

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
UNIVERSITÄT STUTTGART
SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO PARANÁ

ERNANI JOSÉ RAMME

PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO PARA UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO

CURITIBA

2013

ERNANI JOSÉ RAMME

PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO PARA UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientadora: Prof. Dra. Karen Juliana do Amaral

CURITIBA

2013

R174 Ramme, Ernani José
Proposta de um modelo de gestão para um sistema de
esgotamento sanitário / Ernani José Ramme. – Curitiba, 2013
133 f.: il. (algumas color.); 29 cm.

Orientadora: Karen Juliana do Amaral
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Engenharia Química.

1. Águas residuais. 2. Esgotos I. Título

CDD – 628.2

A Simone, minha esposa, pelo total apoio, compreensão e amor.

A minha filha Fernanda, que é a razão de nossas vidas.

E aos meus pais Neusa e Ernesto (in memoriam) por todo exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof. Dra. Karen do Amaral pelo apoio, auxílio e dedicação.

Às instituições UFPR, SENAI-PR e UNIVERSITÄT STUTTGART pelo interesse no desenvolvimento de trabalhos para proteção ao meio ambiente.

À SANEPAR pela disponibilidade das informações, e em especial aos gerentes da Unidade de Serviço de Esgoto (USEG) e da Gerência Geral Metropolitana de Curitiba e Litoral (GGML) pelo apoio.

RESUMO

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Região Metropolitana de Curitiba é drenado para o rio Iguaçu, através de seis grandes bacias. A rede coletora de esgoto é do tipo separador absoluto e teve sua implantação iniciada em meados de 1910. Ao longo do tempo o indicador do índice de atendimento com rede coletora de esgoto vem se elevando, principalmente nos últimos 10 anos. Com isso, a gestão da operação e manutenção do sistema se tornam cada vez mais complexas, sendo comuns problemas relacionados a extravasamento da tubulação, refluxos nos imóveis em dias de chuva, obstrução da tubulação e falta de capacidade das tubulações, entre outros. Portanto, o objetivo principal dessa dissertação é propor um modelo de gestão para um SES e com objetivos específicos a divisão dos componentes do sistema, o desenvolvimento de uma análise por módulo para definição de bacias de esgotamento críticas dentro da bacia de contribuição da estação de tratamento e a aplicação para validação de um módulo do modelo de gestão no sistema de esgotamento da cidade de Curitiba-PR. Inicialmente foram identificadas as características do sistema em estudo, em seguida elaborou-se o modelo de gestão, posteriormente para validar o modelo de gestão coletou-se e trataram-se os dados de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) da Capital do Paraná e aplicou-se parte do modelo. Com a caracterização do SES da Região Metropolitana de Curitiba apontou-se a necessidade de divisão dos componentes do sistema em três módulos, sendo um para o sistema de tratamento e dois para o sistema coletor de esgoto. Em seguida, a análise por módulos inicia no sistema de tratamento, Módulo 01, onde são determinadas as estações de tratamento de esgoto prioritárias, em função da criticidade. Com as ETEs definidas, no Módulo 02 realiza-se a análise dos coletores, através das comparações das vazões teóricas e medidas no macro sistema para a definição das bacias de esgotamento críticas na ETE. No Módulo 03 apresenta-se a forma de análise e tomada de ações para as redes coletoras de esgoto e ligações prediais. Para uma ETE do município de Curitiba foi realizada uma análise a partir da aplicação do Módulo 02 da metodologia. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que com a implantação de um modelo de gestão em um sistema de esgotamento sanitário é possível que as operadoras do sistema de esgotamento melhorem o gerenciamento e definição de áreas críticas para a atuação. Assim, os problemas operacionais apontados nas análises e inspeções dos componentes do sistema pelo modelo podem ser sanados, obedecendo-se uma ordem de prioridade e com isso espera-se também uma melhora na qualidade dos serviços.

Palavra-chave: Esgoto, Manutenção, Operação, Gestão.

ABSTRACT

The sewage system of the Metropolitan Region of Curitiba is drained into the river Iguazu, through six large basins. The sewage collecting system is the separator type and had his deployment began in mid-1910. Over time the indicator index service with sewage collecting system has been increasing, especially in the last 10 years, therefore, the management of the operation and maintenance of the system becomes increasingly complex, with common problems related to extravasation pipe, backflow in the houses on the rainy days, blockage pipes and lack of capacity of pipes among others. Therefore, the main objective of this dissertation is to propose a management model for Sewage System and specific objectives the division of the system components, the development of an analysis module for definition of critical basins within the basin contribution sewage treatment plant and the application for validation of a model management module in the sewage system of the city of Curitiba, Capital of Paraná State. Initially the characteristics of the system were studied, then a management model was constructed. To validate the management model data from a sewage treatment plant of the Capital of Paraná State was collected and treated for an application in part of the model. The characterization of the sewage system of the Metropolitan Region of Curitiba showed a need for division of the system components in 03 Modules, one for the sewage treatment plant and two for the sewage collecting system. Then the analysis module initiates the sewage treatment plant, Module 01, which are determined sewage treatment plants priority, depending on the critical points. With the sewage treatment plants defined, Module 02 performs the analysis of the collectors, through the comparison of theoretical and flow measures in macro system. The goal of this module is to define the critical basins within the basin contribution sewage treatment plants. Module 03 shows the form of analysis and taking actions for sewage systems and building connections. An analysis from the application of the methodology Module 02 was applied for the sewage treatment plants in the city of Curitiba. . From the results obtained, it is concluded that with the implementation of a management model in a sewer system it is possible for the operators of the sewage system improve the management and definition of critical areas for action. Thus, the operational problems detected by the model can be olved by the analysis and inspection of the system components, obeying an order of priority and it is expected also an improved services quality.

Keyword: Sewage, Maintenance, Operation, Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO COMBINADO OU SISTEMA UNITÁRIO.....	23
FIGURA 2 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SEPARADOR PARCIAL.	23
FIGURA 3 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SEPARADOR ABSOLUTO.	24
FIGURA 4 - ESQUEMA DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM OS SEUS COMPONENTES.	26
FIGURA 5 - HIDROGRAMA TÍPICO DA VAZÃO DE ESGOTO EM UMA ETE.....	28
FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DOS COLETORES EM RELAÇÃO AO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	32
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS INFLUÊNCIAS DAS VAZÕES PARASITÁRIAS EM UMA ETE.....	34
FIGURA 8 - ENGRENAGENS DEMONSTRANDO OS TRÊS ITENS DE GESTÃO EM SINCRONIA.....	35
FIGURA 9 - INSTALAÇÃO DE UM MEDIDOR DE VELOCIDADE E PROFUNDIDADE EM UM POÇO DE VISITA.....	38
FIGURA 10 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO DOS LOCAIS E/OU DOS DADOS DO MONITORAMENTO POR MEIO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS.....	40
FIGURA 11 - ENTRADAS, CONTROLES E SAÍDAS DO GERENCIAMENTO DE ESGOTO.....	42
FIGURA 12 - OS QUATRO SUB-PROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE ESGOTO.....	43
FIGURA 13 - DECOMPOSIÇÃO DO PROCESSO “TÁTICA ESTRATÉGICA E PLANEJAMENTO FINANCEIRO.	44
FIGURA 14 - O CICLO PDCA.....	45
FIGURA 15 - GRÁFICO DE PARETO COM A CURVA ABC.....	47
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA BÁSICO COM OS 6 M’S.....	48
FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA.....	49
FIGURA 18 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E DA ETE BELÉM NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	52
FIGURA 19 - FOTO DO MEDIDOR DE VAZÃO DA HACH MODELO SIGMA 910.	53

FIGURA 20 - ESQUEMA DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE VAZÃO INSTALADO NA REDE COLETORA DE ESGOTO.....	54
FIGURA 21 - ORGANOGRAMA DAS GERÊNCIAS DO SES DA RMC.....	57
FIGURA 22 - DIVISÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES) POR MÓDULOS.....	58
FIGURA 23 – APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO NO SES.....	59
FIGURA 24 - CRITÉRIO DE ANÁLISE E ATUAÇÃO NOS MÓDULOS.....	60
FIGURA 25 - CICLO PDCA PARA DEFINIÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	61
FIGURA 26 - FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS DO MÓDULO 02.....	64
FIGURA 27 - FLUXOGRAMA PARA DESENVOLVIMENTO DO MAPA DOS COLETORES E INTERCEPTORES.....	64
FIGURA 28 - ILUSTRAÇÃO DA DIVISÃO DOS COLETORES-TRONCO E INTERCEPTORES (DESTACADOS EM VERMELHO) DE UM SES...	66
FIGURA 29 - FLUXOGRAMA PARA DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE.....	67
FIGURA 30 - DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM PONTO DE MEDIÇÃO OU PONTO DE CONTROLE.....	67
FIGURA 31 - EXEMPLO DE DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE EM UM SES.....	69
FIGURA 32 - FLUXOGRAMA PARA DEFINIR AS VAZÕES TEÓRICAS DOS PONTOS DE CONTROLE.....	70
FIGURA 33 - FLUXOGRAMA PARA ELABORAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA.....	74
FIGURA 34 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DA MEDIÇÃO DE VAZÃO NOS PONTOS DE CONTROLE.....	76
FIGURA 35 - FOTO DA DESCIDA DO OPERADOR PARA A INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO.....	77
FIGURA 36 - FLUXOGRAMA PARA OBTER A COMPARAÇÃO DAS VAZÕES TEÓRICAS COM AS MEDIDAS EM CAMPO.....	80
FIGURA 37 - FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO DA VISTORIA TÉCNICA DOS COMPONENTES DO MÓDULO 02.....	84
FIGURA 38 - FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS NO MÓDULO 03.....	85
FIGURA 39 - EXEMPLO DE SOBREPOSIÇÃO DE INFORMAÇÕES.....	87

FIGURA 40 - FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES NECESSÁRIAS PARA A VISTORIA NAS REDES COLETORAS SECUNDÁRIAS.....	89
FIGURA 41 - ILUSTRAÇÃO DAS LIGAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO E DE ÁGUA DA CHUVA CORRETAMENTE.....	91
FIGURA 42 - FLUXOGRAMA PARA VISTORIA DAS LIGAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO.....	91
FIGURA 43 - FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES DE MONITORAMENTO DOS RIOS E CÓRREGOS.....	92
FIGURA 44 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (COR VERMELHA), DAS ELEVATÓRIAS (COR AZUL), E DAS REDES COLETORAS (COR VERDE) DA CIDADE DE CURITIBA E DA REGIÃO METROPOLITANA.	96
FIGURA 45 - MAPA DE CURITIBA COM A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETE BELÉM (POLÍGONO DELIMITADO NA COR VERMELHA), JUNTAMENTE COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (COR VERMELHA), DAS ELEVATÓRIAS (COR AZUL), E DAS REDES COLETORAS (COR VERDE).....	97
FIGURA 46 - MAPA DOS COLETORES E INTERCEPTORES COM DIÂMETROS ENTRE 300 A 2.200 M DA ETE BELÉM.....	99
FIGURA 47 - MAPA DAS INCONSISTÊNCIAS APONTADAS NOS COLETORES E INTERCEPTORES DA ETE BELÉM.....	100
FIGURA 48 - DIVISÃO DOS PONTOS DE CONTROLE DA ETE BELÉM.....	101
FIGURA 49 - FLUXOGRAMA DAS VAZÕES E DOS PONTOS DE CONTROLE DA ETE BELÉM.	102
FIGURA 50 - MAPA DAS LIGAÇÕES DE ESGOTO ESPACIALIZADAS DENTRO DAS QUADRAS.	103
FIGURA 51 - MAPA DAS REDES, COLETORES E INTERCEPTOR DO PT06 DA ETE BELÉM.	105
FIGURA 52 - PERÍODO DA CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE CADA PONTO DE CONTROLE.	108
FIGURA 53 - FOTOS DE REFERÊNCIA EXTERNA E PROCEDIMENTO DE DESCIDA PARA INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO NO PONTO DE CONTROLE "P02".	109

FIGURA 54 - IDENTIFICAÇÃO DAS COLETAS DE DADOS DOS MEDIDORES DE VAZÃO NOS PONTOS DE CONTROLE.	109
FIGURA 55 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA.	110
FIGURA 56 - FOTO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA.	110
FIGURA 57 - GRÁFICO DO RESUMO DE PRECIPITAÇÕES OCORRIDAS NO PERÍODO DA CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO.	111
FIGURA 58 - GRÁFICO DE AVALIAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE P1, P2 E P3 REFERENTE ÀS CONDIÇÕES HIDRÁULICAS.	113
FIGURA 59 - GRÁFICO DE AVALIAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE P4, P5, P6, P7, P8 E P9 REFERENTE ÀS CONDIÇÕES HIDRÁULICAS.	114
FIGURA 60 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P1.	115
FIGURA 61 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P2.	116
FIGURA 62 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P3.	116
FIGURA 63 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P4.	116
FIGURA 64 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P5.	117
FIGURA 65 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P6.	117
FIGURA 66 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P7.	118
FIGURA 67 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P8.	118

FIGURA 68 - PERFIL DIÁRIO DA VAZÃO DE ESGOTO EM PERÍODOS SECOS (GRÁFICO A) E EM UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO NO DIA 25/04/12 (GRÁFICO B) NO PONTO P9.....	118
FIGURA 69 - GRÁFICO DE PARETO COM A CURVA ABC DA COMPARAÇÃO TIPO A.	120
FIGURA 70 - GRÁFICO DE PARETO COM A CURVA ABC DA COMPARAÇÃO TIPO B.	121
FIGURA 71 - GRÁFICO DE PARETO COM A CURVA ABC DA DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE.	122
FIGURA 72 - MAPA DOS COLETORES E INTERCEPTORES INSPECIONADOS.....	123
FIGURA 73 – GRÁFICO DA LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES DO MÓDULO 02.	124
FIGURA 74 - GRÁFICO DA QUANTIDADE DE POÇOS DE VISITA EM ÁREA DE INUNDAÇÃO.....	124
FIGURA 75 - GRÁFICO DA SITUAÇÃO DE AFOGAMENTO DO POÇO DE VISITA.....	125
FIGURA 76 - GRÁFICO DA SITUAÇÃO DOS POÇOS DE VISITA QUANTO À LIMPEZA.....	125
FIGURA 77 - GRÁFICO DA SITUAÇÃO DAS INFILTRAÇÕES NOS POÇOS DE VISITA.....	126
FIGURA 78 - LANÇAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM NO SISTEMA COLETOR DE ESGOTO.....	126
FIGURA 79 - CROQUI DE ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DO COLETOR.	127
FIGURA 80 - SISTEMA COLETOR DE ESGOTO DANIFICADO LANÇANDO NA GALERIA PLUVIAL.....	128

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA PARA CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO DE PARETO.	46
TABELA 2 - DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO MÍNIMO INICIAL PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DOS COLETORES E INTERCEPTORES.	65
TABELA 3 – VALOR DA ÁREA DO PONTO DE CONTROLE DE ACORDO COM A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA ETE.....	68
TABELA 4 - RESUMO DA EXTENSÃO DE REDE DA ETE B.	98
TABELA 5 - QUANTIDADE DE ECONOMIAS E CONSUMO DE ÁGUA POR PONTO DE CONTROLE.	104
TABELA 6 - RESUMO DA EXTENSÃO DAS TUBULAÇÕES POR TIPO DE MATERIAL DOS PONTOS DE CONTROLE DA ETE BELÉM.....	105
TABELA 7 - PLANILHA COM OS RESULTADOS DAS VAZÕES: INFILTRAÇÃO, SANITÁRIA E TOTAL POR PONTO DE CONTROLE.	107
TABELA 8 - VAZÕES TOTAIS DOS PONTOS DE CONTROLE.	107
TABELA 9 - RESUMO GERAL DA CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.....	112
TABELA 10 - RESUMO DA AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS DOS PONTOS DE CONTROLE.	112
TABELA 11 - RESUMO DA PRIORIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE NA COMPARAÇÃO TIPO "A".	119
TABELA 12 - RESUMO DA PRIORIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE NA COMPARAÇÃO TIPO "B".	120
TABELA 13 - CÁLCULO DA DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE UTILIZANDO AS COMPARAÇÕES TIPO "A" E "B".	121

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EXEMPLOS DE TAXAS DE INFILTRAÇÃO NOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	30
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS DIAS DE CAMPANHA DE MEDIÇÃO CONFORME OS EVENTOS DE CHUVA.....	81

LISTA DE SIGLAS

COMEC	- Coordenação da Região metropolitana de Curitiba
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
GIS	- Geographic Information System
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	- Norma Brasileira
PEAD	- Polietileno de Alta Densidade
PV	- Poço de Visita
PVC	- Cloreto de Polivinila
RMC	- Região Metropolitana de Curitiba
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SES	- Sistema de Esgotamento Sanitário
SIS	- Sistema de Informações da Sanepar
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	- Sistema Normativo da Sanepar
USEG	- Unidade de Serviços de Esgoto
WRC	- Water Research Centre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVO GERAL.....	20
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ESGOTOS	21
2.2	TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS	22
2.3	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ...	25
2.4	VAZÕES DE ESGOTO SANITÁRIO (QES).....	27
2.4.1	<i>Vazão de esgoto doméstico ou Vazão sanitária (Qs).....</i>	<i>28</i>
2.4.2	<i>Vazão Industrial (Qind).....</i>	<i>29</i>
2.4.3	<i>Vazão de infiltração (Qinf)</i>	<i>29</i>
2.5	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	31
2.6	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	31
2.7	QUANTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÃO SUBTERRÂNEA E INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL NO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO URBANO.....	31
2.8	PROBLEMAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	35
2.8.1	<i>Sistema coletor de esgoto</i>	<i>36</i>
2.8.2	<i>Sistema de tratamento de esgoto.....</i>	<i>36</i>
2.9	PESQUISA DE VAZÃO EM PERÍODOS CURTOS NO SISTEMA COLETOR DE ESGOTO.....	37
2.9.1	<i>Monitor da Velocidade e da Profundidade.....</i>	<i>37</i>
2.9.2	<i>Duração da Pesquisa</i>	<i>38</i>
2.9.3	<i>Planejamento pré-pesquisa</i>	<i>39</i>
2.10	GESTÃO.....	41
2.10.1	<i>Engenharia de Sistemas para gerenciamento do sistema de esgotamento sanitário</i>	<i>41</i>
2.10.2	<i>O ciclo PDCA.....</i>	<i>45</i>
2.10.3	<i>Gráfico de Pareto</i>	<i>46</i>
2.10.4	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	<i>48</i>

3	METODOLOGIA	49
3.1	IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ESTUDO	50
3.2	ELABORAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO	50
3.3	COLETA DE DADOS PARA O EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO	51
3.4	APLICAÇÃO DE PARTE DO MODELO DE GESTÃO DESENVOLVIDO ..	55
4	RESULTADOS	56
4.1	IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ESTUDO	56
4.2	METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 01	60
4.2.1	<i>Planejar</i>	<i>61</i>
4.2.2	<i>Analisar.....</i>	<i>62</i>
4.2.3	<i>Checar.....</i>	<i>63</i>
4.2.4	<i>Ação</i>	<i>63</i>
4.3	METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 02.....	63
4.3.1	<i>Elaboração do mapa dos coletores e Interceptores</i>	<i>64</i>
4.3.2	<i>Definição dos Pontos de Controle</i>	<i>67</i>
4.3.3	<i>Definir as vazões teóricas dos pontos de controle</i>	<i>70</i>
4.3.4	<i>Modelagem Matemática</i>	<i>74</i>
4.3.5	<i>Medição de vazão nos pontos de controle</i>	<i>76</i>
4.3.6	<i>Definição dos pontos de controle para tomada de ações nos Módulos 02 e 03</i>	<i>80</i>
4.3.7	<i>Inspecionar os Componentes do Módulo 02</i>	<i>83</i>
4.4	METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 03.....	85
4.4.1	<i>Coleta dos Dados.....</i>	<i>85</i>
4.4.2	<i>Diagnóstico das áreas críticas através de mapas temáticos</i>	<i>86</i>
4.4.3	<i>Avaliação de campo nos componentes do Módulo 03 dentro das áreas críticas</i>	<i>88</i>
4.4.4	<i>Gestão da Manutenção e de Melhorias Operacionais.....</i>	<i>94</i>
5	EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE UM MÓDULO DO MODELO DE GESTÃO EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.	96
5.1	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 02 ...	97
5.1.1	<i>Mapa dos coletores e Interceptores</i>	<i>97</i>
5.1.2	<i>Definição dos Pontos de Controle</i>	<i>100</i>

5.1.3	<i>Definição das vazões teóricas dos pontos de controle</i>	103
5.1.4	<i>Modelagem Matemática</i>	108
5.1.5	<i>Medição de vazão nos pontos de controle</i>	108
5.1.6	<i>Definição dos pontos de controle para tomada de ações nos Módulos 02 e 03</i>	115
5.1.7	<i>Inspecionar os Componentes do Módulo 02</i>	122
	CONCLUSÕES	129
	REFERÊNCIAS	131

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Região Metropolitana de Curitiba¹ (RMC) é drenado para o rio Iguaçu, através de seis grandes bacias, assim identificadas: Atuba, Belém, Barigui, Padilha, Passaúna e Iguaçu Sul.

O sistema atual conta com vinte e seis estações de tratamento de esgoto, com uma capacidade de tratamento de 4.058,5 L.s⁻¹, setenta estações elevatórias de esgoto, 9.031.062 metros de rede coletora de esgoto, com diâmetros variando de 150 a 2200mm, e 725.575 imóveis residenciais com ligação de esgoto disponível (SANEPAR USEG, 2013).

A rede coletora de esgoto é do tipo separador absoluto e teve sua implantação iniciada em meados de 1910. O sistema coletor tem cerca de 77% da rede coletora de esgoto sanitário conduzida por gravidade até as estações de tratamento de esgoto, sendo a restante direcionada para estações elevatórias para posterior destino ao tratamento.

O indicador do índice de atendimento com rede coletora de esgoto da RMC vem se elevando a cada ano. Segundo a SNIS (2010) no ano de 2006 o indicador era de 64% e no ano de 2010 o indicador foi de 72,7%. A gestão da operação e manutenção do sistema se torna cada vez mais complexa; são comuns problemas relacionados a extravasamento da tubulação, refluxos nos imóveis em dias de chuva, obstrução da tubulação e falta de capacidade das tubulações entre outros.

Porém devido a correções na metodologia de cálculo do indicador pela SANEPAR, segundo a SANEPAR SIS (2013) os dados atuais do indicador do índice de atendimento com rede coletora de esgoto na Região Metropolitana de Curitiba é de 70,21%, sendo que no Município de Curitiba o índice é de 93%. O indicador do índice de atendimento utilizado pela SANEPAR considera os domicílios atendidos pela passagem da rede coletora, independente se o domicílio está ligado à rede ou não (SANEPAR SNS, 2013).

O modelo de gestão aplicado à rede coletora de esgoto pode contribuir para uma melhora na operacionalização e manutenção do sistema. Consequentemente, a implementação do mesmo pode gerar uma redução de problemas juntamente aos

¹ RMC – “Constituída por 29 municípios, a RMC é a oitava região metropolitana mais populosa do Brasil, com 3.223.836 habitantes, e concentra 30.86% da população do Estado. Também é a segunda maior região metropolitana do país em extensão, com 16.581,21km².” (COMEC, 2013).

usuários do sistema e indiretamente proporcionar uma melhoria da qualidade das águas dos rios urbanos.

Conforme a SANEPAR USEG (2013), nas bacias mais adensadas e com unidades antigas, em especial na bacia do rio Belém, bem como nas bacias dos rios Barigüi e Atuba, ainda ocorrem problemas de ligações clandestinas das redes de drenagem de águas pluviais à rede de coleta de esgotos, que em muito dificultam a operação das Estações de Tratamento que recebem esses esgotos. Também há ocorrência da situação oposta, a ligação de esgotos à rede de águas pluviais, que leva à poluição dos corpos d'água.

Em avaliações realizadas em alguns trechos do Rio Bacacheri, do Rio Uvú e do Rio Belém, foi observado que as maiores cargas poluidoras pontuais são ocasionadas pela falta de operacionalização do sistema coletor de esgoto, o qual despeja o esgoto "in-natura" no corpo d'água e em menor escala o lançamento irregular das ligações dos usuários, consideradas cargas poluidoras difusas.

Felizmente, conforme demonstrado pelos índices de atendimento, a cada ano ocorre a elevação do índice de atendimento com rede coletora de esgoto na Região Metropolitana de Curitiba. Porém, a operacionalização do sistema coletor de esgoto, que possui um elevado grau de complexidade, fica em segundo plano, o que ocasiona problemas aos usuários e ao meio ambiente, como por exemplo refluxos de esgoto nos imóveis e lançamento de esgoto nos rios e córregos.

Diante disto, o desenvolvimento de modelos de gestão do sistema coletor de esgoto, com parâmetros e indicadores, que possibilitem aferir os problemas de operacionalização nas redes podem auxiliar na tomada de decisão rápida e eficaz, permitindo o direcionamento das ações para as situações de maior criticidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo de gestão para um sistema de esgotamento sanitário.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a. Propor uma divisão dos componentes do sistema de esgotamento sanitário em módulos para gestão;
- b. Desenvolver um modelo de gestão para definição de bacias críticas dentro da área de contribuição de uma estação de tratamento, aplicado a cada módulo proposto do sistema de esgotamento sanitário;
- c. Aplicar o modelo de gestão do sistema coletor de esgoto desenvolvido em um dos módulos propostos em um sistema de esgotamento da cidade de Curitiba, para avaliar a aplicabilidade prática do modelo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ESGOTOS

Segundo Dacach² (1984 citado por PEREIRA e SOARES, 2006), um dos primeiros sistemas de esgotamento sanitário construído, denominado de Cloaca Máxima foi em Roma no século VI a.C. Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), o sistema recebia parcialmente os esgotos domésticos nas adjacências do fórum Romano e drenava superficialmente uma área maior, melhorando desta forma o controle da malária.

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), a situação de disposição das excretas das populações foi dificultando cada vez mais com o crescimento populacional das comunidades, em especial na Inglaterra e no continente europeu. Com isso, foram desenvolvidas as privadas que tinham a função de armazenamento acumulado das excretas, porém, essa alternativa gerava muitos problemas como, odores indesejáveis e a forma da disposição das excretas acumulados nas privadas.

Segundo Metcalf e Eddy³ (1985 citado por PEREIRA e SOARES, 2006), com a falta de disposição das excretas, os mesmos eram lançados diretamente nas ruas, onde a limpeza se fazia com a próxima chuva ou com a lavagem das ruas, conduzidos para as drenagens pluviais até o descarregamento em um curso de água próximo.

Segundo Metcalf e Eddy⁴ (1977 citado por NUVOLARI, 2011), somente no século XIX e início do século XX que as autoridades começaram a dar uma maior ênfase na coleta e no afastamento dos esgotos domésticos, devido principalmente aos problemas de disposição dos esgotos e nas ocorrências de epidemias.

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), em 1842, o incêndio que destruiu parte da cidade de Hamburgo, na Alemanha, proporcionou um significativo avanço em projeto e construção de sistemas de esgotos, sendo utilizadas as mais modernas

² DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de esgoto**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. 257 p.

³ METCALF; EDDY. **Ingeniería Sanitaria: redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales**. Barcelona: E. Labor, 1985. 446p.

⁴ METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamiento y Depuración de las Águas Residuales**. Tradução de Wasterwater Engineering: Collection, Treatment and Disposal, Barcelona, Espanha: Labor, 1977. 837p.

teorias da época. Os primeiros sistemas de esgotamentos sanitários foram os que recebiam contribuição de águas pluviais, domésticas e industriais, chamados de sistema unitário de esgotamento.

Posteriormente, o engenheiro George Waring, em 1879, devido ao alto custo de implantação do sistema unitário desenvolveu o sistema separador absoluto, que consiste no transporte e destinação das águas residuárias separadamente da destinação e transporte das águas pluviais (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Segundo Nuvolari (2011), com a implantação do sistema separador absoluto, com menores custos e obras de menor porte, foi possível avançar na solução do problema de falta de saneamento nas cidades.

Porém, o sistema separador absoluto, devido à má utilização por seus usuários, apresenta vários problemas, tais como: obstrução e transbordamento da tubulação e conexões devido a lançamento de sujeiras no sistema, extravasamento e refluxo nas tubulações e ligações devido a lançamento de água de chuva e/ou drenagem no sistema entre outros problemas.

2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS

De acordo com PEREIRA e SOARES (2006), TSUTIYA e SOBRINHO (2011) e NUVOLARI (2011) existem três tipos de sistemas de esgotamento sanitário:

- a) Sistema de esgotamento sanitário unitário ou sistema de esgotamento combinado - consiste no transporte e disposição conjunta das águas residuárias (domésticas e industriais), águas pluviais e águas de infiltração (águas subterrâneas que entram no sistema pelas tubulações e acessórios) (PEREIRA; SOARES, 2006). Na Figura 1 é ilustrado o sistema unitário.

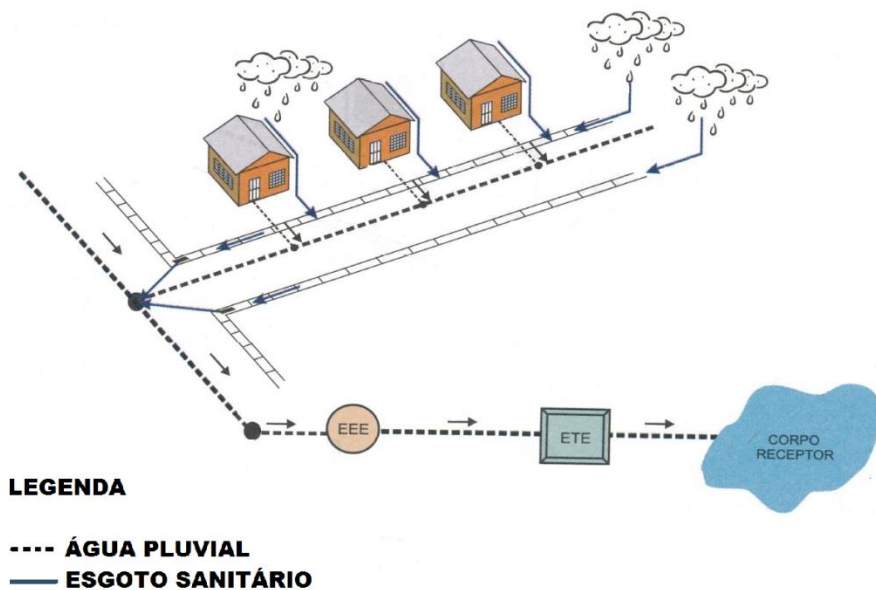


Figura 1 - Sistema de Esgotamento Combinado ou Sistema Unitário.
 FONTE: PEREIRA e SOARES (2006)

- b) Sistema de esgotamento separador parcial - sistema similar ao do item “a” porém são considerados, nas águas pluviais, somente uma parcela das águas de chuvas dos telhados e dos pátios das edificações; as demais águas de drenagem são destinadas para sistema de drenagem urbana e subsequente lançadas para os rios ou córregos (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011). Na Figura 2 é ilustrado o sistema de esgotamento separador parcial.

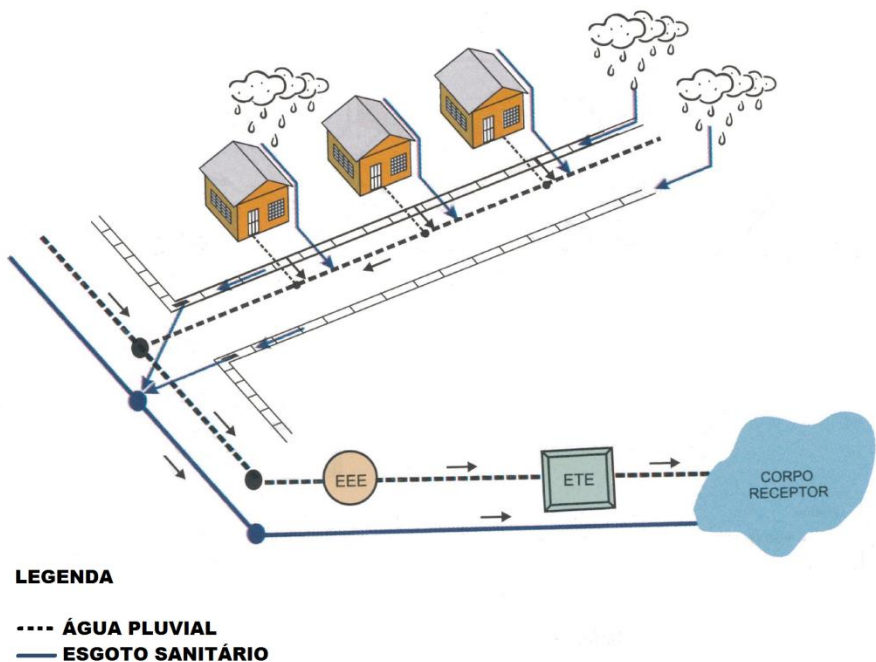


Figura 2 - Sistema de esgotamento separador parcial.
 FONTE: PEREIRA e SOARES (2006)

- c) Sistema de esgotamento separador absoluto - são consideradas somente as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (águas subterrâneas que entram no sistema pelas tubulações e acessórios). As águas pluviais são coletadas e transportadas para um sistema independente, denominado de sistema de drenagem (NUVOLARI, 2011). Na Figura 3 é ilustrado o sistema de esgotamento separador absoluto.

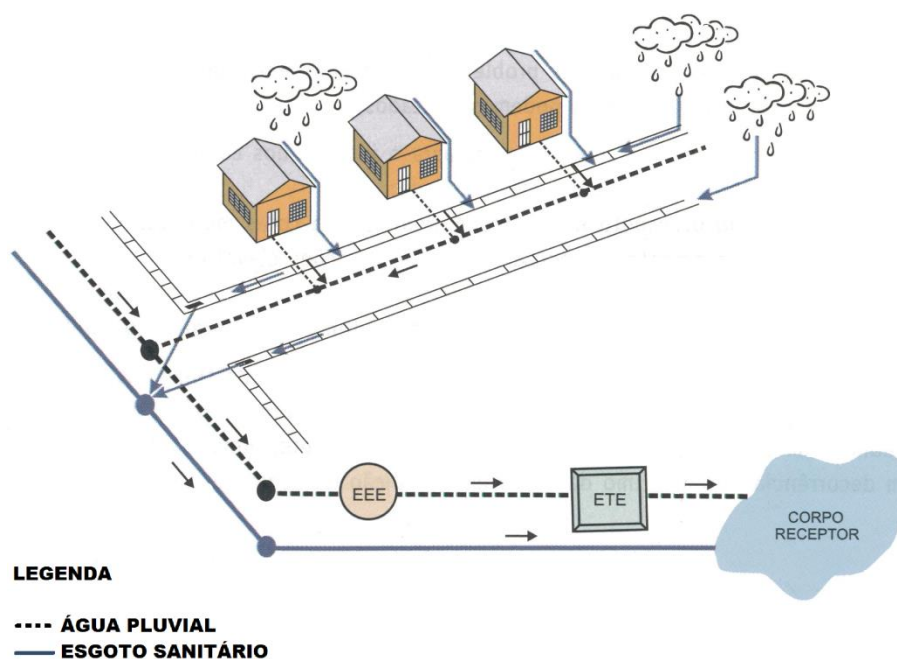


Figura 3 - Sistema de esgotamento separador absoluto.
 FONTE: PEREIRA e SOARES (2006)

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), no Brasil, a maioria das cidades utiliza o sistema separador absoluto, uma vez que o custo de implantação, operação e manutenção é relativamente mais baixo se comparado com os outros sistemas.

Apesar de o sistema separador absoluto apresentar uma melhor relação custo – benefício em relação aos demais sistemas, o mesmo tem um principal problema que é o incremento das águas pluviais, sejam elas pelas ligações prediais dos imóveis ou por problemas operacionais no sistema, onde acabam causando problemas na coleta, transporte e tratamento do esgoto (PEREIRA; SOARES, 2006).

