

# FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

## DRH - Departamento de Recursos Hídricos

### “MODELO PARA PREVISÃO DE MANUTENÇÃO EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA”

ALUNO: Rafael Yukio Kurita (bolsista PIBIC/CNPq)

aepudim@hotmail.com

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho

dalfre@fec.unicamp.br

#### INTRODUÇÃO

O sistema de distribuição de água baseia-se em vários componentes, que incluem os reservatórios, as tubulações, as bombas, as válvulas, dentre outros. Manter um sistema de distribuição de água eficiente é essencial para uma sólida infra-estrutura básica, que é interdependente com o crescimento econômico no longo prazo. Os recursos públicos, cada vez mais escassos, e o envelhecimento dos sistemas de abastecimento de água tornam a manutenção uma discussão essencial. Embora as tubulações sejam projetadas para uma determinada vida útil e condições de operação, a sua deterioração não segue um determinado padrão. Os modelos de processo de deterioração, assim como os de falha estrutural são, então, complexos e difíceis de se modelar. Os processos complexos, a falta de dados pertinentes e as condições do meio ambiente altamente variáveis impõem um grande desafio aos pesquisadores da área.

#### AVALIAÇÃO NÃO-DESTRUTIVA

A Avaliação não-destrutiva é uma técnica de abordagem direta de inspeção e controle para avaliar a condição de um tubo. Tal avaliação fornece os dados obtidos a partir das técnicas não-destrutivas, como os parâmetros da tubulação e a profundidade da mesma. O Quadro abaixo relaciona algumas das técnicas estudadas.

TÉCNICA	DESCRIÇÃO
Ultra-som	A inspeção ultra-sônica é realizada através de um feixe de alta frequência, por onde o som viaja e se reflete sempre que há uma mudança na densidade do material. A técnica é mais adequada para tubos metálicos, o que é comum nas tubulações de água.
Circuito fechado de televisão (CFTV)	Nesta técnica, a superfície interior do tubo é filmada durante a inspeção e as imagens são analisadas por um engenheiro. A avaliação também depende da experiência do engenheiro e da qualidade da imagem.
Monitoramento de emissão acústica	Este método requer a medição dos ruídos emitidos. Um ou mais microfones estão anexados ao tubo e os sinais adquiridos são analisados com a ajuda do computador. O ruído pode ser gerado pelo atrito, pelo crescimento da fissura, pela turbulência e pela corrosão. A técnica é especialmente adequada para tubos de concreto protendido em que o som pode ser gerado pelos rompimentos das barras internas.

#### MODELO DE PREVISÃO DE MANUTENÇÃO

No trabalho, desenvolveu-se um modelo de previsão de manutenção das redes de abastecimento. Assume-se que os efeitos do solo, da temperatura, da carga externa (solo e tráfego), da pressão interna e do tipo de material da tubulação desenvolverão mudanças no comportamento estrutural do conduto. Estes são os principais componentes no cálculo das tensões desenvolvidas.

As tensões desenvolvidas são classificadas em tensões circunferenciais (Equação 1) e tensões axiais (Equação 2), conforme a direção da atuação das tensões principais.

$$\text{Tensão Axial} \rightarrow \sigma_x = X_1 E_p \frac{\partial u}{\partial x} + X_2 P_i - X_3 E_p \alpha_p \Delta T \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{Tensão Circunferencial} \rightarrow \sigma_\theta = \sigma_\theta^w + \sigma_\theta^{Pi} + \sigma_\theta^T + \sigma_\theta^f \quad \text{Eq. (2)}$$

