

VI-154 – METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE CRITICIDADE DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Julia Brandini Barboza⁽¹⁾

Engenheira de Produção pelo Centro Universitário da FEI. Técnica em Sistemas de Saneamento da Sabesp.

Endereço⁽¹⁾: Av do Estado, 561 – Luz – São Paulo - SP - CEP: 01107-900 - Brasil - Tel: (11) 3388-6762 - e-mail: jbarboza@sabesp.com.br

RESUMO

A Sabesp possui uma unidade de negócio responsável pelo afastamento dos esgotos da região metropolitana de São Paulo que opera as redes que possui diâmetro maior que 600mm que levam os esgotos para tratamento. Em meio a estas redes esta unidade de negócio opera e realiza manutenções de 23 estações elevatórias de esgoto de classificação diversificada tanto por capacidade como por carga. As estações elevatórias de esgoto são instalações que tem como finalidade transpor os esgotos de uma cota mais baixa para uma mais alta que é constituída de estruturas eletromecânicas, hidráulicas e civis.

O orçamento da unidade possui uma determinação anual e este deve ser gerido, portanto diversas áreas utilizam de ferramentas de priorização para seus gastos. Diante deste cenário surgiu, em um ciclo de planejamento da unidade, a necessidade de um diagnóstico das estações elevatórias de forma que as prioridades de manutenção fossem elencadas avaliando todas a partir de uma mesma perspectiva. A proposta era obter uma metodologia que avaliasse as elevatórias e o produto desta avaliação seria uma ferramenta de tomada de decisão de quais ações evitariam quebras inesperadas que podem gerar perdas de vazão ao identificar os pontos críticos. A perda de esgoto não pode ocorrer, pois o esgoto in-natura contamina os corpos hídricos sendo nocivo ao ser humano e outros tipos de vida. O uso de um resultado como este repalda a tomada de decisão para a otimização dos recursos da unidade, pois observa o sistema de elevatórias. Sendo assim, esta metodologia foi elaborada por uma equipe com experiência em operação e manutenção de forma que a ferramenta fosse aderente as necessidades reais da gerência. O objetivo deste trabalho é apresentar esta metodologia que traduz uma inspeção visual da estação elevatória de esgoto em uma porcentagem que indica a probabilidade de perda de esgoto, também esta contido neste trabalho as relações de ponderação dos itens de avaliação escolhidos para a elaboração deste dado, aqui tratado como grau de dano.

PALAVRAS-CHAVE: Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), Grau de Dano, Criticidade, Inspeção visual.

INTRODUÇÃO

O esgoto não tratado, in-natura em alguns níveis de lançamento pode ser nocivo ao ser humano comprometendo a saúde pública. Estudos em nível nacional indicam que em cidades onde há menor índice de coleta de esgoto existem maiores índices de internações gastrointestinais. A região metropolitana de São Paulo em 2015 apresenta um índice de atendimento em coleta de esgoto de 87% e um índice de tratamento de 79% dos de esgotos coletados. Sendo assim, a preocupação impressa neste trabalho não envolve o aumento desse índice de coleta e tratamento e sim evitar perdas do esgoto in-natura sendo encaminhado para tratamento. Afinal os lançamentos desses esgotos conferem as mesmas preocupações em relação a poluição dos corpos hídricos, saúde pública e atendimento as legislações.

Considerando esta responsabilidade a unidade de negócio responsável por 23 estações elevatórias de esgoto dispostas entre o sistema de afastamento verificou a necessidade de priorizar as ações de operação e manutenção com este foco. Esta priorização traduziria uma inspeção visual de todas as elevatórias, um diagnóstico, em um número que pudesse ser interpretado como probabilidade de perda de esgoto, trazendo a urgência de atuação de cada elevatória, sua criticidade. Esta foi traduzida como grau de dano e o principal produto deste trabalho é um ranking, que se torna uma ferramenta de consulta para a tomada de decisão de investimentos. O objetivo deste trabalho, porém é compartilhar esta metodologia entendendo as relações de ponderação dos itens escolhidos para a avaliação destas instalações.