2.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é concebido por vários componentes, sendo denominados a seguir e apresentados na Figura 4:

- Ligação predial: dispositivo que interliga o ramal interno de esgoto do imóvel até a rede coletora, estando situado na frente do imóvel próximo ao alinhamento predial do terreno (PARANÁ, 1988). Uma ligação de esgoto poderá ter várias economias⁵.
- Rede coletora: conjunto de tubulações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos imóveis; os componentes da rede coletora são: os coletores secundários, que recebem as ligações prediais, e os coletores troncos, ou coletores principais, recebem os coletores secundários e encaminham os efluentes até um interceptor ou emissário (NUVOLARI, 2011).
- Interceptor: tubulação que recebe os coletores principais ao longo de seu comprimento. O mesmo não recebe ligações prediais diretas (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).
- Emissário: tubulação responsável pela condução dos esgotos tratado ou bruto e que não recebe nenhuma contribuição ao longo da sua extensão até o destino adequado (NUVOLARI, 2011).
- Sifão invertido: sistema pressurizado utilizado para a transposição de obstáculos na tubulação de esgoto (NUVOLARI, 2011).
- Estação elevatória: unidade operacional utilizada para a transferência dos esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).
- Linha de recalque: Tubulação destinada a transportar o esgoto, de forma pressurizada, de uma estação elevatória até outro ponto.
- Corpo receptor: corpo de água onde é lançado os esgotos tratados (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

⁵ Economia: *“Todo prédio ou subdivisão de um prédio, com ocupação independente das demais, identificável e/ou comprovável em função da finalidade de sua ocupação legal, dotado de instalação privada ou comum para uso dos serviços de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário, cadastrado para efeito da cobrança.” (PARANÁ, 1988).*

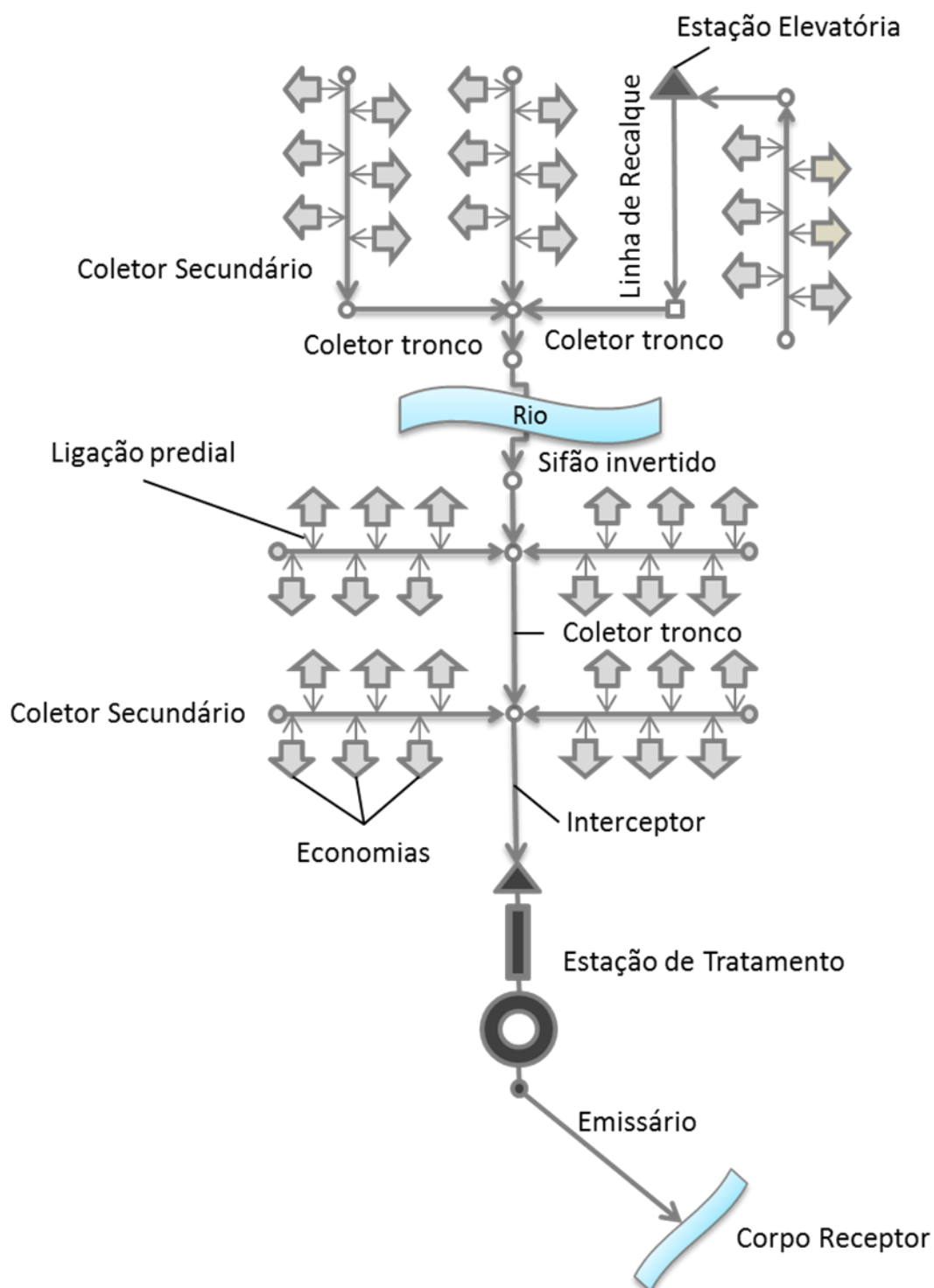


Figura 4 - Esquema de um sistema de esgotamento sanitário com os seus componentes.

- Estação de tratamento: unidade operacional, destinada ao tratamento e depuração da carga orgânica dos efluentes antes do seu lançamento no corpo receptor (NUVOLARI, 2011).

2.4 VAZÕES DE ESGOTO SANITÁRIO (Q_{ES})

O cálculo da vazão de esgoto sanitário para um sistema de esgotamento sanitário deve considerar as seguintes contribuições: esgoto doméstico, esgoto industrial e água de infiltração (AZEVEDO NETTO, 1998).

$$Q_{es} = Q_s + Q_{ind} + Q_{inf} \quad (1)$$

Onde:

Q_{es} = Vazão de esgoto sanitário ($L.s^{-1}$);

Q_s = Vazão sanitária ou de contribuição de esgoto doméstico ($L.s^{-1}$);

Q_{ind} = Vazão industrial ($L.s^{-1}$);

Q_{inf} = Vazão de infiltração ($L.s^{-1}$).

A vazão de esgoto geralmente é expressa pela letra “Q” e com sua grandeza expressa em litros (L,l) ou em metros cúbicos (m^3) por unidade de tempo, segundo (s), minuto (min), hora (h) ou dia (d) (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Segundo Jordão e Pessôa (2011) a variação da vazão de esgoto é afetada principalmente pelos seguintes aspectos: tipo de esgoto coletado (doméstico ou misto), sistema de coleta (unitário ou separador), condições climáticas (temperaturas e condições do ano), regime de escoamento (por gravidade ou sob pressão), tipo e material das canalizações, qualidade de execução das obras, quantidade de poços de visitas, concepção e quantidade de elevatórias, concepção e quantidade de extravasores e qualidade dos serviços de conservação, manutenção e reparos da rede coletora.

Jordão e Pessôa (2011) citam ainda a influência do lençol freático como outro fator importante a ser considerado na variação da vazão de esgoto.

Segundo Metcalf e Eddy (2003) a variação da vazão de esgoto observado em uma estação de tratamento de esgoto tem um hidrograma diário típico, conforme mostra a Figura 5. De modo geral, a vazão mínima ocorre no período de madrugada, onde o consumo de água é menor, perfazendo-se em uma vazão de esgoto com base principalmente na vazão de infiltração e uma pequena quantidade da vazão de esgoto doméstico.

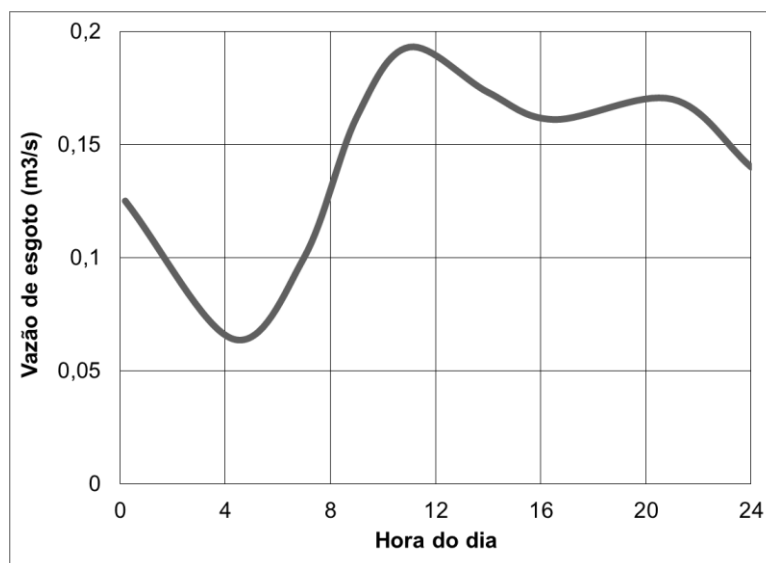


Figura 5 - Hidrograma típico da vazão de esgoto em uma ETE.
 FONTE: Adaptado de METCALF e EDDY (2003)

Logo, os dois picos de vazão apresentados na Figura 5 são quando o consumo de água é mais elevado e ocasionando um maior volume de esgoto doméstico na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

2.4.1 Vazão de esgoto doméstico ou Vazão sanitária (\overline{Q}_s)

O cálculo das contribuições médias de esgoto doméstico é considerado para início e fim do alcance do plano, tendo a seguinte expressão para ambas as situações (AZEVEDO NETTO, 1998):

$$\overline{Q}_s = \frac{C.P.q}{86400} \quad (2)$$

Onde:

\overline{Q}_s = Vazão sanitária ou contribuição de esgoto doméstico ($L.s^{-1}$);

C = Coeficiente de retorno;

P = População (hab);

q = Consumo efetivo per capita ($L.hab^{-1}.dia^{-1}$).

Azevedo Netto (1998) lembra que a taxa per capita q é referente ao consumo efetivo, porém não inclui as perdas ocasionadas no sistema de abastecimento de água. Portanto, é conveniente realizar um ajuste do consumo efetivo considerando as perdas, como é utilizado na Sabesp para os projetos de redes coletoras em São Paulo.

2.4.2 Vazão Industrial (Q_{ind})

Segundo Azevedo Netto (1998), no consumo efetivo per capita já estão consideradas as indústrias de pequeno porte. Caso haja contribuições industriais maiores deverão ser consideradas como contribuições concentradas e atribuídas na vazão industrial Q_{ind} .

2.4.3 Vazão de infiltração (Q_{inf})

A vazão de infiltração refere-se somente às vazões que adentram no sistema de esgotamento sanitário pelas juntas e paredes das canalizações, pelas caixas de passagem e poços de visita (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

$$Q_{inf} = tx_{inf} \cdot ext_{rede} \quad (3)$$

Onde:

Q_{inf} = Vazão de infiltração ($L \cdot s^{-1}$);

tx_{inf} = Taxa de contribuição de infiltração ($L \cdot s^{-1} \cdot m$);

ext_{rede} = Comprimento da rede coletora de esgoto (m).

Em situações em que se conheçam os tipos de juntas das canalizações, o valor da vazão de infiltração deverá ser calculado de acordo com as taxas de contribuição de infiltração para cada tipo de junta.

Em situações em que não existirem dados referentes à vazão de infiltração do local, o mesmo pode ser avaliado considerando algumas condições específicas, como, por exemplo, natureza do subsolo quanto à capacidade de retenção de água, nível de água do lençol freático, qualidade da execução da rede coletora, material da tubulação, tipo e distância das juntas (AZEVEDO NETTO, 1998).

A norma NBR-9649 da ABNT orienta que o valor da taxa de contribuição de infiltração (tx_{inf}) seja de 0,05 a $1,0 L \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$ devidamente justificado. Para Nuvolari (2011), em sistemas melhores pode-se atingir uma meta de $0,004 L \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$ como taxa de contribuição de infiltração.

O Quadro 1 mostra alguns exemplos de resultados obtidos de taxas de infiltração em sistemas de esgotamento sanitário no Brasil.

Autor	Local	Ano	Taxa de Infiltração (L.s⁻¹.km⁻¹)	Condição de obtenção dos valores
Dario P. Bruno & Milton T. Tsutiya	Cardoso, Ibiúna, Lucélia, e São João da Boa Vista	1983	0,02 a 0,10	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático. Medições em redes operando há vários anos.
SABESP	Estado de São Paulo	1984	0,05 a 0,50	Recomendações para projeto.
Carlos A. Santos & Adejalmo F. Gazen	Canoas, Santa Maria, Tramandaí, Capão da Canoa, Guaíba e Alvorada (estado do Rio Grande do Sul)	1985	0,013 a 0,720	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático, com tubulações de junta elástica e não elástica.
NBR 9649 – ABNT	Brasil	1986	0,05 a 1,0	Recomendações para projetos. O valor deve ser justificado.
Luis P. Almeida Neto, Gilberto O. Gaspar, João B. Comparini & Nelson L. Silva	Cardoso, Indaiaporã, Guarani, D'Oeste e Valentim Gentil (estado de São Paulo)	1989	0,010 a 0,116	Medições em sistemas operando há vários anos.
João B. Comparini	Cardoso, Indaiaporã, Guarani D'Oeste e Pedranópolis (estado de São Paulo)	1990	0,021 a 0,038	Medições em sistemas operando há vários anos.
Lineu R. Alonso, Rodolfo J. Costa e Silva Jr., Francisco J. R. Paracampos	São Paulo	1990	0,24 a 0,35	Medições em sistemas operando há vários anos.
Milston T. Tsutiya & Orlando Z. Casettari	Tatuí (estado de São Paulo)	1995	0,33	Medições em sistemas operando há vários anos.
Frederico Y. Hanai & José R. Campos	Araraquara (estado de São Paulo)	1997	0,17	Medições em sistemas operando há vários anos.

Quadro 1 - Exemplos de taxas de infiltração nos sistemas de esgotamento sanitário.

FONTE: Adaptado de TSUTIYA e SOBRINHO (2011)

2.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DBO mede a quantidade de oxigênio requerida para degradar a matéria orgânica carbonácea através de processos biológicos. O teste da DBO para efeito de padronização e comparação é realizado por um tempo dado de 5 dias, a uma temperatura padrão de 20°C e expresso em mg/L (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Segundo Sperling (1996) a DBO dos esgotos domésticos está na ordem de 300 mg/L. Para Jordão e Pessôa (2011) a DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 e 400 mg/L.

2.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A DQO mede a quantidade de oxigênio necessário para oxidação química da matéria orgânica (SPERLING, 1996). De acordo com Jordão e Pessôa (2011) para o teste do DQO são utilizados o permanganato ou dicromato de potássio para oxidar a fração orgânica.

O teste da DQO se diferencia da DBO no tempo de obtenção do resultado, onde é realizado de 2 a 3 horas, ou dependendo do equipamento específico pode-se obter em minutos (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Segundo Jordão e Pessôa (2011) e Sperling (1996) para esgotos domésticos a relação do DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,5. Jordão e Pessôa (2011) citam que geralmente a DQO para os esgotos domésticos varia entre 200 e 800 mg/L, com valor médio de 400 mg/L.

2.7 QUANTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÃO SUBTERRÂNEA E INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL NO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO URBANO

Para Tsutiya e Sobrinho (2011) os principais meios pelos quais a água de chuva infiltra no sistema coletor de esgoto são:

- Juntas das tubulações;
- Paredes das tubulações;
- Estrutura dos poços de visita;

- Terminais de limpeza;
- Caixas de passagem;e
- Estações elevatórias.

De acordo com Nuvolari (2011) o índice de infiltração, além da dependência dos materiais aplicados e dos cuidados no assentamento das tubulações, tem outro fator importante que é a característica relativa ao meio, ou seja, nível do lençol freático, matéria do solo, permeabilidade e outros.

Com relação à característica do meio, a taxa de infiltração no sistema é alterada quando a tubulação está abaixo do nível do lençol freático. Segundo Bruno e Tsutiya⁶ (1983 citado por HANAI e CAMPOS, 1997), estudos realizados propõem valores de taxas de infiltração para: coletores e redes situados acima do lençol freático de $0,02 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}$. Para os coletores situados abaixo do lençol freático adota-se $0,10 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}$, conforme mostrado na Figura 6.

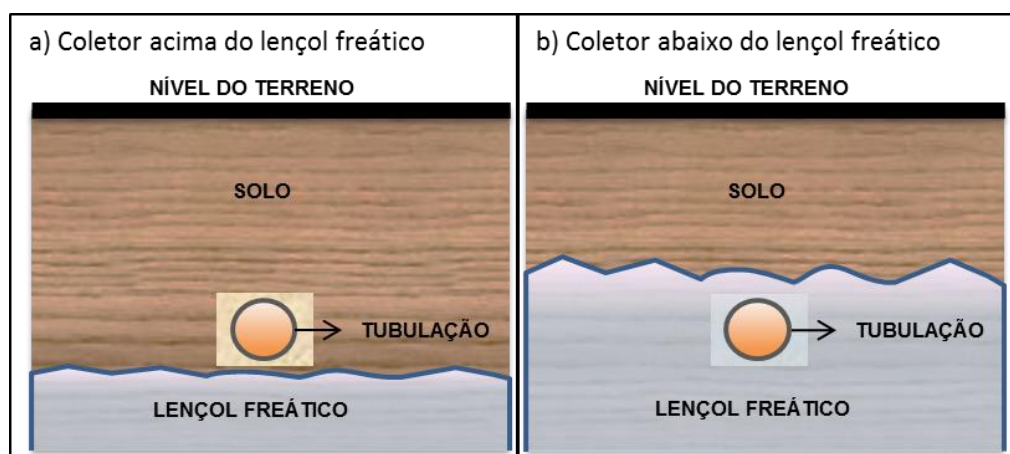


Figura 6 – Localização dos coletores em relação ao nível do lençol freático.

Segundo Karpf e Krebs (2011) as infiltrações subterrâneas e superficiais na rede coletora de esgoto aumentam significativamente os custos de operação do sistema coletor e da estação de tratamento de esgoto.

Outras questões que podem causar o excesso de infiltração subterrânea e superficial são: o rompimento de tubulações, a diminuição da concentração de esgoto e a diminuição da temperatura do esgoto podendo ocorrer aumento de nitratos no sistema (KARPF; KREBS, 2011).

No Brasil pouco se investe para o entendimento da magnitude das infiltrações. Percebe-se que a maioria das investigações referentes a este problema

⁶ BRUNO, D. P.; TSUTIYA, M. T. **Infiltração de água em coletores de esgotos sanitários**. In: 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES - Anais, Camboriú, 1983.

ocorreram no século XX. Para Nuvolari (2011) alguns métodos de investigação e medidas da infiltração têm sido utilizados, tais como:

- i. Medição de vazão em redes coletoras que ainda não estão em operação, inclusive com as ligações construídas;
- ii. Medição de vazão em redes de uma bacia de esgotamento juntamente com a medição de consumo de água;
- iii. Medição de vazões mínimas noturnas em período seco, uma vez que uma parcela dela é a vazão de infiltração;
- iv. Medição de vazões nas redes coletoras na região onde houver uma parada prolongada no abastecimento de água.

Metcalf e Eddy (2003) ilustram na Figura 7 as vazões parasitárias que entram no sistema de esgotamento sanitário e registradas na ETE, que são descritas a seguir.

- Infiltração: Água que entra no sistema pelas juntas das tubulações, por defeito das tubulações, conexões ou pelo poço de visita;
- Afluxo direto: Água de origem do sistema de drenagem que entra no sistema de esgotamento sanitário de uma forma direta, onde ocasiona um incremento quase que imediato na vazão de esgoto. Geralmente são advindas de ligações cruzadas entre drenagem e rede coletora de esgoto.
- Afluxo total: A soma de afluxos diretos em qualquer ponto do sistema mais vazões descarregadas a montante do sistema por transbordamento, extravasamento de estações elevatórias, entre outros.
- Afluxo atrasado: Águas pluviais que drenam vários dias para o sistema de esgotamento sanitário. Outros fatores que atrasam a vazão de afluxo são: os sistemas de recalque da drenagem de solos de prédios/garagens e águas superficiais que adentram por poços de visita em áreas inundadas.

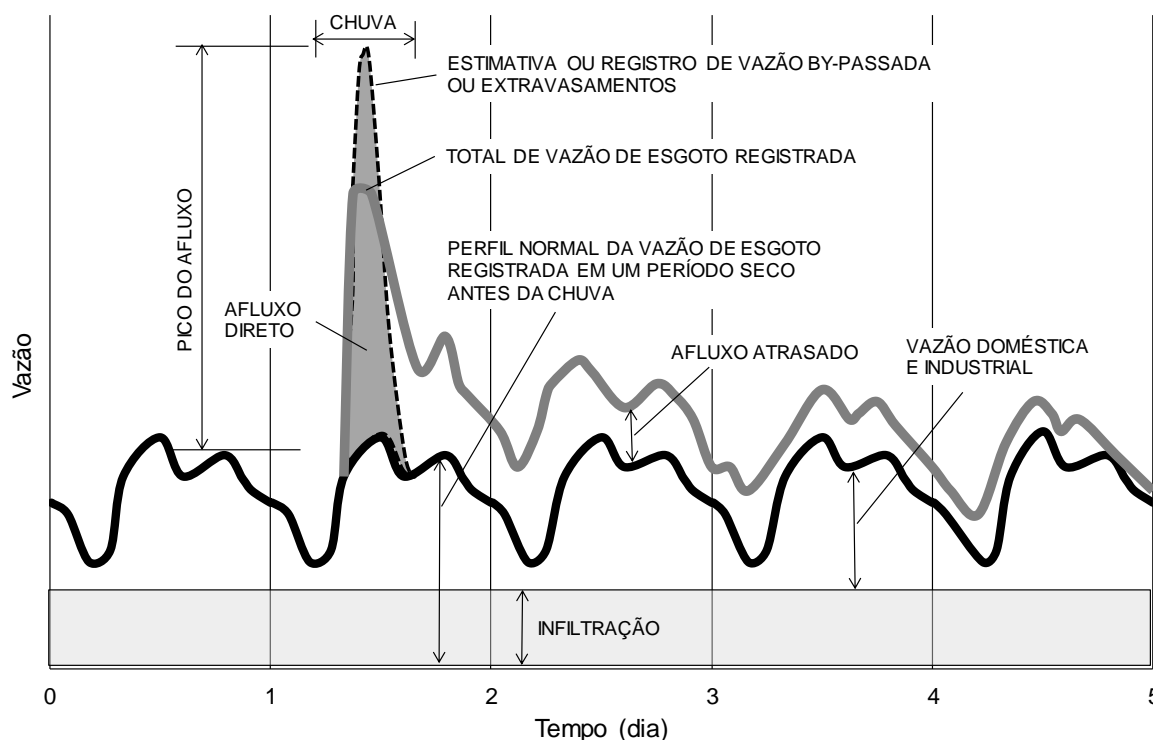


Figura 7 - Representação gráfica das influências das vazões parasitárias em uma ETE.
 FONTE: Adaptado de Metcalf e Eddy (2003).

Nos estudos apresentados por Hanai e Campos (1997) o cálculo da vazão de infiltração de um sistema de esgotamento sanitário poderá ser obtido através da análise da DQO da estação de tratamento, onde são utilizadas as DQO médias diárias e as DQO no período de vazão mínima noturna.

No município de Araraquara-SP as vazões mínimas estão compreendidas entre 3:00 às 6:00 horas devido à baixa atividade com consumo de água. Nesse período tem-se somente duas parcelas, ou seja, a contribuição de esgoto e a contribuição de águas de infiltração. Para o cálculo da vazão de infiltração foi utilizado o princípio de que as águas de infiltração diluem a concentração do esgoto. O cálculo da $DQO_{m\acute{e}dia}$, que representa a DQO noturna, é feito através da média ponderada entre a vazão de esgoto puro e a vazão de infiltração e as DQO das respectivas vazões, de acordo com a seguinte expressão (HANAI; CAMPOS, 1997):

$$DQO_{m\acute{e}dia} = \frac{Q_{esg} \cdot DQO_{esg} + Q_{inf} \cdot DQO_{inf}}{(Q_{esg} + Q_{inf})} \quad (4)$$

Onde:

DQO_{esg} = Valor da Demanda Química de Oxigênio de um efluente de esgoto sem a interferência da infiltração;

DQO_{inf} = Valor da Demanda Química de Oxigênio das águas subterrâneas responsáveis pela infiltração;

Q_{esg} = Valor da vazão de esgoto sem a interferência da infiltração;

Q_{inf} = Valor da vazão de infiltração oriunda das águas subterrâneas.

O estudo considerou que a DQO_{inf} é relativamente nula uma vez que em águas subterrâneas não se tenha poluição e concluiu que os dados utilizados pela literatura para taxas de infiltração levam a valores quase 3 vezes maiores que a calculada por esse método (HANAI; CAMPOS, 1997).

2.8 PROBLEMAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Inicialmente, um dos problemas operacionais no sistema de esgotamento sanitário é na forma de gestão, principalmente na falta de sincronização entre a gestão de dados, gestão de manutenção e gestão operacional, representadas na forma de engrenagens na Figura 8.

Portanto, ressalta-se que se alguma das engrenagens tiver problemas, as demais conseqüentemente terão falhas. Por exemplo, se caso no item de gestão de dados ocorra uma falha no envio de informações cadastrais da rede coletora de esgoto, os itens de gestão de manutenção e gestão operacional terão problemas nas atividades que necessitam da referida informação.



Figura 8 - Engrenagens demonstrando os três itens de gestão em sincronia.

A respeito dos problemas operacionais no sistema coletor e de tratamento de esgoto, os mesmos serão explanados nos subitens a seguir.

2.8.1 Sistema coletor de esgoto

No sistema coletor de esgoto um dos maiores problemas são as águas pluviais parasitárias, ou seja, águas que não deveriam chegar ao sistema (NUVOLARI, 2011).

Segundo Metcalf e Eddy (2003), essas águas parasitárias entram no sistema por vários caminhos, sendo:

- a. Ligações de água de chuva dos imóveis na rede coletora de esgoto;
- b. Interligações cruzadas entre galeria de águas pluviais e a rede coletora de esgoto;
- c. Tampões de poços de visita e outras aberturas; e
- d. Ligações abandonadas.

2.8.2 Sistema de tratamento de esgoto

Um sistema de esgotamento sanitário que apresenta uma deficiência da operacionalização do sistema coletor de esgoto gera alguns problemas na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), conforme exemplos apresentados (SANEPAR USEG, 2013):

- Aumento da vazão nos dias de chuva, podendo ocorrer extravasamento no interceptor e/ou na entrada da ETE;
- Incremento da vazão da ETE após um período de precipitação ocasionada pelo afluxo atrasado das águas pluviais que drenam para o SES, que pode se prolongar por um determinado período;
- Altos índices de infiltração na área de influência da ETE geram baixas concentrações de cargas do esgoto do afluente da ETE, principalmente em períodos secos.

2.9 PESQUISA DE VAZÃO EM PERÍODOS CURTOS NO SISTEMA COLETOR DE ESGOTO

A pesquisa de vazão em sistema coletor de esgoto é uma importante ferramenta de análise da operação do sistema. A partir de tal pesquisa é possível observar se as vazões em uma determinada tubulação estão coerentes com as vazões calculadas para a área de contribuição da rede.

Para a obtenção dos dados de uma pesquisa de vazão com qualidade faz-se necessário algumas orientações e cuidados apresentados nos subitens a seguir.

2.9.1 Monitor da Velocidade e da Profundidade.

Segundo WRC (1987), o monitor da velocidade e da profundidade ou o medidor de velocidade e profundidade se dividem em três principais grupos, sendo:

- a. Monitoramento permanente, onde se realizam as medições das velocidades e/ou profundidades em um período maior ou igual a 12 meses;
- b. Monitoramento Transportável / Temporário: nessa situação as medições da velocidade e/ou profundidade são por um determinado período de tempo. Na Figura 9 é apresentada a instalação do conjunto de equipamentos que realizam a medição de vazão do esgoto em um Poço de Visita (PV). O conjunto de equipamentos para medição de vazão é consistido de: *Datalogger* (gravador dos dados, conversor, memória e bateria), cabo do sensor para o *Datalogger*, sensor de velocidade/profundidade e anel metálico para fixar o sensor dentro da tubulação.

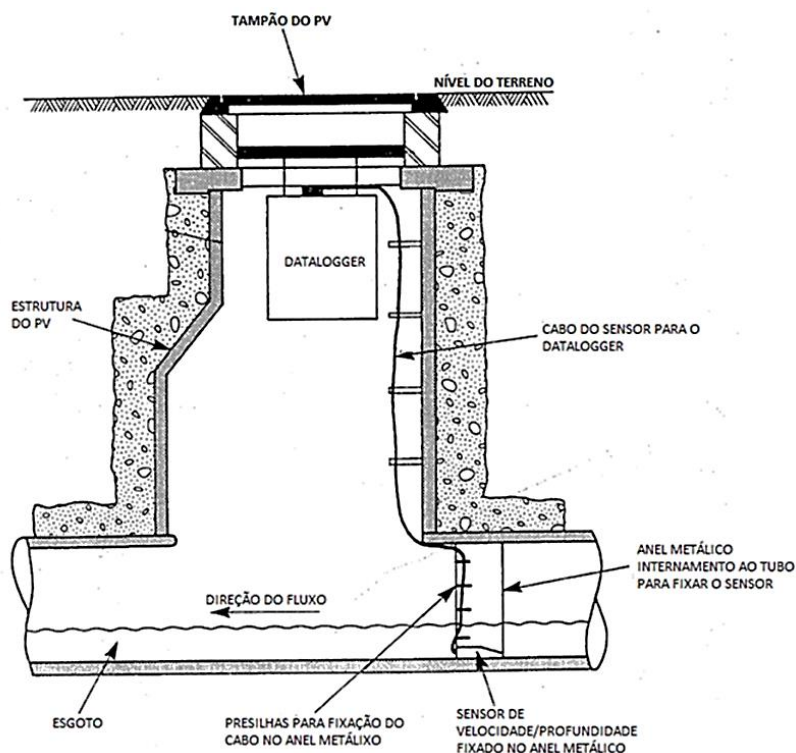


Figura 9 - Instalação de um medidor de velocidade e profundidade em um poço de visita.

FONTE: Adaptado de WRC (1987).

- c. Medidor manual que realiza a obtenção da medição de velocidade de uma forma instantânea; este tipo de equipamento é utilizado para verificar a calibração dos medidores permanentes ou transportáveis.

2.9.2 Duração da Pesquisa

A WRC (1987) sugere que a pesquisa de vazão tenha um período de gravação dos dados suficientes para a finalidade proposta de análise. Nos casos de pesquisas para a modelagem hidráulica é orientado que se tenha pelo menos três eventos de chuva no período de medição.

Em situações em que não seja possível determinar o tempo de pesquisa, devido condições meteorológicas desfavoráveis, a estimativa de duração da pesquisa deve partir de acordo com as principais diretrizes (WRC, 1987):

- i. O operador do sistema pode estimar os custos;
- ii. Os contratos podem ser ofertados competitivamente e em bases comparáveis;

- iii. As pesquisas podem ser administradas de forma sensata sob contrato;
- iv. O contratante pode planejar seus futuros compromissos.

Segundo a WRC (1987) três tipos de duração de contratos podem ser usados, sendo: tempo determinado de pesquisa, dependência de um evento para pesquisa ou uma combinação de eventos e o tempo determinado e dependência de um evento de pesquisa.

2.9.3 Planejamento pré-pesquisa

Segundo WRC (1987), para que não se tenha um desperdício de recurso é importante que os engenheiros do projeto elaborem um pré-planejamento da pesquisa. Alguns exemplos de problemas estão listados a seguir:

- i. Os preços do serviço são mais elevados, quando as especificações requeridas não estão bem especificadas.
- ii. Durante o período de instalação do medidor ainda não haver acordo sobre quais os pontos a serem monitorados.
- iii. Uma vez a pesquisa em execução a ocorrência de custos adicionais oriundos da mudança do ponto de instalação devido ao local ser inadequado.
- iv. Depois da pesquisa de medição de vazão ter sido concluída, os estudos apontados na modelagem hidráulica avaliarem que alguns pontos de medição não estão nas melhores localizações.

2.9.3.1 *Locação de monitores de velocidade e profundidade*

De acordo com WRC (1987), antes da definição dos locais de instalação dos medidores, um modelo hidráulico do sistema validado baseado em dados históricos consistentes.

Para a WRC (1987) com esse modelo hidráulico avaliado tem-se a vantagem de identificar discrepâncias grosseiras com o entendimento e

conhecimento da bacia, também o modelo poderá apontar os locais dos problemas atuais e/ou até mesmo futuros.

Para a instalação dos medidores ou monitores os principais locais que a WRC (1987) orienta são:

- Entrada da Estação de Tratamento para se ter o conhecimento global do sistema;
- Ponto de confluência do coletor de uma grande sub-bacia sem muitos problemas, que possibilita a validação da modelagem hidráulica;
- Pontos a montante ou a jusante de problemas de incremento excessivo de águas pluviais.

2.9.3.2 Considerações Hidráulicas

Além das opções de escolha dos três tipos de monitores a última definição do local de instalação depende das condições hidráulicas.

Os parâmetros hidráulicos que devem ser avaliadas são: profundidade do efluente, velocidade do fluxo e tamanho da tubulação (WRC, 1987).

Na Figura 10 são demonstradas as faixas de avaliações com a utilização dos três parâmetros hidráulicos locais: a velocidade, a profundidade do efluente e o tamanho da tubulação, os quais permitem verificar se o ponto de monitoramento é adequado para a instalação do equipamento e/ou se os dados do monitoramento estão coerentes.

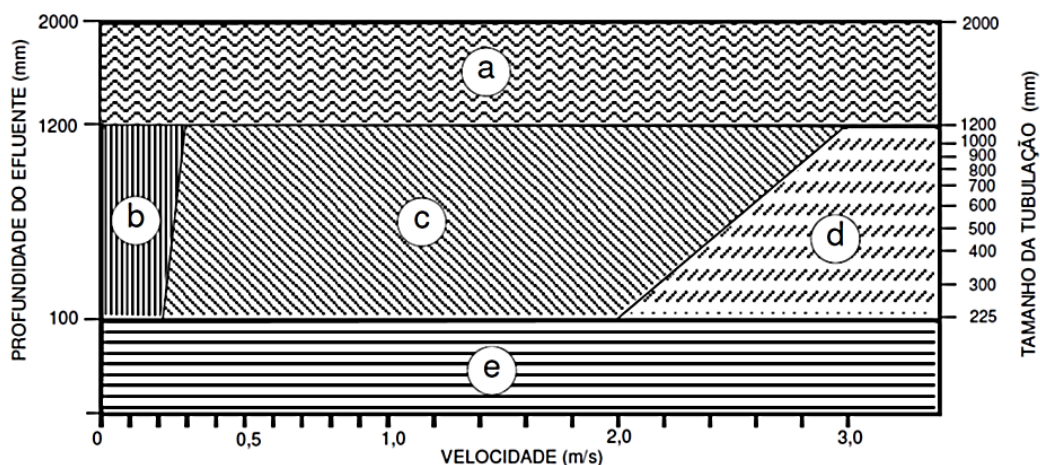


Figura 10 – Gráfico de avaliação dos locais e/ou dos dados do monitoramento por meio dos parâmetros hidráulicos.

FONTE: Adaptado de WRC (1987).

As faixas de avaliações estão divididas da letra “a” até a letra “e”, conforme mostra a Figura 10 e representam os diversos parâmetros hidráulicos.

Observa-se que:

- a. Nível do efluente em relação à geratriz inferior da tubulação/ tamanho da tubulação muito grande para medição de velocidade de um único ponto convencional;
- b. Velocidade muito baixa para uma detecção precisa;
- c. Faixa aceitável do nível do efluente em relação à geratriz inferior da tubulação/ Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso;
- d. Velocidade muito rápida para o sensor de inserção - pode causar ressaltos / salpicos sobre o sensor;
- e. Nível do efluente em relação à geratriz inferior da tubulação muito baixa / nível muito pequeno para uma medição precisa, isto é, devido à perturbação da passagem do fluxo no sensor.

A partir das combinações acima é possível identificar em qual faixa os dados do monitoramento são enquadrados e a condição hidráulica encontrada.

2.10 GESTÃO

Neste item estão apresentadas algumas ferramentas de gestão que possibilitaram um melhor gerenciamento dos componentes do sistema de esgotamento sanitário.

2.10.1 Engenharia de Sistemas para gerenciamento do sistema de esgotamento sanitário

No estudo apresentado por Thissen e Oomens (1991) é proposta a elaboração de três etapas que têm o propósito de alcançar maiores subsídios para orientação e tomada de decisão no gerenciamento do sistema de esgotamento sanitário.

Na primeira etapa do sistema, os autores propõem uma análise do público que estará no contexto da gestão. Nessa fase tem-se o objetivo de identificar todos os critérios necessários para avaliar as tomadas de decisão no gerenciamento.

Na segunda etapa, é feito o apontamento dos principais sub-processos na gestão de esgoto e as suas inter-relações. A elaboração dos sub-processos pode ser obtida através de consultas à literatura, estudos de caso e em entrevistas com especialistas na área de saneamento.

Na terceira etapa, os autores realizam uma decomposição de cada sub-processo principal, atribuindo uma descrição das atividades e decisões individuais.

a) Primeira Etapa

Segundo Thissen e Oomens (1991), no primeiro nível é discutido o processo “prestação dos serviços de esgoto” onde é elaborada uma caixa principal, a qual tem o objetivo de demonstrar as entradas, controles e saídas para o atendimento do item contido na caixa. Na Figura 11 estão apresentados os principais fatores de entrada (lado esquerdo), fatores de controle (parte superior) e as saídas (lado direito) do gerenciamento do SES.

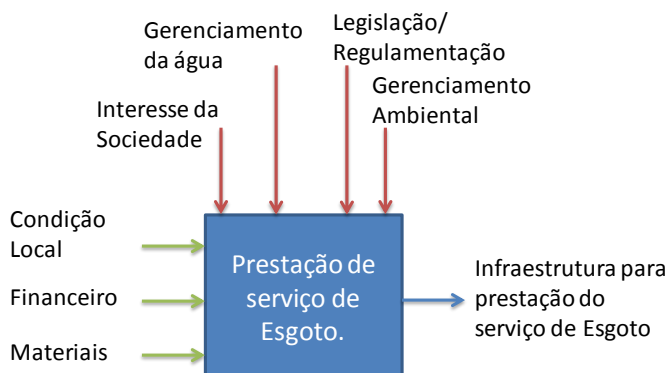


Figura 11 - Entradas, controles e saídas do gerenciamento de esgoto.

FONTE: Adaptado de Thissen e Oomens (1991).

b) Segunda Etapa

No segundo nível os autores Thissen e Oomens (1991) abriram o processo da prestação de serviços do sistema de esgotamento sanitário em quatro sub-processos: 1 - Tomada de decisões políticas e classificação de prioridade, 2 - Preparação política, 3 - Tática estratégica e Planejamento financeiro e 4 - Implementação. Dessa forma o gerenciamento do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) traz a facilidade de interação entre as atividades dos sub-processos, como é observado na Figura 12.

