não destrutivas, o qual necessita de adequada capacitação dos operadores dos equipamentos e de *know how* para a aplicação da solução escolhida.

Nas áreas centrais da cidade de Curitiba no estado do Paraná - Brasil, grande parte das redes de esgoto existentes são antigas, possuem a vida útil e o estado de conservação comprometida. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) prevê que até o ano de 2026 estas redes coletoras devam ser reabilitadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2013).

Nos últimos anos foi observado um crescimento das obras denominadas Melhorias, que são reformas no sistema de esgotamento sanitário existente devido à presença de alguma anormalidade. Desta forma observou-se a necessidade de conhecimento do sistema e um planejamento adequado para a escolha do método de substituição das redes coletoras de esgoto.

Mas como saber entre tantos métodos, qual é a melhor solução a ser aplicada para cada caso? Além de adquirir o equipamento e capacitar a mão-de-obra, é necessária realização de um estudo detalhado do trecho a ser trabalhado, o qual contemple o local de aplicação, a quantificação das interferências existentes, o tipo do solo presente, o diâmetro da tubulação existente, o diâmetro do novo tubo.

Esta pesquisa apresenta no capítulo 2 fatores relevantes que auxiliam na definição da escolha da solução a ser aplicada. A metodologia, apresentada no capítulo 3 aborda de que forma foi realizada a descrição dos procedimentos de análise do estado da tubulação existente para remanejamento da rede coletora de esgoto nas cidades de Stuttgart e de Curitiba, de que forma foi gerada a limitação das tecnologias disponíveis para substituição de redes em Curitiba e como foi elaborada e aplicada a ferramenta de tomada de decisão. Os resultados e discussão são apresentados no capítulo 4 por meio da aplicação da ferramenta em oito cenários diferentes. O estudo se finaliza no capítulo 5 com as conclusões.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão na aplicação de método não destrutivo em substituições de rede coletora de esgoto.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento de informações por meio de entrevistas com empresas que coletam e tratam o esgoto existente na cidade de Stuttgart na Alemanha e de Curitiba no Brasil;
- Analisar os procedimentos existentes para investigação de tubulação e tomada de decisão para a substituição de redes coletoras de esgoto em Stuttgart e em Curitiba;
- Levantamento de informações por meio de entrevistas com empresas que realizam obras de saneamento com métodos não destrutivos em Curitiba;
- Identificar por meio de um quadro as tecnologias disponíveis para a substituição não destrutiva de redes coletoras de esgoto em Curitiba;
- Apresentar e aplicar a ferramenta de auxílio à tomada de decisão desenvolvida;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO NAS REDES COLETORAS DE ESGOSTO

A Rede Coletora de Esgoto (RCE) é o conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios e residências. O sistema de esgoto predial se liga à rede coletora secundária, que segue até encontrar um emissário e posteriormente uma estação de tratamento (SOBRINHO; TSUTYA, 2000).

Por ser um líquido mal cheiroso, com alta carga poluidora e que pode implicar em problemas graves de saúde da população quando expostos, seu escoamento a céu aberto deve ser evitado. Esta é uma das razões que se procura confinar o esgoto e fazê-lo escoar em canalizações fechadas e enterradas desde o ponto de coleta até o local de tratamento (SAE, 2014).

Esgoto, efluente ou águas servidas são alguns dos nomes utilizados para denominar o líquido resultante obtido após o uso da água em algum processo, sendo que este pode ser classificado como (ABNT, 1986a):

- Esgoto doméstico: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- Esgoto industrial: despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitando os padrões de lançamento estabelecidos;
- Água de infiltração: toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
- Contribuição pluvial parasitária: parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

O esgoto sanitário é definido como sendo o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986a). O esgoto não tratado contém muitos transmissores de doenças tais como: resíduos tóxicos, nutrientes e bactérias, vírus, protozoários e fungos. Por isso o sistema de coleta e tratamento de esgotos é tão importante para a saúde pública, pois além de evitar a contaminação e transmissão de doenças, preserva o meio ambiente (SABESP, 2014).

Os sistemas de esgotamento sanitário podem ser de três maneiras (SOBRINHO; TSUTYA, 2000):

- Sistema de esgotamento unitário ou combinado: no qual as águas residuárias, águas de infiltração e águas pluviais são transportadas por um sistema único de captação;
- Sistema de esgotamento separador parcial: no qual uma parcela das águas pluviais provenientes de telhados e pátios é transportada por um sistema único de captação juntamente com águas residuárias e águas de infiltração de subsolo;
- Sistema de esgoto separador absoluto: águas pluviais são coletadas e transportadas por uma rede de drenagem independente do transporte das águas residuárias e águas de infiltração.

As desvantagens apresentadas pelo sistema unitário é que o caminhamento misto das águas residuárias e pluviais acaba por prejudicar o tratamento (por variar o grau de diluição) e onerar as instalações (por necessitar de grandes construções). Já no sistema separador absoluto a maior desvantagem é necessitar de um eficiente controle para evitar instalações irregulares de águas residuárias nas redes de drenagem e vice e versa (SOBRINHO; TSUTYA, 2000).

Após o estudo de concepção, do ponto de vista técnico, econômico, financeiro e social, escolheu-se na Alemanha o sistema unitário enquanto que no Brasil o sistema de esgoto sanitário separador absoluto. Neste último sistema citado o conjunto de condutores, instalações e equipamentos destinados à coleta, transporte, condicionamento e encaminhamento do esgoto sanitário é realizado de modo contínuo e higienicamente seguro contendo uma disposição final conveniente (ABNT, 1986b).

## 2.2 MÉTODO DESTRUTIVO DE SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

O Método Destrutivo (MD) de implantação de rede de esgoto, também conhecido por abertura de valas ou trincheiras a céu aberto, é considerado o método tradicional utilizado para construção, substituição e reparo de tubulações subterrâneas. Ele envolve os serviços de escavação de uma vala ao longo de toda a extensão da rede proposta, colocação de escoramento lateral para suporte das paredes da vala, colocação da tubulação na vala sobre um berço de material

adequado, seguido pelo reaterro e compactação da vala e na maioria dos casos reconstrução do pavimento existente (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

Por ser o método mais conhecido e difundido na área de saneamento é considerado um método confiável. O método de abertura de trincheiras a céu aberto envolve alto custo social para o público em geral (interrupção de tráfego, barulho e geração de poeira), impacto negativo ao meio ambiente (emissão de carbono por meio do consumo de combustíveis fósseis dos equipamentos utilizados), risco à segurança com a abertura de valas (para o trabalhador na escavação e possível soterramento, acidentes de trânsito e queda de trincheira), redução da vida útil do pavimento e possível dano a tubulações, árvores e estruturas já existentes. Sua maior desvantagem são os transtornos causados na sua execução, como desvio de trânsito, congestionamentos, relocação de calçada para o pedestre e acúmulo de resíduo de obra (pó, barro, lama e material de pavimento) (NAJAFI, 2010).

Os métodos tradicionais apresentam pouco desenvolvimento tecnológico, sendo os principais equipamentos utilizados na execução dos serviços: retroescavadeiras, escavadeiras, pás carregadeiras, compactadores, máquina de corte de pavimento, caminhões e valadoras, sendo esta a última a mais atual inovação tecnologia do setor (DEZOTTI, 2008).

Na maioria das vezes com a utilização dos métodos destrutivos, a energia gasta na construção fica concentrada em atividades secundárias como: desvio de estrada, gerenciamento do fluxo de tráfego, escavação e escoramento da vala, bombeamento da vala, reaterro e compactação, *by-pass* com sistema de bombeamento e restauração da superfície. Sendo que apenas uma pequena porcentagem da energia gasta é efetivamente focada no produto final que é a instalação do tubo em si. Em alguns casos, o conjunto das atividades de reaterro, compactação e reintegração do pavimento podem chegar a 70% do custo total do projeto (NAJAFI, 2010).

Quando se leva em consideração todos os parâmetros de projeto o método destrutivo, na maioria das vezes, é mais demorado e com a pior relação custo-benefício. A utilização deste método tem sido desencorajada devido aos diversos custos sociais envolvidos com a abertura de trincheiras (REVISTA INFRAESTRUTURA, 2013a).

## 2.3 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DE SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

Os Métodos Não Destrutivos (MND) são definidos como sendo uma família de métodos, equipamentos e materiais utilizados para a construção, recuperação, substituição, locação e detecção de vazamentos de infraestruturas subterrâneas, com o mínimo ou nenhuma escavação da superfície e mínima interferência no tráfego, no comércio e em outras atividades locais (DEZOTTI, 2008).

Os MND possuem muitos benefícios sobre o método tradicional, sendo eles (NAJAFI; GOKHALE, 2004):

- Minimizam a necessidade de perturbação ao meio ambiente e piora do tráfego de veículos em áreas intensamente habitadas;
- Utilizam caminhos predeterminados pelos tubos existentes, reduzindo a problemas associados com novas rotas;
- Requerem menor espaço no subsolo, minimizando a chance de interferir em outras tubulações existentes mesmo as que estejam em desuso;
- Fornecem a oportunidade de aumento de diâmetro da rede (limitado pela tecnologia) sem necessidade de abertura de vala;
- Requerem menos exposição na área de trabalho, portanto considerado mais seguro para os trabalhadores e para a comunidade;
- Eliminam a necessidade de remoção de entulho e minimizam os danos causados ao pavimento.

Os MND são subdivididos entre método para construção de novos tubos (também conhecido como método de substituição por um novo caminhamento), método de reparação, método de renovação e método de substituição de tubos existentes.

Destaca-se que os métodos existentes utilizados para sistemas por gravidade (esgoto e água da chuva) para instalação de um novo tubo ou substituição do tubo existente, estão definidos no QUADRO 1.

APLICAÇÃO	TECNOLOGIA PRIMÁRIA DE USO EM MÉTODO NÃO DESTRUTIVO <sup>1</sup>	TECNOLOGIA POSSÍVEL DE USO EM MÉTODO NÃO DESTRUTIVO <sup>2</sup>
<b>Instalação de Novo Tubo</b>		
Sistema por gravidade (esgoto e água de chuva)	Cravação de tubo ( <i>PJ - Pipe Jacking</i> ) e Microtúnel ( <i>MT - Microtunneling</i> )	Perfuração horizontal direcional ( <i>HDD - Horizontal Directional Drilling</i> )
<b>Substituição do Tubo Existente</b>		
Sistema por gravidade (esgoto e água de chuva)	Inserção de um tubo por Arrebentamento ( <i>PB - Pipe Bursting</i> )	Rede paralela utilizando Microtúnel ( <i>MT - Microtunneling</i> ) e Tubo-piloto microtúnel ( <i>PTMT - Pilot-Tube Microtunneling</i> )

QUADRO 1 – TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS PRIMÁRIAS E DE POSSÍVEL APLICAÇÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DE REDES

FONTE: adaptado de NAJAFI (2010)

NOTA: (1) A tecnologia primária é aquela gerada para executar o sistema por gravidade (2) a tecnologia possível é aquela que pode ser utilizada apesar de não ter sido gerada para atuar em sistemas por gravidade.

### 2.3.1 Cravação de Tubo (*PJ - Pipe Jacking*)

O método de cravação de tubo (*PJ - Pipe Jacking*) utiliza um sistema hidráulico para cravação do escudo ao mesmo tempo em que ocorre a remoção no solo escavado. O sistema necessita de um poço de entrada e de saída, sendo que o de entrada deve ser muito bem planejado e construído para resistir a elevados esforços de cravação. Necessita a presença de um operador dentro do escudo durante a operação de escavação e remoção do solo (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

A execução do processo de escavação pode ser realizada por meio de várias técnicas, sendo sua escolha dependente do tipo do solo em questão. Para se obter sucesso na utilização deste método alguns fatores devem ser levados em consideração, sendo os principais citados abaixo (DEZOTTI, 2008):

- Estimativa e controle dos esforços de cravação: definição do sistema hidráulico de propulsão, do distanciamento máximo entre poços de serviços, se há necessidade ou não de estações intermediárias de cravação, verificação da estrutura do sistema de reação para que nem tubos e nem juntas sofram danos causados por excesso de tensão;
- Lubrificação do solo: se há necessidade ou não de utilização;
- Condicionamento do solo: se há estabilidade de escavação e se necessita de transporte de material escavado;
- Controle do alinhamento: para garantir integridade do tubo instalado;

- Controle de recalque: evitar danos às edificações vizinhas;
- Verificação de possíveis interferências no caminho a ser seguido.

As estações intermediárias de cravação tem o objetivo de limitar as tensões aplicadas ao tubo e na parede de reação. É constituído por um anel de aço instalado entre dois segmentos de tubo de uma tubulação que esta sendo cravada. São utilizados para diâmetros igual ou superior a 1,20 m e instaladas entre o poço de entrada e o escudo ou a máquina de escavação de túneis (DEZOTTI, 2008).

Controles computadorizados, sistemas gráficos e equipamentos a laser são capazes de indicar o direcionamento e posicionamento do caminhamento seguido na cravação. Enquanto unidades eletrônicas receptoras ou emissoras de feixes luminosos (ELS - *Eletronic Laser System*) são instaladas no poço de entrada, alvos fixos e inclinômetro são instalados na parte mais frontal do escudo, sendo responsáveis pela determinação da posição relativa e ângulos de inclinação e giro do escudo. Desta forma o método possui um alto grau de acurácia, na ordem de 25 mm no alinhamento e declividade (DEZOTTI, 2008).

Como o método necessita da entrada de um trabalhador dentro do escudo, o diâmetro mínimo do tubo a ser instalado é limitado em 900 mm. Não existe limite de tamanho de diâmetro, mas as dimensões mais usadas variam entre 1.200 mm e 1.800 mm (DEZOTTI, 2008). O comprimento máximo de instalação varia de 150 m a 305 m, dependendo do tipo do solo (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

Durante o processo de cravação, forças reativas causadas devido à inserção do tubo são transmitidas da parede de reação para o solo atrás dela. Como resultado, as reações de suporte mudam e podem causar movimento. Desta forma, as forças de cravação são absorvidas pelo solo e resultam em deformação, reduzindo a eficiência da operação de cravação (SUN *et al.*, 2013).

Os materiais empregados devem possuir a capacidade de resistir a esforços temporários gerados durante a cravação e tensões permanentes após a instalação, sendo os tubos de aço e de concreto os mais utilizados. Também é possível a utilização de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) (DEZOTTI, 2008).

Embora seu desempenho seja mais notório em solos coesivos, pode ser empregados em diversos tipos de solo. É possível de ser utilizado em solos instáveis desde que cuidados especiais sejam tomados (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

O QUADRO 2 apresenta as principais vantagens e limitações que o sistema possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Admite a instalação de tubulações com elevada acurácia	Incapacidade de utilizar tubos flexíveis ou com baixa resistência
	Possui limitação em superar obstruções
	Necessita construção de poço de entrada e de saída
Pode ser utilizado em várias tipologias de solo	Necessita construção de parede de reação
	Necessita entrada de trabalhadores dentro do escudo

QUADRO 2 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO CRAVAÇÃO DE TUBO  
 FONTE: adaptado de NAJAFI e GOKHALE (2004)

### 2.3.2 Microtúnel (*MT - Microtunneling*)

O método de cravação de tubos por microtúnel (*MT - Microtunneling*) pode ser guiada e controlada remotamente, o que não exige a entrada de pessoal dentro do túnel e sim apenas dentro do poço (DEZOTTI, 2008).

Apesar de existirem dois métodos para aplicação do microtúnel, o método utilizando lama (*Slurry Method*) e o método utilizando trado (*Auger Method*), o primeiro é mais utilizado devido à sua versatilidade de aplicação, como poder trabalhar abaixo do nível d'água e em solos instáveis (DEZOTTI, 2008).

Simultaneamente à escavação e remoção do solo no sistema, ocorre a instalação do tubo. O equipamento pode ser usado para instalação de tubulações com diâmetros variando entre 250 mm a 3.500 mm. O comprimento máximo de instalação varia entre 150 m a 303 m, dependendo do método de aplicação. Os tipos de tubos mais utilizados são: aço, concreto *jacking*, cerâmico vitrificado e PRFV (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

O sistema construtivo por microtúnel garante o correto alinhamento e nivelamento da tubulação a ser instalada do poço de entrada até o poço de saída, (NAJAFI; GOKHALE, 2004). É o método mais indicado para tubulações que trabalham com fluxos por gravidade por promoverem alto grau de exatidão. A acurácia atingida pelo sistema de controle a laser chega a aproximadamente 25 mm para o alinhamento e declividade (DEZOTTI, 2008).

O painel de controle da máquina pode estar localizado na superfície ou dentro da vala. O poço de entrada deve ser planejado para ter a capacidade de acomodar os equipamentos e os materiais utilizados na operação (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

Este método pode ser aplicado nos mais diversos tipos de solo como, por exemplo: argila, silte, areia, pedregulho e rochas. Esta versatilidade do sistema só é possível graças à opção de troca da cabeça de corte do equipamento, sendo que existe uma cabeça mais adequada para cada condição de solo (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

Após a escolha adequada da cabeça de corte, inicia-se a escavação do solo através das coroas cortantes. Além de ser possível controlar a rotação da cabeça de corte entre concêntrica ou excêntrica, é possível controlar a velocidade de rotação entre constante ou variável. Existe a possibilidade de ultrapassar obstáculos e condições de solos adversos devido à cabeça ser bi-rotacional (DEZOTTI, 2008).

O excesso gerado por pressão nos poros diminui a pressão efetiva no solo. Isto pode ser um problema em camadas não coesivas de areia, em que com a falta de micro estabilidade dos grãos individuais pode ocorrer uma pequena ruptura na face do túnel. Em areias soltas com baixa densidade relativa, o mecanismo pode ser relativamente rápido originando uma liquefação estática do solo em frente ao equipamento (BROERE, 2015).

Na câmara frontal do escudo esta localizada a cabeça de corte responsável pela escavação do solo, sendo que ao mesmo tempo em que o material escavado é transportado para fora do tubo para a câmara estanque, ocorra à introdução da lama bentonítica para dentro do túnel devido ao sistema de bombeamento. Esse procedimento faz com que o sistema seja estável, evitando problemas de diferença de pressão entre a frente da escavação e a superfície. A mistura entre material escavado e a lama bentonítica é depositado dentro de um tanque de sedimentação, aonde ocorre à separação entre eles. O primeiro é enviado para bota-fora enquanto o segundo é reciclado e reutilizado no sistema (DEZOTTI, 2008).

Existem três parâmetros que afetam o carregamento: o parâmetro estrutural que deve ser considerado no carregamento de projeto do sistema de força do equipamento, o parâmetro geológico e parâmetro de controle sendo que os dois últimos afetam o carregamento durante a perfuração do túnel (ZHANG *et al.*, 2014).

Simultaneamente com a operação de escavação e transporte ocorre a cravação do tubo com auxílio de um pistão hidráulico. A cada tubo cravado, todo o conjunto composto pelo escudo, tubo e utilidades auxiliares localizados no interior do tubo (rede elétrica e dutos do ciclo fechado de lama) deve ser desconectado para a

montagem do tubo seguinte, para assim dar continuidade ao avanço da cravação (DEZOTTI, 2008).

É necessário estimar os esforços de cravação para se definir a capacidade do sistema hidráulico de propulsão, distância entre os poços de serviços, possível necessidade de estações intermediárias, se há necessidade ou não de lubrificação e dimensionamento estrutural do sistema de reação e dos tubos. Os esforços envolvidos na cravação dependem da resistência à penetração da frente cortante, da força de atrito gerada entre a interface tubo e solo (DEZOTTI, 2008).

Controles computadorizados, sistemas gráficos e equipamentos a laser, são utilizados para melhorar o controle e o monitoramento na cravação. Para auxiliar na obtenção do caminhamento, posição, ângulo de inclinação e giro do tubo cravado, é instalada uma mira laser no poço de entrada, sendo sua fixação independente do sistema de cravação para não sofrer movimento durante a cravação. Além disso, no equipamento de microtúnel (*microtunnel boring machine* – MTBM) instala-se um alvo laser, uma câmara de circuito fechado de televisão e inclinômetros, sendo que este conjunto auxilia a se obter uma elevada acurácia no alinhamento e na declividade do tubo instalado (DEZOTTI, 2008).

Tecnologias aplicáveis em longas distâncias rapidamente estão se popularizando pelo mundo por adicionar flexibilidade em solucionar problemas difíceis. Além disso, longas aplicações oferecem como resultado potencial de redução de custo por eliminarem poços caros de aplicação e minimizar perturbações na superfície (BERGESON, 2014).

Existe o método relativamente novo chamado de microtúneis a vácuo, especialmente desenvolvido para instalação de ângulo crítico, com tubos de diâmetro variando de 200 mm a 450 mm e distância acima de 122 m. Um sistema a laser conectado a um circuito fechado de câmeras serve de guia para se alcançar ângulos abaixo de 0,5%, sendo possível ajustes e correções da direção a todo o momento pelo operador. O diferencial é que possui um sistema a vácuo que transporta a mistura do fluido de perfuração com o material escavado até um tanque específico localizado na superfície (ARIARATNAM; PIRATLE; COHEN, 2012).

O QUADRO 3 apresenta as principais vantagens e limitações que o sistema possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Admite a instalação de tubulações com elevada acurácia no alinhamento e na declividade	Não aceita utilização de tubos flexíveis ou com baixa resistência como o PVC
Pode ser utilizado em várias tipologias de solo	Alto custo dos equipamentos
Pode trabalhar em condições adversas, não sendo necessário gastos com sistemas de rebaixamento do nível d'água ou ar comprimido	Possui dificuldade em superar obstruções, como grandes matacões e raízes
Admite instalações de tubos em grandes profundidades	Necessita construção de poço de entrada e de saída
Não é necessária a entrada de trabalhadores dentro do túnel	

QUADRO 3 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO MICROTÚNEL  
 FONTE: adaptado de NAJAFI e GOKHALE (2004)

### 2.3.3 Perfuração Horizontal Direcional (*HDD - Horizontal Directional Drilling*)

Internacionalmente conhecido como perfuração horizontal direcional (*HDD - Horizontal Directional Drilling*), é um sistema dirigível utilizado para perfuração de tubulações, conduítes e cabos. O grande diferencial deste método é a capacidade de informar a localização da cabeça do perfurador e de guiar a cabeça durante o processo de perfuração (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

O HDD é o método que mais cresce para instalação de tubos entre as técnicas não destrutivas. A maior vantagem deste método é que pode ser aplicado com eficiência em áreas densamente povoadas produzindo o mínimo de danos estruturais, sociais e ambientais. Os principais fatores que interferem na produtividade deste método são: habilidade e técnica da equipe de operação, tipo do solo, diâmetro do tubo, capacidade de perfuração, condição do equipamento (correção na direção do HDD e taxa de fluxo de lama), obstáculos não visíveis presentes no solo, comprimento do tubo, condições em obra e clima (afetam a segurança) (ZAYED; MAHMOUD, 2013).

O equipamento é muito versátil e pode ser usado para instalação de vários diâmetros variando de 50 mm a 1.220 mm. O material utilizado na cravação deve ser liso, flexível e possuir capacidade de resistência às cargas e tensões durante a fase de instalação. Para aplicação em redes de esgoto no Brasil normalmente é utilizado Polipropileno de Alta Densidade (PEAD) e Policloreto de Polivinila (PVC), mas podem ser aplicados aço e ferro dúctil (DEZOTTI, 2008).

O processo de instalação é composto por duas fases: a primeira é de perfuração do furo piloto ao longo do eixo central da instalação desejada, sendo seu diâmetro variável entre 25 mm e 125 mm; a segunda é de alargamento do furo piloto para o diâmetro desejável da tubulação final, simultaneamente com a puxada da tubulação pelo alargador. Para tubulações com grande diâmetro, a fase de alargamento deve ser repetida varias vezes aumentando-se gradualmente o diâmetro até a dimensão desejável do tubo (DEZOTTI, 2008).

A fase crítica desta metodologia é a escavação do furo piloto, pois ele será o caminho a ser seguido pela tubulação final a ser instalada, por isso é de extrema importância a acurácia na execução do mesmo. O furo piloto pode ser executado entre 8 e 16 graus, em grandes diâmetros pode ser conseguido até 20 graus, sendo necessária a entrada completa de uma barra de perfuração antes de iniciar o nivelamento da trajetória. O ângulo de saída do furo piloto pode variar entre 5 e 10 graus. Para facilitar a instalação, um pequeno poço de entrada pode ser escavado para facilitar a colocação no ângulo correto da cabeça de perfuração e ajudar na retenção do fluido de perfuração. O comprimento máximo de instalação varia entre 120 e 1.800 m, dependendo do tipo do solo (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

Ao longo da trajetória é preferível evitar curvas na tubulação, minimizando assim problemas no arraste da tubulação e prolongando a vida útil do equipamento. Pode ser escavado um poço de saída que além de ajudar na retenção do fluido de perfuração serve como entrada do tubo que será arrastado para dentro. O fluido é utilizado no processo de perfuração e alargamento do furo, sendo usualmente utilizados bentonita, polímeros e água, sendo este último recomendável apenas para situações de solos estáveis na execução de pequenos furos (DEZOTTI, 2008).

As principais funções do fluido de perfuração são (NAJAFI; GOKHALE, 2004):

- Remoção do material escavado para a superfície;
- Estabilização da perfuração e prevenção de desmoronamento;
- Manutenção do material perfurado em suspensão;
- Estabilização de formações não consolidadas;
- Lubrificação do conjunto de perfuração;
- Transmissão de energia hidráulica à ferramenta de corte;
- Diminuição da força de atrito entre tubo e parede do solo;

- Manutenção do controle de pressão;
- Manutenção do resfriamento e limpeza da cabeça da perfuração;
- Minimização do transtorno ao meio;

Com a utilização da cabeça correta, o furo piloto pode ser executado em solos do tipo argila, silte, areia, pedregulho e rochas. O tipo do solo é determinante na escolha das cabeças a serem utilizadas na perfuração e no alargamento do furo piloto. Como o alargador também serve como forma de arraste da tubulação final a ser assentada, deve ser verificado o tamanho do furo e a capacidade de bombeamento (DEZOTTI, 2008).

A magnitude de pressão do solo em um tubo perfurado direcionalmente depende das condições durante a perfuração. Caso o furo da tubulação seja estável, nenhuma pressão do solo é exercida sobre o tubo, caso o furo estiver desmoronando é aplicada uma pressão de sobrecarga sobre o tubo (AKBARZADEH; BAYAT, 2014).

Para o rastreamento da trajetória são utilizados dois tipos de sistemas, um que caminha sobre o furo e o outro que não. Devido ao custo mais competitivo, o sistema de caminhamento sobre o furo é o mais utilizado. Neste sistema o transmissor é localizado no interior da cabeça de perfuração que se comunica através de sinais eletromagnéticos de frequência de rádio com o receptor situado na superfície do terreno. O transmissor é responsável em repassar as informações como profundidade, direção, inclinação, rotação, temperatura da cabeça de corte e tempo restante de bateria. O alcance do transmissor com o receptor depende do nível de interferência existente no local de trabalho (DEZOTTI, 2008).

O formato de bala é o adotado pela maioria dos alargadores, sendo composto por jatos de fluidos, por dentes feitos por carbeto de tungstênio e um acoplamento no lado posterior utilizado para puxar a tubulação (MOUTINHO, 2010).

Os riscos nos projetos com a utilização do HDD possuem variáveis dependentes do tempo, da mudança de circunstâncias (fator conectado com a avaliação do objetivo dos dados reais) e da mudança da percepção humana (fator conectado com as diferentes formas de interpretação e avaliação subjetiva dos dados reais) (GIERCZAK, 2014).

O sistema de rastreamento é responsável pela acurácia a ser alcançada na perfuração que chega a ser de 1% do comprimento dependendo da habilidade do

operador. Para uma maior exatidão no sistema pode-se gastar mais tempo na operação realizando leituras em intervalos menores (DEZOTTI, 2008).

O QUADRO 4 apresenta as principais vantagens e limitações que o sistema possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Possui a capacidade de guiar o trajeto da cabeça de corte	Tubo a ser instalado deve ser resistente à tração axial
Dependendo do material a ser instalado, não é obrigatória a execução de poço de entrada e saída	
Instalação do equipamento não demanda muito tempo	Em instalações de pequena profundidade é possível ocorrer movimentação do solo
Pode alcançar o maior comprimento alcançável nos métodos não destrutivos do tipo não tripulado	

QUADRO 4 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE PERFURAÇÃO HORIZONTAL DIRECIONAL

FONTE: adaptado de NAJAFI e GOKHALE (2004)

#### 2.3.4 Tubo-Piloto Microtúnel (*PTMT - Pilot-Tube Microtunneling*)

O método tubo-piloto microtúnel (*PTMT - Pilot-Tube Microtunneling*) é semelhante à operação de perfuração horizontal helicoidal, em que para a escavação e remoção do solo é utilizado um trado, enquanto para a cravação do tubo é utilizado um sistema hidráulico. É similar ao sistema do microtúnel, pois o monitoramento da cravação utiliza um alvo, teodolito, câmera e um monitor como sistema de orientação. É parecido com a perfuração horizontal helicoidal em que a fase de furo piloto e alargamento são imprescindíveis (DEZOTTI, 2008).

Técnica amplamente utilizada para instalação de tubos de aço, ferro dúctil, PRFV, concreto *jacking* e cerâmico. Por necessitar de pequenos espaços de operação é indicado para instalação de pequenos diâmetros variando entre 100 mm e 760 mm. Uma acurácia de 6 mm pode ser atingida na instalação de 90 m de tubo, os fatores determinantes para isso é a capacidade do teodolito juntamente com a habilidade do operador (DEZOTTI, 2008).

A cabeça de perfuração utilizada no sistema é dirigível e possui uma obliquidade em um de seus lados, o que permite o ajuste da sua declividade e do seu alinhamento. O alvo é instalado na cabeça do dirigível e quando ligados os

diodos emissores de luz (LED – *Light Emitting Diodes*) são monitorados pelo teodolito, o que possibilita determinar continuamente a localização da cabeça dirigível e visualizar os desvios no perfil da escavação. Importante tomar cuidado ao instalar o alvo e o teodolito, pois são considerados os elementos críticos para a acurácia da operação (DEZOTTI, 2008).

O tubo piloto é a fase inicial de instalação sendo sua acurácia imprescindível por ser responsável em determinar a linha central da nova tubulação a ser instalada. A cabeça dirigível conectada ao tubo piloto normalmente escava um furo com diâmetro menor do tubo final desejável. O furo é realizado pelo deslocamento do solo, através da rotação e cravação do tubo piloto. Continuamente durante o avanço da operação é possível ajustar os desvios do trajeto por meio do sistema de acompanhamento. Tanto a inclinação quanto o alinhamento são passíveis de correção do tubo piloto. Após a chegada do tubo piloto ao poço de saída, não é mais necessário à utilização do sistema de monitoramento, podendo este ser removido (DEZOTTI, 2008).

A etapa seguinte é de alargamento do caminho estabelecido pelo tubo piloto sendo que o conjunto composto pelo alargador e revestimento com o trado em seu interior devem ser conectados ao último segmento do tubo piloto. O aumento do furo é realizado com a contínua rotação e cravação do conjunto composto descrito até o alargador alcançar o poço de saída. A cabeça dirigível é removida no poço de saída sendo que com o avanço do conjunto composto todos, os tubos pilotos e finalmente o alargador é recuperado no poço de saída. O tubo final é ligado ao revestimento com trado por meio de um adaptador. Enquanto um sistema hidráulico crava o tubo final a partir do poço de saída, o solo é removido e o revestimento recuperado no poço de entrada. Processo é realizado até que todos os revestimentos e trados sejam recuperados (DEZOTTI, 2008).

Uma causa comum de atrasos realizados em campo é devido à aplicação de sistemas articulados passivos que quando utilizados em curvas, por serem mais suscetíveis à irregularidade do impulso da máquina acarretando em deformação e fissura da rede. Desta forma, sistemas de escoramento ativo são os mais apropriados (TUNNELS & TUNNELLING, 2011).

Pode ser aplicado em vários tipos de solo, no entanto tanto solos instáveis como areia e em solos duros com pedregulhos podem prejudicar o desempenho da operação (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

O QUADRO 5 apresenta as principais vantagens e limitações que o sistema possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Admite a instalação de tubulações com elevada acurácia	Adequado para utilização em terrenos macios em que a instalação de tubo piloto é possível com o deslocamento do solo
Utilizável acima e abaixo do nível do lençol freático	
Exige pequena área de trabalho nos poços de serviço	Necessita construção de poço de entrada e de saída
Para fornecimento de energia pode ser a partir de eletricidade ou a diesel	

QUADRO 5 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO TUBO-PILOTO MICROTÚNEL

FONTE: adaptado de NAJAFI e GOKHALE (2004)

### 2.3.5 Inserção de um tubo por arrebentamento (*PB - Pipe Bursting*)

O método de inserção por arrebentamento (*PB - Pipe Bursting*) é uma técnica para substituição de tubulações que apresentam estado avançado de deterioração. Pode ser utilizado para aumentar a capacidade da tubulação existente ou manter o diâmetro da mesma (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

O sistema de substituição de tubulações por arrebentamento *in loco* pelo mesmo caminhamento necessita da utilização de uma ferramenta de percussão ou um expansor hidráulico, o qual quebra a rede antiga existente enquanto a nova tubulação é puxada ou empurrada pela ferramenta (SHI; WANG, 2013). Como o novo tubo segue pelo caminho do existente, o tipo do solo não é tão relevante para a aplicação do método.

O método possui uma etapa chamada de expansão, na qual a partir do poço de entrada é colocada a cabeça de fragmentação (peça de formato cônico) que quando empurrada ou puxada até o poço de saída, percorre o caminho da tubulação existente e promove o arrebentamento do tubo antigo e deslocamento dos seus fragmentos para o solo circunvizinho. Simultaneamente com a expansão, ocorre a fase de inserção do novo tubo que é puxado ou empurrado pelo caminho deixado pela antiga tubulação na fase antecessora (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

A cabeça de fragmentação na parte frontal possui um diâmetro menor que o do tubo antigo existente, que auxiliar a manter o alinhamento e assegurar o rompimento uniforme. Já a parte traseira possui um diâmetro maior do que o do tubo

antigo existente (para promover o arrebetamento da parede) e um pouco maior que o diâmetro externo do novo tubo, para reduzir o atrito de arraste gerado na inserção. É mais usual nesta técnica os equipamentos puxarem o conjunto composto pela cabeça de fragmentação e nova barra do tubo, por isso a cabeça de fragmentação é ligada na parte frontal com uma corrente, cabo ou barra conectada pela parte traseira com o novo tubo a ser inserido (DEZOTTI, 2008).

O método possui três categorias que variam conforme a fonte de energia e metodologia de fragmentação, sendo eles (NAJAFI; GOKHALE, 2004):

- Sistema pneumático: utiliza a ação percussiva da cabeça de fragmentação e um guincho para realizar o arrebetamento da tubulação, sendo este o método mais utilizado mundialmente.
- Sistema hidráulico: utiliza uma cabeça de arrebetamento articulada constituída de várias partes, sendo que ela pode expandir ou contrair por meio de um sistema hidráulico. O arrebetamento da tubulação antiga é causado pela expansão da cabeça de fragmentação no seu interior.
- Sistema estático: utiliza unicamente a força do guincho aplicada na cabeça de fragmentação, gerando baixos níveis de vibração e ruído.

Esta tecnologia é normalmente empregada em distâncias variando de 90 m a 120 m, distâncias empregadas entre PV. A versatilidade é a característica mais notável deste método (NAJAFI; GOKHALE, 2004).

O método de arrebetamento pneumático de tubo se baseia no mecanismo de rompimento à percussão (dinâmico), voltado para materiais quebradiços como ferro fundido, ferro extrudado, material cerâmico e concreto não armado. Devido aos efeitos negativos que a percussão pode ocasionar nas superfícies vizinhas, uma alternativa é a utilização do método de sistema hidráulico (estático) com cabeça de corte por facas cônicas ou roletes de corte (MOUTINHO, 2010).

O tamanho de tubo usualmente substituído tipicamente varia entre 50 mm e 900 mm, enquanto que para alargamento ode tubulações já forma utilizados diâmetros acima de 1.200 mm (ABRAHAM; BAIK; GOKHALE, 2002).

O método pode ser utilizado para arrebetamento de tubos com diferentes tipos de materiais, como ferro fundido, aço, ferro dúctil, polipropileno de alta densidade, policloreto de polivinila, concreto, concreto armado, cimento amianto e

cerâmico. Sendo apenas necessária a escolha adequada da cabeça de fragmentação para cada tipo de material (DEZOTTI, 2008).

Tubos de PEAD e PVC são os mais utilizados nos métodos de substituição, contudo se a cabeça de fragmentação e a tecnologia de instalação forem modificadas para evitar força de tração nas juntas, pode ser utilizado ferro dúctil, concreto e cerâmico (NAJAFI, 2010).

O uso da tecnologia traz benefícios ambientais, sociais e economia de custo o que ajuda a tornar esta alternativa cada vez mais viável quando comparada com o método tradicional de abertura de vala (ARIARATNAM *et al.*, 2014).

O QUADRO 6 apresenta as principais vantagens e limitações que o sistema possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Existe uma ampla variedade de tipos de tubo que podem ser utilizados nos mais diversos diâmetros	Normalmente necessita de poço de entrada e saída
	Necessita de uma área de trabalho na superfície para equipamentos auxiliares
É possível aumentar o diâmetro da tubulação existente sem perturbar a superfície	Método destrutível é necessário para reconexão das ligações laterais
O novo tubo segue o alinhamento do tubo existente	Normalmente necessita de sistema de <i>by-pass</i> do fluxo
O tubo existente é deixado no subsolo eliminando a necessidade de sua disposição	Movimentos de solo, vibrações e a possibilidade de danos às estruturas existentes devem ser avaliados especificamente para cada projeto

QUADRO 6 – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE INSERÇÃO POR ARREBENTAMENTO

FONTE: adaptado de NAJAFI e GOKHALE (2004)

### 2.3.6 Comparativo das Tecnologias Não Destrutivas

O QUADRO 7 apresenta um comparativo entre as tecnologias não destrutivas existentes para substituição de RCE. Na primeira coluna (TEC) foi inserido o nome das tecnologias a serem estudadas, seguido pelas suas limitações de declividade alcançáveis (ACURÁCIA). Na sequência foram apresentados os tipos de materiais que podem ser utilizados e o intervalo de diâmetros nominais que podem ser aplicados com a tecnologia. Apresenta também o tipo de solo e o comprimento máximo (COMP) que cada uma das tecnologias pode operar. Na última coluna foram citadas as particularidades que cada tecnologia possui, sendo esta

considerada um fator importante a ser analisado para a tomada de decisão. As cinco primeiras linhas contemplam os equipamentos utilizados para construção de RCE por um novo alinhamento, enquanto que as duas últimas são destinadas para equipamentos que seguem pelo mesmo caminho da rede antiga.

TEC	ACURÁCIA	MATERIAL	DN (MM)	TIPO DE SOLO	COMP (M)	PARTICULARIDADE
PJ	25 mm para alinhamento e declividade	PRFV, aço e concreto jacking	900 - 1.800	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	150 - 305	Poço de entrada e de saída e pode precisar de fluido de perfuração. Necessita que operador fique dentro do tubo
MT	25 mm para alinhamento e declividade	Aço, concreto jacking, cerâmica vitrificada e PRFV	250 - 3.500	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	150 - 303	Poço de entrada e de saída, fluido de perfuração para estabilidade
HDD	1% do comprimento	PEAD, PVC, aço e ferro dúctil	50 - 1.220	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	120 - 1.800	Poço de saída, pode precisar de pequeno poço de entrada e fluido de perfuração
PTMT	6 mm	Aço, ferro dúctil, concreto jacking, cerâmica e PRFV	100 - 760	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	90	Pequeno poço de entrada e de saída devem ser instalado
PB-DN	Segue alinhamento existente	PEAD, PVC, ferro dúctil, cerâmico e concreto	50 - 1.200	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	90 - 120	Pode ser aplicado em redes de ferro fundido, cerâmica e concreto não armado
PB-ST	Segue alinhamento existente	PEAD, PVC, ferro dúctil, cerâmico e concreto	50 - 1.200	Argila, silte, areia, pedregulho e rocha	90 - 120	Pode ser aplicado em redes de ferro fundido, ferro dúctil, ferro extrudado, cerâmica, aço e concreto não armado

QUADRO 7 – COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS EXISTENTES PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE

FONTE: adaptado de ABRAHAM; BAIK; GOKHALE (2002), NAJAFI; GOKHALE (2004), DEZOTTI (2008), MOUTINHO (2010), NAJAFI (2010), TUNNELS & TUNNELLING (2011), ARIARATNAM; PIRATLE; COHEN (2012), SUN *et al.* (2013), ZAYED; MAHMOUD (2013), ARIARATNAM *et al.* (2014), AKBARZADEH; BAYAT (2014), BERGESON (2014), GIERCZAK (2014), ZHANG *et al.* (2014) e BROERE (2015)

NOTA: PJ – Cravação de tubo, MT – Microtúnel, HDD – Perfuração horizontal direcional, PTMT – Tubo-piloto microtúnel, PB-DN – Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico e PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático.

## 2.4 MATERIAIS PARA TUBULAÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

Os tubos se dividem em duas categorias: rígidos e flexíveis. Os tubos rígidos sustentam os carregamentos por meio de resistência a flexão longitudinal e circunferencial, e em condições de carregamento máximo, não deformam suficientemente para produzir uma resistência passiva do solo ao redor dele mesmo. Os tubos flexíveis são capazes de deformar sem se danificar, até alcançar a resistência passiva do solo ao seu redor, mobilizando o mesmo a promover um suporte adicional (NAJAFI, 2010).

A terminologia comum para distinguir e caracterizar as propriedades do tubo rígido do flexível é resistência e rigidez do material. Enquanto a resistência é a capacidade que o material rígido possui de resistir ao carregamento e resultar em tensão sobre ele mesmo, a rigidez é a habilidade que o material flexível possui de resistir à deflexão. A interação entre solo e tubo influencia a magnitude do carregamento exercido sobre o tubo e a maneira que este transfere o carregamento para o solo ao seu redor (NAJAFI, 2010).

O QUADRO 8 apresenta exemplos de tubos rígidos e flexíveis.

<b>RÍGIDO</b>	<b>FLEXÍVEL</b>
Tubo de concreto	Tubo de aço
Tubo de concreto armado	Tubo de ferro dúctil (FD)
	Tubo de policloreto de polivinila (PVC)
Tubo cerâmico vitrificado ou não	Tubo de polietileno (PE)
	Tubo de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV)

QUADRO 8 – EXEMPLOS DE TUBOS RÍGIDOS E FLEXÍVEIS  
 FONTE: adaptado de NAJAFI (2010)

Na hora da escolha do material a ser aplicado o custo é um fator importante a ser considerado, mas existem outros fatores decisivos que também devem ser observados (NAJAFI, 2010):

- Tipo de fluido a ser transportado;
- Condições e métodos usados na construção;
- Análise da expectativa de vida e custo relativo à vida útil;
- Característica do fluxo quanto à corrosividade e abrasão;
- Facilidade de manuseio e instalação dos tubos;
- Propriedade física e química do tubo;
- Disponibilidade de diâmetro, comprimento e tipos de conexões;
- Verificar a tensão de construção e a tensão de operação do tubo;

- Localização e ambiente ao redor do tubo (acidez do solo, localizado na costa marítima, localizado em terra, etc.);
- Tipo de escavação e suporte (subsolo, acima do solo, sob a água, etc.);
- Propriedades hidráulicas do tubo.

Apesar de existirem vários tipos de tubos, foram estudados apenas aqueles utilizados na implantação de RCE no Brasil.

#### 2.4.1 Concreto

Para a fabricação dos tubos de concreto várias especificações devem ser seguidas, para que o tubo final possua a resistência, a absorção e a permeabilidade exigida em norma. Em obras de esgoto é necessária que a relação entre água e cimento seja no máximo de 0,45 L/kg, a utilização de cimento resistente a sulfatos, a dimensão do agregado no máximo de 1/3 da parede do tubo, o cobrimento mínimo da armadura interna de 20 mm e externa de 15 mm para tubos com diâmetro até 600 mm e cobrimento mínimo da armadura interna de 30 mm e externa de 20 mm para diâmetros maiores (CHAMA NETO, 2004).

No Brasil os tubos de concreto podem ser simples, armado ou com reforço de fibra de aço. Possuem juntas elásticas do tipo ponta e bolsa ou macho e fêmea, sendo que podem ser fabricados até 2,50 m de comprimento. Enquanto que no concreto simples o diâmetro varia entre DN 200, 250, 300, 350, 400, 500 e 600 mm, no concreto armado ou com reforço em fibra de aço varia entre DN 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.500, 1.750 e 2.000 mm (ABNT, 2007a).

Alguns critérios são analisados para a escolha do tipo da tubulação de concreto, entre eles estão: disponibilidade de diâmetro, condição de escoamento, resistência a cargas internas e externas, resistência à abrasão, resistência às substâncias agressivas, impermeabilidade do sistema e utilização de juntas adequadas (REVISTA INFRAESTRUTURA, 2012).

Para um melhor desempenho, é recomendado que os tubos de concreto atendam às seguintes condições (SOBRINHO; TSUTYA, 2000):

- Cimento Pozolânico, cimento com escória de alto forno e cimento resistente ao ácido sulfúrico;

- Consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>;
- Fator máximo de água/cimento de 0,50 L/kg;
- Recobrimento mínimo do meio agressivo de 4 cm;
- Resistência mínima à compressão de 25 MPa.

Normalmente é utilizado revestimento a base de resina epóxi em tubos de concreto. Para se evitar problemas com bolhas e falta de adesão é necessário um bom preparo da superfície, respeitar a espessura da camada aplicada, verificar resistência à abrasão e dificuldades de aplicação com solventes. Apesar de todo cuidado tomado durante a execução, após um tempo pode ocorrer destacamento do revestimento aplicado devido à alta corrosividade (SOBRINHO; TSUTYA, 2000).

O local de estocagem deve possuir: declividade suficiente para escoamento da água pluvial, superfície firme para instalação de berços de madeira para acomodação dos tubos e isenção de agentes químicos que possam causar prejuízos. A pilha de tubos deve ser formada alternando-se a orientação das bolsas. Para manter os tubos superpostos paralelamente é necessária a colocação de calços entre as suas pontas. É recomendável que a quantidade de tubos empilhados não ultrapasse cinco unidades para DN 400 mm, quatro unidades para DN 500 mm, três unidades para DN 600 mm a DN 800 mm, duas unidades para DN 900 mm a DN 1.500 mm e uma única unidade para DN 1.700 mm a DN 2.200 mm (MOS, 2012).

Os tubos de concreto armado utilizados para obras de cravação por MND (concreto *jacking*) devem possuir uma relação água/cimento máxima de 0,45 L/kg e o consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup> no concreto. O cimento ainda deve atender ao índice de resistência química de 0,85 aos 105 dias e teor de aluminato tricálcio (C<sub>3</sub>A) menor ou igual a 8% medido no clínquer do cimento. Os aditivos utilizados não podem possuir o teor de íon cloro maior que 0,15%. Os agregados possuem uma dimensão limitada entre 1/3 da espessura da parede do tubo e cobrimento mínimo da armadura. A armadura pode ser simples ou dupla. A moldagem dos tubos deve ser feita de maneira que o produto final possua resistência mecânica, permeabilidade, estanqueidade e absorção. As juntas do tubo devem ser flexíveis e projetadas para incorporar um anel elastomérico. Os colares são fabricados em chapa de aço-carbono revestido com pintura ou aço-carbono revestido com zinco por imersão a quente ou aço inoxidável. Possuir um anel distribuidor de tensão feito de compensado de madeira com a inserção de um anel

de borracha inserido entre dois tubos contínuos, com a função de distribuir as tensões de cravação e vedação adicional ao sistema. Podem ser fabricados nas seguintes dimensões: DN 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.500, 1.800 e 2.000 mm (ABNT, 2007b).

