

OPERAÇÃO OTIMIZADA DE SISTEMA DE COLETA DE ESGOTOS

Arnaldo Boa Sorte ⁽¹⁾

Engenheiro Industrial Mecânico pela Universidade Brás Cubas, especialização em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e MBA em Administração para Engenheiros pela Faculdade Mauá. Atuou na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo por 42 anos ocupando os cargos de Gerente de Operação, Gerente de Manutenção Eletromecânica e Gerente de Departamento de Engenharia. Atualmente é Consultor Sênior na Empresa Norte Sul Hidrotecnologia.

Júlio Souto Pera Simões ⁽²⁾

Formado em Administração e Marketing pela ESAMC, MBA em Gestão Estratégica e Econômica de Negócios pela FGV. Atua como gerente da área de Desenvolvimento de Negócios da Empresa Norte Sul Hidrotecnologia e como sócio-diretor da empresa A Metropolitana Ambiental, empresa especializada em soluções de perdas de água.

Ricardo Pera Moreira Simões ⁽³⁾

Administrador de Empresas formado pela FGV, Engenheiro Operacional na FEI e Mestrado em Marketing na FGV. Foi Diretor Comercial e Engenharia da empresa Prominas Brasil S/A, Diretor da ABAS (Associação Brasileira de Água Subterrânea), Diretor de Hidrojato e Vácuo da ABEMI (Associação Brasileira de Engenharia Industrial). Atualmente é Diretor Executivo da empresa Norte Sul Hidrotecnologia e Comércio Ltda e Presidente do SINDJATO – Sindicato das Empresas Prestadoras de Serviços de Hidrojato e Correlatos.

Endereço ⁽¹⁾: Rua do Oratório, 202 – Apto 121 - Moóca – São Paulo - SP - CEP: 03116-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 2016-2862 - Fax: +55 (11) 2016-2862 - e-mail: boasorte@nortesultec.com.br

RESUMO

A operação dos sistemas de coleta de esgotos é uma regra bastante complexa no Brasil, em que diversos fatores contribuem para que o aumento de riscos e problemas na manutenção e conservação. O presente artigo sugere uma distinção entre operação e manutenção do sistema de esgotos, através de uma metodologia de classificação dos problemas e riscos para a melhoria ou manutenção do desempenho do sistema e um programa de ações focado no dimensionamento dos serviços operacionais em função da infraestrutura de esgotos.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de coleta de esgotos, otimização de esgotos, diagnóstico de esgotos

1. Introdução:

Constituem procedimentos de operação de um sistema de coleta de esgotos, principalmente as ações de inspeção (inspeção visual e por circuito interno de televisão) e limpeza de coletores, que por sua vez geram demandas para manutenção tais como intervenções de reparos em poços de visita e tubulações ou até mesmo substituições de poços de visita e trechos de coletores, que se somam à rotina de desobstruções dos coletores.

A operação dos sistemas de coleta de esgotos é em regra bastante complexa no Brasil, vejamos que há diversos fatores como: a característica do sistema pseudo-separativo ao invés de separativo absoluto, existência de coletores de diversos materiais, diferentes diâmetros e idades, somada à condição de vários trechos sem cadastro ou com cadastro pouco confiável.

Entre os problemas e riscos identificam-se assoreamentos e obstruções, infiltrações e extravasamentos, afluição de águas pluviais, septicidade e colapso.

Estes riscos implicam em inúmeras ocorrências, como extravasamentos que podem gerar contaminações, riscos materiais e à saúde pública; liberação de odores desagradáveis e ofensivos; ocorrência de corrosão; ocorrência de erosão e deterioração e impactos nas estações de tratamento.

Sugere-se quanto à otimização de sistemas de coleta de esgotos, a distinção entre operação e manutenção do sistema de coleta de esgotos. A operação de sistema de coleta de esgoto visa melhorar ou manter o desempenho do sistema através de um conjunto de procedimentos ou rotinas de limpeza e inspeções; já a manutenção de sistema de coleta de esgotos está relacionada ao reparo, a reabilitação ou substituição da infraestrutura (coletores, poços de visita, etc.)

2. Metodologia para abordagem:

A ação inicial para uma posterior intervenção física no sistema de coleta de esgotos é a obtenção de informações técnicas detalhadas sobre o sistema, de forma a que se conheça o comportamento hidráulico mais próximo do real, além de identificar pontos com grande incidência de obstruções que sugiram vícios estruturais pontuais. Assim é fundamental a disponibilização, pelas companhias gestoras, das seguintes informações:

- Cadastro Técnico atualizado e confiável: contendo as informações relativas aos materiais das tubulações, os diâmetros, declividades dos trechos entre singularidades e data da instalação.
- Cadastro Comercial: contendo as referências dos imóveis comerciais, industriais e públicos, inclusive com as respectivas atividades e consumos médios.
- Dados relativos às ocorrências de obstruções de coletores nos últimos 12 meses.

Em termos gerais, a abordagem recomendada pode ser sintetizada em quatro fases conforme descritas abaixo e a seguir:

- **Fase 1: Planejamento inicial:** inclui a coleta do histórico de ocorrências, da intensidade das chuvas e das informações cadastrais e comerciais.
- **Fase 2: Estudo de diagnóstico,** com a simulação da operação das redes à meia seção verificando o comportamento hidráulico, a espacialização das ocorrências de obstruções, bem como dos potenciais geradores de efluentes não domésticos.
- **Fase 3: Estratégia:** seguida da classificação do risco para os fenômenos do assoreamento, corrosão, erosão, *slug flow*, inspeções locais em pontos com vários registros de ocorrências de obstruções e geradores de efluentes não domésticos.
- **Fase 4: Planejamento de ações:** inclui as indicações das intervenções mais adequadas para cada risco, os trechos críticos para análise da causa das obstruções, bem como para substituição em função da sua criticidade e depreciação.

2.1 Fase 1 – Planejamento inicial:

O objetivo da **Fase 1 – Planejamento Inicial** é a obtenção das informações físicas individualizadas das características e histórico dos elementos incidentes sob dado sistema coletor de esgotos.

Como as características da rede disponíveis no cadastro frequentemente são insuficientes e desatualizados, é recomendável completar ou atualizar tais informações com execução de serviços topográficos, com instrumentos de precisão, para a obtenção das informações do tipo de material, diâmetro, extensão e declividade de cada trecho. Outro elemento fundamental é a obtenção dos dados do cadastro comercial, principalmente dos imóveis industriais, comerciais e públicos potenciais geradores de efluentes industriais, principalmente gordura e com consumo acima de 50 m³/mês.