METODOLOGIA UTILIZADA

Ao iniciar as discussões de como elaborar o diagnóstico das elevatórias utilizou-se como fonte de inspiração um trabalho realizado dentro da Sabesp pela Manutenção Estratégica que diagnosticava anomalias civis em reservatórios com uma inspeção visual. O objetivo desta metodologia era migrar o conceito de manutenção corretiva para preventiva, portanto as estruturas seriam monitoradas e a gravidade das anomalias encontradas ditaria a necessidade de uma manutenção, com foco em evitar as emergenciais. Estas estruturas tem as anomalias pontuadas e o produto é um grau de dano.

Sendo assim, esta linha de raciocínio foi levada as discussões de um grupo que foi formado por funcionários que tinham o conhecimento prático de operação e manutenção destas estações elevatórias e o risco a ser considerado para ditar a gravidade de algum item a ser avaliados seria a probabilidade de perda de esgoto.

Um bom projeto de estação elevatória leva em consideração o sistema de bombeamento, tipo de instalação do conjunto elevatório, poço seco ou poço úmido, o tipo de bomba, centrífuga ou parafuso e o formato do poço. Contempla a importância da remoção de sólidos grosseiros do esgoto a montante do sistema de sucção, o controle de operação das bombas e sua supervisão através de um painel elétrico e automação, canal afluyente e também as tubulações de recalque sucção e seus equipamentos (TSUTIYA, 2000).

A metodologia seria aplicada através de inspeções visuais em campo. Os avaliadores seriam funcionários representantes da área de manutenção, operação e do grupo responsável pela elaboração da metodologia, hoje concentrados na engenharia. Estes teriam em mãos um formulário com perguntas que abrangessem as categorias gradeamento, comporta, poço, bombeamento, elétrica, automação e operacional e suas respostas estariam padronizadas em conceitos de bom, médio ou ruim, onde o ruim teria a maior pontuação, caracterizando que a elevatória com maior risco de perda de esgoto terá o maior grau de dano. O grupo entendeu que estas categorias seria um bom segmento para a estação elevatória, sendo confirmado pelo esperado em um bom projeto.

O número de itens a serem avaliados em cada categoria não é padrão, bem como sua pontuação. Como exemplo pode-se verificar na tabela 1 a categoria gradeamento tem seus respectivos itens. Em todo o formulário a maioria dos itens apresentam 3 alternativas de resposta, porém em alguns casos, como item 1e., há apenas 2 respostas.

Tabela 1 - Gradeamento - Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria	Itens avaliados		Pontuação a atribuir	
Gradeamento	1a.	Profundidade das grades	Menor ou igual a 8,0 metros	0
			Maior que 8,0 m e menor ou igual a 12,0 m	4
			Maior que 12,0 metros	8
	1b.	Acesso às grades	Existente em bom estado de conservação	0
			Existente em mau estado de conservação	4
			Inexistente	8
	1c.	Grade Mecanizada Manual ou Cesto	Mecanizada (inclui triturador)	0
			Manual (cesto/grade)	4
			Mecanizada porém inoperante	8
	1d.	Quebras	Baixo	0
			Médio	4
			Alto	8
	1e.	Passagem de sólidos	Espaçamento das grades/passagem da bomba < 50%	0
			Espaçamento das grades/passagem da bomba >= 50%	8
	1f.	Conservação	Bom	0
Médio			4	
Ruim			8	

Na ponderação da criticidade tem-se diferentes notas para cada pergunta, pois leva em consideração o risco do defeito ocasionar perdas de esgoto. Na tabela 1 também podemos verificar que todas as questões referente a categoria gradeamento possuem pontuação 0,4 e 8. Porém no decorrer do formulário existem outras pontuações a atribuir.

A tabela 2 é uma das perguntas encontradas no formato do formulário de campo para o entendimento de como ele funciona. O número a esquerda da pontuação obtida destacado na cor laranja é referente a pontuação atribuída na inspeção anterior.