Nessa etapa também é mantido o mesmo critério de entradas, controles e saídas para cada caixa de sub-processo.

Na Figura 12 é observado que os sub-processos interagem nos seus fatores de entrada, controle e saída, tendo o foco principal nos fatores de controle e de entrada, ou seja, no atendimento dos interesses da sociedade, das legislações, das condições locais e financeiras e do planejamento da infraestrutura urbana.

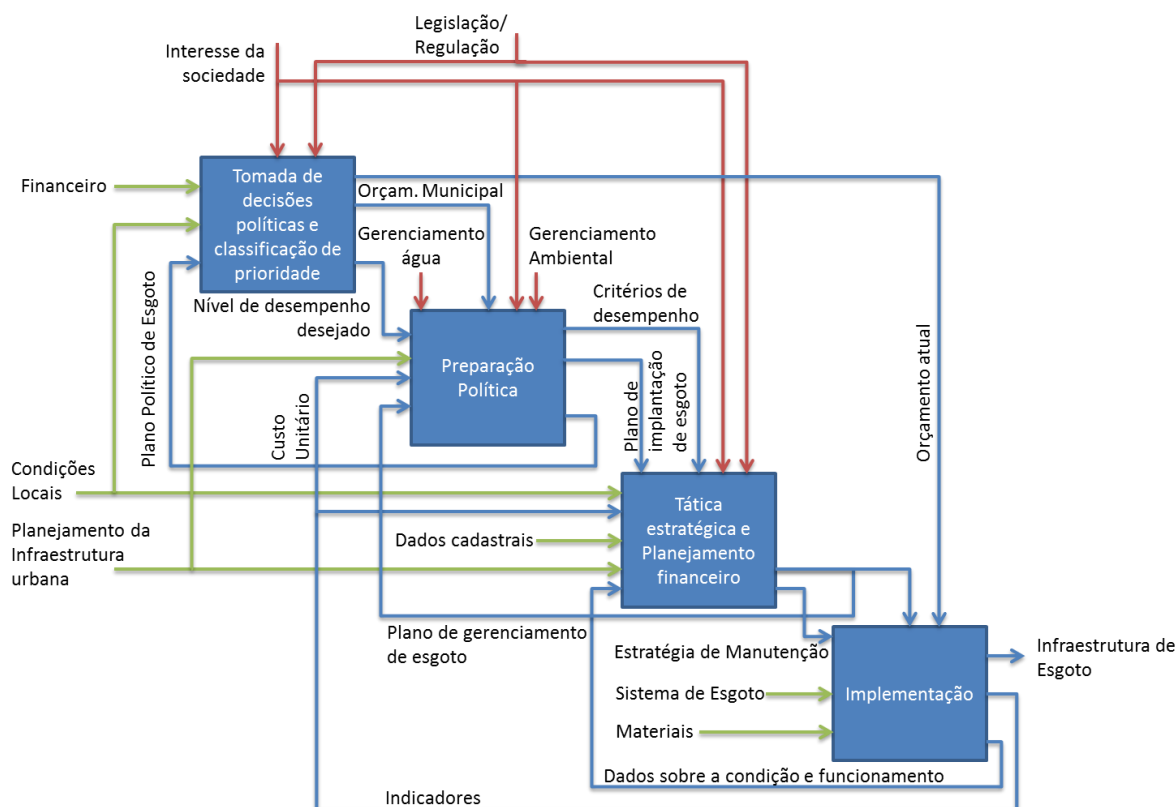


Figura 12 - Os quatro sub-processos do gerenciamento de esgoto.
 FONTE: Adaptado de Thissen e Oomens (1991).

Para uma melhor compreensão dos fatores de controle, entrada e saída, os mesmos são apresentados para o sub-processo “Preparação Política” da Figura 12, sendo:

- Fatores de controle: Gerenciamento de água, Orçamento Municipal, Interesse da sociedade e Gerenciamento Ambiental;
- Fatores de entrada: Nível de desempenho desejado, Planejamento da infraestrutura urbana, Custo unitário, Plano de gerenciamento de esgoto;
- Fatores de saída: Critério de desempenho, Plano de implantação de esgoto e Plano político de esgoto.

Com as inter-relações e o conhecimento dos fatores de entrada, controle e saída de cada sub-processos, há uma melhor compreensão para o planejamento das atividades necessárias para a implementação do processo de prestação de serviços de esgoto.

Para mostrar o próximo nível de decomposição, os autores Thissen e Oomens (1991) escolheram o sub-processo “Tática estratégica e planejamento financeiro” da Figura 12, o qual é subdividido em três itens, na Figura 13, detalhando aos fatores de entrada, de controle e de saída.

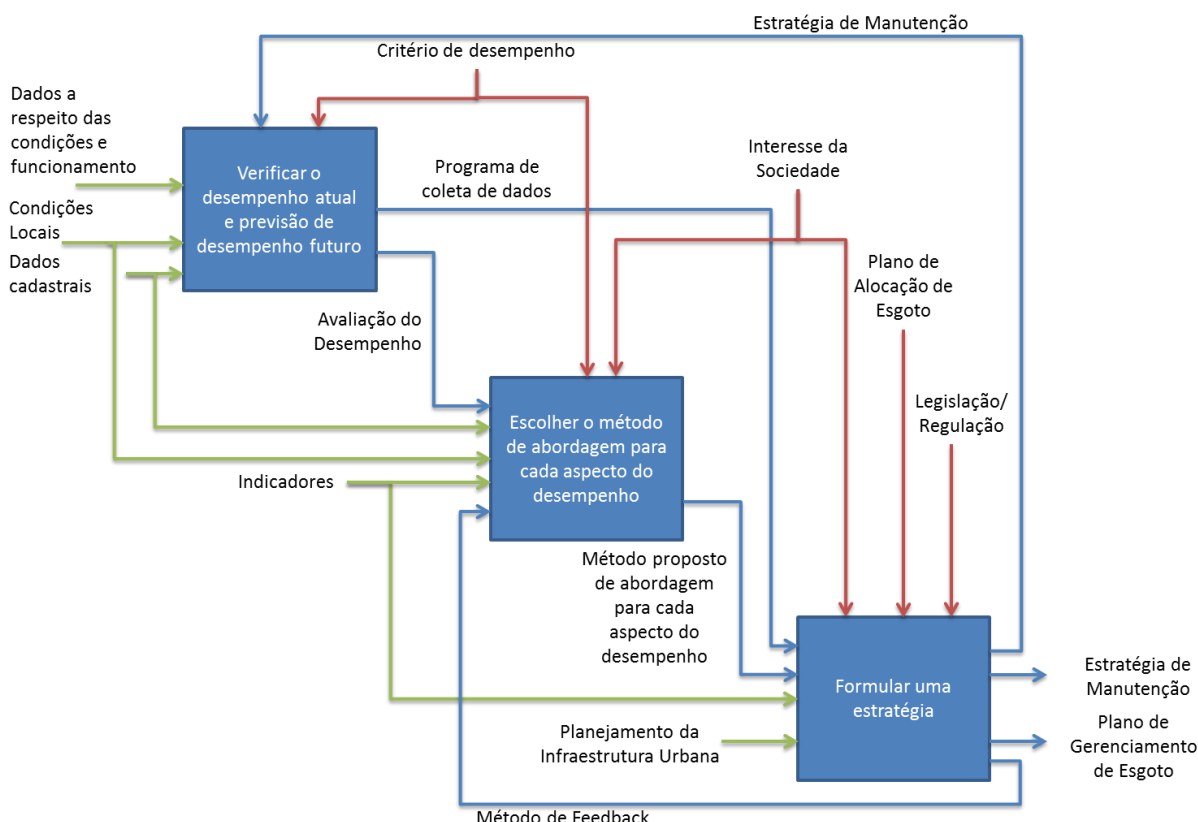


Figura 13 - Decomposição do processo “Tática estratégica e planejamento financeiro”.
 FONTE: Adaptado de Thissen e Oomens (1991).

A decomposição da Figura 13 permite a verificação do desempenho atual do sistema, definição de um método de atendimento dos aspectos relevantes ao desempenho, bem como a formulação de uma estratégia para alcance dos objetivos.

Na formulação de uma estratégia apresentada no último sub-processo, os fatores de entrada são: programa de coleta de dados, método proposto de abordagem para cada aspecto do desempenho, indicadores e planejamento da infraestrutura urbana. Os fatores de controle são: interesse da sociedade, plano de

alocação de esgoto e legislação/regulação e por fim os fatores de saída são a estratégia de manutenção e o plano de gerenciamento de esgoto.

2.10.2 O ciclo PDCA

Seleme e Stadler (2008) consideram o ciclo PDCA, criado na década de 20 por Water A. Shewhartum, um método que busca o controle e melhoria contínua de processos e produtos.

O ciclo PDCA faz com que o processo seja de forma sistemática e padronizada. Conforme representado na Figura 14, o ciclo PDCA contém 4 fases básicas do controle, sendo: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente ou agir. A sigla do PDCA é a abreviatura das quatro fases, originada na década de 80 por William Edwards Deming, na forma em inglês, ou seja, P (*Plan*), D (*Do*), C (*Check*) e A (*Action*) (CAMPOS, 1989).

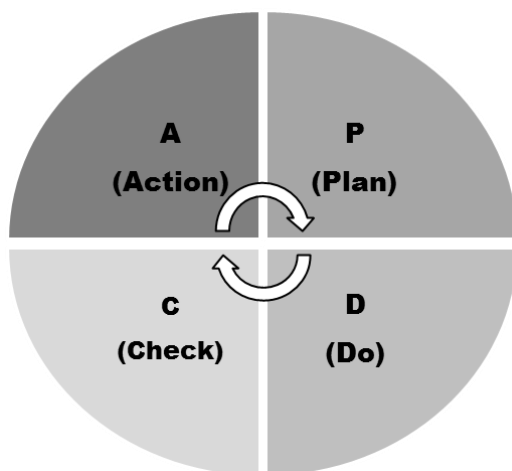


Figura 14 - O ciclo PDCA.
FONTE: Adaptado de Seleme e Stadler (2008).

As principais atividades contidas em cada fase são:

P – *Plan* (planejar). Para Seleme e Stadler (2008) essa fase é explorada para definir os objetivos para obtenção das metas propostas para um referido processo. Essa fase é utilizada para a definição de planos para atingir uma meta (CAMPOS, 1989).

D – *Do* (fazer, executar). Segundo Campos (1989) nesta fase tem-se a execução das tarefas conforme o planejado e também a execução de treinamento nas atividades.

C – *Check* (verificar). Fase utilizada para verificar se as tarefas executadas atingiram os objetivos estabelecidos (SELEME; STADLER, 2008).

A – *Action* (agir). De acordo com Seleme e Stadler (2008) após análise da fase anterior “C”, esse item refere-se aos ajustes dos desvios apresentados em relação as metas previstas e realiza a eliminação dos problemas de acordo com padrões já estabelecidas, ou se preciso com novos padrões.

Para Campos (1989) o ciclo PDCA é um método que permite um gerenciamento de processos repetitivos. O movimento cíclico do PDCA ajuda a identificar novos problemas ou melhoria no processo, permitindo uma melhoria contínua no processo (SELEME; STADLER, 2008).

2.10.3 Gráfico de Pareto

Segundo Seleme e Stadler (2008) o diagrama de Pareto foi desenvolvido por Joseph Juran após análises realizadas pelo economista italiano Vilfredo Pareto e pelo americano Max Otto Lorenz. Juran definiu uma classificação dos problemas separando os pouco vitais e muito triviais. Essas análises e estudos efetuados estabeleciam uma relação de 20/80. Segundo Gouveia (2011) a relação 20/80 significa que 80% dos problemas estão em 20% dos dados analisados pelo diagrama de Pareto. Desta forma, o gráfico proposto ajuda a ordenar os problemas de maior relevância que precisam de correção primeiramente.

Tabela 1 - Tabela para construção do gráfico de Pareto.

Problemas na rede coletora de esgoto	Ocorrências			
	Quantidade	Acumulada	Quantidade (%)	Acumulada (%)
rompimento	58	58	36,9%	36,9%
obstrução	44	102	28,0%	65,0%
refluxo	22	124	14,0%	79,0%
infiltração	16	140	10,2%	89,2%
sinfonamento	9	149	5,7%	94,9%
extravassamento	6	155	3,8%	98,7%
Outros	2	157	1,3%	100,0%
Total	157		100,0%	

FONTE: Adaptado de Seleme e Stadler (2008).

A Tabela 1 será utilizada como um exemplo de aplicação para a construção do gráfico de Pareto, onde são apresentados os problemas nas redes coletoras de esgoto e as suas ocorrências em quantidades. Para a construção do gráfico, da Figura 15, que relaciona a quantidade de ocorrências para cada tipo de problema deve-se organizar as quantidades em ordem decrescentes e realizar o acúmulo das quantidades. Na sequência calculam-se os percentuais acumulados, conforme demonstrado na Tabela 1 (SELEME; STADLER, 2008).

2.10.3.1 Curva ABC

Com objetivo de melhorar a análise do gráfico de Pareto é utilizado a curva ABC onde na classe A estão os itens que abrangem 65% de importância, na classe B estão 25% e na classe C estão os itens com 10% de importância, apresentado na Figura 15 (GOUVEIA, 2011).

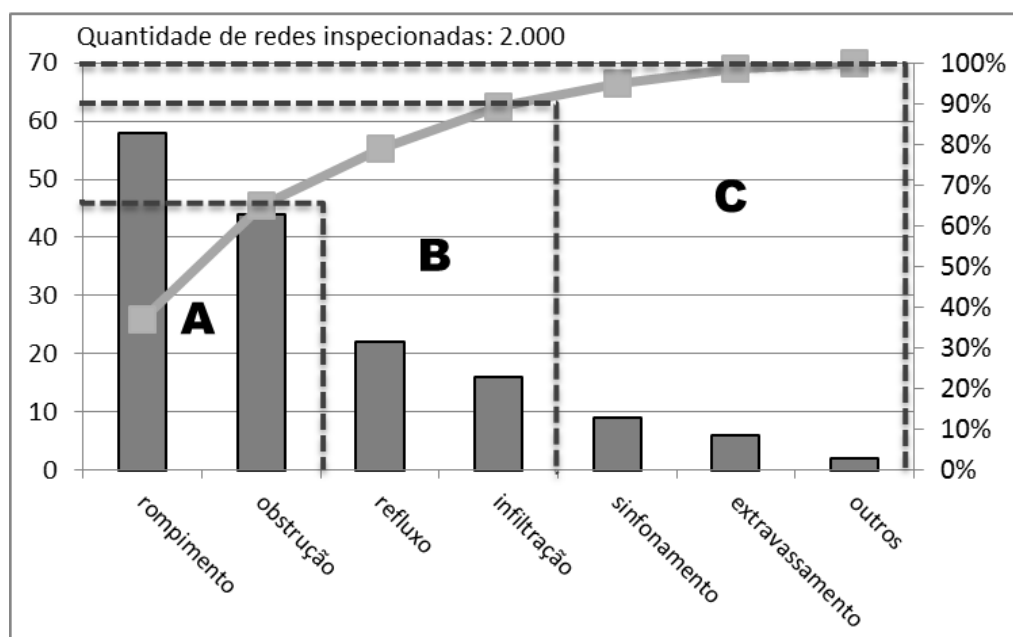


Figura 15 - Gráfico de Pareto com a Curva ABC.
FONTE: Adaptado de Seleme e Stadler (2008) e Gouveia (2011).

Na Figura 15 pode-se observar que os itens rompimento e obstrução, dentro da classe A, representam 65% dos problemas apontados na inspeção, sendo que necessitam de uma maior atenção no momento da intervenção.

2.10.4 Diagrama de Ishikawa

O diagrama para evidenciar as principais causas para um efeito foi criado por Ishikawa em 1953, através de estudos em uma fábrica (SELEME; STADLER, 2008).

De acordo com Gouveia (2011) trata-se de uma ferramenta que possibilita explorar as causas potenciais que geram um determinado efeito.

Seleme e Stadler (2008) apontam dois métodos para a construção do diagrama, sendo:

- Diagrama de causa e efeito para identificação da causa; e
- Diagrama para levantamento sistemático das causas.

A elaboração do diagrama de Ishikawa parte com uma base dos principais aspectos, conhecidos como 6M's (Método, Mão de Obra; Matéria Prima, Meio Ambiente, Máquinas e Medidores). Na Figura 16 está ilustrado o diagrama de Ishikawa que também é chamado de “espinha de peixe” (GOUVEIA,2011).

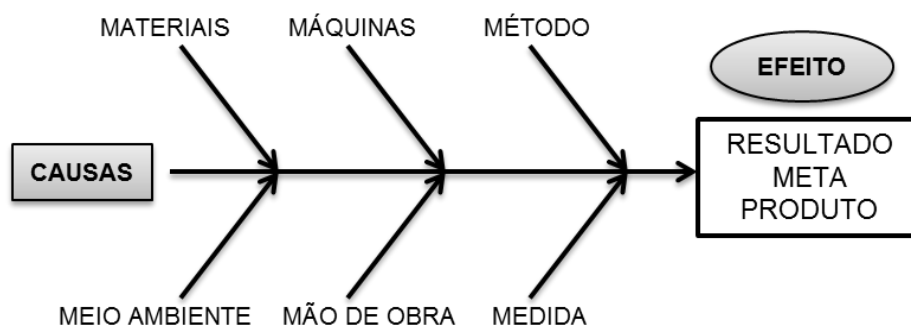


Figura 16 - Diagrama de Ishikawa básico com os 6 M's.
FONTE: GOUVEIA (2011)

Com a descrição dos problemas relacionados a cada “M” poderá se identificar quais as principais causas que geram um efeito (SELEME; STADLER, 2008).

3 METODOLOGIA

O primeiro passo para o desenvolvimento do estudo foi a obtenção das características do sistema de esgotamento sanitário em estudo. A partir dessas informações e das experiências práticas na operacionalização do sistema coletor de esgoto seguiu-se para a elaboração do modelo de gestão do sistema coletor.

Após a elaboração do modelo, foi realizado um estudo de caso com a aplicação de uma parte do modelo de gestão desenvolvido. Para o estudo de caso foi novamente realizada a coleta e tratamento dos dados relacionados a estação de tratamento em estudo.

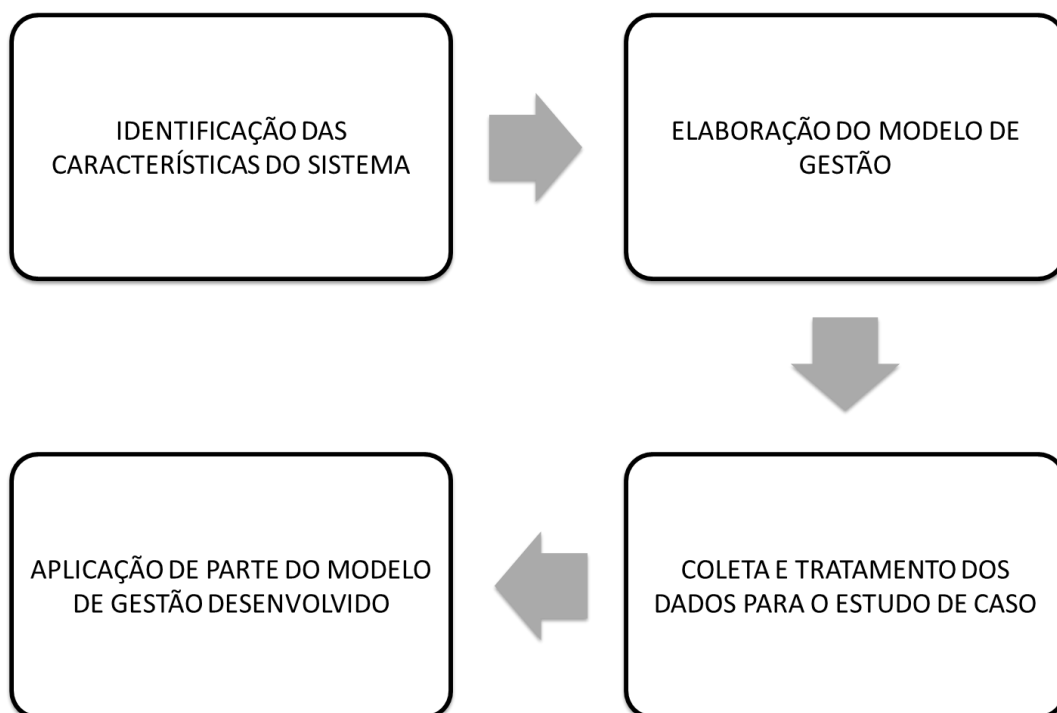


Figura 17 - Fluxograma da metodologia aplicada.

A Figura 17 mostra o fluxograma das atividades do estudo, que estão detalhadas a seguir.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ESTUDO

Inicialmente buscaram-se as principais características do sistema de esgotamento sanitário em estudo, as quais foram divididas na seguinte forma:

- Gerenciamento dos componentes do sistema: identificação da forma de gerenciamento de todos os componentes do sistema, como o levantamento de todas as áreas responsáveis, ou gerências, pela operação e manutenção de cada componente do sistema. Nesta fase foi desenvolvido um organograma das áreas responsáveis e seus níveis hierárquicos

- Dados do sistema de esgotamento: dados populacionais e estruturais, como exemplo: extensão de redes, diâmetro das tubulações, quantidade de estações de tratamento de esgoto e de estações elevatórias, quantidade de ligações e de bacias de esgotamento.

- Caracterização do sistema: consiste no levantamento de informações do gerenciamento do sistema e dos dados do sistema, onde com essas duas informações é possível conhecer e avaliar a complexidade do sistema de esgotamento sanitário da região em estudo.

3.2 ELABORAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO

O modelo de gestão é baseado na complexidade operacional e gerencial do sistema e tem como objetivo permitir de forma sistematizada a identificação e classificação, por ordem de prioridade, das intervenções a serem realizadas no sistema de esgotamento sanitário.

A elaboração do modelo de gestão foi baseada em experiências práticas na operação e caracterização do sistema de esgotamento da Região Metropolitana de Curitiba.

Na elaboração do modelo de gestão foi utilizado um fluxograma de processo, com o objetivo de obter uma melhor visualização de relacionamento entre os itens do modelo.

Para as análises desenvolvidas no modelo de gestão, foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- O ciclo PDCA e gráfico de Pareto:
Com o ciclo PDCA planejam-se o levantamento dos dados operacionais e de problemas das ETE. Em seguida, na análise elaboram-se as comparações dos dados operacionais e teóricos, definiram-se os problemas mais relevantes, com o gráfico de Pareto organizou-se as ETE com problemas mais relevantes e finalizando-se o ciclo PDCA definiram-se as estações de tratamento de esgoto a serem priorizadas no modelo e definição dos pontos de controle para tomada de decisão.
- Ferramenta de geoprocessamento (*software – ARCGIS*);
Com a base de dados gráficos do cadastro técnico das redes coletoras de esgoto georeferenciadas, a base de dados das ligações georeferenciadas e os desenhos dos polígonos dos pontos de controle georeferenciados adicionou-se todos na ferramenta ArcGis e através da ferramenta “Join” atribuiu-se o nome dos pontos de controle nas bases de dados do cadastro técnico e das ligações. Na sequência, realizou-se a quantificação das informações dos bancos de dados por ponto de controle.
Outra utilização da ferramenta ArcGis foi na seleção dos dados do cadastro técnico das redes com características de coletores e interceptores, conforme critérios na elaboração do mapa de coletores e interceptores no Módulo 02. Para tanto, utilizou-se a seleção dos dados através do *menu “Layer Properties”* na aba *“Definition Query”* onde se aplicou uma fórmula selecionando os dados através do diâmetro mínimo definido no critério.
- *Software Excel* para elaboração de planilhas.
Ferramenta utilizada para elaboração das planilhas dos dados das ETE e do sistema coletor e para elaboração dos gráficos de Pareto.

3.3 COLETA DE DADOS PARA O EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO

Inicialmente, coletaram-se os dados referentes à operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário da ETE Belém, tais como: planta de localização, cadastros técnicos e comerciais, informações de manutenções corretivas e

preventivas nas redes, quantidade de serviços de reclamação de refluxos de esgoto, de obstruções de rede e de consertos de redes e resultado das vistorias das ligações de esgoto.

Para realizar as comparações das vazões teóricas com as medidas em campo foi pesquisada a estação pluviométrica mais próxima da região em estudo. A Figura 18 apresenta as redes pluviométricas existentes na RMC e a localização da ETE Belém, foi dada preferência aos dados com faixa de gravação em minutos, que objetivaram a comparação das vazões do sistema de esgotamento sanitário em períodos secos, chuvosos e úmidos.

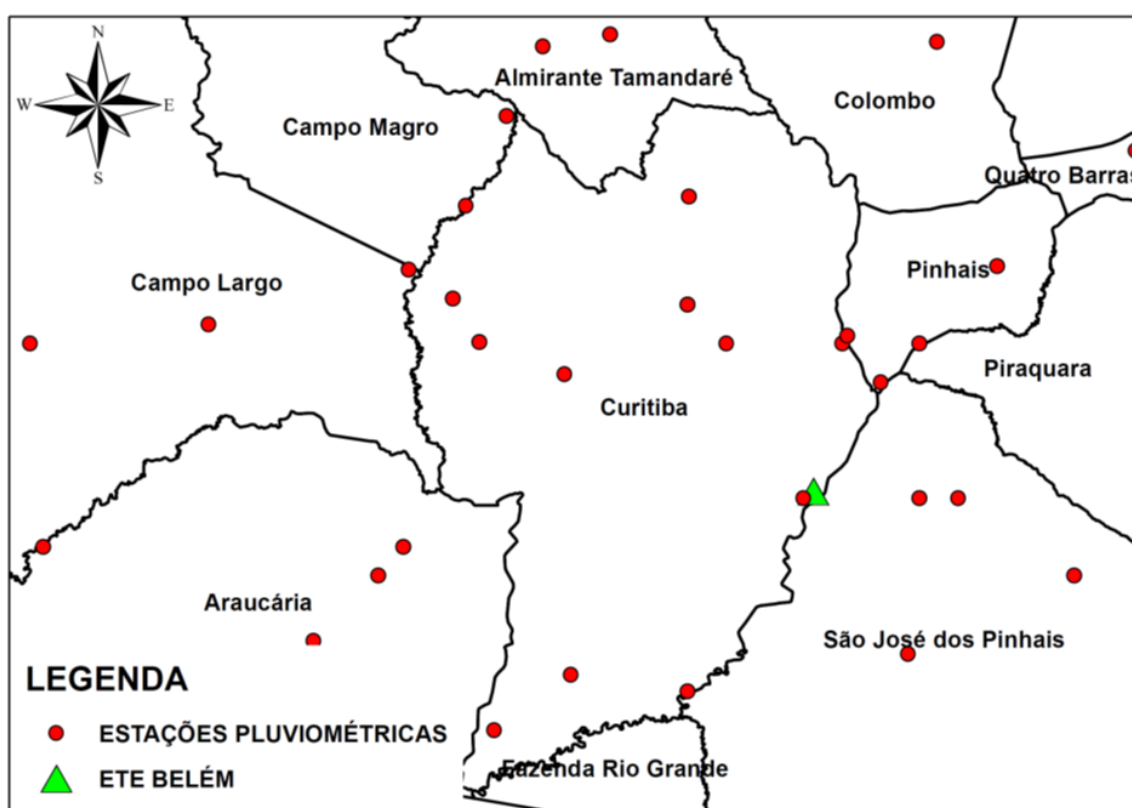


Figura 18 - Mapa de localização das estações pluviométricas e da ETE Belém na Região Metropolitana de Curitiba.

FONTE: Adaptado de ANA HIDROWEB (2012).

Os dados coletados foram compilados e organizados com a utilização das ferramentas e materiais, conforme citados:

- O ciclo PDCA, gráfico de Pareto e diagrama de Ishikawa;
- Fluxograma de processos;
- Ferramenta de geoprocessamento;
- Ferramentas de desenhos técnicos; e
- Equipamento de medição de vazão.

Na obtenção dos resultados de medição de vazão nos interceptores e coletores na estação estudada foi utilizado um equipamento que obtém as vazões instantâneas. Desta forma, foi utilizado o equipamento da Hach Modelo 910 (Figura 19) o qual apresenta as seguintes características e informações descritas a seguir.



Figura 19 - Foto do medidor de vazão da Hach modelo Sigma 910.
FONTE: HACH, 2009.

Características do equipamento (HACH, 2009)

- Faixa dos diâmetros de tubulações para instalação: padrão de 0 a 3 m
- Faixa de temperatura de operação: -18 a 60 °C
- Tempo de gravação para uma bateria: tipicamente 60 dias, com um intervalo de gravação de 15 minutos, considerando o monitoramento dos níveis e velocidades, coleta dos dados uma vez por semana e 10 °C.
- Capacidade de armazenamento dos dados: 90 dias de gravação de um nível e uma velocidade com intervalos de 15 minutos.

Tipo de sensores

O medidor de vazão modelo Sigma 910 tem dois sensores, sendo um para medir a velocidade e o outro para medir o nível do efluente. Para a medição do nível é utilizado um transdutor de pressão submerso. Logo, para a medição da velocidade são utilizadas ondas sonoras, pelo princípio Doppler (HACH, 2008).

Precisão na medição da velocidade (HACH, 2009)

- Método de medição: Ultrassônico através de sinal *doppler*
- Faixa de medição: 1,52 até 6,10 m/s
- Profundidade mínima para medição da velocidade: 2 cm

- Precisão: $\pm 2\%$ de leitura

Precisão na medição da profundidade (HACH, 2009)

- Método de medição: Transdutor de pressão com diafragma em aço inoxidável
- Precisão: $\pm 0,20\%$ escala total, $\pm 1,75\%$ sobre leituras na temperatura de 0 a 30 °C.
 - Profundidade máxima permitida: Padrão: 10,5m; Estendido: 31,5m.

Escolha do local apropriado

A precisão das medições de vazão depende muito do local de instalação. Para a escolha do local deve-se avaliar se o fluxo é normalizado e se apresenta uma mínima turbulência. O efeito da turbulência interfere na detecção das velocidades médias, principalmente nos casos de obstruções, quedas verticais, curvas e em cotovelos nos tubos (HACH, 2008).

A Figura 20 apresenta um esquema da instalação de um equipamento de medição de vazão adotado para medição de vazão da rede coletora de esgoto.

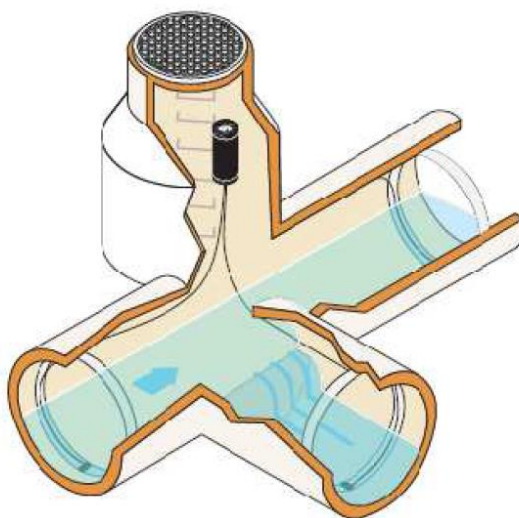


Figura 20 - Esquema do equipamento de medição de vazão instalado na rede coletora de esgoto.

FONTE: HACH (2008)

3.4 APLICAÇÃO DE PARTE DO MODELO DE GESTÃO DESENVOLVIDO

Após a elaboração do modelo de gestão parte do mesmo foi aplicado na Estação de Tratamento de Esgoto Belém operada pela Companhia de Saneamento do Paraná, localizada no município de Curitiba, no Estado do Paraná, a fim de avaliar a aplicabilidade prática do modelo proposto.

4 RESULTADOS

A proposta de um modelo de gestão para um sistema de esgotamento sanitário foi desenvolvida em 4 tópicos, conforme segue:

- Identificação das características do sistema de esgotamento sanitário em estudo;
- Metodologia de análise para o Módulo 01;
- Metodologia de análise para o Módulo 02; e
- Metodologia de análise para o Módulo 03.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ESTUDO

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) possui vários componentes que apresentam diferentes graus de complexidade para sua operação, manutenção e gerenciamento, sendo que os mesmos, na maioria das vezes, são gerenciados separadamente, por exemplo, gerenciamento dos componentes do sistema coletor e do sistema de tratamento de esgoto.

Inicialmente a identificação das características do sistema de esgotamento sanitário em estudo será pelo seu gerenciamento. Portanto, na Companhia de Saneamento do Paraná, o sistema de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de Curitiba, no ano de 2012, teve o seu gerenciamento dividido da seguinte forma: as estações de tratamento de esgoto e as estações elevatórias são operadas e mantidas por uma unidade de serviços de esgoto. Logo, as redes coletoras, os coletores troncos, os interceptores e as ligações são operados e mantidos por três gerências, denominadas de Unidades Regionais, onde se subdividem em quatro coordenações para administrar a operação, a manutenção, os clientes e o planejamento da gerência. O organograma da Figura 21 apresenta a divisão gerencial.

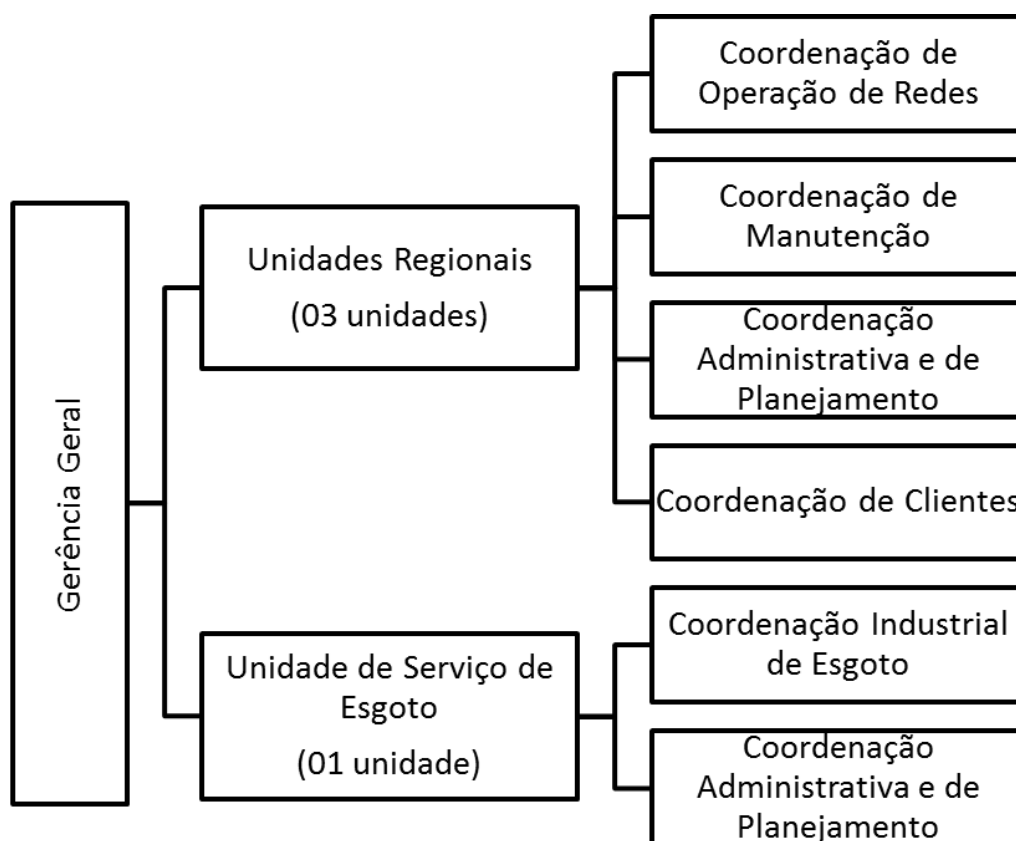


Figura 21 - Organograma das gerências do SES da RMC.

Nota-se que o gerenciamento do sistema é dividido da seguinte forma: a estação de tratamento de esgoto e as estações elevatórias são operadas e mantidas por uma gerência de serviços e as redes secundárias, os coletores, os interceptores e as ligações são operados e mantidos por outras três gerências regionais. Esta configuração dificulta uma análise geral do sistema.

Vale ressaltar que a gestão operacional do SES nas Grandes Capitais e Regiões Metropolitanas possuem na sua maioria mais de um sistema de esgotamento sanitário para atendimento de toda a população. Por exemplo, na capital do Paraná são 05 (cinco) grandes Estações de Tratamento de Esgoto para o atendimento.

Continuando a caracterização do sistema de esgotamento da RMC, a mesma têm implantadas cinco estações de tratamento de esgoto principais, totalizando 3.290 L.s^{-1} de capacidade de tratamento, além de dez sistemas de médio porte com um total de 728 L.s^{-1} , e onze pequenos sistemas que juntos agregam à capacidade de tratamento total mais $40,5 \text{ L.s}^{-1}$. No total a capacidade de tratamento é de $4.058,5 \text{ L.s}^{-1}$ (SANEPAR USEG, 2013).

Referente aos dados do sistema coletor de esgotamento estudado, o mesmo atende um total de 2,2 milhões de habitantes, possui uma extensão total de 9,1 milhões de metros de rede coletora de esgoto, com diâmetros variando de 150 a 2200 mm e um total de 560 mil ligações de esgoto e 70 estações elevatórias de esgoto (SANEPAR USEG, 2013).

Com a caracterização do SES de Curitiba e Região Metropolitana, foi possível identificar o alto nível de complexidade dos sistemas de esgotamento, pois o sistema comporta uma grande quantidade de elevatórias, grandes extensões de redes, coletores e interceptores e divisão do atendimento da região em várias estações de tratamento de grande, médio e pequeno porte.

