

“MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS BASEADO NO RISCO DE ASSOREAMENTO E DIAGNÓSTICOS EM PONTOS CRÍTICOS”, “CÓDIGO 9500”

RESUMO

Muito se tem publicado a respeito de projeto e construção de rede coletoras de esgotos. Porém uma vez implantadas, há o desafio de mantê-las de forma a que as mesmas continuem a trazer benefícios e melhorar as condições sanitárias das comunidades, reduzindo o contato da população com os esgotos.

A realidade, porém, é que em várias comunidades já dotadas de sistemas de coleta de esgotos, quer pela implantação negligente do sistema, quer pela operação e manutenção inadequadas, a quantidade de obstruções de coletores e consequente extravasamentos de esgotos em vias públicas atingem números alarmantes, como podemos verificar pela análise do indicador IWA wOp34 (IORC), se comparados a países do primeiro mundo. Neste trabalho aborda-se metodologia para diagnóstico de pontos críticos do sistema de coleta visando minimizar as questões estruturais do sistema, bem como metodologia para otimizar a manutenção preventiva com base nos riscos de assoreamento, que é um dos fatores principais das causas de obstruções.

PALAVRAS CHAVE: Risco de assoreamento, diagnóstico de rede.

INTRODUÇÃO

Todas as cidades brasileiras, indistintamente, convivem com elevadas taxas de obstruções no sistema de coleta de esgotos, comparativamente com padrões de países ditos do primeiro mundo.

A IWA – International Water Association, com relação à eficiência na operação e manutenção de redes coletoras de esgotos, preconiza indicador que possibilita o comparativo entre os sistemas de coleta de esgotos pelo mundo, evidenciando a precária situação brasileira.

A causa fundamental desse caos se deve a uma infraestrutura precária, principalmente nas áreas periféricas, onde os custos para substituição são proibitivos. Assim, torna-se fundamental a busca de alternativas para uma melhor convivência com tal situação, as quais ganham destaque às ações do diagnóstico com eliminação de pontos críticos, somados a limpeza preventiva de rede coletora.

Neste contexto, este trabalho objetiva contribuir com uma metodologia para otimização da manutenção de sistemas de coleta de esgoto dos municípios, mediante a identificação de trechos mais susceptíveis ao fenômeno do assoreamento e classificá-los pelo grau de risco, possibilitando um melhor direcionamento para os trechos com maior potencial de risco, otimizando os recursos disponíveis.

INDICADOR DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL EM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Para o sistema de esgotamento sanitário, a IWA estabeleceu dentre outros, o indicador de desempenho operacional o wOp34, que representa a relação das obstruções (extravasamentos, entupimentos e outras ocorrências em rede) ocorridas por ano a cada 100 km de rede coletora, que na Sabesp foi denominado IORC (Índice de Obstruções na Rede Coletora).

Tal indicador também é utilizado nos Estados Unidos, referendado pela EPA (Environmental Protection Agency), que calcula o indicador em relação a 100 milhas de rede coletora.

Em Portugal, segundo dados divulgados pela ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, em 2015, o índice wOp34 foi de 30 na média das entidades objeto de regulação.

Nos Estados Unidos, segundo estudo da California State University, Sacramento, de 1998, o indicador utilizado, equalizado para o IORC (ou wOp34), entre 11 cidades pesquisadas (população entre 40.000 e 950.000 habitantes), apontou um índice médio de 13 e máximo de 38.

A seguir na tabela 1 compara o indicador wOp34 (IORC) entre algumas unidades operacionais do Brasil, com os dados disponíveis:

Tabela 1: Indicador IORC (IWA wOp-34) em várias unidades.

