



I-386 - ANÁLISE DE RISCO EM ADUTORAS DE GRANDE PORTE, UTILIZANDO O MÉTODO AHP E FERRAMENTAS BASEADAS EM SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Victor Piragibe de Carvalho Faria⁽¹⁾

Engenheiro Civil com Ênfase em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela UFRJ. Engenheiro Civil da CEDAE-RJ

Endereço⁽¹⁾: Avenida Presidente Vargas 2655, Cidade Nova, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, CEP 20210-030, Tel: +55 21 2332-3727, e-mail: victor-faria@cedade.com.br.

RESUMO

Os sistemas de abastecimento de grande porte em sua maioria foram desenvolvidos ao longo do século passado para atender o crescimento das metrópoles por todo o mundo. Esses sistemas custaram um grande esforço financeiro. Ao longo dos anos, muitos foram apenas expandidos e hoje muitas adutoras centenárias continuam em operação. Com isso as companhias de saneamento têm adutoras de grande diâmetro 1000, 1500, 2500mm, com 50, 75, 100 anos de operação. Rompimentos ou simplesmente “falhas”, não são raras, suas causas são diversas, provocam grande transtorno e danos, a comunidade, ao meio ambiente e a própria concessionária de saneamento. A análise das causas e consequências dessas falhas é o propósito deste trabalho.

Como substituição desses ativos em um curto prazo é impossível tecnicamente e financeiramente, gerenciar o risco atribuído a esses ativos fica cada vez mais relevante. Neste ponto, estudos de análise de risco são essenciais para determinar tecnicamente prioridades na substituição desses ativos no plano de investimento das empresas.

Como avaliar os riscos de falha em adutoras? Como colocar em prática um programa de substituição e renovação de ativos? Ferramentas de análises de risco neste momento são imprescindíveis.

Neste contexto o desenvolvimento de ferramentas e produtos baseadas em SIG vem crescendo nos últimos anos e estão disponíveis em bases de dados de diferentes órgãos públicos e privados. Somados a isso ainda temos informações cadastrais das adutoras o que torna possível a criação de modelos para o auxílio a tomada de decisão a nível gerencial, Esses modelos não precisam ser muito complexos mas é importante que possam ser melhorados com o tempo, e que representem dados técnicos dando subsídio ao gestor na decisão, objetivando não só o menor investimento para a diminuição do risco, como também determinar uma ordem de prioridades numa diretriz mais técnica e menos subjetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Risco, Gerenciamento de Ativos, Geoprocessamento, SIG.

INTRODUÇÃO

O século XX foi marcado desenvolvimento das metrópoles em todo o mundo, principalmente no pós-gerra. Com isso o investimento em infraestrutura urbana também cresceu e boa parte dos sistemas de abastecimento de água criados nesta época continuam em operação, foram apenas expandidos ao longo do tempo. Deste modo temos hoje em todo mundo adutoras de grande diâmetro completando 50, 70, 100 anos em operação. Rompimentos ou “falhas” não são raras, suas causas são diversas, provocam grande transtorno e danos, a comunidade, ao meio ambiente e a própria concessionária de saneamento. A análise das causas e consequências dessas falhas é o propósito deste trabalho.

Para analisar essas falhas temos como objetivo criar um modelo de análise de risco para adutoras de grande diâmetro (acima de 400mm) que leve em consideração critérios e as informações disponíveis, e consiga avaliar o risco de falha num trecho de adutora determinado. Utilizando o Método de Processo Hierárquico Analítico, conhecido como AHP e Geoprocessamento para análise de dados de diversas fontes e bases, este modelo poderá ser melhorado ao longo do tempo, “aprendendo” com sua entrega e em um médio prazo se adequar aos sistemas da concessionária de saneamento evoluindo para um modelo mais robusto integrado com os outros sistemas de informação internos e externos, para produzir resultados auditáveis e com nível de confiança aceitáveis.

MATERIAIS E METODOS

Como mostra o fluxograma-1, a metodologia utiliza dados de entrada, trabalha estes dados em banco de dados espacial ou programas baseados em SIG, e produz na sua saída, um mapa e um relatório da análise de risco.