Identifica-se, a partir do que foi exposto, a necessidade da separação entre o sistema de tratamento e o sistema de coleta de esgotos, para fins de gestão. A proposta é a divisão do SES em três módulos, o que permite uma análise em macro e micro sistema, conforme apresentado na Figura 22.



Figura 22 - Divisão do sistema de esgotamento sanitário (SES) por módulos.

A Figura 22 apresenta um esquema do SES demonstrando os seus componentes separados por três módulos.

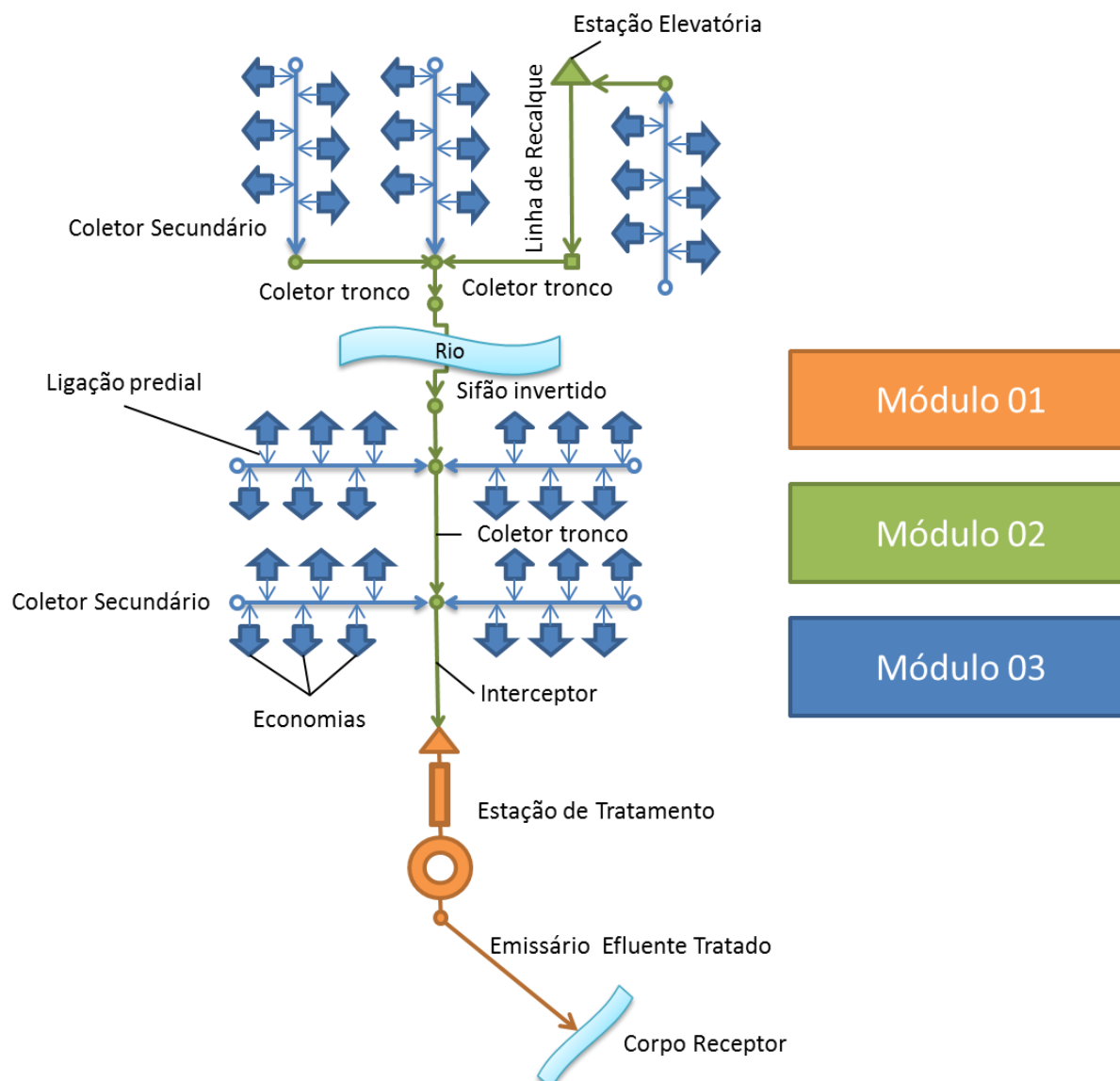


Figura 23 – Aplicação do modelo proposto no SES.

Entende-se que a proposta de divisão do SES traz um fluxo organizacional que subsidia a identificação da bacia de esgotamento da ETE que apresenta baixa eficiência operacional na coleta do esgotamento sanitário. Após essa identificação, é possível apontar quais as bacias de esgotamento deverão ser priorizadas para atuação nos Módulos 02 e 03.

A Figura 24 mostra os principais objetivos a serem alcançados em cada módulo.

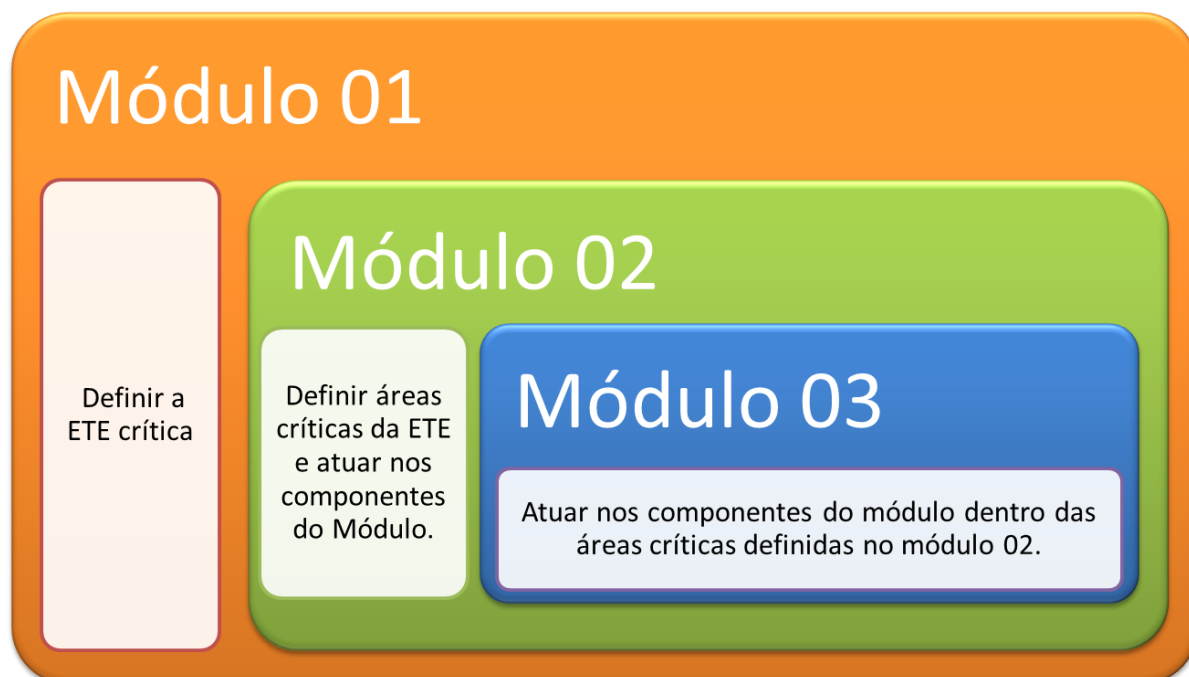


Figura 24 - Critério de análise e atuação nos Módulos.

No Módulo 01 busca-se definir a ETE a ser trabalhada (Estação crítica). No Módulo 02 tem-se o objetivo de definir as áreas críticas da ETE e atuar nos componentes do Módulo e, por fim, nos componentes do Módulo 03, atua-se nas áreas críticas definidas no módulo anterior.

4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 01

O principal objetivo do Módulo 01 do sistema de gestão é o desenvolvimento de uma metodologia para a definição e priorização de qual estação de tratamento se encontra em condições de operação mais crítica, para então seguir à tomada de decisão dentro dos Módulos 02 e 03.

Para a definição e priorização da ETE é necessária a estruturação da análise utilizando o ciclo PDCA, uma vez que o processo será continuamente retroalimentado, conforme ilustrado na Figura 25.

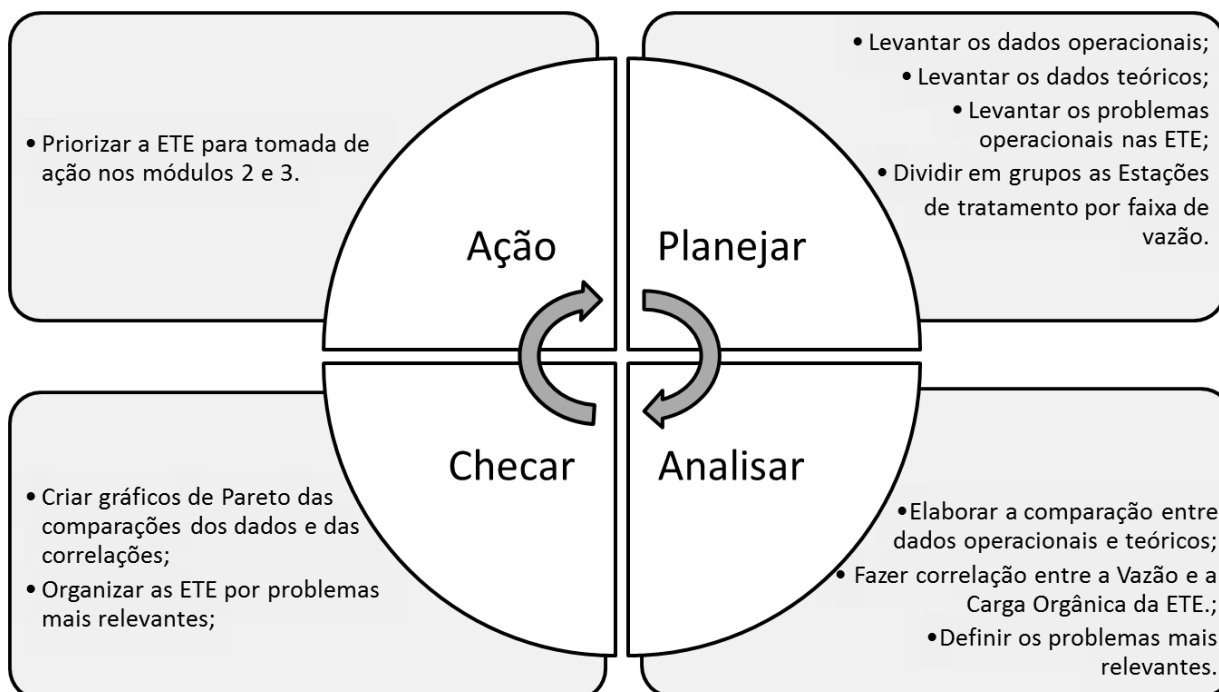


Figura 25 - Ciclo PDCA para definição da Estação de Tratamento de Esgoto.

Com base na Figura 25, foram construídas ações específicas que compõem cada quartil do ciclo PDCA e descritos nos itens a seguir.

4.2.1 Planejar

Para a ação de planejamento na gestão de um SES, consideram-se as seguintes ações necessárias:

- Levantar os dados operacionais do sistema;

Consiste na busca de informações operacionais da estação de tratamento de esgoto tais como:

- A DQO e a carga orgânica do afluente média do dia, no período de vazão mínima e os resultados médios mensais com os devidos registros de períodos secos ou chuvosos;
- Levantamento das vazões médias, máximas e mínimas, separados pelos períodos secos e chuvosos;
- Volumes operacionais mensais da ETE.

- Levantar os dados teóricos;

Os dados teóricos pesquisados serão:

- Quantidade de população atendida pela ETE;

- Total de metragem de rede coletora de esgoto, separada por tipo de junta (elástica ou argamassada).

Com estes dados será possível definir as vazões sanitárias e de infiltração teóricas e a DQO e a carga orgânica teóricas do sistema.

- Levantar os problemas operacionais nas ETE;

Relacionar os principais problemas que são oriundos do sistema coletor de esgoto e que afetam indiretamente o sistema de tratamento de esgoto. Para o apontamento dos problemas será utilizado o Diagrama de Ishikawa, onde serão relacionados às principais causas (problemas) que poderão gerar um efeito.

- Dividir as ETE por grupos de faixa de vazão.

Com o objetivo de ordenar as principais ETE, sugere-se a divisão das ETE por faixas de capacidade nominal. O critério de divisão dependerá de cada empresa de saneamento.

A divisão por grupos de ETE propiciará uma melhor análise para detectar assimilaridades entre: os sistemas de coletas, os problemas operacionais e o sistema de tratamento de esgoto.

4.2.2 Analisar

Para a ação de análise na gestão de um sistema de esgotamento sanitário, consideram-se as seguintes ações necessárias:

- Elaborar a comparação entre dados operacionais e teóricos;

Após a coleta dos dados efetuadas no planejamento deverá ser realizada uma comparação inicial entre:

- As vazões teóricas e operacionais nos períodos secos de cada ETE;
- Vazões de infiltração estimadas, considerando a DQO concentrada e noturna versus a vazão de infiltração teórica;
- Carga orgânica teórica e carga orgânica medida;
- Definir os problemas mais relevantes, atribuindo pesos para cada tipo de problema de uma forma que se possam demonstrar quais deles são mais relevantes para aquela ETE.

4.2.3 Checar

Para a ação de checagem na gestão de um sistema de esgotamento sanitário, consideram-se as seguintes ações necessárias:

- Criar gráficos de Pareto das comparações dos dados e das correlações;
- Organizar as ETE por problemas mais relevantes;

4.2.4 Ação

Por fim, com os gráficos de Pareto e com a ordenação das ETE por problemas desenvolvidos, a definição da ETE para atuação nos Módulos 2 e 3 poderá ser avaliada e determinada.

Como o Módulo 01 trata de uma forma geral o contexto do sistema de esgotamento sanitário de todas as estações de tratamento de esgoto em estudo, deverá ser considerado que o mesmo sempre deverá ser retroalimentado para que se tenha de uma forma objetiva um diagnóstico do sistema.

4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 02

Após a aplicação do método PDCA e escolha da Estação de Tratamento de Esgoto é necessário a definição do macro sistema, ou seja, componentes do Módulo 02 da área de contribuição da estação.

A análise dos componentes do Módulo 02 proposta deve seguir o fluxograma apresentado na Figura 26.

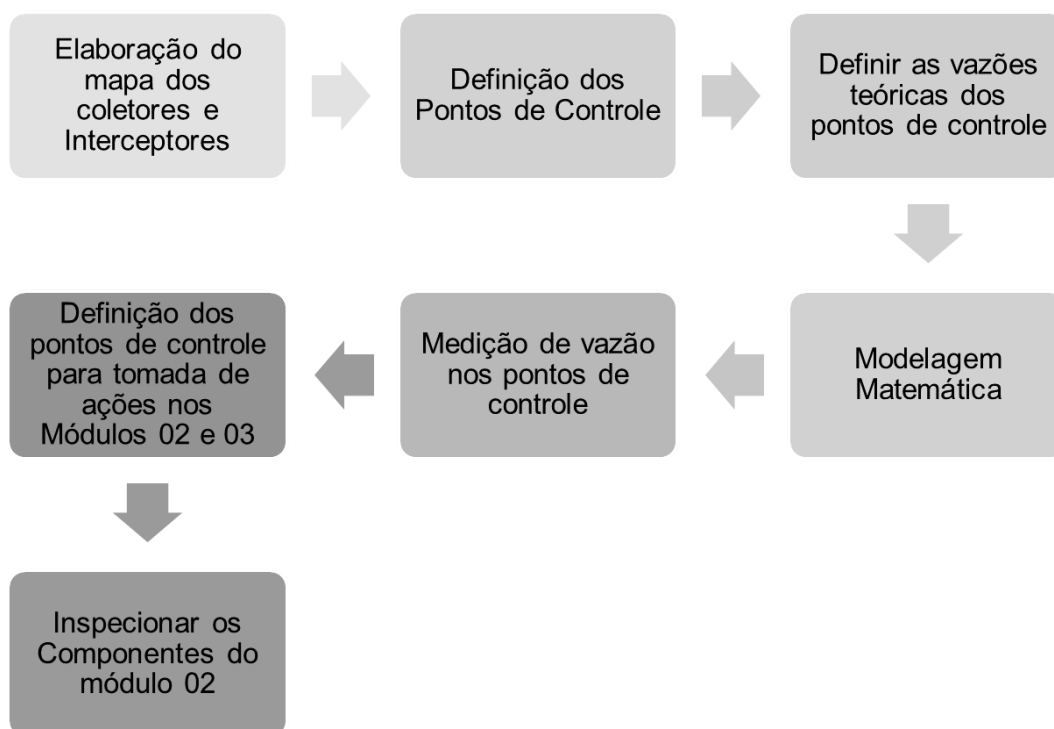


Figura 26 - Fluxograma dos processos do Módulo 02.

As atividades relacionadas na Figura 26 são detalhadas na sequência.

4.3.1 Elaboração do mapa dos coletores e Interceptores

Para o início da aplicação do Módulo 02 é necessária a identificação de qual tubulação será considerada como interceptor, coletor tronco e rede coletoras secundárias. A elaboração do mapa dos coletores e interceptores seguirá o fluxograma das ações apresentadas na Figura 27.

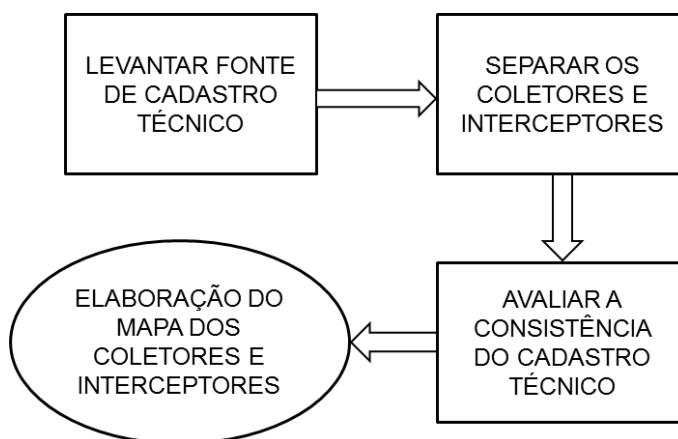


Figura 27 - Fluxograma para desenvolvimento do mapa dos coletores e interceptores.

Como os SES em regiões metropolitanas contam com grandes extensões de redes e a quantidade de redes enquadradas na classificação de coletores e interceptores é relativamente elevada para a realização das atividades do Módulo 02, principalmente nas atividades de campo que dependem da quantidade de equipes disponíveis, é necessária a definição de um diâmetro mínimo a partir do qual será realizada a aplicação do Módulo 02. A Tabela 2 é uma proposta para a escolha do diâmetro mínimo inicial dos coletores e interceptores a partir da área de contribuição do sistema coletor de esgoto da ETE em estudo, podendo ser adaptada, de acordo com a realidade do SES estudado e disponibilidade de equipes.

Tabela 2 - Definição do diâmetro mínimo inicial para elaboração do mapa dos coletores e interceptores.

Área de contribuição da ETE (km²)	Diâmetro mínimo inicial para coletor e interceptor (mm)
> 150	>= 400
>100 <= 150	>= 300
> 20 <= 100	>= 250
<= 20	>= 200

As tubulações com diâmetros menores que as apresentadas na Tabela 2 e que não tenham a característica de coletores e interceptores deverão ser consideradas como redes coletoras de esgoto secundárias.

As principais ações para elaboração do mapa dos coletores e interceptores são:

- Levantar fonte de cadastro técnico;
Buscar as informações atualizadas do cadastro técnico da estação de tratamento de esgoto.
- Separar os coletores Troncos e Interceptores;
Com as informações do cadastro técnico deverão ser demarcadas as principais redes que atendem o sistema, utilizando *softwares* de desenho (*AutoCad*) ou de *GIS* (*ArcGis*) ou similares, onde se definirão os coletores-tronco, interceptores, linha de recalque e as estações elevatórias.

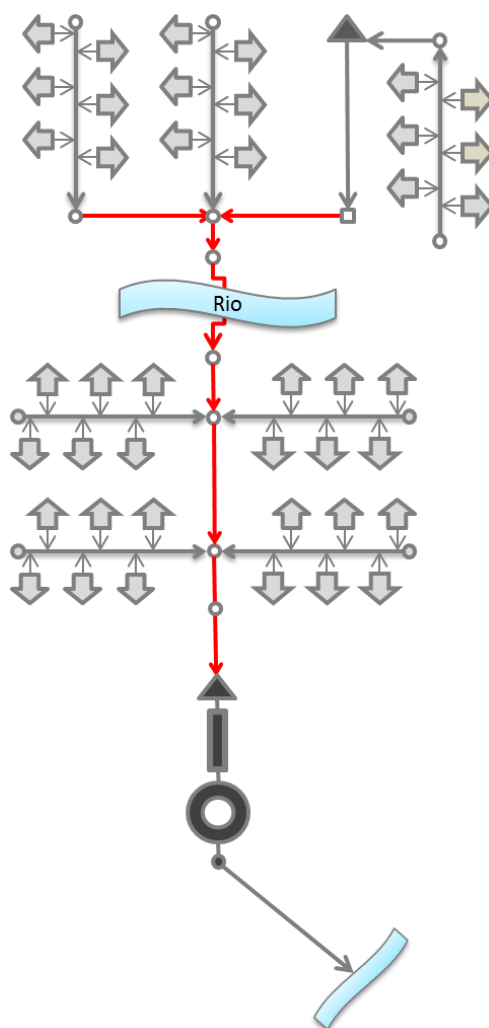


Figura 28 - Ilustração da divisão dos coletores-tronco e interceptores (destacados em vermelho) de um SES.

Na Figura 28 é demonstrado um exemplo de separação dos coletores e interceptores de um SES, os quais foram destacados com linhas de cor vermelha.

- Avaliar a consistência do cadastro técnico.

Após a separação dos componentes do macro sistema e de acordo com o grau de complexidade é necessário avaliar se o cadastro técnico aponta alguma inconsistência, tais como: descontinuidade da tubulação, alteração de diâmetros do maior para menor ao longo de um trecho, falta de informações, como tipo do material, ano da rede.

Caso na avaliação sejam apontadas divergências cadastrais, essas devem ser corrigidas.

4.3.2 Definição dos Pontos de Controle

Com os principais componentes definidos do Módulo 02 se avançará na definição das sub-bacias de esgotamento sanitário para acompanhamento das vazões de esgoto, conforme a Figura 29.

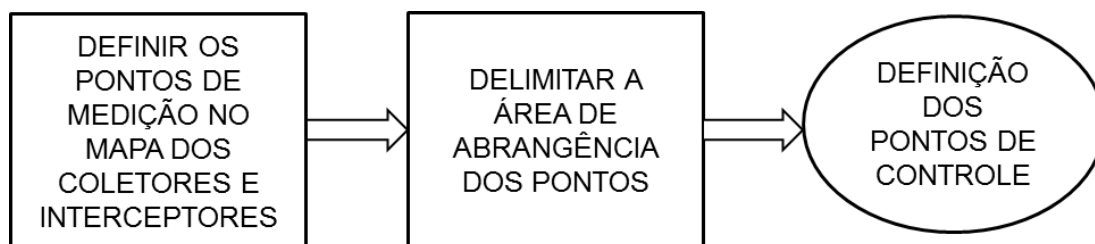


Figura 29 - Fluxograma para definição dos pontos de controle.

- Definir os pontos de medição no mapa dos coletores e interceptores;

Os pontos de medição ou pontos de controle representa os poços de visitas nos coletores e/ou interceptores que recebem a instalação do medidor de vazão na tubulação da rede conforme é ilustrado na Figura 30.

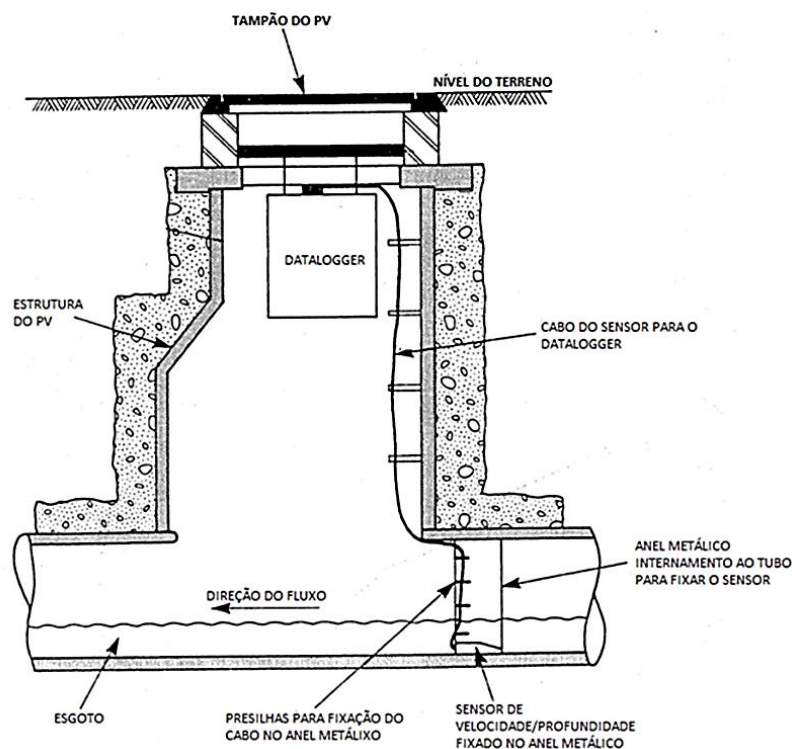


Figura 30 - Desenho esquemático de um Ponto de Medição ou Ponto de Controle.
FONTE: Adaptado de WRC (1987).

Para a definição da quantidade de pontos de controle no um sistema coletor de uma ETE deve-se inicialmente conhecer a área em quilômetros quadrados (km²) da abrangência do sistema coletor da estação para na sequência com auxílio da Tabela 3 calcular a quantidade de pontos conforme fórmula sugerida a seguir.

$$\text{Quant de Pontos} = \frac{\text{Área da ETE}}{\text{Área do Ponto}} \text{ (un)} \quad (5)$$

Onde:

Quant de Pontos= Quantidade de pontos de controle na área da ETE.

Área da ETE = Área de abrangência do sistema coletor da estação de tratamento de esgoto;

Área do Ponto = Valor da área de influência média dos pontos de controle conforme a área de abrangência do sistema coletor da ETE em estudo na Tabela 3.

Tabela 3 - Valor da área do ponto de controle de acordo com a área de abrangência da ETE.

Área de contribuição da ETE (km²)	Área do ponto (km²)
>= 100	10
> 40 <= 80	8
>15 <= 40	6
<= 15	3

Os valores das áreas dos pontos apresentados na Tabela 3 de acordo com a área de contribuição da ETE foram definidos considerando as condições hidráulicas apresentadas na Figura 10 do capítulo 02, que considera a faixa aceitável para medição a faixa c e um diâmetro mínimo de 225 mm. Portanto, para a definição de uma área mínima do ponto de medição foi considerado o dimensionamento de um coletor de diâmetro de 300 mm, com declividade mínima e lâmina líquida máxima de 75%, que resulta numa vazão máxima de 29,5 L.s¹. Considerando a densidade média demográfica da cidade de Curitiba (40,3 hab/ha) (IBGE, 2010), a área de contribuição para esse coletor é de aproximadamente 3 km², considerada a área mínima de cobertura de um ponto de medição.

Observa-se que a operadora deverá também avaliar a quantidade de equipamentos disponíveis de medição de vazão, sejam próprios e/ou de terceiros, para a programação e quantificação da divisão das áreas de medição.

Com a quantidade de pontos calculados e com as informações de disponibilidade de equipamentos pela operadora, o responsável pelo projeto deverá

proceder a divisão dos coletores e interceptores usando as delimitações das sub-bacias de esgotamento e de uma forma que se permita a realização da campanha de medição simultânea entre os pontos de controle.

- Delimitar área de abrangência dos pontos.

Com o ponto de controle definido é necessária a delimitação da área de abrangência da medição. Para tanto, é utilizado todo o traçado da rede coletora de esgoto secundária para que se possa desenhar a área total de influência de cada ponto.

Na Figura 31 é apresentado um exemplo de alocação dos pontos de controle denominados de ponto de controle “A” e ponto de controle “B” em um esquema do SES. A delimitação deve considerar o critério das áreas médias dos pontos de controle da Tabela 3 conforme a área da ETE.

No desenvolvimento da delimitação da área do ponto de controle orienta-se o início da delimitação no interceptor de entrada da ETE percorrendo-se os limites de contribuição do sistema coletor até se atingir a área média do ponto de medição. Alcançando-se essa área deve-se definir o próximo ponto de controle no coletor ou interceptor. Assim, repete-se o processo até finalizar a quantidade de pontos de controle definida.

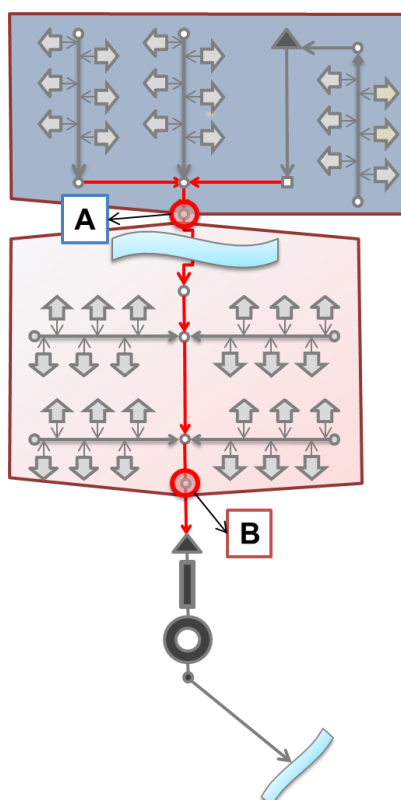


Figura 31 - Exemplo de delimitação dos pontos de controle em um SES.

Para facilitar a quantificação das vazões no próximo item, é aconselhável a montagem de um fluxograma dos pontos de controle que objetiva visualizar em qual momento somam-se as vazões totais dos pontos de controle. Por exemplo, na Figura 31 a vazão teórica calculada do ponto “A” entra na área do ponto “B” e assim o total da vazão teórica do ponto “B” é a vazão calculada de sua área mais a vazão da área do ponto “A”.

4.3.3 Definir as vazões teóricas dos pontos de controle

Após a delimitação das áreas de abrangência dos pontos de controle é necessário conhecer as vazões teóricas das mesmas, sendo para a caracterização das mesmas a execução do fluxograma da Figura 32.

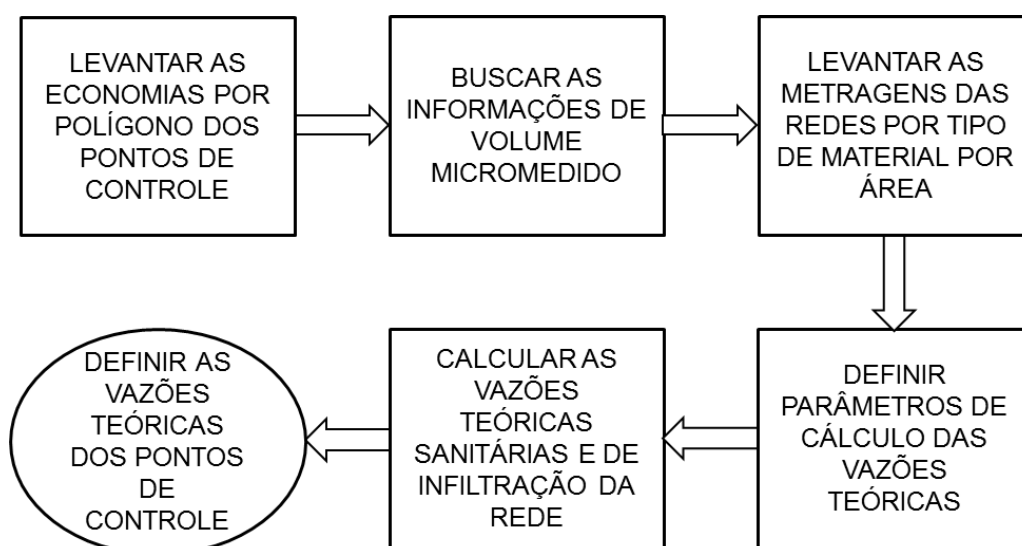


Figura 32 - Fluxograma para definir as vazões teóricas dos pontos de controle.

- Levantar as economias por polígono dos pontos de controle;

Para o levantamento das economias sugere-se utilizar o *software ArcGis* que por meio das ligações do SES espacializadas dentro da área de abrangência da ETE, permite a separação das economias por área de influência dos pontos de controle.

Em situações em que não se tenham as ligações espacializadas, o responsável pelo projeto poderá obter os dados através da separação das ligações em um banco de dados e que possa demarcar a qual área dos pontos de controle pertence.

Outra forma possível de coletar informações das ligações por ponto de controle é por meio da separação dos trechos dos logradouros, com números de início e fim de cada lado, que pertencem a cada área de abrangência do ponto de controle, com auxílio de uma ferramenta GIS. Na sequência, com auxílio de ferramenta de banco de dados, relacionam-se os trechos dos logradouros com os logradouros de um banco de dados das ligações e assim define-se para qual ponto de controle as ligações pertencem.

- Buscar no banco de dados das ligações as informações de volume micromedido⁷ médio referente às economias residenciais dentro da área de influência dos pontos de controle;

- Levantar as metragens das redes por tipo de material por área de abrangência dos pontos;

Para a determinação da vazão de infiltração da área de abrangência, é necessário executar um levantamento das metragens de tubulações, separando-as por tipo de material. Para os materiais deverá ser realizada uma separação dos materiais que utilizam juntas elásticas e os que utilizam junta argamassada. Caso não seja possível realizar a separação considerando o tipo de junta, a separação poderá ser entre os materiais cerâmicos, considerando-os de juntas argamassadas e os materiais de PVC, concreto e ferro, sendo-os de juntas elásticas.

Para o levantamento das metragens das redes por ponto de controle, o cadastro técnico das redes coletoras, coletores e interceptores devem estar lançados no mapa dos pontos de controle de acordo com a área de abrangência de cada ponto.

Com o cadastro técnico das redes distribuídos em cada polígono dos pontos de controle faça-se a extração das extensões de rede, com auxílio de ferramenta GIS ou de desenho técnico, e convertendo as informações para forma de planilha ou banco de dados.

Em situações em que não se tenha o cadastro técnico do sistema digitalizado, a contagem das extensões deverá ser a partir de mapas analógicos.

⁷ Volume micromedido: volume registrado e fornecido através de um medidor de água, num determinado ciclo de venda que é aproximadamente 30 dias (PARANÁ, 1988).

- Definir parâmetros de cálculo das vazões teóricas;

Como o cálculo da vazão de esgoto é constituído de vazão sanitária e mais a parcela da vazão de infiltração, há necessidade de definição de alguns parâmetros, sendo:

- Vazão sanitária:

Coeficiente de retorno: taxa que representa a quantidade do volume micromedido da economia que retornou para o sistema de esgotamento sanitário.

Submedição: no volume micromedido podem ocorrer problemas de contabilização de volumes, como por exemplo: falha na medição em baixas velocidades do fluxo da água. Assim é necessário atribuir uma taxa de submedição no volume micromedido.

Segundo Pereira (2007) a submedição refere-se à incapacidade de medição com exatidão de um determinado hidrômetro quando operado em vazões extremamente baixas. De acordo com Sanchez (2000), no Brasil, o índice de submedição de água varia na faixa de 8% a 23%.

Para Nielsen (2001) foi constatado, em Curitiba – PR, no ano de 1997, que as perdas ocasionadas por erros negativos de medição nos hidrômetros (submedição) eram as mais significativas, estando até, no mesmo patamar de importância das perdas por vazamentos.

Vale observar que é importante a consideração do fator de submedição no cálculo da vazão sanitária, uma vez que os cálculos utilizam informações dos volumes micromedidos nos hidrômetros e a não consideração desse fator poderá incorrer em cálculo subestimado vindo a não representar uma realidade do sistema.

Nesta metodologia sugere-se a utilização do valor de 15% na submedição e em situações que não se pretende atribuir a perda de submedição no volume consumido, o mesmo deve ser considerado com valor “0”.

- Vazão de infiltração:

Para determinação da taxa de infiltração há necessidade de dividir em dois grupos de material utilizado, ou seja, o grupo das tubulações cerâmicas que em sua maioria eram de juntas argamassadas e o grupo de materiais em PVC, Ferro, Concreto entre outros que na sua maioria são de juntas elásticas.

Segundo a NBR 9649, a taxa de contribuição de infiltração depende de condições locais, tais como: nível de água do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado. A

NBR 9649 orienta que o valor da taxa de infiltração adotada esteja na faixa de 0,05 a 1,0 L.s⁻¹.km⁻¹ e devidamente justificada.

- Calcular as vazões teóricas sanitárias e de infiltração da rede.

Para o cálculo da vazão sanitária ($Q_{\text{sanitária}}$) são considerados os volumes micromedidos, das economias por polígono, atribuídos o coeficiente de retorno e a submedição.

$$Q_{\text{sanitária}} = \frac{V_{\text{micromedido}} \cdot C_{\text{retorno}} \cdot \left(\frac{1}{1 - \text{Submedição}} \right)}{86400} \text{ (L.s}^{-1}\text{)}, \quad (6)$$

Onde:

$V_{\text{micromedido}}$ = Total de volume medido, em litros por dia, das economias residenciais (L.dia⁻¹);

C_{retorno} = Coeficiente de retorno ao sistema de esgotamento sanitário;

Submedição = Percentual de submedição na micromedição do sistema de abastecimento de água.