Unidade	Ano/IORC		Ano/IORC		Ano/IORC		Ano/IORC	
Sabesp - MC		263		222		174		138
Sabesp - MN		452		396		312		273
Sabesp - MS	2012	349	2013	358	2014	348	2015	332
Sabesp - MO		462		413		359		399
Sabesp - ML		635		595		527		463
Sanasa Campinas	2014	452	2015	456	2016	483	2017	440
SAAE Guarulhos			2013	1720	2014	1699	2015	1498
SAAE Sorocaba			2015	462	2016	614	2017	997

Numa rápida análise verifica-se que as Unidades de Negócio da Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo apresentam curvas decrescentes, com tendência a atingir patamares melhores de operação, porém ainda distantes dos padrões Europeus e Americanos. A Unidade da Sanasa Campinas está estável em patamares bastante elevados. O SAAE Guarulhos situa-se estável em níveis elevadíssimos. O SAAE Sorocaba apresenta curva ascendente, com índices elevadíssimos.

FATORES QUE INFLUEM NO IORC

As obstruções que ocorrem no sistema de esgotamento sanitário são causadas principalmente pelos seguintes fatores: Estruturais, oriundos de um projeto insuficiente e uma construção negligente da rede, envolvendo falta de embasamento adequado, não observância da declividade prevista, falta de conformação hidráulica nas singularidades, etc; Topográficos, onde face as características acentuadamente planas dos terrenos, nem sempre é possível garantir uma declividade que possibilite a autolimpeza dos coletores, ficando facilitado o fenômeno do assoreamento; Manutenção descuidada, representada quer por reparos de rede e poços de visita de má qualidade perpetuando o problema, quer por desobstrução de rede feita às pressas com pouca garantia, até pela grande quantidade de casos a serem atendidos; Estratégicos, onde o foco é a manutenção corretiva em detrimento da manutenção preventiva e preditiva, num processo de “enxuga gelo”, ao invés de uma gestão mais proativa e analítica e Culturais, relativos a hábitos de uso inadequado da rede coletora, através do descarte de materiais incompatíveis, o que ocorre principalmente nas áreas periféricas, de menor poder aquisitivo.

O PROBLEMA ESTÁ AI, O QUE FAÇO AGORA?

Uma vez que a existência de sérios problemas estruturais implica na dificuldade ou quase impossibilidade de correção completa, devido aos custos muito elevados, a alternativa mais eficaz converge para o enfoque na manutenção corretiva nos pontos críticos com histórico de constantes obstruções, que possam receber ações localizadas de correção e de forma preventiva nos trechos suscetíveis ao fenômeno do assoreamento.

Estudos realizados na Sabesp, Unidade de Negócio Leste, mostraram 3% da extensão total de rede considerada muito crítica, são responsáveis por cerca de 60% dos casos de obstrução de rede, 9% consideradas críticas são responsáveis por 10% dos casos de obstrução e 22% consideradas de risco moderado, são responsáveis por 5% dos casos de obstrução.

Aproximando-se mais do problema, verifica-se que existem pontos “viciados” na rede situados entre poços de visita que se concentram o maior número das obstruções, aqui chamados “trechos críticos”:

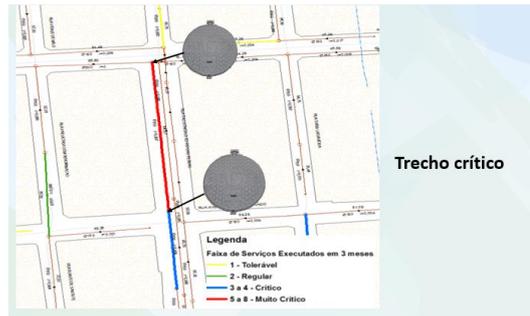


Fig. 1 – Identificação de trecho crítico.

Fonte: Sabesp - MLEE

Os trechos entre singularidades com histórico de constantes obstruções devem ter seu risco ou criticidade classificado, conforme tabela 2 ou, a critério da prestadora de serviços, em função da quantidade de obstruções registradas no período de um ano.

Tabela 2: Registro de ocorrências num mesmo trecho e o risco de obstrução.

Registro de ocorrências no mesmo trecho por ano	Risco
Mais de 10 obstruções	Máximo
De 5 a 10 obstruções	Alto
De 3 a 5 obstruções	Moderado
Menos que 3 obstruções	Tolerável

Fonte: Autor (2016)

A causa raiz do problema deve ser diagnosticada nos aspectos estruturais, hidráulicos e ambientais, conforme abordada a seguir.