**CrITÉRIOS de Resistência**

**Tresca**  $|\sigma_x - \sigma_\theta| < \text{Resistência admissível}$

**Von Mises**  $(\sigma_x^2 + \sigma_\theta^2 - \sigma_x \sigma_\theta)^{1/2} < \text{Resistência admissível}$

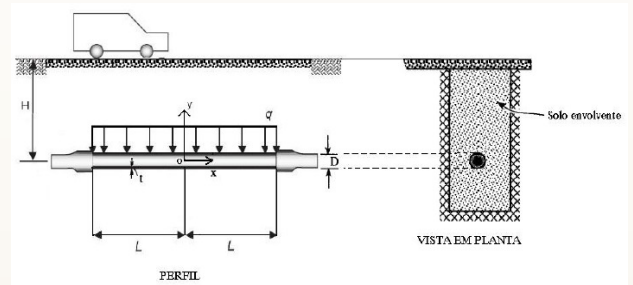
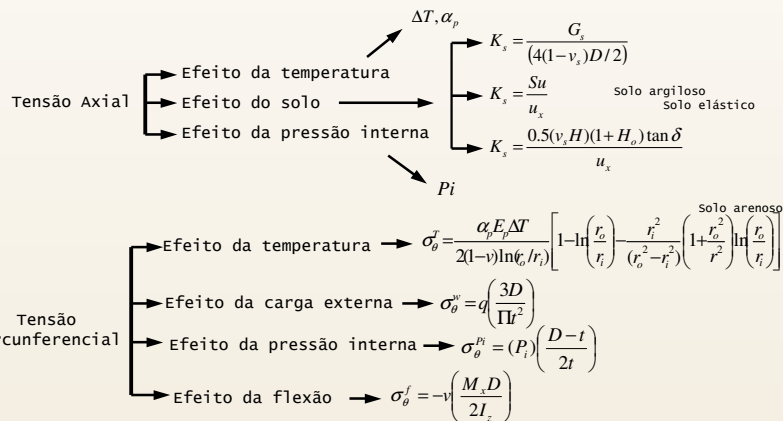


Figura 1 - esquema com os parâmetros que influenciam o desenvolvimento de tensões no conduto.

#### CÁLCULO DOS PARÂMETROS



#### Tabelas

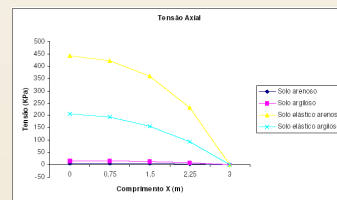


Figura 1. tensão axial para diferentes tipos de solo (PVC).

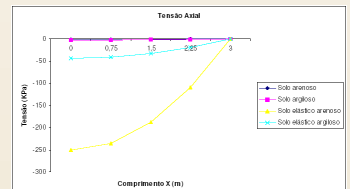


Figura 2. tensão axial para diferentes tipos de solo (fotof).

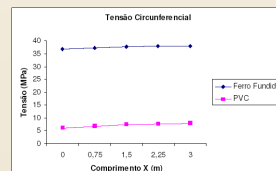


Figura 3. tensões circunferenciais do PVC e ferro fundido.

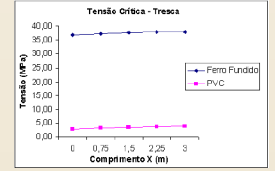
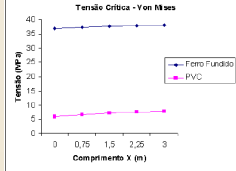


Figura 4 e 5. tensões de escoamento para PVC e ferro e ferro fundido



#### CONCLUSÃO

Atualmente, as empresas gerenciadoras do sistema de distribuição de água não praticam de forma sistemática a manutenção preventiva destes sistemas. Pode-se observar que grande parte da revisão bibliográfica foi baseada em produções estrangeiras. As técnicas de avaliação não-destrutivas podem ser aplicadas para obter os parâmetros necessários para a modelagem da deterioração física dos tubos, como, por exemplos, as características da tubulação, a profundidade da tubulação.

Este trabalho auxiliará os gerenciadores dos sistemas de abastecimento de água, na medida em que propõe um método para manutenção preditiva em sistemas de abastecimento de água baseado na inspeção, empregando técnicas não destrutivas adequadas e também, em um modelo de previsão de falha, em que se podem analisar as tensões desenvolvidas na tubulação por efeito da pressão interna, da carga externa, da temperatura, do tipo de solo e das características da tubulação.