Sob a base cadastral, necessita-se do histórico do registro dos serviços de desobstrução de coletores, reparos de coletores e remanejamentos ocorridos nos últimos 12 meses, para a identificação das densidades dos serviços. E, por fim, os dados de ocorrências e intensidade das chuvas, correspondente aos dados histórico dos últimos 12 meses, para os dias de ocorrências de chuvas e respectivas intensidades.

2.2 Fase 2 – Estudos de diagnóstico:

O objetivo da **Fase 2 – Estudos de diagnóstico** consiste na identificação e verificação das condições hidráulicas, estruturais e ambientais, obtendo-se as situações individualizadas de funcionamento da infraestrutura existente.

2.2.1 – Diagnóstico hidráulico:

O **diagnóstico hidráulico** visa avaliar o risco de ocorrência de situações de funcionamento deficiente da infraestrutura, sendo analisados os seguintes parâmetros: risco de assoreamento/deposição de detritos; erosão e escoamento aerado e por fim, a septicidade e corrosão.

O risco de assoreamento ou depósito de detritos é avaliado através das condições de escoamento em superfície livre em coletores de esgotos, calculada em regra geral, simplificada e considerada pelo regime permanente e uniforme dos fluidos, representada pela equação de *Gauckler-Manning-Strickler* (fonte M. SAATÇI) :

$$Q = K \cdot A \cdot R h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s

K = coeficiente de Strickler em m^{1/3}/s

A = seção de escoamento em m²
R = raio hidráulico em m
i = declividade em m/m

De acordo com a fórmula, as declividades devem ser tais que as velocidades de escoamento sejam suficientemente elevadas, para evitar a sedimentação da parte sólida e permitir o arraste do material acumulado em horas de baixa vazão, principalmente no período noturno.

Desta forma, a avaliação do grau de risco de assoreamento é particularmente importante para a construção da matriz de risco. Consideram-se quatro categorias de risco:

- Grau máximo: para trechos de rede com declividade invertida;
- Grau elevado: para trechos de redes que não atendem ao critério de autolimpeza (velocidade de escoamento menor que 0,6 m/s);
- Grau moderado: para trechos de redes cuja declividade possibilita uma velocidade entre 0,6 m/s e 1,2 m/s;
- Grau baixo: para trechos de rede cuja declividade possibilita velocidades acima de 1,2 m/s.

A presente classificação do risco de assoreamento tem como base os diâmetros e declividades dos trechos de rede, considerando o escoamento a meia seção, onde para cada diâmetro aplicamos a equação de *Gauckler-Manning-Strickler* adaptada de forma a definir as declividades mínimas que garantissem as velocidades limites de cada faixa de risco:

$$i = \left(\frac{V}{k \cdot Rh^{2/3}} \right)^2$$

Onde:

V = Velocidade de escoamento

K = Coeficiente de *Strickler* para os diversos materiais das tubulações:

Tubo cerâmico: 80 m^{1/2}/s

Tubo PVC: 125 m^{1/2}/s

Tubo de concreto: 75 m^{1/2}/s

Aço: 100 m^{1/2}/s

Ferro Fundido: 70 m^{1/2}/s

Fibrocimento: 95 m^{1/2}/s

R = Raio hidráulico para meia seção ($\theta = 180^\circ$), conforme fórmula abaixo:

$$Rh = \frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \cdot D$$

Através da aplicação das fórmulas, pelos materiais e diâmetro utilizados no Brasil, obtém-se os seguintes resultados, nos quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 – Classificação do risco de assoreamento de material cerâmico em função do diâmetro

MATERIAL				RISCO DE ASSOREAMENTO
CERÂMICA				
	150	200	300	
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	Máximo
	De 0 a 0,007	De 0 a 0,005	De 0 a 0,003	Elevado
	De 0,007 a 0,015	De 0,005 a 0,010	De 0,003 a 0,006	Moderado
	Acima de 0,015	Acima de 0,010	Acima de 0,006	Baixo



Quadro 2 – Classificação do risco de assoreamento de material PVC em função do diâmetro

MATERIAL				
PVC				RISCO DE ASSOREAMENTO
150	200	300		
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	Máximo
	De 0 a 0,003	De 0 a 0,002	De 0 a 0,001	Elevado
	De 0,003 a 0,006	De 0,002 a 0,004	De 0,001 a 0,002	Moderado
	Acima de 0,006	Acima de 0,004	Acima de 0,002	Baixo

Quadro 3 – Classificação do risco de assoreamento de material cimento em função do diâmetro

MATERIAL					
CIMENTO				RISCO DE ASSOREAMENTO	
400	500	600 a 900	1000		
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	invertida	Máximo
	De 0 a 0,002	De 0 a 0,001	De 0 a 0,001	De 0 a 0,001	Elevado
	De 0,002 a 0,004	De 0,001 a 0,003	De 0,001 a 0,002	De 0,001 a 0,0015	Moderado
	Acima de 0,004	Acima de 0,003	Acima de 0,002	Acima de 0,0015	Baixo

A próxima análise se refere ao risco de erosão mecânica ou escoamento aerado associado a elevadas velocidades de escoamento, que é resultante da combinação do diâmetro do coletor com a inclinação do trecho, sendo a principal variável de análise a velocidade de escoamento.

A erosão mecânica pode afetar a capacidade estrutural de poços de visita que, em caso de deterioração, pode originar graves problemas de funcionamento, impondo perda de carga no escoamento, bem como permitir descolar material que pode provocar obstruções a jusante, infiltrações de esgoto no solo contaminando o meio ambiente.

Assim, considerou-se que o risco de erosão seria: elevado para os trechos que a velocidade atinja velocidade superior a 5 m/s; moderada para velocidade entre 3 e 5 m/s e baixo para velocidades inferiores a 3 m/s.

Para a construção da tabela de risco, considerou-se para aplicação na equação de *Gauckler-Manning-Strickler* o coeficiente de *Strickler* com valor médio de $75 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ e um escoamento a meia seção, resultando na seguinte classificação conforme quadro 4.

Quadro 4 – Classificação do risco de erosão / aerado em função do diâmetro

Diâmetro do coletor (mm)					RISCO DE EROSIÃO/AERADO
150 a 300	400 e 500	600 a 900	≥1000		
Declividade (m/m)	> 0,140	>0,070	> 0,032	> 0,028	Elevado
	0,050 a 0,14	0,030 a 0,070	0,012 a 0,032	0,010 a 0,028	Moderado
	≤ 0,050	≤ 0,030	≤ 0,012	≤ 0,010	Baixo

Por fim da análise do diagnóstico hidráulico, a septicidade em sistemas de coleta de esgotos está associada à formação de gás sulfídrico (H₂S), que gera os seguintes efeitos: odor intenso e desagradável; corrosão em tubulações de concreto, poços de visita, e estruturas de estações elevatórias e de tratamento de esgotos e a produção de ambientes letais em espaços confinados.