O QUADRO 9 apresenta as principais vantagens e limitações que o material possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Não necessita de mão de obra especializada para instalação	Sensível à condição do embasamento que pode ocasionar falhas de cisalhamento e ruptura da barra
Disponibilidade de grande seleção de diâmetros nominais	Difícil manuseio e instalação devido ao grande peso das peças, exceto quando o peso pode ser uma vantagem como na ocorrência de flotação
Disponibilidade de grande variedade de comprimentos de tubo	Sucetível a corrosão externa quando instalados em solos ácidos
Grande seleção tanto para resistência estrutural quanto resistência a pressão	Apresenta grande vulnerabilidade ao ataque do gás sulfídrico
Custo relativamente baixo de manutenção	Geralmente difícil de reparar, principalmente na ocorrência de vazamentos nas juntas
Ideal para cravação de tubo por possuir grande resistência à compressão	Tendência à vazamentos devido a alta porosidade da parede do tubo e fissuras de contração
Corrosão interna pode ser reduzida significativamente usando-se um revestimento termoplástico	Longividade reduzida quando não utilizado internamente revestimento termoplástico
Corrosão por sulfato pode ser reduzida quando utiliza-se cimento portland com resistência a sulfatos	Baixa resistência a abrasão

QUADRO 9 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO DE CONCRETO  
 FONTE: adaptado de NAJAFI (2010)

#### 2.4.2 Policloreto de Polivinila (PVC)

O tubo de Policloreto de Polivinila (PVC) foi descoberto por acidente no século XIX por cientistas alemães, que observavam a criação do novo gás cloreto de vinila ( $C_2H_3Cl$ ) que quando exposto à luz solar reagia resultando em um acúmulo de material branco sólido. Pelos registros, sabe-se que a tubulação mais antiga produzida e instalada de PVC foi na Alemanha em meados da 2ª Guerra Mundial (NAJAFI, 2010).

São amplamente utilizados nos sistemas de rede coletora de esgoto por apresentarem alta resistência à corrosão e serem considerados um material versátil

e sustentável. O PVC é um polímero obtido a partir do cloreto de vinila, monômero formado pela reação de cloro (57% em peso) com eteno (43% em peso) (POSSAMAI; BACK, 2012).

Na fabricação do tubo de PVC primeiramente é misturada a resina de PVC com estabilizantes, pigmentos, lubrificantes, produtos auxiliares e aditivos funcionais. Essa mistura é aquecida a aproximadamente 204 °C, causando a fusão dos componentes, convertidos para um estado maleável. Esse material passa por um processo mecânico de extrusão para formação do tubo, sendo este finalizado com o resfriamento do tubo. Os tubos de PVC podem ser fabricados com as paredes lisas ou corrugadas. Os tubos de paredes lisas são fabricados mantendo-se a espessura da parede uniforme enquanto que os tubos com paredes corrugadas, apesar de serem preparados externamente no formato espiral, internamente são lisos. Com a alteração do formato da parede externa ocorre uma economia na quantidade de material necessário para a fabricação, mas a rigidez obtida é a mesma do tubo de parede lisa (NAJAFI, 2010).

É considerado um material termoplástico e pode ser moldado com a elevação da temperatura. Formado pela mistura de resinas e aditivos, podendo ser este último estabilizante, plastificante, lubrificante e pigmentos, que dependendo do elemento químico com o qual reagir, a resistência química do material final será alterada (BEVILACQUA, 2006).

O tubo de PVC pode ser fabricado a partir de dois processos distintos, ou por injeção - processo descontínuo de fabricação de peças de conexão, ou por extrusão - processo contínuo de fabricação dos tubos. Os tubos de PVC apresentam algumas vantagens de serem constituídos de um material liso, leve, flexível, absolutamente estanque e resistente quimicamente. Essas são algumas características que influenciam positivamente a sua aplicação pela facilidade de encontro de mão de obra e grande velocidade de assentamento. Duas desvantagens que algumas peças apresentam são a falta de rigidez quando expostas à luz solar e ocorrência de flutuação da tubulação quando aplicada em regiões com alto nível de lençol freático. (BEVILACQUA, 2006).

Por possuírem grande capacidade de escoamento, os tubos de PVC são fabricados para as classes de pressão 8, 10, 12, 15, 20. Os sistemas de rede de esgoto utilizam tubos PVC ou do tipo PBA (Ponta Bolsa com Anel de borracha) ou

do tipo DEFOFO (possuem diâmetro equivalente aos de ferro fundido) (REVISTA INFRAESTRUTURA, 2013).

Os tubos no Brasil são normatizados nas dimensões DN 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm, todos com barra com comprimento de 6,0 m, sendo usado com junta elástica tipo ponta e bolsa (ABNT, 2005).

Por não apresentarem muito peso são manuseados facilmente. O local de estocagem deve possuir: declividade suficiente para escoamento da água pluvial, superfície firme para instalação de berços de madeira para acomodação dos tubos, isenção de agentes químicos que possam causar prejuízos, empilhamento alternado entre as pontas e as bolsas dos tubos e separação por meio de ripas das camadas agrupadas. É recomendável a separação máxima entre os berços de 1,50 m, sendo a altura máxima 1,50 m. O ideal é armazenar em lugar coberto para evitar o desgaste devido à incidência solar (MOS, 2012).

O QUADRO 10 apresenta as principais vantagens e limitações que o material possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Resistência interna e externa à corrosão	Menor flexibilidade longitudinal que tubos de materiais termoplásticos alternativos
Possui juntas de vedação com excelente histórico de performance contra vazamento	Sensível a luz ultravioleta quando exposto a mais de 2 anos se não for fabricado com inibidor de UV
Menor expansão comparados com tubos de materiais termoplásticos alternativos	Sensível a temperatura, deve ser descartado em caso de exposição a altas temperaturas
Alta resistência à abrasão	Sensível a condição de embasamento por possuir parede de espessura fina
Baixa resistência interna à fricção	Suscetível a permeação química em caso de contaminação grosseira
Pelo menos 2,5x mais forte que outros termoplásticos, por possuir maior rigidez	Suscetível a dano por impacto a baixas temperaturas
Todas as quatro juntas travadas de PVC possuem resistência à tração para ser usado em MND	Suscetível a propagação rápida de falha por fissuração. Derivação fundida nos tubos de PVC devem ser executados com extrema atenção

QUADRO 10 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO PVC  
 FONTE: adaptado de NAJAFI (2010)

### 2.4.3 Polietileno (PE)

Apesar de ser descoberto por um cientista alemão chamado Hans Von Pechman em 1898, não foi comercializado na época. Quando redescoberto no

Reino Unido em 1933 pela Companhia Química Imperial começou a ser comercializado como isolante de cabo telefônico em 1939. Apenas em 1970 foi desenvolvido o tubo de polietileno de alta resistência o qual possui um significativo uso nos sistemas de esgoto municipais (NAJAFI, 2010).

Existem três processos de fabricação do tubo de PEAD: o primeiro é extrusão no qual a resina PE fundida e extrudada sob alta pressão por uma máquina especial formando o tubo o qual segue para dentro de um tanque frio para resfriamento e solidificação do mesmo; o segundo é para fabricação de grandes diâmetros de tubos, o qual o processo de extrusão do perfil de parede por meio de um mandril rotativo; o terceiro é para perfil de parede corrugado, no qual uma fina parede de um bloco corrugado a vácuo desenha o perfil no tubo, o qual só pode ser usado para serviços à gravidade (NAJAFI, 2010).

O polietileno (PE) é um termoplástico poliolefínico derivado do gás eteno (hidrocarboneto olefínico) obtido com o cracking da nafta do petróleo. Por não usar plastificantes e outros aditivos, é considerado o polímero sintético menos perigoso em relação ao seu impacto ambiental durante a produção, uso e descarte (REVISTA TÉCHNE, 2004).

Algumas vantagens apresentadas pelos tubos de polietileno são: resistência a choques mecânicos, ações térmicas e de intemperismo, flexibilidade, baixa rugosidade, imunidade à corrosão e agentes químicos. Essas características acabam influenciando positivamente a sua aplicação em obra de saneamento por interferir na facilidade e na rapidez de manuseio e instalação das tubulações (BEVILACQUA, 2006).

Através da polimerização do etileno com catalizadores obtêm-se o termoplástico polietileno, sendo que quando a reação ocorre à baixa pressão, obtêm-se o polietileno de alta densidade. Para ocorrer à junção entre dois topos de tubo, podem ser utilizados os seguintes métodos: solda topo, solda por extrusão, solda soquete, solda de sela e junta mecânica (junta flangeada) (BEVILACQUA, 2006).

Tubo amplamente utilizado em obras de saneamento por ser considerado um material quimicamente inerte, atóxico, insípido e inodoro. Podem ser fabricadas com parede lisas ou corrugadas, sendo a primeira utilizada em tubulação em linha reta (inflexíveis) e a segunda quando ocorre curvatura ou em solos desnivelados, pois intensificam a resistência mecânica do tubo (REVISTA CONSTRUÇÃO, 2012).

Os tubos PEAD apresentam vida útil mínima de 50 anos e são disponibilizados em diâmetros que variam de 20 mm até 1.600 mm e pressões nominais variando entre 0,4 MPa a 2,0 MPa (REVISTA INFRAESTRUTURA, 2013).

Os tubos de polietileno podem ser fornecidos em barras de 6, 12 ou 18 m de comprimento ou em bobinas com comprimento de 50 m ou múltiplos deste. Os diâmetros externos normalizado no Brasil são DE 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1.000, 1.200, 1.400 e 1.600 mm (ABNT, 2007c).

Peças especiais podem ser fabricadas para ocorrer à união entre diferentes materiais, como por exemplo: luva de correr, transição PEAD x PVC, transição PEAD x DEFOFO, transição PEAD x aço, luva bipartida DEFOFO e torniquete (BEVILACQUA, 2006).

Quando tubos de PEAD são aplicados em redes de esgoto através de MND, para se evitar a ocorrência de flexão é importante observar: o valor da pressão externa no subsolo, a temperatura do esgoto transportado, os parâmetros geométricos e a propriedade do material do tubo (KULICZKOWSKA; GIERCZAK, 2013).

O local de estocagem depende do tipo do tubo a ser armazenado, mas independente disso deve possuir: declividade suficiente para escoamento da água pluvial, superfície firme para instalação de berços de madeira para acomodação dos tubos, isenção de agentes químicos que possam causar prejuízos. Se a tubulação for do tipo bobina, deve ser estocada sobre estrado de madeira considerando que tubos com diâmetro até 40 mm empilhamento máximo dez unidades de bobinas, se o diâmetro acima de 40 mm, empilhamento máximo de seis unidades de bobinas. Se a tubulação for do tipo barra, o empilhamento deve ser formado para que as barras com flange não sofram danos. É recomendável que a altura máxima de empilhamento seja de 2,10 m para PN 3,2, de 2,80 m para PN 4 e de 3,00 m para PN 6 a PN 16 (MOS, 2012).

O QUADRO 11 apresenta as principais vantagens e limitações que o material possui.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Resistência a corrosão interna e externa. Baixa fricção interna. Interior liso	Antigos materiais de PE estão sujeitos a tensão de ruptura ambiental devido ao embasamento impróprio e flexão local excessiva
Solda de topo cria uma junta contínua efetiva contra vazamentos	
Resistência à abrasão. Usa para o transporte areia ou cinzas volantes	Não pode ser localizado ao menos que seja enterrado com uma fita ou fio metálico
Alta ductibilidade e flexibilidade. Possui baixo peso em diâmetros pequenos. Tipicamente o raio mínimo de curvatura é 25-30 vezes o diâmetro do tubo	Necessita de mão de obra treinada e equipamento apropriado para realizar solda de ponta
Excelente resistência à fadiga e ao repetitivo aumento de pressão	Diâmetro interno é levemente menor que o de outros tubos apesar de possuir o mesmo diâmetro externo. Esta questão pode ser minimizada com o projeto correto
Alta resistência a falha causada pelo impacto, mesmo a temperaturas muito baixas	
Pode ser reparado utilizando junta mecânica e selim	Sensível a diferenças de temperaturas, resultando em expansão e contração, ao menos que seja limitado pelo solo após o tubo estar instalado e enterrado
Resistencia a falhas de alguns tipos de quebras como propagação rápida de rachaduras	
Difícil de quebrar mesmo sob ação de forças expansivas de congelamento da água	Usualmente os produtos coloridos não protegidos não podem ter mais que 5 anos de resistência a raios UV
PE com carbono preto possui uma resistência longa a raios UV	

QUADRO 11 – VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TUBO PEAD

FONTE: adaptado de NAJAFI (2010)

## 2.5 NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL

### 2.5.1 A Normatização na Alemanha

O Instituto Alemão para Normatização, *Deutsches Institut für Normung* (DIN), com sede em Berlim desde 1917, é a organização responsável pela normatização técnica na Alemanha.

A Associação Alemã para a Água, Águas Residuais e Resíduos, *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall* (DWA), é uma organização política e economicamente independente, atua especificamente nas áreas de água, águas residuais, resíduos sólidos e proteção do solo.

2.5.1.1 ATV-DVWK-M 143-1:2004 - Reabilitação de sistemas de drenagem no exterior de edifícios Parte 1: O básico [*Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 1: Grundlagen*]

O procedimento básico estabelece que para atender as construções alguns requisitos operacionais e ambientais dos sistemas de drenagem existentes devem ser determinados. Fossas e esgoto defeituosos ou hidraulicamente sobrecarregados são potenciais fontes de perigo em relação à inundação, desmoronamento e contaminação das águas subterrâneas e do solo. Investigações e planejamento de medidas de reparação devem cobrir toda a área de captação, sendo, portanto, capaz de considerar juntos todos os problemas e suas causas (ATV-DVWK-M 143-1, 2004).

Os requisitos de desempenho de um sistema reestruturado são semelhantes às de um novo sistema. Os seguintes pontos devem ser observados:

- Desempenho hidráulico;
- Seleção de materiais;
- Restrições às condições de acesso e instalação;
- Tratamento de ligações;
- Valor de conservação.

Ao determinar os requisitos de desempenho para a reorganização estrutural, deve-se observar no sistema a sua estabilidade, estanqueidade e confiabilidade (segurança operacional). Registros de eventos passados devem ser coletados para realizar uma avaliação detalhada para ajudar a comparar o atual funcionamento com os requisitos exigidos em norma. Após esta avaliação é possível decidir com base na extensão dos problemas, a dimensão do estudo que deve ser realizado sobre a bacia hidrográfica (ATV-DVWK-M 143-1, 2004).

Em várias bacias ou sub-bacias, investigações e medidas corretivas são necessárias. As prioridades para a solução dos problemas identificados nas bacias hidrográficas individuais podem ser fixadas com base na informação recolhida. Os resultados dos testes devem ser avaliados juntamente com as frequências de ocorrência, duração e quantidade das descargas de águas receptoras (ATV-DVWK-M 143-1, 2004).

O estado do sistema e, principalmente, o dano deve ser documentado de forma mais precisa possível. Danos localizados normalmente são fixados pela reparação. Danos recorrentes e extensos, em que a reparação não é mais possível, podem ser tratados tanto através da renovação quanto pela substituição. A decisão

de reparação, renovação e substituição poderá ser da ordem da carga hidráulica, exigências operacionais e a imagem do prejuízo (ATV-DVWK-M 143-1, 2004).

Quando se compara o custo da renovação com o da substituição, ainda largamente praticado em vala aberta, no início pode não parecer economicamente justificável, então outros critérios para a escolha da renovação podem ser decisivos, tais como (ATV-DVWK-M 143-1, 2004):

- Pouca ou nenhuma escavação;
- Curto período de construção;
- Redução de comprometimento do tráfego;
- Preservação da vegetação ou camada superficial;

É recomendado que seja incluído no custo indireto a análise na comparação de custos, cálculos como (ATV-DVWK-M 143-1, 2004):

- Custo de impedimento de trânsito;
- Custo de danos à vegetação;
- Custo por influência no comércio.

As possíveis soluções precisam ser avaliadas. A solução ideal é levar em conta os requisitos básicos como (ATV-DVWK-M 143-1, 2004):

- a) Fases de construção - é necessário verificar se a solução pode ser dividida em várias fases. A urgência das várias obras que podem ser alcançados com as fases de benefícios e redução de custos diferente, mudando para uma data posterior a ser considerada;
- b) Reciclagem de materiais - a possibilidade de reciclagem dos materiais utilizados na renovação e o resíduo resultante são levados em conta. Neste contexto inclui considerar a proteção do solo federal e áreas contaminadas;
- c) Coordenação com outras infraestruturas - os benefícios da coordenação do trabalho com outras medidas de infraestrutura devem ser respeitados;
- d) Desordem pública - a perturbação dos moradores locais e do público através de impedimentos de trânsito, poeira, barulho e outras fontes de interferência devem ser consideradas. Residentes e residentes locais devem ser informados em tempo hábil;

- e) Ônus da manutenção do futuro - os futuros custos de operação e manutenção do sistema de reabilitação devem ser considerados;
- f) Avaliação econômica - os custos e os benefícios servem para determinar o benefício adicional de uma solução em relação à outra;
- g) O custo total - deve contemplar todas as soluções (por exemplo o custo da perturbação pública) levando em conta os custos indiretos. Deve-se incluir o custo de todas as medidas provisórias e todos os custos de planejamento e fiscalização;
- h) Garantir a drenagem - a capacidade de drenagem durante a construção requer uma atenção especial, é crucial do ponto de vista técnico e econômico;
- i) Comprovação da adequação do processo de reabilitação física - a adequação do procedimento deve ser baseada nas condições locais. Os seguintes critérios podem ser consultados: propriedades mecânicas, estanqueidade, comportamento estrutural, resistência a agentes químicos, biológicos, ataque químico-biológico e à temperatura.

O acompanhamento da eficácia da reabilitação e da continuação do plano de desenvolvimento inclui os registros (*as built*) e o modelo hidráulico (ATV-DVWK-M 143-1, 2004).

#### 2.5.1.2 DIN EN 13508-1:2013 - Investigação e avaliação de sistemas de drenagem no exterior de edifícios Parte 1: Requisitos gerais - [*Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 1: Allgemeine Anforderungen*]

A norma especifica os requisitos gerais para a inspeção e avaliação da condição dos sistemas de drenagem, no contexto da gestão de canais integrados que são operadas principalmente por sistemas de gravidade (DIN, 2013).

A investigação e avaliação de um sistema de drenagem e de seus componentes é uma parte necessária do processo para determinar a condição e o desempenho do sistema, incluindo:

- a) Canais abertos, canais de superfície livre e estruturas especiais, bueiros, aberturas de inspeção, inundações provocadas por tempestades, lavatório e canais de saída;
- b) Equipamentos de bombeamento, incluindo as linhas de pressão, linhas a vácuo e equipamentos de monitoramento e controle;
- c) Voçorocas e estruturas relacionadas, desarenadores e separadores de líquidos leves.

Inclui a investigação do estado hidráulico, ambiental, estrutural e operacional do sistema. Isso deve ser feito de forma integrada, uma vez que os resultados devem incluir muitos mais estudos para cobrir todos os aspectos. É conveniente estabelecer o quadro analítico como escopo, incluindo (DIN, 2013):

- a) O âmbito geográfico da investigação;
- b) O nível de detalhe na investigação;
- c) Componentes do estudo do sistema;
- d) Aspectos de saúde e de desempenho;
- e) O âmbito da investigação para cada aspecto de desempenho;
- f) Interação com outras partes do sistema de drenagem;
- g) Influências externas sobre o sistema e seus componentes, como por exemplo, as condições do solo e as cargas de tráfego;
- h) Interações com outras infraestruturas;
- i) Capacidade de resistência do sistema.

O procedimento utilizado pelos programas de inspeções depende da finalidade da investigação. Os objetivos normalmente incluem (DIN, 2013b):

- a) Conseguir uma visão geral sobre o estado de todo o sistema - a amostra deve ser selecionada de modo que representem o sistema;
- b) Determinar os locais em que é necessária a reconstrução estrutural (reparação, renovação e substituição);
- c) Inspeccionar visualmente as partes do sistema em que as consequências como falha estrutural são mais fortes;

A avaliação do desempenho deve levar em consideração tanto a frequência quanto às consequências de cada tipo de falha de operação (DIN, 2013).

2.5.1.3 DWA-A 143-1:2013 - Reabilitação de sistemas de drenagem no exterior de edifícios Parte 1: Planejamento e acompanhamento das medidas corretivas - *[Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen]*

Os sistemas de drenagem possuem a tarefa de recolher e acumular de forma segura esgoto e água da chuva. Para o seu bom funcionamento foi criado um extenso conjunto de regras. Como característica importante é necessário observar (DWA-A, 2013):

- Desempenho hidráulico para minimizar os eventos de inundação;
- Manter boa condição estrutural ao longo de toda a vida útil desejada;
- Operação e manutenção da rede de drenagem, sem risco à saúde pessoal, incluindo a prestação de acessibilidade necessária e um espaço de trabalho adequado;
- Características de construção que minimizem o uso de energia durante a vida útil;
- Utilização de materiais de construção que minimizam a depleção de recursos finitos, tendo em conta a vida útil e o potencial para a reutilização ou reciclagem;
- Uso de equipamentos para construção e operação que atende às mais recentes exigências ambientais.

Um canal de gestão integrada implica em uma sequência de vários conjuntos coerente de etapas de processamento. Ele inclui a colocação de um planejamento de demanda e reação às medidas resultantes, bem como a comparação com as metas. As medidas resultantes são então planejadas e preparadas para execução, para posteriormente implementação. As etapas individuais cobrem diferentes horizontes de planejamento temporal, a partir de (DWA-A, 2013):

- Plano de recuperação: pelo menos 20 anos;
- Plano de reestruturação: cerca de 10 a 20 anos;
- Programa de medidas: cerca de 5 a 10 anos.

O plano inclui cada componente da rede de definição de medidas. O conceito não só inclui a determinação entre reparação, renovação e substituição,

como também a prioridade do restauro, período de reabilitação e o orçamento. A prioridade reabilitação surge da sobreposição de todos os aspectos relevantes, e indica a urgência da medida (DWA-A, 2013).

Os indicadores para a avaliação da eficácia das medidas dependerá dos objetivos prosseguidos pelo operador da rede. Estes devem ser definidos pelo operador de rede e usados como referência para testar a eficácia. As medidas devem ser atualizadas e mantidas de acordo com as observações (DWA-A, 2013).

#### 2.5.1.4 DWA-A 147:2014 - As despesas operacionais de canalização - Funções operacionais e frequências - *[Betriebsaufwand für die Kanalisation – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten]*

A operação e manutenção dos sistemas de esgoto representam tarefas fundamentais de saneamento. A norma de operação nomeia e descreve critérios e limites para a determinação da frequência da sua implementação. A aplicação da norma é para os operadores uma forma de garantir a segurança e o atendimento dos serviços em conformidade com os requisitos exigidos. O objetivo é servir como guia para o operador identificar os critérios e as suas frequências para determinar o escopo necessário (DWA-A, 2014).

O foco da norma é a descrição dos trabalhos de manutenção e inspeção, sendo que a decisão toma como base o impacto e o defeito presente, determinando a urgência do escopo de reparação. Há uma infinidade de informações que constituem a base e estrutura para a sua implementação, estes incluem (DWA-A, 2014):

- Planejar, monitorar, documentar e avaliar as atividades de operação e manutenção;
- Auxiliar na implementação do planejamento e construção;
- Criação e manutenção de registros de inventário e operação de instruções;
- Serviço de emergência;
- Manutenção de veículos e outros equipamentos de trabalho;
- Aquisição de materiais;

- Atribuição e gestão de serviços externos;
- Eliminação de resíduos;
- Manutenção do depósito;
- Qualificações e formação de pessoal;
- Instrução das normas de saúde e segurança;
- Atividades gerais e administrativas.

Outro pré-requisito essencial para o planejamento sistemático é o controle de documentação de obras operacionais, eles devem estar completos, atualizados e disponíveis ao público para investigação. Portanto, uma das tarefas mais importantes de um operador é criar os requisitos organizacionais e manter os registros de investigação (DWA-A, 2014).

Dependendo do tamanho e do tipo de equipamento para manutenção e operação do sistema de esgoto, o operador deve estar de acordo com as exigências legais, ou seja, devidamente qualificado para trabalhar com o equipamento. Para isso existem instruções especiais, procedimentos escritos e requisitos de saúde e segurança que devem ser atendidos (DWA-A, 2014).

#### 2.5.1.5 DWA-M 149-3:2014 - Detecção de estado e avaliação dos sistemas de drenagem no exterior de edifícios Parte 3: Avaliação por inspeção visual - *[Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion]*

A norma é uma ferramenta para avaliar o estado dos sistemas misto de drenagem no exterior de edifícios, alcançar resultados que possam ser comparáveis e ranquear os trechos problemáticos pelos seus estados. A sua aplicação conduz à padronização das operações e sequência atual de medidas para a utilização eficaz dos recursos disponíveis (DWA-M, 2014).

Para isso é necessário uma avaliação interna do atual estado da rede para verificar se as condições básicas de operação estão de acordo com os requisitos estabelecidos quanto à estanqueidade, estrutura e confiabilidade. Resumidamente, a necessidade de remanejamento depende das exigências determinadas, da condição de contorno e da avaliação do estado da tubulação (DWA-M, 2014).

Inicialmente é levantado o maior número de informações possíveis sobre a rede em análise: croqui de localização, tipo de perfil, diâmetro nominal, tipo de material, ano de construção, medidas de reparação, tipo do solo circundante, nível da água subterrânea, condição da tubulação, cálculo da vazão hidráulica, entre outros aspectos operacionais (DWA-M, 2014).

A etapa seguinte é uma avaliação mais precisa e realista da rede, por meio de uma filmagem interna no qual o operador habilitado e treinado deve observar nitidamente os danos encontrados na rede, localiza-los, quantifica-los e codifica-los conforme a norma. O processo permite o uso de computadores como uma ferramenta para uma sequência economicamente eficaz, mas exige um processo de engenharia de etapas de trabalho individuais e uma revisão dos resultados globais para garantir a qualidade. A classificação rigorosa cria as condições para uma comparação e uma aplicação da regulamentação adequada. As seis classes de estado para a classificação dos defeitos são definidos conforme a sua gravidade em (DWA-M, 2014):

- Classe 0 = deficiência muito grave (perigo iminente);
- Classe 1 = deficiência severa;
- Classe 2 = deficiência moderada;
- Classe 3 = pequenas falhas;
- Classe 4 = pequenos defeitos;
- Por razões computacionais, a classe 5 foi criada e adicionada para as tubulações livres de defeitos.

A classificação do estado deve considerar as seguintes características em função das necessidades do sistema de drenagem (DWA-M, 2014): tipo do dano (código) e extensão do dano (quantificação e implantação).

O resultado da avaliação do estado é retido pela atribuição de pontos, ou pesos em diferentes categorias, ou por indicadores prioritários. Uma lista de prioridades é gerada e apresenta a pontuação total atingida, ocorrendo um ranqueamento dos trechos. O resultado do processamento das variáveis levantadas muda conforme a lista de deficiências observadas, sendo que quanto maior a gravidade e quantidade do dano existente, maior é a urgência na execução do remanejamento da rede (DWA-M, 2014).

2.5.1.6 Regulamento do Ministério do Meio Ambiente sobre o autocontrole de estações de tratamento de águas residuais (regulação de autocontrole EKVO) - [Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung EKVO)]

O *Eigenkontrollverordnung* (EKVO) é um decreto que apresenta informações obrigatórias a serem seguidas pelas empresas que operam o sistema de esgotamento sanitário das cidades do estado de Baden-Württemberg na Alemanha. Nele está incluso os requisitos para o automonitoramento de estações de tratamento efluentes municipais, tratamento de águas pluviais e sistemas de drenagem de águas pluviais e de efluentes (EKVO, 2001).

Segundo o EKVO as redes coletoras de esgoto devem ser periodicamente verificadas e avaliadas se estão em conformidade com a regra proposta. Caso seja encontrada uma irregularidade na rede, correções devem ser realizadas o mais breve possível buscando o melhor custo benefício. Deve ser levado em consideração as frequências de inspeções estabelecidas no QUADRO 12, o qual institui que nas tubulações de sistema misto e de águas residuais, que não tenham sido reabilitadas, o prazo máximo para inspeção periódica é de 10 anos (EKVO, 2001).

<b>Tipo</b>	<b>Localização/ Estado</b>	<b>Áreas de proteção de água</b>	<b>Completamente refeito ou sem dano</b>	<b>Não reabilitado</b>
<b>Tubulações de sistema misto e de águas residuais</b>		10 anos (zonas I e II) <sup>1</sup>	15 anos	10 anos
		15 anos (zona III)		
<b>Tubulações de água de chuva cuja água requer tratamento</b>		15 anos	20 anos	15 anos

QUADRO 12 – PRAZO MÁXIMO DE INSPEÇÕES PERIÓDICAS

FONTE: adaptado de EKVO (2001)

NOTA: (1) Áreas de proteção de água que visa não só garantir a água pura natural como também proteger o meio ambiente e os consumidores. Existem três zonas de proteção:

- Zona I: área em volta ao poço;
- Zona II: área próxima ao poço;
- Zona III: área mais afastada do poço.

Sendo que o tamanho da zona de proteção é definido individualmente a partir das condições hidrogeológicas locais (DEUTSCHLAND, 2015).

2.5.2 A Normatização no Brasil

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) entidade privada, sem fins lucrativos que desde 1940 é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, é representante oficial no Brasil das seguintes entidades internacionais: ISO (*International Organization for Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*); e das entidades de normalização regional COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas) e a AMN (Associação Mercosul de Normalização).

#### 2.5.2.1 ABNT NBR 7968:1983: Diâmetros nominais em tubulações de saneamento nas áreas de rede de distribuição, adutoras, redes coletoras de esgoto e interceptores

Esta norma possui o objetivo de padronizar os diâmetros nominais a serem utilizados nos projetos e na fabricação de tubos, conexões, aparelhos e acessórios. Define Diâmetro Nominal (DN) como sendo o diâmetro interno da tubulação e deve ser expresso em milímetros (mm). Para coleta e afastamento de águas residuais são utilizados os seguintes diâmetros nominais: 100, (125), 150, 200, 250, 300, (375), 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.200, 1.300, 1.400 e 1.500. Os diâmetros que estão entre parênteses devem ser evitados para futura eliminação (ABNT, 1983).

#### 2.5.2.2 ABNT NBR 9648:1986: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário

Esta norma possui o objetivo de fixar as condições necessárias para estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário do tipo separador absoluto para desenvolvimento de projeto de todas ou qualquer das partes que os constituem. Nela consta as nomenclaturas e definições dos principais termos utilizados nos sistemas de esgoto sanitário. Também define requisitos mínimos e atividades a serem levantadas para elaboração do estudo. Para melhor eficácia do estudo, a norma recomenda que sejam levantadas as características físicas da região como (ABNT, 1986):

- Relevo do solo (acidentes geográficos);
- Série histórica meteorológica (temperatura, ventos, insolação, evaporação e chuvas);
- Informações geológicas (classificação do tipo de solo e nível do lençol freático);
- Série histórica fluviométrica (vazões e níveis de enchentes dos cursos de água);
- Estudo dos corpos receptores existentes e prováveis para avaliação dos efeitos do esgoto sanitário.

Além disso, para a viabilidade do estudo deve-se: levantar os dados demográficos e sua distribuição espacial na região, verificar acessos existentes, conformar a existência de mão de obra local para construção do sistema, verificar a disponibilidade de energia elétrica, verificar a existência de cadastro das redes já existentes, acessar o plano diretor e as legislações vigentes no local. O estudo deve contemplar as condições naturais do terreno e não as divisões políticas impostas, além de considerar a saturação urbanística e incluir as zonas de expansão (ABNT, 1986a).

#### 2.5.2.3 ABNT NBR 9649:1986: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário

Esta norma possui o objetivo de fixar as condições necessárias para elaboração de projeto hidrossanitário de redes coletoras de esgotamento sanitário com funcionamento por gravidade. Nela consta as nomenclaturas e definições dos principais termos utilizados em projetos de redes coletoras de esgoto sanitário. Define também os requisitos e as atividades a serem levantadas para a elaboração do dimensionamento hidráulico do projeto. Para melhor eficácia do projeto a norma recomenda que (ABNT, 1986b):

- Vazão mínima a ser adotada em qualquer trecho do projeto é 1,50 L/s;
- Menor diâmetro do tubo a ser empregado é DN 150 mm;
- Declividade máxima admissível é na qual a velocidade final é no máximo de 5 m/s;

- Escoamento máximo admissível deve ser igual ou inferior a 75% do diâmetro nominal do coletor;
- Deve-se construir poços de visita na rede em pontos de mudança de direção, de declividade, de diâmetro e de material;
- Deve-se colocar tubo de queda quando o coletor afluente apresentar degrau maior ou igual a 0,60 m.

Para os trechos de rede devem-se estimar as vazões inicial ( $Q_i$ ) e final ( $Q_f$ ), para o dimensionamento da rede coletora de esgotos deve seguir as seguintes equações:

$$Q_i = K_2 \cdot Q_i + Q_{inf.i} + \sum Q_{ci} \quad (1)$$

$$Q_f = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_f + Q_{inf.f} + \sum Q_{cf} \quad (2)$$

onde:

$Q_i$ : Vazão máxima inicial (L/s);

$Q_f$ : Vazão máxima final (L/s);

$K_1$ : Coeficiente de máxima vazão diária;

$K_2$ : Coeficiente de máxima vazão horária;

$Q_i$ : Vazão média inicial (L/s);

$Q_f$ : Vazão média final (L/s);

$Q_{inf.i}$ : Vazão de infiltração inicial (L/s);

$Q_{inf.f}$ : Vazão de infiltração final (L/s);

$Q_{ci}$ : Vazão concentrada ou singular inicial (L/s);

$Q_{cf}$ : Vazão concentrada ou singular final (L/s).

Para garantir a autolimpeza, cada trecho da rede deverá ter uma tensão de arraste média igual ou superior a 1,0 Pa, calculada para vazão inicial ( $Q_i$ ). A declividade mínima que satisfaz essa condição pode ser determinada pela equação definida abaixo, sendo válida apenas para coeficiente de Manning igual a 0,013.

$$I_{min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47} \quad (3)$$

onde:

$I_{min}$ : Declividade mínima (m/m);

Qi: Vazão inicial (L/s).

#### 2.5.2.4 ABNT NBR 9814:1987: Execução de rede coletora de esgoto sanitário

Esta norma possui o objetivo de fixar as condições necessárias para execução de rede coletora de esgoto sanitário com tubos pré-fabricados de seção circular. Nela consta as nomenclaturas e definições dos principais termos utilizados além de anexos com figuras que detalham a execução de redes coletoras de esgoto sanitário. A norma orienta que a execução da obra deve seguir rigorosamente os projetos aprovados, os serviços devem ser acompanhados e fiscalizados por profissionais habilitados e a obra deve estar de acordo com os requisitos de segurança, higiene e medicina do trabalho exigido pela legislação. Para melhor eficácia de execução da obra a norma recomenda que (ABNT, 1987):

- Localização: reconhecer o local de implantação da obra e adensar a rede de referência de nivelamento (RRNN);
- Sinalização: proteger e sinalizar bem a obra para evitar a ocorrência de acidentes;
- Pavimentação: a remoção do pavimento deve ser executada na largura da vala acrescida de 0,20 m em cada lado da vala, se a rede for localizada no leito da rua e apenas 0,05 m de cada lado, se a rede for localizada no passeio;
- Escavação: executar de jusante à montante seguindo a linha de eixo, sendo a dimensão mínima de 0,60 m até 2,00 m de profundidade, e adicionar 0,10 m de largura para cada metro de profundidade excedido do mínimo;
- Escoramento: utilizar a critério da construtora variável pelo tipo do solo e profundidade da vala;
- Esgotamento: drenar o terreno caso seja atingido o nível do lençol freático;
- Assentamento: executar um berço de apoio para a instalação do tubo dependendo do tipo de solo e do material a ser instalado;

- Envolvimento: utilizar material de boa qualidade no envolvimento lateral do tubo, sendo realizado em camadas de no máximo 0,10 m de espessura e com compactação manual;
- Juntas: depende do tipo de material a ser aplicado;
- Reenchimento: compactação manual da primeira camada de 0,30 m acima do coletor, o restante da vala até atingir o nível da rua/calçada, segue com compactação mecânica com espessura de camada no máximo de 0,20 m;
- Poço de visita: executar ou instalar o conjunto contendo laje de fundo, câmara de trabalho, peça de transição, câmara de acesso e tampão;
- Ligações prediais: executar simultaneamente com a rede coletora, declividade mínima de 2% e diâmetro DN 100 mm;
- Ensaio de estanqueidade: realizar entre dois PV consecutivos antes do reenchimento da vala, para verificar a estanqueidade da tubulação com teste hidráulico ou de fumaça;
- Cadastro: desenhar em planta e em perfil a rede implantada incluindo as derivações utilizadas.

#### 2.5.2.5 ABNT NBR 12266:1992: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana

Esta norma possui o objetivo de fixar as condições necessárias para elaboração de projeto e execução de valas para assentamento de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana, além de estabelecer critérios de posicionamento de vala nas vias públicas. Nela consta as nomenclaturas e definições dos principais termos utilizados em projetos e execução de redes de saneamento (ABNT, 1992).

Nos projetos a norma indica detalhes e condições que devem estar presentes, além de definir que para valas localizadas no passeio a rede de água deve estar a 0,50 m e a rede de esgoto a 0,80 m do alinhamento predial, sendo a distância mínima entre as duas redes de 0,60 m e que a rede de água fique no mínimo 0,20 m acima da rede de esgoto. O projeto deve dar as diretrizes para a execução da obra indicando: dimensionamento da vala, tipos de métodos de

escavação, processos de esgotamento a ser adotado, preparo do fundo da vala mais adequado, especificação do material de reaterro e o tipo de acabamento a ser implantado (ABNT, 1992).

Para a execução de valas a norma indica itens importantes a serem seguidos para se evitar problemas, entre eles estão: reconstituição da locação e renivelamento da obra seguindo o projeto, sinalização de acordo com as normas, como proceder para: remoção do pavimento, inicialização da escavação, adoção do escoramento indicado em projeto, realização do esgotamento se necessário, reaterro e adensamento até 0,50 m acima da geratriz superior de forma manual, remoção do escoramento e reposição do pavimento seguindo as exigências municipais e limpeza geral da obra (ABNT, 1992).

## 2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM A TOMADA DE DECISÃO

### 2.6.1 Custo

A influência da sociedade no desenvolvimento de infraestrutura subterrânea, preocupações com o meio ambiente e com as tendências econômicas, têm resultado no avanço de tecnologias mais eficientes, ambientalmente corretas e custo-efetivas na construção e renovação de tubulações. Devido ao aumento de congestionamento em ambientes urbanos acima e abaixo do solo, a demanda por métodos construtivos mudou. Em áreas densamente desenvolvidas, não mais é permitido à instalação de infraestruturas pelo método tradicional de construção com vala aberta. A demanda por métodos que minimizem a interrupção e destruição das superfícies está se tornando cada vez mais importante. Com os últimos desenvolvimentos de tecnologias não destrutivas e o aumento da competição, o custo local da construção associado à instalação da tubulação com MND pode custar menos que o método tradicional (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

As redes utilitárias envolvem muitos tipos de serviços que aumentam à medida que a cidade vai crescendo. Cidades pequenas e antigas podem ter várias linhas utilitárias aéreas, mas a tendência é de que as novas linhas sejam subterrâneas, exceto em áreas rurais. Como resultado, o subsolo urbano tem se tornado um conglomerado de linhas utilitárias, incluído serviços de telefone, de eletricidade, de gás, de tevê a cabo, de fibra óptica, de circuito dos semáforos, de

circuito de iluminação da rua, de instalação de drenagem e controle de enchente, de tubulação de água e de esgoto. Em alguns lugares, é possível encontrar também no subsolo tubulações de gás e óleo, linhas de comunicação de defesa nacional e túneis de rodovias e ferrovias (STERLING *et al.*, 2008).

O custo efetivo da construção de um projeto de rede requer um entendimento claro de todos os fatores de custo associados com a condição específica do projeto. A categoria desses custos inclui: planejamento e engenharia (também chamado como custo pré-construção), direto, indireto, social (custo da construção) e pós-construção (também chamado como custo de operação e manutenção). Normalmente na hora da concepção do projeto não são levados em conta o custo social e de pós-construção, contudo, o custo no ciclo de vida do projeto (o custo total desde o início até a sua demolição) deve incluir os três custos mencionados (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

O QUADRO 13 apresenta um comparativo entre os custos na fase de pré-construção, de construção e de pós-construção.

<b>PRÉ-CONSTRUÇÃO</b>	<b>CONSTRUÇÃO</b>	<b>PÓS-CONSTRUÇÃO</b>
Plano conceitual, risco e análise de impacto	Custo direto de construção (mão de obra, material e equipamento)	Perda de rendimento devido a reparos emergenciais
Aquisição do terreno		
Levantamento e documentação das condições existentes do local	Custo indireto de construção (despesas gerais)	Operação
Servidão	Custo com inspeção e testes	Manutenção
Licenças	Custos sociais	Depreciação
Taxas de projetos e preparação do contrato de projeto		
Taxas legais		

QUADRO 13 – CUSTO DO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO

FONTE: adaptado de MOHAMMAD e GOKHALE (2004)

É importante ressaltar que decisões feitas na fase de pré-construção podem ter um impacto significativo no custo de ciclo de vida do projeto. Pode-se citar como exemplo que as tecnologias não destrutivas podem proporcionar vantagens como realinhamento e encurtamento do caminho global de uma rede, deste modo reduzir o número de PV e/ou eliminar a necessidade de estações elevatórias, consequentemente reduzindo o custo do ciclo de vida do projeto (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004,).

Na FIGURA 1 é possível perceber a diferença existente na composição dos custos para execução de projeto por MD e por MND. No MD o valor do custo social representa 40%, a mão de obra 30% e o material 10% do valor total de aplicação, enquanto que no MND o valor do custo social representa 5%, a mão de obra 40% e o material 35%.

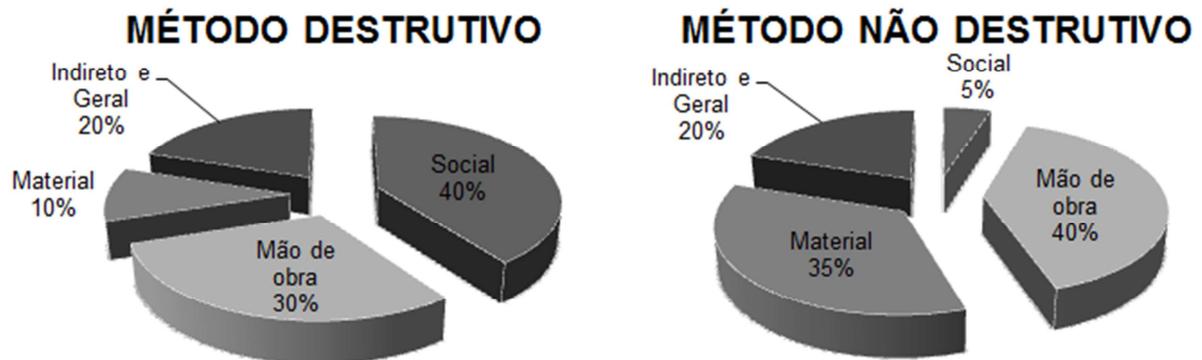


FIGURA 1 – COMPOSIÇÃO DO CUSTO PARA PROJETOS DE TUBULAÇÃO COM DIFERENTES MÉTODOS CONSTRUTIVOS

FONTE: adaptado de MOHAMMAD e GOKHALE (2004)

Os custos diretos envolvem a mão de obra, materiais, os subcontratados e equipamentos, que estão diretamente envolvidos na construção do projeto. Deve contemplar escoramento, guarda-corpo de segurança, bomba para desaguamento, material da tubulação, custo da mão de obra, remoção do dano, reaterro e compactação e aí por diante. Estudos mostram que em projetos com vala aberta a movimentação de solo e a necessidade de reestabelecer a superfície, são itens que podem chegar a 70% do custo total do projeto (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

Os custos indiretos são aqueles que não são diretamente aplicados à construção da tubulação, sendo normalmente custos fixos sobre todo o tempo do projeto. Incluem custos com escritório, taxas, redes temporárias, supervisão de campo, controle de tráfego e seguro. Os custos indiretos são normalmente calculados com a adição de uma porcentagem sobre os custos diretos. O custo indireto é totalmente dependente da duração do projeto sendo seu crescimento diretamente proporcional ao aumento da duração do projeto (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

Os custos sociais de construção incluem o inconveniente ao público em geral, dano ao meio ambiente e nas estruturas existentes. Os custos sociais estão se tornando cada vez mais importantes à medida que aumenta a conscientização da

população com a necessidade de preservar e proteger o meio ambiente e com a preocupação com o fator de qualidade de vida. Se os custos sociais são avaliados e incluídos no custo geral do projeto, os métodos não destrutivos podem provar que são mais rentáveis que o método destrutivo (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

Os custos pós-construção incluem operação, manutenção, depreciação e perda de renda devido a reparos emergenciais. A falta de recurso estratégico adequado para gerenciamento e manutenção causa custo adicional de reparo emergencial, que pode muitas vezes ser maior que o custo planejado para manutenção e renovação. Os custos de operação e manutenção podem ser menores para MND devido a curta duração do serviço e melhor qualidade do tubo que usualmente são aplicados com essa tecnologia (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004).

#### 2.6.2 Análise do solo

Como resultado da interação entre fatores (material, clima, relevo e tempo) e processos pedogenéticos (adição, remoção, transformação e transporte), ocorre a formação do solo. A constituição mineralógica do solo influencia a sua estrutura, a sua porosidade, a estabilidade de seus agregados e a suscetibilidade à erosão (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2011).

A sondagem de simples reconhecimento com ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) é a forma de investigação geológica mais utilizada para avaliação da capacidade de carga do substrato para projetos de fundação no Brasil. Além disso, por meio deles é possível definir o tipo do solo e a profundidade do lençol freático na região analisada. Os solos são constituídos por vários tipos de partículas sendo essencialmente classificadas como (PINTO, 2006):

- Argila: granulometria inferior a 0,005 mm. Quando úmida apresenta grande plasticidade, podendo ser moldada facilmente e quando seca apresenta boa coesão sendo dificilmente desagregável à pressão. Pode ser classificada quanto pela sua plasticidade (gordas ou magras), textura (grossa, média e fina) e consistência em sua umidade natural (muito mole, mole, médias, rijas e duras).

- Silte: granulometria varia entre 0,005 mm e inferior a 0,05 mm. Apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e quando seco apresenta pouca coesão sendo facilmente desagregável à pressão. Pode ser classificado quanto a sua textura e compactidade.
- Areia: granulometria varia entre 0,05 mm e inferior a 4,8 mm. Solo coesivo e não plástico que pode ser classificado quanto a sua textura (grossa, média e fina), compactidade (fofa, medianamente compacta e compacta) e formato dos grãos.
- Pedregulhos: granulometria varia entre 4,8 mm e inferior a 76 mm. São formados por minerais ou partículas de rocha e caracterizados pela sua textura, compactidade e formato dos grãos.
- Rocha: granulometria maior a 0,76 mm. É composto predominantemente por rocha sã, cujos materiais apresentam brilho, sem sinais de estágio de alteração e com alta resistência (OLIVEIRA; BRITO, 1998).
- Solo orgânico: solo presente em pequenas espessuras em todos os perfis. Composto pela mistura de areia, silte e argila em proporções variadas contendo uma grande quantidade de matéria orgânica decomposta (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

É possível existir uma mistura entre solos, por exemplo, um solo argilo-siltoso, pela nomenclatura é possível identificar que o solo possui característica tanto da argila quanto do silte, mas a predominância nas características é o do primeiro nome a ser escrito, neste caso a argila.

O solo e subsolo de Curitiba são do período Quaternário, que engloba a época do Pleistoceno e Holoceno, sendo composto essencialmente por rochas duras de magmáticos e diabásios. Desta forma, a bacia sedimentar de Curitiba é dividida, basicamente, em três grandes grupos (TALAMINI NETO, 2001):

- Formação Guabirota: É o grupo com maior presença sendo localizado na porção centro-oeste. Nível do lençol freático varia entre 1 a 5 m. Composto principalmente por argilas cinza, sobre adensadas e fraturadas, que apresentam baixa compressibilidade e baixas resistências devido à baixa coesão quando desconfinadas;

- Aluviões: Localizado de forma espalhada no município. Devido a sua alta permeabilidade, possui um alto nível do lençol freático necessitando normalmente de drenagem. Composto principalmente por areias, siltes e uma pequena porção de argila orgânica, que costumam apresentar problemas de estabilidade quando escavados devido à ausência de coesão ou baixo ângulo de atrito ou comportamento de fluidez quando saturado.
- Embasamento: Localizado na porção norte-oeste e sul-oeste. Nível do lençol freático varia entre 2 a 5 m Devido a sua formação ser a partir de alteração de rochas de embasamento, apresenta grande variação de granulometria no seu perfil e conseqüentemente grande oscilação no valor de coesão e ângulo de atrito. Composto por migmatitos na ocorrência de areia siltosa ou silte arenoso e por diabásios com solos residuais argilosos. Estes últimos são considerados bons para escavação por permanecerem estáveis em cortes altos e com elevada inclinação.