Tabela 2 – Avaliação da profundidade do gradeamento - extraído de um formulário

1a. Profundidade da instalação das grades (quanto maior a profundidade, maior a criticidade)	Pontuação a atribuir	Pontuação obtida
- Menor ou igual a 8,0 metros	0	8
- Maior que 8,0 m e menor ou igual a 12,0 m	4	
- Maior que 12,0 metros	8	

Inicialmente as pontuações eram iguais para todas as questões entre todas as categorias. Ao efetuar a ponderação por categoria, inspecionou-se 2 elevatórias antes da conclusão do modelo matemático que definiria o grau de dano da elevatória. Ao comparar o grau de dano destas duas estações elevatórias entendeu-se que o modelo matemático precisaria de maiores ajustes que foram realizados de forma empírica. Sucedeu-se a inspeção de todas as 23 estações elevatórias para identificar a coerência da metodologia com a situação das elevatórias. Mais uma vez a experiencia foi levada em conta para verificar a aderência do modelo com a situação das elevatórias e seu ranking.

Para que estas elevatórias de classificação diversificada tanto por capacidade como por carga pudessem estar no mesmo ranking existem 3 tipos de formulários, para sistemas de bombeamento com poço seco, com poço úmido e para os que utiliza bombas parafuso, ou seja, as perguntas que não são pertinentes ao tipo de elevatória são desconsideradas. O grau de dano é uma porcentagem do grau de dano máximo que esses 3 tipos de elevatória podem fornecer. O grau de dano máximo é 100%, quando todos os itens estiverem com a pior pontuação. Portanto após a realização do primeiro ciclo cada elevatória possui seu próprio formulário em planilha de excel para o cálculo do grau de dano conforme fórmula descrita na equação 1.

$$GD\ EEE = \frac{\frac{\sum Po\ Gradeamento}{n \cdot IA\ gr} + \frac{\sum Po\ Comporta}{n \cdot IA\ cp} + \frac{\sum Po\ Poço}{n \cdot IA\ pç} + \frac{\sum Po\ Bombeamento}{n \cdot IA\ bm} + \frac{\sum Po\ Elétrica}{n \cdot IA\ el} + \frac{\sum Po\ Automação}{n \cdot IA\ at} + \frac{\sum Po\ operacional}{n \cdot IA\ op}}{\text{Grau de dano máximo}} \quad \text{eq. (1)}$$

Nesta fórmula Po trata-se da pontuação obtida, IA=itens avaliados, gr=gradeamento, cp=comporta, pç=poço, bm=bombeamento, el=elétrica, at=automação, op=operacional.

Em uma planilha de excel estes cálculos são efetuados e extrai-se o grau de dano para cada estação elevatória.

RESULTADOS

O primeiro resultado esperado era grau de dano para cada elevatória onde o ranking com as 23 estações elevatórias fosse aderente ao cenário sendo uma ferramenta para a gestão da manutenção. Para isso as pontuações e as avaliações deveriam ser pertinentes. O resultado que confirma o uso das pontuações atribuídas aos itens avaliados é a tabela 3, através da comparação dos graus de dano de uma mesma elevatória em ciclos diferentes, de 2015 para 2016. Observamos uma redução significativa do grau de dano nestas elevatórias sendo que elas sofreram reformas e manutenções diversas, ou seja, esta redução pertinente ao cenário.

Tabela 3 - Redução de Criticidade das EEE's de 2015 para 2016

Criticidade das Elevatórias Histórico	GD EEE 2015	GD EEE 2016
Elevatória 01	71%	10%
Elevatória 02	50%	9%

Um outra elevatória apresentou uma importante redução na criticidade após ações de melhoria no conjunto de gradeamento mecanizado, que pode ser observado na tabela 4. Este gradeamento estava inativo há algum tempo, pois possuía um alto número de quebras.

Tabela 4 - Redução de Criticidade da EEE's de 2016 para 2017

Criticidade das Elevatórias Histórico	GD EEE 2016	GD EEE 2017
Elevatória 03	43%	27%

Além da categoria gradeamento, outra categoria que possui altas pontuações devido ao alto risco da falha gerar uma perda de esgoto é a categoria bombeamento conforme a tabela 5, onde o item 4a. possui a maior pontuação do formulário tendo em vista a importância do atendimento a vazão.