Nos trechos iniciais dos coletores, a massa líquida ainda fresca, possui concentrações razoáveis de oxigênio. À medida que o escoamento se processa, o tempo de percurso da massa líquida no interior da tubulação vai

acentuando o consumo de oxigênio para dissolver a matéria orgânica presente no esgoto. A partir de uma determinada extensão, se o consumo de oxigênio não for compensado pela rearejamento através da superfície livre da tubulação, a massa líquida ficará sem oxigênio dissolvido, situação favorável à formação de sulfetos, onde parte liberta-se para a superfície livre da tubulação sob a forma de gás sulfídrico. Este gás dissolvendo-se na umidade condensada que reveste as superfícies das tubulações e acessórios do sistema de coleta de esgotos, associados às bactérias, forma-se o ácido sulfúrico (H₂SO₄), responsável pela corrosão de concreto, do cimento amianto e dos metais.

A ocorrência de septicidade é bastante recorrente em tubulações de recalque de estações elevatórias, porém os efeitos são sentidos a jusante e não na tubulação de recalque propriamente dita; haja vista tratar-se de um esgoto que está há muito tempo circulando nas tubulações a montante da elevatória, permanece algum tempo no poço de sucção das bombas da elevatória ou tem ausência de arejamento na tubulação de recalque

Também nos coletores por gravidade, onde a velocidade de autolimpeza não é atendida, são trechos bastante susceptíveis ao problema de septicidade, havendo então uma relação entre o risco de assoreamento e o risco de septicidade.

Desta forma, para avaliar o risco de septicidade, leva-se em conta os trechos a jusante das elevatórias como risco máximo, juntamente com o mesmo critério para o risco de assoreamento. Como resultado deste tipo de análise, os quadros 5, 6 e 7 a seguir ilustram a classificação do risco de septicidade.

Quadro 5 – Classificação do septicidade do material cerâmico em função do diâmetro

		MATERIAL			RISCO DE SEPTICIDADE
		CERÂMICA			
		150	200	300	
		Trecho a jusante da linha de recalque de EEE			
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	Máximo	
	De 0 a 0,007	De 0 a 0,005	De 0 a 0,003	Elevado	
	De 0,007 a 0,015	De 0,005 a 0,010	De 0,003 a 0,006	Moderado	
	Acima de 0,015	Acima de 0,010	Acima de 0,006	Baixo	

Quadro 6 – Classificação do septicidade do material PVC em função do diâmetro

		MATERIAL			RISCO DE SEPTICIDADE
		PVC			
		150	200	300	
		Trecho a jusante da linha de recalque de EEE			
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	Máximo	
	De 0 a 0,003	De 0 a 0,002	De 0 a 0,001	Elevado	
	De 0,003 a 0,006	De 0,002 a 0,004	De 0,001 a 0,002	Moderado	
	Acima de 0,006	Acima de 0,004	Acima de 0,002	Baixo	

Quadro 7 – Classificação do septicidade do material cimento em função do diâmetro

		MATERIAL CIMENTO				RISCO DE SEPTICIDADE
		400	500	600 a 900	1000	
		Trecho a jusante da linha de recalque de EEE				
Declividade (m/m)	invertida	invertida	invertida	invertida	Máximo	
	De 0 a 0,002	De 0 a 0,001	De 0 a 0,001	De 0 a 0,001	Elevado	
	De 0,002 a 0,004	De 0,001 a 0,003	De 0,001 a 0,002	De 0,001 a 0,0015	Moderado	
	Acima de 0,004	Acima de 0,003	Acima de 0,002	Acima de 0,0015	Baixo	

2.2.2 – Diagnóstico estrutural:

O **diagnóstico estrutural** visa à avaliação do estado do sistema de coleta do ponto de vista físico, caracterizando a patologia.

Para o diagnóstico estrutural, são necessárias a identificação dos trechos frágeis do sistema e a inspeção direta de tais pontos.

Como se torna pouco viável, a inspeção periódica completa do sistema, se faz necessário definir uma metodologia para identificação dos trechos a inspecionar.

As frequentes obstruções de coletores são indicadores de problemas estruturais; porém coletores de grandes seções, mesmo com problemas estruturais sérios, não apresentam obstruções até o ponto de colapso, assim, a classificação de risco estrutural deve ter metodologias distintas em função dos diâmetros.

Para tubulações de até 300 mm de diâmetro, o risco estrutural terá como base as ocorrências de obstruções registradas ao longo de 12 meses, especializadas sobre a base cadastral, classificando o risco por trecho entre pontos de visita em função da quantidade de ocorrência, conforme o **quadro 8** a seguir.

Quadro 8 – Classificação do risco estrutural em função do número de obstruções / ano para redes com diâmetro entre 150 a 300 mm

DIÂMETROS 150 a 300 mm		RISCO DE ESTRUTURAL
Acima de 8 obstruções/ano		
De 5 a 8 obstruções/ano		Elevado
De 2 a 4 obstruções/ano		Moderado
Até 1 obstruções/ano		Baixo

Para tubulações com diâmetro acima de 400 mm, deve se considerar o material de construção e a idade, com destaque para as principais características:

- Coletores em alvenaria são coletores com idade bastante elevada; a argamassa utilizada na construção que é bastante sensível a corrosão, possibilitando infiltrações, carreamento de solo e colapso, eleva o risco estrutural;
- Coletores em cimento, cimento amianto e ferro fundido são sensíveis à corrosão pela presença de ácido sulfúrico derivado do sulfeto presente no esgoto, além dos cloretos;
- Coletores em cerâmica são resistentes à corrosão, sendo o ponto fraco associado ao assentamento negligente, principalmente quanto às juntas deslocadas;
- PVC/PAD são resistentes à corrosão e ponto fraco está associado ao assentamento negligente, principalmente quanto à observância da declividade prevista em projeto.

O **quadro 9** abaixo resume as condições acima descritas.

Quadro 9 – Classificação do risco estrutural em função do número de obstruções / ano para coletores com diâmetro acima de 400 mm, em função do diâmetro

MATERIAL E IDADE DE COLETORES ≥400 mm	RISCO ESTRUTURAL
Alvenaria > 100 anos	Máximo
Cimento, cimento amianto e ferro fundido > 50 anos	Elevado
Cerâmica > 40	Moderado
PVC/PAD	Baixo

2.2.3 – Diagnóstico ambiental:

Parte do diagnóstico ambiental está associada à identificação de imóveis geradores de efluentes não domésticos, que incluem indústrias, instalações públicas e de comércio, que são geradores de gordura com impacto na operação do sistema de coleta no tocante as obstruções.