Desta forma, em quase toda a extensão do município de Curitiba, as camadas superficiais são constituídas por sedimentos inconsolidados da Formação Guabirota. Isso significa que além dos problemas de instabilidade lateral na abertura de trincheiras, ocorre também uma grande heterogeneidade litológica que dificulta ainda mais as obras de engenharia (FIORI; SALAMUNI, 2012).

### 2.6.3 Efeitos sociais e impactos ambientais

Comparando-se o MD com o MND, normalmente o primeiro é mais barato se adotado apenas o custo direto, ficando bem mais caro quando adicionado o custo indireto, o social e o ambiental. Para que esta comparação ocorra da maneira mais correta, é necessário garantir que a existência dos três pilares da sustentabilidade (fator econômico, fator social e fator ambiental), contabilizando custo, benefícios e resiliência (ROGERS; KNIGHT, 2014).

Os principais custos sociais para o método tradicional com abertura de vala incluem (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004):

- Interrupção de tráfego de veículos: o uso de vala aberta em vias pavimentadas causa atraso no trânsito e congestionamento. A população é quem paga pelo tempo a mais perdido no trânsito ou em caminho por rotas alternativas. Escavações na superfície se tornam mais caras em áreas comerciais por possuírem grande fluxo de veículos e pessoas. Além do tempo extra, deve-se incluir no custo da interrupção do tráfego o custo com o combustível extra, com a manutenção/reparo e com a depreciação do veículo. O custo com a interrupções no tráfego, atrasos e desvios podem chegar a superar o custo total da construção.
- Dano no pavimento de vias: corte causado nos pavimentos aumenta a rugosidade na sua estrutura, tanto na área de corte quanto ao seu redor, sendo este considerado a maior porção de custo social. A abertura de valas causa uma descontinuidade no pavimento. Um pavimento rugoso pode rapidamente se tornar uma falha estrutural por permitir um ressalto na passagem dos veículos causado por carregamento maior no pavimento. Muitas vezes, devido a técnicas simples de restauração feita no pavimento, o mesmo serviço terá que ser repetido dentro de poucos anos. Isso não apenas aumenta o custo do serviço, como também reduz a vida útil do pavimento entre 30% a 50%. Após alguns estudos foi comprovado que os pavimentos que sofreram cortes para passagem de tubulação se deterioram mais rapidamente que os pavimentos que não foram cortados.
- Dano às tubulações/estruturas existentes: a possibilidade de danificar uma tubulação/estruturas existente no subsolo é a maior preocupação do executor. Em caso de dano a uma utilidade adjacente, o custo do serviço de reparação será adicionado ao custo de projeto. Sem mencionar que redes de cabeamento elétrico, linha de gás e tubulação de oleodutos que estão enterrados, representam um risco em potencial para a segurança da equipe local de trabalho e à população em geral. Usando-se o planejamento apropriado, o método e equipamento construtivo adequado, um bom localizador de tubulações e procedimentos de segurança, a possibilidade de dano às utilidades adjacentes serão minimizadas.

- Barulho e vibração: ocorrem quando, é necessário quebrar a superfície existente dos pavimentos e calçadas, sendo necessária a utilização de máquinas pesadas como martelo pneumático, perfuratriz e escavadeiras, equipamentos que produzem barulhos e vibrações que podem levar ao incômodo e queixa por parte da população.
- Equipamentos pesados e poluição do ar: a abertura de valas com a utilização de equipamentos pesados e caminhões produzem condições de poeira. Existem preocupações sérias com a saúde associada à poeira resultante de uma perturbação pública. Este problema é ainda mais complicado em áreas críticas (como escolas e hospitais), áreas centrais e comerciais que possuem grande urbanização. Equipamentos pesados de construção poluem o ar por gerarem os três maiores gases poluentes: hidrocarboneto, óxido de nitrogênio e monóxido de carbono. O veículo motor também emite uma grande quantidade de dióxido de carbono, que possui alto potencial de captura do calor e influencia o aquecimento global. Adicionalmente, o gasto com o combustível utilizado em equipamentos pesados para escavação, compactação, transporte e reaterro, é muito maior do que o utilizado nos MND.
- Segurança do pedestre: em alguns casos, durante a construção com abertura de vala, o trânsito é desviado para áreas mais residenciais. O tráfego adicional em ruas residenciais, quando usadas como rotas alternativas de desvios, é um risco em potencial para a população local. Além disso, valas abertas e cortes nos pavimentos são perigos em potencial para pedestres, especialmente para pessoas idosas e crianças.
- Perda de comércio e negócios: construções em áreas comerciais são associadas à perda de vendas em comércio local. As pessoas tentam evitar ao máximo frequentar áreas durante obras, o que pode ocasionar em fechamento de lojas e outros tipos de comércios durante o período de obra.
- Danos às rotas de desvio: ruas residenciais não são compatíveis e projetadas para receber tráfego intenso de veículos que foram

desviados devido à existência de uma obra. O trânsito pesado diminui a vida útil do pavimento devido aos danos causados à sua estrutura, sendo um custo adicional que deverá ser desembolsado pela Prefeitura.

- Segurança pública e na obra: acidentes relacionados a operários e transeuntes em geral ocorrem com maior frequência em obras com vala aberta. Colapso da parede escavada e em escavação é o acidente mais relatado em construção de vala aberta.
- Reclamação de cidadãos: interrupção na vida normal dos residentes e comerciantes gerando reclamações às autoridades. Poeira e barulho são os maiores itens de reclamação do público durante atividades que envolvem a abertura de vala. Já atrasos no trânsito e aumento do tempo de espera devido ao fechamento de uma pista, frustram as pessoas que por ali passam.
- Impacto ambiental: serviços de construção que devem ser realizados próximos a áreas ambientais sensíveis como várzea, áreas verdes com bastante árvore, rios, nascentes, parques públicos, APP e locais históricos, requerem esforços especiais. Às vezes, danos causados a essas áreas sensíveis durante a construção com abertura de vala, são irreversíveis. Danos causados a essas áreas são levados a sério por advogados ambientais e a população em geral, resultando no aumento do fardo administrativo durante os trabalhos nessas áreas.

Partindo do princípio que métodos não destrutivos normalmente requerem a escavação de pequenos poços de entrada e de saída ou, até mesmo, utilizam poços de visita ou acessos já existentes, normalmente possuem menor custo ambiental e social quando comparados com o método tradicional de abertura de vala (KNIGHT *et al.*, 2008).

Poluentes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), total de componentes orgânicos (TOC) e óxido sulfúrico (SO<sub>x</sub>) são identificados pelo Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) como produtos emitidos de equipamentos motores. O resultado revelou que obras que utilizam o MD possuem significativamente maior emissão de gases comparados aos MND (ARIARATNAM; SIHABADDIN, 2008).

Significativa interrupção no tráfego é causada quando serviços de construção são realizados em áreas desenvolvidas. Dependendo da natureza da obra, uma ou várias faixas da rua podem ser fechadas, a largura da faixa ou do acostamento pode ser reduzida, ou o fechamento completo de toda a rua para o tráfego de veículos pode ser necessário. Essas condições das ruas podem normalmente causar redução de velocidade dos veículos e longas filas de congestionamento. Quando a rua é fechada completamente, o trânsito deve ser desviado por uma rota alternativa, o que ocasiona o percurso de maiores distâncias, sendo que o desvio deve acomodar um maior volume de veículos associados com redução de velocidade. Conseqüentemente, pode-se concluir que em zonas próximas de obras, o regime de emissão de CO<sub>2</sub> irá aumentar (KNIGHT *et al.*, 2008).

O volume total de consumo de combustível fóssil é determinado pela quantidade estimada de tempo de queima de combustível pelo equipamento de construção multiplicado pelo consumo de combustível de 40 L/h. Foi feito um estudo de caso entre três diferentes planos de controle de tráfego para instalação de uma nova rede de esgoto com 250 m de comprimento e DN 300 mm sob uma rodovia, pode ser concluído que (KNIGHT *et al.*, 2008):

- O uso de MND para a instalação da tubulação sob a rodovia pode resultar na redução de 80% a 98% da emissão de gases do efeito estufa quando comparados com MD;
- Esta redução em sua maioria é gerada pela redução de atrasos no trânsito, menor tempo de execução do projeto e menor uso de equipamentos pesados para construção;
- O atraso no trânsito é a maior fonte de emissão de gases do efeito estufa, especialmente em estradas com grande volume de tráfego;

Para reduzir os custos sociais, abaixo são colocados alguns tópicos a serem mensurados (MOHAMMAD; GOKHALE, 2004):

- Planejar de forma realista a duração dos projetos. Prazos muito curto ou muito longo vão aumentar o custo social desnecessariamente;
- Selecione licitações que possuem métodos com menor custo social;
- É importante planejar e programar um projeto. Trabalhar durante o fim de semana e feriados em locais comerciais e durante a semana em

residenciais é a melhor opção. Para locais residenciais melhor evitar iniciar obra antes das 8:00 horas e terminar após as 18:00 horas;

- Tomar medidas para reduzir a ocorrência barulho, poeira e vibração;
- Considerar as necessidades especiais da comunidade do entorno da área de trabalho para o planejamento da obra;
- Informar a população sobre o progresso dos serviços. Antes, durante e depois da conclusão dos trabalhos;
- Após a conclusão de um projeto, fazer uma pesquisa para encontrar áreas problemáticas e elaborar ações corretivas para trabalhos futuros.

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão para aplicação de métodos não destrutivos na substituição de rede coletora de esgoto, foi necessário analisar o procedimento existente para investigação, avaliação e decisão do tipo de remanejamento a ser executado na tubulação das redes coletoras de esgoto existentes.

A pesquisa analisou os procedimentos existentes para reabilitação da tubulação de esgoto e tomada de decisão na cidade de Stuttgart/Alemanha e em Curitiba/Brasil. Após ter sido verificado a não existência de um procedimento padrão em nenhuma das cidades, sendo dependente da experiência do engenheiro e da situação encontrada em campo, propôs-se uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão entre as opções existentes em Curitiba. A FIGURA 2 apresenta um fluxograma de auxílio à distinção de etapas realizadas durante a pesquisa.

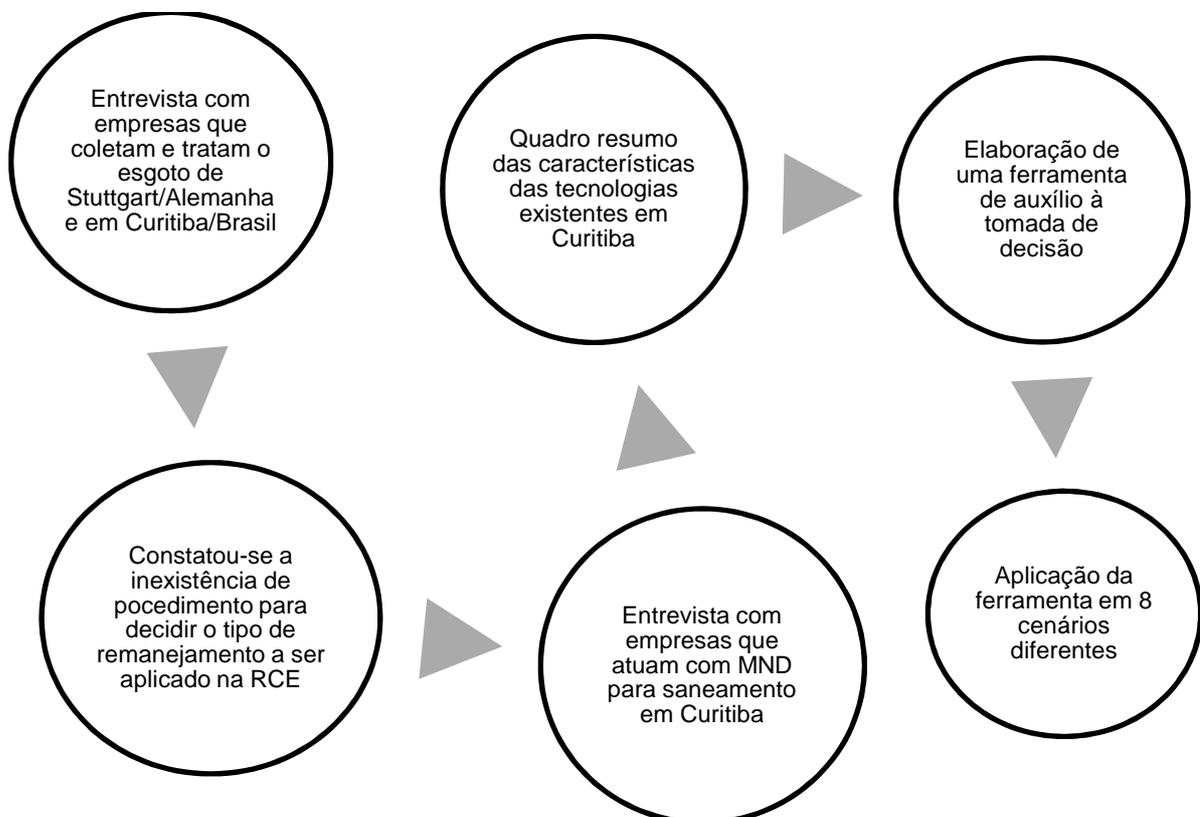


FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DA PESQUISA  
 FONTE: a autora (2015)

### 3.1 CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA E CURITIBA NO BRASIL

A pesquisa foi desenvolvida pelo período de seis meses na Universidade de Stuttgart/Alemanha por meio do *Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft* (ISWA).

A cidade de Stuttgart (FIGURA 3) é capital do estado *Baden-Württemberg* na Alemanha, localizada na latitude  $48^{\circ}46'39''$  N e longitude  $9^{\circ}10'43''$  L. Possui 207,35 km<sup>2</sup> de área, altitude média de 260 m acima do nível do mar, população de 592.898 habitantes e densidade populacional de 2.859 habitantes por km<sup>2</sup> (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, 2015).



FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA  
 FONTE: adaptado de DIGITALOFFICEPRO (2015)

A cidade de Curitiba (FIGURA 4) é capital do estado do Paraná no Brasil, localizada na latitude  $25^{\circ}25'48''$  S e longitude  $49^{\circ}16'15''$  O. Possui 434,967 km<sup>2</sup> de área, altitude média de 945 m acima do nível do mar (PERFIL CURITIBA, 2015), população de 1.751.907 habitantes e densidade populacional de 4.027,04 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).



FIGURA 4 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE CURITIBA NO BRASIL  
 FONTE: adaptado de DIGITALOFFICEPRO (2015)

O QUADRO 14 compara os índices pluviométricos anuais e as temperaturas médias anuais dos últimos 10 anos (entre 2004 e 2014) das cidades de Stuttgart e de Curitiba. É possível notar que os índices pluviométricos da cidade de Curitiba são sempre maiores, chegando ao triplo do valor encontrado na cidade de Stuttgart em 2011.

ANO	STUTTGART		CURITIBA	
	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	TEMPERATURA	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	TEMPERATURA
	mm	°C	mm	°C
2004	685	9,5	1.191,20	17,3
2005	710,8	9,4	1.333,20	18,0
2006	721,3	9,9	932,8	18,2
2007	768,2	10,3	1.252,60	15,5
2008	747,2	9,9	1.198,60	17,8
2009	766,2	9,9	1.664,60	17,9
2010	638,5	8,8	1.776,80	17,7
2011	569,1	10,6	1.858,40	17,3
2012	678,2	10,1	1.483,80	18,1
2013	710,8	9,4	1.427,60	17,4
2014	697,2	11,1	1.584,20	18,5

QUADRO 14 – COMPARATIVO DE ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E TEMPERATURAS ANUAIS ENTRE A CIDADE DE STUTTGART E CURITIBA  
 FONTE: adaptado de SIMEPAR (2015) e SITE ALEMÃO (2015)

Os dados para a coleta de informações da cidade de Stuttgart e de Curitiba estão apresentados no QUADRO 15. As pesquisas foram realizadas em websites da internet na busca de informações geográficas, climáticas e estatísticas populacionais das cidades.

INFORMAÇÃO	WEBSITE/ INSTITUIÇÃO
<b>Stuttgart</b>	
Índice pluviométrico anual/ Temperatura anual	<a href="http://www.wetterkontor.de/de/monatswerte-station.asp?id=10738">http://www.wetterkontor.de/de/monatswerte-station.asp?id=10738</a>
Informações estatísticas da população	<a href="https://www.stuttgart.de/item/show/33774">https://www.stuttgart.de/item/show/33774</a>
<b>Curitiba</b>	
Índice pluviométrico anual/ Temperatura anual	SIMEPAR
Informações estatísticas da população	<a href="http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&amp;codmun=410690&amp;search=  info%EF1ficos:-dados-gerais-do-munic%Edpio">http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&amp;codmun=410690&amp;search=  info%EF1ficos:-dados-gerais-do-munic%Edpio</a>

QUADRO 15 – FONTES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE A CIDADE DE STUTTGART E DE CURITIBA  
 FONTE: a autora (2015)

A coleta de informação de dados técnicos sobre a RCE das cidades de Stuttgart e Curitiba foi realizada por meio de acessos à websites (QUADRO 16), os

quais foram verificados por meio de visitas técnicas nas empresas que coletam e tratam o esgoto das cidades. Entre os sites visitados estão os das prefeituras e das empresas responsáveis pela coleta e tratamento de esgoto, sendo na cidade de Stuttgart, a Stadtentwässerung Stuttgart (SES) e em Curitiba, a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

INFORMAÇÃO	WEBSITE
<b>Stuttgart</b>	
Informações sobre a SES, comprimento de RCE, nº de ETE, nº EEE, nº bacias e nº laboratório	<a href="http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/">http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/</a>
Nº de equipamentos que possui	<a href="http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Broschuere_Kanalbetrieb.pdf">http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Broschuere_Kanalbetrieb.pdf</a>
Vazão das ETE	<a href="http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Broschuere_Unternehmen_SES.pdf">http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Broschuere_Unternehmen_SES.pdf</a>
Organograma da SES	<a href="http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/organisation/">http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/organisation/</a>
Mapa localizando ETE, EEE, bacias e RCE	<a href="http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/ses/img/Seiteninhalt/Entwaesserungsgebiet_800x80.jpg">http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/fileadmin/ses/img/Seiteninhalt/Entwaesserungsgebiet_800x80.jpg</a>
<b>Curitiba</b>	
Informações sobre a SANEPAR	<a href="http://site.sanepar.com.br/investidores/perfil-da-companhia">http://site.sanepar.com.br/investidores/perfil-da-companhia</a>
Comprimento de rede, nº de ETE, nº de EEE, nº de bacias, vazão das ETE e mapa localizando ETE, EEE e RCE	<a href="http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/consulta-publica-smma/1111">http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/consulta-publica-smma/1111</a>
Organograma da SANEPAR	<a href="http://site.sanepar.com.br/institucional/estrutura-organizacional">http://site.sanepar.com.br/institucional/estrutura-organizacional</a>

QUADRO 16 – FONTES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE RCE NA CIDADE DE STUTTGART E DE CURITIBA  
 FONTE: a autora (2015)

### 3.2 ELABORAÇÃO DE QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS EMPRESAS QUE COLETAM E TRATAM O ESGOTO EXISTENTE NA CIDADE DE STUTTGART NA ALEMANHA E DE CURITIBA NO BRASIL

As características operacionais e técnicas foram obtidas por meio da aplicação de um questionário (APÊNDICE 1) que possibilitou um melhor entendimento dos processos e procedimentos internos das empresas. As entrevistas foram realizadas nos departamentos responsáveis pela tomada de decisão do remanejamento nas RCE. Em Stuttgart as entrevistas ocorreram com a Sra. Christiane Schilling e Sra. Ekkehardt Schäfer do Departamento de Drenagem da

SES e em Curitiba o questionário foi aplicado com a Sra. Daniela Martini do Departamento de Desenvolvimento Operacional Leste da SANEPAR.

### 3.2.1 Empresa de coleta e tratamento de esgoto em Stuttgart

A tarefa de drenagem urbana de Stuttgart é uma das funções da Prefeitura. Em 1995, foi criada uma empresa pública, autônoma e independente, nomeada *Stadtentwässerung Stuttgart* (SES), para cuidar da coleta e tratamento das águas residuárias.

Além de ser responsável pela coleta e tratamento das águas residuárias de Stuttgart, trata também os efluentes de nove cidades vizinhas sendo elas: Ditzingen, Gerlingen, Esslingen, Fellbach, Remseck, Korntal, Kornwestheim, Leinfelden, Ostfildern e do aeroporto de Stuttgart. A SES não visa o lucro, sendo inteiramente financiada a partir de taxas, encargos e contribuições.

A empresa possui cerca de 370 funcionários, que estão locados entre os três departamentos existentes, responsáveis por projetar, construir, operar e manter as tubulações, monitorar as bacias de armazenamento e de transbordamento de água da chuva, operar e manter as Estações Elevatórias de Esgotos (EEE) e as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). A estrutura do organograma da empresa pode ser visualizada na FIGURA 5 (SES, 2015).

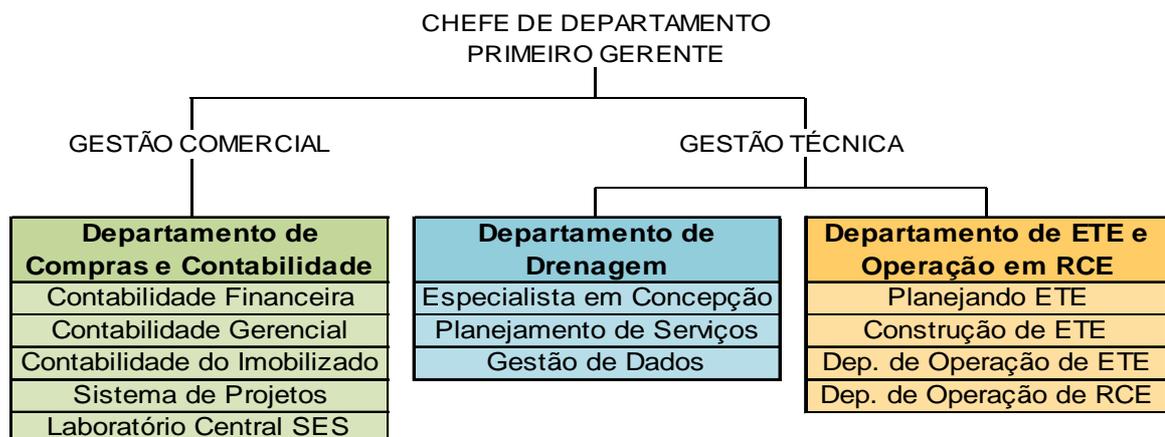


FIGURA 5 – ORGANOGAMA DA EMPRESA *STADTENTWÄSSERUNG* STUTTART  
 FONTE: adaptado de SES (2015)

Em Stuttgart, o sistema adotado é do tipo misto, no qual o esgoto e a água de chuva correm por uma tubulação única. O sistema conta com 160.000 ligações

de esgoto captadas através de 1.684.000 m de rede coletora de esgoto. A maioria da tubulação encontra-se entre 2,00 m e 4,00 m de profundidade, sendo que 86% possui perfil circular, 9% perfil ovo<sup>1</sup> e 5% outros tipos de perfil. O diâmetro das tubulações varia de 250 mm a 3.700 mm no perfil circular, mas possui perfil retangular com dimensão de até 4,50 m x 7,00 m. Os principais materiais empregados nas tubulações são: cerâmica com 45%, concreto com 44%, alvenaria com 8%, plásticos (PE, PP, PEAD, PRFV) com 2% e ferro/aço com 1% (SCHILLING; SCHÄFER, 2010).

O sistema ainda conta com 74 bacias de armazenamento de água pluvial, 51 bacias de transbordamento de água pluvial, com 36 estações elevatórias de esgoto e quatro estações de tratamento de esgoto, sendo elas Mühlhausen (a principal), Möhringen, Plieningen e Ditzingen, que ao todo são responsáveis pelo tratamento da vazão de 10.420 L/s. Desde 1997, o Laboratório Central da empresa é atribuição do próprio departamento de operação das ETE. O mapa contendo as redes, bacias de armazenamento, bacias de transbordamento, EEE e ETE é apresentado na FIGURA 6 (SES, 2015).

---

<sup>1</sup> Perfil quase elíptico pois um lado é mais alargado que o outro, parecendo com um ovo.

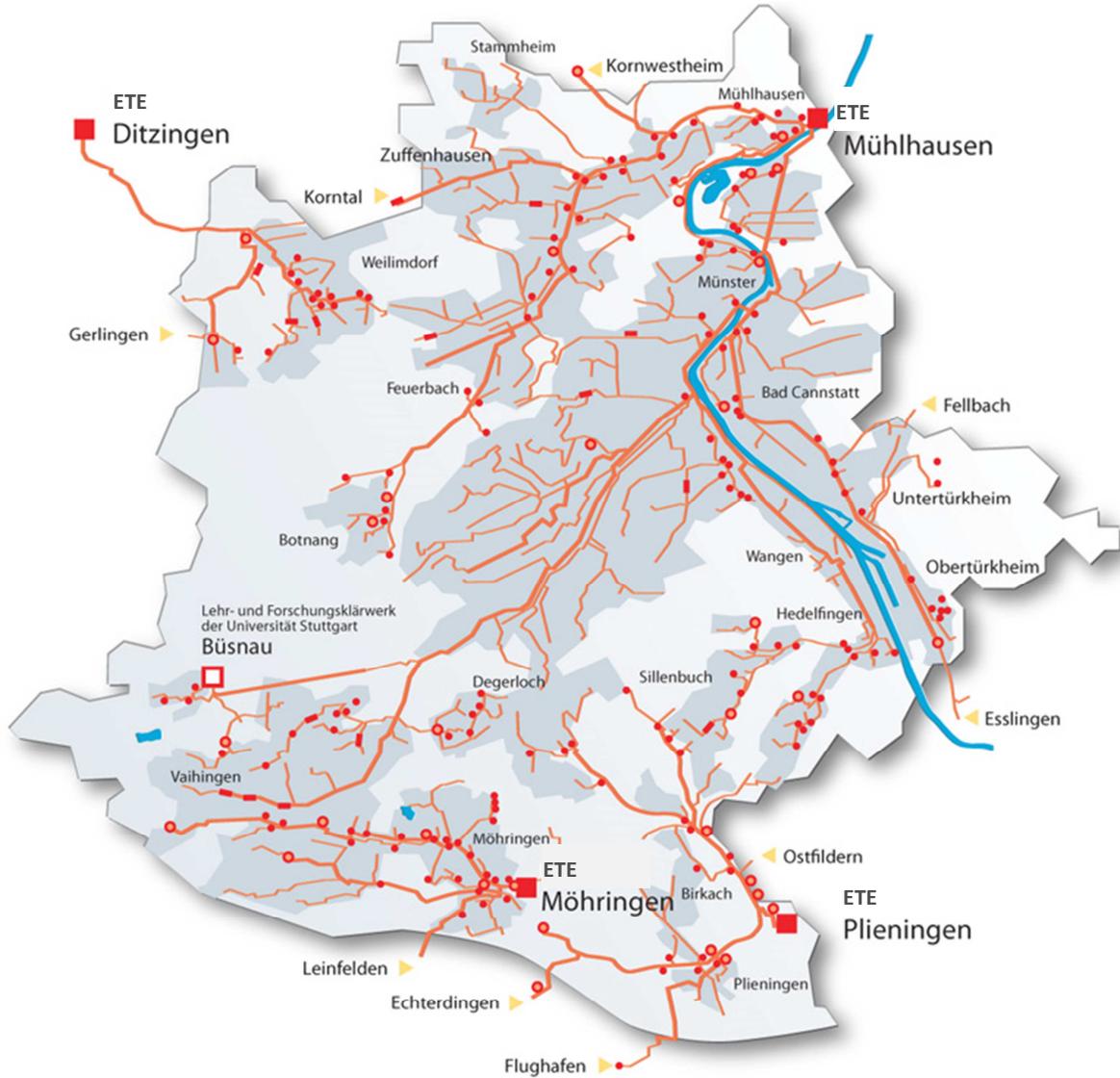


FIGURA 6 – MAPA DE REDES, EEE, ETE E BACIAS DE ARMAZENAMENTO E DE TRANSBORDAMENTO DE STUTTGART  
 FONTE: adaptado de SES (2015)

### 3.2.2 Empresa de coleta e tratamento de esgoto em Curitiba

Por meio do Contrato de Concessão nº 13.543 (SANEPAR, 2001), o município de Curitiba concedeu de forma onerosa à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) a exploração dos serviços públicos de abastecimento de água e coleta de esgotos sanitários, sendo os serviços compreendidos entre produção, distribuição, operação, conservação, manutenção, coleta, remoção e tratamento do esgoto sanitário.

A SANEPAR é uma empresa de economia mista pertence ao Estado do Paraná criada com o objetivo de promover o saneamento básico no estado. Apesar

de possuir este nome a partir de 19 de junho de 1964, foi fundada em 23 de janeiro de 1963 com a razão social de Companhia de Água e Esgotos do Paraná. Devido ao contrato de concessão, compete exclusivamente à SANEPAR, por meio direto ou através de contrato de terceiros especialistas em engenharia sanitária:

- Estudar, projetar e executar as obras relativas à construção, ampliação ou remodelação do sistema de esgoto sanitário;
- Atuar como órgão coordenador, executor ou fiscalizador dos convênios celebrados entre o Município e órgãos Federais ou Estaduais;
- Operar, manter, conservar e explorar o serviço de esgoto sanitário;
- Emitir e arrecadar as contas do serviço prestado.

A companhia possui 7.431 funcionários distribuídos pelo estado do Paraná (SANEPAR, 2015a). A sede se localiza em Curitiba, mas para padronizar os serviços prestados e facilitar a comunicação interna entre os 174 municípios que são atendidos com coleta e tratamento de esgoto, foi feita uma divisão da companhia em 22 unidades regionais que cuidam das operações de manutenções das RCE. Ao todo, possui 28.900.000 m de rede coletora de esgoto, 234 estações de tratamento de esgoto e 1.759.422 ligações de esgoto (SANEPAR, 2014i).

Dentro da SANEPAR existem vários departamentos que atuam em conjunto para garantir a melhor prestação de serviço possível para a população. O departamento responsável pela operação e manutenção das redes coletoras de esgoto em Curitiba é a Unidade Regional de Curitiba (URCT). Além de atender Curitiba, a URCT é responsável também por alguns municípios que fazem parte da Região Metropolitana de Curitiba e comunidades isoladas, sendo eles: Agudos do Sul, Araucária, Balsa Nova, Campo Largo, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Piên, Quitandinha, Adrianópolis, Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo Magro, Cerro Azul, Colombo, Itaperuçu, Quatro Barras, Tunas do Paraná, Contenda, Pinhais, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul. Devido a grande demanda de serviços ela foi dividida em região Norte, Sul e Leste. Internamente cada região é separada em setor de Manutenção, de Operação e Comercial. O setor de Operação de Esgoto é responsável pelo diagnóstico de avaliação da situação das redes existentes e tomada a decisão para reabilitação. O departamento é composto por quatro equipes distintas que possuem tarefas que se complementam, sendo elas: Solicitação de Ampliação de Rede (SAR), Análise de Projeto Hidrossanitário (PHS), Desenvolvimento Operacional e Obras. Dentro das

UR é possível identificar pequenas variações na estrutura e procedimentos internos, pois não existe um padrão fixo. O organograma da empresa pode ser visualizado na FIGURA 7.

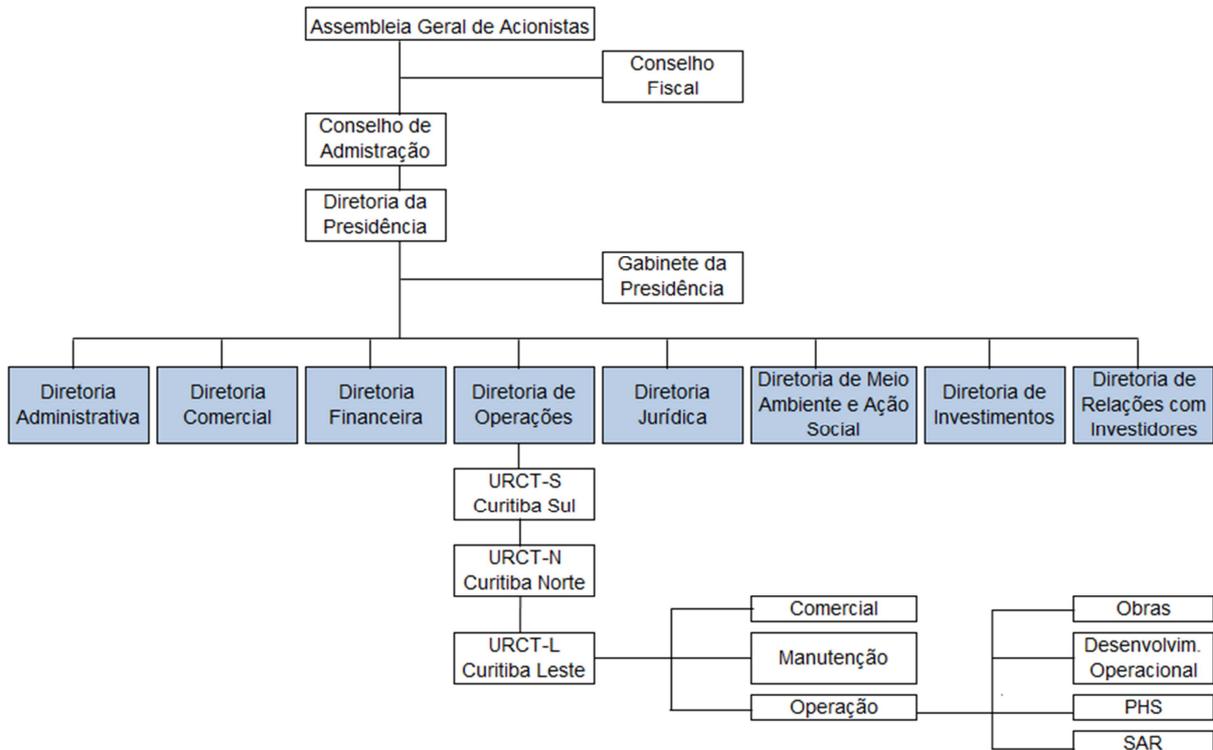


FIGURA 7 – ORGANOGRAMA DA EMPRESA SANEPAR  
 FONTE: adaptado de INTRANET SANEPAR (2015)

Em Curitiba, o sistema adotado para a coleta de esgoto é do tipo separador absoluto, no qual a tubulação de esgoto é totalmente independente da tubulação da água de chuva. O sistema conta com 418.123 ligações de esgoto captadas através de 5.590.000 m de rede coletora de esgoto e 286.225 m coletores, interceptores e emissários. A tubulação possui unicamente o perfil circular, sendo que o diâmetro varia entre 150 mm e 2.200 mm, sendo que 90% das redes coletoras de esgoto possuem o diâmetro de 150 mm. Os principais materiais empregados nas tubulações são 53% em PVC, 43% em cerâmica, 3% em concreto armado e 1% em outros materiais (SANEGIS, 2015). O sistema ainda conta com 11 estações elevatórias e cinco estações de tratamento de esgoto, sendo elas Atuba, Belém, CIC Xisto, Padilha e Santa Quitéria, que ao todo são responsáveis pelo tratamento da vazão de 3.290 L/s (SISWEB, 2015). O mapa contendo as redes coletoras de esgoto, localização das EEE e ETE é apresentado na FIGURA 8.



FIGURA 8 – MAPA DE REDES, EEE, ETE DE CURITIBA  
 Fonte: SANEPAR (2015c)

A empresa possui ao todos quatro laboratórios químicos no Paraná, sendo um localizado em Curitiba, responsáveis pela avaliação da qualidade do esgoto tratado. Os laboratórios possuem diferentes equipamentos de forma que a demanda de análises é distribuída de acordo com a técnica necessária e a região em que se localiza, para evitar a sobrecarga de uma única unidade. Os ensaios de esgoto seguem os parâmetros, frequências e limites estabelecidos na Licença de Operação

de cada ETE. Normalmente são realizados ensaios físico-químicos a montante (afluente) e a jusante (efluente) de todas ETE.

### 3.3 ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS EXISTENTES PARA INVESTIGAÇÃO DE TUBULAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM STUTTGART E EM CURITIBA

Por meio das visitas técnicas às empresas de coleta e tratamento de esgoto das cidades de Stuttgart e Curitiba, foi possível visualizar na prática como é realizado o procedimento de análise das tubulações de esgoto existentes até o processo de tomada de decisão para determinação do tipo de remanejamento.

Foram visitadas em ambas as empresas os setores de Operação, Manutenção e Obras que em conjunto são responsáveis por diferentes demandas nas redes coletoras de esgoto. As visitas ocorreram durante 15 dias (janeiro de 2015) em Stuttgart e 21 dias (março de 2015) em Curitiba.

### 3.4 ELABORAÇÃO DE QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS EMPRESAS QUE REALIZAM OBRAS DE SANEMANETO COM MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS EM CURITIBA

Foi aplicado um questionário (APÊNDICE 2) para verificar as tecnologias existentes em Curitiba para substituição de RCE por meio de MND em saneamento.

Durante o mês de março de 2015, foram realizadas entrevistas individuais com quatro empresas que prestam serviços à SANEPAR neste nicho de mercado. Durante as entrevistas foram levantados os tipos de tecnologias existentes e a capacidade dos equipamentos.

Ao final da entrevista foi solicitado às empresas o envio de um orçamento que contemplasse o custo para execução do metro linear para cada tecnologia substitutiva que a empresa atua, variando todos os possíveis diâmetros nominais. Estes orçamentos (ANEXOS 4 a 7) auxiliaram a compor o custo existente na ferramenta de auxílio à tomada de decisão para os métodos não destrutivos.

A partir do quadro resumo de MND existente na Revisão de Literatura, as informações obtidas a partir das entrevistas realizadas com empresas de MND, gerou-se um quadro comparativo das tecnologias não destrutivas para substituição saneamento existentes em Curitiba adaptado à realidade curitibana. Este quadro é a base adotada para a elaboração da ferramenta de tomada de decisão.

### 3.5 IDENTIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS DISPONÍVEIS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM CURITIBA

A partir do quadro resumo dos MND apresentado na revisão de literatura (QUADRO 7) e as informações obtidas durante as entrevistas realizadas com as empresas que atuam no mercado curitibano de MND em saneamento, gerou-se um quadro comparativo das tecnologias não destrutivas existentes para a substituição de RCE adaptado à realidade de Curitiba.

O resultado pode ser visualizado no QUADRO 20 no item resultados e discussão, cujas informações contidas foram a base adotada para a elaboração da ferramenta de auxílio à tomada de decisão.

### 3.6 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO ELABORADA

A elaboração da ferramenta de tomada de decisão está apresentada em detalhes no item Resultados visto que ela é o objetivo geral do estudo realizado.

Por meio das visitas técnicas realizadas nas empresas de saneamento foi constada a inexistência de uma ferramenta que auxiliasse o engenheiro a tomar decisões rápidas entre as tecnologias disponíveis, sendo a sua vivência em obra o fator mais importante para a escolha. A partir dos limites tecnológicos para substituição de RCE encontrados durante as entrevistas com as empresas de MND pertencentes ao mercado curitibano, elaborou-se uma planilha dinâmica e interativa, por meio do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>, para auxiliar a tomada de decisão entre os possíveis métodos existentes.

A planilha foi elaborada de forma que a partir de dados inseridos pelo usuário na aba ENTRADA, automaticamente ocorre na aba IMPRESSÃO o retorno do custo de todos os métodos não destrutivos (aba QCMND) que atendem às condições especificadas, o custo do método destrutivo para execução (aba QCMD), a verificação da vazão e da declividade definida em projeto pelo máximo especificado em norma (aba VAZÃO), o comparativo entre os efeitos sociais x impactos ambientais x tecnologias x localização da obra e, para finalizar, a classificação de todos os possíveis métodos executivos levando em consideração os fatores econômicos, sociais e ambientais. As demais abas (APOIO, PREÇO, DEMOGRAFIA e PROJEÇÃO) servem para dar suporte ao resultado encontrado na aba impressão.

Para obtenção do quantitativo de materiais e serviços no método destrutivo, foram utilizadas as informações contidas no Manual de Obras de Saneamento (MOS) que são para execução de novas redes de esgoto (SANEPAR, 2012). Para obras de Melhorias, que são consideradas obras de reforma ou remanejamento de RCE em carga, foram adicionados custos com pesquisa de interferências e caminhão de sucção no cálculo, pois impactam no valor final do custo do método destrutivo.

Os valores dos insumos não contemplados nos orçamentos das empresas e necessários para o levantamento do custo foram obtidos por meio da tabela de custo SINAPI da Caixa Econômica Federal (SINAPI, 2015) ou da tabela de preços da empresa SANEPAR (SANEPAR, 2014j).

### 3.7 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Para a demonstração do funcionamento da planilha de auxílio à tomada de decisão, foram criados cenários com diferentes características. A aplicação da ferramenta faz uso de dados escolhidos pelo usuário os quais estão contidos na TABELA 1. Como já apresentado anteriormente, mais de 90% das redes coletoras de esgoto em Curitiba possuem o diâmetro nominal de 150 mm. Desta forma os cenários 1 a 4 foram definidos para este diâmetro, enquanto que os cenários 5 a 8 foram definidos para DN 400 mm.

	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5	CENÁRIO 6	CENÁRIO 7	CENÁRIO 8
<b>CUSTO (FATOR ECONÔMICO)</b>								
Material da rede existente	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica	Cerâmica
Diâmetro da rede existente (mm)	150	150	150	150	400	400	400	400
Tipo do solo existente	Argila	Orgânico	Argila	Orgânico	Argila	Orgânico	Argila	Orgânico
Pavimento existente	Petit-pavet	Petit-pavet	Petit-pavet	Petit-pavet	Lousa de pedra	Lousa de pedra	Lousa de pedra	Lousa de pedra
Largura do passeio existente (m)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Distância do bota-fora mais próximo (km)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Comprimento da rede a ser instalada (m)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Profundidade média a ser trabalhada (m)	2,00	2,00	4,00	4,00	2,50	2,50	4,50	4,50
Material a ser instalado	PEAD-PN8	PEAD-PN8	PEAD-PN8	PEAD-PN10	PEAD-PN8	PEAD-PN8	PEAD-PN8	PEAD-PN10
Diâmetro a ser instalado (mm)	160	160	160	160	450	450	450	450
Declividade do trecho a ser instalado (m/m)	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
<b>VAZÃO E DECLIVIDADE</b>								
Tempo de projeção da população (anos)	20	20	20	20	20	20	20	20
Bairro	Centro	Centro	Centro	Centro	Alto da XV	Alto da XV	Alto da XV	Alto da XV
Área do polígono (m²)	42.496	42.496	42.496	42.496	658.343	658.343	658.343	658.343
Extensão de rede junta argamassada	1.210	1.210	1.210	1.210	18.200	18.200	18.200	18.200
Consumo de água per capita (L/hab/dia)	200	200	200	200	200	200	200	200
Coefficiente de retorno	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Altura da lâmina de água (Y/D)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>EFEITO SOCIAL (FATOR SOCIAL)</b>								
Interrupção de tráfego de veículos	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Dano ao pavimento de vias	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Barulho e vibração	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Segurança pública e de funcionários	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Perspectiva de reclamação	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
<b>IMPACTO AMBIENTAL (FATOR AMBIENTAL)</b>								
Contaminação de corpos hídricos	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Polição do ar próximo à obra	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Contaminação do solo próximo à obra	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Potencial de geração de resíduo	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum
Flora e na fauna local	Alto	Alto	Nenhum	Nenhum	Médio	Médio	Nenhum	Nenhum

TABELA 1 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DE CADA CENÁRIO GERADO  
 FONTE: a autora (2015)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após verificar os procedimentos de investigação de tubulação e tomada de decisão para a substituição de redes coletoras de esgoto em Stuttgart/Alemanha e Curitiba/Brasil, e descobrir a não existência de um procedimento padrão a ser seguido em nenhuma das cidades, decidiu-se criar uma ferramenta que auxiliasse nesta ação. A ferramenta criada calcula a sustentabilidade (fator econômico, fator social e fator ambiental) dos possíveis métodos de aplicação para substituição de RCE na cidade de Curitiba. A ferramenta pode ser adaptada para qualquer cidade, sendo necessário para isso à realização de entrevistas com empresas de MND que atuam na área de saneamento para a verificação das opções locais das tecnologias disponíveis.

### 4.1 PROCEDIMENTO EXISTENTE PARA INVESTIGAÇÃO DE TUBULAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM STUTTGART/ALEMANHA E CURITIBA/BRASIL

Por meio de visitas técnicas realizadas em diversos setores das empresas responsáveis pela coleta e tratamento de esgoto na cidade de Stuttgart na Alemanha e em Curitiba no Brasil, foi possível acompanhar os procedimentos existentes de investigação da tubulação de esgoto até a tomada de decisão entre os possíveis tipos de remanejamento da rede coletora de esgoto em cada cidade.

#### 4.1.1 Procedimento de investigação até a tomada de decisão para remanejamento de rede coletora de esgoto em Stuttgart - Alemanha

Na SES existem vários departamentos que atuam em conjunto para garantir a melhor prestação de serviço possível para a população. Para a efetivação deste trabalho, foi acompanhando os serviços de dois setores independentes, porém interligados, pois aonde ocorre à finalização do serviço de inspeção pelo Departamento de Operação de RCE, inicia-se o serviço de tomada de decisão pelo Departamento de Drenagem.

Dentro do Departamento de Operação existe a Equipe de Inspeção de RCE responsável pela filmagem do atual estado das canalizações. Esta equipe possui oito veículos para limpeza de boca de lobo, 12 veículos para limpeza de rede (com diferentes capacidades) e dois veículos de filmagem (SES, 2015). A demanda de serviços deste departamento é dividida em cinco tipos, sendo elas:

- Rotina: com base na regulação de autocontrole EVKO, foi determinado que a cada 10 anos todas as redes da cidade devem ser inspecionadas. O prazo de execução é vinculado ao cumprimento da meta anual estabelecida;
- Aceitação de novas redes: após a finalização de um serviço realizado por alguma empresa terceirizada, é solicitada a inspeção de verificação. O prazo de execução é de duas semanas;
- Emergências: através do serviço *Hotline*, qualquer pessoa pode informar por meio do contato telefônico algum problema observado na rede. A equipe se desloca até o local, para verificar e diagnosticar o problema, e enfim buscar a melhor solução. O prazo de execução depende do grau do problema, podendo variar de imediatamente a uma semana.
- Demandas especiais: para auxiliar na tomada de decisão do Departamento de Drenagem. O prazo de execução varia de uma a quatro semanas dependendo da urgência de solicitação.
- Garantia: na Alemanha todo o serviço realizado por empresas terceirizadas possui cinco anos de garantia, caso a tubulação apresente algum defeito dentro deste prazo, o conserto deve ser realizado por conta do terceiro sem nenhum custo à SES. O prazo de execução é de um mês antecedente à data de término da garantia.

Para ser realizada a inspeção visual de maneira eficiente, após a etapa de limpeza da tubulação é inserido um robô contendo uma câmera de Circuito Fechado de Televisão (CFTV), que por meio de um computador externo é controlado pelo operador (FIGURA 9).



FIGURA 9 – CÂMERA ROBÔ UTILIZADO PARA INVESTIGAÇÃO DAS RCE EM STUTTGART  
FONTE: a autora (2015)

Por envolver fatores como previsão do tempo, disponibilidade de equipamento e mão de obra, o cronograma dos serviços de filmagem é definido com a antecedência de um dia, pois sempre é possível ocorrer à inclusão de um serviço mais urgente na lista de prioridades.