Tabela 5 - Bombeamento - Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria	Itens avaliados			Pontuação a atribuir
Bombeamento	4a.	Vazão	Atende a vazão afluenta com bomba reserva instalada	0
			Atende a vazão afluenta sem bomba reserva instalada	18
			Não atende a vazão afluenta	54
	4b.	Estado de conservação dos equipamentos	Bom	0
			Médio (falta proteção no acoplamento)	6
			Ruim	18
	4c.	Estado de conservação das estruturas hidráulicas	Bom	0
			Médio (necessita substituição de válvulas)	6
			Ruim	18
	4d.	Dispositivo de transiente hidráulico ou contra recuo	Existente em bom estado de conservação	0
			Existente em mau estado de conservação	6
			Inexistente	18
	4e.	Sistema de drenagem	Existente em bom estado de conservação	0
			Existente em mau estado de conservação	6
			Inexistente ou fora de operação	18

A categoria elétrica também possui essa pontuação de 0, 6 e 18 (tabela 6), pois dela depende o comando do bombeamento e gradeamento bem com a compatibilidade do fornecimento de energia aos equipamentos. Nesta categoria também contem itens que avaliam a segurança do mantenedor de especialidade elétrica.

Tabela 6 - Elétrica - Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria		Itens avaliados		Pontuação a atribuir	
Elétrica	Entrada de energia	5.1.	Gerador	Existente	0
				Inexistente ou fora de operação	18
		5a1.	Carga	Compatível com a carga	0
				Não compatível com a carga	18
		5a2.	Estado de conservação	Bom	0
				Médio (obs.: necessário manutenção corretiva e preventiva)	6
	Ruim			18	
	Eletrodutos e distribuição	5b1.	Carga	Compatível com a carga	0
				Não compatível com a carga	6
	PCM (Painel de Controle de Motores)	5b2.	Estado de conservação	Bom	0
				Médio	6
				Ruim	18
		5c1.	Estado de conservação	Bom	0
				Médio	6
				Ruim	18
		5c2.	Carga	Compatível com a carga	0
				Não compatível com a carga	6
		5c3.	Organização Física Interna	Bom	0
				Médio	6
				Ruim	18
		5c4.	Partes vivas protegidas dentro do painel (NR-10)	Bom	0
				Médio	6
				Ruim	18
		5c5.	Espaço para abertura + 80cm para rota de fuga	Adequado	0
	Não adequado			6	
	5c6.	Documentação do Painel disponível	Disponível e completa	0	
			Disponível, mas incompleta	6	
			Indisponível	18	
	5c7.	Partida individual	Sim	0	
			Não	6	
	Acionamento	5d1.	Adequado?	Adequado caso as condições forem encontradas e existir inversor ou este não for necessário.	0
				Inadequado caso as condições forem encontradas e não existir inversor	18
	Proteções	5e1.	Bomba centrífuga acima de 100 CV	Bom (se houver sensor de temperatura e vibração e ambos funcionando)	0
Médio (se apenas um sensor estiver funcionando)				6	
Ruim (se não existirem ou não estiverem funcionando)				18	
5e2.		Bomba Submersível	Bom (se houver sensor de proteção térmica e proteção de umidade e ambos funcionando)	0	
			Médio (se apenas uma proteção estiver funcionando)	6	
			Ruim (se não existirem ou não estiverem funcionando)	18	
5e3.	Bomba Parafuso	Bom (se houver sensor de pressão de graxa e temperatura e ambos funcionando)	0		
		Médio (se apenas um sensor estiver funcionando)	6		
		Ruim (se não existirem ou não estiverem funcionando)	18		
Caixa de ligação	5f1.	Estado de conservação	Bom	0	
			Médio	6	
			Ruim	18	
	5f2.	Facilidade para troca de bomba	Bom	0	
			Médio	6	
			Ruim	18	

A categoria automação possui pontuação com o mesmo grau de criticidade que o gradeamento, pois ela proporciona segurança e monitoramento a distância. Considerando que as 23 estações elevatórias estão distribuídas na região metropolitana de São Paulo incluindo Osasco, Vila Olímpia e Suzano, por exemplo. A automatização se faz muito importante e até imprescindível em algumas situações, seus itens avaliados e a pontuação pode ser observada na tabela 7.