De posse do cadastro comercial, serão selecionados os imóveis industriais, públicos e comerciais, cujo consumo seja igual ou superior a 50 m³/mês. Citamos como exemplo: para imóveis industriais, as indústrias alimentícias, químicas, têxteis, concreteiras e curtumes; para os imóveis comerciais, os manipuladores de gordura tais como restaurantes, padarias, postos de gasolina, lava rápidos e marmorarias e por fim, para imóveis públicos, escolas, clubes, hospitais, delegacias e presídios.

A classificação de risco ambiental será pela quantidade de obstruções registradas no trecho de rede onde situam-se tais imóveis geradores de efluentes não domésticos - END, obtendo-se os resultados do **quadro 10**.

Quadro 10 – Classificação do risco ambiental em função do número de obstruções / ano com lançamento em regiões com imóveis de efluentes não domésticos

OCORRÊNCIA DE OBSTRUÇÕES EM TRECHOS COM LANÇAMENTOS DE END(*)	RISCO AMBIENTAL
Trechos com mais de 8 obstruções por ano	Máximo
Trechos entre 5 a 8 obstruções/ano	Elevado
Trechos entre 2 a 4 obstruções/ano	Moderado
Trechos com até 1 obstrução/ano	Baixo

(*) EFLUENTES NÃO DOMÉSTICOS INDUSTRIAIS, COMERCIAIS E PÚBLICOS

Outro fator do diagnóstico ambiental, ocorre quanto ao problema da contribuição parasitária de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos. Quando do período de chuvas, como os coletores situados em áreas mais baixas trabalham como conduto forçado, causa refluxos em ligações domiciliares, principalmente nos imóveis com soleiras abaixo do nível da rua, além de danos nas tubulações e poços de visita. Durante a ocorrência de fortes chuvas, nos trechos de topografia mais plana, ocorrem o extravasamento pelos poços de visita e refluxos em imóveis, porém, após as chuvas a situação retorna ao normal, exceto nos casos onde houver pontos susceptíveis a obstruções por defeitos nas tubulações, que seguram detritos já existentes no interior das tubulações.

Para evitar tais situações, se faz necessário a identificação dos pontos de contribuições irregulares de águas de chuva na rede coletora de esgotos, nos locais com imóveis em soleira negativa.

Ainda que as ligações sejam em soleira negativa, verifica-se o registro das reclamações de refluxo de esgotos ocorridas no decorrer do ano, cruzando com os registros de chuvas e respectiva intensidade em mm/h, quando disponíveis pelos gestores públicos, obtendo-se a seguinte classificação do **quadro 11**.

Quadro 11 – Classificação do risco de águas parasitárias em função do número de ocorrências de reclamações de refluxo no período de chuvas e em função da intensidade das chuvas

Ocorrências de reclamações de refluxo durante chuvas de acordo intensidade de chuvas	RISCO DE AGUAS PARASITÁRIAS
Chuva fraca com intensidade até 2,5 mm/h	Máximo
Chuva moderada com intensidade de 2,5 a 10 mm/h	Elevado
Chuva forte com intensidade de 11 a 50 mm/h	Moderado
Chuva violeta com intensidade > 50 mm/h	Baixo

A partir dos trechos identificados com risco para águas parasitárias, delimita-se toda a microbacia drenante para tais trechos que será objeto de pesquisa para identificar as contribuições irregulares de águas de chuva.

2.3 Fase 3 – Definição da estratégia:

Basicamente a estratégia de abordagem é a execução dos serviços de limpeza e inspeção de campo em coletores, visando preferencialmente uma operação proativa e não reativa, levando em conta os riscos operacionais e os recursos disponíveis.

As limpezas preventivas nos coletores com a utilização de equipamento de hidrojateamento e vácuo, atenuam os riscos de assoreamento; enquanto que as inspeções avaliam o estágio e tendência para os demais riscos, priorizando e direcionando as ações mais adequadas para a reabilitação.

As concessionárias deverão, em função dos recursos disponíveis, avaliar quais tipos e níveis de riscos serão priorizados, além do período de atuação em cada nível de risco.

Assim, devem ser considerados os seguintes fatores:

- No período úmido, que vai aproximadamente de dezembro a março, as ocorrências de obstruções de coletores aumentam bastante em relação à média anual, decorrentes tanto do assoreamento acumulado nos coletores, como de colapsos oriundos de juntas deslocadas, estruturas corroídas e falhas construtivas.
- O fenômeno do assoreamento é o maior contribuinte para os problemas de obstruções de coletores tendo então o maior peso nas decisões quando houver restrições de recursos.
- A produtividade a considerar para limpeza de coletor é 20 m/hora por equipe de equipamento combinado hidrojateamento e vácuo em redes até 300 mm e 15 m/hora por equipe para coletores maiores de 300 mm até 500 mm.
- Para coletores acima de 500 mm, a limpeza preferencialmente deverá ser feita por hidrojateamento para desmonte dos bancos de areia, com retirada através de bomba instalada no poço de visita de jusante do trecho sendo a remoção da areia para o destino final através de caminhão basculante. A produtividade dependerá do volume de sedimentos no trecho considerado.
- A produtividade para inspeção de poços de visita é 20 minutos por poço de visita por equipe considerando os deslocamentos entre trechos.
- A produtividade para inspeção através de circuito interno de TV é de 50 m por hora, em redes previamente limpas.
- Para inspeções prediais, consideramos uma produtividade média de 1 imóvel/h por equipe, considerando as ações de inspeção e deslocamento.
- Para teste de fumaça a produtividade média é de 300 m/dia por equipe.

2.3.1. Estratégia para risco de assoreamento

A estratégia para atuar no risco de assoreamento deve levar em conta o diâmetro, haja vista que o assoreamento em diâmetros até 300 mm pode evoluir para a obstrução da rede, enquanto para diâmetros maiores tal evolução é muito rara.

2.3.1.1 Desassoreamento em coletores até 300 mm

A ação de limpeza de coletores com diâmetro até 300 mm, com risco de assoreamento máximo deverá ter uma periodicidade semestral, o risco elevado, tem como periodicidade ideal a anual. Para trechos classificados com risco moderado, a limpeza ideal deverá ser feita numa periodicidade a cada 10 anos executado

preferencialmente no período seco e para trechos com risco baixo uma periodicidade a execução estará subordinada ao recurso disponível.