DIAGNÓSTICO ESTRUTURAL

Tendo como referência o poço de visita à jusante do trecho crítico, providencia-se a limpeza dos trechos drenantes para este poço com auxílio de equipamentos de hidrojateamento e vácuo, bem como avaliar a necessidade de aumentar a extensão dos trechos a serem limpos.

Efetua-se inspeção visual nos poços de visita à montante e à jusante do trecho crítico, verificando as condições estruturais, canaletas, bancadas, conformação hidráulica, etc. O registro fotográfico de tais condições deve ser providenciado, conforme demonstrado na figura 2.



Fig. 2 – Inspeção visual de singularidades

Fonte: arquivo do autor

Com auxílio de filmadora, procede-se a filmagem do trecho crítico, verificando a eventual existência de junta deslocada, trincas nas tubulações, infiltração de raízes, conexões de ramais imperfeitas, deflexão da tubulação ao longo do trecho, etc. (figuras 3 a 8).



Fig. 3 - Conjunto para filmagem
 Fonte: Arquivo do autor



Fig. 4 - Junta deslocada
 Fonte: Arquivo do autor



Fig. 5- Presença de Raízes
 Fonte: Arquivo do autor



Fig. 6- Trinca na tubulação
 Fonte: Arquivo do autor.



Fig. 7 - Conexão irregular de ramal
 Fonte: Arquivo do autor.



Fig. 8 - Trecho com deflexão, a câmera mergulha em um e retorna no próximo.
 Fonte: Arquivo do autor

DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO

A partir de medidores portáteis de vazão de esgotos, efetua-se a medição de vazão num período de pelo menos 7 dias para determinar aproximadamente a vazão média.



Fig. 9 e 10 - Medidor eletromagnético de passagem plena inserível nas tubulações através dos PVs
 Fonte: Arquivo do autor

Com a vazão drenante para o trecho crítico medida, calculada ou ainda através da vazão média micromedida, determinam-se os parâmetros operacionais relativos à tensão trativa, velocidade de escoamento e altura das lâminas de escoamento, utilizando as fórmulas propostas por Saatçi (equações de 1 a 8) (aput MENEZES e COSTA):

Inicialmente determinamos a constante “k” da fórmula de Saatçi (1990)

$$K = QnD^{-(8/3)}i^{-\frac{1}{2}}$$

equação (1)

Onde:

Q = Vazão em m³/s

n = Coeficiente da fórmula de Manning

i = Declividade do trecho em m/m

Ângulo “θ” em radianos formado entre o centro da tubulação e as arestas da lâmina de água tocando as paredes do tubo em radianos:

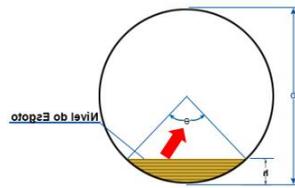


Fig.11 Ângulo.

$$\theta = \frac{3\pi}{2} \sqrt{1 - \sqrt{1 - \sqrt{\pi k}}}$$

equação (2)

A altura da lâmina de água (esgoto) “y” em relação a geratriz inferior da tubulação em m será determinada pela equação:

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

equação (3)

O raio hidráulico em m será calculado pelas equações:

$$Rh = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta} \right) \text{ ou } Rh = 2 \cos \left(1 - \left(2 \frac{Y}{D} \right) \right)$$

equação (4 e 5)

A tensão trativa será obtida pelas fórmulas:

$$\rho = \gamma R h i \text{ kgf/m}^2 \text{ ou } \rho = \gamma R h i g \text{ Pa}$$

equação (6 e 7)

Onde:

i = Declividade em m/m

Y = peso específico do esgoto (998 kg/m³)

g = Aceleração da gravidade em m/s²

A velocidade de escoamento em m/s será determinada por:

$$V = \left[\frac{1}{n} (Rh^{2/3}) (i^{1/2}) \right]$$

equação (8)

Os itens de verificação no diagnóstico hidráulico são:

- 1) A tensão trativa deve ser superior a 1 Pa de forma a possibilitar a autolimpeza (cabe observar que na prática mesmo obedecendo tensão trativa de 1 Pa foram registrados depósitos de areia capazes de possibilitar a obstrução de coletores, assim preferencialmente adotar o parâmetro velocidade de escoamento para avaliar a autolimpeza)
- 2) Velocidade de escoamento superior a 0,9 m/s de forma a garantir a autolimpeza dos coletores. Na foto abaixo ocorre um exemplo do efeito de um trecho com velocidade de 0,54 m/s observado no trecho crítico do coletor da Rua Rio das Arraias, na cidade de São Paulo, onde os detritos são sedimentados ao longo do coletor até sua obstrução total (figura 13).



Fig.12 – Trecho com velocidade baixa facilitando a sedimentação

Fonte: Arquivo do autor

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Na microbacia drenante para o trecho crítico, deverá ser feita pesquisa de campo nos imóveis cadastrados como comercial, industrial ou públicos, identificando os imóveis potenciais geradores de efluentes não domésticos, tais como padarias, restaurantes, indústrias, etc.

Para imóveis potenciais geradores de gordura, inspecionar as instalações internas verificando a existência de caixas retentoras de gordura e se a mesma se encontra no padrão da preconizado pela ABNT 8160/99.

Para imóveis geradores de óleos tais como oficinas mecânicas, postos de gasolina e lubrificação, lava rápido, etc., verificar a existência de caixa separadora de óleo, água e areia de acordo com a NBR14.605/00.

Para indústrias que podem gerar efluentes danosos aos coletores, verificar se os mesmos atendem a legislação pertinente para lançamento de efluentes em sistemas públicos de coleta.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O fenômeno do assoreamento das tubulações, pelo depósito de areia e outros detritos presentes nos esgotos, está associado principalmente a duas variáveis, a declividade e ao diâmetro das redes que resultam na velocidade de escoamento e tensão trativa.

Na presente metodologia, deve-se classificar o risco de assoreamento com base nos diâmetros e declividades das redes, considerando um escoamento a meia seção.

A classificação seguiu o seguinte critério:

Grau máximo para redes com declividade invertida.

Grau elevado para redes cuja velocidade de escoamento não atendem ao critério de autolimpeza.

Grau moderado para redes cuja declividade possibilitem uma velocidade de escoamento entre 0,6 e 1,2 m/s.

Grau baixo para redes cuja declividade possibilitem uma velocidade de escoamento acima de 1,2 m/s.

Para cada diâmetro, aplica-se a equação (9) de Gauckler-Manning-Strikler, de forma a definir as declividades mínimas que garantissem as velocidades limites para os respectivos graus de risco elevado, moderado e baixo.

$$i = \left(\frac{v}{k.R^{2/3}} \right)^2 \quad \text{equação (9)}$$

Onde:

i = declividade

v = velocidade de escoamento

k = coeficiente de Strickler para os diversos materiais das tubulações:

Tubo cerâmico: $k = 80m^{1/3}/s$

Tubo PVC: $k = 125m^{1/3}/s$

R = raio hidráulico

Tabela 3: Relação entre diâmetro, declividade e material com respectivo risco de assoreamento.

Fonte: Adaptado de VEIGAS (2008)

Declividade (m/m)	Cerâmica				PVC			
	150mm invertida	200mm invertida	300mm invertida	Risco Máximo	150mm Invertida	200mm Invertida	300mm Invertida	Risco Máximo
De 0 até 0,006	De 0 até 0,005	De 0 até 0,003	Elevado	De 0 até 0,006	De 0 até 0,005	De 0 até 0,003	Elevado	
De 0,006 até 0,045	De 0,005 até 0,020	De 0,003 até 0,012	Moderado	De 0,006 até 0,012	De 0,005 até 0,083	De 0,003 até 0,048	Moderado	
Acima de 0,045	Acima de 0,020	Acima de 0,012	Baixo	Acima de 0,012	Acima de 0,083	Acima de 0,048	Baixo	

A recomendação para manutenção preventiva é a seguinte: Grau máximo: limpeza bimestral com hidrojateamento e vácuo; Grau alto: limpeza semestral com hidrojateamento e vácuo; Graus moderado: limpeza anual com hidrojateamento e vácuo e Baixo: de acordo com a disponibilidade.