O serviço de filmagem é realizado por dois funcionários e um veículo de filmagem que possui câmera robô (FIGURA 10). As suas funções são bem distintas, enquanto um funcionário trabalha dentro do veículo controlando a câmera robô e executando a análise da tubulação (FIGURA 11) por meio de CFTV, o outro trabalha fora do veículo preparando e dando suporte ao equipamento (FIGURA 12).



FIGURA 10 – EQUIPE DE FILMAGEM COMPOSTA POR UM VEÍCULO E DOIS FUNCIONÁRIOS  
FONTE: a autora (2015)



FIGURA 11 – FUNCIONÁRIO RESPONSÁVEL PELA FILMAGEM E ANÁLISE DA RCE  
 FONTE: a autora (2015)



FIGURA 12 – FUNCIONÁRIO RESPOSÁVEL PELO PREPARO E SUPORTE À CÂMERA ROBÔ  
 FONTE: a autora (2015)

O princípio de codificação do estado dos PV e da filmagem da rede (FIGURA 13) pelo operador é simples, à medida que a câmera robô percorre a rede internamente, todas as irregularidades visíveis pelo caminhamento devem ser mapeadas, quantificadas, ponderadas e codificadas seguindo as orientações das normas vigentes.

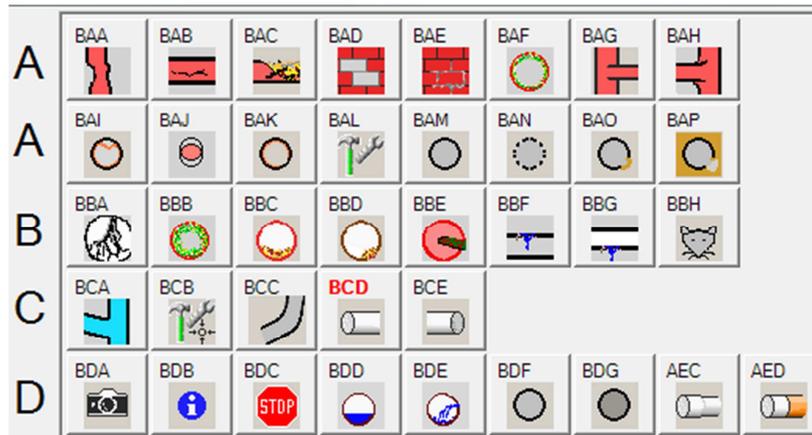


FIGURA 13 – SELEÇÃO DE CÓDIGOS PRESENTE NO SOFTWARE DE FILMAGEM POSSÍVEIS DE SEREM UTILIZADOS NA TUBULAÇÃO DE ESGOTO  
 FONTE: DIBA mobil (2015)

Na separação dos códigos é levado em consideração o tipo de defeito estrutural que foi encontrado durante a inspeção do PV e da tubulação, conforme QUADRO 17. Além disso, a norma DIN EN 13508-2 (2011) descreve detalhadamente cada um dos códigos que podem ser encontrados e as suas características (sempre divididas em 1 e 2) durante a inspeção do PV e da tubulação. O detalhamento da caracterização 1 e 2 existentes para cada código principal possível de estar presente na tubulação pode ser conferida no ANEXO 1.

DESCRIÇÃO	CÓDIGO PRINCIPAL	CARACTERIZAÇÃO		D	S	B
		1	2			
Deformação (rígida e flexível)	BAA	A,B	-	o	+	+
Fissura	BAB	A	A	o	+	o
Fissura	BAB	B,C	A,B,C,D,E	+	+	o
Ruptura da tubulação/ colapso	BAC	A,C	-	+	+	+
Ruptura da tubulação/ colapso	BAC	B	-	+	+	o
Alvenaria quebrada	BAD	A,C,D	-	+	+	+
Alvenaria quebrada	BAD	B	A,B	+	+	o
Argamassa faltando	BAE	-	-	+	+	o
Danos na superfície	BAF	A,C,D,E	A,B,C,D,E	o	+	+
Danos na superfície	BAF	B	A,E	o	+	+
Danos na superfície	BAF	F,G,H	A,B,C,D,E	o	+	+
Danos na superfície	BAF	J	B,C,D,E	o	+	+
Danos na superfície	BAF	K	A,B,C,D,E	o	o	+
Danos na superfície	BAF	I,Z	A,B,C,D,E	+	+	+
Ligação protudente	BAG	-	-	o	o	+
Ligação defeituosa	BAH	B,C,D	-	+	o	o
Ligação defeituosa	BAH	Z	-	+	+	o
Material de vedação protudente	BAI	A	A,B,C,D	+	o	+
Material de vedação protudente	BAI	Z	-	o	o	+
Conexão fora de posição	BAJ	A,C	-	+	+	o
Conexão fora de posição	BAJ	B	-	+	+	+

QUADRO 17 – CÓDIGO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES

FONTE: adaptado de MERKBLATT DWA-M 149-3 (2014)

Continuação

DESCRIÇÃO	CÓDIGO PRINCIPAL	CARACTERIZAÇÃO		D	S	B
		1	2			
Revestimento interno com defeito	BAK	A,G,H	-	o	o	+
Revestimento interno com defeito	BAK	D	A,B,D	o	o	+
Revestimento interno com defeito	BAK	B,I,J,M,N	-	+	o	o
Revestimento interno com defeito	BAK	F	-	o	+	o
Revestimento interno com defeito	BAK	E	-	o	+	+
Revestimento interno com defeito	BAK	D	C	o	+	+
Revestimento interno com defeito	BAK	L	-	+	+	o
Revestimento interno com defeito	BAK	C,K	-	+	o	+
Revestimento interno com defeito	BAK	Z	-	+	+	+
Reparo com defeito	BAL	A,B,C,D,F,G	A,B,C,D	+	o	o
Reparo com defeito	BAL	E	A,B,C,D	o	o	+
Reparo com defeito	BAL	Z	A,B,C,D	+	o	+
Solda com defeito	BAM	A,B,C	-	+	+	o
Parede do tubo porosa	BAN	-	-	+	+	o
Terreno visível	BAO	-	-	+	+	o
Cavidade visível	BAP	-	-	+	+	o
Raízes	BBA	A,B,C	-	+	o	+
Substâncias aderentes	BBB	A,B,C,Z	-	o	o	+
Depósitos	BBC	A,B,C,Z	-	o	o	+
Penetração de material do solo	BBD	A,B,C,D,Z	-	+	+	+
Outros obstáculos	BBE	A,B,C,E,F,H,Z	-	o	o	+
Outros obstáculos	BBE	D,G	-	+	o	+
Infiltração	BBF	A,B,C,D	-	+	+	+
Exfiltração	BBG	-	-	+	+	o
Fluxo a partir de uma conexão (Descarga indevida)	BDE	A,B	A,B	o	o	+

QUADRO 17 – CÓDIGO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES

FONTE: adaptado de MERKBLATT DWA-M 149-3 (2014)

Conclusão

São utilizados dois softwares: o DIBA, responsável por armazenar todas as informações coletadas sobre os PV e redes, e o KANIO<sup>®3</sup>, responsável pela geração de solicitações, cálculo de fatura, cronograma de execução, escolha da equipe, escolha dos equipamentos (limpeza e filmagem) e cálculo do custo do serviço.

Os veículos de filmagem estão acoplados com a versão *mobil*<sup>2</sup> do DIBA e do KANIO<sup>®3</sup>, sendo que após um dia de serviço, o veículo retorna à garagem (FIGURA 14) onde é então conectado à rede interna da SES (FIGURA 15). Neste momento ocorre a transmissão dos dados coletados em campo (informações sobre filmagem, tempo de execução do serviço e equipe necessária para geração do custo final) pela versão *mobil* para a versão central, e o envio das informações necessárias para execução dos serviços do dia seguinte por parte da versão central para a versão *mobil*.

<sup>2</sup> Móvel.



FIGURA 14 – GARAGEM DA SES  
FONTE: a autora (2015)



FIGURA 15 – DISPOSITIVO DE TRANSMISSÃO DE DADOS PRESENTE NA GARAGEM DA SES  
FONTE: a autora (2015)

Para a avaliação ser positiva, a rede deve apresentar estanqueidade (D), estabilidade (S) e confiabilidade (B). A inspeção da tubulação contempla a verificação da quantidade, da gravidade e do tipo de dano presente na tubulação, sendo que para cada defeito existe um código específico pertinente. A relevância da classificação deve levar em consideração se há a presença do efeito (+) ou se não há presença do efeito (0). Quanto maior a quantidade e a gravidade dos defeitos encontrados, pior o estado que a tubulação se encontra e, conseqüentemente, maior deverá ser a urgência de intervenção na rede.

Ao final do serviço é emitido um relatório de filmagem, o qual deve conter de forma clara e ordenada os seguintes elementos:

- Determinação do código para cada tipo de dano encontrado, tanto nos PV quanto na tubulação;
- Determinação da posição dos danos encontrados na circunferência da rede, para isso foi adotado o sistema do ponteiro do relógio no qual o lado direito varia de 0 a 6 e o lado esquerdo entre 6 a 12;
- Determinação da direção do dano;
- Determinação da posição exata das ligações existentes.

Após a finalização dos serviços pela Equipe Inspeção de RCE, o relatório segue para o Departamento de Qualidade onde ocorre a verificação da sua integridade. Após análise e aprovação, o material é enviado para o setor de Gestão de Dados, o qual é responsável pelo gerenciamento e a integração de todas as

informações utilizadas e/ou geradas pela Prefeitura no seu banco de dados integrado no sistema novaKANDIS.

A plataforma de acesso aos dados no novaKANDIS é o software SIAS, o qual permite a visualização à informações relevantes das atividades de responsabilidade e/ou interesse da cidade pelos funcionários da Prefeitura de Stuttgart. Por meio do SIAS é possível ter um acesso interativo à: plantas de loteamento com seus respectivos números prediais, áreas edificáveis, Áreas de Proteção Permanente (APP), áreas de preservação do patrimônio histórico, áreas de terrenos que pertencem à Prefeitura e ao Estado, áreas de contaminação do solo, análise da sondagem do solo, mapa com imagem de satélite, mapa topográfico, mapa histórico e mapa de cadastro de linhas de água, esgoto, energia, gás, telecomunicação e aquecimento.

O Departamento de Drenagem é responsável por avaliar minuciosamente o estado das redes existentes e determinar qual das medidas de remanejamento possui a melhor relação custo benefício para obter o estado estrutural desejado ou melhora do sistema de acordo com as exigências. O QUADRO 18 cita algumas instruções a serem seguidas durante a avaliação da rede. O desempenho hidráulico, o impacto ambiental, a integridade estrutural e a segurança do trabalho são fatores que influenciam na tomada de decisão (DWA-A, 2013):

ALVO	EFEITO	ESCOPO
Desempenho Hidráulico	Maximização da capacidade de carga disponível	Eliminação de obstruções de escoamento
		Redução da rugosidade hidráulica do tubo (incluindo a perda de energia em acessórios e pontos de ligação)
		Limpeza
	Controle de fluxo de saída - redução do fluxo do sistema	Reconciliação do sistema de infiltração de águas pluviais dentro ou sobre superfícies permeáveis
		Utilização de acessórios de superfície permeável
		Reconciliação de drenos para outros sistemas
		Retenção da água da chuva na superfície
		Redução da infiltração e da entrada de água externa
	Atenuação de escoamento de pico	Utilização da capacidade de retenção existente do sistema (controle de fluxo seletivo)
		Tanques de retenção instalados na superfície (incluindo retenção em solo)
		Disponibilização de áreas de retenção adicionais (tanque de armazenamento e transbordamento)
	Aumento da capacidade de carga	Substituição de tubos com diâmetros maiores
		Construção de linhas adicionais

QUADRO 18 – ASPECTOS HIDRÁULICOS, AMBIENTAIS, ESTRUTURAIS E DE SEGURANÇA A SEREM OBSERVADOS DURANTE A AVALIAÇÃO DA REDE DE ESGOTO  
 FONTE: adaptado de ARBEITSBLATT DWA-A 143-1 (2013)

Continuação

ALVO	EFEITO	ESCOPO
Impacto Ambiental	Redução do impacto ambiental de poluentes no sistema	Tanques de decantação e caixas de areia
		Uso de plantas para impedir a entrada de poluentes no sistema pelo escoamento de água pluvial
		Controle inicial (ex. efluentes industriais)
	Redução das cargas previstas nas águas	Aumento do fluxo para o tratamento de água residual
Impacto Ambiental	Reduzir o impacto introduzindo pontos de descarga	Melhoria na retenção de sólidos e na capacidade hidráulica de inundações provocadas por tempestades
		Controle em tempo real
	Redução da exfiltração por remediação	Técnicas de reparação (ex. vedação de vazamentos)
		Técnicas de renovação (ex. revestimento à prova d'água)
		Substituição da linha por método tradicional (aberto) ou não destrutivo (fechado)
Integridade Estrutural	Proteção da rede por revestimento interno	Renovação
	Reabilitação da substância da tubulação	Reparação
		Renovação
		Substituição
Segurança do Trabalho	Inspeção e limpeza planejada das tubulações	
	Aumento da frequência de manutenção das bombas e das estações de bombeamento	

QUADRO 18 – ASPECTOS HIDRÁULICOS, AMBIENTAIS, ESTRUTURAIS E DE SEGURANÇA A SEREM OBSERVADOS DURANTE A AVALIAÇÃO DA REDE DE ESGOTO

FONTE: adaptado de ARBEITSBLATT DWA-A 143-1 (2013)

Conclusão

A FIGURA 16 apresenta que a partir da investigação, é feita a avaliação do impacto ambiental, das deficiências operacionais, da capacidade hidráulica e da condição da estrutura. Para então realizar um comparativo com os requisitos de desempenho definidos na DIN EN 13508-1 (2013), para identificar as causas de mau desempenho e auxiliar na busca da implantação da melhor opção de remanejamento.

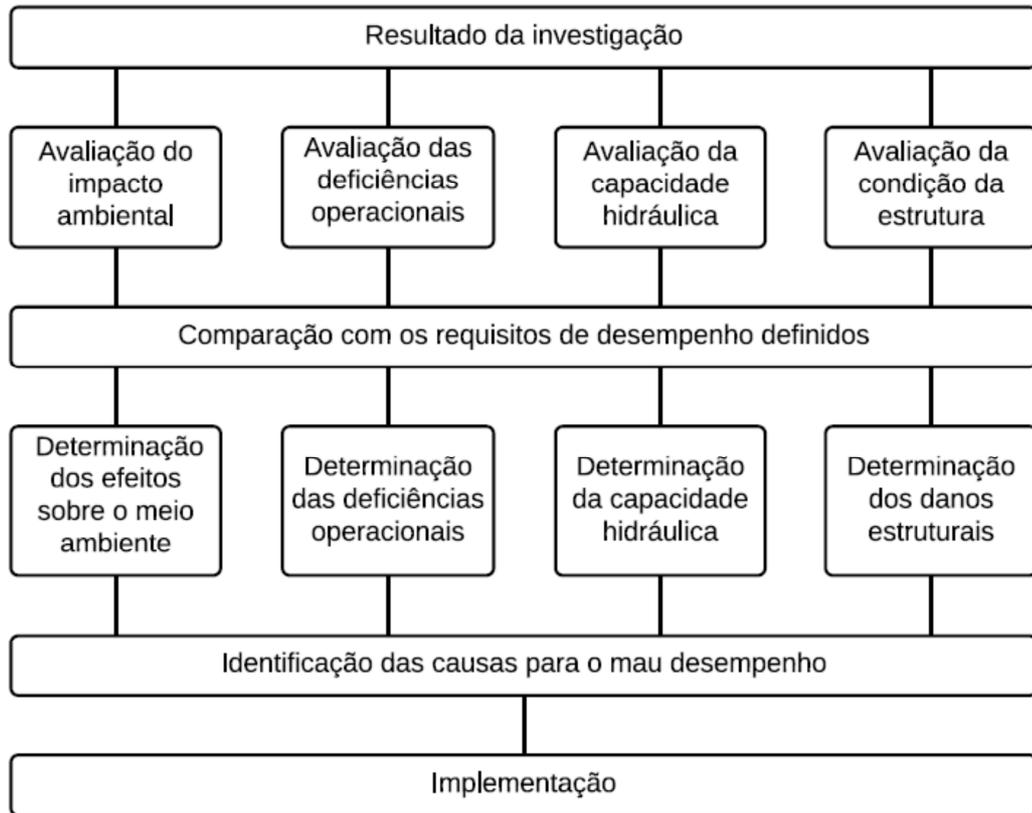


FIGURA 16 – SEQUENCIAMENTO DE AVALIAÇÕES A PARTIR DO RESULTADO DA INVESTIGAÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO  
 Fonte: adaptado de DIN EN 13508-1 (2013)

Antes de se planejar o futuro é necessário saber a situação presente, por isso a SES realizou um levantamento que mostra quais são os principais defeitos encontrados nas tubulações de Stuttgart, sendo eles (SCHILLING; SCHÄFER, 2010):

- 28,72% fissuras/rachaduras;
- 26,43% desgaste mecânico;
- 23,92% dano na ligação;
- 4,58% desvio de posição;
- 4,05% obstrução de vazão;
- 4,03% penetração de raízes;
- 3,99% degrau na conexão;
- 1,66% corrosão;
- 1,27% colapso da tubulação;
- 1,26% vazamentos;
- 0,09% deformação.

Sabendo-se quais são os problemas, o planejamento das demandas é realizado. Nele as necessidades são divididas conforme o plano de execução e implementação, adotando-se (DWA-A, 2013):

- Programa de Medidas: cerca de 5 a 10 anos;
- Plano de Reestruturação: cerca de 10 a 20 anos;
- Plano de Recuperação: pelo menos 20 anos.

Após a filmagem de cada trecho de rede ser executada, verificada e compartilhada, ocorre de forma automática a sua classificação. Durante a classificação, o software novaKANDIS leva em consideração a extensão e a gravidade dos danos, que segue padrões rigorosos criando condições para comparação entre os trechos analisados. Ao todo, existem seis estados de classificação, sendo definidos conforme a sua gravidade em (DWA-A, 2014):

- Classe 0: deficiência gravíssima/perigo iminente de colapso - reparo imediato;
- Classe 1: deficiência grave - reparo em curto prazo;
- Classe 2: deficiência moderada - reparo em médio prazo;
- Classe 3: deficiência pequena - reparo em longo prazo;
- Classe 4: pequenos defeitos - reparo com pouca prioridade;
- Classe 5: livre de defeitos - livre de reparos.

Nomeada como Lista de Prioridades (*Prioritätenliste*), é determinante para a definição do sequenciamento dos serviços a serem realizados. O resultado do processamento das informações levantadas varia de acordo com a lista de deficiências observadas, sendo que, quanto maior a gravidade do dano existente, maior a urgência na execução do remanejamento. Nela estão contidas as informações mais relevantes como: número do PV que delimita o trecho de rede (*Schacht oben* e *Schacht unten*), a idade (*Alter*), o comprimento (*Länge*), o material e o seu diâmetro (*Cluster*), a localização (*Strasse Name*), condição da classe (*Zustandsklasse*), condição da substância (*Substanzklasse*) e a classificação de prioridade (*Priorität*), conforme pode ser verificado no ANEXO 2.

Após ter acesso a várias informações e, se necessário, realizar uma visita em campo até o local de estudo, o engenheiro deve definir o tipo de reabilitação a ser realizada, sendo as suas opções entre metodologia de reparação, renovação e

substituição. O fluxograma da FIGURA 17 auxilia o engenheiro no processo de tomada de decisão para seleção da melhor solução estrutural dentre as opções.

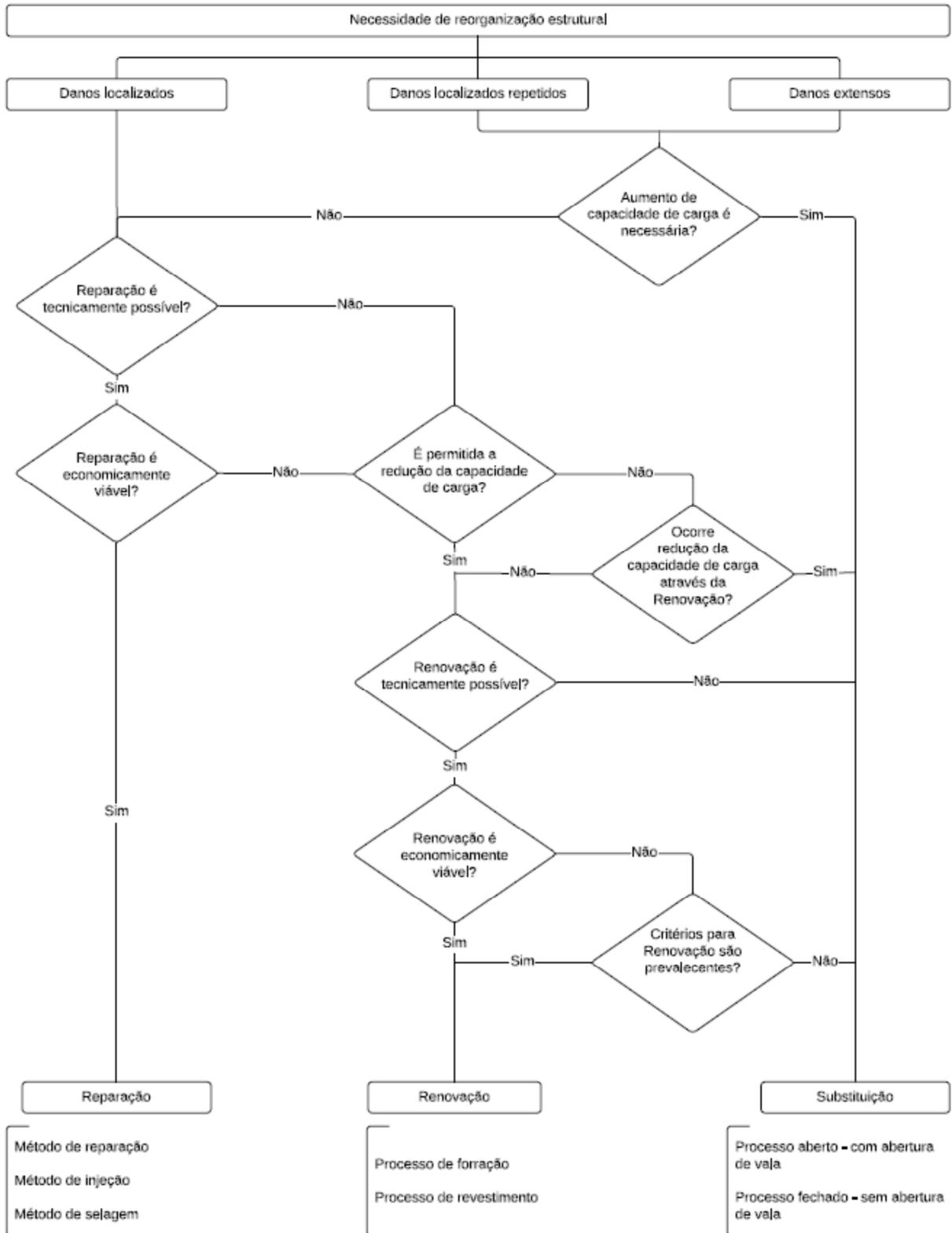


FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DE TOMADA DE DECISÃO ENTRE AS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS  
FONTE: ADAPTADO DE MERKBLATT ATV-DVWK-M 143-1 (2004)

A escolha da decisão é subjetiva e totalmente dependente da percepção e experiência do engenheiro avaliador, sendo que ela pode mudar completamente conforme o trecho em análise. Dependendo do grau de dificuldade da decisão, é permitido que os engenheiros conversem entre si para definição da melhor solução. Com o objetivo de se visualizar o processo de escolha entre as opções existentes em Stuttgart foi realizado um comparativo de tomada de decisão em diferentes trechos de rede.

Para aplicação do Método de Reparação, a tubulação deve apresentar: um defeito localizado com dimensão variando de 0,60 m até 1,50 m de comprimento (depende do fornecedor da manta a ser aplicada internamente), bom estado de conservação e bom alinhamento interno (não apresenta pontos de sifonamento da rede). A FIGURA 18 ilustra um problema pontual em uma ligação lateral, a qual após o reparo (FIGURA 19) o defeito foi completamente eliminado.



FIGURA 18 – LIGAÇÃO LATERAL ANTES DA APLICAÇÃO DA REPARAÇÃO  
 FONTE: Umwelttechnik Franz Janßen GmbH (2012)



FIGURA 19 – LIGAÇÃO LATERAL APÓS A APLICAÇÃO DA REPARAÇÃO  
 FONTE: Umwelttechnik Franz Janßen GmbH (2012)

Para aplicação do Método de Renovação, a tubulação deve apresentar: bom estado de conservação (defeitos superficiais) e bom alinhamento interno (não apresenta pontos de sifonamento da rede). Nesta situação, a reparação é considerada a opção economicamente mais vantajosa perante as outras opções. A FIGURA 20 apresenta um exemplo de um trecho que apresenta defeitos superficiais e o resultado após a renovação é um novo tubo (FIGURA 21).

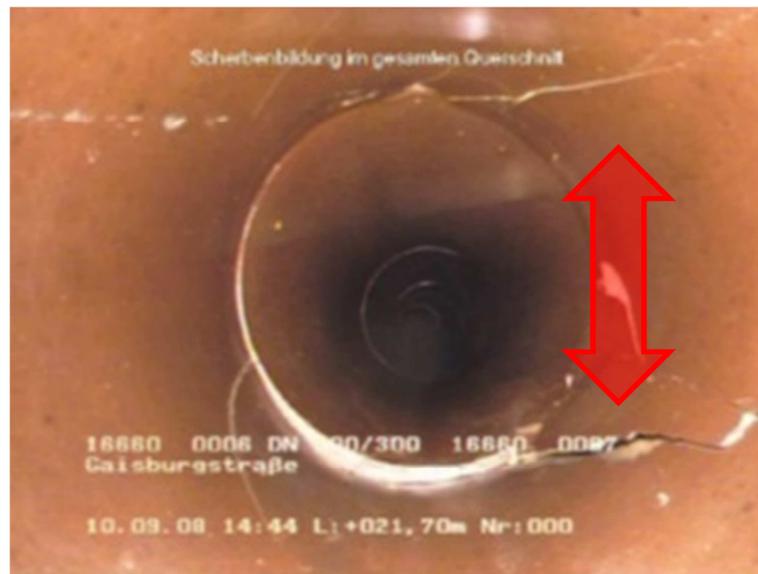


FIGURA 20 – REDE COM DEFEITOS SUPERFICIAIS ANTES DA APLICAÇÃO DA RENOVAÇÃO  
FONTE: adaptado de SES (2011)



FIGURA 21 – REDE APÓS APLICAÇÃO DA RENOVAÇÃO  
FONTE: adaptado de SES (2011)



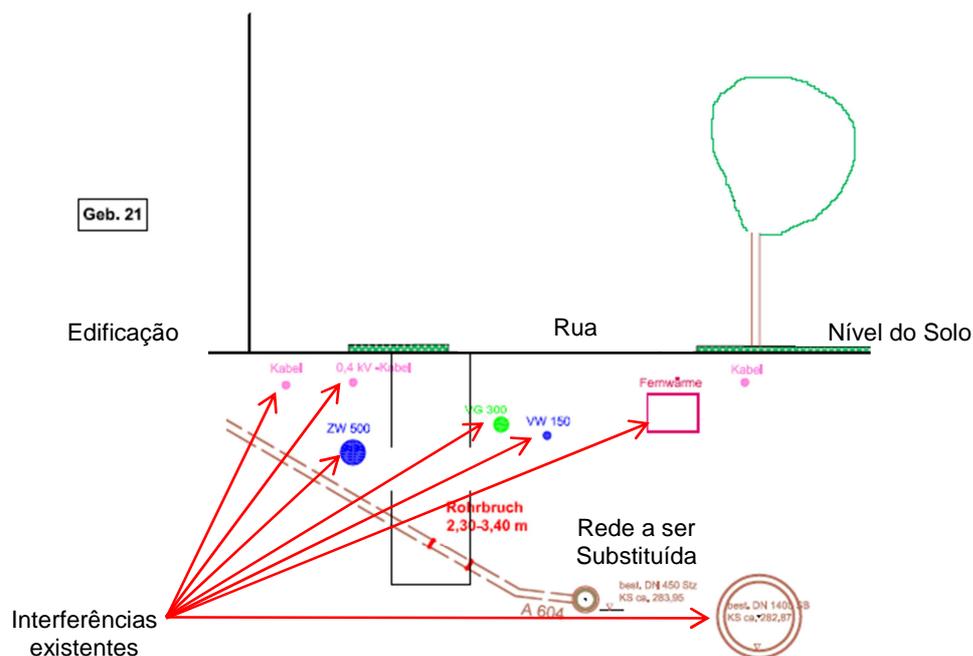


FIGURA 23 – PROJETO EM CORTE QUE APRESENTA A REDE A SER SUBSTITUÍDA PELO MESMO TRAJETO DEVIDO À GRANDE NÚMERO DE INTERFERÊNCIAS EXISTENTES  
 FONTE: adaptado de SES (2009)

Já em outro exemplo, a FIGURA 24 apresenta uma rede que apesar de apresentar um bom estado, por estar localizada abaixo de uma edificação e ser necessário à ampliação da rede em um grande volume (rede existente é DN 500 mm e rede nova será DN 1.200 mm), considerou-se mais vantajoso abandonar a rede existente e executar uma nova tubulação seguindo por um novo trajeto, conforme pode ser visualizado na FIGURA 25.



FIGURA 24 – REDE EXSITENTE COM DN 500 MM A SER ABANDONADA  
 FONTE: adaptado de SES (2013)



FIGURA 25 – PROJETO EM CORTE QUE APRESENTA A SUBSTITUIÇÃO POR UM NOVO TRAJETO, NO QUAL A REDE ANTIGA É ABANDONADA E A NOVA EXECUTADA EM OUTRO LOCAL

FONTE: adaptado de SES (2013)

Após a decisão do tipo de reabilitação a ser aplicada em cada trecho analisado, vários trechos com características semelhantes vão sendo acumulados até que se forme uma quantidade suficiente para a realização de uma licitação para execução dos serviços. Por se tratar de obras esparsas, tenta-se reunir vários trechos próximos para diluição dos gastos com deslocamento e mobilização, para que a licitação continue a ser atraente para as empresas terceirizadas quererem executar o serviço. Normalmente os processos que possuem valor de até €100.000,00 são montados pelo próprio departamento da SES enquanto que obras com valores maiores, que demandam projetos específicos com alto grau de detalhamento, são realizadas por companhias terceirizadas. Após a licitação, o processo segue para o Departamento Técnico de Obras o qual será responsável pela fiscalização do serviço contratado.

#### 4.1.2 Procedimento de investigação até a tomada de decisão para remanejamento de rede coletora de esgoto em Curitiba - Brasil

O modelo de gestão de redes coletoras de esgoto está em desenvolvimento. O projeto foi iniciado a partir de uma parceria feita com a JICA (*Japan International*

*Cooperation Agency*) cujo um dos focos foi rede coletora de esgoto. Durante a parceria algumas práticas de gestão de rede foram trazidas, adaptadas para a realidade curitibana e implementadas em áreas piloto. O objetivo foi testar a metodologia para geração de um modelo sistemático de planejamento e diagnóstico de RCE.

Por meio do serviço de Ouvidoria através do “Fale conosco”, no website ou telefone ou pessoalmente em uma das Centrais de Relacionamento, qualquer pessoa pode informar alguma irregularidade encontrada na RCE. As solicitações dos clientes chegam primeiramente ao setor de Manutenção, responsável por averiguação de pontos críticos, desobstrução de RCE e manutenção corretiva e preventiva, o qual providencia rapidamente a mobilização de uma equipe até o local para verificação da ocorrência. Se estiver ao alcance do setor é providenciada imediatamente a solução do problema, caso seja necessário um estudo mais aprofundado para a solução, a demanda é direcionada para o setor de Operação.

Além das transferências de ocorrências da ouvidoria, a Operação é responsável por atender questionamentos das Prefeituras, do Ministério Público (MP) e da Secretaria de Meio Ambiente (SMMA). Dentro do setor de Operação todas as ocorrências são atendidas pelo grupo de Desenvolvimento Operacional, o qual inicialmente mobiliza uma equipe de Vistoria Técnica Operacional em Rede (VTR) até o local para buscar a veracidade da queixa.

A equipe de VTR vai a campo com uma cópia do cadastro técnico das RCE para verificação da operação do fluxo do trecho problemático. Pode ser utilizados corantes a base d'água para ajudar na identificação de irregularidades. O serviço é realizado com a utilização do fluxo do efluente, no qual se mistura o corante, para possível diagnóstico no PV e/ou Galeria de Água Pluvial (GAP) à jusante.

Dificilmente apenas com o VTR é possível finalizar o estudo, ou seja, ele serve como filtro para se definir qual, entre as outras equipes de diagnóstico existentes (FIGURA 26), é a equipe mais adequada para dar continuidade na avaliação da situação da rede. Segue a relação das opções existentes:

- Vistoria Técnica Ambiental (VTA);
- Teste de fumaça;
- Câmera de Inspeção Rápida para PV;
- Câmera de Telediagnóstico.

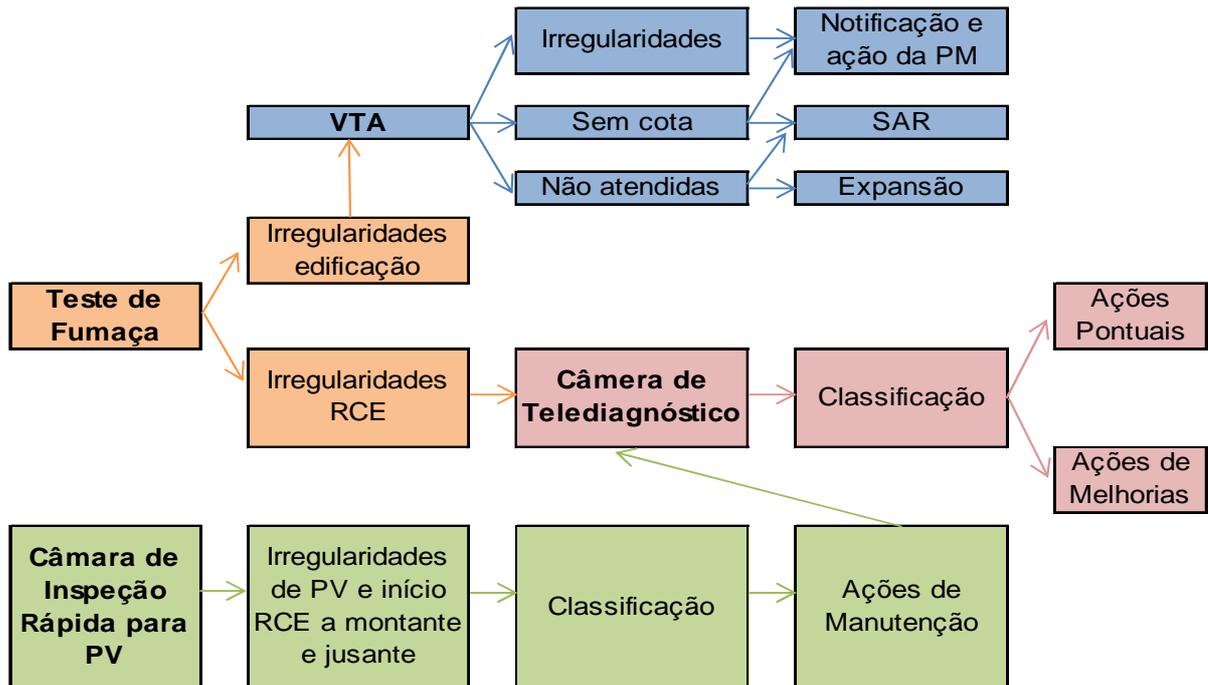


FIGURA 26 – FLUXOGRAMA DE DIAGNÓSTICOS POSSÍVEIS PARA AVALIAÇÃO DE RCE  
 FONTE: adaptado de SANEPAR (2015)

A Vistoria Técnica Ambiental (VTA) consiste na verificação das instalações intradomiciliares do imóvel e sua correta ligação com a RCE. A vistoria é realizada por meio de teste de corantes líquidos à base de água, nas cores amarela, vermelha, verde e azul, aplicados nos dispositivos sanitários da edificação (vaso sanitário, tanques, pias e condutores de água da chuva). A saída dos corantes deve ser evidenciada no Dispositivo Tubular de Inspeção<sup>3</sup> (DTI) ou PV mais próximo no sentido do fluxo (SANEPAR, 2014b).

O procedimento a ser seguido é que as instalações sanitárias como banheiros, tanques e pias de cozinha, sendo a última devidamente dotada de caixa de retenção de gordura<sup>4</sup>, devem ser interligados na RCE, enquanto que ralos, calhas e coletores de água da chuva não devem ser interligados na RCE.

A equipe de trabalho é composta por dois funcionários, enquanto um entra na residência para aplicação corante em todos os aparelhos sanitários e entradas de água pluvial (FIGURA 27), o segundo aguarda no DTI ou PV mais próximo para verificar a passagem do corante pela tubulação (FIGURA 28).

<sup>3</sup> DTI é o sistema de ligação entre RCE e o ramal predial por onde ocorre à desobstrução e a limpeza do ramal quando necessário.

<sup>4</sup> A caixa de gordura ou caixa de retenção de gordura é um dispositivo instalado nas residências que serve para reter óleos e gorduras, para evitar a obstrução do ramal predial, RCE e refluxo do esgoto.



FIGURA 27 – FUNCIONÁRIO APLICANDO CORANTE EM APARELHO SANITÁRIO  
 FONTE: a autora (2015)



FIGURA 28 – FUNCIONÁRIO VERIFICANDO A PASSAGEM DO CORANTE PELO DTI  
 FONTE: a autora (2015)

Os moradores dos imóveis que apresentaram incorreções são notificados para realizar as adequações. No entanto, se na segunda vistoria a equipe constatar que não foram providenciadas às correções necessárias, a SANEPAR encaminha a notificação para a Prefeitura, para a SMMA e para a Promotoria Pública, para que sejam tomadas as providências legais. Só desta forma o morador estará sujeito às sanções (SANEPAR, 2014c). Segue uma lista das principais irregularidades encontradas:

- Lançamento de água pluvial na RCE;
- Interligação de fossa séptica na RCE;
- Inexistência de caixa de gordura;
- Ineficiência de caixa de gordura;
- Obstrução do ramal interno do imóvel;
- Esgoto não interligado apesar de existir RCE e DTI;
- Esgoto não interligado apesar de existir RCE, providenciar instalação de DTI;

Quando o efluente não é doméstico há a necessidade de solicitar a anuência da SANEPAR antes do efluente ser ligado na rede de esgoto. Para ocorrer à anuência, é necessário que a equipe de VTA colete uma amostra do efluente e leve para ser analisado. Se o efluente for enquadrado dentro dos padrões e parâmetros exigidos pela SANEPAR é autorizada a interligação do esgoto na rede (SANEPAR, 2014a). Os padrões de parâmetros para aceite de lançamento na RCE devem seguir

os seguintes valores limites: DBO entre 40 - 1.000 mg/L e DQO entre 80 - 2.000 mg/L, óleos e graxas minerais 20 mg/L, óleos e graxas animais e vegetais 50 mg/L, pH entre 6 e 9, nitrogênio total de 100 mg/L, nitrogênio amoniacal 50 mg/L, fósforo total 15 mg/L, cádmio 0,1 mg/L, chumbo 0,5 mg/L, cobre 1 mg/L, cromo total 2,5 mg/L, cromo hexavalente 0,5 mg/L, mercúrio 0,01 mg/L, níquel total 2 mg/L, zinco total 5 mg/L, arsênio total 0,5 mg/L, cianeto 0,2 mg/L, surfactantes (MBAS) 5 mg/L, estanho total 4 mg/L, fenol 0,5 mg/L, ferro solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 15 mg/L, fluoreto 10 mg/L, prata total 0,1 mg/L, selênio total 0,05 mg/L, sulfato 500 mg/L, sulfeto 1 mg/L, sólidos sedimentáveis 20 mg/L, benzeno 1,2 mg/L, tolueno 1,2 mg/L, estireno 0,07 mg/L, etilbenzeno 0,84 mg/L, xileno 1,6 mg/L, clorofórmio 1 mg/L, dicloroetano 1 mg/L, tetracloreto de carbono 1 mg/L e temperatura 40°C (SANEPAR, 2013).

A partir dos resultados obtidos é gerado o mapeamento das irregularidades encontradas nas residências. Para facilitar a visualização dos diferentes tipos de irregularidades, estas são marcadas pontualmente em um mapa com o auxílio de diferentes cores, sendo elas:

- Cor 1: Interligada com problema;
- Cor 2: Não interligada;
- Cor 3: Não interligada e sem cota;
- Cor 4: Vistoria não realizada;
- Cor 5: Vistoria prorrogada.

Após cada ciclo de vistoria, que pode demorar dias ou anos, é realizada a sobreposição dos resultados atualizados com os anteriores, utilizando-se símbolos diferentes, contudo mantendo-se as mesmas cores definidas pelo tipo de irregularidade.

O Teste de Fumaça possui o objetivo de encontrar irregularidades na RCE e suas ligações prediais. O teste consiste na injeção de fumaça na rede por meio de um equipamento termonebulizador acoplado diretamente ao PV ou DTI (FIGURA 29). Por meio dele é possível identificar pontos de rede com problema estrutural, como rompimentos ocultos e evitar ligações inadequadas das residências e GAP. O surgimento de fumaça em ponto específico indica (SANEPAR, 2014d):

- Boca de lobo: interligação irregular entre RCE e GAP, necessário realizar o telediagnóstico para se encontrar o local exato da interseção;

- Ralos e calhas: interligação irregular entre RCE e rede de água pluvial, necessário realizar o VTA para descartar possível possibilidade de ocorrência interseção entre RCE e GAP;
- Pavimentos, calçadas e jardins: indica a existência de rachadura, rompimento ou deslocamento da tubulação, necessário realizar o telediagnóstico para se encontrar o local exato do dano.



FIGURA 29 – EQUIPAMENTO TERMONEBULIZADOR PARA EXECUÇÃO DO TESTE DE FUMAÇA  
FONTE: a autora (2015)

A equipe de trabalho é composta por dois funcionários (FIGURA 30), enquanto um cuida do equipamento de produção de fumaça, o segundo preenche um *checklist* para compor o relatório de observação de locais por onde ocorre à saída da fumaça. Antes de realizar o teste, a equipe se desloca até o local e realiza campanhas informativas para avisar os moradores sobre o teste e seus possíveis efeitos. É necessária a realização das campanhas para evitar assustar os moradores e lhes causar o inconveniente como fumaça saindo por locais inesperados.

Ao final do teste é emitido um relatório fotográfico que contempla todas as informações relevantes observadas durante o teste. Este procedimento é normalmente utilizado quando há necessidade de analisar grandes áreas de extensão, pois por meio dele é possível delimitar as áreas críticas e determinar quais os trechos que necessitam de ferramentas complementares como telediagnóstico e VTA para prosseguir com o estudo de investigação das redes.



FIGURA 30 – EQUIPE DE FUNCIONÁRIOS REALIZANDO O TESTE DE FUMAÇA  
 FONTE: a autora (2015)

A partir dos resultados obtidos é gerado o mapeamento das irregularidades encontradas em campo. Para facilitar a visualização dos diferentes tipos de irregularidades, estas são marcadas em um mapa com o auxílio de diferentes cores sobre os trechos de redes, sendo as cores definidas como:

- Cor 1: Irregularidade em RCE;
- Cor 2: Irregularidade em residências;
- Cor 3: Irregularidade em RCE e residências;

A partir do resultado é possível determinar quais são os trechos mais críticos, e separar os que necessitam de telediagnóstico (problemas na RCE) e os que precisam de VTA (problemas nas residências).

A Vistoria com Câmera de Inspeção Rápida de PV consiste na avaliação do estado do PV e do início da RCE, a montante e a jusante do mesmo, pois possui apenas o alcance de 8 m de visibilidade dentro da RCE. O equipamento consiste em uma câmara fotográfica de alta resolução presa na ponta de uma haste metálica extensiva, com capacidade de atingir o fundo do PV (FIGURA 31). Durante a vistoria são observados os seguintes itens: existência de ligação irregular, tipos de avaria presentes (trinca, deslocamento e quebra), invasão de raiz, obstrução, acúmulo de resíduo sólido, acúmulo de gordura, ocorrência de infiltração, corrosão do concreto, sinal de sobrecarga (PV) e sifonamento (RCE). Ao final de cada inspeção é emitido um relatório.



FIGURA 31 – CÂMERA DE INSPEÇÃO RÁPIDA DE PV PARA AVALIAÇÃO DE PV E RCE  
 FONTE: a autora (2015)

A equipe de trabalho é composta por três funcionários (FIGURA 32), enquanto o primeiro controla o equipamento fotografando o PV, o segundo controla a abertura de PV e se necessário auxilia com a utilização do espelho<sup>5</sup> e o terceiro preenche o quadro de identificação e elabora o relatório técnico.



FIGURA 32 – EQUIPE DE TRABALHO EXECUTANDO VISTORIA COM CÂMARA DE INSPEÇÃO RÁPIDA DE PV  
 FONTE: a autora (2015)

A partir dos resultados obtidos é gerado o mapeamento das irregularidades encontradas em campo. Para facilitar a visualização dos diferentes tipos de

---

<sup>5</sup> O espelho é um utensílio auxiliar na avaliação do trecho entre PV. Um espelho é fixado na ponta de uma haste extensível, o qual é colocado no PV a montante e jusante enquanto a câmera permanece no PV em estudo. Na hora da foto, o flash possibilita a verificação da presença de sifonamento de trechos curtos de até 15 m de rede.

irregularidades, estas são marcadas pontualmente em um mapa com o auxílio de diferentes cores, sendo elas:

- Cor vermelha: Classificação A - reparo emergencial;
- Cor laranja: Classificação B - reparo planejado;
- Cor amarela: Classificação C - observação contínua;
- Cor verde: Classificação D - dispensa intervenção, pois o PV encontra-se em boas condições.

O Telediagnóstico possui o objetivo de verificar a integridade da rede coletora de esgoto e possíveis irregularidades de ligações através de equipamento de filmagem. O equipamento utilizado para redes de diâmetro pequeno é o SeeSnake<sup>®</sup> (FIGURA 33), sendo escolhido por possuir resistência às condições adversas e um sistema de diagnóstico visual por gravação de vídeo e imagem (BÁGGIO, 2014). O equipamento é muito parecido com um cabo contendo uma câmera em um das pontas, o qual vai sendo introduzido manualmente dentro da RCE para realizar a filmagem.



FIGURA 33 – CÂMERA SEESNAKE<sup>®</sup> UTILIZADA NO TELEDIAGNÓSTICO  
FONTE: SeeSnake<sup>®</sup> (2015)

A equipe de trabalho é composta por duas pessoas (FIGURA 34), uma é responsável por dar suporte à filmagem empurrando o cabo da câmera para dentro do PV e a outra é responsável por controlar o andamento do serviço e gerar o relatório de filmagem relatando as irregularidades encontradas. Para sua utilização é necessário um veículo para transporte do gerador, que o equipamento esteja conectado a uma central processadora (computador portátil mais interface), cabo de injeção e câmera.



FIGURA 34 – EQUIPE DE FILMAGEM NECESSÁRIA PARA A CÂMERA SEESNAKE®  
 FONTE: a autora (2015)

O equipamento fornecido pela JICA para filmagens de redes coletoras de esgoto com diâmetro acima de DN 200mm é a câmera robô (FIGURA 35). Este equipamento encontra-se ainda em teste pela SANEPAR desta forma possuindo apenas uma única unidade.



FIGURA 35 – CÂMERA ROBÔ FORNECIDO PELA JICA UTILIZADA NO TELEDIAGNÓSTICO  
 FONTE: a autora (2015)

A equipe de trabalho é composta por duas pessoas (FIGURA 36), uma responsável por dar suporte à câmera robô e a segunda por controlar o robô via CFTV e gerar o relatório de problemas existentes internamente na RCE. Para sua utilização é necessário um veículo para transporte do gerador, central processadora (computador portátil mais interface), cabo de injeção e câmera robô.