2.3.1.2 Desassoreamento em coletores com diâmetros igual ou maiores de 400 mm

Em coletores com risco máximo deverá ser feita inspeção de verificação do nível de assoreamento numa periodicidade anual. Para coletores com risco elevado a periodicidade deve ser bianual e para risco moderado a cada 5 anos.

Quanto a estratégia, para limpeza nos diâmetros entre 400 mm e 500 mm a limpeza deverá ser feita com a utilização de hidrojato e aspiração dos resíduos por vácuo e para diâmetros maiores deverá ser utilizado o princípio da lavagem por hidrojateamento concomitantemente à sucção dos detritos, a partir de bombas de grande vazão instaladas nos poços de visita.

2.3.2. Estratégia para risco de erosão/escoamento aerado

Um problema que pode contribuir para o funcionamento deficiente de um sistema de coleta de esgotos é a velocidade elevada do escoamento causando erosão mecânica e turbulência excessiva provocando o escoamento aerado.

A erosão mecânica e turbulência podem causar sérios danos à estrutura das tubulações e dos poços de visita, com a liberação de material provocando entupimento a jusante e infiltrações com carreamento de solo e colapso.

Assim a estratégia baseia-se na inspeção dos poços de visita dos trechos classificados conforme o risco para erosão/escoamento aerado.

Para o risco de erosão/escoamento aerado, o foco principal das inspeções será para o risco elevado, cuja periodicidade será bianual para as inspeções nas estruturas de poços de visita com inspeção visual e inspeção através de circuito interno de TV.

Para o risco moderado deverá ser programado inspeções visuais nas estruturas dos poços de visita a cada período de 2 anos.

2.3.3. Estratégia para risco de septicidade

A septicidade tem uma relação direta com o fenômeno do assoreamento e afeta de forma diferente as estruturas em função do material de construção, assim a estratégia de abordagem do problema também irá variar dependendo de cada caso.

Para diâmetros menores até 300 mm, cujas tubulações são basicamente de cerâmica e PVC, a corrosão derivada da septicidade ataca principalmente as estruturas de poços de visita e estações elevatórias, além de odores mal cheirosos que podem chegar ao interior dos imóveis através das ligações domiciliares.

Para diâmetros de 400 mm e maiores, cujo material de construção seja concreto, a corrosão derivada da septicidade ataca, além das estruturas dos poços de visita e elevatórias, também as tubulações, que ao longo do tempo levam ao colapso.

A septicidade é principalmente importante em linhas de recalque de elevatórias devido à ausência de oxigênio e as consequências são mais sentidas a jusante, a partir da transição para o coletor que recebe a contribuição da elevatória devido à turbulência do lançamento. Em consequência do desprendimento do gás sulfídrico num ambiente úmido, com presença de sulfobactérias, há a formação do ácido sulfúrico que ataca concreto de tubulações e poços de visita.

Para trechos até 300 mm, classificados com risco máximo, as inspeções visuais em poços de visita e elevatórias devem ser programadas numa periodicidade anual, enquanto para risco elevado uma periodicidade bianual, para risco moderado, uma inspeção a cada 5 anos e para risco baixo, dependendo da disponibilidade.

Para trechos de 400 mm ou acima, em tubulações de concreto classificados com risco máximo, além das inspeções visuais em poços de visita e elevatórias, deverá ser feito inspeções por circuito interno de televisão numa periodicidade anual, enquanto que para risco elevado uma periodicidade bianual, moderado a cada 5 anos e baixo, de acordo com a disponibilidade.

Para linhas de recalque das estações elevatórias de esgotos em materiais metálicos, as inspeções devem ser feitas anualmente, preferencialmente pelo método de memória magnética de metal, que é um ensaio não destrutivo padronizado pela norma ISSO-24497-1:2007, capaz de identificar vazamentos, corrosão, deformações, desalinhamentos e trincas de forma qualitativa.

Para trechos a jusante das linhas de recalque de estações elevatórias de esgotos, o poço de lançamento deverá ser objeto de inspeções visuais numa periodicidade anual, juntamente com inspeção por circuito interno de

televisão para o trecho eminentemente a jusante do poço de lançamento, que servirá de amostra para os trechos subsequentes.

Para risco moderado em tubulações até 300 mm, a periodicidade de inspeção visual para os poços de visita deve ser a cada 5 anos, enquanto para tubulações de concreto com diâmetro de 400 mm ou mais, as inspeções devem ser visuais cobrindo os poços de visita além das tubulações que devem ser com circuito interno de televisão.

2.3.4. Estratégia risco estrutural

Para as redes com diâmetro até 300 mm, os problemas estruturais são evidenciados pelas ocorrências de obstruções, sem que haja necessariamente um colapso das tubulações. Os riscos serão classificados por trechos em função das quantidades de obstruções registradas, sendo que a estratégia baseia-se em inspeções visuais dos poços de visita e filmagens dos trechos classificados com risco numa determinada periodicidade, até a eliminação da causa raiz do problema.

Para risco máximo, as inspeções devem ser anuais, para risco elevado a cada 2 anos e moderado a cada 5 anos. Para risco baixo, na medida em que houver recursos.

Para redes com diâmetros maiores, cuja grande área de seção torna-se mais difícil uma ocorrência de obstrução sem que já haja o colapso, os riscos são classificados em função do material e idade. A estratégia baseia-se igualmente em inspeções visuais dos poços de visita e filmagens dos trechos classificados com risco. A periodicidade de atuação será análoga a de diâmetro até 300 mm.

É extremamente conveniente que, para os trechos classificados como máximo e elevado, seja feito estudos de engenharia no sentido de identificar a causa raiz da grande incidência de obstruções no sentido de eliminá-la, sob pena de perpetuar seu efeito.

2.3.5. Estratégia para risco ambiental

2.3.5.1 Efluentes não domésticos - END

Sobre a base do cadastro técnico, sobrepõe-se as ocorrências de obstruções dos últimos 12 meses e sobre elas o posicionamento dos imóveis industriais, comerciais e públicos cujo consumo médio mensal seja igual ou superior a 50 m³/mês.

Para imóveis potenciais geradores de efluentes não domésticos situados em trechos, que pela quantidade de obstruções registradas nos últimos 12 meses, foram classificados como risco máximo, elevado e moderado deverão ser objeto de inspeção predial com objetivo de apurar a existência denexo entre o efluente gerado pelo imóvel e as ocorrências de obstruções, respectivamente com periodicidade anual, bianual e a cada 5 anos.

2.3.5.2 Águas parasitárias

Com a distribuição geográfica dos trechos susceptíveis a extravasamentos e refluxos de esgoto em épocas de chuva, traçamos a microbacia drenante para tais trechos.