Para a execução dos serviços de lavagem preventiva de rede coletora, o equipamento padrão que apresenta melhor resultado é o caminhão toco combinado de hidrojato e vácuo, com bomba de vazão de 220 l/min, pressão de trabalho de 150 bar, com reservatório de água de 6 m³, e bomba de anel líquido com deslocamento de ar de 12 m³/min e pressão negativa de 0,8 bar, com equipe formada por 1 motorista/operador e 2 ajudantes.



Fig. 13: Manutenção preventiva em rede coletora com emprego de equipamento combinado hidrojato e vácuo.

Fonte: Norte Sul Hidrotecnologia

A produtividade média para trechos com risco de assoreamento máximo está em 150 m por dia por equipe, enquanto para redes com risco elevado a produtividade esperada média é de 200 m por dia; já para redes com risco moderado, consideramos como produtividade média 300 m por dia.

A efetividade de um programa de limpeza preventiva fica bastante evidente quando comparam-se a extensão das redes limpas e a redução do IORC ao longo dos anos para o Polo de Manutenção de Vila Mariana, através do gráfico abaixo.

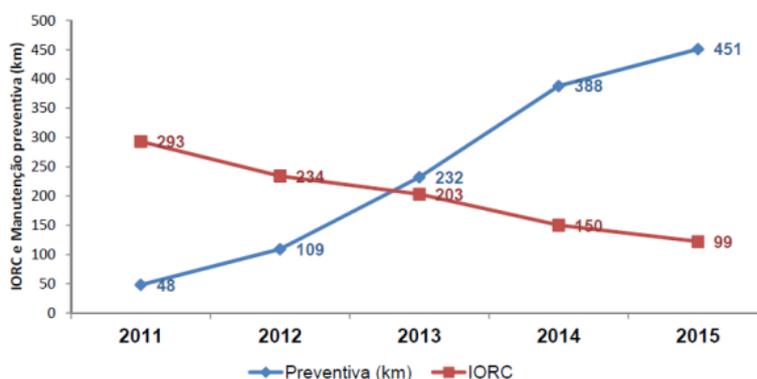


Fig. 14: Extensão de rede coletora limpa x queda do IORC- Sabesp Polo Vila Mariana

Fonte: Sabesp-MLEE

Ressalta-se que os resultados poderiam ser melhores, caso o enfoque fosse aos trechos com maior risco de assoreamento.

CONCLUSÃO

Hoje a maioria das empresas de saneamento encontram-se no ciclo vicioso da manutenção corretiva, consumindo enormes recursos num processo de “enxuga gelo” com relação as obstruções dos coletores. Um das saídas para um ciclo virtuoso é o processo da gestão analítica da manutenção, focando as manutenções corretivas nos trechos mais críticos do sistema com a busca da causa raiz do problema e sua eliminação, bem como as manutenções preventivas para os trechos mais vulneráveis ao fenômeno da sedimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBOUR, R., KERRI, K - *Collection systems: methods for evaluating and improving performance*, California State University, Sacramento, 1998.
2. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos- 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212p.
3. LENCASTRE A. Hidráulica Geral. 2ª edição Luso-Brasileira, 1991.
4. MATOS M.R., ASHLEY R., CARDOSO M A, DUARTE P., MOLINARI A e SHULZ A., IWA. *Performance Indicators for Wasterwater Services*, London, 2003.
5. 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, nº 4, o 1, 2012.
6. MINISTÉRIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE E COMUNICAÇÕES, Regulamentação Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Portugal, 1995.
7. SANTOS, A. L. M., OLIVEIRA, A.B., JULIÃO, G. O. – Processo de Esgoto na Unidade de Negócio Leste – Cenário atual e propostas
8. 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.
9. 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.