Tabela 7 - Automação - Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria		Itens avaliados		Pontuação a atribuir	
Automação	PCE	6a1.	Estado de conservação	Bom	0
				Médio	4
				Ruim	8
		6a2.	Sistema de transmissão de dados	Há transmissão de dados	0
				Sem transmissão de dados, porém com CLP havendo a possibilidade de transmissão	4
				Sem transmissão e sem possibilidade de implantação	8
		6a3.	Documentação	Existente e disponível no local	0
				Existente	4
				Inexistente	8
	Poço seco	6b1.	Alarme de inundação	Adequado	0
				Inadequado	8
		6b2.	Sensor de pressão de sucção e recalque individual ou barrilete para bombas acima de 100 CV	Adequado (Sensor de pressão de sucção e recalque individual ou barrilete.)	0
			Inadequado	8	

Sendo assim, os únicos itens ainda não apresentados são referente as categorias: poço, comporta e operacional, apresentados nas tabelas 8 e 9, respectivamente. Estas são as categorias com as menores pontuações “a atribuir”, por haver o entendimento de apresentar menor risco de perda de esgoto.

Tabela 8 - Comporta e Poço- Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria		Itens avaliados		Pontuação a atribuir
Comporta	2a.	Tipo de instalação	Fluxo positivo (favorece a vedação)	0
			Fluxo negativo	2
	2b.	Vedação da comporta	Vedação total	0
			Vedação parcial (permite a execução do serviço sem bombeamento auxiliar)	4
			Não veda	8
Poço	3a.	Forma interna	Favorece o arraste de areia	0
			Não favorece o arraste de areia	2
	3b.	Tempo de detenção	<= 30 min	0
			> 30 min	2

Tabela 9 - Operacional - Itens avaliados e suas respectivas pontuações.

Categoria	Itens avaliados		Pontuação a atribuir	
Operacional	7a.	Medição de cota de nível	Existente com armazenamento de dados	0
			Existente sem armazenamento de dados	2
			Inexistente	3
	7b.	Sistema afogado	Livre	0
			Afogado	3
	7c.	Monitoramento à distância (status de bomba)	Existente	0
			Inexistente	3
	7d.	Opera acima da cota de projeto	Não	0
			Sim	3
	7e.	Sistema de recolhimento de resíduo	Sim	0
			Não	3
	7f.	Local para limpeza do cesto	Existe local adequado	0
			Existe mas é inadequado	2
			Não existe	3
	7g.	Área adequada com chorume para o sistema no recolhimento do resíduo	Existe local adequado	0
			Existe mas é inadequado	2
			Não existe	3
	7h.	Caçamba ou lixeira está devidamente protegida	Sim	0
Não			3	
7i.	Estado de conservação geral	Bom	0	
		Médio	2	
		Ruim	3	
7j.	Isolamento da área da elevatória	Existe isolamento adequado	0	
		Existe isolamento inadequado	2	
		Não existe	3	

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta metodologia já possui 4 ciclos de avaliação. A aceitação é alta tanto pelos executantes quanto pelos patrocinadores desta ação. No decorrer das avaliações verificou-se que estes dados além de proporcionar um acompanhamento geral das instalações também pode proporcionar um acompanhamento específico por contemplar muitos itens de manutenção eletromecânica e este pode ser acompanhado no mapa de criticidade (exemplo parcial tabela 11). Elaborou-se uma análise particionada do grau de dano conforme tabela 10. Nesta pode-se verificar em qual categoria está maior representada a criticidade e o quão próxima ela está de ter sua categoria no nível mais crítico. No exemplo da elevatória 03 observa-se que a redução da criticidade foi expressiva ao investir no gradeamento e bombeamento.