Para tais microbacias deverá aplicado “testes de fumaça”, consistindo na injeção de fumaça na rede coletora a partir do poço de visita a jusante do trecho susceptível ao extravasamento e refluxo até a cabeceira da microbacia, identificando desde imóveis com ralos de chuva e calhas ligadas ao ramal domiciliar de esgotos, até conexões da rede coletora com galerias de águas pluviais.

Face aos problemas ocasionados pelo excesso de águas pluviais no sistema de coleta, para os trechos classificados como máximo, uma periodicidade semestral, elevado numa periodicidade anual, para o risco moderado uma periodicidade bianual e o risco baixo para uma periodicidade de 5 anos.

2.4 Fase 4 – Planejamento das ações de controle de risco:

A partir da definição dos riscos operacionais, com a utilização dos recursos de geoprocessamento, deverão ser produzidos mapas temáticos relativos aos riscos de assoreamento, erosão/escoamento aerado, septicidade/corrosão, estrutural, ambiental e águas parasitárias

A partir dos mapas de risco serão formados os bancos de dados com os trechos a serem inspecionados e/ou limpos, capazes de gerar as respectivas folhas de campo contendo além do croqui do trecho a serem trabalhado, campos específicos para preenchimento com as informações quando da execução.

Os quantitativos ideais para as ações de operação do sistema de coleta serão representados pelos quadros 12 a 16 exemplificadas abaixo, que servirão de base para o dimensionamento de recursos e o planejamento das ações.



Quadro 12 – Quantitativos para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos de assoreamento

Classe de risco		Assoreamento							
Ação		Limpeza							
Período do ano		Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco		Maximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
Até 300 mm	Extensão total								
	% de atuação por período	100%	50%	30%	20%	100%	50%	20%	0%
	Extensão de atuação	0	0	0	0	0	0	0	0
Ação		Inspeção para verificação do nível de assoreamento							
> 300 mm	Extensão total								
	% de atuação por período	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%
	Extensão de atuação	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 13 – Quantitativos para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos de erosão e escoamento aerado

Classe de risco		Erosão e escoamento aerado							
Ação		Inspeção				Limpeza			
Período do ano		Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco		Maximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
	Extensão total								
	% de atuação por período		50%	25%	0%				
	Extensão de atuação		0	0	0				

Quadro 14 – Quantitativos ideais para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos de septicidade e corrosão

Classe de risco		Septicidade e corrosão							
Ação		Inspeção				Limpeza			
Período do ano		Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco		Máximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
Até 300 mm	Extensão total								
	% de atuação por período	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%
	Extensão de atuação	0	0	0	0	0	0	0	0
> 300 mm	Extensão total								
	% de atuação por período	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%
	Extensão de atuação	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE e Linha de recalque metálica									
	% de atuação por período		50%		50%				
	Extensão a inspecionar		0		0				
Trecho a jusante do recalque									
	% de atuação por período		50%		50%		50%		50%
	Extensão a inspecionar		0		0		0		0

Quadro 15 – Quantitativos ideais para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos estruturais

Classe de risco		Estrutural															
Ação		Inspeção								Limpeza							
Período do ano		Tempo seco				Tempo úmido				Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco		Maximo	Elevado	Moderado	baixo	Maximo	Elevado	Moderado	baixo	Maximo	Elevado	Moderado	baixo	Maximo	Elevado	Moderado	baixo
Até 300 mm	Extensão total																
	% de atuação por período	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%
	Extensão a inspecionar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 300 mm	Extensão total																
	% de atuação por período	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%	0%
	Extensão a inspecionar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 16 – Quantitativos ideais para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos ambientais

Classe de risco	Ambiental							
	Efluentes não doméstico				Inspeção			
Sub-grupo 1								
Ação								
Período do ano	Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
Total imóveis a serem inspecionados								
% Imóveis a serem inspecionados	50%	50%	25%	20%	50%	50%	25%	20%
Imóveis a inspecionar por período	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-grupo 2	Teste de fumaça							
Período do ano	Tempo seco				Tempo úmido			
Nível de risco	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
Extensão total para teste de fumaça								
% da extensão para teste de fumaça	100%	50%	25%	20%	0%	50%	25%	20%
Extensão teste de fumaça por período	0	0	0	0	0	0	0	0

No planejamento das ações de operação, o objetivo é o equilíbrio entre as frequências das inspeções e limpezas necessárias ao longo do ano com os recursos disponíveis.

Para as diversas classes de risco temos as seguintes ações que podem ser comuns, conforme quadro 17.

Quadro 17 – Quantitativos ideais para a operação do sistema de coleta quanto aos riscos ambientais

Classe de risco	Tipo de ação				
	Limpeza	Insp. Visual	Insp. TV	Insp. Predial	Teste de fumaça
Assoreamento	X				
Escoamento erosão/aerado		X	X		
Septicidade/corrosão	X	X	X		
Estrutural	X	X	X		
Ambiental				X	
Águas parasitárias					X

Assim, visando otimizar as ações comuns entre as classes de risco, deveremos providenciar a sobreposição de todos os mapas de risco, gerando um mapa temático geral de risco, de forma a que os trechos comuns, com ações comuns, sejam identificados e tratados no mesmo momento.

Há uma relação direta do fenômeno do assoreamento com a septicidade, assim para diâmetros de até 300 mm, a ação de limpeza de coletores será considerada em comum e associadas às inspeções visuais das singularidades. Para diâmetros maiores que 300 mm as inspeções visuais deverão ser executadas em comum com as inspeções por circuito interno de televisão. O quadro 18 apresenta o resumo das ações propostas.

Quadro 18 – Ações de planejamento das ações de limpeza e inspeções

Período do ano	Ação/Nível de risco	Tempo seco				Tempo úmido			
		Maximo	Elevado	Moderado	Baixo	Maximo	Elevado	Moderado	Baixo
Até 300 mm	Limp. de coletor e Insp. visual PV	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insp. visual e por circuito de TV	0	0	0	0	0	0	0	0
> 300 mm	Insp. Do nível de assoreamento	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insp. visual e por circuito de TV	0	0	0	0	0	0	0	0
Inspeção por memória magnética		0				0			
Inspeção predial		0	0	0	0	0	0	0	0
Teste de fumaça		0	0	0	0	0	0	0	0

A partir dos bancos de dados com os trechos devidamente classificados por tipo e grau de risco, serão geradas as folhas de campo para inspeções visuais e por circuito interno de televisão, limpezas de coletores, inspeções de níveis de assoreamento para coletores > 300 mm, inspeções prediais e testes de fumaça.

2.4 Fase 4 – Execução de intervenções físicas nos condutos:

Podemos definir a reabilitação de sistemas de coleta de esgotos como o conjunto de intervenções físicas para restaurar ou melhorar seu desempenho hidráulico.