Para a estimativa da vazão de infiltração são utilizadas as metragens das tubulações por tipo de junta e/ou tipo de material aplicando-se as taxas de infiltração:

$$Q_{\text{infiltração}} = \text{Rede}_{\text{elástica}} \cdot \text{Tx Inf}_{\text{elástica}} + \text{Rede}_{\text{Junta arg}} \cdot \text{Tx Inf}_{\text{junta arg}} \text{ (L.s}^{-1}\text{)} \quad (7)$$

Onde:

$\text{Rede}_{\text{elástica}}$ = extensão total de rede em junta elástica e/ou material do tipo PVC, concreto, ferro e PEAD (m);

$\text{Tx Inf}_{\text{elástica}}$ = taxa de infiltração para junta elástica e/ou material do tipo PVC, concreto, ferro e PEAD (L.s⁻¹.m⁻¹);

$\text{Rede}_{\text{Junta arg}}$ = extensão total de rede em junta argamassada e/ou material do tipo Cerâmico (m);

$\text{Tx Inf}_{\text{junta arg}}$ = taxa de infiltração para junta argamassada e/ou material do tipo Cerâmico (L.s⁻¹.m⁻¹).

Com as vazões sanitárias e de infiltração de cada ponto de controle calcula-se a vazão total de contribuição dos pontos e total da estação de tratamento de esgoto.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{sanitária}} + Q_{\text{infiltração}} \text{ (L.s}^{-1}\text{)} \quad (8)$$

4.3.4 Modelagem Matemática

Para um diagnóstico do macro sistema, referente à capacidade de transporte da tubulação, utiliza-se a modelagem matemática, que permite uma simulação das vazões máximas do sistema e avaliação de quais tubulações extrapolam a sua capacidade de transporte.

Para Lanna et al.⁸ (1997 citado por Amaral, 2003) os modelos de simulação permitem a elaboração e o desenvolvimento de um sistema que através de um conjunto de informações de entrada, além de regras de decisão, permite ao desenvolvedor obter resultados de diversos cenários modelados de um sistema existente ou de um sistema projetado.

Para o desenvolvimento da modelagem matemática serão elaboradas as seguintes atividades apresentadas na Figura 33.

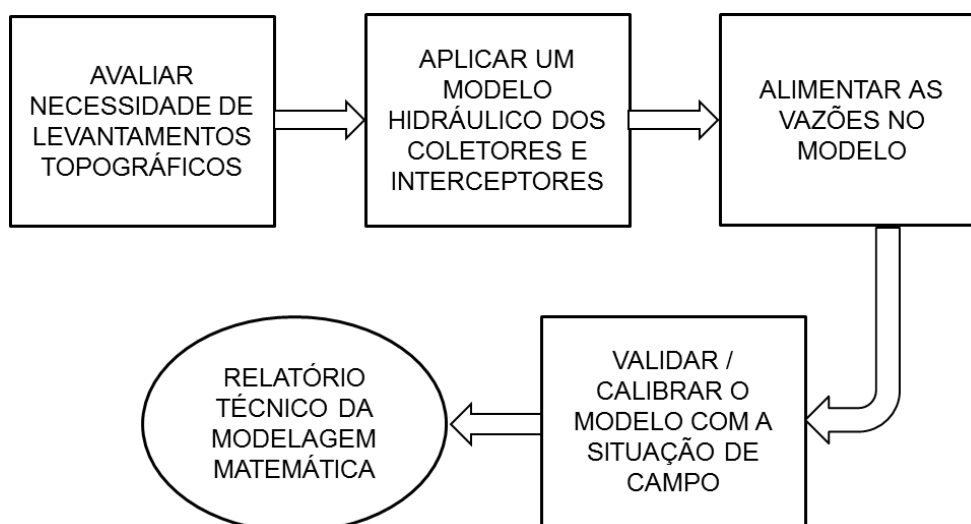


Figura 33 - Fluxograma para elaboração da Modelagem Matemática.

- Avaliar necessidade de levantamentos topográficos.

Antes do lançamento do cadastro técnico dos coletores e interceptores no modelo matemático, é necessário avaliar se as informações topográficas da rede estão corretas.

Na avaliação da topografia deve-se verificar se as cotas são relativas e/ou absolutas ao nível do mar e caso tenham cotas relativas às mesmas devem ser

⁸ LANNA, R. L., et al.. **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**, Editora da Universidade/UFRG, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.

transportadas para cota absoluta. Outra avaliação é se as redes estão sem informações de cotas e com declividades invertidas.

- Aplicar um modelo hidráulico dos coletores e interceptores.

A aplicação da modelagem hidráulica consiste na entrada de dados técnicos dos componentes dos coletores e interceptores e das ligações em um *software* apropriado podendo ser construído em escala real ou de forma esquemática. Nas situações em que a operadora já utilize um modelo hidráulico, o mesmo deverá estar atualizado com as características operacionais atuais do sistema.

Na construção do modelo, os mapas dos coletores e interceptores devem estar com as informações das cotas do terreno e do fundo dos poços de visita (PV), tipo do material e diâmetro das tubulações.

Após o lançamento das tubulações, deve-se realizar um pré-processamento para aferir as informações das tubulações e junções, tais como, diâmetros, declividades e cotas altimétricas. Identificada qualquer inconsistência, os dados deverão ser corrigidos antes da alimentação do modelo com as vazões sanitárias e de infiltrações.

- Alimentar as vazões no modelo.

Com os trechos (tubulações) e nós (PV) do modelo lançados e validados é necessário alimentar o modelo matemático com as vazões das economias residenciais, obtidas no banco de dados. Também é necessário o volume micromedido, juntamente com as vazões de infiltração por trechos de acordo com o tipo de junta e/ou tipo de material. Os parâmetros de cálculo e fórmulas de vazões podem ser obtidas no item anterior “Definir as vazões teóricas dos pontos de controle”.

- Validar e calibrar o modelo com a situação de campo.

Para auxiliar no processo de validação e calibração, os poços de visita definidos como pontos de controle devem ser demarcados nos nós do modelo matemático.

O desenvolvedor do modelo primeiramente validará a simulação comparando-se os dados de vazão teórica dos pontos de controle com os dados medidos em campo. Caso não seja validado o modelo o mesmo deverá ser calibrado com adequações nas alimentações das vazões conforme as medições verificadas em campo e após esse procedimento passa-se ao diagnóstico do diagnóstico do cenário atual do SES.

Com a calibração realizada e processada é verificada novamente a validação do mesmo e essa se confirmando parte-se para a elaboração do relatório final do diagnóstico.

Caso não seja possível realizar a calibração do modelo, o desenvolvedor necessitará retornar ao processo de desenvolvimento do modelo para verificar algum parâmetro lançado incorretamente.

Após a validação e calibração do modelo é possível realizar o relatório final da modelagem com o diagnóstico das tubulações com relação a sua capacidade atual e propor melhorias e/ou reforços de tubulações do macro sistema.

4.3.5 Medição de vazão nos pontos de controle

A partir dos pontos de controle definidos se faz necessária a medição de vazão em campo através de campanhas de medição. Esse item será composto das seguintes fases apresentadas na Figura 34.

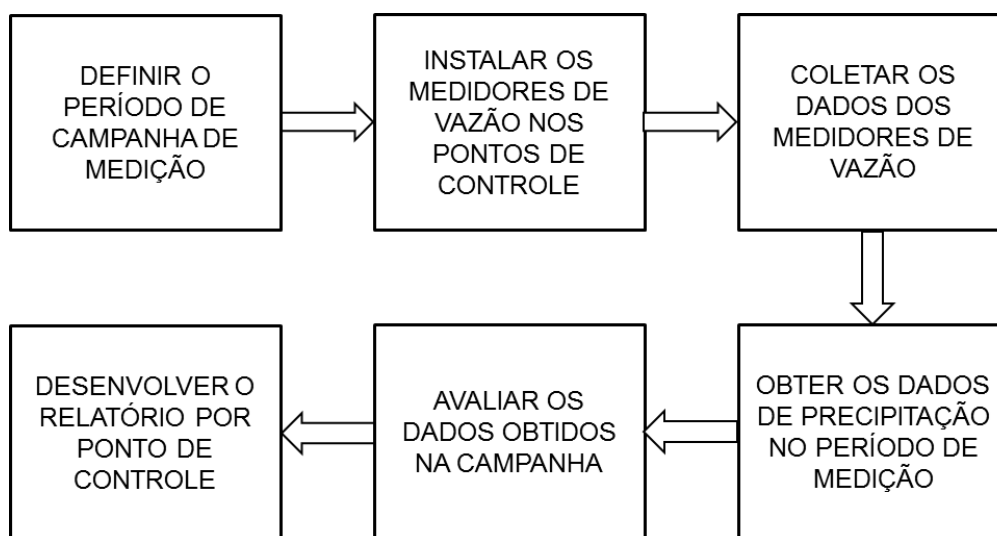


Figura 34 - Fluxograma de atividades da medição de vazão nos pontos de controle.

- Definir o período de campanha de medição;

No planejamento da definição do período de medição é necessário primeiramente estudar os históricos climáticos na região do projeto. Para obter informações satisfatórias, é aconselhável definir um período do ano em que ocorram tempos secos e chuvosos, em intervalos curtos de tempo, entre 15 a 30 dias.

Experiências praticadas no município de Curitiba apontam que o período mínimo para uma campanha de medição é de quinze dias. Em casos onde o período mínimo não consiga abranger as duas situações, a campanha deverá ser prolongada.

No planejamento da instalação dos medidores de vazão nos pontos de controle, os intervalos de medição devem ser planejados, de forma que a coleta dos dados ocorra simultaneamente. Esse procedimento facilita a utilização dos dados na calibragem e validação do modelo matemático utilizado.

- Instalar os medidores de vazão nos pontos de controle;

Para a instalação dos medidores de vazão nos poços de visitas (pontos de controle) tem se duas fases: primeira de avaliação do local de instalação e a segunda de preparação e instalação do equipamento.

Na fase de avaliação do local de instalação é realizada uma verificação do poço de visita, para definir se ele se encontra afogado ou não e se está em condições de segurança, de acordo com NR-33 (BRASIL, 1943), para a descida do operador em espaço confinado. Após a descida, é avaliada a situação de assoreamento da tubulação e se o fluxo do efluente apresenta algum tipo de turbulência.

Na segunda fase, é feita a preparação do equipamento, que deve ser programado com informações do ponto de controle (poço de visita) tais como: diâmetro da tubulação, endereço de localização e número do ponto de controle.



Figura 35 - Foto da descida do operador para a instalação do medidor de vazão.
Fonte: SANEPAR (2012)

Após a programação, é realizada a descida do operador (Figura 35), com o medidor de vazão no poço de visita, onde se instala o anel de fixação com o sensor. Neste momento, é realizada uma calibragem do aparelho a partir do nível do efluente em campo.

- Coletar os dados dos medidores de vazão;

Com o período de campanha definido, a coleta dos dados no medidor de vazão deverá ter uma periodicidade semanal.

Durante a coleta é importante verificar se o registrador de dados está armazenando as informações. Caso ocorra falha no registro dos dados deverá ser identificado o problema (equipamento registrador sem bateria, com defeitos ou outro) e o problema deve ser sanado o mais rápido possível.

- Obter os dados de precipitação no período de medição;

Para uma análise dos dados coletados levando em consideração as condições climáticas, deve-se pesquisar uma estação meteorológica dentro da área de estudo. As estações meteorológicas disponíveis no Brasil poderão ser obtidas através do sítio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme o exemplo do mapa apresentado no Capítulo 3.

Como o registro das informações registradas no medidor de vazão é realizado em intervalos curtos de tempo, geralmente de 5 a 10 minutos, aconselha-se ter os dados de precipitações nos mesmos intervalos do equipamento ou intervalos próximos.

- Avaliar os dados obtidos na campanha;

Após os dados de medição de vazão serem coletados é necessário realizar uma avaliação das medições de velocidade e nível do efluente, para verificar a consistência dos dados obtidos.

Existem alguns critérios adotados pela SANEPAR de avaliação dos dados registrados, sendo os mesmos identificados de acordo com as codificações que seguem (SANEPAR, 2012):

- S1 – Dados registrados adequadamente em sistema operando em situação normal;
- S2 – Sistema operando em fase de transição (seção plena x afogamento);
- S3 – Dados com seção afogada;

- R – Dados em que o nível foi medido adequadamente, mas a velocidade não foi determinada (velocidade = 0) em seção não afogada;
- I1 – Problema com bateria ou equipamento (nível = 0 e velocidade = 0) ou nível < 0; e
- I2 – Nível abaixo da sonda registrando nível fixo.

Com a classificação dos dados de acordo com as codificações apresentadas, avaliam-se os dados registrados na campanha de medição considerando as seguintes condições:

- ✓ Soma de todos os dados codificados nas situações S1, S2 e S3, representa no mínimo 60% do total dos dados registrados (considerando somente período seco dentro da campanha);
- ✓ Dados registrados na condição I1 e I2 deverão ser descartados;
- ✓ Dados registrados na condição R avaliar atribuição de vazão por similaridade de níveis.

Outra avaliação que deverá ser realizada é por meio da plotagem dos dados registrados nas categorias S1, S2, S3 e R no gráfico de avaliação dos locais de monitoramento, conforme apresentado na Figura 10. Nesta avaliação, os dados deverão estar preferencialmente na faixa denominada com a letra “c”, pois representa a faixa aceitável de profundidade do efluente, com tamanho de tubulação e velocidade para monitoramentos precisos.

- Desenvolver o relatório por ponto de controle.

O relatório por ponto de controle inicialmente apresentará informações cadastrais do ponto de medição, tais como: endereço da instalação, dados e condições estruturais do poço de visita e da tubulação, informações do medidor de vazão, croqui de localização e registros fotográficos da instalação.

O relatório deverá ter os resumos das vazões, volumes totalizados e nível do efluente, considerando dados diários, de vazão e de nível, mínimos, médios e máximos, sendo apresentados em tabelas e gráfico. No gráfico, serão apresentadas as vazões máximas, médias e mínimas de cada dia da campanha. É aconselhável plotar juntamente com os dados de vazão também os dados de precipitação de chuva de acordo com os dias de ocorrência.

Na conclusão do relatório, elabora-se um resumo diário dos dados medidos, conforme tempos de gravação, das vazões e volumes por dia, em forma de apresentação gráfica e de tabela.

4.3.6 Definição dos pontos de controle para tomada de ações nos Módulos 02 e 03

Com as vazões teóricas calculadas e as vazões medidas em campo, a próxima fase é da definição e ordenação dos pontos de controle mais críticos. Para tanto, faz-se necessária uma comparação entre as vazões que permita uma definição efetiva do ponto de controle em condição mais crítica.

A Figura 36 demonstra as atividades para obter o resultado de comparação das vazões teóricas com as medidas em campo.

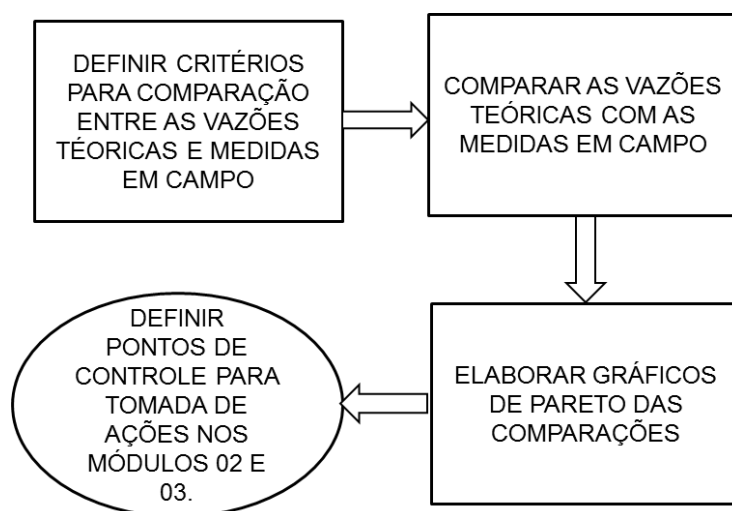


Figura 36 - Fluxograma para obter a comparação das vazões teóricas com as medidas em campo.

- Definir critérios para comparação entre as vazões teóricas e medidas em campo;

Os critérios para a comparação consideram os dados de precipitações no período de avaliação e a qualidade dos dados medidos no medidor de vazão.

Para as comparações, é necessária a definição dos períodos secos, chuvosos e úmidos da campanha. Para esta definição dos períodos será utilizada a metodologia proposta por Metcalf e Eddy (1991 citado por FESTI, 2006) o qual sugere parâmetros para a classificação do dia chuvoso significativo, dia úmido, dia chuvoso não significativo e dia seco.

Segundo Festi (2006) a metodologia proposta classifica os dados obtidos de eventos de chuvas de acordo com as condições apresentadas no parágrafo anterior e exemplificadas no Quadro 2.

Evento	Simbologia	Descrição
Chuvoso significativo	C	Precipitação total diária superior a 10 mm.
Chuvoso não significativo	N	Precipitação total diária superior a 4 mm e inferior a 10 mm.
Úmido	U	Dois dias subsequentes às datas de ocorrência de qualquer evento chuvoso significativo
Seco	SE	Todos os dias que não se enquadram nas três classificações anteriores e que apresentaram precipitação inferior a 4 mm.

Quadro 2 - Classificação dos dias de campanha de medição conforme os eventos de chuva. FONTE: Adaptado de Metcalf e Eddy (1991 citado por FESTI, 2006)

Para poder priorizar os pontos de controle, para fazer uma ação nos Módulos 02 e 03, primeiramente realizam-se duas comparações por ponto de controle, a do tipo “A” e do tipo “B”, e em seguida somam-se as duas comparações com a atribuição de pesos diferenciados para as mesmas.

Na sequência, apresentam-se os dois tipos de comparações, sendo:

Comparação tipo “A”: Comparação no período de 0:00 às 23:59 horas das médias dos dados (somente classificados na condição S1) nos dias com evento seco, conforme critérios do Quadro 2, com os dados de um dia em que ocorreu evento de precipitação. Nesta comparação, avaliam-se quais os pontos de controle que recebem maior incremento de vazão durante o evento de precipitação do dia selecionado.

Comparação tipo “B”: Comparação da média dos dados (somente classificados na condição S1) dos dias com evento seco, conforme critérios do Quadro 2, com a vazão média teórica calculada por ponto de controle. Nesta comparação avaliam-se quais os pontos de controle que recebem uma vazão média menor ou maior que a teórica, ou seja, se o ponto de controle não está recebendo a vazão de esgoto estimada para a área ou está recebendo uma vazão de esgoto superior à teórica.

- Comparar as vazões teóricas com as medidas em campo

Com as comparações tipo “A” e “B” definidas, comparam-se as vazões teóricas com as medidas em campo, de cada ponto de controle, conforme as orientações descritas no item acima.

- Elaborar gráficos de Pareto das comparações;

Com as comparações realizadas, é necessário organizar os pontos de controles de acordo com o grau de relevância dos resultados, que é realizado com auxílio do gráfico de Pareto.

A elaboração do gráfico de Pareto será individual para cada tipo de comparação realizada, ou seja, um gráfico para a comparação tipo “A” e outro para comparação tipo “B”.

- Definir pontos de controle para tomada de ações no Módulo 02 e 03.

Com os gráficos de Pareto e com a definição dos pontos de controles mais críticos selecionados na curva ABC, o próximo passo é definir quais dos pontos de controle serão priorizados para tomada de ações no Módulo 02 e 03.

Na sequência atribuem-se pesos diferentes para cada tipo de comparação mencionado acima, ou seja, na comparação tipo “A” o peso será de 0,4 e para a comparação tipo “B” o peso será de 0,6. Esses pesos foram definidos de acordo com a relevância que o tipo de comparação tem com relação ao impacto no meio ambiente, por exemplo, na comparação do tipo “B” caso a vazão medida seja menor que a vazão teórica, pode ser que esta vazão faltante não esteja sendo coletada pelo sistema e conseqüentemente esteja sendo destinada para a coleta no sistema de drenagem de águas pluviais ou lançada diretamente nos corpos de água.

Para a definição dos pontos de controle a fórmula de cálculo será da seguinte forma:

$$Def_{\text{ponto de controle}} = Comp_{\text{tipo A}} \cdot 0,4 + Comp_{\text{tipo B}} \cdot 0,6 \quad (9)$$

Onde:

$Def_{\text{ponto de controle}}$ = Definição do ponto de controle, que representa a soma das porcentagens das comparações por ponto de controle;

$Comp_{\text{tipo A}}$ = Classificação do ponto de controle no gráfico de Pareto da comparação tipo “A”, considerando porcentagem representativa do ponto de controle em relação ao total;

$Comp_{\text{tipo B}}$ = Classificação do ponto de controle no gráfico de Pareto da comparação tipo “B”, considerando porcentagem representativa do ponto de controle em relação ao total.

4.3.7 Inspeccionar os Componentes do Módulo 02

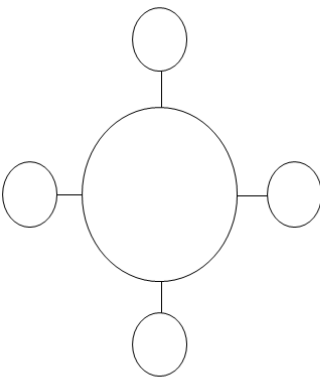
Com os pontos de controle classificados e definidos para fazer uma ação a próxima fase será de inspeccionar os componentes do Módulo 02, ou seja, vistoriar os coletores, interceptores sifões e poços de visitas.

O planejamento da inspeção se dará prioritariamente nas áreas dos pontos de controle críticos apontados no item de “Definição dos pontos de controle para tomada de ações nos Módulos 02 e 03”.

Na fase de planejamento da inspeção é necessário o levantamento dos dados da situação operacional e de manutenção das áreas críticas.

Nas áreas a serem vistoriadas que permitem a subdivisão do macro sistema é possível realizar medições das vazões prévias que permitem um melhor direcionamento da inspeção.

A inspeção consistirá na avaliação da situação estrutural dos componentes do Módulo 02. A Figura 37 mostra um formulário que auxiliará no *check-list* dos principais itens estruturais a serem avaliados na vistoria, já adotado pela SANEPAR (SANEPAR USEG, 2013).

INSPEÇÃO DE PV DE COLETORES		Vazão			
Data: ____/____/____ Hora: _____		Minima (1/4)	Média (1/2)	Máxima (3/4)	Plena
Nome do Coletor: _____		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PV: _____ Folha: _____ PV de Jusante: _____		Profundidade do PV: _____m			
Endereço: _____		O PV está limpo? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
PV encontrado Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>		Qual o tipo de sujeira?			
PV tipo: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>		Pedra	Areia	Gordura	Material Orgânico
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Outro (especificar) _____			
		A chaminé do PV está no eixo? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		A chaminé do PV está inclinada? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Existe infiltração? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Em que local?			
		Junta dos Anéis	Chegada do Tubo	Fundo do PV	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Existe extravasor? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Existe GAP interligada ao coletor? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		O PV possui bancada? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		O fundo possui almofada adequada? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Possui degrau? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Altura do degrau: _____m			
		Possui tubo de queda? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
		Altura do tubo de queda _____m			
		Diâmetro da Tubulação _____mm			
		Material da tubulação _____			
		Montante			
		Cerâmica	Concreto	PVC	FD
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		PEAD	PRFV		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Jusante			
		Cerâmica	Concreto	PVC	FD
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		PEAD	PRFV		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		CROQUI			
		SIM <input type="checkbox"/> FEITO <input type="checkbox"/>			
		ESTATÍS.			
		FEITO <input type="checkbox"/>			
VISTORIA EXTERNA					
LOCALIZAÇÃO DO PV					
Passaie	Terço	Eixo	Cruzamento	Estacionamento	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mata	Talude rio	Servidão			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
TRÁFEGO					
Intenso	Médio	Normal	Baixo	Não tem	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TIPO DE TAMPÃO					
FD T55	FD T125	Concreto	Sem Tampão		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
CONDIÇÃO DO TAMPÃO					
Bom	Torto	Quebrado	Lacrado	Solto	Permite infiltração
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
SITUAÇÃO DO TAMPÃO					
Abaixo do Pavimento		Acima do Pavimento		Área de Inundação	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
Erguer: _____m		Rebaixar: _____m			
VISTORIA INTERNA					
SINAIS DE PRESENÇA DE GÁS?					
Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>					
CONDIÇÕES DO ASSENTAMENTO DO CONJUNTO ARO TAMPÃO					
Normal?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
Deslocado em relação a chaminé?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
Possibilita infiltração?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
Apresenta trinca ou rachadura?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
Necessita troca do conjunto?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
CONDIÇÕES INTERNAS DO PV					
O PV está afogado? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>					
					Observações:

					Responsável pela inspeção (Carimbo e Assinatura)

					Supervisor (Carimbo e Assinatura)

Figura 37 - Formulário de preenchimento da vistoria técnica dos componentes do Módulo 02.
Fonte: SANEPAR USEG (2013)

Após as vistorias realizadas, os formulários (Figura 37) deverão ser tabulados em uma planilha que posteriormente possibilitará a elaboração de estatísticas de problemas encontrados.

4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 03

Este capítulo apresenta as ações e processos de diagnósticos para identificação dos possíveis problemas nos componentes do Módulo 03 dentro das áreas dos pontos de controle classificados na metodologia de análise do Módulo 02.

A metodologia de análise dos componentes do Módulo 03 está apresentada no fluxograma de processos na Figura 38. Na sequência, serão detalhadas suas ações.

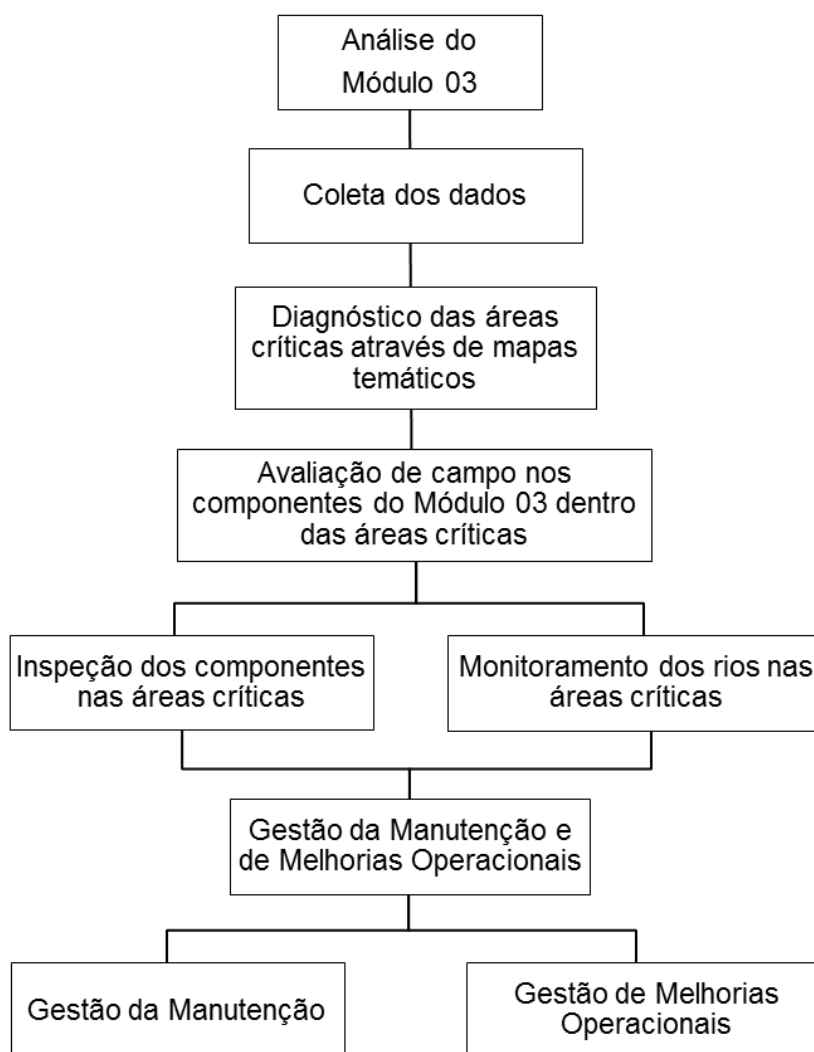


Figura 38 - Fluxograma dos processos no Módulo 03.

4.4.1 Coleta dos Dados

Para análise dos componentes do Módulo 03 faz-se necessário o levantamento dos dados dentro das áreas críticas já definidas para que na

sequência se possa realizar um diagnóstico e planejamento dos locais a serem realizadas as inspeções de campo.

Os dados principais para a realização do diagnóstico e planejamento são:

- Cadastro comercial das ligações prediais de esgoto;
- Situação das ligações prediais de esgoto
- Cadastro técnico do sistema;
- Relação de serviços de manutenção executados na rede coletora de esgoto e nas ligações prediais do SES;
- Codificação do sistema de esgotamento sanitário.

Com os polígonos das áreas de abrangência do ponto de controle crítico deve-se identificar e coletar todas as ligações prediais de esgoto, que compreendem cada área, no cadastro comercial das ligações.

Outra informação a respeito das ligações são os dados da situação das ligações de esgoto que apresentam os resultados de vistorias realizadas nos imóveis das ligações onde apontam se as mesmas encontram-se: ligadas corretamente ou ligadas incorretamente ou não ligadas.

Como o foco do Módulo 03 são as redes coletoras secundárias, devem-se levantar todas as informações por meio do cadastro técnico do sistema, pelo qual será possível levantar os dados de extensão de rede, tipo do material, conexões nas redes e localização espacial da mesma na área de abrangência.

Para auxiliar no diagnóstico é importante que se tenha os dados históricos, de preferência com um período histórico de um ano, das ocorrências registradas de serviços de esgoto atendidos pela manutenção de rede, tais como: conserto de redes, desobstrução de ramais e redes, refluxos de rede entre outros.

4.4.2 Diagnóstico das áreas críticas através de mapas temáticos

Com a coleta de dados realizada, o próximo processo é o desenvolvimento de um diagnóstico das áreas críticas com auxílio de mapas temáticos utilizando os dados do SES. Esse diagnóstico permite uma tomada de decisão mais direcionada para as possíveis causas dos problemas do SES.

Para o desenvolvimento dos mapas temáticos, o ideal é a utilização de softwares de Sistema de Informação Geográfica, por exemplo: ArcGis, que permite a

especialização das informações e possibilita a comparação sobreposta de todas as informações.

Na Figura 39 é apresentado um modelo de sobreposição de mapas com informações diferentes, ou seja, o Mapa 01 apresenta o resultado da sobreposição das informações contidas nos Mapas 02, 03 e 04.

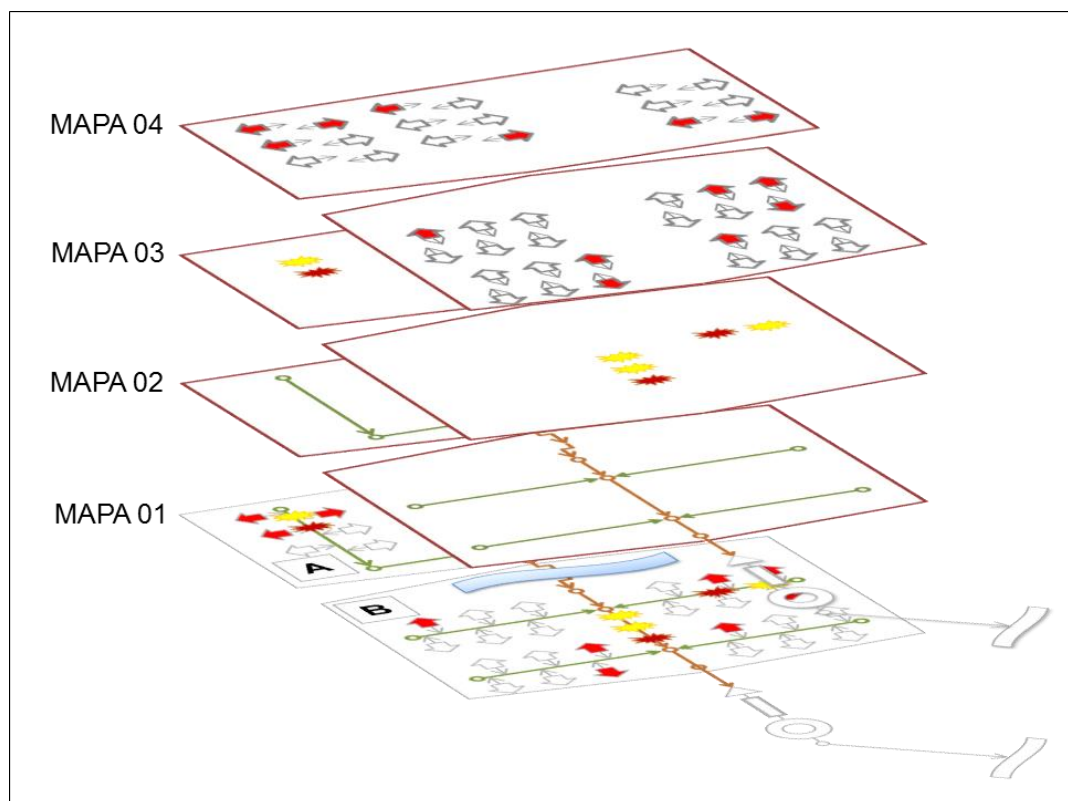


Figura 39 - Exemplo de sobreposição de informações.

Portanto, para o diagnóstico das áreas deverão ser elaborados os seguintes mapas temáticos:

- Mapeamento dos consertos de redes;
- Mapeamento por idade da rede;
- Mapeamento por tipo de material;
- Mapeamento dos refluxos de esgoto;
- Mapeamento da situação das ligações de esgoto.

Com os mapas temáticos criados, o diagnóstico poderá ser realizado com as suas sobreposições e geração de um único mapa, conforme apresentado na Figura 39. Esse mapeamento facilitará a identificação de regiões com o maior índice de

sobreposições, o que pode indicar, por exemplo, regiões com redes antigas com problemas crônicos de consertos de redes, regiões com ligações de esgotos irregulares que apresentam uma maior incidência de refluxos de esgotos nas redes, entre outros.

4.4.3 Avaliação de campo nos componentes do Módulo 03 dentro das áreas críticas

A partir das regiões apontadas pela sobreposição dentro das áreas críticas, o próximo processo é a avaliação de campo dos componentes do Módulo 03 por meio da inspeção dos componentes e pelo monitoramento dos rios e córregos conforme serão detalhados na sequência.

4.4.3.1 *Inspeção dos componentes nas áreas críticas*

Para a inspeção dos componentes nas áreas críticas, os diagnósticos deverão ser independentes, ou seja, um diagnóstico para as redes coletoras secundárias e suas conexões e outro para as ligações prediais de esgoto, pois as análises são diferenciadas para cada componente.

A. Vistoria das redes coletoras secundárias

Para as inspeções das redes coletoras secundárias faz-se necessário o planejamento de equipes para as vistorias no sistema de uma forma integrada e que gere a identificação dos possíveis problemas nos componentes do Módulo 03.

O fluxograma mostrado na Figura 40 apresenta as atividades necessárias para a vistoria das redes coletoras de esgoto secundárias.

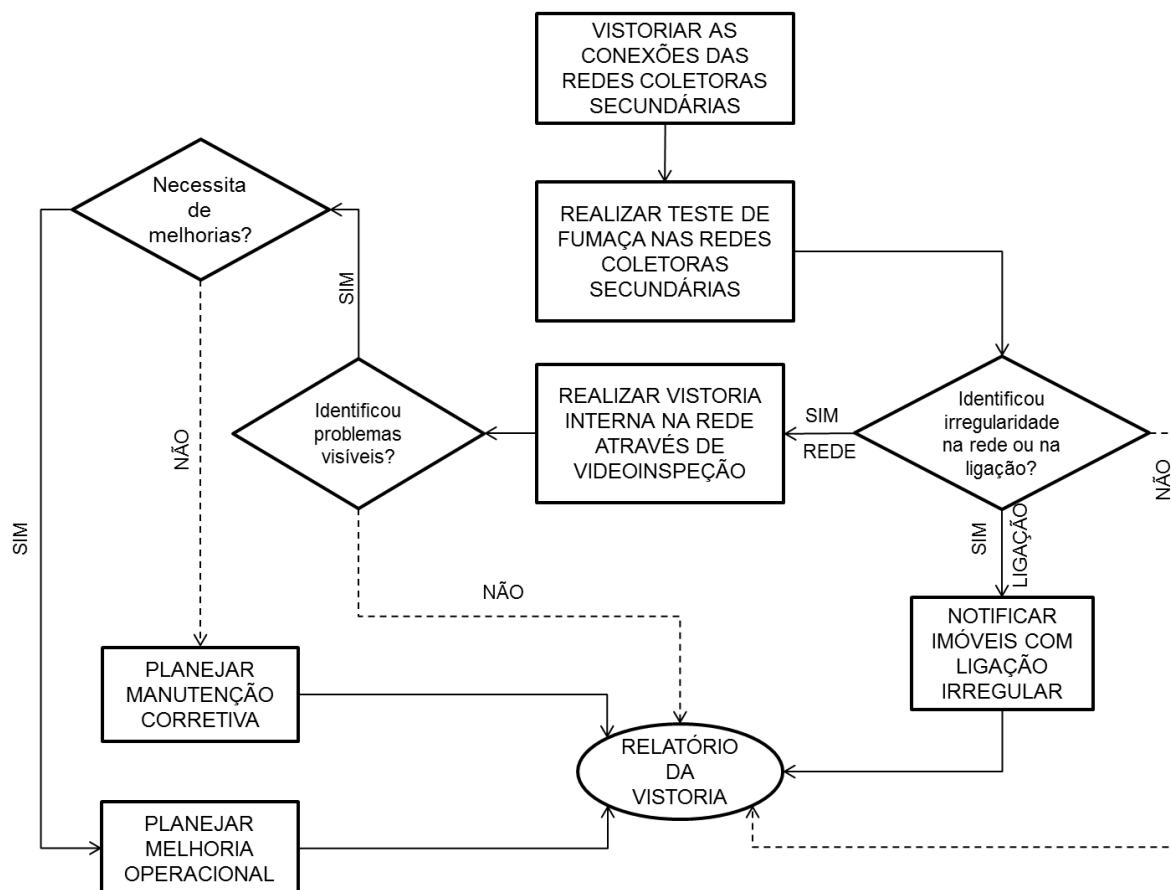


Figura 40 - Fluxograma das atividades necessárias para a vistoria nas redes coletoras secundárias.