Tabela 10 - Grau de dano EEE por categoria

GD ELEVATÓRIA 03			
Categoria	GD Máx	2016	2017
		Gd EEE/ Gd máx	Gd EEE/ Gd máx
Gradeamento	14%	10%	2%
Comporta	9%	4%	4%
Poço	4%	2%	2%
Bombeamento	46%	11%	2%
Elétrica	21%	9%	9%
Automação	2%	6%	6%
Operacional	4%	2%	2%
EEE	100%	43%	27%

Na tabela 11, observa-se uma parte do mapa de criticidade, ele é elaborado para todas as elevatórias a fim de mapear as pontuações e obter a visão de todas as elevatórias. Porém para este trabalho o mapa é uma comparação das pontuações da mesma elevatória que sofreu melhorias nas categorias gradeamento e bombeamento no período entre as avaliações 2016 e 2017. Nestes moldes é possível verificar que a única pontuação mantida foi referente a profundidade das grades, que não pode ser eliminada pois é proveniente da concepção da elevatória, e uma pontuação média para o sistema de drenagem.

Tabela 11 - Mapa de Criticidade (Parcial) – Elevatória 03

Criticidade das Elevatórias - Mapa de Criticidade [Quanto maior grau de dano (GD) maior a criticidade das elevatórias]		2016	2017
	Grau de dano	43%	27%
Gradeamento	Profundidade das grades	8	8
	Acesso às grades	4	0
	Grade Mecanizada Manual ou Cesto	4	0
	Quebras	8	0
	Passagem de sólidos	0	0
	Conservação	8	0
Bombeamento	Vazão	18	0
	Estado de conservação dos equipamentos	0	0
	Estado de conservação das estruturas hidráulicas	6	0
	Dispositivo de transiente hidráulico ou contra recuo	0	0
	Sistema de drenagem	6	6

Itens que pontuam a criticidade intrínseca a elevatória são importantes pois são dificuldades que sempre vão existir, como exemplo tem-se a profundidade do poço de grades, quando ela se encontra superior a 8m confere uma complexidade em manutenções. Isto é crítico pois uma parada na remoção de sólidos afeta o sistema de bombeamento que é o coração da estação. Entre outros itens que possuem esta característica são: acesso as grades, forma interna do poço, tipo de instalação da comporta, grade manual ou cesto.

Outro benefício desta avaliação é que os responsáveis operacionais também tem acesso a um dado majoritariamente ligado a manutenção eletromecânica que gera uma compreensão de onde é necessária a melhoria na elevatória e conseguem mensurar os investimentos da equipe de manutenção através da criticidade e da prática destas inspeções de campo que contribui com um alinhamento e transferência de conhecimento técnico entre as equipes envolvidas da manutenção, operação e da engenharia.

CONCLUSÕES

Esta ferramenta pode ser utilizada até para medir esse processo de conservação dos equipamentos da estação elevatória tendo como o exemplo apontado aonde o reestabelecimento de grades mecanizadas juntamente com a instalação de uma bomba reserva na elevatória apontou uma redução de 16% no grau de dano.

Houve um grande nível de aceitação desta metodologia e esta prática, pois é uma aplicação que leva no máximo 8 dias de vistorias em campo dedicadas a este levantamento de dados. As equipes de manutenção vislumbraram a possibilidade de realizar esta avaliação sem a engenharia com uma maior frequência, de forma a manter um mapeamento constantemente atualizado das estações elevatórias de esgotos.

O mais importante é o olhar sistêmico que esta metodologia proporciona, juntamente com um histórico, para também que o objetivo de toda unidade seja a conservação das instalações como um todo entendendo que a unidade precisa gerir a verba de forma que não hajam falhas que impeçam o recalque dos esgotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TSUTIYA, M.T., SOBRINHO, P.A., **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
2. SABESP. **Relatório de Sustentabilidade**. São Paulo, Sabesp, 2016.