As técnicas existentes podem ser divididas em:

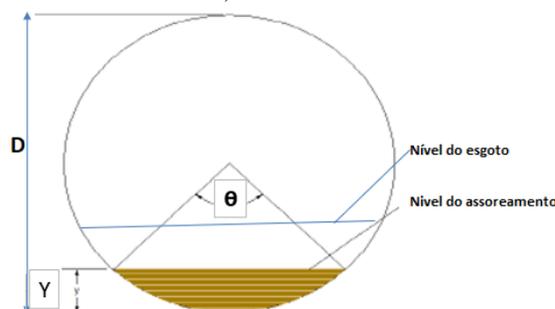
- Conservação: constituem nas ações de limpeza preventiva dos coletores;
- Reparação: envolve a retificação de danos localizados ou eventualmente substituição de pequenos trechos dos coletores;
- Renovação: inclui métodos em que o desempenho do coletor existente é melhorado;
- Substituição: compreende a construção de novo coletor em substituição ao antigo.

2.4.1 Conservação:

Para diâmetros menores, até 300 mm, a ação imediata e de menor custo é a limpeza direta dos coletores, enquanto para diâmetros maiores, face envolver equipamentos com custo operacional maior, é fundamental que antes da mobilização de tais equipamentos seja avaliado o volume dos sedimentos.

Esta avaliação baseia-se na apuração da altura dos sedimentos nos poços de visita dos trechos elencados de acordo com o risco apurado utilizando o formulário próprio conforme anexo 1.

O volume do assoreamento será calculado em função da altura “y” do sedimento medida nos poços de visita de montante e jusante do trecho a ser avaliado, do diâmetro do coletor e da extensão do trecho.



O ângulo θ será determinado pela fórmula:

$$\theta = 2 \arcsin\left\{1 - \left[2\left(\frac{y}{D}\right)\right]\right\}$$

A área da seção relativa à ocupação do sedimento será dada por:

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{seno } \theta)$$

O volume do assoreamento de um trecho de mesmo diâmetro é determinado pela média das áreas medidas nos poços de montante e jusante, multiplicado pela distância entre os poços.

As ações de conservação para diâmetros acima de 300 mm até 500 mm deverão ser executadas por equipamentos combinados hidro-jato e vácuo, considerando uma produtividade de 15 m/h.

Para coletores acima de 500 mm, cuja tecnologia atual exige mobilização de hidro-jato, bomba de sucção com alta vazão e caminhão basculante, a viabilidade econômica exige uma produtividade média de 0,075 Toneladas/m de sedimentos retirados.

2.4.2 Reparação e renovação:

Abordaremos resumidamente apenas os métodos não destrutíveis sugeridos em “Tecnologia não destrutiva – planejamento, equipamentos e métodos – Mohammad Najafi).

Os métodos classificam-se em:

2.4.2.1 Reparação:



2.4.2.1.1 Reparação com injeção de argamassa e resinas: consiste na injeção sob pressão de argamassas especiais ou resinas em juntas deslocadas, trincas e buracos, através de equipamento robotizado (quando possível) ou manual, nos coletores visitáveis. Para a aplicação destas técnicas, o trecho onde se localiza o ponto a reabilitar deve estar fora de serviço, sem escoamento, livre de obstruções e ser objeto de limpeza prévia.

2.4.2.1.2 Reparação com vedação por meios mecânicos: consiste na colocação de elementos com o fim de proceder à vedação em anomalias pontuais; como por exemplo, juntas ou fissuras radiais, que são colocados e mantidos no local mecanicamente. Nesta técnica pode ocorrer alguma redução da seção, sendo que, em certos locais, pode resultar na deposição de sedimentos a montante da reparação. Nesta aplicação, o trecho onde se localiza o ponto a reparar tem de estar fora de serviço, sem escoamento e livre de obstruções e ser objeto de limpeza prévia.

2.4.2.1.3 Reparo com manta impregnada com resina: nas tubulações com diâmetro a partir de 150 mm, após a limpeza do trecho, o ponto a ser reparado é localizado usando uma câmera de circuito interno de televisão, medida sua localização com precisão, um cilindro inflável é envolto com uma manta impregnada com resina, puxada pelo interior do tubo até ser posicionado no exato ponto do reparo, através de guincho, comprimindo a manta com resina na parede da tubulação com a trinca, furo ou junta deslocada, permanecendo por algum tempo até a secagem da resina, onde o cilindro será desinflado e retirado. Para situações com diâmetros visitáveis, a manga impregnada com resina é fixada sobre as trincas, furos e juntas deslocadas, manualmente com anéis de aço inoxidável.

2.4.2.1.4 Reparo com luva expansível em aço (fonte: www.linkpipe.com): a luva expansível, a partir de 150 mm, é envolta com selamentos elastômeros e no seu interior é introduzido um cilindro inflável. O conjunto luva e cilindro inflável é introduzido na rede coletora e posicionado no ponto de reparo através de guincho e inflado por compressor de ar até ficar comprimido junto à parede da tubulação e acionado o dispositivo de trava da luva metálica. Para tubulações visitáveis, a instalação do conjunto luva e selamentos elastômeros, a fixação junto às paredes das tubulações é feita com auxílio de macacos hidráulicos.

2.4.2.2 Renovação: consiste na intervenção em um ou vários trechos da rede coletora, incorporando um novo material ao existente, melhorando o seu desempenho.

2.4.2.2.1 Revestimento com tubulação curada no local (fonte: www.pipelt.com): consiste numa manta de tecido impregnada com resina termo endurecível, introduzida na tubulação de esgoto através da pressurização com água ou ar, fazendo a compressão da manta contra a parede da tubulação, a partir do diâmetro de 150 mm até 2.800 mm. A cura da resina é feita com o aquecimento da água, fazendo com que a resina endureça colada na parede da tubulação. A manta comprimida contra a parede da tubulação, ao encontrar a abertura de uma conexão de ramal domiciliar, não tendo a resistência da parede do tubo, imprime no revestimento um perfil côncavo, marcando o ponto da ligação. Após a cura da resina (aproximadamente em 20 minutos depois do aquecimento da água), é introduzido um robô com ferramenta de desbaste que atuará na conexão do ramal domiciliar, fazendo a sua completa abertura.