FIGURA 36 – EQUIPE DE FILMAGEM NECESSÁRIA PARA A CÂMERA ROBÔ  
 FONTE: a autora (2015)

Antes de iniciar qualquer um dos tipos de filmagem é necessária a realização da limpeza do trecho com o caminhão de hidrojateamento (FIGURA 37). A equipe de trabalho é composta por três pessoas, a primeira é responsável por dirigir o caminhão e controlar a pressão na mangueira, a segunda e a terceira pela limpeza da rede e apoio.



FIGURA 37 – EQUIPE DE LIMPEZA COM CAMINHÃO DE HIDROJATO  
 FONTE: a autora (2015)

O diagnóstico é feito em tempo real no qual se verifica a posição, o tipo e a dimensão das anormalidades encontradas no trecho entre PV. Durante a filmagem são atribuídos códigos com notas que auxiliam na classificação das anormalidades

encontradas na tubulação, a classificação pode ser visualizada no QUADRO 19, no qual é considerado (SANEPAR, 2015):

- AE - Reparo emergencial com problema estrutural: 5 pontos;
- BE - Reparo planejado com problema estrutural: 2 pontos;
- CE - Observação contínua com problema estrutural: 0 pontos;
- AM - Reparo emergencial com problema de manutenção: 5 pontos;
- BM - Reparo planejado problema de manutenção: 2 pontos;
- CM - Observação contínua problema de manutenção: 0 pontos.

<b>PROBLEMAS ESTRUTURAIS</b>			
<b>ANORMALIDADES</b>	<b>AE</b>	<b>BE</b>	<b>CE</b>
Corrosão da tubulação	Exposição do vergalhão	Exposição do material do gravel	Monitoramento contínuo
Avaria (Trinca, Deslocamento, Quebra)	Depressão (rachadura / colapso)	Fissura de forma geral	Monitoramento contínuo
Infiltração	Água jorrando	Água minando/escorrendo	Monitoramento contínuo
Desalinhamento da junção da tubulação	Totalmente desalinhada	Pouco Desalinhada	Monitoramento contínuo
Invasão de raiz de árvore	Acima de 50% da seção transversal	Menor que 50% da seção transversal	Monitoramento contínuo
Sifonamento da tubulação	Maior que 50% da seção cheia	Menor que 50% da seção cheia	Monitoramento contínuo
Vazamento para a GAP/Rio	Grande intensidade	Pequena intensidade	Monitoramento contínuo
<b>PROBLEMAS DE MANUTENÇÃO</b>			
<b>ANORMALIDADES</b>	<b>AM</b>	<b>BM</b>	<b>CM</b>
Ligação irregular	Acima de 50% do diâmetro	Menor que 50% do diâmetro	Monitoramento contínuo
Gordura	Maior que 30 % da seção transversal	Menor que 30% da seção transversal	Monitoramento contínuo
Sujo com areia e terra	Acima de 50%	Menor que 50%	Monitoramento contínuo
Sujo com bucha	Acima de 50%	Menor que 50%	Monitoramento contínuo
Seção da Tubulação	Afogado	Entre 100% e 75% da seção	Monitoramento contínuo

QUADRO 19 – CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ANORMALIDADES PRESENTES NA RCE  
 FONTE: adaptado de SANEPAR (2015)

Nota: AE - reparo emergencial estrutural, AM - reparo emergencial de manutenção, BE - reparo planejado estrutural, BM - reparo planejado de manutenção, CE - observação contínua estrutural, CM - observação contínua de manutenção.

As piores anormalidades estruturais encontradas na RCE foram: exposição do vergalhão de aço, avarias como rachaduras tendendo ao colapso, infiltrações com água jorrando, juntas totalmente desalinhadas, mais que 50% da seção

transversal invadida por raiz de árvore, mais que 50% da seção do tubo cheia indicando sifonamento e grande intensidade de vazamentos para GAP/rio.

As piores anormalidades de manutenção encontradas na RCE foram: acima de 50% do diâmetro com ligações irregulares, mais que 30% da seção transversal apresentar gordura, acima de 50% apresentar sujeira com areia e terra, acima de 50% apresentar sujeira com bucha<sup>6</sup> e seção da tubulação afogada.

Ao final do telediagnóstico é emitido um relatório que contempla foto de todas as informações relevantes observadas no trecho durante a filmagem, nele é possível visualizar o local exato das anormalidades encontradas durante a inspeção do trecho. A partir deste relatório é feita a análise e classificação da RCE. Para cada tipo de anormalidade encontrada dentro da rede é atribuída uma pontuação. Cada trecho possui uma pontuação única, calculada a partir da somatória de cada tipo de anormalidade, considerando-se que quanto maior a pontuação obtida, pior é a situação do trecho e maior é a prioridade de remanejamento.

A partir dos resultados obtidos é gerado o mapeamento das irregularidades encontradas em campo. Para facilitar a visualização dos diferentes tipos de irregularidades, estas são marcadas em um mapa com o auxílio de diferentes cores sobre os trechos de redes, sendo as cores definidas como:

- Cor vermelha: Classificação AE ou AM - acima de 21 pontos - reparo emergencial, pois necessita urgentemente de intervenção;
- Cor amarela: Classificação BE ou BM - entre 11 e 20 pontos - reparo leve, mas necessita de intervenção;
- Cor verde: Classificação CE ou CM - entre 0 e 10 pontos - observação contínua.

Com as informações levantadas em campo, juntamente com os relatórios dos testes executados, são localizados os pontos críticos a serem estudado pelo setor de Desenvolvimento Operacional. A partir da definição das áreas críticas, são traçados os polígonos de contribuição para a realização de estudo de vazão teórica. O estudo é uma verificação da capacidade hidráulica da região, com o objetivo de checar se a rede esta trabalhando em sobrecarga, ou seja, se há a necessidade de aumento de diâmetro da tubulação.

---

<sup>6</sup> Aglomerado de sólidos presentes no esgoto como por exemplo: papel higiênico, cabelo, camisinha, etc.

Com a conclusão de todas essas constatações, determina-se a solução, podendo ela ser considerada obra tipo reparação ou tipo substituição. Com estas definições é realizado o levantamento em campo por meio de um topógrafo terceirizado e gerada a Ordem de Serviço de Execução (OSE).

A sequência de execução dos serviços é definida na Planilha de Prioridades (ANEXO 3), que é o vínculo existente entre o setor de Desenvolvimento Operacional e o setor de Obras. Ela reúne em um único lugar as informações mais relevantes de cada trecho analisado, sendo eles a ordem (sequência de execução), data de recebimento da demanda, data de conclusão da obra (status), origem da demanda, localização (endereço e bairro), descrição da demanda, quantitativo (extensão e diâmetro da RCE), pontuação da filmagem, OSE e pontuação filmagem.

O critério de priorização das demandas na planilha de prioridades segue as seguintes premissas:

- Quanto maior a quantidade e a gravidade de irregularidades presente no trecho analisado, maior é a pontuação de filmagem e, conseqüentemente, maior a urgência de remanejamento da rede; Reincidência de reclamação;
- Cumprimento dos prazos de atendimento estipulados pelo MP, Prefeitura e SMMA;

Reunindo todas as informações com o estudo do polígono de contribuição, a necessidade ou não de aumento do diâmetro da rede existente, os resultados dos diagnósticos da rede em estudo e a sequência da Planilha de Prioridades, o engenheiro possui embasamento para planejar e escolher qual o melhor método executivo para remanejamento da rede em questão. A tomada de decisão não segue um padrão ou uma regra única, o processo depende da situação encontrada em campo e da experiência do engenheiro que o analisa. Com o objetivo de se visualizar o processo de escolha entre as opções existentes em Curitiba foi realizado um comparativo de tomada de decisão em diferentes trechos de rede.

Quando determinada a obra de Reparação, a OSE é encaminhada para o setor de Manutenção, que possui a capacidade de sanar danos pontuais (são considerados trechos de até 30 m de comprimento) por meio da execução de um reparo pontual destrutivo. O reparo implica na abertura duma vala somente no trecho com presença de defeito e na substituição do pedaço de tubo danificado por uma nova tubulação. Muitas vezes é necessária a utilização de adaptadores entre os o

tubo antigo e o novo, pois os seus materiais podem ser diferentes não apresentando bom encaixe.

A FIGURA 38 apresenta um exemplo captado durante a filmagem da tubulação, a qual apresenta um dano de quebra dentro da RCE de material tipo cerâmico antes de realizada a Reparação. Já a na FIGURA 39 é uma imagem da filmagem após execução do conserto realizado em material tipo PVC.

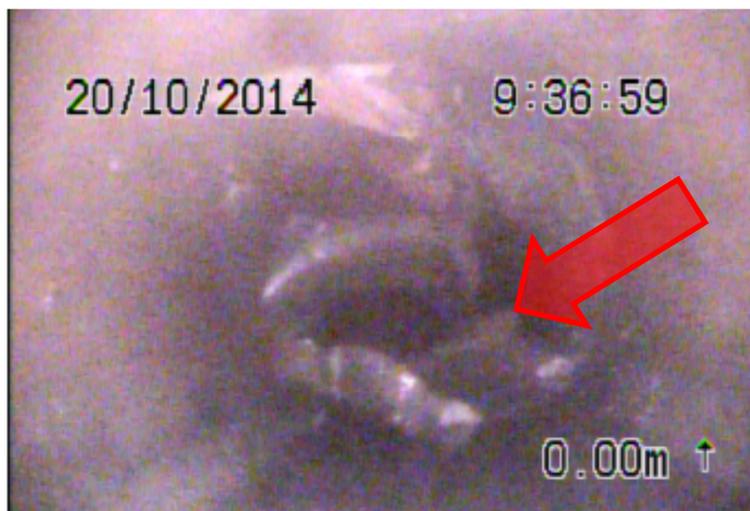


FIGURA 38 – REDE CERÂMICA COM DANO DE QUEBRA ANTES DA REPARAÇÃO  
FONTE: WINCAN (2014a)

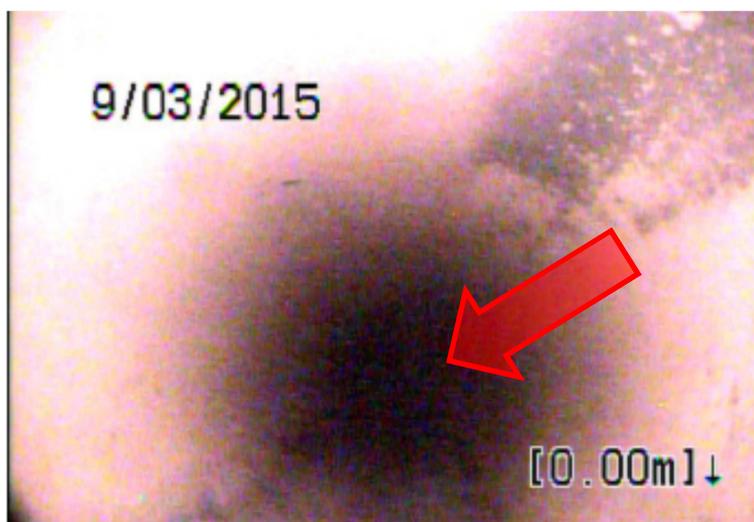


FIGURA 39 – REDE EM PVC APÓS REPARAÇÃO SEM APRESENTAÇÃO DE DANO  
FONTE: WINCAN (2015)

Caso a situação encontrada em campo seja considerada de difícil execução, o serviço deve ser repassado para estudo pelo setor de Desenvolvimento Operacional. As obras de substituição são consideradas obras longas (trechos com mais de 30 m de comprimento) que podem variar entre o método destrutivo e os

métodos não destrutivos. A escolha entre o tipo de método a ser adotado esta atrelada às condicionantes encontradas em campo, da análise do custo executivo e das limitações imposta pelo alvará emitido pela Prefeitura.

As condicionantes normalmente encontradas em campo são interferências subterrâneas (drenagem, caixas de concreto, rede lógica, energia, água, gás, cabeamentos) interferências de superfície (ponto de ônibus, placas de sinalização, bancos, semáforo, calçadas), profundidade da rede a ser executada e o tipo do solo do trecho. Após estas constatações, são estudadas as opções tecnológicas para substituição por um novo caminhamento ou pelo mesmo caminhamento da rede já existente.

A FIGURA 40 ilustra um exemplo captado durante a filmagem da tubulação de material cerâmico, a qual apresenta pontos com inexistência de tubulação (causado pela entrada de raízes na rede) e sifonamento de trechos. Devido à localização de esta rede ser central, com a existência de várias interferências, considerou-se mais vantajosa à substituição por meio de método não destrutivo pelo mesmo caminhamento do trecho existente da rede (de PV a PV). O novo material aplicado foi o tipo PEAD, conforme pode ser verificado na FIGURA 41.

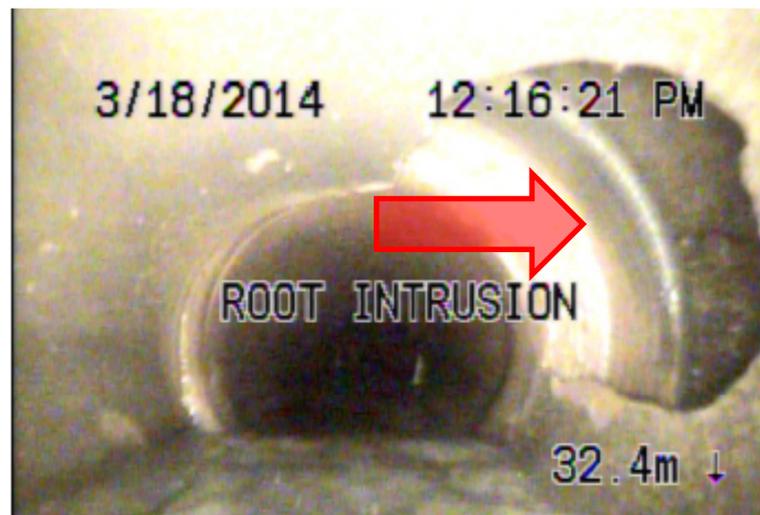


FIGURA 40 – REDE CERÂMICA DANIFICADA ANTES DO SERVIÇO DE SUBSTITUIÇÃO  
FONTE: WINCAN (2014b)



FIGURA 41 – SUBSTITUIÇÃO DE RCE PELO MESMO CAMINHAMENTO EXISTENTE EM PEAD  
 FONTE: WINCAN (2014c)

Após a decisão de obras de Melhorias, vários trechos com características semelhantes vão sendo acumulados até que se forme uma quantidade suficiente para a realização de uma licitação para a execução dos serviços. Por se tratar de obras esparsas, tenta-se reunir vários trechos próximos para diluição dos gastos com deslocamento e mobilização, para que a licitação continue a ser atraente para as empresas terceirizadas quererem executar o serviço. Normalmente os processos podem ser licitados e fiscalizados pelo setor que o estudou, podendo ser pelo setor de Obras da Unidade Regional (UR) ou pelo setor de Unidade de Serviço de Projetos e Obras (USPO), sendo este último responsável pela execução dos trechos mais trabalhosos.

#### 4.2 TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS DISPONÍVEIS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO EM CURITIBA

Após analisar os procedimentos de investigação até a tomada de decisão para o tipo de remanejamento existentes nas empresas de coleta e tratamento de esgoto em Stuttgart e em Curitiba, foi verificada a inexistência de uma ferramenta que auxiliasse o engenheiro na tomada de decisão. Durante as visitas foi constatado que a tomada de decisão entre as alternativas existentes é totalmente dependente da experiência do engenheiro analista e das características do trecho encontrado em campo, não seguindo uma regra fixa.

Desta forma foram realizadas entrevistas com empresas que atuam com tecnologias não destrutivas em saneamento na cidade de Curitiba, com o objetivo de conhecer as opções de tecnologias substitutivas existentes neste nicho de mercado e suas limitações. No questionário aplicado às empresas (APÊNDICE 2) foram avaliadas questões como a capacidade dos equipamentos, o desempenho do mesmo para diferentes tipos de solo e os tipos de materiais que podem ser aplicados com cada tecnologia.

Ao final da entrevista foi solicitado às empresas o envio de um orçamento que contemplasse o custo para execução do metro linear para cada tecnologia substitutiva que a empresa atua, variando os possíveis diâmetros nominais de aplicação. Estes orçamentos (ANEXOS 4 a 7) auxiliaram a compor o custo existente na ferramenta de auxílio à tomada de decisão para os métodos não destrutivos.

Após receber os orçamentos, verificou-se que os preços de aplicação das metodologias não variavam com o tipo do solo composto, desta forma decidiu-se agrupar os solos para o tipo predominante, sendo eles: argila, silte, areia, pedregulho, rocha e solo orgânico.

Após realizar as entrevistas com quatro empresas de MND que atuam na região de Curitiba, notou-se que os métodos ofertados na área de saneamento são diferentes dos estudados na revisão de literatura (QUADRO 7). Tendo como base a revisão de literatura e as informações obtidas durante as entrevistas, gerou-se o quadro comparativo das tecnologias substitutivas possíveis de serem encontradas em Curitiba (QUADRO 20).

O QUADRO 20 segue a seguinte sequência de informação: na primeira coluna (TEC) foi inserido o nome das tecnologias existentes, seguido pelas suas limitações de declividade alcançáveis (ACURÁCIA). Na sequência foram apresentados os tipos de materiais (MATERIAL) que podem ser utilizados e o intervalo de diâmetros nominais (DN) que podem ser aplicados com a tecnologia. Apresenta também o tipo de solo e o comprimento máximo em metros (COMP) que cada uma das tecnologias pode operar. Na última coluna foram citadas as particularidades que cada tecnologia possui, sendo esta última coluna um fator importante a ser analisada para a tomada de decisão. Além disso, o quadro exhibe nas três primeiras linhas os equipamentos utilizados para construção de RCE por um novo caminhamento, enquanto que as três últimas são destinadas para os equipamentos que seguem pelo mesmo caminho da rede antiga existente.

TEC	ACURÁCIA	MATERIAL	DN (MM)	TIPO DE SOLO	COMP (M)	PARTICULARIDADE
HDD	inclinação mínima de 1%	PEAD	160 - 800	Argila, silte, pedregulho e orgânico	300	Poço de saída, pode precisar de pequeno poço de entrada e fluido de perfuração
MT	inclinação mínima de 1%	Concreto jacking	300 - 700	Argila, silte, areia e orgânico	150	Poço de entrada e de saída, fluido de perfuração para estabilidade
PD	inclinação mínima de 1%	PEAD e PVC	150 - 400	Argila, silte e orgânico	30	Necessita de poço de entrada e de saída de pequeno porte
PB-DN	Depende da situação	PEAD	160 - 250	Argila, silte e areia e orgânico	100	Pode ser aplicado em redes de PRFV, ferro fundido, cerâmica e concreto não armado
PB-ST	Depende da situação	PEAD	160 - 315	Argila, silte, areia, pedregulho e orgânico	75	Pode ser aplicado em redes de PRFV, ferro fundido, ferro dúctil, aço, cerâmica e concreto não armado
PB-HDD	Depende da situação	PEAD e PVC	150 - 400	Argila, silte, areia, pedregulho e orgânico	200	Pode ser aplicado em redes de PRFV, PVC, cerâmica e concreto não armado

QUADRO 20 – COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE NA CIDADE DE CURITIBA

FONTE: adaptado de ALJAVA, GBM, RENTAX e TERRASSIS (2015)

NOTA: HDD - Perfuração Horizontal Direcional, MT - Microtúnel, PD - Prensa Hidráulica, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático e PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD.

Após confrontar os dois quadros comparativos, foram encontradas algumas diferenças para aquelas aplicadas em Curitiba: a inexistência de algumas tecnologias, a adição de uma tecnologia, a alteração no comprimento máximo de rede a ser implantada, a variação dos limites de acurácia e na dimensão de diâmetros para cravação.

A tecnologia adicionada ao segundo comparativo foi o método da prensa hidráulica (PD - Push Drill), também conhecido como “tatuzinho”. Esta tecnologia é comumente utilizada para trechos curtos entre 20 m e 50 m, dependendo do tipo do solo existente no local. O equipamento necessita de poço de entrada e de saída de pequeno porte. O funcionamento do equipamento é simples, o solo vai sendo cortado e pressionado para as laterais do furo. Desta forma, recomenda-se que para a utilização deste método deve-se verificar previamente as restrições limitantes de aplicação, pois o impacto causado no local de aplicação pode ser grande se não for bem planejado, como por exemplo, a ocorrência do erguimento do pavimento sobre o local de cravação.

### 4.3 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO ELABORADA

A criação da ferramenta de tomada de decisão serve para auxiliar o engenheiro a mensurar dentre as tecnologias existentes no mercado curitibano de MND, qual tecnologia possui a melhor relação custo-benefício e maior sustentabilidade para substituição de RCE.

A ferramenta elaborada é uma planilha no *software* Microsoft Excel<sup>®</sup> que possui nove abas, sendo elas: Entrada, Impressão, Apoio, Quantitativo e Custo do Método Destrutivo (QCMD), Quantitativo e Custo do Método Não Destrutivo (QCMND), Preço, Vazão, Demografia e Projeção (FIGURA 42).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	PLANILHA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE										
2	FOCO EM OBRAS DE MELHORIAS DE ESGOTO										
3											
4	A. ECONÔMICO										
5											
6	DADOS DE ENTRADA PARA CÁLCULO DO CUSTO DE TECNOLOGIAS										
7											
8	1 Qual o material da rede existente?										
9	Favor escolher um da lista. Caso não exista escolher o campo em branco.										
10											
11	2 Qual o diâmetro da rede existente?										
12	Favor escolher um da lista.										
13											
14	3 Qual o tipo de solo existente no local?										
15	Inserir o grupo predominante de solo para a escolha do método. Ex: Argila Siltosa = Argila.										
16	Favor escolher um da lista.										
17											
18	4 Qual o tipo de pavimento que será retirado para execução dos serviços?										
19	Caso existam vários tipos de pavimentação, escolher o tipo predominante no local.										
20	Favor escolher um da lista.										
21											
22	5 Se o pavimento for de concreto ou asfalto, qual a sua espessura?										
23											
24											
25	6 Qual a largura do passeio? Considerar desde o alinhamento predial até o meio-fio.										
26											
27											
28	7 Qual a distância da obra até o bota-fora mais próximo do trecho?										
29											
30											

FIGURA 42 – PLANILHA DE TOMADA DE DECISÃO ABERTA NA ABA ENTRADA E MOSTRANDO TODAS DE MAIS ABAS EXISTENTES  
 FONTE: A AUTORA (2015)

A partir do preenchimento de informações sobre a RCE existente e a nova a ser implantada na ABA ENTRADA (APÊNDICE 3), os cálculos acontecem automaticamente. O preenchimento é por meio de perguntas que o usuário deve responder dentro das células de cor azul, sempre verificando as unidades estabelecidas. Abaixo de cada pergunta foram inseridos alguns lembretes para

auxiliar o usuário no preenchimento da planilha e a evitar erros. O preenchimento deve seguir a sequência de perguntas determinada pela planilha. Normalmente existem listas como opção de resposta às perguntas, caso não exista, basta seguir as orientações para o correto preenchimento.

Ao todo, devem ser respondidas doze perguntas referentes ao cálculo do custo das tecnologias (fator econômico), oito referentes ao cálculo de verificação de vazão e declividade (verificação de atendimento da norma), cinco referente ao efeito<sup>7</sup> social (fator social) e cinco referente ao impacto<sup>8</sup> ambiental (fator ambiental) no local da obra. As doze primeiras perguntas incluem informações da RCE existente e da nova a ser implantada. As informações referentes ao cálculo de verificação de vazão e declividade precisam ser retiradas do cadastro de RCE existente a montante do ponto a ser implantado para executar a verificação.

Na parte do fator econômico foram feitos alguns avisos para evitar sobrecusto e subutilização de materiais na aplicação das tecnologias. Isso normalmente ocorre na utilização do material PEAD que possui diferentes valores de Pressão Nominal (PN), que é a classificação utilizada para determinar a resistência do material e influencia diretamente no custo do tubo. Os seguintes retornos são possíveis, na cor vermelha, ao lado da célula a ser preenchida:

- “PARA REDUÇÃO DO CUSTO PODE SER UTILIZADO PVC” indica que é possível reduzir o custo do material a ser instalado com a utilização do PVC ao invés do PEAD-PN8;
- “UTILIZAR PEAD-PN12,5” indica que o usuário entrou com a extensão do trecho superior a 100 m, o qual é recomendado à utilização apenas de PEAD-PN12,5;
- “PODE SER UTILIZADO PEAD-PN8” indica que o usuário informou o material PEAD-PN10 ou PEAD-PN12,5 a ser instalado em uma situação possível de ser utilizado o PEAD-PN8;
- “VERIFICAR” indica que o material a ser instalado ou o solo ou a profundidade estão incompatíveis e precisam ser revistos;
- “NÃO PODE SER UTILIZADO PVC” indica que devido à extensão do trecho e o tipo do solo, não é permitido à instalação de PVC.

---

<sup>7</sup> Efeito: o que resulta de uma causa, consequência, resultado (PRIBERAM, 2015a).

<sup>8</sup> Impacto: ato ou efeito de embater ou impactar, efeito de uma ação (PRIBERAM, 2015b).

As perguntas que avaliam o fator social e o fator ambiental foram escolhidas por representarem para a autora as de maior relevância à comunidade ali residente. Para cada pergunta socioambiental, o usuário pode escolher uma resposta que relaciona a relevância do item em questão com a localização da obra. Esta etapa de priorização define o critério de importância dos fatores socioambientais, sendo eles (adaptado de BRAGA *et al.*, 2005):

- Fator Social
  - ALTO: efeito grave = transtorno bastante significativo à população;
  - MÉDIO: efeito significativo = transtorno significativo à população;
  - BAIXO: menor efeito = transtorno não significativo à população;
  - NENHUM: não há transtorno ou efeito significativo à população.
- Fator Ambiental
  - ALTO: maior impacto = grau severo de impacto ambiental;
  - MÉDIO: impacto significativo = ocorre um grau moderado de impacto ambiental;
  - BAIXO: menor impacto = ocorre um baixo grau de impacto ambiental;
  - NENHUM: não há impacto ambiental visível ou mensurável.

Por motivo de segurança optou-se em bloquear parcialmente a aba, sendo possível editar apenas as células pintadas na cor azul.

A aba mais importante da planilha é a ABA IMPRESSÃO (APÊNDICE 4), que possui uma coloração diferenciada das demais abas. Nela é possível encontrar o resultado final de toda a análise, sendo composto pelo: resumo das informações definidas pelo usuário na entrada, o quadro comparativo entre MND possíveis de serem aplicados com MD, o quadro de verificação de vazão e declividade, o quadro de verificação do efeito social e impacto ambiental para cada método executivo, o quadro de relação entre efeito social e impacto ambiental x tecnologias executivas x localização da obra e, para finalizar, o quadro resumo dos resultados avaliando a sustentabilidade.

No quadro comparativo entre MND possíveis de serem aplicados com MD, por meio da utilização de funções SE, E, OU e PROCV do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>,

é retornado para cada uma das tecnologias a verificação de atendimento (sim ou não) aos limites definido para cada uma das perguntas no quadro existente na aba apoio. A aplicação da tecnologia foi condicionada a todas as respostas das perguntas serem afirmativas, sendo que o retorno mostra o valor do custo por metro linear e total do trecho, estando incluso o serviço, o material e os poços de entrada e saída (se necessários). Na última coluna é apresentada a porcentagem do custo dos MND em relação ao MD. O método destrutivo esta presente na última linha do quadro que apresenta o resumo do custo calculado na aba QCMD. Os valores encontrados neste quadro foram considerados como o fator econômico na avaliação da sustentabilidade para auxiliar na tomada de decisão.

O quadro de verificação de vazão e declividade, por meio da utilização de funções SE, E, OU e PROCV do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>, retorna o resultado de comprovação que o material, o diâmetro e a inclinação escolhidos na aba entrada, atendem ou não o exigido pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986b), sendo que os detalhes dos cálculos estão presentes na aba vazão. Esta situação é confirmada a partir da afirmação positiva das perguntas:

- A vazão máxima admissível é menor que a vazão máxima do horário de pico projetada para anos?
- A declividade escolhida atende a declividade mínima para a vazão máxima do horário de pico projetada?

No quadro de verificação do efeito social e impacto ambiental determinou-se para cada uma das perguntas socioambientais, o nível de influência sobre cada método. Para mensuração do efeito social e impacto ambiental. Foram definidos quatro possíveis critérios, sendo eles alto, médio, baixo e nenhum. Cada critério possui uma pontuação, variando do alto com um ponto, médio com três pontos, baixo com seis pontos e nenhum com 10 pontos. Foi adotado o critério que quanto maior a somatória de pontos, maior a sustentabilidade socioambiental da tecnologia. A pontuação mínima e máxima a ser atingida para o efeito social e impacto ambiental é 5 e 50 respectivamente.

Já no quadro da relação entre efeito social e impacto ambiental x tecnologias executivas x localização da obra, dividiu-se a o resultado da relação socioambiental para cada tecnologia executiva pelas respostas definidas pelo usuário na aba entrada, as quais levaram em consideração o local da obra. Desta forma foi criada

uma relação entre os possíveis métodos de aplicação, os fatores socioambientais e a localização da obra.

O quadro resumo dos resultados avaliando a sustentabilidade, por meio da utilização de funções MENOR, MAIOR e ORDEM do *software* Microsoft Excel®, apresenta um resumo da classificação de cada método possível de aplicação considerando a sua sustentabilidade de forma aberta e fechada. Na forma aberta é possível verificar para cada tecnologia o ranqueamento do fator econômico, social e ambiental. Para o fator econômico considerou-se que quanto menor o custo da tecnologia, mais economicamente sustentável é o método. Para os fatores sociais e ambientais considerou-se que quanto maior o acúmulo de pontos, mais sustentável socioambientalmente é o método. O objetivo foi criar uma forma de classificar em uma mesma linguagem os fatores de sustentabilidade de forma independente.

A partir do ranqueamento aberto, definiu-se relevâncias entre os fatores da sustentabilidade, sendo seus valores pré-estabelecidos pela autora:

- Fator econômico = 33,33%;
- Fator social = 33,33%;
- Fator ambiental = 33,33%.

O resultado final da planilha é a tomada de decisão que classifica a média ponderada entre o ranking aberto e a relevância dos fatores da sustentabilidade. Determinou-se que, quando todas as respostas para efeito social e impacto ambiental não forem relevantes para o trecho em questão, ou seja, todas as respostas forem NENHUM, o fator econômico é o único a ser levado em consideração no cálculo da classificação, sendo igual a 100% o seu valor.

Esta é a única aba da planilha que deve ser impressa. Por motivo de segurança optou-se em bloquear esta aba inteira para evitar acidentalmente a alteração de fórmulas.

Na ABA APOIO (APÊNDICE 5) encontram-se as informações limitantes definidas pelo mercado curitibano para cada uma das tecnologias existentes, sendo a sequência delas: o tipo de material existente na RCE, o intervalo de diâmetro possível de utilização, o tipo de solo, o intervalo de comprimento de aplicação, o tipo de material a ser aplicado e o custo por metro linear de aplicação do método (serviço e material).

Por meio das funções SE, E, OU, PROCV, MAIOR e MENOR do *software* Microsoft Excel®, estas limitações retornam ao quadro da aba impressão o comparativo de custo dos métodos não destrutivos possíveis de serem utilizados.

Caso o parâmetro em análise seja inexistente em algum método não destrutivo, um “x” é marcado para significar ausência. Na última coluna da aba encontra-se calculado o custo total de cada tecnologia não destrutiva, já contemplado o custo da execução do poço de acesso (se necessário), incluso a prestação de serviço e o material para a execução do poço.

As listas existentes na aba entrada, responsáveis pela limitação das possibilidades de respostas do usuário, estão todas localizadas na aba apoio. Existem as listas de: materiais, solos, material existente, profundidade, diâmetros, pavimentação e bairros.

Nela também se localiza o quadro de ranqueamento dos fatores de sustentabilidade (econômico, social e ambiental), o qual retornar para aba impressão a classificação de cada um dos métodos estudados. Por motivo de segurança optou-se em bloquear esta aba inteira para evitar acidentalmente a alteração de fórmulas.

A ABA QCMD (Quantitativo e Custo do Método Destrutivo) (APÊNDICE 6) apresenta o cálculo do levantamento quantitativo utilizado para compor o custo linear do método destrutivo. Foram utilizados os princípios definidos no MOS para o levantamento quantitativo dos serviços e materiais necessários para o assentamento de tubulações (SANEPAR, 2012). Ao todo foram considerados os seguintes itens:

- Largura de vala;
- Sinalização de segurança;
- Escavação;
- Pesquisa ou sondagem de reconhecimento;
- Caminhão de sucção;
- Escoramento;
- Embasamento e envolvimento;
- Assentamento da tubulação;
- Aterro/reaterro;
- Compactação;
- Carga e descarga de solo;
- Transporte de solo;

- Transporte de entulho;
- Pavimentação e calçada;
- Material a ser aplicado.

Para o cálculo da largura da vala foi considerado o somatório do diâmetro nominal da tubulação, com o valor correspondente à sua sobrelargura na Tabela de Sobrelargura, 0,10 m para valas com escoramento e acréscimo de 0,10 m para cada metro que exceder 2,00 m de profundidade (MOS, 2012). Apesar de ser possível por meio da fórmula obter um valor de largura de vala abaixo de 0,60 m, devido à dificuldade de se encontrar concha de escavadeira com dimensão menor que 0,60 m, definiu-se este valor como a medida mínima de largura. Para o cálculo da sinalização de segurança considerou-se ao longo de todo o comprimento de vala a colocação de tapume móvel descontínuo.

No cálculo da escavação do solo foi considerado o volume de solo a ser escavado, variando-se as profundidades entre 0,00 m a 2,00 m, 0,00 m a 4,00 m e 0,00 m e 6,00 m, seguindo o modelo adotado na SANEPAR. Para o cálculo do volume de sondagem de reconhecimento, por meio de números históricos, foi definido que a cada 20,00 m de comprimento seria aberta uma vala de pesquisa com dimensão de 0,60 m de largura, 2,00 m de comprimento, multiplicado pela profundidade da rede.

Devido ao alto preço cobrado pela utilização de serviço de caminhão de sucção, normalmente cobrado por dia ou hora, para a inclusão deste custo no levantamento quantitativo estimou-se, por meio de números históricos, a velocidade de produção diária média para substituição de RCE em carga em pequenos diâmetros ( $DN \leq 160$  mm) em 7,00 m/dia, enquanto que para grandes diâmetros ( $DN > 160$  mm) em 9,00 m/dia. A fórmula adotada foi arredondar para cima o valor da extensão do trecho trabalhado dividido pela velocidade da produção diária estimada, obtendo-se no final o tempo necessário do aluguel do caminhão.

O uso do escoramento é obrigatório para valas com profundidade maior que 1,25 m. Para solos predominantemente argilosos, com profundidade de vala menor ou igual a 2,00 m, pode ser utilizado escoramento de madeira. A quantificação deste método é a área de tábua em contato com o solo das paredes (tábua com 0,30 m de largura), sendo que o distanciamento máximo entre elas é duas vezes o comprimento da mesma (0,60 m) multiplicada por dois, pois deve ser aplicado nos dois lados da parede da vala. Para todos os demais tipos de solo ou para valas em

solos argilosos com profundidade acima de 2,00 m, deve ser utilizado o escoramento metálico, sendo a sua quantificação duas vezes a área de parede lateral da vala (MOS, 2012).

Como o volume de embasamento e de envolvimento da tubulação são pagos no mesmo item, seguindo o modelo adotado na SANEPAR, os levantamentos dos seus volumes foram considerados juntos. Para o embasamento considerou-se para solos argilosos as alturas de 0,10 m de areia e 0,20 m de brita, enquanto que para os demais tipos de solo as alturas de 0,15 m de areia e 0,25 m de brita. Para o envolvimento da tubulação foram seguidas as seguintes regras (MOS, 2012):

- Tubo de concreto: a tubulação assentada deve ser envolvida com areia até 0,30 m acima da Geratriz Superior Externa (GSE);
- Tubo de PVC recobrimento menor ou igual a 2,00 m: a tubulação assentada deve ser envolvida com areia até metade do diâmetro;
- Tubo de PVC com recobrimento maior que 2,00 m: a tubulação assentada deve ser envolvida com areia até 0,05 m acima da GSE.

Para o cálculo do volume de solo de aterro/reaterro foram descontados os volumes: da tubulação, do embasamento e do envolvimento. Tanto para o cálculo de volume de aterro/reaterro, quanto para o volume de compactação de vala, foram considerados 0,30 m da profundidade da vala como serviço manual e o restante como serviço mecânico.

No cálculo do volume de carga e descarga de solo foi considerado o volume de embasamento somado ao volume da tubulação. O item transporte de solo é o volume de carga e descarga multiplicado pela distância em quilômetros até o bota-fora mais próximo. É importante ressaltar que em todos os cálculos de volume de solo foram levantados os volumes reais, sendo o empolamento incluso no preço unitário. Para o cálculo do item transporte de entulho, por meio de números históricos foi definido o valor de perda em 10% do volume de solo a ser descartado.

Dependendo do tipo do material existente no pavimento ou na calçada, a unidade do material a ser retirado e recomposto deve ser considerada em área ou em volume. De forma que devido ao Decreto Nº 1065 (BRASIL, 2006) foi considerado para o cálculo da recomposição dos passeios a distância do meio fio até o alinhamento predial acrescido de 0,50 m para cada lado das arestas da vala no sentido longitudinal. Para o cálculo do tipo de material a ser aplicado na vala aberta

foi definido o PVC para diâmetros nominais menores ou iguais a 400 mm e concreto armado para diâmetros acima de 400 mm.

Para se determinar o preço unitário de cada um dos insumos foi criado um link com a aba preço possibilitando o cálculo individual de cada item. No final da planilha é possível obter o custo total de serviço, custo total de material, custo total do método destrutivo e o custo por metro linear. Os dois últimos valores citados foram adicionados ao quadro comparativo entre os métodos não destrutivos possíveis x método destrutivo existente na aba impressão.

Por motivo de segurança optou-se em bloquear esta aba inteira para evitar acidentalmente a alteração de fórmulas.

A ABA QCMND (Quantitativo e Custo do Método Não Destrutivo) (APÊNDICE 7) apresenta o cálculo do levantamento quantitativo e os preços unitários que multiplicados compõem o custo de execução dos poços de entrada e saída necessários para execução dos MND. Foram utilizados os princípios definidos no MOS para indicar os limites a serem seguidos no levantamento quantitativo dos serviços e materiais para o assentamento de tubulações (SANEPAR, 2012). Ao todo foi necessário considerar os seguintes itens:

- Dimensão do poço de entrada e saída;
- Escavação;
- Escoramento;
- Aterro/reaterro;
- Compactação;
- Carga e descarga de solo;
- Transporte de solo;
- Pavimentação e calçada;

As dimensões dos poços de entrada e saída foram estabelecidas durante as entrevistas realizadas com as empresas curitibanas que atuam na área de MND para saneamento, sendo definidas pelo tipo de equipamento:

- HDD: poço quadrado sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 1,00 m<sup>2</sup>, sendo necessário apenas a retirada e a colocação do pavimento;
- MT: poço redondo sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 7,07 m<sup>2</sup> multiplicado pela profundidade da rede em estudo;

- PD: poço quadrado sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 4,00 m<sup>2</sup> multiplicado pela profundidade da rede em estudo;
- PB-DN: poço retangular sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 5,00 m<sup>2</sup> multiplicado pela profundidade da rede em estudo;
- PB-ST: poço retangular sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 5,00 m<sup>2</sup> multiplicado pela profundidade da rede em estudo;
- PB-HDD: poço quadrado sendo que o de entrada é igual ao de saída, possuindo 1,00 m<sup>2</sup>, sendo necessário apenas à retirada e a colocação do pavimento;

Para obtenção do volume de escavação, aterro/reaterro e compactação foram adotados os mesmos parâmetros descritos na aba QCMD. Sendo que foram consideradas as dimensões dos poços de entrada e saída multiplicados pela profundidade média da rede a ser aplicada.

Para o cálculo do escoramento do poço de entrada e saída utilizou-se o mesmo conceito determinado pelo MOS (2012). O uso do escoramento é obrigatório para valas com profundidade maior que 1,25 m. Para solos predominantemente argilosos com profundidade de poço menor ou igual a 2,00 m, pode ser utilizado escoramento de madeira. A quantificação deste método é a área de tábua em contato com o solo das paredes (tábua com 0,30 m de largura), sendo que o distanciamento máximo entre elas é duas vezes o comprimento da mesma (0,60 m), multiplicado por dois, pois deve ser aplicado nos dois lados da parede do poço. Para todos os demais tipos de solo ou para poços em solos argilosos com profundidade acima de 2,00 m, deve ser utilizado o escoramento metálico, sendo a sua quantificação duas vezes a área de parede lateral do poço.

Por meio de números históricos obtidos através de observação em campo, o cálculo do item carga e descarga de solo foi definido como valor de perda em 15% do volume de solo escavado. O item transporte de solo é o volume de carga e descarga multiplicado pela distância em quilômetros até o bota-fora mais próximo. É importante ressaltar que em todos os cálculos de volume de solo foram levantados os volumes reais, sendo o empolamento incluso no preço unitário.

Dependendo do tipo do material existente no pavimento ou na calçada, a unidade do material a ser retirado e recomposto deve ser considerada em área ou em volume, de forma que a quantidade considerada é a área necessária para abertura dos poços.

Após cada um dos itens serem quantificados foi criado um link com a aba preço possibilitando o cálculo do custo individual de cada item existente. No final da planilha é possível obter o valor do custo final e por metro linear para a execução dos poços de entrada e saída de cada um dos métodos não destrutivos. Este valor foi adicionado ao custo por metro linear do quadro existente na aba apoio.

Por motivo de segurança optou-se em bloquear esta aba inteira para evitar acidentalmente a alteração de fórmulas.

A ABA PREÇO (APÊNDICE 8) é onde o usuário deve atualizar constantemente os preços dos serviços e materiais. Ela é dividida em duas Unidades Construtivas (UC) sendo a UC-01 serviços e a UC-02 materiais. Nela é possível encontrar os códigos dos itens que são fixos na tabela de preço da SANEPAR (CÓD), a descrição dos serviços e materiais (DESCRIÇÃO), a fonte e a data do orçamento (FONTE/DATA), a unidade (UN), o preço unitário, o valor em porcentagem dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) e o preço com o BDI.

A aba serve para armazenar e concentrar todos os valores unitários coletados para o cálculo do comparativo de custo entre o método destrutivo e os métodos não destrutivos. A aba é parcialmente bloqueada, permitindo apenas que o usuário altere os valores das células pintadas na cor azul, sendo elas os valores de BDI, a coluna da fonte/data do orçamento e dos preços unitários. Foi adotado o valor de BDI para serviços de 32% e materiais 18% sobre os valores unitários, conforme é adotado atualmente pela empresa SANEPAR.

Dentro da ABA VAZÃO (APÊNDICE 9) existem três tabelas (altura da lâmina de água pelo diâmetro (Y/D), coeficiente de *Manning* e diâmetro interno), o detalhamento do cálculo da vazão (Q) e da verificação da vazão e declividade. A primeira tabela associa a altura da lâmina de água pelo diâmetro (Y/D), com o raio hidráulico e com o fator hidráulico. Isso somente é possível por se tratar de seções circulares. A segunda tabela é do coeficiente de *Manning* que é o coeficiente de rugosidade da superfície do condutor e acaba variando de acordo com o tipo do material utilizado. A terceira tabela é do cálculo de diâmetro interno de vazão, pois em alguns materiais o Diâmetro Externo (DE) é diferente do Diâmetro Interno (DI) do tubo, sendo este último o valor utilizado para o cálculo da vazão. Quanto maior for a Pressão Nominal (PN) do tubo, menor será o seu DI. Para o cálculo da vazão foram levantados em conta os seguintes elementos:

- Densidade demográfica do bairro (aba demografia);

- Área do polígono de contribuição;
- Extensão de rede que utiliza junta argamassada (tubulação cerâmica);
- Extensão da rede que utiliza junta elástica;
- População atendida;
- Consumo de água per capita;
- Coeficiente de retorno;
- Tempo de projeção populacional;
- Taxa de crescimento no bairro.

O consumo médio de água nas grandes cidades, com população maior que 250.000 habitantes, varia o valor *per capita* entre 150 L/s/hab e 300 L/s/hab (SPERLING, 2005). O coeficiente de retorno representa a fração de água consumida que retorna ao sistema coletor de esgoto, sendo considerado que o restante deste valor é infiltrado em jardins ou destinado à GAP. Os valores usuais em cidades médias e grandes são respectivamente 0,80 e 0,85 (MAÇAL JÚNIOR, 2000). A norma NBR 9649 (ABNT, 1986b) estabelece que o valor máximo de altura da lâmina de água no condutor seja igual ou inferior a 75%. Devido a grande quantidade de áreas impermeabilizadas, a SANEPAR adota o valor de 85% para a cidade de Curitiba.

A vazão atual é a vazão sanitária somada à vazão de infiltração enquanto que a vazão futura é a vazão atual multiplicada pela taxa de incremento da projeção populacional. Para o cálculo da vazão sanitária multiplicou-se a população atendida pelo consumo *per capita* e pelo coeficiente de retorno (MAÇAL JÚNIOR, 2000). As equações da NBR 9649 (ABNT, 1986b) foram verificadas nestes cálculos. A população atendida foi obtida a partir da multiplicação da densidade demográfica pela área do polígono de contribuição definida com auxílio do software AutoCAD pelo usuário, assim como as extensões das redes com junta argamassada e junta elástica.

Para o cálculo da vazão de infiltração a norma indica a utilização da taxa de contribuição de infiltração entre os valores de 0,05 L/s/km e 1,00 L/s/km, sendo que a variação é causada pelas diferenças no nível de lençol freático, da natureza do subsolo, do tipo de material da tubulação e tipo de junta utilizada (ABNT, 1986b). Para execução dos cálculos foram adotados os valores definidos pela SANEPAR,

sendo para utilização de junta elástica 0,1 L/s/km e para utilização de junta argamassada (cerâmica) 0,5 L/s/km.

A partir da vazão atual ou futura, a qual tiver maior valor, pois a densidade demográfica está diminuindo em alguns bairros, foi calculada a vazão máxima diária, a vazão máxima horária e a vazão mínima horária. A verificação da vazão leva em consideração a vazão máxima calculada a partir do material, DI e a lâmina de água pelo diâmetro (Y/D). Se a vazão encontrada for maior que a vazão máxima horária, a vazão é atendida pelo diâmetro, senão é necessário verificar o diâmetro ou a lâmina de água pelo diâmetro. A verificação da declividade compara se a declividade definida em projeto atende à declividade mínima definida pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986b).

Os valores presentes na tabela da ABA DEMOGRAFIA (APÊNDICE 10) foram retirados do site do IPPUC (IPPUC, 2015a). Na tabela estão presentes as áreas em hectares (ha) e as densidades demográficas (hab/ha) para os anos de 1970, 1980, 1991, 1996, 2000 e 2010 de todos os bairros de Curitiba. A tabela determina o histórico da evolução demográfica nos bairros de Curitiba, sendo que dela é retirado o valor da densidade do bairro em estudo para compor o cálculo da vazão.

Os valores presentes na tabela da ABA PROJEÇÃO (APÊNDICE 11) foram retirados do site do IPPUC (IPPUC, 2015b). Na tabela estão presentes as populações projetadas para os bairros de Curitiba entre o ano de 2015 e 2030, apesar de a planilha original apresentar os valores desde 2011 a 2030. Da planilha é retirada a taxa de crescimento do bairro para o cálculo da vazão. Para o cálculo da projeção populacional foi considerada uma projeção aritmética a partir do tempo determinado pelo usuário na aba entrada. Se este for maior do que 15 anos, a taxa anual adotada foi mantida para o cálculo da projeção média do período entre 2015 e 2030.

#### 4.4 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO

A ferramenta desenvolvida foi aplicada em oito cenários que se diferenciam pelas características do material a ser aplicado, pelo diâmetro da tubulação

existente, pelo tipo do pavimento no local, pelo tipo de solo existente, pela profundidade média a ser trabalhada e pelos critérios socioambientais adotados.