O fluxograma da Figura 40 inicia-se com a vistoria das conexões das redes coletoras secundárias, onde nessa vistoria são avaliadas as condições estruturais e de localização dos poços de visitas, caixas de inspeção, caixas de transição e terminal de limpeza. Também deve ser realizado o diagnóstico das condições operacionais da rede, onde é avaliada a condição de fluxo do efluente e se o mesmo encontra-se com presença de infiltrações visíveis na conexão e/ou assoreamentos e/ou sujeiras e/ou obstruções, entre outras. Sugere-se a utilização do mesmo formulário utilizado no item de inspeção dos componentes do Módulo 02, apresentado na página 84.

Após as vistorias realizadas os problemas identificados devem ser repassados para a Gestão de Manutenção efetuar as devidas correções.

Realizado esse diagnóstico das conexões e de fluxo da rede coletora, parte-se para a vistoria dos trechos das tubulações com o Teste de Fumaça, o qual consiste no bloqueio de uma rede coletora de esgoto entre suas conexões, sendo injetada em uma das conexões a fumaça por um determinado tempo.

Após a injeção é realizada uma avaliação no trecho para identificar alguma fuga de fumaça na tubulação. Nas situações que apresentam fuga da fumaça, seja pela rede e/ou pela ligação, essas são registradas em um formulário de vistoria específico, pois indicam uma rede não estanque. .

Nas situações em que são identificadas irregularidades nas ligações, as mesmas devem ser notificadas para efetuar as devidas correções. As redes que apontarem irregularidades deverão ser diagnosticadas com uma vistoria interna através de vídeo-inspeção que tem o principal objetivo de identificar o ponto que apresenta o problema.

Com a identificação dos problemas, avalia-se a necessidade ou não de execução de obras de melhorias operacionais e caso negativo encaminha-se para o planejamento de manutenção corretiva.

B. Vistoria das ligações prediais de esgoto

Na vistoria das ligações prediais de esgoto, o diagnóstico partirá do mapa temático das situações das ligações dentro das áreas críticas, onde se podem iniciar as vistorias nas ligações que já apontaram resultados de irregularidades anteriormente.

Neste caso, as vistorias consistem na execução de teste nas instalações prediais de esgoto e de águas pluviais. O teste deve ser realizado por, no mínimo, duas pessoas, pois uma pessoa executa o lançamento de corante nas instalações prediais de esgoto e pluvial e a segunda identifica se há ocorrência ou não de lançamento irregular das tubulações, ou seja, lançamento de vazão parcial ou total de água pluvial para o sistema de esgotamento sanitário e/ou lançamento parcial ou total de esgoto, para o sistema de drenagem urbana.

Na Figura 41 é ilustrada a forma correta de ligação das instalações prediais de esgoto e de águas pluviais, as quais demonstram que as tubulações das águas residuárias da lavanderia, cozinha e do banheiro ligadas na rede pública de esgoto e as águas de chuva da cobertura ligadas na rede de águas pluviais. Maiores informações e detalhes sobre as instalações prediais de esgoto poderão ser obtidas na NBR 8160 e para as instalações prediais de águas pluviais na NBR 10844.

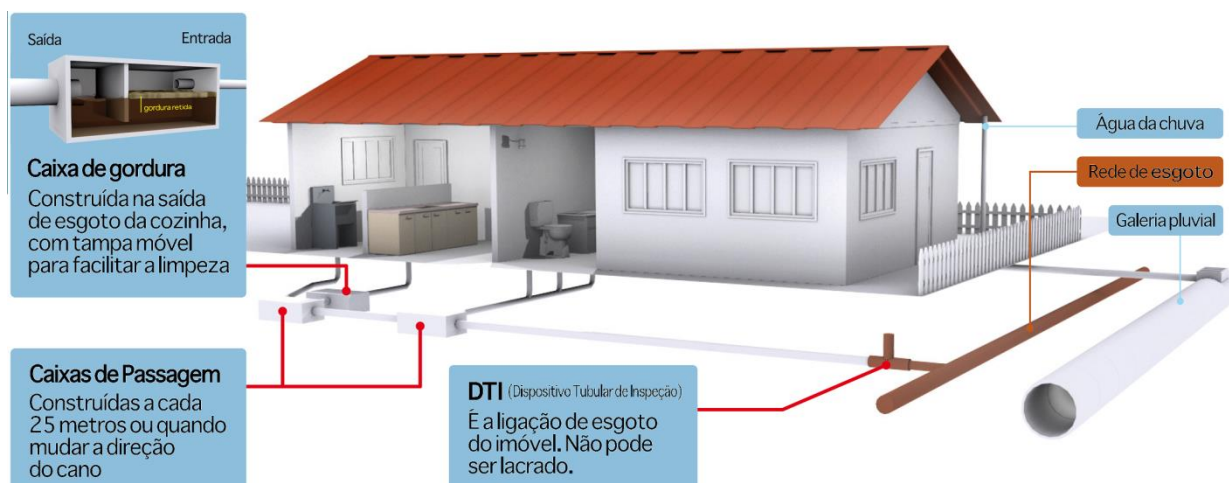


Figura 41 - Ilustração das ligações prediais de esgoto e de água da chuva corretamente.
Fonte. : SANEPAR SUSTENTABILIDADE (2013)

No fluxograma da Figura 42 são demonstrados os processos necessários para a identificação da situação da ligação predial de esgoto.

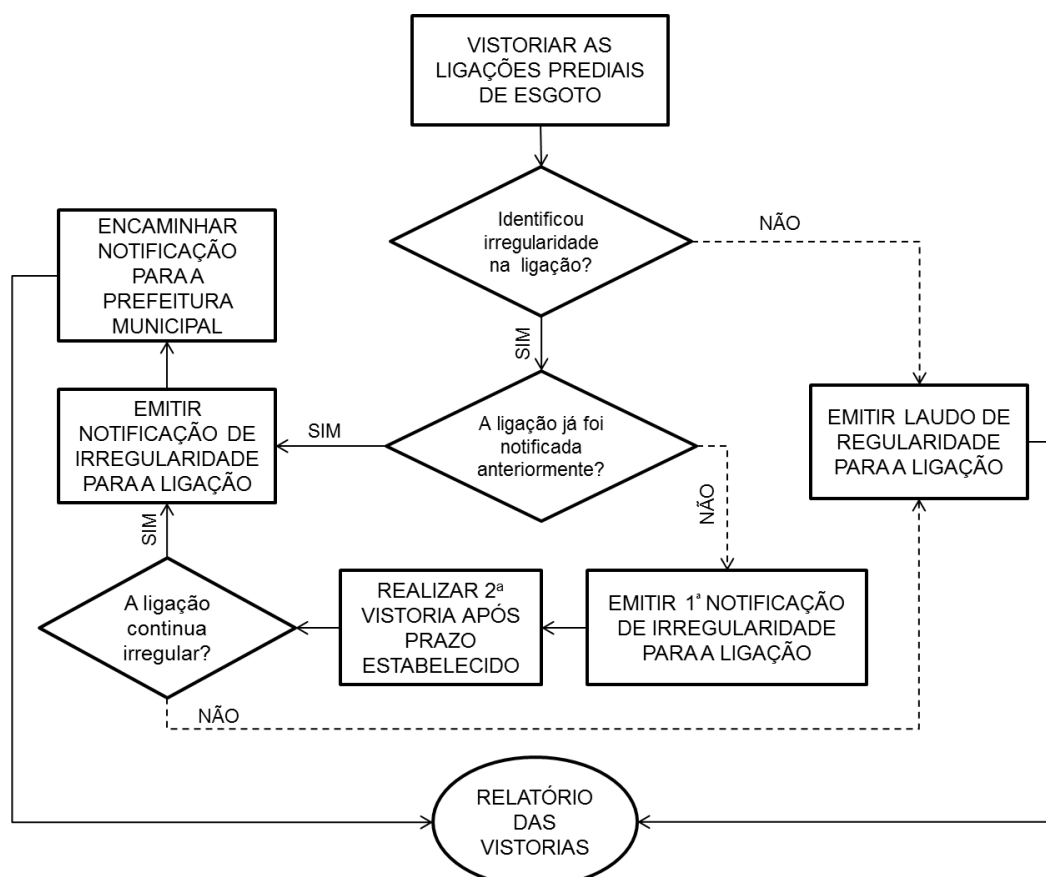


Figura 42 - Fluxograma para vistoria das ligações prediais de esgoto.

Primeiramente é realizado o teste de vistoria na ligação, onde no caso da presença de uma irregularidade é emitida uma notificação, sendo que em situações em que a ligação já apresentava uma irregularidade em vistorias anteriores, a

mesma deverá ser notificada e encaminhada à Prefeitura Municipal para tomar as devidas providências. Caso a ligação predial de esgoto esteja regularizada, a mesma deverá receber um laudo de regularidade. Um relatório de vistoria deve ser emitido.

4.4.3.2 Monitorar os rios dentro das áreas do sistema de esgotamento

Para o monitoramento dos rios ou córregos das áreas do sistema de esgotamento sanitário, primeiramente deve-se atuar nas áreas críticas definidas no Módulo 02 e na sequência deve ser elaborado um planejamento para as demais áreas não prioritárias. O monitoramento permite a identificação dos trechos de corpos hídricos poluídos dentro das áreas críticas e para que na sequência sejam realizadas inspeções nos trechos e localizados possíveis problemas nos componentes do SES relacionados ou não.

A Figura 43 apresenta o fluxograma das atividades de monitoramento dos rios e córregos.

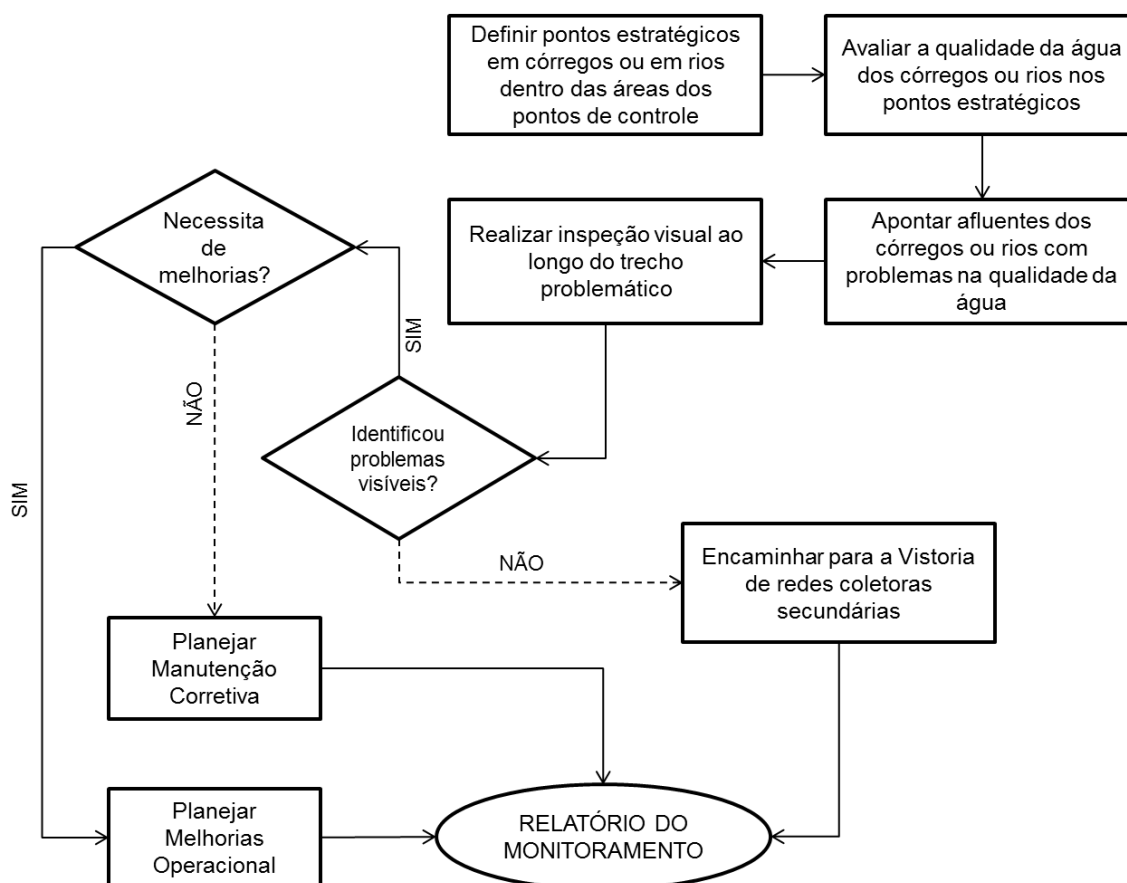


Figura 43 - Fluxograma das atividades de monitoramento dos rios e córregos.

Inicialmente, é realizada a definição dos pontos estratégicos em córregos e/ou em rios, dentro das áreas dos pontos de controle. Em seguida, avalia-se a qualidade da água e, caso sejam identificados valores de parâmetros de qualidade da água fora dos limites pré-definidos, segue-se para o monitoramento de partes do rio e/ou entradas de seus afluentes.

Para o controle e acompanhamento da qualidade dos rios e córregos sugere-se duas frequências de monitoramento da qualidade da água, sendo uma mensal e outra trimestral.

Na frequência mensal avaliam-se somente os parâmetros de oxigênio dissolvido (OD) e de visual da cor da água. Esta rotina mensal permite a verificação de problemas no SES em fundos de vale, locais de difícil acesso e margens de corpos hídricos, tais como: refluxo na rede e entrada de água de rios ou córregos no sistema coletor. Vale ressaltar que esta frequência justifica-se uma vez que tais problemas, na sua maioria, não são perceptíveis para a operadora do sistema e nem para os usuários.

Na frequência trimestral, o diferencial em relação a mensal é referente à quantidade de parâmetros de avaliação que além do OD e do visual da cor da água nos corpos hídricos são avaliados a DBO e a DQO permitindo-se assim uma geração de dados históricos dos parâmetros de DBO e DQO

No primeiro monitoramento da qualidade da água, os seguintes parâmetros deverão ser realizados, sendo:

- Oxigênio dissolvido (OD);
- DBO;
- DQO;e
- Parâmetro visual da cor: água cinzenta, que representa a presença de esgotos domésticos.

Com as análises da qualidade da água realizadas dos pontos estratégicos de monitoramento dos rios e córregos, parte-se para a classificação e priorização dos pontos com seus parâmetros de qualidade ruins.

Após a ordenação dos pontos de monitoramento deve-se realizar uma inspeção visual ao longo do corpo hídrico a montante para que se possa identificar em qual ponto do trecho apresenta algum tipo de problema no SES.

Em situações em que não seja possível identificar a fonte poluidora próxima ao corpo hídrico, deve-se encaminhar a área do ponto para a vistoria de redes coletoras secundárias e para as vistorias das ligações prediais de esgoto.

Nas situações em que forem identificados problemas na rede coletora secundária ou em coletores, um relatório deve ser encaminhado para a gestão de manutenção e melhorias operacionais para resolver os problemas identificados.

4.4.4 Gestão da Manutenção e de Melhorias Operacionais

A gestão da manutenção e de melhorias operacionais é a responsável pela resolução dos problemas identificados nas inspeções dos componentes dos Módulos 02 e 03.

O diagnóstico dos problemas direcionará para a execução de manutenções ou para a execução de melhorias operacionais.

Outras atividades que englobam esse item são as de ações: preventivas, de reabilitação e de substituição dos componentes dos Módulos 02 e 03 que forem apontados nos diagnósticos desses módulos.

4.4.4.1 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção deverá dar ênfase principalmente para os processos de manutenção preventiva e corretiva.

- Manutenção preventiva:

Na manutenção preventiva orienta-se planejar ações nas áreas dos pontos de controle que apontam maior incidência de problemas no sistema coletor de esgoto, tais como: obstruções e refluxos nas redes coletoras.

Outras manutenções preventivas que poderão ser planejadas serão a partir dos diagnósticos realizados nos Módulos 02 e 03.

- Manutenção corretiva:

As manutenções corretivas ocorrerão nos problemas que, após avaliados, necessitam de execução de obras corretivas.

Nas manutenções corretivas é importante o cumprimento dos prazos de execução dos serviços estabelecidos, de acordo com a operadora do sistema.

4.4.4.2 Gestão de Melhorias Operacionais

A gestão de Melhorias Operacionais tem a finalidade de elaborar um programa que viabilize a elaboração e execução dos projetos de engenharia que visem à melhoria do SES.

O programa compreenderá na definição da prioridade de execução da obra. Uma vez definido elaborar-se o projeto de engenharia e por fim planeja-se a execução da obra de melhoria.

5 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE UM MÓDULO DO MODELO DE GESTÃO EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.

A aplicação de parte do módulo de gestão elaborado será desenvolvida no sistema de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de Curitiba, do Estado do Paraná, representado na Figura 44.

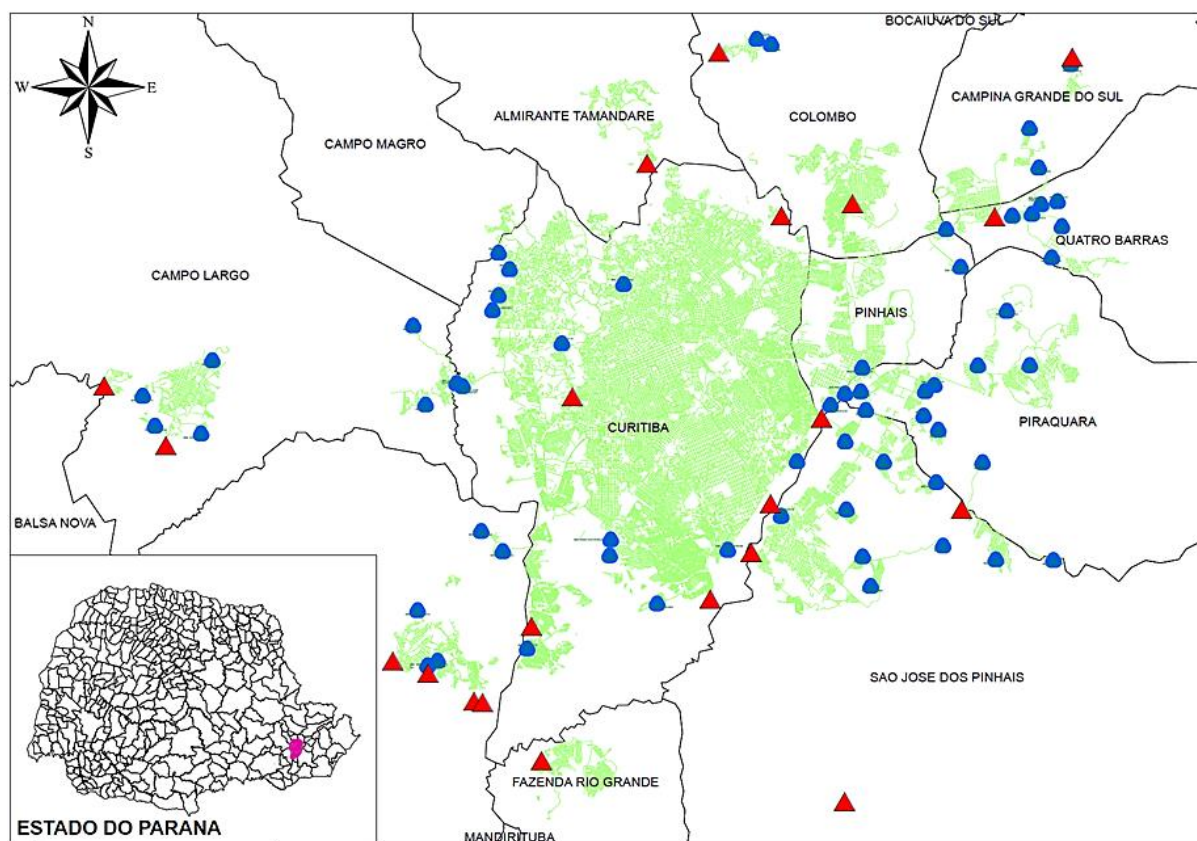


Figura 44 - Mapa da localização das estações de tratamento de esgoto (cor vermelha), das elevatórias (cor azul), e das redes coletoras (cor verde) da cidade de Curitiba e da Região Metropolitana.

O exemplo de aplicação do modelo de gestão para um sistema de esgotamento sanitário foi elaborado nos componentes do Módulo 02 conforme procedimentos desenvolvidos no capítulo 4.3 – “Metodologia de análise para o Módulo 02”.

5.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA O MÓDULO 02

A estação de tratamento de esgoto definida para aplicação do modelo de gestão, referente ao Módulo 02, será a ETE Belém. Na Figura 45 é apresentada a localização da sua área de contribuição, polígono na cor verde, dentro do município de Curitiba e São José dos Pinhais.

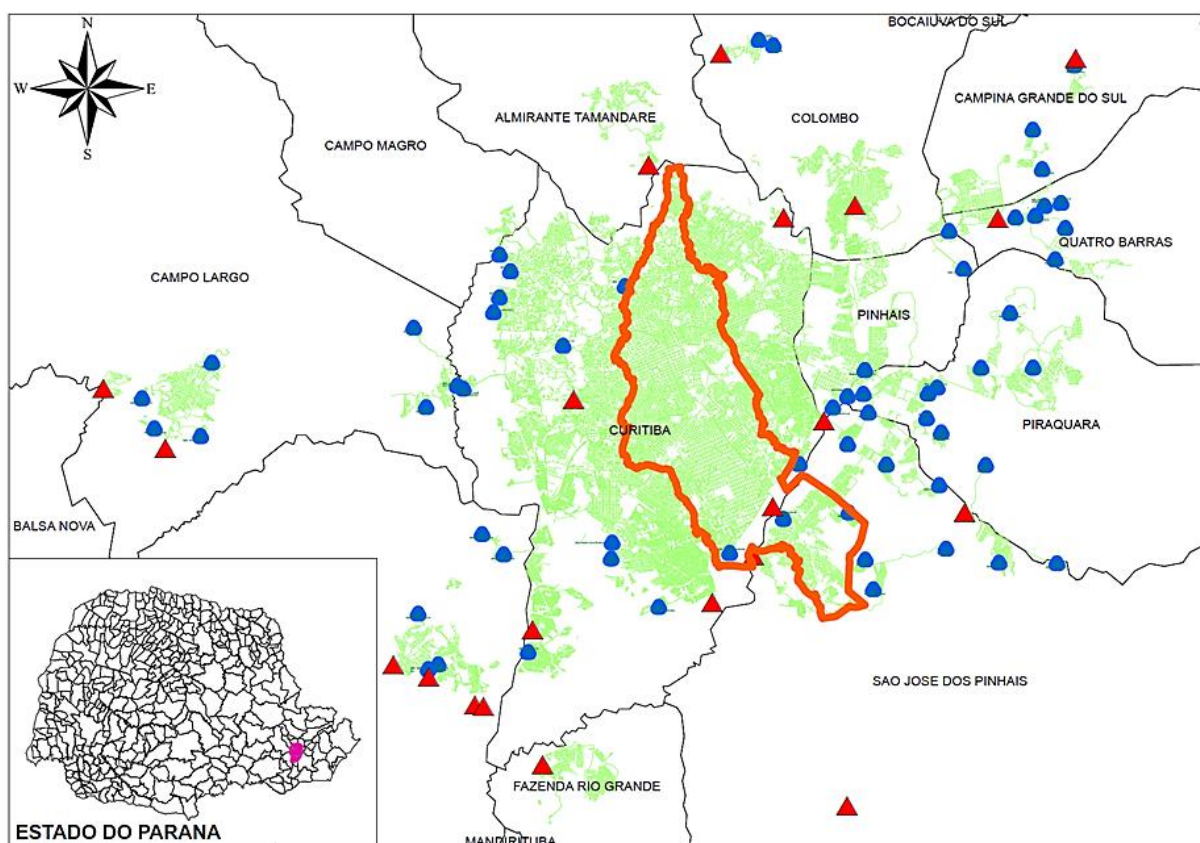


Figura 45 - Mapa de Curitiba com a localização da área de contribuição da ETE Belém (Polígono delimitado na cor verde), juntamente com a localização das estações de tratamento de esgoto (cor vermelha), das elevatórias (cor azul), e das redes coletoras (cor verde).

A aplicação da metodologia de análise seguirá o fluxograma dos processos do Módulo 02, conforme apresentado na Figura 26 da página 64.

5.1.1 Mapa dos coletores e Interceptores

A área de contribuição da ETE Belém 117 km^2 , portanto, conforme a Tabela 2, na página 65, o mapa dos coletores e interceptores da ETE B iniciará com os diâmetros maiores ou iguais a 300 mm.

Na Tabela 4 é apresentado um resumo da extensão de rede com seus respectivos diâmetros, onde são apresentados com as iniciais DN que significa Diâmetro Nominal da tubulação seguido do diâmetro apresentado na unidade em milímetros.

Tabela 4 - Resumo da extensão de rede da ETE B.

Diâmetro	Total (m)	Diâmetro	Total (m)
DN100	3.158	DN355	2.576
DN125	352	DN400	21.943
DN140	9	DN450	160
DN150	1.968.441	DN500	17.601
DN160	1.139	DN600	11.402
DN180	51	DN700	2.610
DN200	61.224	DN800	11.336
DN225	335	DN1200	12
DN250	29.095	DN1300	496
DN280	2.843	DN1500	4.093
DN300	29.360	DN2000	1.744
DN350	4.019	DN2200	4.319
Total Geral		2.178.320	

FONTE: SANEPAR CADASTRO (2012)

Portanto, o mapa dos coletores e interceptores da ETE Belém iniciou-se no diâmetro de 300 milímetros atingindo-se até o diâmetro de 2200 milímetros com uma extensão total de 111,6 Km. O mapa desenvolvido dos coletores e interceptores da ETE Belém está apresentado na Figura 46.

Após a elaboração do mapa do macro sistema avaliou-se a consistência do cadastro técnico das redes, principalmente com relação à descontinuidade e mudança de diâmetro.

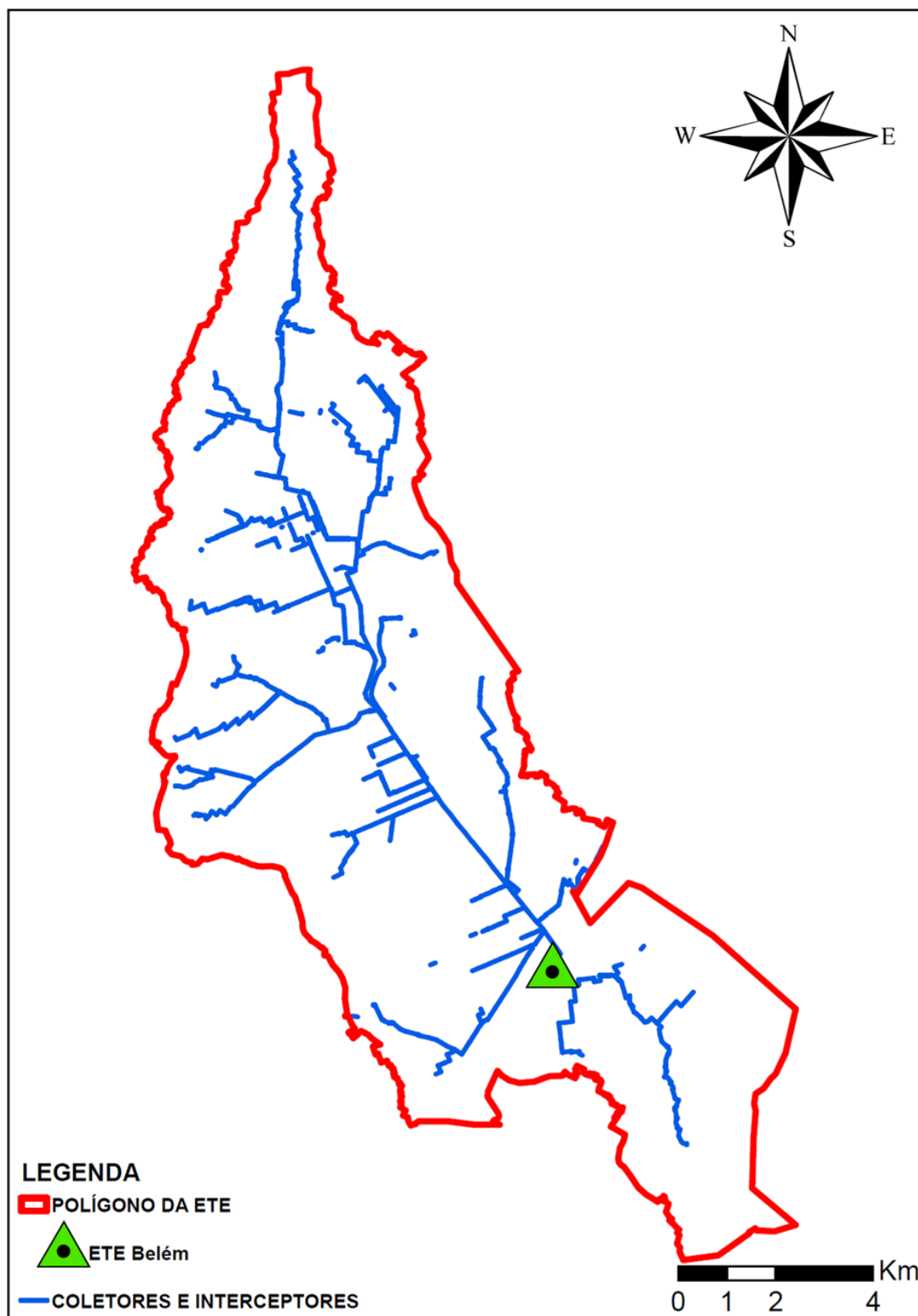


Figura 46 - Mapa dos coletores e interceptores com diâmetros entre 300 a 2.200 m da ETE Belém.

Foram verificados alguns pontos com a falta de continuidade da tubulação de mesmo diâmetro. Na Figura 47 são apresentados, por pontos vermelhos, os locais com inconsistências no cadastro técnico que necessitam de uma verificação.

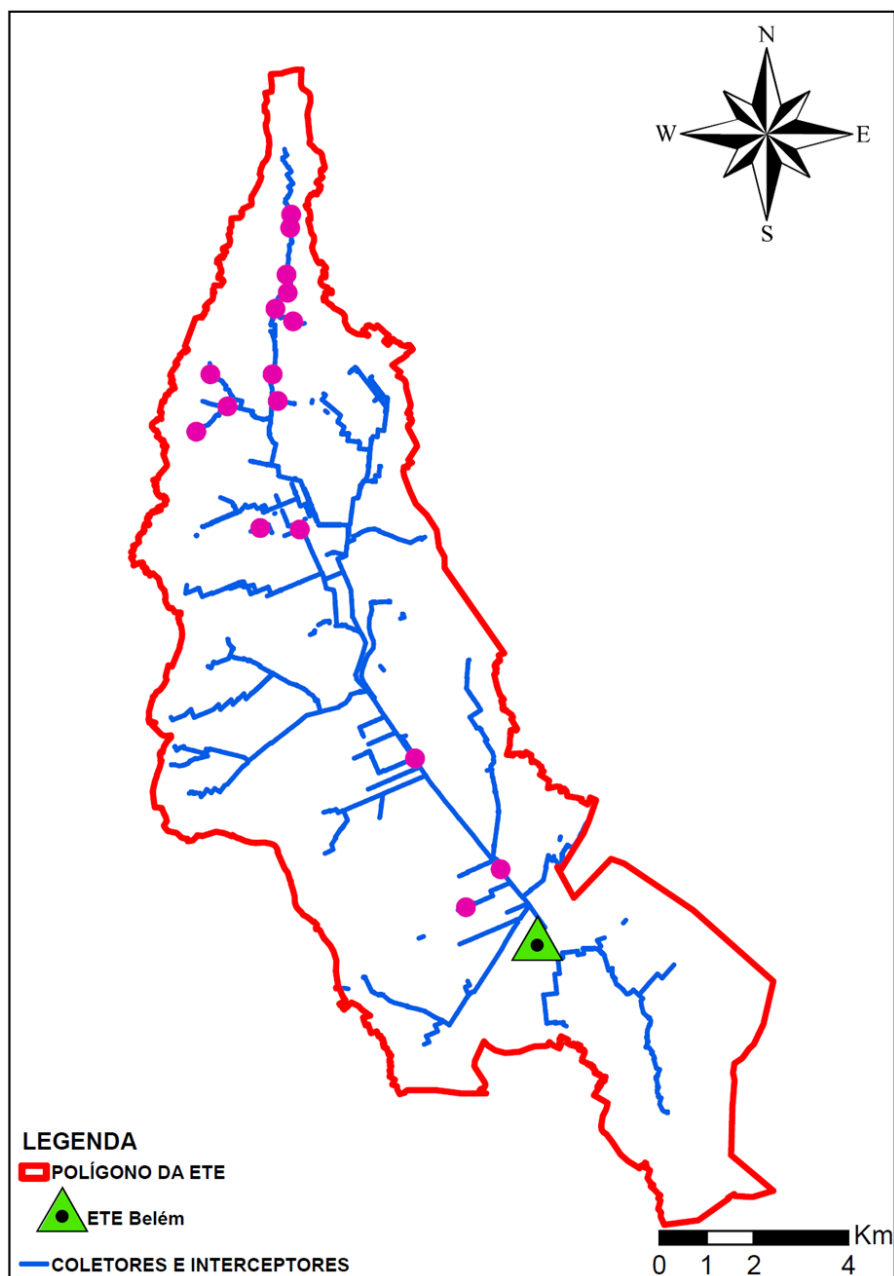


Figura 47 - Mapa das inconsistências apontadas nos coletores e interceptores da ETE Belém.

Após as verificações e confirmações das inconsistências, o mapa dos coletores e interceptores foi encaminhado para ser atualizado no cadastro técnico.

5.1.2 Definição dos Pontos de Controle

Como a área de contribuição da ETE é de 117 km^2 , identificou-se por meio da Tabela 3 da página 68 que a área média por ponto de controle será de 10 km^2 , portanto, chegou-se a um total de 11 (onze) pontos de medição para a estação.

Pela limitação na disponibilidade de recursos e equipamentos que a operadora tinha planejado, ficou definido o planejamento da instalação de 9 (nove) medidores de vazão na área de abrangência da estação.

Com as quantidades de medidores previstas foram desenvolvidas as divisões dos pontos de controle, tomando-se como base as sub-bacias de esgotamento sanitário, as codificações operacionais de esgotamento e todos os traçados das tubulações.

Na Figura 48 são apresentados os 9 (nove) polígonos, nomeados com a sigla "PT" e numeração na sequência, dos pontos de controle para a ETE Belém.

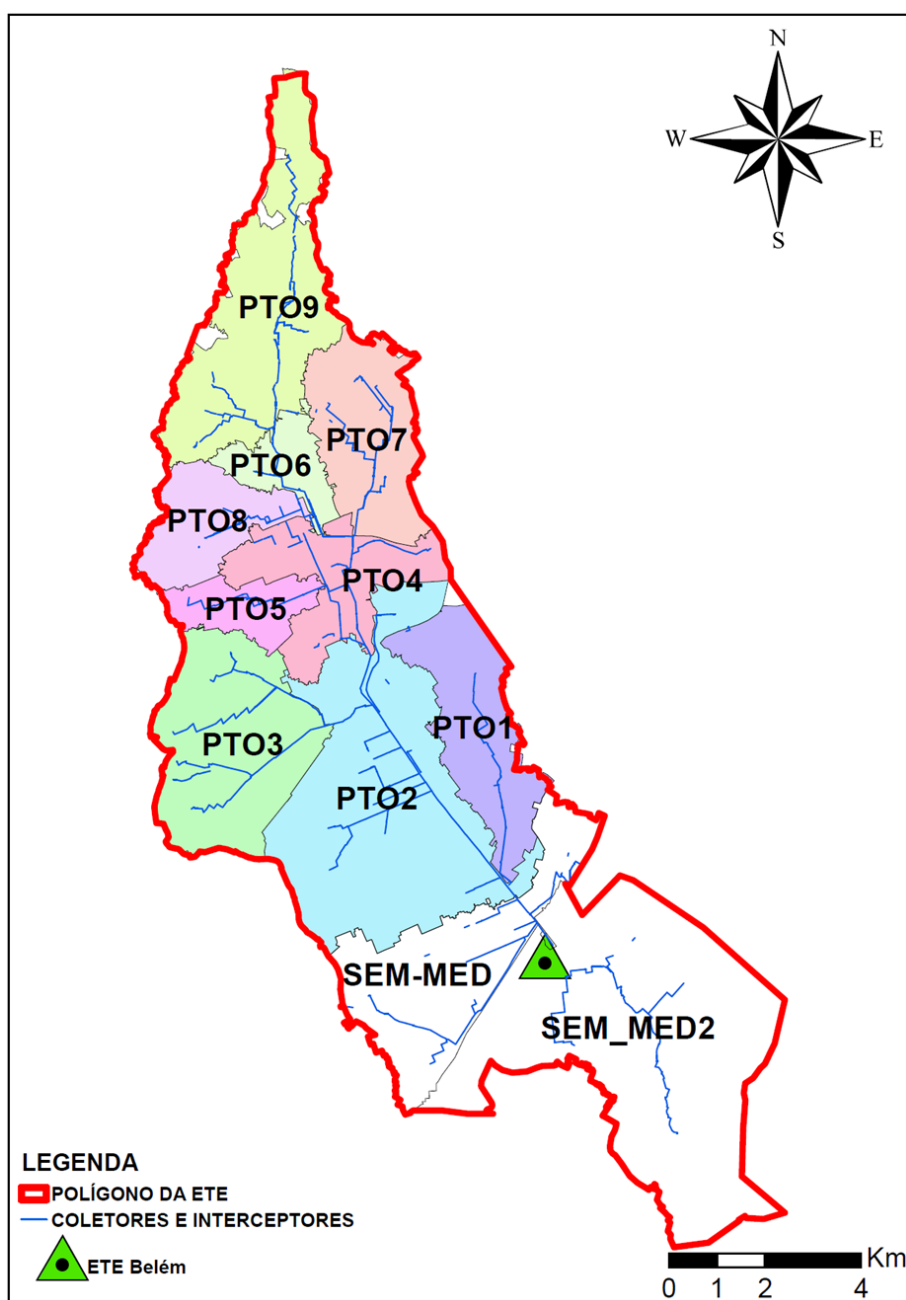


Figura 48 - Divisão dos pontos de controle da ETE Belém.