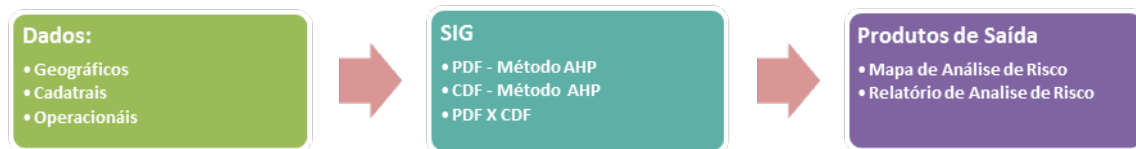
Dados de entrada:

Dados Geográficos; Mapeamento da Área em estudo e vindo de Órgãos como Prefeitura, IBGE, etc.

Dados Cadastrais; Cadastro das Adutoras com Informações Técnicas vindo da operadora de saneamento.

Dados Operacionais; Dados de Operação e Modelagem Hidráulica vindo também da operadora de saneamento.

Esses dados são oriundos do projeto das adutoras em estudo e área de operação da empresa. Dentro dos dados operacionais são importantes as informações a respeito de falhas que hoje já são cobradas por agências reguladoras.



Fluxograma 1 – Fluxo da análise de risco

A probabilidade de falha (PDF)

A probabilidade de falha (PDF) é determinada pelos parâmetros abaixo:

Falhas ocorridas – Total de falhas ocorridas na adutora

Pressão - Número de falhas de adutoras com esta pressão sobre o total de falhas

Diâmetro – Número de falhas de adutoras com este diâmetro sobre o total de falhas

Material – Número de falhas de adutoras com este material sobre o total de falhas

Para a determinação do peso e hierarquia de cada critério utilizou-se o método de processo hierárquico analítico, conhecido como Método AHP, Saaty(1980).

Este método consiste na comparação para a par dos parâmetros relacionados estabelecendo-se valores da importância de um em relação ao outro. Existe subjetividade neste processo, por isso CISAR(2017) recomenda que exista discussão nessa fase e pessoas ligadas a operação do sistema sejam ouvidas para a determinação dessa “importância”.

Na entrada de dados da tabela de acordo com esta avaliação podemos ver que o critério “falhas ocorridas” e 5 vezes mais importante que a pressão e 9 vezes mais que o diâmetro. No final temos o percentual a ser aplicado ao valor de cada critério encontrado em cada segmento do trecho da adutora a ser analisado. Esse número vai gerar uma pontuação para a probabilidade de falha para o trecho de adutora analisado.



Probabilidade de Falha (PDF)	Falhas ocorridas	Pressão	Diâmetro	Material	Idade
Falhas ocorridas	1,00	5,00	9,00	9,00	5,00
Pressão	0,20	1,00	5,00	5,00	2,00
Diâmetro	0,11	0,20	1,00	5,00	0,50
Material	0,11	0,20	0,20	1,00	0,50
Idade	0,20	0,50	2,00	2,00	1,00
Σ	1,62	6,90	17,20	22,00	9,00

Probabilidade de Falha (PDF)	Falhas ocorridas	Pressão	Diâmetro	Material	Idade	Média	%
Falhas ocorridas	0,62	0,72	0,52	0,41	0,56	0,57	56,58
Pressão	0,12	0,14	0,29	0,23	0,22	0,20	20,17
Diâmetro	0,07	0,03	0,06	0,23	0,06	0,09	8,77
Material	0,07	0,03	0,01	0,05	0,06	0,04	4,20
Idade	0,12	0,07	0,12	0,09	0,11	0,10	10,28

Tabelas 1 e 2 – Probabilidade de falhas pelo Método AHP

A Consequência de Falha – CDF

O valor para a consequência de falha é determinado por critérios, que tem impacto na magnitude do evento. A Tabela-3 mostra valores a serem atribuídos para faixas de vazão e pressão, e valores para a presença de entidades que serão afetadas pelo evento numa distância de 30m, como população, rodovias, ferrovias, edificações em geral e edificações especiais como indústrias, hospitais e escolas.

Critério	valores a serem atribuídos				
	1	2	3	4	5
Vazão (m³/s)	<1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Pressão (m.c.a.)	20	21 a 40	41 a 60	61 a 80	81 a 100
População (hab/1000m²)				1000	>2000
Edificação (área)				100	>100
Edificação Especial (unid.)				1	>2
Rodovia (1 ou 0)				1	
Ferrovia (1 ou 0)				1	
Corpo Hídrico (1 ou 0)			1		

Tabela 3 – Valores atribuídos a geometria, “adutora” para cálculo da CDF



Para estabelecer o peso de cada critério foi seguido o Método AHP conforme as tabelas:

Consequências da Falha - CDF	Vazão	Pressão	População	Edificação Geral	Edificação Especial	Rodovia	Ferrovia	Corpo Hídrico
Vazão	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Pressão	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
População	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,3	2,0
Edificação Geral	0,3	0,3	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Edificação Especial	0,5	0,5	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0
Rodovia	0,5	0,5	2,0	2,0	0,5	1,0	1,0	3,0
Ferrovia	0,5	0,5	3,0	2,0	0,5	1,0	1,0	3,0
Corpo Hídrico	0,5	0,5	0,5	2,0	1,0	0,3	0,3	1,0
Σ	4,8	4,8	13,5	16,0	8,0	9,3	9,2	14,5

Consequências da Falha - CDF	Vazão	Pressão	População	Edificação	Edificação Especial	Rodovia	Ferrovia	Corpo Hídrico	Média	%
Vazão	0,21	0,21	0,15	0,19	0,13	0,21	0,22	0,14	0,18	2,90
Pressão	0,21	0,21	0,15	0,19	0,13	0,21	0,22	0,14	1,44	23,17
População	0,10	0,10	0,07	0,06	0,03	0,05	0,04	0,14	0,60	9,66
Edificação	0,07	0,07	0,07	0,06	0,03	0,05	0,05	0,03	0,45	7,19
Edificação Especial	0,10	0,10	0,15	0,13	0,06	0,21	0,22	0,07	1,04	16,74
Rodovia	0,10	0,10	0,15	0,13	0,03	0,11	0,11	0,21	0,93	14,98
Ferrovia	0,10	0,10	0,22	0,13	0,03	0,11	0,11	0,21	1,01	16,17
Corpo Hídrico	0,10	0,10	0,04	0,13	0,06	0,04	0,04	0,07	0,57	9,18

Tabelas 4 e 5 – Consequência de falha pelo Método AHP

Agora temos para cada segmento valores para PDF e CDF atribuídos ao elemento espacial, segmento de adutora de 20m de comprimento. Dentro do banco de dados ou com programas de SIG podemos determinar a distribuição de valores de PDF e CDF dividindo classes com faixas de valores de 1 a 5. Para PDF adotaremos 5 classes, 1- Improvável, 2- Pouco provável, 3- Provável, 4- Muito Provável, 5- Quase certo. Para consequências como sugere ALEGRE(2011), serão também 5 classes, 1- Insignificante, 2 – Baixa, 3- Moderada, 4- Alta, 5- Severa. Assim poderemos determinar o risco através da tabela 6, com as faixas: azul- muito baixo, verde-baixo, amarelo- moderado, laranja-alto, vermelho-muito alto. Estas cores serão usadas na representação de cada trecho de adutora.

		CDF				
		1	2	3	4	5
PDF	5					
	4					
	3					
	2					
	1					

Tabela 6- PDF X CDF = Risco

Aplicação da Metodologia

Definição da Área em Estudo

A Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro possui portal com uma excelente base de dados pública, o data.rio, uma fonte de dados que em uma análise preliminar forneceu dados consistentes e de boa precisão.

No Estado do Rio de Janeiro a CEDAE-Companhia Estadual de Águas e Esgotos, está investindo na migração do seu cadastro técnico para uma plataforma SIG, a atualização do cadastro da Companhia, viabilizará análises como a proposta por esse trabalho. O principal sistema de abastecimento da CEDAE, o Sistema Guandú produz 43m³/s de água potável, conta com a maior estação de tratamento de água do mundo a ETA Guandú (GUINNESS BOOK,2012) e uma rede de adutoras de grande porte leva água tratada para mais de 10.000.000 de habitantes. Neste universo trabalhos como esse tem grande aplicação prática.

Na a aplicação da metodologia foi escolhida um trecho de adutora do Sistema Guandú com as seguintes características:

Diâmetro: 1750mm; Material: Aço; Pressão: 60m.c.a; Vazão: 5.000L/s.
Foram analisados 80 segmentos de 20m de adutora totalizando 1600m.

Determinação dos Dados Disponíveis

Nos últimos anos a proliferação de dados espaciais na internet tem crescido bastante. Órgãos com IBGE, INEA-RJ, PSAM, Câmara Metropolitana do Rio de Janeiro e a própria Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro estão disponibilizando dados geográficos de qualidade na rede.

RESULTADOS

No mapa-1 e possível ver o trecho de adutora de maior o risco, próximo a edificações e os trechos de menor risco onde não há edificações. A presença o corpo hídrico nesta abordagem reduz o risco na medida em que permite um escoamento mais rápido em caso de rompimento. Hospitais ou escolas não foram encontrados neste trecho assim como rodovias e ferrovias.