#### 4.4.1 Cenários 1 a 4

Para o cálculo do custo da tecnologia, o cenário 1 simula um comparativo para a substituição considerando a rede antiga existente em material cerâmico em DN 150 mm, a pavimentação existente tipo *petit-pavet* com largura de 3,50 m, o comprimento do trecho a ser trabalhado com 60 m, solo existente do tipo argiloso, a profundidade da rede a 2,00 m. O material da nova tubulação escolhido foi PEAD-PN8 com DE 160 mm e a declividade a ser seguida de 0,008.

Observa-se na FIGURA 43 que a tecnologia destrutiva tem um custo de R\$ 491 por metro linear, faz uso de tubulação em PVC DN 150 mm, apresentando-se competitiva financeiramente. Os métodos não destrutivos se apresentaram com um custo até 152,7% mais caro (R\$ 1.240 por metro linear).

PLANILHA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO  
FOCO EM OBRAS DE MELHORIAS

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA VERIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS E CÁLCULO DO CUSTO

1	Qual o material da rede existente?	CERÂMICA
2	Qual o diâmetro da rede existente?	150 mm
3	Qual o tipo de solo existente no local?	ARGILA
4	Qual o tipo de pavimento que será retirado para execução dos serviços?	PETIT-PAVET
5	Se o pavimento for de concreto ou asfalto, qual a sua espessura?	- cm
6	Qual a largura do passeio? Considerar desde o alinhamento predial até o meio-fio.	3,50 m
7	Qual a distância da obra até o bota-fora mais próximo do trecho?	20,00 km
8	Qual o comprimento/ extensão do trecho de rede a ser instalada? Conhecido também como a distância entre os PV's.	60,00 m
9	Qual a profundidade média a ser trabalhada?	2,00 m
10	Qual o material a ser instalado?	PEAD-PN8
11	Qual o diâmetro da rede a ser instalada?	160 mm
12	Qual a declividade do trecho a ser instalado?	0,0080 m/m

COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS POSSÍVEIS X MÉTODO DESTRUTIVO

A. ECONÔMICO

MÉTODOS POSSÍVEIS	ATENDE?											CUSTO (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)	MIND X MD		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				12	
HDD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	12	R\$ 796	R\$ 47.766	62,3%
MT	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	-	-	-						
PD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	-	-	-
PB-DN	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	R\$ 586	R\$ 35.138	19,4%
PB-ST	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	R\$ 586	R\$ 35.138	19,4%
PB-HDD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	R\$ 1.240	R\$ 74.377	152,7%
MD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 491	R\$ 29.431	-

LEGENDA: NA - Não aplicável, HDD - Perfuração Horizontal Direcional, MT - Microtúnel, PD - Prensa Hidráulica, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo

FIGURA 43 – COMPARATIVO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 150 MM, PROFUNDIDADE DE 2,00 M, SOLO ARGILOSO E ALTO FATOR SOCIOAMBIENTAL  
FONTE: A AUTORA (2015)

Para o cálculo da vazão nos cenários 1 a 4, foram adotados os seguintes números: a projeção populacional de 20 anos, o bairro Centro, a área do polígono de

contribuição de 42.496 m<sup>2</sup>, a extensão de rede com junta argamassada de 1.210 m, extensão rede em junta elástica de 0 m, o consumo per capita de 200 L/hab, coeficiente de retorno de 0,80 e altura da lâmina de água no condutor de 0,75.

Estimou-se o bota-fora mais próximo a 20 km de distância da obra. Tanto a área do polígono (área delimitada em preto) quanto à extensão da rede à montante do PV do início do estudo (determinado pela seta em vermelho ilustrada na FIGURA 44), foram obtidos a partir do arquivo digital “cadastro técnico de redes coletoras e emissores” da SANEPAR, por meio da utilização do *software* AutoCAD.



FIGURA 44 – POLÍGONO DE CONTRIBUIÇÃO PARA OS CENÁRIOS 1 A 4  
FONTE: SANEPAR (2015B)

A FIGURA 45 apresenta a parte da planilha de verificação do material, da vazão e da declividade, que reforça a afirmação de que todos os parâmetros utilizados estão dentro dos limites estipulados pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986b).

**RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE**

I Qual o tempo de projeção para o estudo da população? 20 anos

II Em qual bairro se localiza o trecho? CENTRO

III Qual é a área do polígono de contribuição? 42.496,00 m²

IV Qual é a extensão da rede em junta argamassada (tubulação de cerâmica)? 1.210,00 m

V Qual é a extensão da rede em junta plástica (demais tubulações)? -

VI Qual o consumo de água per capita a ser considerado? -

VII Qual será o coeficiente de retorno a ser considerado? 200,00 L/hab/dia

VIII Favor indicar a altura da lâmina de água no diâmetro do condutor (V/D): 0,80

**VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE**

ATENDE?

A VAZÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL É MENOR QUE A VAZÃO MÁXIMA DO HORÁRIO DE PICO PROJETADA PARA 20 ANOS? SIM

A DECLIVIDADE ESCOLHIDA ATENDE A DECLIVIDADE MÍNIMA PARA A VAZÃO MÁXIMA DO HORÁRIO DE PICO PROJETADA? SIM

45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70

FIGURA 45 – VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE COM DADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 150 MM, PROFUNDIDADE DE 2,00 M E SOLO ARGILOSO  
 FONTE: A AUTORA (2015)

Por se tratar de uma obra no Centro de Curitiba, área densamente povoada e urbanizada, consideraram-se as respostas para todas as perguntas de efeitos sociais com critério alto (efeito grave = transtorno bastante significativo à população) e de impactos ambientais com critério alto (maior impacto = grau severo de impacto ambiental). De forma que o resultado final apontado pela planilha para a tomada de decisão, ou seja, o método mais sustentável para substituição de uma RCE seguindo as características definidas no cenário 1, ficou com o método HDD o qual obteve primeiro lugar no *ranking* da sustentabilidade (FIGURA 46) enquanto que o método MD ficou em último lugar (5º lugar).

	ECONÔMICO			SOCIAL		AMBIENTAL		SUSTENTABILIDADE		
	RANKING	CUSTO (R\$/m)		RANKING	PONTOS	RANKING	PONTOS		MÉDIA POND	RANKING FINAL
HDD	4º	796		1º	29	1º	34	HDD	2,00	1º
MT	NA	-		NA	-	NA	-	MT	NA	NA
PD	NA	-		NA	-	NA	-	PD	NA	NA
PB-DN	2º	586		3º	25	3º	30	PB-DN	2,67	3º
PB-ST	2º	586		3º	25	3º	30	PB-ST	2,67	3º
PB-HDD	5º	1.240		1º	29	1º	34	PB-HDD	2,33	2º
MD	1º	491		5º	5	5º	5	MD	3,67	5º

FIGURA 46 – RESUMO DOS RESULTADOS AVALIANDO A SUSTENTABILIDADE NO CENÁRIO 1  
 FONTE: A AUTORA (2015)

Repetiu-se o procedimento descrito para os cenários 2 a 4, alterando-se o tipo de solo (argiloso ou orgânico), a profundidade média a ser trabalhada (2,00 m ou 4,00 m), o material a ser instalado (PEAD-PN8 ou PEAD-PN10), os critérios de efeito social (alto ou nenhum) e os critérios de impacto ambiental (alto ou nenhum), conforme pode ser verificado na TABELA 1 (pág. 84). Apesar de ser uma obra no bairro central de Curitiba, para demonstrar a aplicação da planilha, considerou-se os fatores socioambientais irrelevantes (nenhum) no cenário 3 e 4.

A TABELA 2 apresenta as principais características dos cenários 1 a 4 juntamente com fator econômico de cada tecnologia possível de aplicação. A sequência de informação existente na tabela é: o número do cenário (Nº), o tipo de pavimento existente (PAV), o tipo do solo existente (SOLO), a profundidade da rede (PROF em metros), o tipo do material a ser aplicado (MAT APLIC), o diâmetro da rede a ser instalada (DN APLIC em milímetros), o fator social (F. SOC) e o fator ambiental (F. AMB), o custo de aplicação por metro linear dos métodos não destrutivos (HDD, PB-DN, PB-ST e PB-HDD) e do método destrutivo.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								FATOR ECONÔMICO				
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLIC	F. SOC	F. AMB	HDD (R\$/m)	PB-DN (R\$/m)	PB-ST (R\$/m)	PB-HDD (R\$/m)	MD (R\$/m)
1	Petit-pavet	Argila	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	796	586	586	1.240	491
2	Petit-pavet	Orgânico	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	796	585	585	1.240	508
3	Petit-pavet	Argila	4,00	PEAD-PN8	160	Nenhum	Nenhum	796	596	596	1.240	598
4	Petit-pavet	Orgânico	4,00	PEAD-PN10	160	Nenhum	Nenhum	810	610	610	1.254	603

TABELA 2 – RESUMO COMPARATIVO DO FATOR ECONÔMICO ENTRE OS CENÁRIOS 1 A 4  
 FONTE: a autora (2015)

NOTA: HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo.

O cenário 1 comparado ao 3 praticamente mantém o valor do custo dos MND mesmo com a variação da profundidade da rede de 2,00 m para 4,00 m. O custo do método destrutivo variou de R\$ 491 para R\$ 598. Observa-se que no cenário 3 as técnicas não destrutivas PB-DN e PB-ST são competitivas frente à técnica destrutiva.

O cenário 2 comparado ao 4 ocorre uma variação no custo dos MND ocasionados pela mudança da profundidade da rede de 2,00 m para 4,00 m e alteração do material utilizado de PEAD-PN8 para PEAD-PN10. O custo do método destrutivo variou de R\$ 508 para R\$ 603. Observa-se que no cenário 4 as técnicas não destrutivas PB-DN e PB-ST possuem praticamente o mesmo valor da técnica destrutiva.

Observa-se que quando o pavimento, o solo e o material empregado possuem as mesmas características, alterando somente a profundidade, o custo dos MND que não necessitam de poço de acesso (HDD e PB-HDD) se mantém, enquanto que o custo dos MND que necessitam de poço de acesso (PB-DN e PB-ST) sofrem pequenas variações. O MD apresenta alterações significativas de valores com o aumento da profundidade independente do tipo de solo.

A TABELA 3 apresenta as principais características dos cenários 1 a 4 juntamente com a relação de custo em porcentagem dos métodos não destrutivos pelo método destrutivo. A sequência de informação existente na tabela é a mesma descrita anteriormente com o acréscimo da relação de custo de cada MND pelo MD.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								MND X MD			
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLIC	F. SOC	F. AMB	HDD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD
1	Petit-pavet	Argila	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	62,3%	19,4%	19,4%	152,7%
2	Petit-pavet	Orgânico	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	56,7%	15,1%	15,1%	143,9%
3	Petit-pavet	Argila	4,00	PEAD-PN8	160	Nenhum	Nenhum	33,1%	-0,4%	-0,4%	107,2%
4	Petit-pavet	Orgânico	4,00	PEAD-PN10	160	Nenhum	Nenhum	34,3%	1,1%	1,1%	107,9%

TABELA 3 – RESUMO COMPARATIVO DA RELAÇÃO ENTRE MNDXMD DOS CENÁRIOS 1 A 4  
 FONTE: a autora (2015)

NOTA: MND - Método Não Destrutivo, MD - Método Destrutivo, HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático e PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD.

Por meio da TABELA 3 é possível avaliar que as técnicas PB-DN e PB-ST não destrutivas apresentam para os cenários 1, 2 e 4 os valores 19,4%, 15,1% e 1,1%, respectivamente, a mais que o custo do método destrutivo. O cenários 3 apresenta ganho de aplicação de -0,4% em relação ao custo do método destrutivo. Desta forma fica comprovado que em Curitiba, o aumento de profundidade contribui para viabilizar a implantação de métodos não destrutivos para a substituição de redes coletoras de esgoto em pequenos diâmetros (150 mm e 160 mm).

A TABELA 4 apresenta as principais características dos cenários 1 a 4 juntamente com o *ranking* da sustentabilidade de cada tecnologia possível de aplicação. A sequência de informação existente na tabela é a mesma descrita anteriormente com o acréscimo da classificação no *ranking* da sustentabilidade para os possíveis métodos não destrutivos (HDD, PB-DN, PB-ST e PB-HDD) e pelo método destrutivo.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								RANKING DA SUSTENTABILIDADE				
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLI	F. SOC	F. AMB	HDD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	MD
1	Petit-pavet	Argila	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	1º	3º	3º	2º	5º
2	Petit-pavet	Orgânico	2,00	PEAD-PN8	160	Alto	Alto	1º	3º	3º	2º	5º
3	Petit-pavet	Argila	4,00	PEAD-PN8	160	Nenhum	Nenhum	4º	1º	1º	5º	3º
4	Petit-pavet	Orgânico	4,00	PEAD-PN10	160	Nenhum	Nenhum	4º	2º	2º	5º	1º

TABELA 4 – RESUMO COMPARATIVO ENTRE RANKING DA SUSTENTABILIDADE PARA OS CENÁRIOS 1 A 4

FONTE: a autora (2015)

NOTA: HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo.

Por meio da TABELA 4 é possível notar que nos cenários 1 e 2, que possuem alto critério de efeito social e impacto ambiental, a planilha de tomada de decisão para substituição de RCE classifica em primeiro lugar a tecnologia não destrutiva HDD por levar em consideração os três fatores da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). Os cenários 3 e 4 apesar de possuírem nenhum como o critério de fator socioambiental, o que determina o fator econômico o único relevante para a tomada de decisão na planilha, obtiveram resultados bem diferentes entre si. Enquanto o primeiro lugar no cenário 3 foi preenchido pelas tecnologias não destrutivas PB-DN e o PB-ST, o do cenário 4 ficou com o método convencional de abertura de vala por este possuir o menor custo entre as opções possíveis.

#### 4.4.2 Cenários 5 a 8

Para o cálculo do custo da tecnologia, o cenário 5 simula um comparativo para a substituição considerando a rede antiga existente em material cerâmico em DN 400 mm, a pavimentação existente tipo lousa de pedra com largura de 3,50 m, o comprimento do trecho a ser trabalhado com 60 m, solo existente do tipo argiloso, a profundidade da rede a 2,50 m. O material da nova tubulação escolhido foi PEAD-PN8 com DE 160 mm e a declividade a ser seguida de 0,008.

Observa-se na FIGURA 47 que a tecnologia destrutiva tem um custo de R\$ 794 por metro linear, faz uso de tubulação em PVC DN 400 mm, apresentando-se competitiva financeiramente. Os métodos não destrutivos se apresentaram com um custo até 378,9% mais caro (R\$ 3.804 por metro linear).

PLANILHA DE AUXILIO A TOMADA DE DECISAO  
FOCO EM OBRAS DE MELHORIAS

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA VERIFICACAO DE TECNOLOGIAS E CALCULO DO CUSTO

1	Qual o material da rede existente?	CERÂMICA
2	Qual o diâmetro da rede existente?	400 mm
3	Qual o tipo de solo existente no local?	ARGILA
4	Qual o tipo de pavimento que será retrado para execução dos serviços?	LOUSA DE PEDRA
5	Se o pavimento for de concreto ou asfalto, qual a sua espessura?	- cm
6	Qual a largura do passeio? Considerar desde o alinhamento predial até o meio-fio.	3.50 m
7	Qual a distância da obra até o bota-fora mais próximo do trecho?	20,00 km
8	Qual o comprimento/ extensão do trecho de rede a ser instalada? Conhecido também como a distância entre os PV's.	60,00 m
9	Qual a profundidade média a ser trabalhada?	2.50 m
10	Qual o material a ser instalado?	PEAD-PN8
11	Qual o diâmetro da rede a ser instalada?	450 mm
12	Qual a declividade do trecho a ser instalado?	0.0080 m/m

COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS POSSÍVEIS X MÉTODO DESTRUTIVO

A. ECONÔMICO

	ATENDE?												MÉTODOS POSSÍVEIS	CUSTO (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)	MIND X MD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
HDD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	HDD	R\$ 2.556	R\$ 153.379	221,9%
MT	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NA	-	-	-
PD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NA	-	-	-
PB-DN	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	NA	-	-	-							
PB-ST	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	NA	-	-	-							
PB-HDD	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	PB-HDD	R\$ 3.804	R\$ 228.223	378,9%
MD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 794	R\$ 47.653	-

LEGENDA: NA - Não aplicável, HDD - Perfuração Horizontal Direcional, MT - Microtúnel, PD - Prensa Hidráulica, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo

FIGURA 47 – COMPARATIVO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 400 MM, PROFUNDIDADE DE 2,50 M, SOLO ARGILOSO E MÉDIO FATOR SOCIOAMBIENTAL  
FONTE: a autora (2015)

Para o cálculo da vazão nos cenários 5 ao 8, foram adotados os seguintes números: a projeção populacional de 20 anos, o bairro Alto da XV, a área do

polígono de contribuição de 658.343 m<sup>2</sup>, a extensão de rede com junta argamassada estimada de 18.200 m, extensão rede em junta elástica de 0 m, o consumo per capita de 200 L/hab, coeficiente de retorno de 0,80 e altura da lâmina de água no condutor de 0,75.

Estimou-se o bota-fora mais próximo a 20 km de distância da obra. Tanto a área do polígono (área delimitada em preto) quanto à extensão da rede à montante do PV do início do estudo (determinado pela seta em vermelho presente nas FIGURAS 48), foram obtidos a partir do arquivo digital “cadastro técnico de redes coletoras e emissores” da SANEPAR, por meio da utilização do *software* AutoCAD.

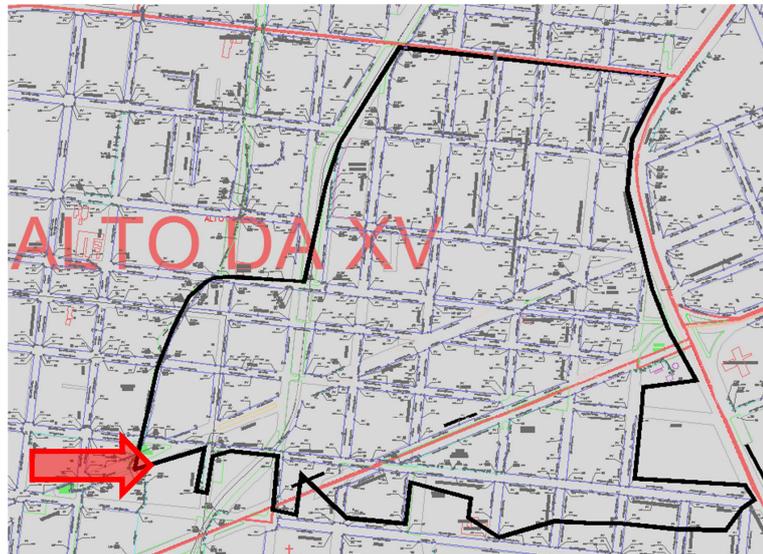


FIGURA 48 – POLÍGONO DE CONTRIBUIÇÃO PARA OS CENÁRIOS 5 A 8  
FONTE: SANEPAR (2015b)

A FIGURA 49 apresenta a parte da planilha de verificação da vazão e declividade, que reforça a afirmação de que todos os parâmetros utilizados estão dentro dos limites estipulados pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986b).

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE

I Qual o tempo de projeção para o estudo da população? 20 anos

II Em qual bairro se localiza o trecho? ALTO DA XV

III Qual é a área do polígono de contribuição? 658.343,00 m<sup>2</sup>

IV Qual é a extensão da rede em junta argamassada (tubulação de cerâmica)? 18.200,00 m

V Qual é a extensão da rede em junta plástica (demais tubulações)? - m

VI Qual o consumo de água per capita a ser considerado? 200,00 L/hab/dia

VII Qual será o coeficiente de retorno a ser considerado? 0,80

VIII Favor indicar a altura da lâmina de água no diâmetro do condutor (Y/D): 0,75

VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE

ATENDE?

A VAZÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL É MENOR QUE A VAZÃO MÁXIMA DO HORÁRIO DE PICO PROJETADA PARA 20 ANOS? SIM

A DECLIVIDADE ESCOLHIDA ATENDE A DECLIVIDADE MÍNIMA PARA A VAZÃO MÁXIMA DO HORÁRIO DE PICO PROJETADA? SIM

45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70

FIGURA 49 – VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE COM DADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE DN 400 MM, PROFUNDIDADE DE 2,50 M E SOLO ARGILOSO  
 FONTE: A AUTORA (2015)

Por se tratar de uma obra no Alto da XV um bairro nobre de Curitiba, área densamente povoada e urbanizada, considerou-se as respostas para todas as perguntas de efeitos sociais com critério médio (efeito significativo = transtorno significativo à população) e de impactos ambientais com critério médio (impacto significativo = ocorre um grau moderado de impacto ambiental). De forma que o resultado final apontado pela planilha para a tomada de decisão, ou seja, o método mais sustentável para substituição de uma RCE seguindo as características definidas no cenário 5, ficou com o método HDD o qual obteve primeiro lugar no *ranking* da sustentabilidade (FIGURA 50) enquanto que o método PB-HDD ficou em último lugar (3º lugar).

	ECONÔMICO		SOCIAL		AMBIENTAL		SUSTENTABILIDADE	
	RANKING	CUSTO (RS/m)	RANKING	PONTOS	RANKING	PONTOS	MÉDIA POND	RANKING FINAL
HDD	2º	2.556	1º	10	1º	11	1,33	1º
MT	NA	-	NA	-	NA	-	NA	NA
PD	NA	-	NA	-	NA	-	NA	NA
PB-DN	NA	-	NA	-	NA	-	NA	NA
PB-ST	NA	-	NA	-	NA	-	NA	NA
PB-HDD	3º	3.804	1º	10	1º	11	1,67	2º
MD	1º	794	3º	2	3º	2	2,33	3º

FIGURA 50 – RESUMO DOS RESULTADOS AVALIANDO A SUSTENTABILIDADE NO CENÁRIO 5  
 FONTE: A AUTORA (2015)

Repetiu-se o procedimento descrito para os cenários 6 a 8, alterando-se o tipo de solo (argiloso ou orgânico), a profundidade média a ser trabalhada (2,50 m ou 4,50 m), o material a ser instalado (PEAD-PN8 ou PEAD-PN10), os critérios de efeito social (médio ou nenhum) e os critérios de impacto ambiental (médio ou nenhum), conforme pode ser verificado na TABELA 1 (pág. 84). Apesar de ser uma obra no bairro conceituado de Curitiba, para demonstrar a aplicação da planilha, considerou-se os fatores socioambientais irrelevantes (nenhum) no cenário 7 e 8.

A TABELA 5 apresenta as principais características dos cenários 5 a 8 juntamente com fator econômico de cada tecnologia possível de aplicação. A sequência de informação existente na tabela é: o número do cenário (Nº), o tipo de pavimento existente (PAV), o tipo do solo existente (SOLO), a profundidade da rede (PROF em metros), o tipo do material a ser aplicado (MAT APLIC), o diâmetro da rede a ser instalada (DN APLIC em milímetros), o fator social (F. SOC) e o fator ambiental (F. AMB), o custo de aplicação por metro linear dos métodos não destrutivos (HDD, PB-DN, PB-ST e PB-HDD) e do método destrutivo.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								FATOR ECONÔMICO				
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLIC	F. SOC	F. AMB	HDD (R\$/m)	PB-DN (R\$/m)	PB-ST (R\$/m)	PB-HDD (R\$/m)	MD (R\$/m)
5	Lousa de pedra	Argila	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	2.556	-	-	3.804	794
6	Lousa de pedra	Orgânico	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	2.556	-	-	3.804	805
7	Lousa de pedra	Argila	4,50	PEAD-PN8	450	Nenhum	Nenhum	2.556	-	-	3.804	904
8	Lousa de pedra	Orgânico	4,50	PEAD-PN10	450	Nenhum	Nenhum	2.671	-	-	3.919	918

TABELA 5 – RESUMO COMPARATIVO DO FATOR ECONÔMICO ENTRE OS CENÁRIOS 5 A 8  
 FONTE: a autora (2015)

NOTA: HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo.

Os cenários 5 a 8 possibilitaram avaliar que para a aplicação em grandes diâmetros os métodos não destrutivos não são competitivos economicamente, pois os valores variaram de R\$ 2.556 a R\$ 3.919. Enquanto que o método destrutivo para estas características não ultrapassam o valor de R\$ 918.

O cenário 5 comparado ao 7 ocorre uma variação no custo dos MND ocasionados pela mudança da profundidade da rede de 2,50 m para 4,50 m, observa-se que o valor do custo no HDD e PB-HDD foi mantido em R\$ 2.556 e R\$ 3.804 respectivamente. Apesar de sofrer um aumento significativo o custo do método destrutivo apresentou-se mais competitivo se comparado com os demais custos, passando do valor de R\$ 794 para R\$ 904.

O cenário 6 comparado ao 8 ocorre uma variação no custo dos MND ocasionados pela mudança da profundidade da rede de 2,50 m para 4,50 m e alteração do material utilizado de PEAD-PN8 para PEAD-PN10. No caso do HDD o custo passou de R\$ 2.556 para R\$2.671 e no PB-HDD de R\$3.804 para R\$ 3.919. Apesar de sofrer um aumento significativo, o custo do método destrutivo apresentou-se mais competitivo se comparado com os demais custos, passando do valor de R\$ 805 para R\$ 918.

A TABELA 6 apresenta as principais características dos cenários 5 a 8 juntamente com a relação de custo em porcentagem dos métodos não destrutivos pelo método destrutivo. A sequência de informação existente na tabela é a mesma descrita anteriormente com o acréscimo da relação de custo de cada MND pelo MD.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								MND X MD			
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLIC	F. SOC	F. AMB	HDD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD
5	Lousa de pedra	Argila	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	221,9%	-	-	378,9%
6	Lousa de pedra	Orgânico	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	217,4%	-	-	372,3%
7	Lousa de pedra	Argila	4,50	PEAD-PN8	450	Nenhum	Nenhum	182,7%	-	-	320,7%
8	Lousa de pedra	Orgânico	4,50	PEAD-PN10	450	Nenhum	Nenhum	191,1%	-	-	327,0%

TABELA 6 – RESUMO COMPARATIVO DA RELAÇÃO ENTRE MNDXMD DOS CENÁRIOS 5 A 8  
 FONTE: a autora (2015)

NOTA: MND - Método Não Destrutivo, MD - Método Destrutivo, HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebatamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebatamento estático e PB-HDD - Inserção de tubo por arrebatamento com HDD.

Por meio da TABELA 6 foi possível avaliar que em Curitiba as técnicas não destrutivas para substituição de redes coletoras de esgoto para grandes diâmetros (DN > 225 mm) ainda não são competitivas, pois seus valores variam de 182,7% a 378,9% a mais que o custo do método convencional de abertura de vala.

A TABELA 7 apresenta as principais características dos cenários 5 a 8 juntamente com o *ranking* da sustentabilidade de cada tecnologia possível de aplicação. A sequência de informação existente na tabela é a mesma descrita anteriormente com o acréscimo da classificação da sustentabilidade para os possíveis métodos não destrutivos (HDD, PB-DN, PB-ST e PB-HDD) e pelo método destrutivo.

CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS								RANKING DA SUSTENTABILIDADE				
Nº	PAV	SOLO	PROF	MAT APLIC	DN APLIC	F. SOC	F. AMB	HDD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	MD
5	Lousa de pedra	Argila	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	1º	-	-	2º	3º
6	Lousa de pedra	Orgânico	2,50	PEAD-PN8	450	Médio	Médio	1º	-	-	2º	3º
7	Lousa de pedra	Argila	4,50	PEAD-PN8	450	Nenhum	Nenhum	2º	-	-	3º	1º
8	Lousa de pedra	Orgânico	4,50	PEAD-PN10	450	Nenhum	Nenhum	2º	-	-	3º	1º

TABELA 7 – RESUMO COMPARATIVO ENTRE RANKING DA SUSTENTABILIDADE PARA OS CENÁRIOS 5 A 8

FONTE: a autora (2015)

NOTA: HDD - Perfuração Horizontal Direcional, PB-DN - Inserção de tubo por arrebatamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebatamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebatamento com HDD e MD - Método Destrutivo.

Por meio da TABELA 7 é possível notar que nos cenários 5 e 6, que possuem médio critério de efeito social e impacto ambiental, a planilha de tomada de

decisão para substituição de RCE classifica em primeiro lugar a tecnologias não destrutivas HDD por levar em consideração os três fatores da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). Os cenários 7 e 8 possuem nenhum como o critério de fator socioambiental, o que determina o fator econômico o único relevante para a tomada de decisão na planilha, obtiveram o método convencional de abertura de vala como primeiro lugar por este possuir o menor custo entre opções possíveis.

#### 4.5 DISCUSSÃO

A planilha serve para auxiliar o engenheiro a tomar a decisão entre os possíveis métodos de serem aplicadas para substituição de redes coletoras de esgoto. Por meio de uma visão sustentável, o qual leva em consideração o custo (fator econômico), os efeitos sociais (fator social) e os impactos ambientais (fator ambiental) ocorrem as classificações dos possíveis métodos para o cenário determinado pelo usuário. No *ranking* da sustentabilidade foi considerado o mesmo peso para cada um dos fatores (econômico, social e ambiental), o que nem sempre garante a melhor viabilidade econômica.

Para todos os solos, exceto o argiloso, com o aumento da profundidade é necessário alterar o material do PEAD-PN8 para PEAD-PN10. Esta alteração, apesar de elevar significativamente o custo do metro linear, garante uma maior resistência do tubo durante o processo de cravação, devido ao aumento da espessura da parede interna da tubulação.

Mesmo com o aumento do diâmetro, os materiais utilizados no método destrutivo sendo eles o tubo de PVC, o valor unitário varia entre R\$ 26 e R\$ 176 (DN 150 mm a DN 400 mm), e o tubo de concreto armado para esgoto, o valor unitário varia entre R\$ 133 e R\$ 192 (DN 500 mm a DN 800 mm). Evidencia-se que são materiais muito mais barato que o PEAD cujo valor unitário varia entre R\$ 55 e R\$ 1.679 (DN 160 mm PN-8 a DN 800 mm PN-12,5).

## 5 CONCLUSÃO

Por meio da revisão bibliográfica foi possível observar os princípios de funcionamento nas redes coletoras de esgoto, verificar o que é considerado um método convencional de abertura de vala, estudar as diferentes tecnologias não destrutivas possíveis de serem utilizadas para a execução de substituição de RCE, estudar as diferentes características existentes dos materiais utilizados em esgotos, conferir as normatizações aplicáveis tanto na Alemanha quanto no Brasil para reparar as diferenças e estudar os principais fatores que influenciam a tomada de decisão.

Após analisar as características de remanejamento de rede coletora de esgoto em Stuttgart e em Curitiba, observou-se que, pelo Brasil fazer uso do método de sistema separador absoluto é necessário adotar um controle eficiente para evitar instalações irregulares de galerias de águas pluviais nas redes coletoras de esgoto e RCE nas GAP. As ligações de esgoto executadas de forma incorreta, além de causarem transtornos operacionais, prejuízos para a comunidade e ao meio ambiente, também aumentam o custo de operação e manutenção do sistema de esgoto. Além dessas características, traz prejuízo ao sistema por reduzirem a eficiência do tratamento do esgoto nas estações de tratamento, por entupirem as tubulações e provocarem extravasamentos nas vias públicas. Por Curitiba e grande parte do Brasil possuir ligações pluviais nas RCE, durante o período de grandes chuvas as redes coletoras de esgoto são prejudicadas.

Por meio de visitas técnicas realizadas em Stuttgart/Alemanha notou-se a diferença de capacidade no equipamento de filmagem de RCE comparado com o de Curitiba/Brasil. O equipamento utilizado pela Alemanha consegue tirar fotos nítidas e permite uma aproximação capaz de mensurar a profundidade dos problemas encontrados.

Dentre as tecnologias estudadas foi possível perceber que o HDD é a mais versátil, pois além de poder ser utilizada em diversos setores econômicos (saneamento, energia e gás), o equipamento pode ser aplicado na construção de novas RCE e na substituição de RCE existentes. Nas entrevistas, foi possível perceber que o método é utilizado por todas as empresas entrevistadas, havendo uma tendência para que quanto maior a disponibilidade da tecnologia no mercado, maior a redução no custo do metro linear de aplicação.

Durante a pesquisa e pela aplicação da planilha de tomada de decisão, que contempla informações de forma automatizada, observou-se que um dos grandes dilemas existentes é que o custo de aplicação dos métodos não destrutivos é muito mais caro do que a aplicação do método destrutivo (convencional de abertura de vala). Após a aplicação da ferramenta em diferentes cenários, foi possível concluir que:

- Em obras com profundidades superiores a 4,00 m, as técnicas não destrutivas PB-DN e PB-ST são recomendadas para uso em diâmetros de 160 mm, possuindo viabilidade técnica e econômica. Estas opções foram consideradas as mais sustentáveis;
- Em diâmetros de 450 mm, não há viabilidade econômica de aplicação de MND quando comparado com a técnica destrutiva, independente da profundidade em que está sendo executado o serviço. Apesar de o MD possuir a melhor viabilidade econômica, os MND são os únicos que atendem aos quesitos socioambientais;
- O custo do MD foi mais competitivo financeiramente em sua grande maioria, principalmente em rede com grandes diâmetros independente da profundidade e com pequenos diâmetros em pequenas profundidades. Já comparando em relação à geração do efeito social e do impacto ambiental, os MD não conseguem superar os MND;
- O efeito social e o impacto ambiental são fatores decisivos para a aplicação do MND, pois se for avaliado apenas o custo de execução do metro linear e dependendo da profundidade a ser trabalhada, normalmente o MD possui a melhor viabilidade econômica perante os MND.

Sugere-se a replicabilidade da planilha de auxílio à tomada de decisão para outras cidades, para isso será necessário adaptar as abas da planilha para a realidade encontrada na cidade escolhida.

Para continuidade do estudo é necessário avaliar metodologias alternativas para realizar reparação e renovação das RCE em métodos não destrutivos, pois o foco deste trabalho foi substituição. Na Alemanha a metodologia mais utilizada no

momento é a Renovação. Por meio deste método redes com mais de 100 anos de idade estão sendo reabilitadas para durarem por mais pelo menos 50 anos.

Por meio dos setores responsáveis pela gestão das redes de drenagem no Brasil, sugere-se que ocorra um controle mais rígido para a fiscalização das ligações irregulares. Seria conveniente promover o credenciamento de profissionais como encanadores e pedreiros, por meio de treinamento e orientação para que estejam habilitados a executar as ligações de esgoto e água da chuva de forma correta. A SANEPAR atualmente não possui o poder de aplicar multas ou sanções quando observa uma irregularidade, mas desta forma ela poderia ao menos indicar para os moradores um profissional capacitado para realizar as devidas adequações.

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Curitiba estabelece que até o ano de 2026, grande parte das redes coletoras de esgoto existentes nos bairros centrais de Curitiba deverão ser reabilitadas. Atualmente, nessas regiões da cidade a Prefeitura só libera alvará de obras para execução de serviços por meio de métodos não destrutivos. Desta forma, ficou determinado que independente do custo, o método de abertura de valas não pode ser executado. Sugere-se que por meio das empresas de saneamento sejam criados incentivos para que as empresas que atuem com MND, invistam em equipamentos e qualificação de mão de obra (*know-how*) nos diferentes tipos de tecnologias, justificado pela tendência de intensificação do uso da tecnologia não destrutiva.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 7968**: Diâmetros nominais em tubulações de saneamento nas áreas de rede de distribuição, adutoras, redes coletoras de esgoto e interceptores. Rio de Janeiro, 1983.

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

ABNT. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986b.

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

ABNT. **NBR 5645**: Tubo cerâmico para canalizações. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT. **NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. **NBR 7362-1**: Sistemas enterrados para condução de esgoto. Parte 1: Requisitos para tubo de PVC com junta elástica. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 15420**: Tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para canalizações de esgotos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2007a.

ABNT. **NBR 15319**: Tubos de concreto, de seção circular, para cravação – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007b.

ABNT. **NBR 15561**: Sistemas para distribuição e adução de água e transporte de esgoto sanitário sob pressão – Requisitos para tubos de polietileno PE 80 e PE 100. Rio de Janeiro, 2007c.

ABRAHAM, D. M.; BAIK, H. S.; GOKHALE S. **Development of decision support system for selection of trenchless Technologies to minimize impact of utility construction on roadways.** FHWA/IN/JTRP-2002/7, West Lafayette, SPR-2453, p. 1-169, 2002.

AKBARZADEH, H.; BAYAT, A. Investigating ASTM F 1962 arching factor for Polyethylene pipes installed by Horizontal Directional Drilling. **Tunnelling and underground Space Technology**, Alberta, v. 39, p. 50-57, 2014.

ALAMBERT JÚNIOR, N. **Manual prático de tubulações para abastecimento de água: informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e saneamento.** 1. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ARIARATNAM, S. T.; SIHABADDIN, S. S. **Environmental benefits of trenchless constructions methods.** Trabalho apresentado no III CONGRESSO BRASILEIRO DE MND, São Paulo, 2008.

ARIARATNAM, S. T.; PIRATLE, K.; COHEN, A. **Field assessment of a Vacuum Microtunneling system for on-grade pipeline instalations.** **Tunnelling and Underground Space Technology**, Tempe, v. 39, p.58-65, 2012.

ARIARATNAM, S. T.; LUEKE, J. S.; MICHAEL, J. K. Current trends in pipe bursting for renewal of underground infrastructure systems in North America. **Tunnelling and underground Space Technology**, Tempe, v. 39, p. 41-49, 2014.

ATV-DVWK-M 143-1. **Merkblatt ATV-DVWK-M 143-1:** Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 1: Grundlagen. Hennef, 2004.

BÁGGIO, C. B. **Comparativo ente a metodologia de inspeção e estratégia de remediação de rede coletora de esgoto da Alemanha e do Brasil.** 151 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universidade de Stuttgart. Curitiba, 2014.

BERGESON, W. Review of long drive microtunneling technology for use on large scale projects. **Tunnelling and underground Space Technology**, New York, v. 39, p. 66-72, 2014.

BEVILACQUA, N. **Materiais de tubulações utilizadas em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários. Estudo de caso da área norte de São Paulo.** 191 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.; Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília DF, p. 12451, 27 de out. 1966. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5172.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5172.htm)> Acesso em: 22/02/2015.

BRASIL. Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília DF, p. 27744, 20 de dez. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9393.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9393.htm)> Acesso em: 22/02/2015.

BRASIL. Decreto-lei nº 1.065, de 25 de setembro de 2006. **Diário Oficial**, Curitiba, PR, nº.74 – ano XL., p. 24, 26 set. 2006. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/106/1065/decreto-n-1065-2006-regulamenta-os-artigos-23-e-24-da-lei-n-11596-05-quanto-a-programacao-das-intervencoes-das-concessionarias-do-servico-publico-em-areas-publicas.html>> Acesso em: 14/04/2015.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília DF, p. 3, 8 de jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)> Acesso em: 22/02/2015.

BROERE, W. On the face support of microtunnelling TBMs. **Tunnelling and underground Space Technology**, Stevinweg, v. 46, p. 12-17, 2015.

CHAMA NETO, P. J. **Tubos de concreto: projeto, dimensionamento, produção e execução de obras.** 1.ed. São Paulo: ABTC, 2004.

CLIMATE-DATA. Clima: Curitiba. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/search/?q=curitiba/>>. Acesso em: 05/01/2015

DEUTSCHLAND. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Disponível em: <<http://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt/schutz-natuerlicher-lebensgrundlagen/wasser/wasserversorgung/wasserschutzgebiete/?type=98&print=1%3E>>. Acesso em: 03/01/2015.

DEZOTTI M. C. **Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas.** 231f. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos) - Setor de Engenharia Civil: Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

DIGITALOFFICEPRO. Disponível em: <<http://www.digitalofficepro.com/>> Acesso em: 17/07/2015.

DIN. **DIN EN 13508-2:** Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion. Berlin, 2011.

DIN. **DIN EN 13508-1:** Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Berlin, 2013.

DWA-A. **Arbeitsblatt DWA-A 143-1:** Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen. Hennef, 2013.

DWA-A. **Arbeitsblatt DWA-A 147:** Betriebsaufwand für die Kanalisation – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten. Hennef, 2014.

DWA-M. **Merkblatt DWA-M 149-3:** Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion. Hennef, 2014.

EKVO. **Eigenkontrollverordnung: Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen.** Baden-Württemberg, 2001.

FIORI, A. P.; SALAMUNI, E. **Twin Cities: solos das regiões metropolitanas de São Paulo e Curitiba** - Geologia de Curitiba. 1.ed. São Paulo: D'Livros, 2012.

GIERCZAK, M. The qualitative risk assessment of MINI, MIDI and MAXI horizontal directional drilling projects. **Tunnelling and underground Space Technology**, Kielce, v. 44, p. 148-156, 2014.

IBGE. Histórico dos municípios. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 03/01/2015.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO. **IT/OPE/1959-001**: Termo de Referência para Contratação de Serviços de Teste de Fumaça em Sistemas de Coleta de Esgoto. SANEPAR. Curitiba, 2014.

INTRANET SANEPAR. **Organograma da empresa SANEPAR**. SANEPAR. 2015.

IPPUC. Área, Densidade Demográfica dos Bairros de Curitiba - 1970 a 2010. Disponível em: <[http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba\\_em\\_dados\\_Pesquisa.htm](http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm)>. Acesso em: 12/04/2015a.

IPPUC. População Projetada, Segundo os Bairros de Curitiba - 2011 e 2030. Disponível em: <[http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba\\_em\\_dados\\_Pesquisa.htm](http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm)>. Acesso em: 12/04/2015b.

KNIGHT, M.; REHAN, R.; OSULLIVAN, D. **Environmental benefits of using trenchless technologies**. Trabalho apresentado no III CONGRESSO BRASILEIRO DE MND, São Paulo, 2008.

KULICZKOWSKA, E.; GIERCZAK, M. Buckling failure numerical analysis of HDPE pipes used for the trenchless rehabilitation of a reinforced concrete sewer. **Engineering Failure Analysis**, Kielce, v.32, p. 106-112, 2013.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART. Mapa geológico de Stuttgart. Disponível em: <<http://www.stuttgart.de/item/show/305805/1/publ/15427?>> Acesso em: 14/01/2015.

MINEROPAR. Mapa geológico de Curitiba. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=154>> Acesso em: 14/01/2015.

MARÇAL JÚNIOR, E. Curso de Tratamento de Esgoto - Introdução ao Tratamento de Esgoto - Capítulo Zero. Rio Claro, 2000. Apostila da EEA – EMPRESA ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA.

MATTHEWS, J. C.; ALLOUCHE, E. N.; STERLING, R. L. Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. **Environmental Impact Assessment Review**, Battelle, v. 50, p. 196-202, 2015.

MOUTINHO, A. C. **Diretrizes dos Métodos Não Destrutivos - Um guia dos métodos não destrutivos (MND) para instalação, recuperação, reparo e substituição de redes, dutos e cabos subterrâneos com o mínimo de escavação**. 1.ed. São Paulo: ABRATT, 2010.

NAFAJI, M. **Trenchless Technology Piping – Instalation and Inspection**. 1.ed. United States of America: McGraw-Hill Companies, 2010.

NAFAJI, M; GOKHALE S. **Trenchless Technology – Pipeline and utility design, construction and renew**. 1.ed. United States of America: McGraw-Hill Companies, 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; SOUZA, L. C. P.; MELO, V. F.; ROCHA, H. O. **Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de solos da formação Guabirotuba, Curitiba (PR)**. Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1481-1490, 2011.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. 1ª ed. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, 1998.

PRIBERAM Dicionário: Significado da palavra efeito. Disponível em <<https://www.priberam.pt/DLPO/efeito>> Acesso em: 08/03/2015a.

PRIBERAM Dicionário: Significado da palavra impacto. Disponível em <<https://www.priberam.pt/DLPO/impacto>> Acesso em: 08/03/2015b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Plano Municipal de Saneamento de Curitiba Volume III – Infraestrutura de Esgotamento Sanitário. Prefeitura de Curitiba, 2013;

PAM Saint-Gobain: O ferro dúctil. Disponível em: <<http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/manual/ferro.asp>>. Acesso em: 14/12/2014.

PERFIL CURITIBA. Dados da cidade de Curitiba. Disponível em <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>>. Acesso em 07/03/2015.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

POSSAMAI, J. Z.; BACK, N. **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais**. UNESCO - Universidade do Extremo Sul Catarinense, p.1-15, 2012.

PREFEITURA de Curitiba: Alvará para execução de obras em via pública. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/empresa/alvara-para-execucao-de-obras-em-vias-publicas/897>>. Acesso em: 13/05/2015.

REVISTA CONSTRUÇÃO. **Como comprar tubos PEAD**. São Paulo: Editora PINI, v. 131, junho 2012.

REVISTA INFRAESTRUTURA. **Saneamento: Como especificar galerias pré-moldadas de concreto**. São Paulo: Editora PINI, v.19, outubro/2012.

REVISTA INFRAESTRUTURA. **As técnicas de perfuração não destrutivas e como contratá-las**. São Paulo: Editora PINI, v. 27, maio 2013a.

REVISTA INFRAESTRUTURA. **Saneamento: Tubulações Flexíveis**. São Paulo: Editora PINI, v. 33, dezembro 2013b.

REVISTA TÉCNICA. **Tecnologia: Esgoto com tubos corrugados de parede dupla**. São Paulo: Editora PINI, v. 91, outubro/2004.

ROGERS, C. D. F.; KNIGHT, M. A. The evolution of international trenchless technology research coordination and dissemination. **Tunnelling and underground Space Technology**, Birmingham, v. 39, p. 1-5, 2014.

SABESP: Coleta de esgotos. Disponível em: <<http://www.sae.com.br/?sec=esgot&pg=perguntas-e-respostas--esgoto>>. Acesso em: 08/12/2014.

SAE: Perguntas e Respostas - Esgoto. Disponível em:  
<<http://www.sae.com.br/?sec=esgot&pg=perguntas-e-respostas--esgoto>>. Acesso em: 08/12/2014.

SANEGIS. Relatório de atualização de RCE na cidade de Curitiba. Curitiba. 2015. No prelo.

SANEPAR. Contrato de Concessão para exploração de serviços públicos de abastecimento de água e de coleta, remoção e tratamento de esgotos sanitários, que entre si celebram o município de Curitiba e a SANEPAR. 2001. No prelo.

SANEPAR. Manual de Obras de Saneamento - MOS. 4ª ed. Curitiba: SANEPAR, 2012. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/305>>. Acesso em: 08/12/2014.

SANEPAR. **IT/OPE/1505-001**: QUADRO de Padrões de Parâmetros para Lançamento de Efluentes Não Domésticos no Sistema de Coleta e Tratamento de Esgoto. SANEPAR. Curitiba, 2013.

SANEPAR. **IT/OPE/ 1899-003**: Instrução de Trabalho da Gestão de Efluentes Não Domésticos. Curitiba, 2014a.

SANEPAR. **IT/OPE/1580-006**: Instrução de Trabalho do Processo de Vistorias Técnicas Operacionais em Ligações Prediais de Esgoto. SANEPAR, Curitiba, 2014b.

SANEPAR. **IT/OPE/1915-002**: Instrução de Trabalho do Termo de Referência para Contratação de Serviços de Vistorias Técnicas Operacionais em Ligações Prediais de Esgoto. SANEPAR. Curitiba, 2014c.

SANEPAR. **IT/OPE/1959-001**: Instrução de Trabalho do Termo de Referência para Contratação de Serviços de Teste de Fumaça em Sistemas de Coleta de Esgoto. SANEPAR, Curitiba, 2014d.

SANEPAR. Relatório anual de administração e demonstrações contábeis 2014i. Curitiba: SANEPAR, 2015f. 145 p. Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/investidores/informacoes-financeiras/relatorios-trim- anuais>> Acesso em 12/02/2015.

SANEPAR. Tabela de preços unitários compostos sem BDI dezembro/2014j. Curitiba: Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/categoria/informacoes-tecnicas/tabelas-de-precos>>. Acesso em 07/03/2015g.

SANEPAR. Perfil da companhia. <<http://site.sanepar.com.br/investidores/perfil-da-companhia>>. Acesso em 07/01/2015a.

SANEPAR. Cadastro Técnico de Esgoto - redes coletoras e emissores de esgoto. Curitiba. 2015b.

SANEPAR. **Mapa de RCE, EE e ETE em Curitiba**. SANEPAR. 2015c. No prelo.

SANEPAR. **Relatório de Inspeção QuickView**. Curitiba. 2015d. No prelo.