Para um melhor entendimento do fluxo dos coletores e interceptores do sistema coletor de esgoto até a ETE foi elaborado um fluxograma dos pontos de controle, conforme é mostrado na Figura 49.

Outro objetivo do fluxograma é visualizar em qual momento somam-se as vazões teóricas totais do ponto de controle, por exemplo, no ponto de controle “P6” tem-se a vazão teórica da sua área de abrangência e mais as vazões das áreas de abrangência dos pontos “P9” e “P8”.

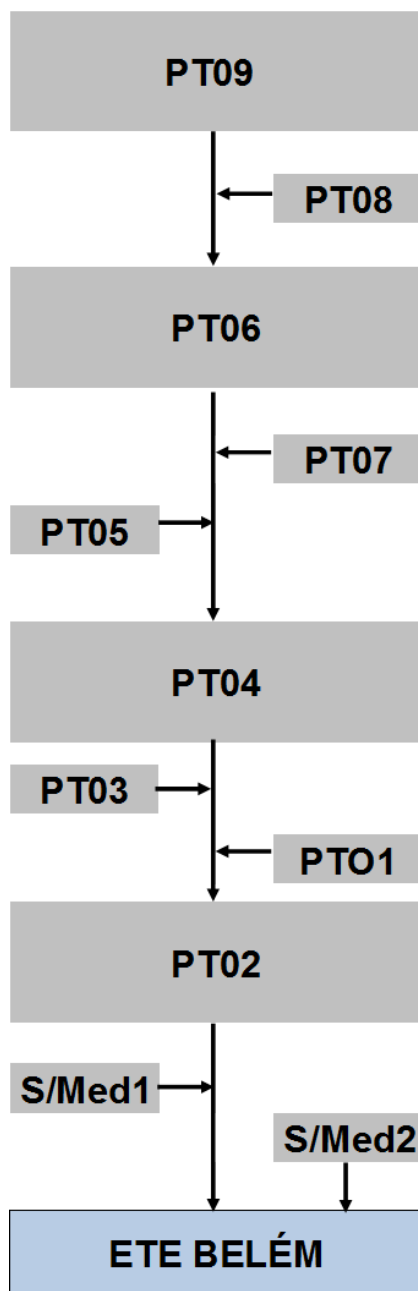


Figura 49 - Fluxograma das vazões e dos pontos de controle da ETE Belém.

Podem-se observar 2 (duas) áreas sem medição de vazão, sendo que na área S/ MED 1 não foi definido ponto de controle pois não apresentava condições operacionais para instalação do medidor de vazão no coletor e a área S/ MED 2 é referente a uma região atendida por uma estação elevatória que encaminha a sua linha de recalque diretamente no tratamento preliminar da estação e com condições de acompanhamento da medição através do medidor de vazão de entrada da ETE.

5.1.3 Definição das vazões teóricas dos pontos de controle

Na definição das vazões teóricas dos pontos de controle aplicou-se o fluxograma das atividades, Figura 32, do item “Definição as vazões teóricas dos pontos de controle” descrito na metodologia de análise para o módulo 02.

- Levantamento das economias por polígono dos pontos de controle;

A Figura 50 apresenta uma parte das ligações de esgoto (triângulos verdes) espacializadas dentro das quadras (retângulos cinzas) que foram separadas por área de influência dos pontos de controle da ETE Belém com auxílio do *software* ArcGis.



Figura 50 - Mapa das ligações de esgoto espacializadas dentro das quadras.

- Buscar as informações de volume micromedido das economias.

Com as ligações dos imóveis residenciais separadas por pontos de controle buscou-se no banco de dados as informações totais de economias residenciais de água e esgoto por área de abrangência de cada ponto. Na sequência da pesquisa foram obtidos os volumes micromedidos médios, média do consumo de água medido mensal, das ligações.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de economias e consumo de água por ponto de controle, sendo que as economias estão separadas por quantidade de água e de esgoto.

Tabela 5 - Quantidade de economias e consumo de água por ponto de controle.

Pontos de controle	Economias residenciais Água	Economias residenciais Esgoto	Consumo de água Medido (m³/mês)
PTO9	14.967	14.493	236.238
PTO8	21.915	21.528	521.742
PTO7	25.525	25.670	434.460
PTO6	11.810	11.710	226.172
PTO5	13.618	13.271	266.253
PTO4	21.576	21.410	430.365
PTO3	34.908	34.233	457.220
PTO1	11.099	10.693	158.967
PTO2	30.582	29.506	431.244
S/ MED 1	22.176	21.358	239.632
S/ MED 2	27.336	22.098	267.800
Total	235.512	225.970	3.670.092

- Levantamento das metragens das redes por tipo de material por ponto de controle;

A Figura 51 ilustra as redes, coletores e interceptor do ponto de controle número 06 da ETE Belém, como exemplo, na qual se observam as tubulações do sistema de esgotamento sanitário com linhas de cor azul.

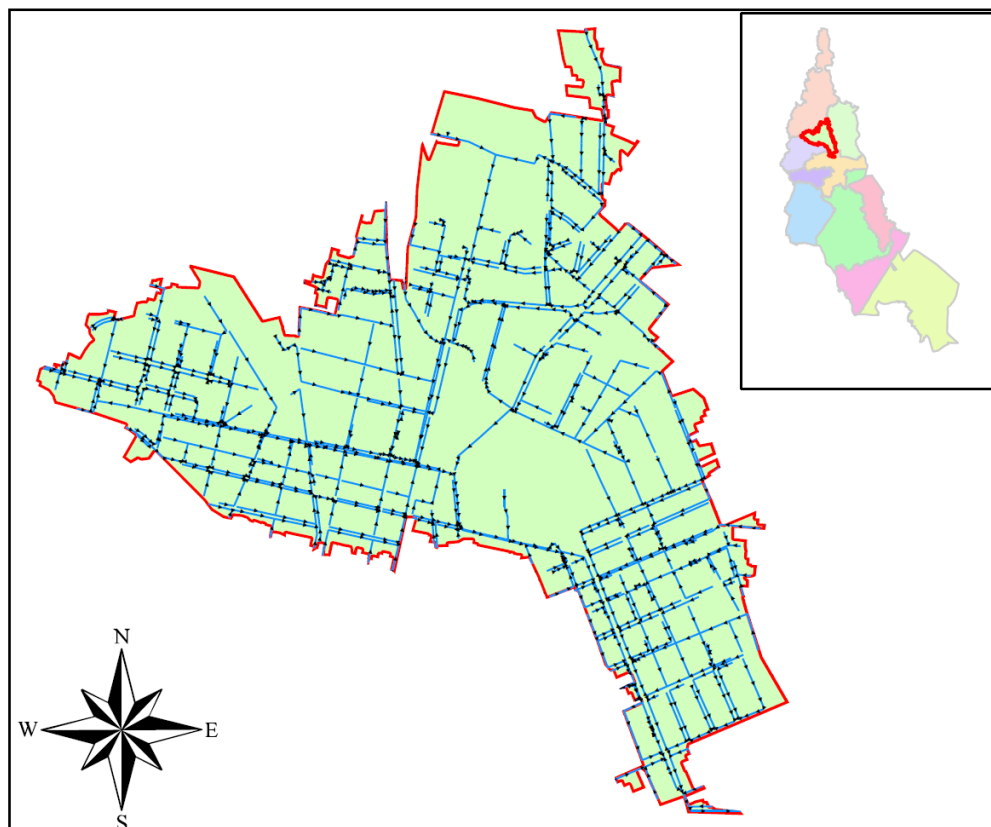


Figura 51 - Mapa das redes, coletores e interceptor do PT06 da ETE Belém.

Na Tabela 6 é apresentado um resumo das extensões de redes por ponto de controle separadas em tubulações cerâmicas e em tubulações em PVC e outros materiais.

Tabela 6 - Resumo da extensão das tubulações por tipo de material dos pontos de controle da ETE Belém.

Pontos de Controle	Tubulações cerâmicas (m)	Tubulações em PVC e outros materiais (m)
PTO9	173.482	75.243
PTO8	103.224	9.441
PTO7	160.204	14.838
PTO6	50.888	9.194
PTO5	63.035	9.300
PTO4	109.731	29.930
PTO3	209.655	63.969
PTO1	114.020	41.805
PTO2	311.620	91.130
S/ MED 1	134.075	113.494
S/ MED 2	118.626	171.419
Sub-total	1.548.558	629.762
Total geral	2.178.320	

- Definição dos parâmetros de cálculo

Os parâmetros de cálculo foram definidos conforme segue:

- Vazão sanitária:

Coeficiente de retorno: No caso da ETE Belém, por se tratar de uma região bem adensada e com algumas regiões verticalizadas e juntamente com a área central de Curitiba estar contida na bacia de escoamento, adotou-se o coeficiente de retorno de 85% do consumo de água distribuída ou volume micromedido.

Submedição: a submedição definida para a ETE Belém foi de 15% conforme sugerido na metodologia de análise do Módulo 02.

- Vazão de infiltração:

Taxas de infiltração: na ETE Belém a taxa de infiltração definida foi de: 0,06 L.s⁻¹.km⁻¹ para tubulações de materiais em PVC, Ferro, PEAD, Concreto e de 0,30 L.s⁻¹.km⁻¹ para tubulações de material cerâmico, segundo estudos realizados pela SANEPAR.

- Cálculo das vazões teóricas sanitárias e de infiltração

Para o cálculo das vazões teóricas sanitárias e de infiltração foram utilizadas as equações 6, 7 e 8 apresentadas na metodologia de análise para o Módulo 02, abaixo é demonstrado o exemplo de aplicação no ponto de controle – PT06:

- Vazão sanitária do ponto de controle - PT06

$$Q_{\text{sanitária}} = \frac{7.415.475 \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{1}{1-0,15}\right)}{86.400} = 85,8 \text{ (L.s}^{-1}\text{)}$$

- Vazão de infiltração do ponto de controle - PT06

$$Q_{\text{infiltração}} = 9,19 \cdot 0,06 + 50,89 \cdot 0,30 = 15,8 \text{ (L.s}^{-1}\text{)}$$

- Vazão total do ponto de controle - PT06

$$Q_{\text{Total}} = 85,8 + 15,8 = 101,6 \text{ (L.s}^{-1}\text{)}$$

Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos das vazões de infiltração, sanitária e a vazão de esgoto total da área de abrangência de cada ponto.

Tabela 7 - Planilha com os resultados das vazões: infiltração, sanitária e total por ponto de controle.

Pontos de Controle	Q_{infiltração} (L.s⁻¹)	Q_{sanitária} (L.s⁻¹)	Q_{esgoto total área} (L.s⁻¹)
PTO9	56,6	89,6	146,2
PTO8	31,5	198,0	229,5
PTO7	49,0	164,9	213,8
PTO6	15,8	85,8	101,6
PTO5	19,5	101,0	120,5
PTO4	34,7	163,3	198,0
PTO3	66,7	173,5	240,2
PTO1	36,7	60,3	97,0
PTO2	99,0	163,6	262,6
S/ MED 1	47,0	90,9	138,0
S/ MED 2	45,9	101,6	147,5
Total	502,4	1.392,7	1.895,1

Na Tabela 8 é apresentada uma tabela das vazões de esgoto totais dos pontos de controle onde foi considerado o fluxograma dos pontos de controle definidos no item 5.1.2.

Tabela 8 - Vazões totais dos pontos de controle.

Pontos de Controle	Q_{esgoto total do ponto} (L.s⁻¹)
PTO9	146,2
PTO8	229,5
PTO7	213,8
PTO6	477,4
PTO5	120,5
PTO4	1.009,7
PTO3	240,2
PTO1	97,0
PTO2	1.609,6
S/ MED 1	138,0
S/ MED 2	147,5
Total	1.895,1

5.1.4 Modelagem Matemática

A modelagem matemática não foi abordada nesta aplicação pela falta de dados de entrada do modelo, principalmente os dados topográficos dos componentes (poços de visitas) dos interceptores e coletores da ETE Belém.

É importante destacar que a não aplicação da modelagem matemática não interfere na aplicabilidade da análise do Módulo 02.

5.1.5 Medição de vazão nos pontos de controle

Para a medição de vazão nos pontos de controle aplicou-se o fluxograma das atividades, Figura 34, do item “Medição de vazão nos pontos de controle” descrito na metodologia de análise para o Módulo 02, conforme é apresentado na página 76.

- Definir o período de campanha de medição

A campanha de medição nos pontos de controle da ETE Belém foi definida e realizada no ano de 2012, nos meses de Março e Abril, com um período médio de campanha de medição em cada ponto de controle de 15 dias, conforme ilustrado na Figura 52.

Pontos de Controle	11/4	12/4	13/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	19/4	20/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4	26/4	27/4	28/4	29/4	30/4	1/5	2/5	3/5	
PTO9																								
PTO8																								
PTO7																								
PTO6																								
PTO5																								
PTO4																								
PTO3																								
PTO1																								
PTO2																								

Figura 52 - Período da campanha de medição de cada ponto de controle.

O período de medição foi definido de acordo com os históricos de ocorrências de chuvas durante os meses citados.

- Instalar os medidores de vazão nos pontos de controle;

As instalações dos medidores de vazão foram realizadas após a avaliação dos poços de visitas, sendo os mesmos instalados no dia anterior à data da campanha apresentada na Figura 52.

Na Figura 53 são apresentadas duas fotos do ponto de controle “P02”, onde é demonstrada a referência externa do ponto e o momento de descida do operador para instalação do equipamento de medição de vazão.



Figura 53 - Fotos de referência externa e procedimento de descida para instalação do medidor de vazão no ponto de controle "P02".

FONTE: SANEPAR (2012)

- Coletar os dados dos medidores de vazão;

As coletas dos dados dos medidores de vazão foram realizadas na metade da campanha de medição e na retirada do equipamento em cada ponto de controle. Na Figura 54 são apresentadas as coletas dos dados, datas sinalizadas com um “X”.

Pontos de Controle	11/4	12/4	13/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	19/4	20/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4	26/4	27/4	28/4	29/4	30/4	1/5	2/5	3/5
PTO9													X										X
PTO8													X								X		
PTO7									X										X				
PTO6									X										X				
PTO5										X									X				
PTO4										X									X				
PTO3															X								X
PTO1									X										X				
PTO2										X									X				

Figura 54 - Identificação das coletas de dados dos medidores de vazão nos pontos de controle.
FONTE: SANEPAR USEG (2013)

- Obter os dados de precipitação no período de medição;

Os dados de precipitação no período de medição foram obtidos pela estação meteorológica de observação de superfície automática, localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, conforme mapa apresentado na Figura 55 (INMET, 2012).



Figura 55 - Mapa da localização da estação meteorológica.
FONTE: INMET (2012)

A Figura 56 mostra a foto da estação meteorológica dentro da Universidade Federal do Paraná.



Figura 56 - Foto da estação meteorológica.
FONTE: INMET (2012)

Os dados de precipitação foram coletados no site do INMET e compilados com auxílio do *software Excel*, uma vez que os mesmos são registrados a cada 15 minutos e não apresentam uma soma total diária.

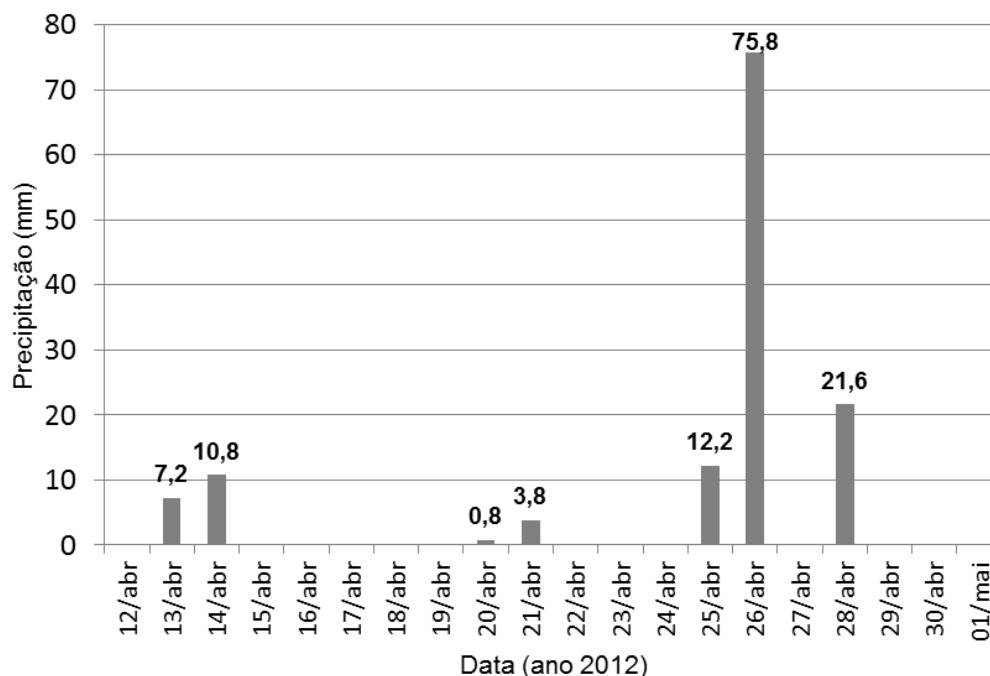


Figura 57 - Gráfico do resumo de precipitações ocorridas no período da campanha de medição de vazão.
FONTE: Adaptado de INMET (2012)

A Figura 57 mostra o gráfico das precipitações ocorridas nos dias dentro do período da campanha de medição de vazão dos pontos de controle, onde pode se observar o registro de 7 dias com chuvas, destacando-se a precipitação de 75,8 mm no dia 26 de abril de 2012.

De acordo com a classificação dos dias da campanha de medição, conforme o Quadro 2, os dias considerados na classificação do período seco foram: 12/04, 17/04 a 24/04 e 01/05, os demais dias foram classificados em dias chuvosos e úmidos.

- Avaliar os dados obtidos na campanha;

Após a coleta dos dados avaliou-se os dados obtidos na campanha de medição de vazão onde se tem a classificação dos dados de acordo com as codificações apresentadas na metodologia de análise para o Módulo 02, no capítulo 04.

Outra avaliação realizada foi em relação ao gráfico de avaliação dos locais e/ou dos dados de monitoramento através das condições hidráulicas, apresentado na Figura 10 do capítulo 02.

Na Tabela 9 é apresentado o resumo geral da classificação dos dados coletados em todos os pontos de controle, na tabela observa-se que os dados em sua maioria estão classificados nos critérios S1, S2 e S3.

Tabela 9 - Resumo geral da classificação dos dados coletados.

Pontos de Controle	Classificação dos dados						Total de dados
	I1	I2	R	S1	S2	S3	
PTO9	496		74	1323	202	65	2160
PTO8	206		7	1176	556	215	2160
PTO7			51	2370	12	15	2448
PTO6		7	24	2251	136	30	2448
PTO5			1	2447			2448
PTO4			1286	874			2160
PTO3	653		369	1001	7	130	2160
PTO1	430	7	251	339	607	526	2160
PTO2			323	1012	684	141	2160

Legenda:

- S1 – Dados registrados adequadamente em sistema operando em situação normal;
- S2 – Sistema operando em fase de transição (seção plena x afogamento);
- S3 – Dados com seção afogada;
- R – Dados em que o nível foi medido adequadamente, mas a velocidade não foi determinada (velocidade = 0) em seção não afogada;
- I1 – Problema com bateria ou equipamento (nível = 0 e velocidade = 0) ou nível < 0; e
- I2 – Nível abaixo da sonda registrando nível fixo.

Na Tabela 10 é apresentado o resumo da avaliação dos dados considerando somente os dias em períodos secos dentro das campanhas de medição dos pontos de controle.

Tabela 10 - Resumo da avaliação da classificação dos dados dos pontos de controle.

Pontos de Controle	Classificação dos dados Período Seco						Total de dados	Soma (S1+S2+S3)	% da soma (S1/S2/S3)
	I1	I2	R	S1	S2	S3			
PTO9			22	1126	4		1152	1130	98%
PTO8			6	852	289	5	1152	1146	99%
PTO7			47	1105			1152	1105	96%
PTO6		7	11	1134			1152	1134	98%
PTO5				1152			1152	1152	100%
PTO4			805	347			1152	347	30%
PTO3	144		249	759			1152	759	66%
PTO1	430		21	196	336	169	1152	701	61%
PTO2			9	732	411		1152	1143	99%

Analisando-se o resumo da avaliação dos dados dos pontos de controle da Tabela 10 observa-se que o ponto PT04 apresentou uma porcentagem abaixo de 60% na soma dos S1, S2 e S3. Nesse caso, deve-se avaliar se os dados classificados na letra “R” poderão ser aproveitados por similaridade dos níveis em relação à vazão. Os demais pontos de controle apresentaram uma boa avaliação referente à soma dos dados classificados em S1, S2 e S3.

Na Figura 58 são apresentados os dados, dos pontos de controle P1, P2 e P3, distribuídos nas faixas de avaliações da letra “a” até “e”. Nesses pontos, podem-se considerar as seguintes avaliações:

- P1: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso. Os demais dados estão nas faixas “a” e “b”.

- P2: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “a”, ou seja, profundidade do efluente/ tamanho da tubulação muito grande para medição de velocidade de um único ponto convencional. Os demais dados estão nas faixas “b” e “c”.

- P3: a maioria dos dados apresentam-se nas faixas “b” e “c”, ou seja, na faixa “b” a velocidade é muito baixa para uma detecção precisa e na faixa “c” trata-se de uma faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso.

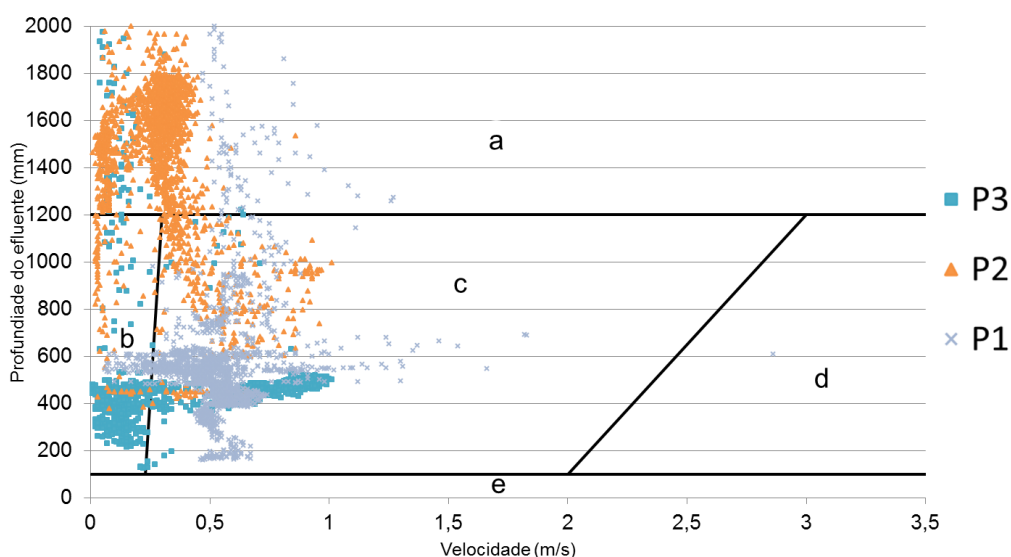


Figura 58 - Gráfico de avaliação dos pontos de controle P1, P2 e P3 referente às condições hidráulicas.

Na Figura 59 são apresentados os dados, dos pontos de controle P4, P5, P6, P7, P8 e P9, distribuídos nas faixas de avaliações da letra “a” até “e”. Nesses pontos podem-se considerar as seguintes avaliações:

- P4: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso. Os demais dados estão na faixa “b”.

- P5: a maioria dos dados apresentam-se nas faixas “c” e “e”, ou seja, na faixa “c” trata-se de uma faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso e na faixa “e” refere-se a profundidade muito baixa / esgoto muito pequeno para uma medição precisa. Os demais dados estão na faixa “b”.

- P6: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso.

- P7: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso. Os demais dados estão na faixa “b”.

- P8: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso. Os demais dados estão na faixa “a”.

- P9: a maioria dos dados apresentam-se na faixa “c”, ou seja, faixa aceitável de profundidades de efluentes/Tamanho da tubulação e velocidade para monitoramento preciso. Os demais dados estão na faixa “b”.

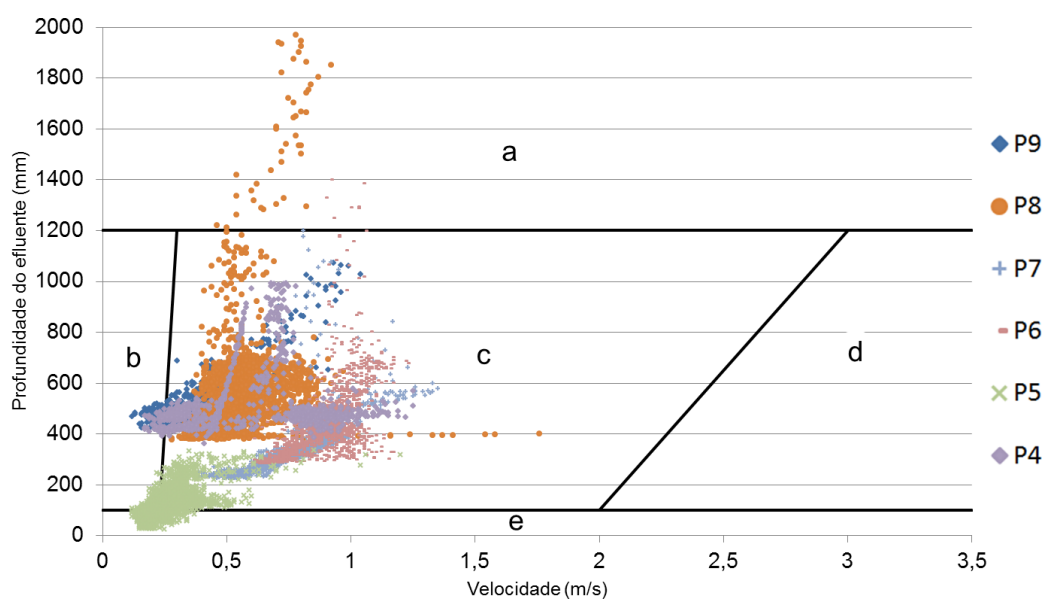


Figura 59 - Gráfico de avaliação dos pontos de controle P4, P5, P6, P7, P8 e P9 referente às condições hidráulicas.

5.1.6 Definição dos pontos de controle para tomada de ações nos Módulos 02 e 03

Primeiramente foi realizada a comparação tipo “A”, nesta comparação avaliaram-se quais as áreas dos pontos de controles que recebem maior interferência no aumento das vazões em um evento de chuva.

Nas figuras mostradas na sequência apresentam o gráfico do perfil diário das vazões médias horárias no sistema coletor de esgoto em períodos secos (12/04, 17/04 a 24/04 e 01/05) e a consequência nas vazões horárias quando há ocorrência de um evento de chuva. O evento analisado foi de uma chuva ocorrida no dia 25/04/2012 com uma precipitação total de 12,6 mm no intervalo das 20 às 24 horas .

Na Figura 60 observa-se que a vazão no período seco, considerando no horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 80 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012 a vazão do efluente chegou a 260 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 3,25 vezes em relação ao período seco.

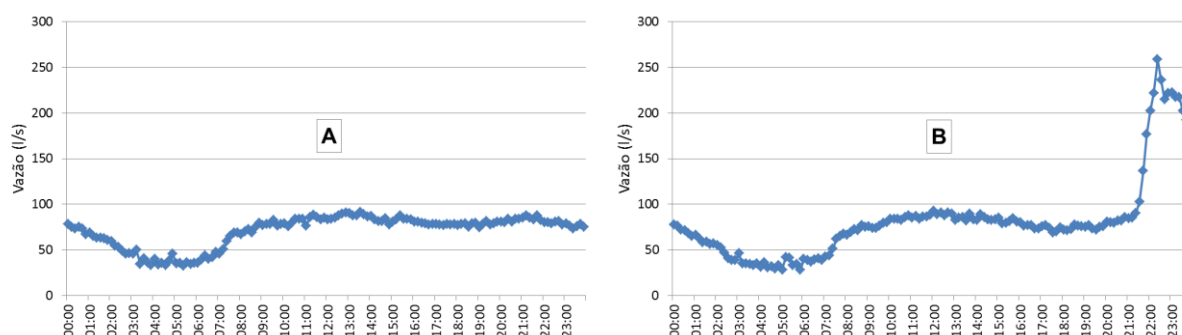


Figura 60 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P1.

Na Figura 61, a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 900 L.s^{-1} , logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a 2600 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,89 vezes em relação ao período seco.

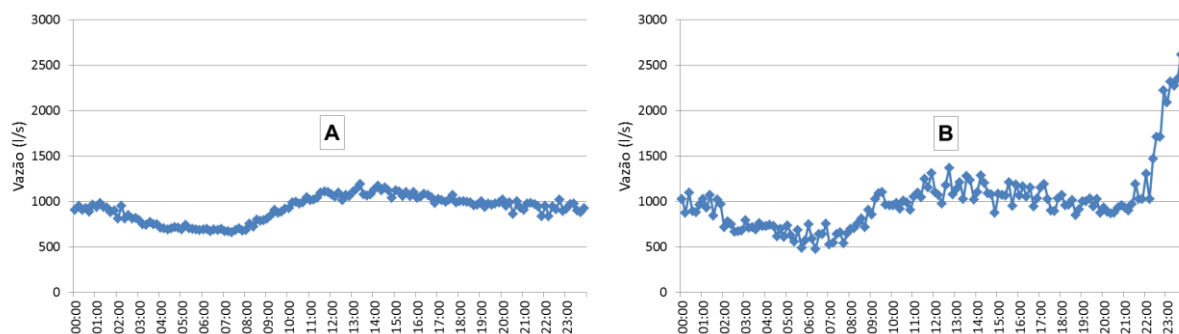


Figura 61 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P2.

A Figura 62 mostra que a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 200 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a 350 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 1,75 vezes em relação ao período seco.

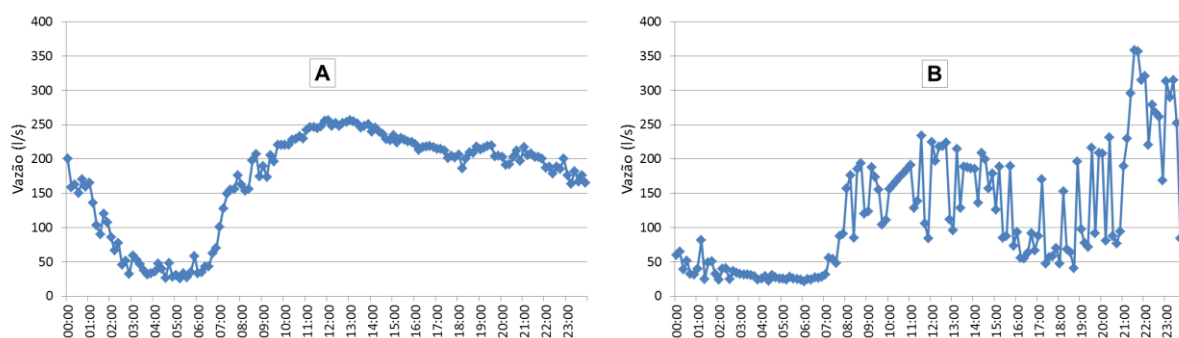


Figura 62 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P3.

Na Figura 63 observa-se que a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 300 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a 750 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,50 vezes em relação ao período seco.

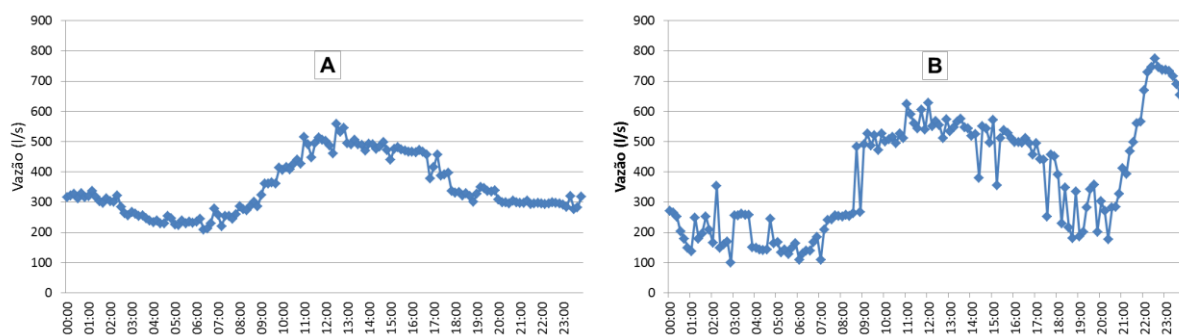


Figura 63 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P4.

Na Figura 64, a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 300 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a 750 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,50 vezes em relação ao período seco.

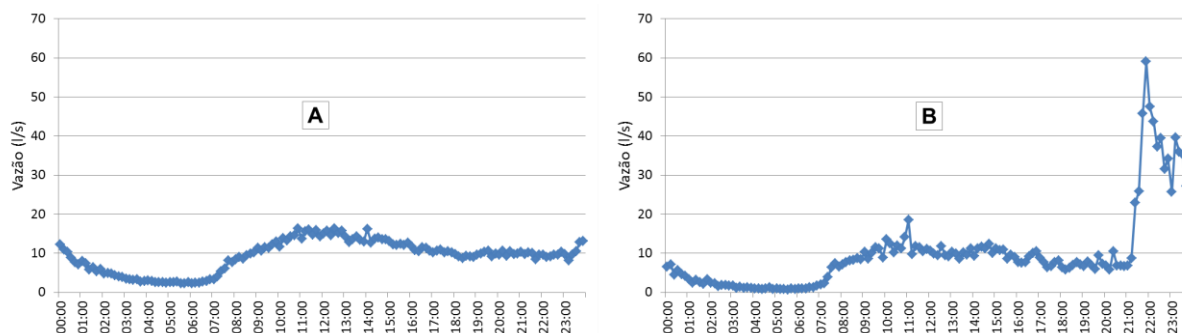


Figura 64 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P5.

A Figura 65 mostra que a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 300 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a 750 L.s^{-1} no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,50 vezes em relação ao período seco.

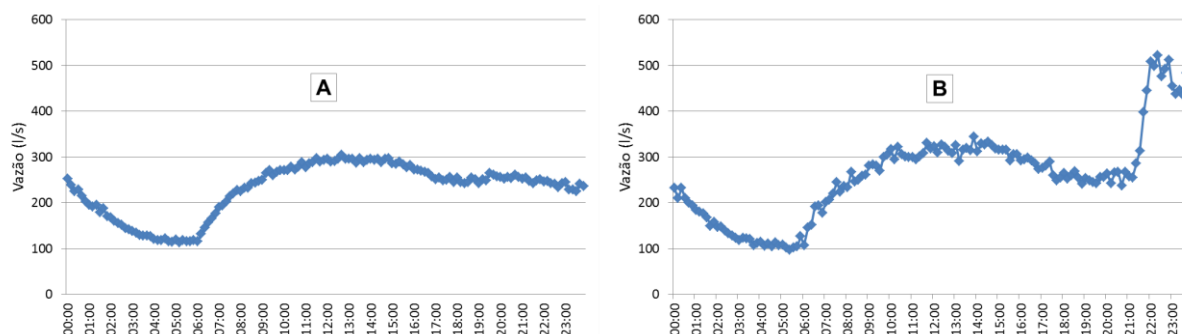


Figura 65 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P6.

Na Figura 66, observa-se que a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de 125 L.s^{-1} . Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a $253,3 \text{ L.s}^{-1}$ no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,02 vezes em relação ao período seco.

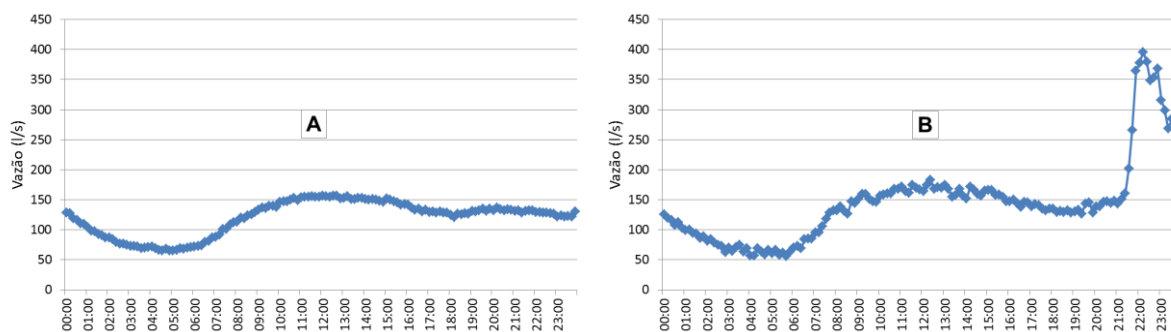


Figura 66 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P7.