2.4.2.2.2 Revestimento com tubo segmentado: consiste na inserção de segmentos de tubos no coletor a ser renovado, que são unidos com juntas durante a inserção para formar uma tubulação contínua. A colocação ser feita por três processos: arraste, para tubulações com diâmetro de até 600 mm; empurre, para tubos até o diâmetro de 600 mm, dos segmentos dos tubos que vão sendo unidos no poço de visita e por colocação individual, para tubos com diâmetros acima de 600 mm, onde é necessária a abertura de acesso e as juntas serão feitas in loco, após os segmentos dos tubos serem posicionados. A tubulação resultante inserida terá diâmetro menor que o diâmetro do coletor existente e é recomendado o preenchimento do vão entre o tubo atual e o anterior com argamassa, deforma a evitar a entrada e circulação de água, gases perigosos e de solo no espaço. Para os diâmetros menores com ligações, será necessária a abertura de vala para reconectar os ramais domiciliares.

2.4.2.2.3 Revestimento projetado: indicada para tubulações e estruturas em concreto que apresentam corrosão em função da septicidade dos efluentes ou sofreram ataques químicos, podendo ser aplicada em toda a seção da tubulação ou em trechos específicos. A superfície a ser recuperada deverá sofrer prévio tratamento, removendo as camadas superficiais afetadas pela corrosão (podendo eventualmente requerer reforço da estrutura), eliminar as infiltrações e o trecho deve estar fora de serviço e limpo.

2.4.2.3 Substituição: Quando o custo benefício para os reparos ou reabilitação não são convenientes, ou quando a capacidade hidráulica do coletor já foi atingida, a alternativa que se apresenta é a substituição do

coletor existente, no mesmo alinhamento do existente ou paralelo a este. Os serviços podem ser executados com vala aberta ou por método não destrutivo.

2.4.2.3.1 Substituição com vala aberta:

A utilização de vala aberta é mais vantajosa se simultaneamente forem efetuados trabalhos em outras infraestruturas, particularmente pavimentação. As principais desvantagens são a ocupação de grande área para a execução das obras, causando perturbações sociais e econômicas aos munícipes, eventuais danos às outras infraestruturas próximas. Em áreas urbanas consolidadas, os custos podem ter significativo aumento para remoção de material escavado e posterior retorno para o aterro, segurança para o tráfego de veículos, garantia de acesso às residências, etc.

2.4.2.3.2 Substituição com deslocamento de solo

2.4.2.3.2.1 Substituição com deslocamento de solo do tipo *pipe bursting*

Já o método não destrutivo, utiliza a técnica com deslocamento de solo (*pipe bursting*), que aproveita o caminhamento da tubulação existente, consistindo na introdução de uma cabeça com diâmetro igual ou maior que o coletor a ser substituído, que ao ser tracionado desloca o solo arrastando um lance da nova tubulação em PEAD que ocupará a antiga tubulação. As eventuais religações dos ramais domiciliares requerem abertura local para conexão.

2.4.2.3.3 Instalação de tubulação em solo virgem – HDD: consiste na instalação de tubulações em solos virgens sem abertura de vala. A instalação da tubulação final é uma operação em duas etapas, inicialmente faz-se um furo piloto ao longo do percurso planejado, que depois é alargado no sentido inverso para acomodar a tubulação final. Durante esta segunda etapa de alargamento, a tubulação final ou duto é preso ao alargador através de uma conexão articulada e puxada. A perfuração é dirigida por instrumentos, garantindo a declividade numa excelente precisão em condições adequadas de solo.

2.4.2.3.4 Minishield e tubo cravado: é a combinação da técnica de instalação de dutos subterrâneos através da cravação de tubos *pipe jacking* e da técnica de escavações subterrâneas com couraça mecanizada de pressões balanceadas por lama *slurry shield*. A cabeça do *shield* tritura as partículas de maiores dimensões contra a parede interior cilíndrica. Os fragmentos, quando atingem as dimensões apropriadas, são conduzidos para um compartimento estanque e isolado na parte posterior do *shield*. Esse compartimento é pressurizado com o bombeamento de lama bentonítica que garante o equilíbrio das pressões da face de escavação. Além deste equilíbrio, a lama tem a função de transportar o material escavado até tanques de decantação localizados na superfície. Após a separação dos sólidos em suspensão nestes tanques, a lama volta a ser bombeada para o sistema. Simultaneamente a escavação e o transporte do material escavado, é feita a cravação dos tubos através de pistões hidráulicos localizados no poço de partida.

2.4.3 Reabilitação de poços de visita e de inspeção

Os principais problemas nos poços de visita e de inspeção são problemas estruturais tais como trincas e corrosão, além dos problemas relacionados à conformação hidráulica.

Os problemas estruturais passíveis de recuperação podem ser resolvidos basicamente com a selagem de fendas e fissuras e/ou na aplicação de um revestimento interior que pode ser:

- Por injeção onde o processo envolve a execução de uma série de pequenos orifícios ao longo da parede do poço de visita, através dos quais são injetados *grouts* cimentíficos ou químicos no terreno envolvente;
- Por projeção onde é aplicada uma camada de grout cimentífico em toda a superfície interior do poço, conferindo uma proteção adicional contra a corrosão;
- Por mantas com resinas análogas as utilizadas em coletores, propiciando um revestimento polimérico que lhes confere características estruturais melhoradas.

Quanto os problemas de conformação hidráulica, a recuperação fica restrita apenas aos poços de visita, desde que haja espaço suficiente para trabalho.

Para poços de visita, face ao espaço restrito, não é possível a recuperação da conformação hidráulica, devendo o mesmo ser integralmente substituído.

Tanto para a recuperação da conformação hidráulica quanto para a reconstrução dos poços de visita ou poços de inspeção, o fluxo de esgoto deve ser interrompido até a reconstrução e cura da argamassa utilizada.

Referências Bibliográficas

Coleta e transporte de esgoto sanitário. 2ª. Ed. São Paulo: USP, Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2000.

MENDONÇA S. R.. Critério de Projeto para Evitar a Formação de Odores nos Coletores de Esgotos de Grandes Diâmetros, **Revista DAE-Sabesp** n° 142 , Set 1985.

MENEZES F. C. M. F e COSTA A. R.. Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: Uma Abordagem Alternativa, **Revista eletrônica de Engenharia Civil**, n° 4, o 1, 2012.

TARDELE J. F., MASSONE, G., ROLLA, R. P. F., ANGELI V. M. M.A. e ALVES, W. B.. Operação e Manutenção de Sistemas de Esgotamento Sanitário – Despoluição de Córregos em Áreas Urbanas – **Manual Técnico** – Diretoria Metropolitana - Sabesp, 2013.

M. SAATÇI, Sanitary and Storm Sewer Design – A direct Algebraic Solution, **Marmara University, Istanbul – Türkiye**

VEIGAS, T. A. P. **Contribuição para a otimização da operação de sistemas de drenagem de águas residuais.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.