SANEPAR. **Relatório de Inspeção SeeSnake**. Curitiba. 2015e. No prelo.

SHI, J.; WANG, Y. Buried pipeline responses to ground displacements induced by adjacent static pipe bursting. **NRC Research Press**, Hong Kong, v. 50, p. 481-492, 2013.

SCHILLING, C.; SCHÄFER, E. **Kanalsanierung und mittelbedarf aus der sicht eines grossen kanalnetzbetreibers**. Apresentação realizada para Tiefbaumt sobre a empresa Stadtentwässerung Stuttgart, Stuttgart, 2010.

SEESNAKE®. Disponível em <<https://www.ridgid.com/us/en/diagnostic-tools>> Acesso em 07/03/2015.

SES. **Haltungsbericht Grafik**. Stadtentwässerung Stuttgart, 2009. 15 p. Relatório Técnico.

SES. **Haltungsbericht Grafik**. Stadtentwässerung Stuttgart, 2011. 6 p. Relatório

SES. **Haltungsbericht Grafik**. Stadtentwässerung Stuttgart, 2013. 5 p. Relatório

SES Unternehmen. Disponível em <<http://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/>>. Acesso em 07/01/2015.

SINAPI. Custo de composições com encargos sociais desonerado para o estado do Paraná - 022015. Curitiba: CAIXA, fevereiro/2015. 346 p. Disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria\\_738](http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_738)>. Acesso em 06/03/2015.

SINAPI. Preço de insumos com encargos sociais desonerado para o estado do Paraná - 022015. Curitiba: CAIXA, fevereiro/2015. 124 p. Disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria\\_738](http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_738)>. Acesso em 06/03/2015.

SISWEB. Sistema de Informação Interna da Sanepar. Disponível em <<http://sis2.sanepar.com.br/gestao/sisPortal.aspx>>. Acesso em 10/03/2015.

SOBRINHO, P. A.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG. Fläche, Bevölkerung - Daten zu Baden-Württemberg. Disponível em: <<http://www.statistik-bw.de/>>. Acesso em: 06/01/2015.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG. Einwohnerstruktur Disponível em: <<https://www.stuttgart.de/item/show/323970/>>. Acesso em: 06/01/2015.

STERLING, R. L.; ANSPACH, J.; ALLOUCHE, E.; SIMICEVIC, J. **The importance of utility location practices for trenchless applications**. Trabalho apresentado no III CONGRESSO BRASILEIRO DE MND, São Paulo, 2008.

STUCHI, E. T. **Interferências de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 110 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Setor de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG. Fläche, Bevölkerung - Daten zu Baden-Württemberg. Disponível em: <<http://www.statistik-bw.de/>>. Acesso em: 06/04/2014.

SUN, Y.; SHEN, S.; XU, Z.; XIA, X. Prediction of lateral displacement of soil behind the reaction wall caused by pipe jacking operation. **Tunnelling and Underground Space Technology**, Shanghai, v. 40, p. 210-217, 2014.

TALAMINI NETO, E. **Caracterização geológica do subsolo de Curitiba para o planejamento de ocupação do espaço subterrâneo**. 223 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Setor de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUNNELS & TUNNELLING. **Special Report: Latina America – Mexico's mega dig**. Dez, 2011.

WINCAN. **Relatório de Inspeção de RCE**. SANEPAR, 2014a. 6 p. Relatório Técnico.

WINCAN. **Relatório de Inspeção de RCE**. SANEPAR, 2014b. 9 p. Relatório Técnico.

WINCAN. **Relatório de Inspeção de RCE**. SANEPAR, 2014c. 5 p. Relatório Técnico.

WINCAN. **Relatório de Inspeção de RCE**. SANEPAR, 2015. 9 p. Relatório Técnico.

UMWELTTECHNIK FRANZ JANSSEN GMBH: Reparaturverfahren in der Kanalnetzinstandhaltung. Disponível em <http://www.janssen-umwelttechnik.de/en/einzelansicht/article/reparaturverfahren-in-der-kanalinstandhaltung-umweltbau.html>>. Disponível em: 21/01/2015.

ZAYED, T; MAHMOUD, M. Data acquisition and factors impacting productivity of Horizontal Directional Drilling (HDD). **Tunnelling and Underground Space Technology**, Montreal, v. 33, p. 63-72, 2013.

ZHANG, Q; QU, C.; CAI, Z.; KANG, Y. Modeling of the thrust and torque acting on shield machines during tunneling. **Automation in Construction**, Tianjin, v. 40, p. 60-67, 2014.

ZHENG, G; LU, P.; DIAO, Y. Advance speed-based parametric study of greenfield deformation induced by EPBM tunneling in soft ground. **Computers and Geotechnics**, Tianjin, v. 65, p. 220-232, 2015.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1 – MODELO DE QUESTIONÁRIO REALIZADO NAS EMPRESAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO .....	165
APÊNDICE 2 – MODELO DE ENTREVISTA EMPRESAS QUE ATUAM COM MND PARA SANEAMENTO EM CURITIBA .....	166
APÊNDICE 3 – ABA ENTRADA .....	167
APÊNDICE 4 – ABA IMPRESSÃO .....	168
APÊNDICE 5 – ABA APOIO .....	169
APÊNDICE 6 – ABA QCMD .....	170
APÊNDICE 7 – ABA QCMND .....	171
APÊNDICE 8 – ABA PREÇO .....	172
APÊNDICE 9 – ABA VAZÃO .....	173
APÊNDICE 10 – ABA DEMOGRAFIA .....	174
APÊNDICE 11 – ABA PROJEÇÃO .....	175

## APÊNDICE 1 – MODELO DE QUESTIONÁRIO REALIZADO NAS EMPRESAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO

### QUESTIONÁRIO APLICADO À EMPRESA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO

EMPRESA: \_\_\_\_\_  
CIDADE: \_\_\_\_\_  
DATA: \_\_\_\_\_

#### 1. DADOS GERAIS

- 1.1 Pública ou Privada?
- 1.2 Como funciona a sequencia de serviços ligados a rede coletora de esgoto?
- 1.3 Qual a diferença entre: Operação x Manutenção x Obra?
- 1.4 Verificar se as informações retiradas do site estão atualizadas.

#### 2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE RCE

- 2.1 Quais os formatos das redes de esgoto?
- 2.2 Qual a variação dos diâmetros das redes?
- 2.3 Quais os tipos de materiais utilizados nas tubulações? Quais as suas porcentagens?
- 2.4 Profundidade média das RCE?

#### 3. SERVIÇOS DE OPERAÇÃO/MANUTENÇÃO

- 3.1 Quais as normas que devem ser seguidas?
- 3.2 Quais os serviços que são realizados na manutenção?
- 3.3 Como é o procedimento de limpeza?
- 3.4 Como é o procedimento de filmagem?
- 3.5 Como é feito o trabalho de cadastro? Quem tem acesso?

#### 4. REMANEJAMENTO DE RCE

- 4.1 Como é feita a tomada de decisão entre reabilitação x renovação x substituição?
- 4.2 Quais os critérios que são analisados? Como são analisados?
- 4.3 A maioria das obras são feitas por métodos convencionais ou MND?

#### 5. COPYRIGHT

- 5.1 O que é necessário fazer para utilizar algumas figuras, imagens e textos da internet?
- 5.2 Pedir autorização para utilização das informações

## APÊNDICE 2 – MODELO DE ENTREVISTA EMPRESA DE MND DE SANEAMENTO EM CURITIBA

### QUESTIONÁRIO APLICADO À EMPRESA QUE ATUA COM MND PARA SANEAMENTO EM CURITIBA

EMPRESA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

1. COM QUAIS TECNOLOGIAS TRABALHA PARA REMANEJAMENTO DE RCE EM MND?
  - a. Perfuração Horizontal Direcional - Horizontal Directional Drilling (HDD)
  - b. Microtúneis - Microtunneling (MT)
  - c. Cravação por inserção - Push Drill (PD)
  - d. Inserção de um tubo por arrebentamento dinâmico - Pipe Bursting Dynamic (PB-DN)
  - e. Inserção de um tubo por arrebentamento estático - Pipe Bursting Static (PB-ST)
  - f. Inserção de um tubo por arrebentamento por HDD - Pipe Bursting with HDD (PB-HDD)
  
2. QUAL A CAPACIDADE DOS EQUIPAMENTOS? NECESSITA POÇO DE ENTRADA E DE SAÍDA?

	Comprim. máx (m)	Diâmetro (mm)		Poço Entrada	Poço Saída
		mín	máx		
HDD					
MT					
PD					
PB-DN					
PB-ST					
PB-HDD					

3. EM QUAL TIPO DE SOLO PODE SER APLICADO CADA TECNOLOGIA?

	HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD
Argila						
Argila Siltosa						
Argila Arenosa						
Argila Pedregulhosa						
Siltite						
Siltite Argiloso						
Siltite Arenoso						
Siltite Pedregulhoso						
Areia						
Areia Argilosa						
Areia Siltosa						
Areia Pedregulhosa						
Pedregulho						
Matacão						
Solo Orgânico						
Rocha						

4. QUAL TIPO DE MATERIAL PODE SER APLICADO?

	HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD
Ferro Ductil						
Ferro Fundido						
Aço						
Concreto Jacking						
Concreto						
Cerâmico						
PEAD						
PRFV						
PVC						
Fibrocimento						

## APÊNDICE 3 – ABA ENTRADA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K										
1	PLANILHA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DE RCE																				
2	FOCO EM OBRAS DE MELHORIAS DE ESGOTO																				
3																					
4	<b>A. ECONÔMICO</b>																				
5																					
6	<u>DADOS DE ENTRADA PARA CÁLCULO DO CUSTO DE TECNOLOGIAS</u>																				
7																					
8	<b>1 Qual o material da rede existente?</b>																				
9	Favor escolher um da lista. Caso não exista escolher o campo em branco.																				
10	<input type="text"/>																				
11	<b>2 Qual o diâmetro da rede existente?</b>																				
12	Favor escolher um da lista.																				
13	<input type="text"/>																				
14	<b>3 Qual o tipo de solo existente no local?</b>																				
15	Inserir o grupo predominante de solo para a escolha do método. Ex: Argila Siltosa = Argila.																				
16	Favor escolher um da lista.																				
17	<input type="text"/>																				
18	<b>4 Qual o tipo de pavimento que será retirado para execução dos serviços?</b>																				
19	Caso existam vários tipos de pavimentação, escolher o tipo predominante no local.																				
20	Favor escolher um da lista.																				
21	<input type="text"/>																				
22	<b>5 Se o pavimento for de concreto ou asfalto, qual a sua espessura?</b>																				
23	<input type="text"/>																				
24	cm																				
25	<b>6 Qual a largura do passeio? Considerar desde o alinhamento predial até o meio-fio.</b>																				
26	<input type="text"/>																				
27	m																				
28	<b>7 Qual a distância da obra até o bota-fora mais próximo do trecho?</b>																				
29	<input type="text"/>																				
30	km																				
31	<b>8 Qual o comprimento/ extensão do trecho de rede a ser instalada? Conhecido também como a distância entre os PV's.</b>																				
32	Lembrando que para cravações em PVC é possível:																				
33	1) Cravar até 48m de PVC em solo predominantemente argiloso.																				
34	2) Cravar até 36m de PVC em solo predominantemente siltoso.																				
35	3) Cravar até 30m de PVC em solo predominantemente arenoso.																				
36	<input type="text"/>																				
37	m																				
38	<b>9 Qual a profundidade média a ser trabalhada?</b>																				
39	Favor escolher um da lista.																				
40	<input type="text"/>																				
41	<b>10 Qual o material a ser instalado?</b>																				
42	Para a escolha de tubulação em PEAD, favor considerar:																				
43	1) Para profundidades de até 3m, pode ser utilizado PEAD-PN8 para todos os solos, exceto pedregulho e rocha, o qual																				
44	deve ser utilizado PEAD-PN10.																				
45	2) Para profundidades maiores que 3m, pode ser utilizado PEAD-PN10 para todos os solos exceto os predominantemente																				
46	argilosos, que deve utilizar PEAD-PN8.																				
47	3) Recomenda-se a utilização de PEAD-PN12,5 apenas para comprimentos acima de 100m de extensão.																				
48	<input type="text"/>																				
49																					
50	Favor escolher um da lista.																				
51	<input type="text"/>																				
52	<b>11 Qual o diâmetro da rede a ser instalada?</b>																				
53	Favor escolher um diâmetro que seja correspondente ao limite comercial estabelecido na tabela abaixo.																				
54																					
55	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS</th> </tr> <tr> <th>COMPRIMENTO</th> <th>DIÂMETRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> <tr> <td>PVC</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> <tr> <td>PEAD</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> </tbody> </table>											DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS		COMPRIMENTO	DIÂMETRO	CONCRETO	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000	PVC	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000	PEAD	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000
DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS																					
COMPRIMENTO	DIÂMETRO																				
CONCRETO	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
PVC	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
PEAD	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
56	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS</th> </tr> <tr> <th>COMPRIMENTO</th> <th>DIÂMETRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> <tr> <td>PVC</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> <tr> <td>PEAD</td> <td>110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000</td> </tr> </tbody> </table>											DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS		COMPRIMENTO	DIÂMETRO	CONCRETO	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000	PVC	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000	PEAD	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000
DIÂMETROS COMERCIAIS DE TUBULAÇÕES A SEREM INSTALADAS																					
COMPRIMENTO	DIÂMETRO																				
CONCRETO	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
PVC	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
PEAD	110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000																				
57																					
58																					
59																					
60																					
61																					
62																					
63																					
64																					
65																					
66																					
67																					
68																					
69																					
70																					
71																					
72																					
73																					
74																					
75																					
76																					
77																					
78																					
79																					
80																					
81																					
82																					
83																					
84																					
85																					
86																					
87																					
88																					
89																					
90																					
91																					
92																					
93																					
94																					
95																					
96																					
97																					
98																					
99																					
100																					

# APÊNDICE 4 – ABA IMPRESSÃO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	PIANILHA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO																			
2	FOCO EM OBRAS DE MELHORIAS																			
3																				
4	RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA VERIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS E CÁLCULO DO CUSTO																			
5																				
6	1 Qual o material da rede existente?																			
7	[ ]																			
8	2 Qual o diâmetro da rede existente?																			
9	[ ]																			mm
10	3 Qual o tipo de solo existente no local?																			
11	[ ]																			
12	4 Qual o tipo de pavimento que será retirado para execução dos serviços?																			
13	[ ]																			
14	5 Se o pavimento for de concreto ou asfalto, qual a sua espessura?																			
15	[ ]																			cm
16	6 Qual a largura do passeio? Considerar desde o alinhamento predial até o meio-fio.																			
17	[ ]																			m
18	7 Qual a distância da obra até o boca-fora mais próximo do trecho?																			
19	[ ]																			km
20	8 Qual o comprimento/ extensão do trecho de rede a ser instalada? Conhecido também como a distância entre os PVs.																			
21	[ ]																			m
22	9 Qual a profundidade média a ser trabalhada?																			
23	[ ]																			m
24	10 Qual o material a ser instalado?																			
25	[ ]																			
26	11 Qual o diâmetro da rede a ser instalada?																			
27	[ ]																			mm
28	12 Qual a declividade do trecho a ser instalado?																			
29	[ ]																			m/m
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36	COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS POSSÍVEIS X MÉTODO DESTRUTIVO																			
37	A. ECONÔMICO																			
38																				
39																				
40																				
41																				
42																				
43																				
44																				
45																				
46																				

	ATENDE?												MÉTODOS POSSÍVEIS	CUSTO (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)	MND X MD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
HDD	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NA	-	-	-
MT	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NA	-	-	-
PD	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NA	-	-	-
PB-DN	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NA	-	-	-
PB-ST	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NA	-	-	-
PB-HDD	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NA	-	-	-
MD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!	-	-

LEGENDA: NA - Não aplicável, HDD - Perfuração Horizontal Direcional, MT - Microtúnel, PD - Prensa Hidráulica, PB-DN - Inserção de tubo por arrebentamento dinâmico, PB-ST - Inserção de tubo por arrebentamento estático, PB-HDD - Inserção de tubo por arrebentamento com HDD e MD - Método Destrutivo

# APÊNDICE 5 – ABA APOIO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	1	APOIO À ABA IMPRESSÃO																	
2	1	TECNOLOGIA																	
3		MATERIAL EXISTENTE																	
4		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
5																			
6	HDD	CERÂMICA	FERRO FUNDIDO	FERRO DÚCTIL	CONCRETO ARMADO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO JACKING	PEAD-PN8	PEAD-PN10	PRFV	PVC	DIÂMETRO (MM)	ARGILA	SILTE	X	PEDREGULHO		
7	MT	CERÂMICA	FERRO FUNDIDO	FERRO DÚCTIL	CONCRETO ARMADO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO JACKING	PEAD-PN8	PEAD-PN10	PRFV	PVC	700,00	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO		
8	PD	CERÂMICA	FERRO FUNDIDO	FERRO DÚCTIL	CONCRETO ARMADO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO JACKING	PEAD-PN8	PEAD-PN10	PRFV	PVC	450,00	ARGILA	SILTE	X	X		
9	PB-DN	CERÂMICA	FERRO FUNDIDO	X	X	CONCRETO	X	X	X	X	X	X	300,00	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO		
10	PB-ST	CERÂMICA	FERRO FUNDIDO	FERRO DÚCTIL	X	CONCRETO	AÇO	X	X	X	X	X	315,00	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO		
11	PB-HDD	CERÂMICA	X	X	X	CONCRETO	X	X	X	X	PRFV	PVC	450,00	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO		
12		LISTA DE MATERIAIS																	
13		CONCRETO JACKING																	
14		PEAD-PN8																	
15		PEAD-PN10																	
16		PEAD-PN12,5																	
17		PVC																	
18		LISTA DE SOLOS																	
19		AREIA																	
20		ARGILA																	
21		PEDREGULHO																	
22		ROCHA																	
23		SILTE																	
24		SOLO ORGÂNICO																	
25		LISTA MATERIAL EXISTENTE																	
26		AÇO																	
27		CERÂMICA																	
28		CONCRETO																	
29		CONCRETO ARMADO																	
30		CONCRETO JACKING																	
31		FERRO FUNDIDO																	
32		FERRO DÚCTIL																	
33		PEAD-PN8																	
34		PEAD-PN10																	
35		PEAD-PN12,5																	
36		PVC																	

APÊNDICE 6 – ABA QCMD

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V											
<p><b>QUANTITATIVO E CUSTO DO MÉTODO DESTRUTIVO (QCMD)</b>  <b>LEVANTAMENTO DE SERVIÇOS E MATERIAIS</b></p>																																
1	<p><b>1) Cálculo da largura da vala</b>                      (MOS pg. 233)  <math>L = D + SL + X + Y</math> <span style="float: right;">0,60 m</span></p>																															
2	<p>Onde:                      L = largura da vala (m)                      D = valor correspondente ao diâmetro nominal da tubulação (m)                      SL = valor correspondente à sobrelargura da vala para área de serviço, conforme definido em tabela (m)                      X = valor igual a 0,10m, a ser considerado somente em valas com escoramento                      Y = acréscimo correspondente a 0,10m, para cada metro que exceder a profundidade de 2m</p>																															
3	<p><b>2) Sinalização de segurança</b>                      Ao longo de todo o comprimento de vala é colocado tapume móvel descontinuo <span style="float: right;">- - m</span></p>																															
4	<p><b>3) Cálculo escavação</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 2 m</td><td style="text-align: center;">- m³</td></tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 4 m</td><td style="text-align: center;">- m³</td></tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 6 m</td><td style="text-align: center;">- m³</td></tr> </table>																				Profundidade 0 m < h <= 2 m	- m³	Profundidade 0 m < h <= 4 m	- m³	Profundidade 0 m < h <= 6 m	- m³						
Profundidade 0 m < h <= 2 m	- m³																															
Profundidade 0 m < h <= 4 m	- m³																															
Profundidade 0 m < h <= 6 m	- m³																															
5	<p><b>4) Cálculo de pesquisa (sondagem de reconhecimento)</b>                      Considerou-se executar sondagem a cada 20m de comprimento, sendo a dimensão de 0,60 x 2,00 x profundidade</p>																															
6	<p><b>5) Utilização de caminhão de sucção</b>                      A partir de números históricos foi considerado:                      - Produção diária média de 7m/dia para execução de RCE em carga para pequenos diâmetros (DN &lt;= 160mm);                      - Produção diária média de 5m/dia para execução de RCE em carga para grandes diâmetros (DN &gt; 160mm).</p>																															
7	<p><b>6) Cálculo do escoramento</b>                      Uso obrigatório para valas com profundidade maior que 1,25m (MOS pg. 251)                      - Escoramento de Madeira - para solos argilosos com profundidade &lt; 2m; 2x a área da prancha em contato com os solos (tabua com 30cm)                      - Escoramento Metálico - para os demais solos e argilosos &gt; 2m; 2x a área da parede da vala</p>																															
8	<p><b>PREÇO UNITÁRIO COM BDI</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>MÉTODO DESTRUTIVO</td><td style="text-align: center;">R\$ - -</td></tr> <tr> <td>PREÇO UNITÁRIO COM BDI</td><td style="text-align: center;">R\$ 2,06</td></tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 2 m</td><td style="text-align: center;">R\$ 9,74</td></tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 4 m</td><td style="text-align: center;">R\$ 10,52</td></tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h &lt;= 6 m</td><td style="text-align: center;">R\$ 11,25</td></tr> <tr> <td>PREÇO UNITÁRIO COM BDI</td><td style="text-align: center;">R\$ 83,65</td></tr> </table>																				MÉTODO DESTRUTIVO	R\$ - -	PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 2,06	Profundidade 0 m < h <= 2 m	R\$ 9,74	Profundidade 0 m < h <= 4 m	R\$ 10,52	Profundidade 0 m < h <= 6 m	R\$ 11,25	PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 83,65
MÉTODO DESTRUTIVO	R\$ - -																															
PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 2,06																															
Profundidade 0 m < h <= 2 m	R\$ 9,74																															
Profundidade 0 m < h <= 4 m	R\$ 10,52																															
Profundidade 0 m < h <= 6 m	R\$ 11,25																															
PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 83,65																															
9	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
10	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
11	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
12	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
13	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
14	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
15	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
16	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
17	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
18	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
19	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
20	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
21	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
22	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
23	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
24	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
25	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
26	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
27	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
28	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
29	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
30	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
31	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
32	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
33	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
34	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
35	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
36	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															
37	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - dias</span></p>																															
38	<p><b>Tempo de execução estimado</b> <span style="float: right;">- - horas</span></p>																															

**Tabela de Sobrelargura (SL) de vala - MOS pg. 233**

Material	Tipo de junta	SL(mm)
PVC	ELÁSTICA	350
CONCRETO até 500mm	ELÁSTICA	600
CONCRETO 500 a 800mm	ELÁSTICA	800

**Tabela de embasamento de vala - MOS pg. 439**

DN (m)	Largura da vala (m)	Largura embasamento (m)	Espessura Areia/ Pedrisco (m)	Espessura Brita (m)
A	B	C	D	E
150	200	250	0,10	0,10
200	250	300	0,10	0,10
250	300	350	0,10	0,10
300	350	400	0,10	0,10
400	400	450	0,10	0,10
500	500	550	0,10	0,10
600	600	650	0,10	0,10
700	700	750	0,10	0,10
800	800	850	0,10	0,10
900	900	950	0,10	0,10
1000	1000	1050	0,10	0,10
1200	1200	1250	0,10	0,10
1500	1500	1550	0,10	0,10

# APÊNDICE 7 – ABA QCMND

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V																																
1	<b>QUANTITATIVO E CUSTO DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (QCMND)</b> <b>LEVANTAMENTO DE SERVIÇOS E MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DOS POÇOS DE ACESSO</b>																																																					
2	1. Dimensão do poço de entrada e saída																																																					
3	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensão do poço</th> <th colspan="2">Área do poço</th> </tr> <tr> <th>Comp.</th> <th>Larg.</th> <th>Entrada</th> <th>Saída</th> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>9,42</td> <td>-</td> <td>7,07</td> <td>7,07</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>2,00</td> <td>4,00</td> <td>4,00</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td>6,00</td> <td>6,00</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td>6,00</td> <td>6,00</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </table>																						Dimensão do poço		Área do poço		Comp.	Larg.	Entrada	Saída	1,00	1,00	1,00	1,00	9,42	-	7,07	7,07	2,00	2,00	4,00	4,00	3,00	2,00	6,00	6,00	3,00	2,00	6,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Dimensão do poço		Área do poço																																																				
Comp.	Larg.	Entrada	Saída																																																			
1,00	1,00	1,00	1,00																																																			
9,42	-	7,07	7,07																																																			
2,00	2,00	4,00	4,00																																																			
3,00	2,00	6,00	6,00																																																			
3,00	2,00	6,00	6,00																																																			
1,00	1,00	1,00	1,00																																																			
4	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensão do poço</th> <th colspan="2">Área do poço</th> </tr> <tr> <th>Comp.</th> <th>Larg.</th> <th>Entrada</th> <th>Saída</th> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>9,42</td> <td>-</td> <td>7,07</td> <td>7,07</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>2,00</td> <td>4,00</td> <td>4,00</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td>6,00</td> <td>6,00</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td>6,00</td> <td>6,00</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </table>																						Dimensão do poço		Área do poço		Comp.	Larg.	Entrada	Saída	1,00	1,00	1,00	1,00	9,42	-	7,07	7,07	2,00	2,00	4,00	4,00	3,00	2,00	6,00	6,00	3,00	2,00	6,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Dimensão do poço		Área do poço																																																				
Comp.	Larg.	Entrada	Saída																																																			
1,00	1,00	1,00	1,00																																																			
9,42	-	7,07	7,07																																																			
2,00	2,00	4,00	4,00																																																			
3,00	2,00	6,00	6,00																																																			
3,00	2,00	6,00	6,00																																																			
1,00	1,00	1,00	1,00																																																			
5	2. Cálculo de escavação																																																					
6	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h ≤ 2 m</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h ≤ 4 m</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Profundidade 0 m &lt; h ≤ 6 m</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	Profundidade 0 m < h ≤ 2 m	-	-	-	-	-	Profundidade 0 m < h ≤ 4 m	-	-	-	-	-	Profundidade 0 m < h ≤ 6 m	-	-	-	-	-								
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
Profundidade 0 m < h ≤ 2 m	-	-	-	-	-																																																	
Profundidade 0 m < h ≤ 4 m	-	-	-	-	-																																																	
Profundidade 0 m < h ≤ 6 m	-	-	-	-	-																																																	
7	PREÇO UNITÁRIO COM BDI																																																					
8	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>R\$ 9,74</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>R\$ 10,52</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>R\$ 11,25</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	R\$ 9,74	-	-	-	-	-	R\$ 10,52	-	-	-	-	-	R\$ 11,25	-	-	-	-	-								
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
R\$ 9,74	-	-	-	-	-																																																	
R\$ 10,52	-	-	-	-	-																																																	
R\$ 11,25	-	-	-	-	-																																																	
9	3. Cálculo de escoramento																																																					
10	<p>Uso obrigatório para valetas com profundidade maior que 1,25m (MOS pg. 251)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escoramento de Madeira - para solos argilosos com profundidade &lt; 2m: 2x a área da prancha em contato com o solo (tábua com 30cm)</li> <li>- Escoramento Metálico - para os demais solos e argilosos &gt; 2m: 2x a área da parede da valeta</li> </ul>																																																					
11	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>Escoramento em Madeira</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Escoramento Metálico</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	Escoramento em Madeira	-	-	-	-	-	Escoramento Metálico	-	-	-	-	-														
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
Escoramento em Madeira	-	-	-	-	-																																																	
Escoramento Metálico	-	-	-	-	-																																																	
12	PREÇO UNITÁRIO COM BDI																																																					
13	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>R\$ 10,63</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>R\$ 8,79</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	R\$ 10,63	-	-	-	-	-	R\$ 8,79	-	-	-	-	-														
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
R\$ 10,63	-	-	-	-	-																																																	
R\$ 8,79	-	-	-	-	-																																																	
14	4. Cálculo de aterro/reaterro																																																					
15	<p>Volume real calculado pois o empolamento está incluso no preço</p>																																																					
16	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>Aterro/ Reaterro Total</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aterro/ Reaterro Manual</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aterro/ Reaterro Mecânico</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	Aterro/ Reaterro Total	-	-	-	-	-	Aterro/ Reaterro Manual	-	-	-	-	-	Aterro/ Reaterro Mecânico	-	-	-	-	-								
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
Aterro/ Reaterro Total	-	-	-	-	-																																																	
Aterro/ Reaterro Manual	-	-	-	-	-																																																	
Aterro/ Reaterro Mecânico	-	-	-	-	-																																																	
17	PREÇO UNITÁRIO COM BDI																																																					
18	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>R\$ 7,19</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>R\$ 1,29</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	R\$ 7,19	-	-	-	-	-	R\$ 1,29	-	-	-	-	-														
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
R\$ 7,19	-	-	-	-	-																																																	
R\$ 1,29	-	-	-	-	-																																																	
19	5. Cálculo de compactação de valeta																																																					
20	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>Compactação Manual</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Compactação Mecânica</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	Compactação Manual	-	-	-	-	-	Compactação Mecânica	-	-	-	-	-														
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
Compactação Manual	-	-	-	-	-																																																	
Compactação Mecânica	-	-	-	-	-																																																	
21	PREÇO UNITÁRIO COM BDI																																																					
22	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HDD</th> <th>MT</th> <th>PD</th> <th>PB-DN</th> <th>PB-ST</th> <th>PB-HDD</th> </tr> <tr> <td>R\$ 20,00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>R\$ 4,13</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>																						HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD	R\$ 20,00	-	-	-	-	-	R\$ 4,13	-	-	-	-	-														
HDD	MT	PD	PB-DN	PB-ST	PB-HDD																																																	
R\$ 20,00	-	-	-	-	-																																																	
R\$ 4,13	-	-	-	-	-																																																	
23	<p>Pronto</p>																																																					

## APÊNDICE 8 – ABA PREÇO

	A	B	C	E	F	G	H	I	
1		PREÇO DOS SERVIÇOS E MATERIAIS					BDI SEV	1,32	
2		Fornecedores diversos					BDI MAT	1,18	
3									
4		CÓD	DESCRIÇÃO	FONTE/ DATA	UN	PREÇO UNITÁRIO	BD	PREÇO C/ BDI	
5		<b>UC-01 SERVIÇOS</b>							
6		03	SERVIÇOS PRELIMINARES						
7		03.01	PESQUISA E REMANEJAMENTO DE INTERFERÊNCIAS						
8		030101	Pesquisa	SANEPAR dez.14	m³	63,37	1,32	83,65	
9		0305	SINALIZAÇÃO DE SEGURANCA						
10		30503	Tapume móvel descontínuo	SANEPAR dez.14	m	1,56	1,32	2,06	
11		0309	TRANSPORTE DE ENTULHO						
12		30901	Com caminhão carroceria	SANEPAR dez.14	m³	22,19	1,32	29,29	
13		04	MOVIMENTO DE SOLOS						
14		0402	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA						
15		40201	Profundidade 0 m < h <= 2 m	SANEPAR dez.14	m³	7,38	1,32	9,74	
16		040202	Profundidade 0 m < h <= 4 m	SANEPAR dez.14	m³	7,97	1,32	10,52	
17		040203	Profundidade 0 m < h <= 6 m	SANEPAR dez.14	m³	8,52	1,32	11,25	
18		0413	ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS						
19		41301	Manual	SANEPAR dez.14	m³	5,45	1,32	7,19	
20		041302	Mecânico	SANEPAR dez.14	m³	0,98	1,32	1,29	
21		0414	COMPACTAÇÃO EM VALAS						
22		41401	Manual	SANEPAR dez.14	m³	15,15	1,32	20,00	
23		041402	Mecânica	SANEPAR dez.14	m³	3,13	1,32	4,13	
24		0418	CARGA E DESCARGA DE SOLOS						
25		41801	Qualquer tipo de solo exceto rocha	SANEPAR dez.14	m³	1,52	1,32	2,01	
26		0419	TRANSPORTE DE SOLOS						
27		41901	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	SANEPAR dez.14	m²xkm	0,67	1,32	0,88	
28		05	ESCORAMENTO						
29		0501	ESCORAMENTO DE MADEIRA						
30		050101	Pontalete	SANEPAR dez.14	m²	8,05	1,32	10,63	
31		0502	ESCORAMENTO METÁLICO						
32		50203	Contínuo com chapa e perfis metálicos	SANEPAR dez.14	m²	6,66	1,32	8,79	
33		06	ESGOTAMENTO						
34			Caminhão de sucção/ fossa	SANEPAR dez.14	h	113,50	1,32	149,82	
35		09	ASSENTAMENTOS						
36		0902	TUBULAÇÃO DE PVC JE / JEI PARA ESGOTO						
37		900202	DN 150	SANEPAR dez.14	m	3,75	1,32	4,95	
38		090203	DN 200	SANEPAR dez.14	m	4,39	1,32	5,79	
39		090204	DN 250	SANEPAR dez.14	m	5,15	1,32	6,80	
40		090205	DN 300	SANEPAR dez.14	m	5,96	1,32	7,87	
41		090206	DN 350	SANEPAR dez.14	m	7,58	1,32	10,00	
42		090207	DN 400	SANEPAR dez.14	m	9,06	1,32	11,96	
43		0910	TUBULAÇÃO DE CONCRETO JE						
44		091002	DN 500	SANEPAR dez.14	m	34,06	1,32	44,96	
45		091003	DN 600	SANEPAR dez.14	m	43,54	1,32	57,47	
46		091004	DN 700	SANEPAR dez.14	m	55,82	1,32	73,69	

ENTRADA IMPRESSÃO APOIO QCMD QCMND PREÇO VAZÃO DEMOGRAFIA PROJEÇÃO

Pronto

# APÊNDICE 9 – ABA VAZÃO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
<p><b>PLANILHA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO</b>  <b>VERIFICAÇÃO DE VAZÃO E DECLIVIDADE</b></p>																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	<p><b>Cálculo da Vazão (Q):</b></p> <p>Densidade demográfica no bairro: <input type="text" value="#N/D"/> hab/ha * 1ha = 10.000m<sup>2</sup></p> <p>Área do polígono de contribuição: <input type="text" value="-"/> m<sup>2</sup></p> <p>Extensão da rede - junta argamassada: <input type="text" value="-"/> m</p> <p>Extensão da rede - junta elástica: <input type="text" value="#N/D"/> hab</p> <p>População atendida: <input type="text" value="0.80"/> L/hab/dia</p> <p>Consumo de água por capita: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Coefficiente de retorno: <input type="text" value="-"/> U/s</p> <p>Qsanitária: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qinfiltração: <input type="text" value="-"/> anos</p> <p>Projeção: <input type="text" value="#N/D"/> %</p> <p>Taxa de crescimento no bairro: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qatual: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qfuturo: <input type="text" value="1.20"/> U/s</p> <p>Coefficiente de máxima vazão diária - K1: <input type="text" value="1.50"/></p> <p>Coefficiente de máxima vazão horária - K2: <input type="text" value="0.50"/></p> <p>Coefficiente de mínima vazão horária - K3: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qmáx-dia: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qmáx-h: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Qmin: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p>									<p><b>Verificação da vazão e declividade:</b></p> <p>Material escolhido: <input type="text" value="-"/></p> <p>Diâmetro escolhido: <input type="text" value="-"/> mm</p> <p>Di: <input type="text" value="-"/> mm</p> <p>Área: <input type="text" value="-"/> m<sup>2</sup></p> <p>Y/D: <input type="text" value="Atende2"/></p> <p>Qmáx: <input type="text" value="#N/D"/> U/s</p> <p>Declividade min: <input type="text" value="#N/D"/> m/m</p> <p>Declividade escolhida: <input type="text" value="-"/> m/m</p>
37	38	39	40	41	42	43	44	45	<p><b>Diâmetro Interno</b></p> <p>Material</p> <p>CONCRETO JACKING 420.0 60.0 300.0</p> <p>CONCRETO JACKING 520.0 60.0 400.0</p> <p>CONCRETO JACKING 620.0 60.0 500.0</p> <p>CONCRETO JACKING 750.0 75.0 600.0</p> <p>CONCRETO JACKING 850.0 75.0 700.0</p> <p>CONCRETO JACKING 950.0 75.0 800.0</p> <p>PEAD-PN8 160 7.7 144.6</p> <p>PEAD-PN8 225 10.8 203.4</p> <p>PEAD-PN8 280 13.4 253.2</p> <p>PEAD-PN8 315 15.0 285.0</p> <p>PEAD-PN8 400 19.1 361.8</p> <p>PEAD-PN8 450 21.5 407.0</p> <p>PEAD-PN8 560 26.7 506.6</p> <p>PEAD-PN8 630 30.0 570.0</p> <p>PEAD-PN8 710 33.9 642.2</p> <p>PEAD-PN8 800 38.1 723.8</p> <p>PEAD-PN10 160 9.5 141.0</p> <p>PEAD-PN10 225 13.4 198.2</p> <p>PEAD-PN10 280 16.6 246.8</p> <p>PEAD-PN10 315 18.7 277.6</p> <p>PEAD-PN10 400 23.7 352.6</p> <p>PEAD-PN10 450 26.7 396.6</p> <p>PEAD-PN10 560 33.2 493.6</p> <p>PEAD-PN10 630 37.4 555.2</p> <p>PEAD-PN10 710 42.1 625.8</p> <p>PEAD-PN10 800 47.4 705.2</p> <p>PEAD-PN12.5 160 11.8 136.4</p> <p>PEAD-PN12.5 225 16.6 191.8</p> <p>PEAD-PN12.5 280 20.6 238.8</p> <p>PEAD-PN12.5 315 23.2 268.6</p> <p>PEAD-PN12.5 400 29.4 341.2</p> <p>PEAD-PN12.5 450 33.1 383.8</p> <p>PEAD-PN12.5 560 41.2 477.6</p> <p>PEAD-PN12.5 630 46.3 537.4</p> <p>PEAD-PN12.5 710 52.2 605.6</p> <p>PEAD-PN12.5 800 58.8 682.4</p> <p>PVC 157.2 3.6 150.0</p> <p>PVC 209.0 4.5 200.0</p> <p>PVC 262.2 6.1 250.0</p> <p>PVC 315.4 7.7 300.0</p>									<p><b>Coefficiente de Manning</b></p> <p>Material</p> <p>Cerâmico 0.013</p> <p>Concreto 0.013</p> <p>Concreto jacking 0.013</p> <p>PVC 0.010</p> <p>FD revestido 0.012</p> <p>FD não revestido 0.013</p> <p>Aço 0.011</p> <p>Polipropileno 0.011</p> <p>PEAD 0.010</p> <p>PRFV 0.009</p>
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	
117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	
135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	
153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	
189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	
207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	
225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	
243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	
279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	
297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	
315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	
333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	
351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	
369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	
387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	
405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	
423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	
459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	
477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	
495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	
513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	
531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	
549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	
567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	
585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	
603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	
621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	
639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	
657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	
675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	
693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	
711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	
729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	
747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	
765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	
783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	
819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	
837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	
855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	
873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	
891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	
909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	
927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	
945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	
963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	
981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	
999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	
1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	
1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	
1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	
1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	
1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	
1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	
1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	
1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	
1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	11				

## APÊNDICE 10 – ABA DEMOGRAFIA

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Área, Densidade Demográfica dos Bairros de Curitiba - 1970 a 2010								
2	Bairros	Área (ha)	Densidade (Hab/ha)					2000	2010
3			1970	1980	1991	1996			
4	Abranches	431,63	8,20	16,66	20,01	22,00	25,87	30,56	
5	Água Verde	477,30	52,62	67,00	95,20	104,47	104,47	107,74	
6	Ahú	185,49	38,29	49,89	56,56	54,96	60,10	62,03	
7	Alto Boqueirão	1.198,73	1,95	20,10	36,11	39,72	42,67	44,77	
8	Alto da Glória	87,55	47,45	60,61	64,57	66,11	63,83	63,37	
9	Alto da XV	148,55	64,26	77,33	65,77	58,45	58,45	57,43	
10	Atuba	415,94	9,87	12,69	21,80	27,00	30,37	38,31	
11	Augusta	917,25	0,50	1,34	2,99	3,44	3,94	7,19	
12	Bacacheri	704,87	21,15	34,45	33,50	32,74	32,78	33,67	
13	Bairro Alto	720,11	11,25	36,73	50,80	52,82	58,37	64,03	
14	Barreirinha	362,07	25,59	41,90	45,55	44,65	47,01	49,76	
15	Batel	173,77	54,70	60,02	69,74	67,13	67,78	62,60	
16	Bigorriho	289,65	41,62	50,18	67,96	87,45	93,65	97,83	
17	Boa Vista	522,37	29,68	39,71	56,75	56,07	56,26	59,44	
18	Bom Retiro	189,82	41,86	41,74	34,55	31,03	29,68	27,16	
19	Boqueirão	1.474,39	18,31	35,72	43,47	45,08	46,46	49,63	
20	Butiatuvinha	1.043,90	3,21	6,79	7,31	8,62	10,31	12,33	
21	Cabral	202,66	24,13	27,69	41,78	44,35	57,83	64,44	
22	Cachoeira	322,16	3,19	10,55	19,98	20,53	24,02	28,91	
23	Cajuru	1.179,38	13,55	38,52	64,77	71,47	76,13	81,57	
24	Campina do Siqueira	169,75	30,64	38,76	41,34	42,28	41,87	43,16	
25	Campo Comprido	856,98	4,77	7,95	19,76	23,49	25,25	33,62	
26	Campo de Santana	2.157,94	—	0,48	1,92	3,20	3,40	12,35	
27	Capão da Imbuia	324,93	28,05	40,23	56,23	60,44	64,56	63,01	
28	Capão Raso	504,98	35,79	64,87	66,12	66,19	68,07	71,42	
29	Cascatinha	218,21	6,40	9,93	8,60	7,57	9,44	9,90	
30	Caximba	821,52	—	0,68	1,00	2,18	3,01	3,07	
31	Centro	328,30	112,96	129,06	112,71	109,18	99,37	113,56	
32	Centro Cívico	94,72	38,39	55,60	58,25	54,55	50,33	50,50	
33	Cidade Industrial	4.431,26	4,96	10,36	26,18	34,07	35,53	39,00	
34	Cristo Rei	144,70	35,68	55,34	72,61	84,94	92,09	95,34	
35	Fanny	201,83	30,95	44,63	42,61	41,35	38,97	41,69	
36	Fazendinha	372,37	13,68	49,64	62,83	68,12	70,15	75,39	
37	Ganchinho	1.135,93	—	0,69	2,33	5,15	6,45	9,84	
38	Guabirota	265,44	24,80	41,36	40,49	39,10	40,23	43,18	
39	Guaira	231,14	42,57	59,51	57,29	60,52	61,73	64,48	
40	Hauer	399,00	33,59	39,10	35,61	32,42	34,71	33,37	
41	Hugo Lange	118,42	36,92	39,29	33,19	28,76	26,74	28,64	
42	Jardim Botânico	275,69	21,65	24,22	23,66	24,19	22,32	22,39	
43	Jardim das Américas	385,90	17,25	27,44	32,11	33,44	36,19	39,68	
44	Jardim Social	195,84	21,65	35,99	34,98	30,92	31,07	29,09	
45	Juvevê	123,21	56,50	75,51	86,93	91,09	91,56	94,00	
46	Lamenha Pequena	351,25	0,84	1,66	2,00	1,84	2,00	3,01	
47	Lindóia	118,18	50,73	81,05	71,99	69,50	70,60	72,64	
48	Mercês	359,34	48,46	54,32	45,00	40,67	39,21	35,92	
49	Mossunguê	336,54	5,49	9,87	12,15	13,18	16,72	28,72	
50	Novo Mundo	594,88	34,91	59,24	64,19	68,53	72,28	74,07	
51	Orleans	512,24	6,10	8,73	10,65	11,96	14,17	15,82	
52	Parolin	225,83	41,11	46,52	52,03	52,61	53,06	51,16	
53	Pilarzinho	710,45	15,72	27,44	34,22	35,89	39,28	40,09	
54	Pinheirinho	1.051,38	8,82	30,57	41,92	45,69	47,26	47,94	
55	Portão	585,85	43,95	57,20	62,43	69,27	69,53	72,82	
56	Prado Velho	243,41	27,11	29,76	31,05	32,13	29,10	24,97	
57	Rebouças	296,61	67,62	62,63	55,26	51,13	52,65	50,19	
58	Riviera	243,67	0,31	0,68	0,94	0,89	0,83	1,19	
59	Santa Cândida	1.019,18	5,89	17,31	20,94	23,55	27,35	32,19	
60	Santa Felicidade	1.217,60	7,29	13,35	17,56	19,02	20,70	25,93	
61	Santa Quitéria	210,42	28,27	59,50	55,92	53,46	55,70	57,39	
62	Santo Inácio	335,83	4,13	14,98	16,51	17,05	17,98	19,34	
63	São Braz	506,03	8,05	32,16	40,19	43,36	45,69	46,56	
64	São Francisco	135,45	78,91	83,97	55,65	55,15	47,51	45,26	
65	São João	303,61	1,43	5,24	8,21	8,64	9,72	10,71	

ENTRADA IMPRESSÃO APOIO QCMD QCMND PREÇO VAZÃO DEMOGRAFIA PROJEÇÃO

Pronto



## ANEXOS

ANEXO 1 – DETALHAMENTO DOS CÓDIGOS UTILIZADOS NAS TUBULAÇÕES DA ALEMANHA .....	175
ANEXO 2 – LISTA DE PRIORIDADES DA SES .....	186
ANEXO 3 – PLANILHA DE PRIORIDADES DA SANEPAR .....	187
ANEXO 4 – ORÇAMENTO EMPRESA ALJAVA .....	188
ANEXO 5 – ORÇAMENTO EMPRESA GBM .....	190
ANEXO 6 – ORÇAMENTO EMPRESA RENTAX .....	194
ANEXO 7 – ORÇAMENTO EMPRESA TERRASSIS .....	198

## ANEXO 1 – DETALHAMENTO DOS CÓDIGOS UTILIZADOS NAS TUBULAÇÕES DA ALEMANHA

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO	
<b>Deformação</b>			
BAA		A seção transversal do tubo é deformada em relação à sua forma original. O avaliador pode especificar se o código é somente para tubos flexíveis ou se pode ser utilizado para tubos de todos os materiais.	
	Característica	Direção da deformação: • Vertical (A) - a altura do tubo foi reduzida; • Horizontal (B) - o tamanho de tubo diminuiu.	
	Quantificação	A percentagem de redução da dimensão.	
	Posição na circunferência	A posição deve ser registrada, se a deformação é localizada.	
<b>Fissura</b>			
BAB	Característica 1	Tipo da fissura: • Fissura superficial (A) - uma fissura fina que ocorre apenas na superfície; • Fissura (B) - rachadura na parede do tubo, parede do tubo ainda em vigor; • Fissura ampla (C) - espaço aberto na parede do tubo, parede do tubo ainda em vigor.	
		Característica 2	Direção da fissura: • Direção longitudinal (A) - uma fissura ou quebra que se estende substancialmente paralela ao eixo do tubo; • Em torno do tubo (B) - uma fissura ou quebra que se estende substancialmente em torno do tubo; • Fissura complexa (C) - um grupo de fissuras, o que não pode ser descrito como um corte longitudinal ou transversal; • Fissura espiral ou helicoidal (D).
			Quantificação
	Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
	<b>Ruptura da tubulação/ colapso</b>		
BAC	Característica	Tipo da ruptura da tubulação/ colapso: • Quebra (A): Segmentos do tubo estão deslocados, mas não ausentes. • Partes ausentes (B): Segmentos da parede do tubo estão faltando. • Colapso (C): Estrutura da construção totalmente destruída.	
		Quantificação	Comprimento do tubo rompido/ colapso em mm se inferior a 1000 mm. NOTA: No caso de comprimentos maiores do que 1m na direção longitudinal o início e o fim da tubulação devem ser identificados de forma a não haver informações ambíguas. Uma marcação numérica complementar é necessária. As medições devem ser registradas em metros com uma casa decimal.
			Posição na circunferência

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Alvenaria quebrada</b>		
BAD		Pedras ou tijolos saíram de sua posição original.
	Característica 1	A quantidade de deslocamento deve ser registrado da seguinte forma:
		• Deslocada (A) - tijolos/ pedras ainda estão presentes, mas estão deslocados a partir de sua posição original;
		• Ausentes (B) - tijolos/ pedras faltantes;
		• Fundo cedeu (C) - uma seção do tubo cedeu por parte da parede que rompeu, deixando uma coluna de mais de 20 mm;
	• Colapso (D) - Construção de estruturas completamente destruídas.	
Característica 2	Informações quando tijolos/ pedras faltando:	
	• Camada adicional de alvenaria visível (A) - através do orifício deixado pela falta de alvenaria;	
	• Não há nada a ver (B) - não está claro o que foi exposto por falta de tijolos/ pedras.	
	Se o fundo ou um espaço oco é visível, os códigos BAO ou BAP também podem ser usados.	
Quantificação	Para fundo cedido medir em mm.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Argamassa faltando</b>		
BAE		Argamassa da alvenaria ou material entre tijolos sendo perdidos completamente ou parcialmente.
	Quantificação	Distância entre a superfície de alvenaria e a argamassa em mm.
	Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.
<b>Danos na superfície</b>		
BAF		A superfície interior da tubulação é danificada por processos mecânicos ou ação química (incluindo a corrosão nos tubos de metal).
	Característica 1	Tipo de dano:
		• Rugosidade (A);
		• Descamação (pequenas partes da estrutura de superfície) (B);
		• Agregados visíveis (C);
		• Agregados corroídos (D);
		• Agregados faltantes (E);
		• Reforço visível (F);
		• Reforço protundido (G);
		• Reforço corroído (H);
	• Parede faltando (I);	
	• Corrosão sobre a superfície (J);	
	• Outros danos na superfície (Z) - mais detalhes devem ser anotados.	
Característica 2	Causa do danos:	
	• Dano mecânico (A);	
	• Ataque químico - em geral (ex. corrosão de reforço) (B);	
	• Ataque químico - ataque bioquímico por ácido sulfúrico - danos acima do nível da água (C);	
	• Ataque químico - ataque de águas residuais - dano abaixo do lençol freático (D);	
	• Não claramente determinada (E).	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Ligação protudente</b>		
BAG		Ligação que se estende para dentro da tubulação. Neste caso, o código BCA pode ser usado.
	Quantificação	O comprimento da ligação protudente como uma porcentagem do diâmetro ou da altura do tubo.
	Posição na circunferência	O centro da ligação deve ser registrado.
<b>Ligação defeituosa</b>		
BAH		A ligação está com defeito. Neste caso, o código para BCA pode ser usado.
	Característica	Tipo de dano:
		• Posição da ligação com o tubo está errada (A);
• Intervalo entre a extremidade da ligação e a tubulação (B);		
• Na periferia da ligação há um intervalo (ligação incompleta) (C);		
• Ligação danificada (D);		
• Ligação bloqueada (E);		
• Outros danos (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.		
Posição na circunferência	O centro da conexão deve ser registrado.	
<b>Material de vedação protudente</b>		
BAI		O material de vedação utilizado para vedar uma junta do tubo sobressai completamente ou parcialmente no interior do tubo.
	Característica 1	Tipos de material de vedação:
		• Anel de vedação (A); • Outro tipo de vedação (Z) - outras informações devem ser registradas.
	Característica 2	Em anéis de vedação, a protusão é registrada:
		• Visivelmente deslocada, mas não de modo a projetar o tubo (A);
		• Suspensa, mas não quebrada (B) - o ponto mais profundo está acima da metade da tubulação;
• Suspensa, mas não quebrada (C) - o ponto mais profundo é abaixo da metade da tubulação;		
• Quebrada (D).		
Quantificação	Redução da seção transversal em porcentagem, se a vedação não é feita por um anel de vedação.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Conexão fora de posição</b>		
BAJ		Tubos a serem interligados estão deslocados de sua posição pretendida. Mudanças na direção longitudinal menores do que 10 mm não são registradas.
	Característica	Tipo de mudança:
		• Direção longitudinal (A) - os tubos são deslocadas paralelamente ao eixo da tubulação;
		• Radial (B) - os tubos são deslocados em um ângulo reto em relação ao eixo da tubulação;
	• Em ângulo (C) - os eixos do tubo não são paralelas ao eixo da tubulação.	
	Quantificação	Quantificação da seguinte forma:
• Sobre o deslocamento na direção longitudinal - a distância entre a extremidade da ponta e o interior da conexão do tubo adjacente em mm;		
• Sobre o deslocamento radial - distância do deslocamento em mm;		
• Sobre o deslocamento do ângulo - o ângulo entre os dois eixos de tubos em graus.		
Posição na circunferência	Direção do deslocamento radial ou angular.	
	Por exemplo, se o deslocamento é radial, que ocorre acima da direção de inspeção, deve ser indicada a posição 12 horas - e se for abaixo deve ser indicada a posição 6 horas.	
	Da mesma forma, se uma mudança no ângulo no sentido vertical, o que leva a um aumento da altura ou a uma redução da folga, 12 horas.	