Na Figura 67 a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, é em torno de $200 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a $400,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,00 vezes em relação ao período seco.

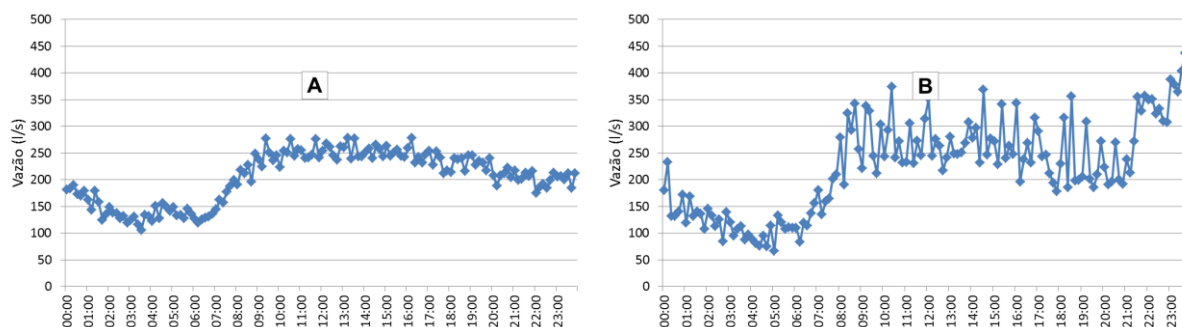


Figura 67 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P8.

Por fim, a Figura 68 mostra que a vazão no período seco, considerando o horário em que ocorre o pico de vazão de esgoto com o afluxo direto da chuva, está em torno de $100 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Logo, no evento de chuva ocorrida no dia 25/04/2012, a vazão do efluente chegou a $250,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ no mesmo horário, ou seja, a vazão de esgoto teve um aumento de 2,50 vezes em relação ao período seco.

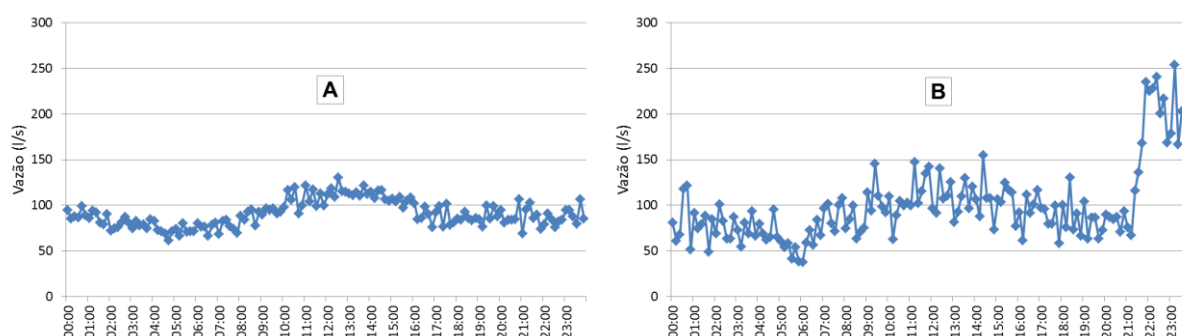


Figura 68 - Perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos (Gráfico A) e em um evento de chuva ocorrido no dia 25/04/12 (Gráfico B) no ponto P9.

Observa-se nos gráficos B das Figuras Figura 62, Figura 67 e Figura 68, antes da ocorrência da precipitação, as vazões medidas estão apresentando alternâncias de valores elevadas entre as horas, fator esse ocasionado, em sua maioria, por sujeiras depositadas em cima do sensor do medidor de vazão e/ou incremento de vazão oriunda de sistema de recalque de drenagem de subsolo ou de esgoto doméstico.

Após a apresentação detalhada das comparações do perfil diário da vazão de esgoto em períodos secos e em um evento de chuva de cada ponto de controle na sequência, a Tabela 11 apresenta um resumo da priorização dos pontos de controle considerando somente a comparação do tipo "A".

Tabela 11 - Resumo da priorização dos pontos de controle na comparação tipo "A".

Pontos de Controle	Vazão período seco (L.s⁻¹)	Total de vazão de esgoto registrada (L.s⁻¹)	Fator de incremento de vazão no evento de chuva	% de incremento em relação ao total	% de incremento acumulado
PTO5	10	60	6,0	23,2%	23,2%
PTO1	80	260	3,3	12,6%	35,7%
PTO7	125	370	3,0	11,4%	47,2%
PTO2	900	2600	2,9	11,2%	58,3%
PTO9	100	250	2,5	9,7%	68,0%
PTO4	300	750	2,5	9,7%	77,6%
PTO6	245	500	2,0	7,9%	85,5%
PTO8	200	400	2,0	7,7%	93,2%
PTO3	200	350	1,8	6,8%	100%

Para representar os pontos de controle prioritários utilizou-se o gráfico de Pareto juntamente com a curva ABC, conforme ilustra a Figura 69. Observa-se que os pontos PT 05, 01, 07 e 02, estão dentro da curva "A", a qual representa 65% dos problemas avaliados a partir da comparação dos períodos secos em relação a um evento de chuva.

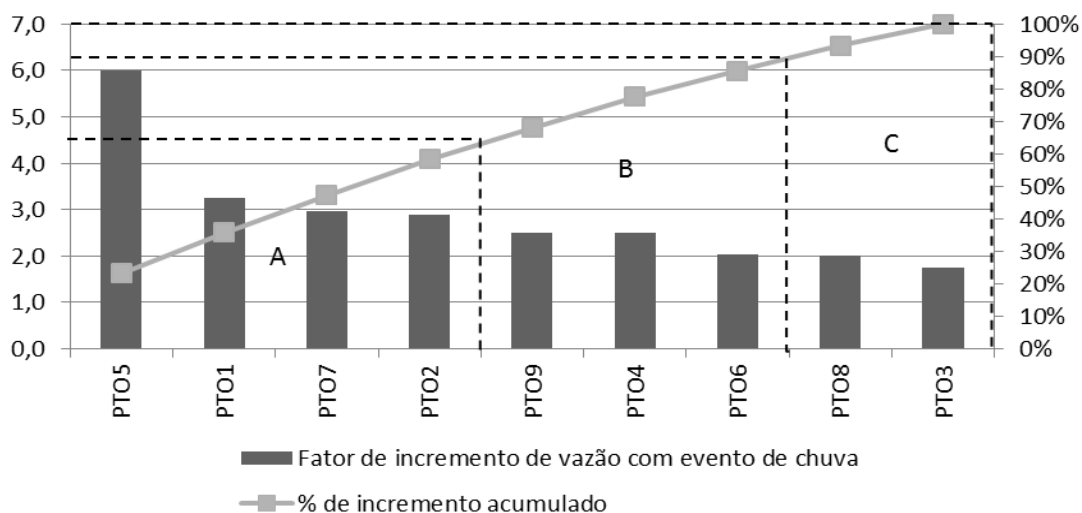


Figura 69 - Gráfico de Pareto com a curva ABC da comparação tipo A.

A Tabela 12 demonstra o resumo da priorização dos pontos de controle utilizando a comparação tipo “B”.

Tabela 12 - Resumo da priorização dos pontos de controle na comparação tipo "B".

Pontos de Controle	Vazão teórica do ponto (L.s ⁻¹)	Vazão teórica total do ponto (L.s ⁻¹)	Vazão média medida nos períodos secos (L.s ⁻¹)	% do ponto em relação a diferença das vazões total (%)	% acumulada da diferença da vazão total (%)
PTO4	198,0	1.009,7	347,6	19,9%	19,9%
PTO6	101,6	477,4	230,4	15,7%	35,6%
PTO7	213,8	213,8	120,3	13,3%	48,8%
PTO2	262,6	1.609,6	917,3	13,0%	61,8%
PTO9	146,2	146,2	90,6	11,5%	73,4%
PTO3	240,2	240,2	170,0	8,9%	82,2%
PTO1	97,0	97,0	73,2	7,4%	89,7%
PTO5	120,5	120,5	92,8	7,0%	96,6%
PTO8	229,5	229,5	204,1	3,4%	100%

Na ilustração em forma de gráfico de Pareto na Figura 70, observa-se que os pontos de controle PTO4, PTO6, PTO7 e PTO2 são responsáveis por 62% das diferenças de vazões teóricas com as vazões medidas, estando os mesmos dentro da curva A.

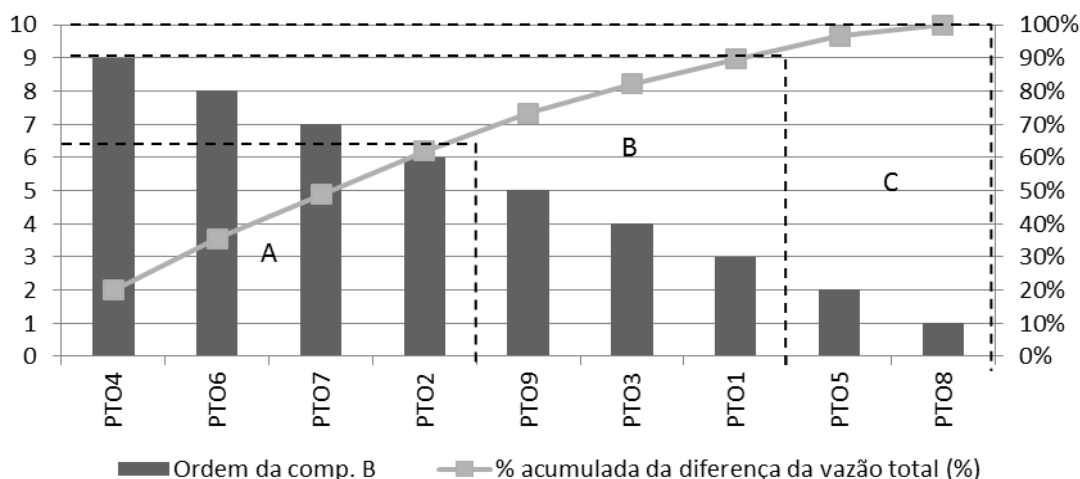


Figura 70 - Gráfico de Pareto com a curva ABC da comparação tipo B.

Com as comparações do tipo "A" e "B" realizadas partiu-se para a definição dos pontos de controle para tomada de ação nos componentes do Módulo 02 e 03.

Diante disto aplicou-se a fórmula de definição dos pontos de controle apresentada no capítulo 04, na metodologia de análise para o Módulo 02, conforme pode-se observar na Tabela 13.

Tabela 13 - Cálculo da definição dos pontos de controle utilizando as comparações tipo "A" e "B".

Pontos de Controle	COMPARAÇÃO		Def ponto de controle (%)	% Acumulada (%)
	A	B		
	% de incremento em relação ao total x PESO 0,4 (%)	% do ponto em relação ao déficit total x PESO 0,6 (%)		
PTO4	3,9%	11,9%	15,8%	16%
PTO5	9,3%	4,2%	13,5%	29%
PTO6	3,2%	9,4%	12,6%	42%
PTO7	4,6%	8,0%	12,5%	54%
PTO2	4,5%	7,8%	12,3%	67%
PTO9	3,9%	6,9%	10,8%	77%
PTO1	5,0%	4,5%	9,5%	87%
PTO3	2,7%	5,3%	8,0%	95%
PTO8	3,1%	2,0%	5,1%	100%
	40%	60%	100%	

Na Tabela 13 apresentou-se o cálculo e o resultado final das definições dos pontos de controle para tomada de ação nos componentes do Módulo 02 e 03.

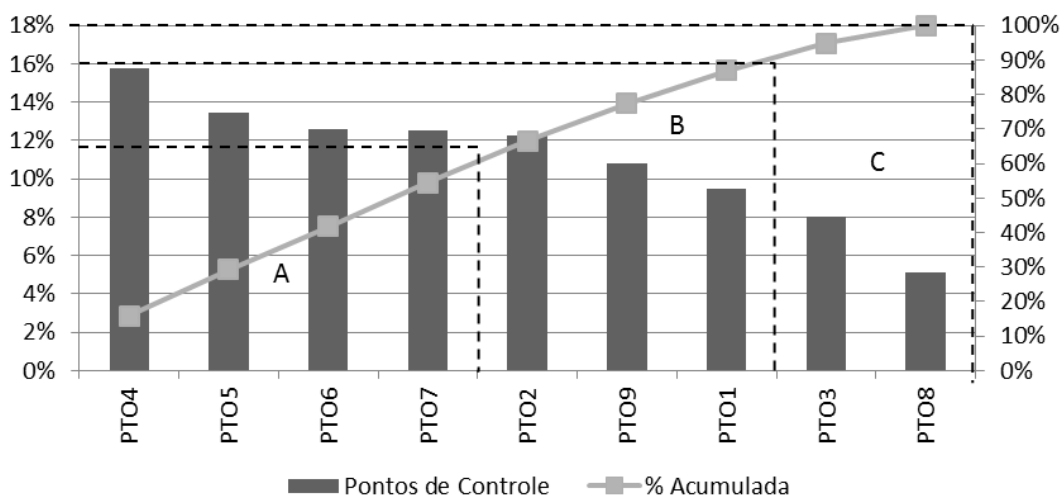


Figura 71 - Gráfico de Pareto com a curva ABC da definição dos pontos de controle.

Na Figura 71 observa-se que os pontos prioritários para tomadas de ações nos componentes dos Módulos 02 e 03 serão as áreas de contribuição dos pontos PTO4, PTO5, PTO6 e PTO7, os quais estão contidos dentro do grupo A da curva ABC e representam 65 % dos problemas na área de contribuição da ETE Belém.

5.1.7 Inspeccionar os Componentes do Módulo 02

Após a definição e priorização dos pontos de controle realizou-se a inspeção dos componentes do Módulo 02.

Até a finalização da aplicação da metodologia de análise do Módulo 02 a operadora realizou a inspeção em 82% dos coletores e interceptores com diâmetro acima de 300 mm da ETE B, conforme ilustrado no mapa da Figura 72.

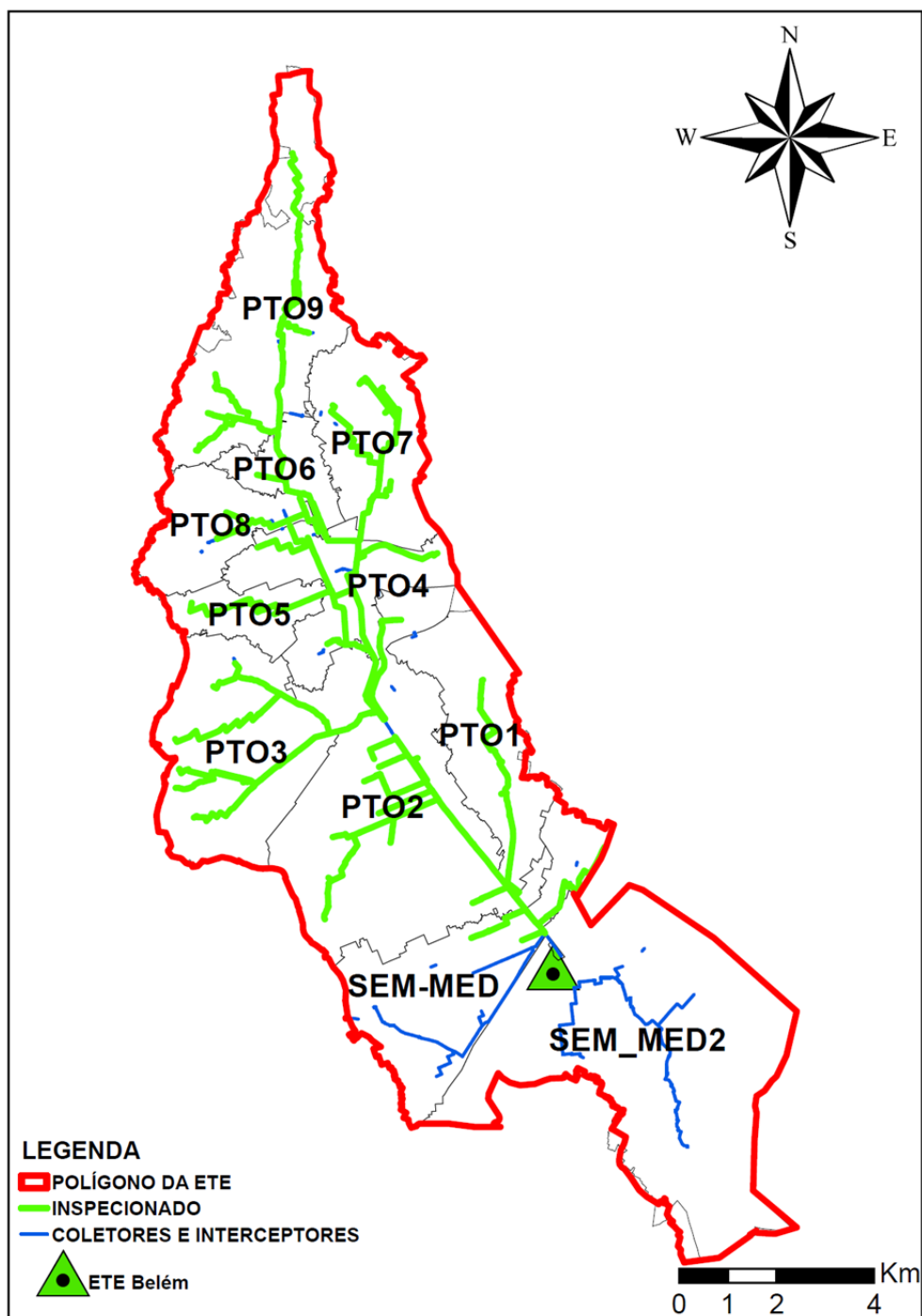


Figura 72 - Mapa dos coletores e interceptores inspecionados.

Os problemas das inspeções realizadas internamente e externamente nos poços de visitas dos coletores e interceptores estão apresentados a seguir.

As inspeções externas demonstraram que os componentes do Módulo 02 estão localizados principalmente no passeio e no terço da rua. As demais localizações podem ser visualizadas na Figura 73

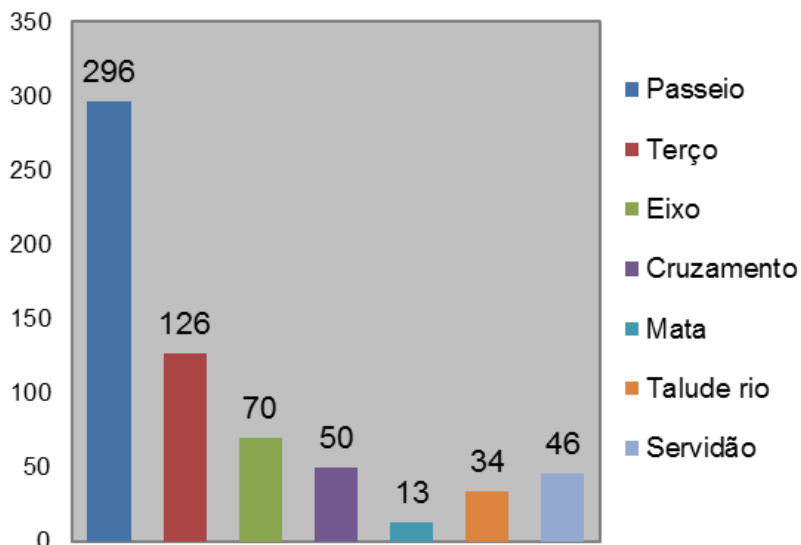


Figura 73 – Gráfico da localização dos componentes do Módulo 02.
 FONTE: SANEPAR USEG (2013)

Outra situação que as inspeções nos componentes do Módulo 02 demonstraram é que 5% dos componentes estão em áreas de inundação, ou seja, os poços estão sujeitos a receber águas parasitárias da superfície, 82% dos poços de visita não estão em áreas de inundação e 13% dos PVs não foram localizados, conforme mostra a Figura 74.

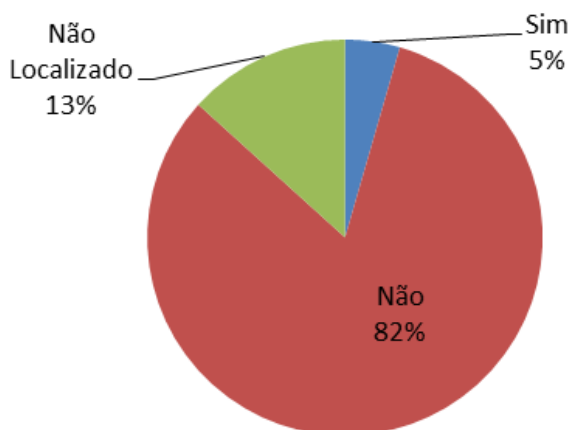


Figura 74 - Gráfico da quantidade de poços de visita em área de inundação.
 FONTE: SANEPAR USEG (2013)

O gráfico da situação de afogamento do poço de visita, Figura 75, demonstra que 77% dos poços de visitas não apresentaram afogamento, ou seja, a tubulação não está entupida e/ou sobrecarregada. Por outro lado, 8% dos poços de visitas

estão afogados, o que pode ser explicado pela presença de algum entupimento e/ou sobrecarga na tubulação.

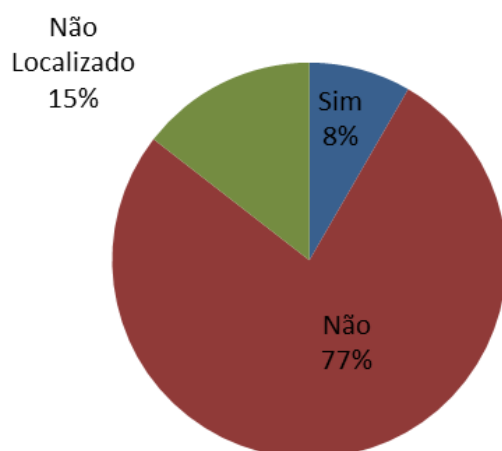


Figura 75 - Gráfico da situação de afogamento do poço de visita.
FONTE: SANEPAR USEG (2013)

Em outra inspeção interna, o gráfico dos poços de visita referente à limpeza, ilustrado na Figura 76, demonstra que 69% dos poços encontram-se limpos, 8% dos poços não estão limpos e 14% não foram localizados.

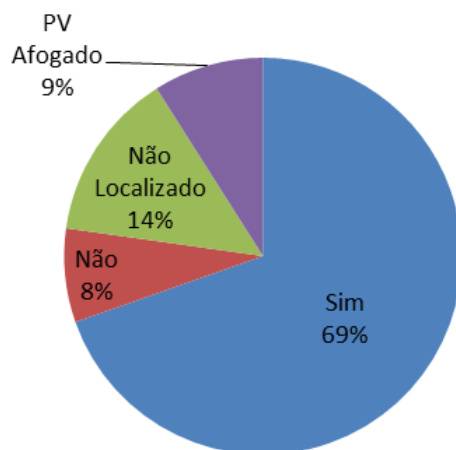


Figura 76 - Gráfico da situação dos poços de visita quanto à limpeza.
FONTE: SANEPAR USEG (2013)

A Figura 77 mostra que 7% dos poços de visita apresentaram problemas com infiltração em sua estrutura, 71 % não apresentaram problema de infiltrações e 9% dos poços de visita estavam afogados e dificultaram a análise quanto ao problema de infiltração nos poços.

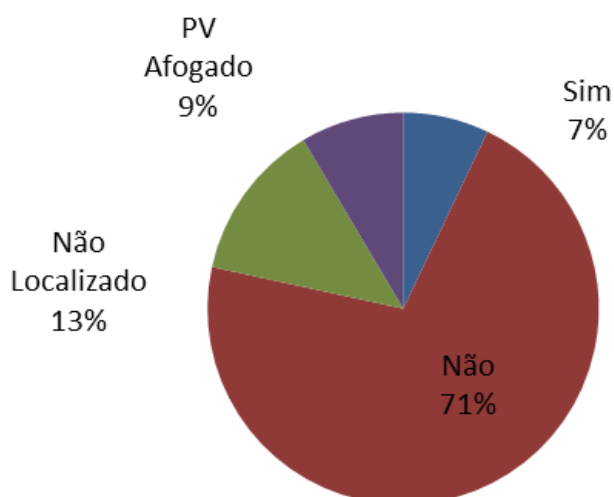


Figura 77 - Gráfico da situação das infiltrações nos poços de visita.
 FONTE: SANEPAR USEG (2013)

Os problemas apresentados nos gráficos das inspeções internas e externas foram encaminhados para a gestão de manutenção tomar as devidas providências.

Nas figuras apresentadas a seguir ilustram-se alguns exemplos dos problemas identificados nas inspeções internas e externas nos componentes do Módulo 02.

Na Figura 78 a equipe de inspeção identificou, dentro da área do ponto PT02, o lançamento do sistema de drenagem no coletor de esgoto em concreto armado no diâmetro de 800mm.



Figura 78 - Lançamento do sistema de drenagem no sistema coletor de esgoto.
 FONTE: SANEPAR USEG (2013)

Nesse ponto, a equipe de vistoria localizou o lançamento irregular das bocas de lobo da canaleta do ônibus expresso, visualizada na primeira foto da esquerda para direita da figura e na terceira figura, mantendo-se a sequência, observa-se uma tubulação de concreto na parte superior da foto interligado no poço de visita do coletor.

Outros problemas identificados nas vistorias são as inconsistências no cadastro técnico. Na Figura 79 é demonstrado um exemplo de problema, dentro da área de abrangência do ponto de controle PT07, que apresenta o caminhamento correto da tubulação, cor magenta, para que a área responsável realize a correção do cadastro.

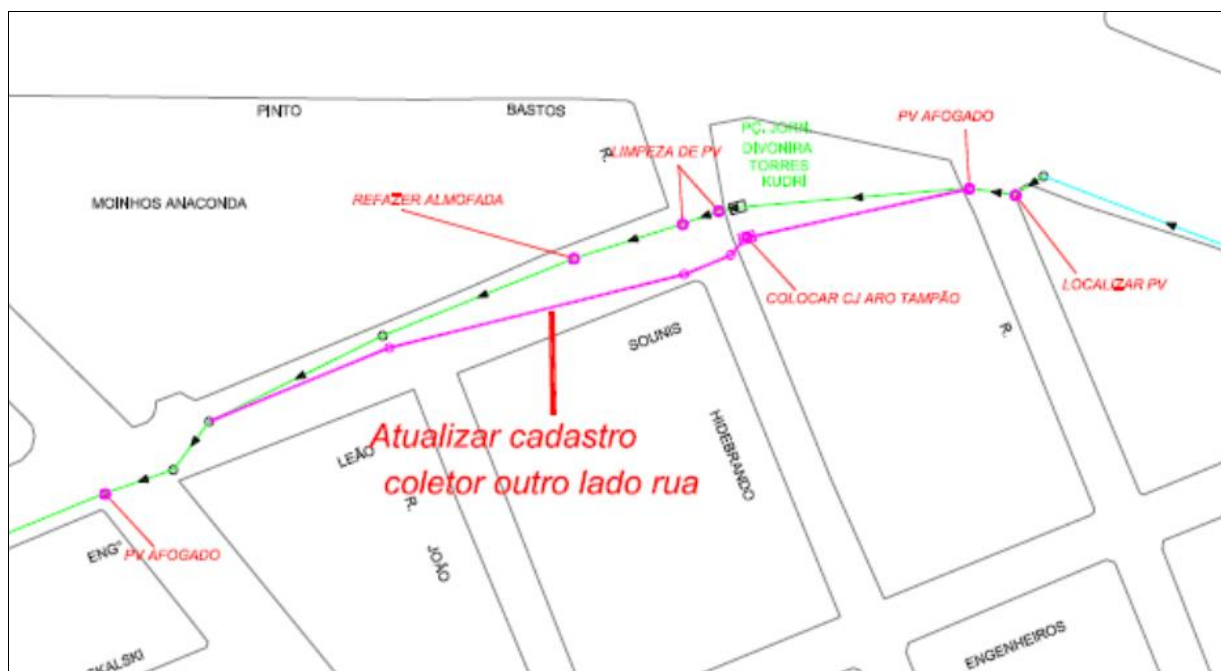


Figura 79 - Croqui de atualização cadastral do coletor.
 FONTE: SANEPAR USEG (2013)

Na Figura 80, foi identificada a falta de continuidade do efluente na passagem de um sifão invertido que transpassava uma galeria celular pluvial na rua Coronel Agostinho Macedo, onde com um teste de corante lançado no poço de visita a montante do sifão, primeira foto do croqui, com o tempo apareceu o corante no corpo da água, conforme observa-se a coloração avermelhada na segunda foto da figura. Na sequência em vistoria interna na galeria pluvial foi identificado que a tubulação do sifão estava obstruída e danificada na passagem da galeria, vindo a ocorrer o lançamento do esgoto *in-natura* no corpo receptor.



Figura 80 - Sistema coletor de esgoto danificado lançando na galeria pluvial.
FONTE: SANEPAR USEG (2013)

O problema ilustrado na Figura 80, entre outros problemas, foi encaminhado para a Gestão da Manutenção e de Melhorias Operacionais, onde após avaliação foi direcionado para as melhorias operacionais que elaborou e executou um novo sifão.

CONCLUSÕES

Como as pesquisas realizadas de materiais de apoio para propor o desenvolvimento de um modelo de gestão do sistema de esgotamento sanitário, é notoriamente observada a falta de referências do assunto, principalmente no Brasil, tanto no meio acadêmico quanto no meio profissional. Assim, realizou-se também uma pesquisa na operadora dos serviços de água e esgoto no Estado do Paraná, onde confirmou-se o déficit de uma gestão do SES que atenda o contexto geral do sistema.

Para o desenvolvimento do modelo de gestão, inicialmente realizou-se uma proposta de divisão dos componentes do sistema de esgotamento, onde levou-se em conta as similaridades e particularidades dos componentes. Dessa forma, elaborou-se uma divisão do sistema em três módulos, sendo: um para o sistema de tratamento e dois para sistema de esgotamento, uma para o macro e a outra para o micro sistema.

Com os componentes definidos para cada módulo, desenvolveu-se o modelo de gestão a partir de uma proposta de aplicação de metodologias de análise para cada um dos três módulos onde essas metodologias objetivaram-se na definição de bacias críticas dentro da área de contribuição de uma estação de tratamento de esgoto que apresenta uma criticidade.

Com o objetivo de avaliar a aplicabilidade prática do modelo de gestão foi desenvolvida para uma estação de tratamento de esgoto da Cidade de Curitiba a aplicação da metodologia de análise do Módulo 02 em seus componentes, onde se podem observar os resultados alcançados com a utilização do modelo de gestão, principalmente na questão da definição de áreas críticas para atuação nos componentes dos Módulo 02 e 03.

Os resultados obtidos nessa dissertação proporcionaram o desenvolvimento de um modelo de gestão do sistema de esgotamento sanitário que permite de uma forma criteriosa e ordenada definir regiões críticas, dentro da área de contribuição de uma estação de tratamento.

Com a caracterização e diagnóstico da área de abrangência da Estação de Tratamento de Esgoto com critérios definidos e que permitam atuar diretamente nos problemas é possível melhorar a qualidade do esgoto recebido na ETE e em contrapartida a melhora na qualidade dos rios urbanos.

No exemplo de aplicação do modelo de gestão, pode-se observar que seguindo um procedimento padronizado para definição de áreas críticas para tomadas de ações no sistema coletor de esgoto, pode-se detectar antecipadamente alguns problemas, tais como: a perda de esgoto na rede coletora de esgoto, o acréscimo excessivo de águas parasitárias no sistema coletor, entre outros.

Espera-se com o modelo de gestão do Sistema de Esgoto Sanitário, principalmente de grandes aglomerados urbanos, trazer uma mudança na forma de atuação na operacionalização e manutenção dos sistemas coletores de esgoto.

Com a implantação do modelo de gestão, também se pretende contribuir para a melhoria no sistema coletor de esgoto e na qualidade dos efluentes recebidos nas estações, perfazendo-se assim a diminuição das vazões coletadas, ou seja, eliminação das vazões de infiltração parasitárias e diminuição das vazões de infiltração lenta. Com isso, as vazões nominais das estações poderão reduzir, ou até mesmo possibilitar o prolongamento do tempo de ampliação das estações, postergando assim os investimentos de ampliações das unidades operacionais.

Como não foi aplicado 100% do modelo de gestão proposto, recomenda-se em projetos futuros a sua aplicabilidade integral que objetiva validar ou até gerar sugestões de adequações na sua concepção.

Para as discussões futuras, recomenda-se um estudo aprofundado para definição de indicadores operacionais para o sistema coletor de esgoto que facilite as análises das redes coletoras de esgoto secundárias e das ligações prediais contidas no Módulo 03. Por exemplo, no Japão utilizam-se vários indicadores tais como: a eficiência operacional e a quantidade de redes reabilitadas ou substituídas do sistema coletor, os quais facilitam o planejamento plurianual de investimentos e de despesas operacionais.

REFERÊNCIAS

AMARAL, K. J. do. **Estuário do Rio Macaé: Modelagem Computacional como Ferramenta para o Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos**. 160p. Tese (Mestrado de Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/index.php/dissertacoes-de-mestrado/103-2003?start=25>>. Acesso em: 05/05/2013.

ANA HIDROWEB. **Arquivos digitais bacias hidrográficas brasileiras - Bacia 6 (Rio Paraná)**. Brasília: Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 06/10/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BRASIL. Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943. **Regulamenta a Norma Regulamentadora n.º 33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados**, Brasília, DF, Portaria MTE n.º 1.409, 29 de agosto de 2012. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br>>. Acesso em: 25/04/2013.

CAMPOS, V. F. **Gerência de qualidade total**. Rio de Janeiro: Bloch, 1989.

COMEC, 2013. **Dados referente a região metropolitana de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=123>>. Acesso em 29/04/2013.

FESTI, A. V. Estimativa da infiltração e do afluxo devidos à precipitação na rede de esgoto sanitário em município de pequeno porte. **UFSCar**. São Carlos, 2006. Disponível em: <http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1212>. Acesso em: 23/01/2012.

GOUVEIA, A. **CEP - Controle Estatístico de Processos**. São Paulo: Nelpa, 2011.

HACH. **Sigma 910 Portable Area Velocity Flow Meter**. U.S.A., 2009. Data sheet - Lit. No. 2545 Rev 3.

HACH. **Sigma Flow Meter Models 910 & 920**. U.S.A., 2008. User manual – Edition 11.

HANAI, F. Y.; CAMPOS, J.R. **Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara – SP**. Trabalho apresentado no 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410690>>. Acesso em : 18/09/2013.

INMET- Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Brasília, 2012. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 09/10/2012.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KARPF, C.; KREBS, P.. Quantification of groundwater infiltration and surface water inflows in urban sewer networks based on a multiple model approach. **Water Research**, Germany, v. 45, Issue 10, May 2011, Pages 3129-3136. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 14/04/2012.

METCALF; EDDY, **Wasterwater engineering : treatment and reuse**. 4ª ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2ªed. São Paulo: Blucher, 2011.

PARANÁ, Decreto-lei n.3926, de 17 de outubro de 1988. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, PR.

PEREIRA, J. A. R.; SOARES, J. M. **Rede Coletora de Esgoto Sanitário – Projeto, Construção e Operação**. Belém: NUMA, UFPA, EDUFPA, GPHS/CT, 2006.

PEREIRA, L. G. Aplicação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares : o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas. **UNICAMP**, Campinas – SP, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000434388>>. Acesso em: 06/04/2013.

SANEPAR CADASTRO. **Informações do cadastro técnico do sistema de esgotamento sanitário da ETE Belém**. Curitiba, 2012. Arquivos digitais do drive da unidade GGML.

SANEPAR SIS. **Informações do Indicador do índice de atendimento com rede coletora de esgoto**. Curitiba, 2013. Terminal SIS.

SANEPAR SNS. **Procedimento normatizado do indicador do índice de atendimento com rede coletora de esgoto**. Curitiba, 2013. Site interno, portal do sistema normativo da SANEPAR.

SANEPAR SUSTENTABILIDADE. Programa “**SE LIGUE NA REDE**”. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sustentabilidade/se-ligue-na-rede>>. Acesso em: 25/04/2013.

SANEPAR USEG. **Informações operacionais do SES da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2013. Arquivos digitais do drive da unidade USEG.

SANEPAR. **Relatório de serviços de medição de vazão**. Curitiba, 2012. Contrato OS 3751/2011.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Ibpex, 2008.

SNIS. **Série Histórica 2010**. Brasília: MCIDADES/ SNSA, 1995 – 2010. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em : 29/04/2013.

SPERLING, M. V., **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2ªed. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 1996.

THISSEN, W. A. H.; OOMENS, A. J. Systems Engineering for Sewer Management. **IEEE International Conference**, Netherlands, v. 1, Oct 1991, Pages 473-478. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 14/04/2012.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3ªed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

WRC, **A guide to short term flow surveys of sewer systems**. England: WRc Engineering, 1987.

NIELSEN, M. J. et al. Experimentação e Amostragem Combinadas para Cálculo do Rendimento de Parque de Medidores de Água. **SANARE – Revista Técnica da Sanepar**, v.19, n.19, p. 41-58, Curitiba, 2003. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/SanareN19.pdf>>. Acesso em: 18/09/2013.

SANCHEZ, J.G.; MOTTA, S. A.; ALVES, W.C. Estimativa de volume de água não medido em ligações residenciais por perda de exatidão nos hidrômetros, na cidade de Juazeiro - BA. **CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, XXVII., 2000, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/ii-051.pdf>>. Acesso em: 18/09/2013.