É importante ressaltar que essa e uma avaliação relativa essencialmente por comparação de critérios por isso uma análise de um grande sistema, com trechos longos produzira um resultado diferente. Conceitos como tolerância ao risco são próprios de cada corporação, de seu corpo técnico e seus gestores fundamentalmente. Um modelo destes traz ainda o benefício de expor esse risco e colocá-lo em debate de uma forma técnica.

Para pequenos trechos de adutora o modelo cumpriu o seu objetivo, apresentou resultados claros com coerência. A avaliação dos critérios apresentados deve ser feita por equipe multidisciplinar para que o modelo seja, não só aceito institucionalmente, mas para que represente a sensibilidade da dos técnicos da corporação sobre as causas e consequências das falhas.

Uma utilização mais abrangente pode com mais dados inclusive de histórico de falhas pode reduzir o número de critérios. Mostrando a pouca sensibilidade do modelo para alguns. Dudek(2018) mostra que a probabilidade falha é muito maior em linhas que já falharam. Na SABESP, Cisar (2017) mostra um estudo abrangente, para toda rede da concessionária, focado em perdas e apresenta resultados absolutamente relevantes.



Mapa 1 – A análise da adutora é mostrada, com o risco atribuído cada segmento de 20m, em um trecho de 1600m, gerada no programa ArcMAP 10.4.1, utilizando base de dados, do IBGE, DATA.RIO e CEDAE

CONCLUSÕES

Este é um modelo de análise de risco simples, avaliou critérios considerados importantes e por isso serve ao propósito de dar início a um debate multidisciplinar acerca dos riscos inerentes a operação de adutoras de grande porte. A inclusão de mais critérios depende da existência e da confiabilidade de dados. Muitas vezes o aumento de critérios não tornara o modelo mais confiável.

A metodologia se mostrou adequada retratando a realidade num trecho pequeno, Uma utilização mais ampla vai permitir a realização destes ajustes, este é o próximo passo para a sua validação.

Uma grande vantagem da utilização de um SIG é a possibilidade de contar com ferramentas de geoprocessamento. Em uma rede mais extensa é possível utilizar uma ferramenta para formação de agrupamentos de resultados por faixa e proximidade espaciais chamados “clusters”. Desta forma um estudo preliminar para um plano de renovação de ativos fica ainda mais consistente e pode ser apresentado mais rapidamente.

Finalmente, extensão deste trabalho pode fomentar áreas corporativas como Governança, Compliance e Planejamento Estratégico, justificando tecnicamente investimentos e dando transparência a gestão da empresa de saneamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H., HIRNER, W., Baptista J. M., PERENA R, “INDICADORES DE DESEMPENHO PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, Versão portuguesa de: “Performance Indicator For Water Supply Services”, 2003
2. Alegre, H., Covas, D., Coelho, S. T., Almeida, M. C. and Cardoso, M. A. (2011, Sep.). Anintegrated approach for infrastructure asset management of urban water systems. Mülheim An Der Ruhr, German. IWA 4th LESAM.
3. Dudek, Elena P.E., “Selecting & Priorizing Pipeline Replacements Using Pipeline Risk Model”, ESRI User Conference 2018, San Diego, CA, USA, 2018.
4. Cisar, Erica, “Aplicação de Método AHP – Analytic Hierarchy Process – Integrado a Mapas de Kernel para Planejamento, Seleção e Priorização de Substituição de Redes de Água com Foco na Redução de Perdas. 29°CBESA 2017, ABES.
5. Mac Donald, A. 1999, “Building a Geodatabase”, USA.
6. Martins, Andre Damião da Costa, Stochastic models for prediction of pipe failures in water supply systems, Universidade Técnica de Lisboa, 2011.
7. Saaty, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.” McGraw-Hill, New York.
8. World Health Organization (WHO) (2005), *Managing Drinking-water from catchment to consumer*, World Health Org., Genebra, Suíça.
9. Martins, Andre Damião da Costa, “Stochastic models for prediction of pipe failures in water supply systems”, Universidade Técnica de Lisboa, 2011.
10. Zandbergen, Paul A., 1968 - Python scripting for ArcGIS– First Edition,
11. IBGE: disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/downloads-geociencias.html>, Acessado em: 10/10/2018
12. DATA.RIO disponível em : <http://www.data.rio/> , Acessado em: 10/10/2018