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Revestimento interno com defeito</b>		
BAK	Característica 1	O revestimento interno do tubo está danificado.
		Tipo de dano:
		• Destacamento do revestimento (A);
		• Descoloração do revestimento (B);
		• Defeito na extremidade do revestimento (C);
		• Dobras no revestimento (D);
		• Bolhas ou protuberâncias no revestimento (E);
		• Alargamento externo (F);
		• Descolamento do revestimento (G);
		• Separação da tampa do conjunto (H);
• Fissura ou abertura (incluindo solda com defeito) (I);		
• Furo no revestimento (J);		
• Conexão defeituosa no revestimento (K);		
• Material do revestimento com aparência mole (L);		
• Falta de resina laminada (M);		
• Extremidade do revestimento não está selada para receber outro tubo (N);		
• Para outros danos no revestimento (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.		
Característica 2	Tipo das rugas no forro:	
	• Na direção longitudinal (A) - dobra substancialmente que corre paralelo ao eixo do tubo;	
	• Radialmente na periferia (B) - dobra que se prolonga substancialmente sobre a periferia;	
	• Complexo (C).	
• Espiral (D).		
Quantificação	Porcentagem de redução na área da seção transversal.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Reparo com defeito</b>		
BAL	Característica	Um reparo foi realizado em um canal ou tubulação de esgoto que está danificado. Neste caso, o código para uma reparação pontual (BCB) é usado.
		Tipo do dano:
		• Falta parcial da parede (A);
• Defeito no reparo de selagem de um furo (B);		
• Outros (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.		
<b>Solda com defeito</b>		
BAM	Característica	Solda com defeito na tubulação
		Direção da solda:
		• No sentido longitudinal (A) - dano que se estende substancialmente paralelo ao eixo do tubo;
• Na periferia (B) - a perda, que se estende substancialmente sobre a periferia;		
• Desenvolvimento em espiral (C).		
Posição na circunferência	Em caso de avaria na direção longitudinal, deve-se determinar os danos na periferia ou em espiral no início e final e especificar os pontos.	
<b>Parede do tubo porosa</b>		
BAN	Posição na circunferência	O material da tubulação aparece poroso (ex. devido a um defeito de fabricação).
		A posição deve ser registrada.

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Terreno visível</b>		
BAO		O solo circundante é visível através de uma área danificada da tubulação.
<b>Cavidade visível</b>		
BAP		A cavidade do lado de fora da tubulação é visível através de área danificada.
<b>Raízes</b>		
BBA		Raízes de árvores ou outras plantas crescem através de conexões, defeitos ou conexões de tubulações.
	Característica	Tipo de raiz:
		• Raiz principal (A);
		• Raízes finas individuais (B); • Raízes complexas (C).
Quantificação	Redução da seção transversal em porcentagem.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Substâncias aderentes</b>		
BBB		Existem substâncias aderidas à tubulação
	Característica	Tipos de substâncias aderentes:
		• Incrustação (A);
		• Gordura (B); • Materiais aderidos à parede do tubo, ex. organismos. • Outro material (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.
Quantificação	Redução da seção transversal em porcentagem.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Depósitos</b>		
BBC		Depósito na tubulação
	Característica	Tipo de depósito:
		• Material fino (A) (ex. areia, lodo);
		• Material grosseiro (B) (ex. cascalho, entulho); • Duros ou diferentes (ex. concreto); • Outros materiais (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.
Quantificação	A quantidade de depósito, deve ser expresso como uma porcentagem da dimensão vertical da tubulação.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Penetração de material do solo</b>		
BBD		Material do solo penetra na tubulação
	Característica	Tipo de solo:
		• Areia (A);
		• Turfa (B); • Material fino (ex. lodo) (C); • Material grosseiro (D); • Outros materiais (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.
Quantificação	Redução da seção transversal em porcentagem.	
Posição na circunferência	A posição do material do solo na parede do esgoto deve ser indicado.	

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Outros obstáculos</b>		
BBE		Objetos que restringem a seção transversal da tubulação. Este código pode ser usado somente se nenhum outro código (BBA e BBD) é aplicável.
	Característica	Descrição do obstáculo:
		• Tijolo ou pedra encontrados no inferior do tubo (A);
		• Peças quebradas de fora do tubo que encontram-se no inferior do tubo (B);
		• Outro objeto é encontrado na parte inferior do tubo (C);
• Objeto se projeta através da parede (D);		
• Objeto entalado na conexão do tubo (E);		
• Objeto passa através de uma derivação/ ligação (F);		
• Fios externos ou cabos que passam através do tubo (L);		
• Objeto instalado no interior do tubo (H).		
• Outros materiais (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.		
Quantificação	Redução da seção transversal em porcentagem.	
Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.	
<b>Infiltração</b>		
BBF		A penetração de água através da parede do tubo ou conexões ou áreas danificadas.
	Característica	Intensidade da entrada de água:
		• Exsudação (A) - lenta penetração de água - sem gotas visíveis;
• Gotejamento (B) - sem fluxo contínuo;		
• Fluxo (C) - com fluxo contínuo;		
• Injeção (D) - penetração sob pressão.		
Posição na circunferência	A localização do ponto/área de entrada devem ser registrados.	
<b>Exfiltração</b>		
BBG		Vazamentos visíveis.
	Posição na circunferência	Se visível na posição da circunferência.
<b>Vermes</b>		
BBH		De fato observado vermes
	Característica 1	Tipos:
		• Rato (A);
		• Barata (B);
	• Outras espécies (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.	
Característica 2	Localização dos vermes:	
	• No tubo (A);	
	• Em uma ligação (B);	
	• Em uma conexão de tubo aberto (C);	
• Outro local (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.		
Quantificação	O número de animais que têm sido observados em um só local.	

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Ligação</b>		
BCA		Ligações conectadas ao tubo a ser inspecionado. Se a ligação possui a mesma dimensão que o tubo a ser inspecionado ou se a dimensão for maior do que um valor predeterminado, o inspetor tem que determinar que a junção deve ser considerado como um nó. Supõe-se que a maior parte dos registros usando este código têm uma seção transversal circular.
	Característica 1	Tipos de ligações: • Ligação (A) - com um conector pré-fabricado; • Ligação perfurada (B) - conexão com sela (com broca); • Ligação esculpida (C) - conexão com sela (furo esculpido); • Ligação perfurada facilitada (D) - conexão sem ajuste (com broca); • Ligação esculpida facilitada (E) - conexão sem encaixe (furo esculpido); • Ligação desconhecida (G); • Outros tipos de ligações (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.
	Característica 2	Este código indica se a conexão foi fechada. Isso pode indicar que uma conexão foi fornecida para uso futuro ou que a conexão foi fechada. Os seguintes códigos são utilizados: • Conexão aberta (A); • Conexão fechada (B).
	Quantificação 1	Altura da conexão em mm.
	Quantificação 2	Largura da conexão em mm, quando for diferente da altura.
	Posição na circunferência	O centro da conexão deve ser registrado.
	Nota	Sob a forma de seções transversais não circulares
	<b>Reparo pontual</b>	
BCB		Uma pequena seção da tubulação foi reparada.
	Característica	Tipo de reparo: • Substituição da tubulação (A); • Revestimento interno localizado (B); • Com argamassa (C); • Injeção com outro selante (D); • Furo reparado (E); • Revestimento interno localizado na ligação (F); • Outro tipo de repado na ligação (G); • Outro processo de reparação (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.
	Posição na circunferência	A posição deve ser registrada.
<b>Curvatura da tubulação</b>		
BCC		O curso do esgoto ou as mudanças são feitas com curva pré-fabricada ou a mudança de direção não ocorre numa junção (tubulação curva).
		Isso não deve ser utilizado para a conexão suspensa em um ângulo.
	Característica 1	Mudança de direção horizontal: • À esquerda (A); • À direita (B).
	Característica 2	Mudança de direção vertical: • Para cima (A); • Para baixo (B).
	Quantificação	Ângulo da mudança de direção em graus.

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Nó de entrada</b>		
BCD	Característica	Informações para o nó inicial da inspeção
		Tipo de nó:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poço de visita (A);</li> <li>• Abertura de inspeção (B);</li> <li>• Porta de limpeza (C);</li> <li>• O compartimento da lâmpada (D);</li> <li>• Saída (E);</li> <li>• Ligação de canais sem PV ou abertura de inspeção (F);</li> <li>• Um tipo especial definido pelo inspetor (O inspetor pode especificar vários códigos, sendo cada um deles com X, por exemplo, XA);</li> <li>• Outra estrutura (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.</li> </ul>
		Quantificação 1
Quantificação 2	Coordenadas do nó	
<b>Nó final</b>		
BCE	Característica	Informações para o nó final da inspeção
		Tipo de nó:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poço de visita (A);</li> <li>• Abertura de inspeção (B);</li> <li>• Porta de limpeza (C);</li> <li>• O compartimento da lâmpada (D);</li> <li>• Saída (E);</li> <li>• Ligação de canais sem PV ou abertura de inspeção (F);</li> <li>• Um tipo especial definido pelo inspetor (O inspetor pode especificar vários códigos, sendo cada um deles com X, por exemplo, XA);</li> <li>• Outra estrutura (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.</li> </ul>
		Quantificação 1
Quantificação 2	Coordenadas do nó	
	Posição no sentido longitudinal	Se o ponto de referência para a situação na direção longitudinal não for a do começo do tubo (isto é, o tubo que liga o nó para a primeira seção de tubo), o ponto de referência não deve ser tomada a partir da informação codificada. Portanto, a posição do início da tubulação tem sempre que indicar a posição na direção longitudinal registrada.
<b>Fotos gerais</b>		
BDA		Uma fotografia/ imagem estática é levada para registrar a condição geral da linha de esgoto, sem detectar uma característica especificamente.
	Posição na circunferência	Direção da câmera, a menos que não esteja apontado para frente.
<b>Notas gerais</b>		
BDB		Uma nota, que não foi possível classificar de nenhuma outra forma.
	Nota	Escrever a anotação.
<b>Interrupção da inspeção</b>		
BDC	Característica	A inspeção foi interrompida antes de chegar ao nó final.
		Se a obstrução foi causada por uma demolição, o obstáculo para o código principal correspondente deve ser registrado separadamente.
		NOTA: Se a inspeção foi adicionada mais uma vez, esta é contabilizada como uma nova inspeção.
		Motivo da interrupção:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstáculo (A);</li> <li>• Alto nível de água (B);</li> <li>• Falha do equipamento (C);</li> <li>• Outro motivo (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.</li> </ul>	

Continua

CÓDIGO PRINCIPAL	INFORMAÇÃO QUANTO AO ESTADO	DESCRIÇÃO
<b>Nível de água</b>		
BDD	Característica	A altura do nível de água na tubulação ou canal de esgoto.
		Esgoto na tubulação é:
		• Claro (fundo visível) (A);
		• Aplicação de código não continuada (B);
	• Turvo (C);	
		• Com cor (D);
		• Turvo e com cor (E);
Quantificação		O nível de água acima do fundo do canal, como uma percentagem do diâmetro ou a altura livre.
<b>Influxo em uma conexão</b>		
BDE		As informações sobre o esgoto a partir de uma ligação.
		Neste caso, o código BCA é para ser usado.
	Característica 1	Esgoto saindo da ligação:
		• Claro (fundo visível) (A);
		• Aplicação de código não continuada (B);
		• Turvo (C);
		• Com cor (D);
	• Turvo e com cor (E);	
		Se o influxo devido a um alto nível de água na linha principal não é visível, é o YY código ser utilizado.
	Característica 2	A ligação é:
• Conectada indevidamente, esgoto flui para a tubulação de água pluvial (A);		
• Conectada indevidamente, água pluvial flue para a tubulação de esgoto (B);		
	• Ligação indevida não é visível (C).	
Quantificação		O nível de água na ligação, expressa como uma percentagem da altura livre de ligação.
Posição na circunferência		A posição deve ser registrada.
<b>Atmosfera da tubulação</b>		
BDF		Uma atmosfera potencialmente perigosa é detectada.
	Característica	Caracterização natureza do perigo:
		• Deficiência de oxigênio (A);
		• Ácido sulfídrico (B);
		• Metano (C);
	• Outro perigo (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.	
Quantificação 1		Percentagem de gás na atmosfera, a medida que esta informação está disponível.
Quantificação 2		Se esta informação não estiver disponível, substituir a concentração de gás em ppm na atmosfera.
<b>Sem visão do tubo</b>		
BDG		Visão da tubulação obstruída
	Característica	Motivo de deficiência:
		• Câmara debaixo d'água (A);
		• Assoreamento (B);
		• Vapores (C);
	• Outro motivo (Z) - mais detalhes devem ser registrados como anotações.	

Conclusão

FONTE: adaptado de DIN EN 13508-2 (2011)

## ANEXO 2 – LISTA DE PRIORIDADES DA SES

Schacht oben	Schacht unten	Alter [a]	Länge [m]	CLUSTER	STR_NAME	Zustandsklasse			Substanzklasse			Priorität	
						Gesamt	Stabilität	Betrieb	Dichtheit	Gesamt	Stabilität		Betrieb
542600081	542600401	34	22.4 m	B:DN.<=700	Tiroler Str	1	1	1	1	0	0	0	1
508600003	335800003	82	23.0 m	STZ	Sperlingstr	1	1	1	1	0	0	0	1
292800015	364950400	120	1.2 m	Sonst:DN.>700	Max-Kade-Weg	1	1	1	1	0	0	0	1
518600174	518600175	95	10.3 m	B:DN.<=700	Steinhalden	1	1	1	1	0	0	0	4
211400013	211400014	53	29.3 m	STZ	Heckenrosenweg	1	1	1	1	0	0	0	5
961760010	981160014	49	36.7 m	B:DN.<=700	Halderwald	1	1	1	1	0	0	0	5
518600199	518600200	95	16.0 m	B:DN.<=700	Steinhalden	1	1	1	1	0	0	1	2
518200012	518200014	76	5.3 m	STZ	Steinhausenstr	1	1	1	1	0	0	2	0
93400415	93400122	119	41.7 m	Sonst:DN.>700	Dachswaldweg	1	1	1	1	0	0	2	3
896000501	89600426	120	4.4 m	Sonst:DN.>700	Camstatter Str	1	1	1	1	0	0	2	0
439800406	439800407	127	6.6 m	Sonst:DN.<=700	Reuchlinstr	1	1	1	1	0	0	2	2
565000073	565000011	79	42.9 m	STZ	Vollmoellerstr	1	1	1	1	0	0	2	0
518600198	518600199	95	9.8 m	B:DN.<=700	Steinhalden	1	1	1	1	0	0	2	2
209200084	209200085	41	41.4 m	B:DN.<=700	Hauptstr	1	1	1	1	0	0	3	0
551400021	551400411	48	40.0 m	Sonst:DN.>700	Uferstr	1	1	1	1	0	0	3	2
323600001	215400500	85	10.5 m	STZ	Heilbronner Str	1	1	1	1	0	0	4	0
518600230	518800028	95	39.0 m	B:DN.<=700	Steinhalden	1	1	1	1	0	0	4	0
989060003	989060004	53	41.8 m	B:DN.<=700	Ziegelbild	1	1	1	1	0	0	4	0
483600008	483600007	79	50.2 m	B:DN.<=700	Schoenstr	1	1	1	1	0	0	4	0
483600005	483600004	80	42.8 m	STZ	Schoenstr	1	1	1	1	0	0	4	0
435000009	368400006	59	38.4 m	B:DN.<=700	Reichenberger Str	1	1	1	1	0	0	5	4
135600034	135600035	36	28.2 m	STZ	Falkenstr	1	1	1	1	0	0	0	0

FONTE: SCHILLING e SCHÄFER (2010)

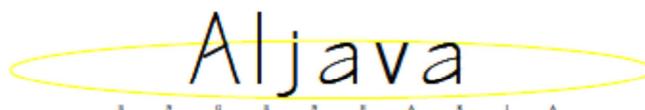
NOTA: *Substanzklasse* - A condição da substância é um procedimento mais recente que serve para a análise da estrutura do material existente, realizado por uma empresa terceirizada, e auxilia na tomada de decisões estratégicas pelo setor de planejamento.

## ANEXO 3 – PLANILHA DE PRIORIDADES DA SANEPAR

Ordem	Data Recebimento	Data Conclusão	Origem demanda	Localização		Bairro	Descrição demanda	Quantitativo		OSE	Pontuação Filmagem
				Endereço	Endereço			Ext. (m)	DN (mm)		
10	dez-14			Rua Gov Jorge Lacerda entre Rua Lindolfo Collor e Rua Dr. Alcides Vieira		Uberaba		114,70	300	2358	
11	dez-14			Rua Gov Jorge Lacerda entre Rotatória e Rua Dr. Alcides Vieira		Uberaba		48,90	160	2458	
12	dez-14			Rua Gov Jorge Lacerda / Igreja		Uberaba		75,00	150	2460	
13	dez-14			Rua Arthur Loyola entre Rua Dr. Manoel Pedro		Cabral		26,00	150	2695	
14	dez-14			Rua Arthur Loyola entre Rua Dr. Manoel Pedro		Cabral		20,00	150	2696	
15	dez-14			Rua Cap. Leonidas Marques entre Rua Dr. Carlos Bruno e Rua Frei Francisco		Uberaba		24,00	150	2852	
16	jan-15		PRRU	Rua Manoel Correia de Freitas - entre Raphael Papa e Monte Castelo		Tanumã		120,00	DE 225	2956-2957-2958	
17	jan-15		PRRU	R. Aristides Athayde entre R. Des Joaquim Penido Monteiro e a Joaquim Américo Guimarães		Jd Social				2845	
18	jan-15		Manutenção	Salvador Ferrante, da Mal. Floriano Peixoto à montante		Hauer					
19	jan-15	PRIORIDADE - A executari	Manutenção	Av. Marechal Floriano Peixoto - entre Dr. Simão Kossobudski e Itailino Perulfo		Boqueirão		321,00	150	2983	
20	jan-15	PRIORIDADE - A executari	Manutenção	Av. João Gualberto, entre ruas Augusto Severo e Alberto Bollinger		Juvevê		328,00	150	2974 a 2978	
21	jan-15	PRIORIDADE - A executari	SMMA	RUA ALCIDES TERÉZIO DE CARVALHO		Guabirrotuba		58,00	150	2791	
22	jan-15	A executari	SMMA	Rua Antonio Jônque Filho		Uberaba		24,00	150	2566	
23	fev-15	A levantari	VTA Milton	Rua Adão SOBOCINSKI		Cristo Rei					
24	fev-15	A levantari	VTA Pedro	Rua Simão Bolivar, esquina com Prefeito Angelo Lopes							

FONTE: adaptado de SANEPAR (2015)

## ANEXO 4 – ORÇAMENTO EMPRESA ALJAVA



À

Curitiba, 02 de fevereiro de 2015.

À

**COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR**USPO / CT - Unidade de Serviço de Projetos e Obras da Região Metropolitana de Curitiba  
Rua Pedro de Toledo, 171 - Prado Velho - CEP 80215-280 - Curitiba**Aos Cuidados:**Eng<sup>o</sup>. Bárbara Smidarle

Fone (41) 3330-3727

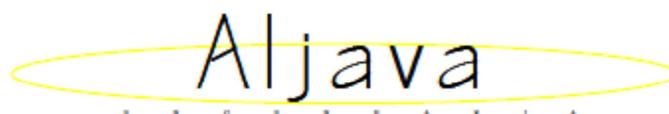
[barbaracs@sanepar.com.br](mailto:barbaracs@sanepar.com.br)**Ref.: Perfuração direcional por método não destrutivo.****P R O P O S T A G E N É R I C A****❖ Descrição da proposta:**

Fornecimento de equipamentos e mão de obra especializada, para execução de instalação de tubulação – diversos diâmetros - por método não destrutivo, perfuração direcional em diversos tipos de solo, conforme tabela abaixo.

Não está considerado na presente proposta nenhuma das atividades preliminares, auxiliares e complementares a execução da perfuração e instalação das tubulações.

**Perfuração direcional - HDD****❖ Valores em Reais conforme o tipo de solo x diâmetro x material:**

HDD	PVC	PEAD	PVC	PEAD	PVC	PEAD	PVC
TIPO DE SOLO	Ø150	Ø160	Ø200	Ø225	Ø300	Ø315	Ø400
Argila							
Argila Siltosa	232,50	232,00	310,00	326,25	348,75	326,25	640,00
Argila Arenosa							
Argila Pedregulhosa							
Silte							
Silte Argiloso	232,50	232,00	310,00	326,25	348,75	não	640,00
Silte Arenoso							
Silte Pedregulhoso							
Areia							
Areia Argilosa	330,00	304,00	440,00	não	495,00	não	800,00
Areia Siltosa							
Areia Pedregulhosa							
Pedregulho	não	320,00	não	450,00	não	630,00	não
Matacão	não	320,00	não	450,00	não	630,00	não
Solo Orgânico	não	232,00	não	326,25	não	456,75	não
Rocha	não						



❖ **Informações complementares:**

Aplicação do material PVC para solos argilosos com extensão limitada até 8 barras de 6mts;

Aplicação do material PVC para solos siltosos com extensão limitada até 6 barras de 6mts;

Aplicação do material PVC para solos arenosos com extensão limitada até 5 barras de 6mts;

**Pipe Bursting**

❖ **Valores em Reais conforme o tipo de solo x diâmetro x material:**

<b>PB-HDD</b>	PEAD	PEAD	PEAD
TIPO DE SOLO	Ø160	Ø225	Ø315
Argila	256,00	360,00	504,00
Argila Siltosa			
Argila Arenosa			
Argila Pedregulhosa			
Silte	288,00	405,00	567,00
Silte Argiloso			
Silte Arenoso			
Silte Pedregulhoso			
Areia	336,00	540,00	756,00
Areia Argilosa			
Areia Siltosa			
Areia Pedregulhosa			
Pedregulho	320,00	450,00	630,00
Matacão	320,00	450,00	630,00
Solo Orgânico	256,00	360,00	504,00
Rocha	não	não	não

Atenciosamente,  
 Eng. Fabricio Kluthcovsky  
 41.9967.0795  
 55\*92\*10145  
[fabricio@aljava.com](mailto:fabricio@aljava.com)

Trv. José Surugi nº 4, Seminário, 80440-110, Curitiba – PR Tel. 41.3077.0331 Fax. 41.3242.0331 [www.aljava.com](http://www.aljava.com)

Conclusão

## ANEXO 5 – ORÇAMENTO EMPRESA GBM



www.gbmtuneis.com.br | www.gel-eng.com.br

Curitiba, 07 de abril de 2015

Proposta Nº 040-2015

### PROPOSTA COMERCIAL PARA A IMPLANTAÇÃO E/OU SUBSTITUIÇÃO DE REDES DE ESGOTO ATRAVÉS DE DIFERENTES MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS

#### **1- Apresentação da Proposta**

A presente proposta é em resposta à necessidade da Sanepar de análise financeira de diferentes métodos não destrutivos de substituição e/ou recuperação de tubulações de saneamento na cidade de Curitiba – PR.

#### **2 – Premissas**

- A presente proposta tem como base uma obra de 10Km de extensão. No caso de alteração em mais de 20% (para cima ou para baixo) das quantidades o preço pode sofrer variações.
- A presente proposta considera a execução das obras em um período contínuo, ou seja sem mobilização e desmobilização adicional.

#### **3 – Preços por metro**

3.1 - MICROTUNEL	CC	CC	CC	CC	CC
TIPO DE SOLO	Ø300	Ø400	Ø500	Ø600	Ø700
Argila	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Argila Siltosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Argila Arenosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Silte	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Silte Argiloso	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Silte Arenoso	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Areia	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Areia Argilosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Areia Siltosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Areia Pedregulhosa	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Pedregulho	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Matacão	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Solo Orgânico	R\$ 1.900,00	R\$ 2.100,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.000,00
Rocha	ND	ND	ND	ND	ND

Rua: Benedito Carollo, 1251  
CIC - Curitiba – PR – 81290-060  
Fone: (41) 3285-4040 – Fax: (41) 3373-0005

Continua



www.gbmtuneis.com.br | www.gel-eng.com.br

<b>3.2 - PB-DINÂMICO</b>			
TIPO DE SOLO	PEAD Ø160	PEAD Ø225	PEAD Ø250
Argila	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Argila Siltosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Argila Arenosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Argila Pedregulhosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Silte	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Silte Argiloso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Silte Arenoso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Silte Pedregulhoso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Areia	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Areia Argilosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Areia Siltosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Areia Pedregulhosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Pedregulho	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Matacão	ND	ND	ND
Solo Orgânico	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05
Rocha	ND	ND	ND

<b>3.3 - PB-ESTÁTICO</b>				
TIPO DE SOLO	PEAD Ø160	PEAD Ø225	PEAD Ø250	PEAD Ø315
Argila	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Argila Siltosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Argila Arenosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Argila Pedregulhosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Silte	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Silte Argiloso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Silte Arenoso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Silte Pedregulhoso	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Areia	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Areia Argilosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Areia Siltosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Areia Pedregulhosa	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Pedregulho	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Matacão	ND	ND	ND	ND
Solo Orgânico	R\$ 367,82	R\$ 440,41	R\$ 535,05	R\$ 625,31
Rocha	ND	ND	ND	ND

\*Preços para execução do item específico listado. A composição de preço final da obra deve ser feita levando-se em consideração os itens complementares abaixo, conforme a necessidade de cada obra.

Rua: Benedito Carollo, 1251  
CIC - Curitiba - PR - 81290-060  
Fone: (41) 3285-4040 - Fax: (41) 3373-0005

Continua



www.gbmtuneis.com.br | www.gel-eng.com.br

**4 – Itens complementares de preço (conforme a necessidade de cada obra)**

Item	Unidade	Preço
Canteiro de obras	m2	Conforme tabela Sanepar
Administração local	soma	Conforme tabela Sanepar
Cadastro de obras	m	Conforme tabela Sanepar
Transporte de entulho	m3	Conforme tabela Sanepar
Moto bomba	h	Conforme tabela Sanepar
Retirada de pavimento	m2	Conforme tabela Sanepar
Recomposição de pavimento	m2	Conforme tabela Sanepar
Caminhão carroceria	h	Conforme tabela Sanepar
Caminhão basculante	h	Conforme tabela Sanepar
Caçamba estacionária	h	Conforme tabela Sanepar
Passadiço provisório	ud	Conforme tabela Sanepar
Execução de poço de visita	ud	Conforme tabela Sanepar
Escavação	m3	Conforme tabela Sanepar
Limpeza de obra	ud	Conforme tabela Sanepar
Reaterro	m3	Conforme tabela Sanepar
Escoramento	m	Conforme tabela Sanepar
Carga de solos	m3	Conforme tabela Sanepar
Instalação de ramais	ud	Conforme tabela Sanepar
Pesquisa e remanejamento de interferências	m	Conforme tabela Sanepar
Descarga de solos	m3	Conforme tabela Sanepar
Sinalização de trânsito	m	Conforme tabela Sanepar
Sinalização de segurança	m	Conforme tabela Sanepar
Abertura de ramais	ud	Conforme tabela Sanepar
Retroescavadeira	h	Conforme tabela Sanepar
Munck	h	Conforme tabela Sanepar
Termofusão em PEAD	ud	Conforme tabela Sanepar
Eletrofusão em PEAD	ud	Conforme tabela Sanepar
Peças de eletrofusão	ud	Conforme tabela Sanepar
Tubo em PEAD	m	Conforme tabela Sanepar
Telediagnóstico	m	Conforme tabela Sanepar
Bloqueio e esgotamento da rede	h	Conforme tabela Sanepar
Sucção e transbordo	h	Conforme tabela Sanepar
Lavagem da rede	m	Conforme tabela Sanepar
Poços de ataque e desemboque com 3m de diâmetro	ud	Conforme tabela Sanepar
Tubo especial em concreto para cravação (JP)	m	Conforme tabela Sanepar

Rua: Benedito Carollo, 1251  
CIC - Curitiba - PR - 81290-060  
Fone: (41) 3285-4040 - Fax: (41) 3373-0005

Continua



[www.gbmtuneis.com.br](http://www.gbmtuneis.com.br) | [www.gel-eng.com.br](http://www.gel-eng.com.br)

### **5 – Indicações**

- O Pipe Bursting Dinâmico é indicado para o rompimento e substituição de tubuções feitas de materiais quebradiços, principalmente cerâmica, Fofo, cimento amianto.
- O Pipe Bursting Estático é indicado tanto para os materiais quebradiços listados acima quanto para materiais maleáveis como PVC, aço e ferro dúctil.
- O Pipe Bursting em Concreto Armado deve ser analisado com muita cautela, pois a armadura do concreto pode atuar como uma rede, impedindo o avanço da cabeça rompedora.

### **6 – Data base do preço**

- O preço aqui listado tem como base o dia 07 de abril de 2015, e é válido por 30 dias a partir desta data.

Rua: Benedito Carollo, 1251  
CIC - Curitiba - PR - 81290-060  
Fone: (41) 3285-4040 - Fax: (41) 3373-0005

Conclusão

## ANEXO 6 – ORÇAMENTO EMPRESA RENTAX



### CARTA PROPOSTA COMERCIAL

Curitiba, 23 de Março de 2015

À  
**COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ - SANEPAR**  
 Curitiba – PR

Ref.: ORÇAMENTO

Prezada,

Pela presente, vêm a Empresa Rentax Construção Civil Ltda. apresentar nossa Proposta Comercial referente ao Orçamento solicitado, assumindo inteira responsabilidade por quaisquer erros ou omissões que venham a ser verificados na sua preparação.

Os preços, à vista, a serem considerados são os constantes nas respectivas Planilhas de Orçamento.

Tendo por validade da proposta, 120 (cento e vinte) dias, prorrogáveis por igual período, a contar da data da apresentação da Proposta, salvo manifestação em contrário, de nossa parte, lavrada em tempo hábil.

Com toda a estrutura e conhecimento em perfuração direcional, por método não destrutivo, a empresa Rentax está em amplo crescimento e é capaz de atender as mais diversas demandas no mercado de Saneamento. Segue, em anexo, uma apresentação breve da Rentax Engenharia Ltda..

Tendo em vista o Orçamento requisitado, seguem os valores a serem praticados por metro produzido em determinado tipo de solo em função do diâmetro da tubulação utilizando o furo direcional (HDD):

HDD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
TIPO DE SOLO	Ø160	Ø225	Ø315	Ø450	Ø560
Argila	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Siltosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Arenosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Argiloso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Arenoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Areia	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Areia Argilosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00

T: + 55 44 3227-7934 / 3222-6413

[www.rentaxengenharia.com.br](http://www.rentaxengenharia.com.br)

Av. Tamandaré, 748 - CEP 87.013-210 - Maringá - PR

Continua



Areia Siltosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Areia Pedregulhosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Pedregulho	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Solo Orgânico	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
<b>HDD</b>	<b>PEAD</b>	<b>PEAD</b>	<b>PEAD</b>	<b>PEAD</b>	
<b>TIPO DE SOLO</b>	<b>Ø630</b>	<b>Ø800</b>	<b>Ø900</b>	<b>Ø1000</b>	
Argila	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Argila Siltosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Argila Arenosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Argila Pedregulhosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Silte	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Silte Argiloso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Silte Arenoso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Silte Pedregulhoso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	
Areia	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00	
Areia Argilosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00	
Areia Siltosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00	
Areia Pedregulhosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00	
Pedregulho	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00	
Solo Orgânico	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00	

Após o HDD, temos o *microtunneling*, também sendo apresentados valores por metro produzido em função do tipo de solo e do diâmetro da tubulação a ser instalada, segue:

<b>MICROTUNELLING</b>	<b>CC</b>	<b>CC</b>	<b>CC</b>	<b>CC</b>	<b>CC</b>
<b>TIPO DE SOLO</b>	<b>Ø200</b>	<b>Ø300</b>	<b>Ø400</b>	<b>Ø500</b>	<b>Ø600</b>
Argila	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Argila Siltosa	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Argila Arenosa	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Silte	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Silte Argiloso	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Silte Arenoso	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 1.200,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.400,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.600,00

Em casos de substituição de rede existente pelo mesmo caminhamento, utiliza-se uma tecnologia chamada de *"pipe-bursting"*, que é a destruição da tubulação existente e sua substituição, pelo mesmo caminho, por um material novo. Pode ser feito por furo direcional, ou por dinâmico. A Rentax Construção Civil inicia em julho a obra de substituição, por mesmo encaminhamento, das tubulações de dois bairros na Cidade de

T: + 55 44 3227-7934 / 3222-6413

[www.rentaxengenharia.com.br](http://www.rentaxengenharia.com.br)

Av. Tamararé, 748 - CEP 87.013-210 - Maringá - PR

Continua



Campinas/SP. Trabalho a ser realizado em parceria com a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – SANASA, porém irá realizar utilizando o “*pipe-bursting*” por furo direcional e o dinâmico. Tendo em vista esse crescente mercado, segue o orçamento realizado pela empresa para este tipo de serviço:

<b>PB-HDD</b>	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
TIPO DE SOLO	Ø160	Ø225	Ø315	Ø450	Ø560
Argila	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Siltosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Arenosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Argiloso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Arenoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00
Areia	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Areia Argilosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Areia Siltosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Areia Pedregulhosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Pedregulho	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00	R\$ 1.512,00
Solo Orgânico	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00	R\$ 1.232,00

<b>PB-HDD</b>	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
TIPO DE SOLO	Ø630	Ø800	Ø900	Ø1000
Argila	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Argila Siltosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Argila Arenosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Silte	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Silte Argiloso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Silte Arenoso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00
Areia	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00
Areia Argilosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00
Areia Siltosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00
Areia Pedregulhosa	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00
Pedregulho	R\$ 1.701,00	R\$ 2.160,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.500,00
Solo Orgânico	R\$ 1.386,00	R\$ 1.760,00	R\$ 2.700,00	R\$ 3.000,00

Também há o “*pipe-bursting*” dinâmico, que seria a utilização de uma máquina, “*MOLE*”, para sua execução. Segue orçamento para obra do tipo “*pipe-*”

T: + 55 44 3227-7934 / 3222-6413

[www.rentaxengenharia.com.br](http://www.rentaxengenharia.com.br)

Av. Tamandaré, 748 - CEP 87.013-210 - Maringá - PR

Continua



*bursting*” dinâmico, o preço é por metro produzido em função do tipo de terreno e do diâmetro da tubulação instalada:

<b>PB-DINÂMICO</b>	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
TIPO DE SOLO	Ø160	Ø225	Ø250	Ø315
Argila	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Argila Siltosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Argila Arenosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Argila Pedregulhosa	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Silte	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Silte Argiloso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Silte Arenoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Silte Pedregulhoso	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00
Areia	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00
Areia Argilosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00
Areia Siltosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00
Areia Pedregulhosa	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00
Pedregulho	R\$ 352,00	R\$ 607,50	R\$ 850,50	R\$ 1.215,00
Solo Orgânico	R\$ 272,00	R\$ 382,50	R\$ 535,50	R\$ 765,00

Esperamos conseguir atender nossos clientes da melhor forma possível e aguardamos o seu contato.

Atenciosamente,

**João Paulo Poças Azevedo**  
Sócio Diretor  
Rentax Construção Civil LTDA  
15.054.335/0001-60

**T: + 55 44 3227-7934 / 3222-6413**

**[www.rentaxengenharia.com.br](http://www.rentaxengenharia.com.br)**

Av. Tamandaré, 748 - CEP 87.013-210 - Maringá - PR

Conclusão

## ANEXO 7 – ORÇAMENTO EMPRESA TERRASSIS



**TERRASSIS**  
**Saneamento e MND Ltda.**  
 CNPJ 02.579.518/0001-57 - Insc. Estadual 90598018-10

À Eng.ª Bárbara Cristina Smidarle

Orçamento nº 042-03/2015

Ref.: Proposta para execução de serviços de pipe bursting em Curitiba-PR.

### 1. SERVIÇOS – QUANTIDADES E VALORES

Item	Descrição	Preço por metro
1	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 160 mm	R\$ 880,00
2	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 180 mm	R\$ 990,00
3	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 200 mm	R\$ 1.100,00
4	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 225 mm	R\$ 1.237,50
5	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 250 mm	R\$ 1.375,00
6	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 280 mm	R\$ 1.540,00
7	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 315 mm	R\$ 1.732,50
8	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 355 mm	R\$ 1.952,50
9	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 400 mm	R\$ 2.200,00
10	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 450 mm	R\$ 2.475,00
11	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 500 mm	R\$ 2.750,00
12	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 560 mm	R\$ 3.080,00
13	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 630 mm	R\$ 3.465,00
14	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 710 mm	R\$ 3.905,00
15	Execução de pipe bursting para substituição de tubulação PEAD diâmetro 800 mm	R\$ 4.400,00

Valor total apenas para referência e está sujeito à variação – a medição efetiva será aferida após conclusão.

Será cobrado o valor de R\$ 380,00 (trezentos e oitenta reais) a título de hora improdutivo, quando da falta de alvará, de entrega de material, de licenças e de outros itens que venham a caracterizar a mesma.

### 2. OBRIGAÇÕES DA TERRASSIS E OBRIGAÇÕES DA CONTRATANTE

#### 2.1. ESCOPO DA TERRASSIS

- Fornecimento do equipamento HDD e acessórios para furo;
- Mão-de-obra especializada, funcionários registrados com EPI e EPC's.

#### 2.2. ESCOPO DA CONTRATANTE

- Liberação/alvará junto ao órgão competente;
- Projetos de possíveis redes existentes (água, esgoto, gás, telefonia);
- Levantamento prévio de interferências e impedimentos de qualquer natureza perante órgãos públicos, prefeituras, etc. sob responsabilidade total da Contratante;
- Material tipo TUBO PEAD 160 a 800 mm PN 8 acima PE 100;
- Solda em termofusão topo a topo;

Rua Apucarana, 271, Sítio Cercado, Curitiba-PR, 81900-430  
 Tel.(41) 3349-2304 | contato@terrassis.com.br  
[www.terrassis.com.br](http://www.terrassis.com.br)

Continua



# TERRASSIS

## Saneamento e MND Ltda.

CNPJ 02.579.518/0001-57 - Insc. Estadual 90598018-10

À Eng.ª Bárbara Cristina Smidarte

Orçamento nº 043-03/2015

Ref.: Proposta para execução de serviços de perfuração por meio de microtúnel em Curitiba-PR.

### 1. SERVIÇOS – QUANTIDADES E VALORES

Item	Descrição	Preço por metro
1	Execução de microtúnel para implantação de tubulação concreto p/ cravação diâmetro 300 mm	R\$ 2.400,00
2	Execução de microtúnel para implantação de tubulação concreto p/ cravação diâmetro 400 mm	R\$ 3.200,00
3	Execução de microtúnel para implantação de tubulação concreto p/ cravação diâmetro 500 mm	R\$ 4.000,00
4	Execução de microtúnel para implantação de tubulação concreto p/ cravação diâmetro 600 mm	R\$ 4.800,00

Valor total apenas para referência e está sujeito à variação – a medição efetiva será aferida após conclusão.

Será cobrado o valor de R\$ 380,00 (trezentos e oitenta reais) a título de hora improdutiva, quando da falta de alvará, de entrega de material, de licenças e de outros itens que venham a caracterizar a mesma.

### 2. OBRIGAÇÕES DA TERRASSIS E OBRIGAÇÕES DA CONTRATANTE

#### 2.1. ESCOPO DA TERRASSIS

- Fornecimento do equipamento e acessórios para furo;
- Mão-de-obra especializada, funcionários registrados com EPI e EPC's.

#### 2.2. ESCOPO DA CONTRATANTE

- Liberação/alvará junto ao órgão competente;
- Projetos de possíveis redes existentes (água, esgoto, gás, telefonia);
- Levantamento prévio de interferências e impedimentos de qualquer natureza perante órgãos públicos, prefeituras, etc. sob responsabilidade total da Contratante;
- Material tipo TUBO DE CONCRETO PARA CRAVAÇÃO 300 a 600 mm;
- Vala de ataque e/ou equipe de apoio para obra civil / retro escavadeira (se necessário);
- Caminhão pipa e sucção.

### 3. PAGAMENTO

Faturamento em 15 (quinze) dias após medição.

### 4. PRAZO DE EXECUÇÃO

A combinar. Validade da proposta 30 (trinta) dias.

Curitiba, 25 de março de 2015.

Sem mais para o momento, colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Aceite do cliente em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_

André R. R. Contani  
Gerente Administrativo  
(41) 9247-5400 / acontani@terrassis.com.br

Nome: \_\_\_\_\_



# TERRASSIS

## Saneamento e MND Ltda.

CNPJ 02.579.518/0001-57 - Insc. Estadual 90598018-10

À Eng.ª Bárbara Cristina Smidlaré

Orçamento nº 041-03/2015

Ref.: Proposta para execução de serviços de perfuração pelo método não destrutivo (MND) em Curitiba-PR.

### 1. SERVIÇOS – QUANTIDADES E VALORES

Item	Descrição	Preço por metro
1	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 160 mm	R\$ 544,00
2	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 180 mm	R\$ 612,00
3	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 200 mm	R\$ 680,00
4	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 225 mm	R\$ 765,00
5	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 250 mm	R\$ 850,00
6	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 280 mm	R\$ 952,00
7	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 315 mm	R\$ 1.071,00
8	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 355 mm	R\$ 1.207,00
9	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 400 mm	R\$ 1.360,00
10	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 450 mm	R\$ 1.530,00
11	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 500 mm	R\$ 1.700,00
12	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 560 mm	R\$ 1.904,00
13	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 630 mm	R\$ 2.142,00
14	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 710 mm	R\$ 2.414,00
15	Execução de travessia subterrânea em MND para implantação de tubulação PEAD diâmetro 800 mm	R\$ 2.720,00

Valor total apenas para referência e está sujeito à variação – a medição efetiva será aferida após conclusão.

Será cobrado o valor de R\$ 380,00 (trezentos e oitenta reais) a título de hora improdutivo, quando da falta de alvará, de entrega de material, de licenças e de outros itens que venham a caracterizar a mesma.

### 2. OBRIGAÇÕES DA TERRASSIS E OBRIGAÇÕES DA CONTRATANTE

#### 2.1. ESCOPO DA TERRASSIS

- Fornecimento do equipamento HDD e acessórios para furo;
- Mão-de-obra especializada, funcionários registrados com EPI e EPC's.

#### 2.2. ESCOPO DA CONTRATANTE

- Liberação/alvará junto ao órgão competente;
- Projetos de possíveis redes existentes (água, esgoto, gás, telefonia);
- Levantamento prévio de interferências e impedimentos de qualquer natureza perante órgãos públicos, prefeituras, etc. sob responsabilidade total da Contratante;
- Material tipo TUBO PEAD 160 a 800 mm PN 8 acima PE 100;
- Solda em termofusão topo a topo;

Rua Apucarana, 271, Sítio Cercado, Curitiba-PR, 81900-430  
Tel. (41) 3349-2304 | contato@terrassis.com.br  
[www.terrassis.com.br](http://www.terrassis.com.br)

Continua



**TERRASSIS**  
**Saneamento e MND Ltda.**  
 CNPJ 02.579.518/0001-57 - Insc. Estadual 90598018-10

- Vala de ataque e/ou equipe de apoio para obra civil / retro escavadeira (se necessário);
- Caminhão pipa e sucção.

**3. PAGAMENTO**

Faturamento em 15 (quinze) dias após medição.

**4. PRAZO DE EXECUÇÃO**

A combinar. Validade da proposta 30 (trinta) dias.

Curitiba, 25 de março de 2015.

Sem mais para o momento, colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Aceite do cliente em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_

---

André R. R. Contani  
 Gerente Administrativo  
 (41) 9247-5400 / acontani@terrassis.com.br

Nome: