

XI-020 – GOLPE DE ARÍETE: METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA PREVISÃO DE NECESSIDADE DE DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SUB PRESSÕES EM LINHAS DE ADUÇÃO DE ÁGUA POR BOMBEAMENTO EM FASE DE CONCEPÇÃO

Laize de Lucena Pereira⁽¹⁾

Graduanda pela Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí (FAESA/CAMTUC/UFGPA).

Mariana de Oliveira Souza⁽²⁾

Graduanda pela Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí (FAESA/CAMTUC/UFGPA).

Rayner Menezes Lopes⁽³⁾

Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). Professor da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí (FAESA/CAMTUC/UFGPA).

Marcelo Giulian Marques⁽⁴⁾

Doutor pelo Département de Génie Civil na université Laval (1995) - Canadá. Professor Titular do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS).

José Almir Rodrigues Pereira⁽⁵⁾

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC-USP, 2000). Professor Adjunto IV da Universidade Federal do Para (UFGPA).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Tancredo Neves, 37 – Jardim Marilucy - Tucuruí - PA - CEP: 68464-000 - Brasil - Tel: (93) 99209-1601 - e-mail: laize.lucena@hotmail.com

RESUMO

A NBR 12215-1/2017 da ABNT recomenda o estudo de transientes hidráulicos em linhas adutoras por meios de *softwares* em sua fase inicial, ou seja, no estudo de sua concepção, no entanto, nessa fase não se tem as informações necessárias para essa verificação. O transiente, dentre outros motivos, pode acontecer por causa do fechamento rápido de válvulas ou uma interrupção no fornecimento de energia elétrica do bombeamento o que causa fortes ondas de pressão e essas são propagadas, e então podem danificar a tubulação. Com o método simplificado proposto neste trabalho, pode-se estimar pressões extremas e mesmo com informações iniciais se preveem resultados, e esse pode contribuir para a decisão do profissional que está realizando o projeto, o que vem avaliar a importância desse estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Subpressões, Golpe De Aríete, Análises De Transientes.

INTRODUÇÃO

A verificação da ocorrência de golpe de aríete em uma linha adutora deve ser realizada em diferentes etapas do estudo e/ou projeto (concepção, projeto básico, projeto executivo). Isto compreende desde a avaliação preliminar até a fase de detalhamento executivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Em decorrência do exposto pela ABNT, observa-se que os métodos simplificados de análise de transientes hidráulicos e necessidade de dispositivos de proteção ainda detêm seu mérito por permitirem que alguma estimativa de pressões extremas seja realizada, mesmo com poucas informações, contribuindo dessa forma para as decisões dos projetistas, ainda na fase de concepção da linha adutora, visto que na etapa inicial do projeto, não se tem conhecimento de todos os parâmetros necessários para se realizar simulações por meio de *softwares* como recomenda a NBR 12215-1/2017 da ABNT.

Este trabalho está focado no estudo de pressões mínimas (sub pressões) na linha de adução, uma vez que as incertezas em torno da ocorrência desses tipos de pressões são maiores se considerarmos que as pressões positivas são as que prevalecem ao longo do regime operacional de uma linha de adução pressurizada.

Nos catálogos de fabricantes de tubos, é comum se encontrar os valores para as pressões máximas admissíveis para cada material e classe de pressão, o que não ocorre com a mesma frequência para pressões mínimas.

Assim, neste trabalho, será proposta metodologia simplificada para verificar a necessidade de uso de algum dispositivo de proteção contra sub pressões ao longo de uma linha de adução de água por bombeamento em sua fase de concepção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ocorrência de golpe de aríete (transiente hidráulico) pode ser entendida observando-se a Figura 1, onde estão traçadas envoltórias de pressões máximas e de pressões mínimas em um sistema de bombeamento de água padrão, que em decorrência da intensidade dessas pressões extremas, pode causar rompimento da linha de adução.

No caso de as envoltórias de pressões mínimas estarem abaixo da cota da linha de adução, pode ocorrer o esmagamento da adutora pela ação da pressão atmosférica, gerando o colapso do sistema durante o fenômeno transitório.

Quando não há um colapso imediato, a tubulação e equipamentos podem estar sujeitos a problemas de fadiga, ruptura e quebra além de possíveis danos a pessoas próximas às linhas de distribuição de água (BARBOSA e CASTRO, 2014).

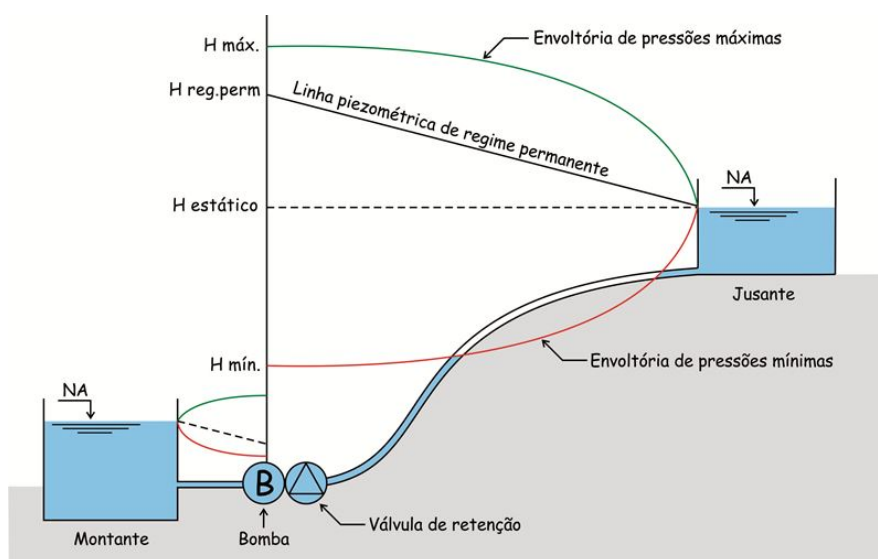


Figura 1 - envoltórias de pressões máximas e de pressões mínimas em um sistema de bombeamento de água padrão.

Este estudo propõe uma metodologia simplificada previsão de necessidade de dispositivo de proteção contra transientes ao longo de linhas de adução ainda em fase de concepção. Para tanto, foram utilizadas as equações propostas por Tassinari (2017). Essas equações, baseadas em simulações no *software* Allievi modelam as envoltórias de pressões mínimas e máximas que podem ocorrer ao longo do comprimento (L) da linha de adução. O método define três pontos distintos da linha de adução, ocorrendo a 0% de L, próximo ao conjunto elevatório, em 50% de L e a 75% de L. As equações (1) e (2) usa-se para determinar as sobrepressões (H+) e subpressões (H-), respectivamente, a 0% de L. As equações (3) e (4) estipulam as pressões a uma distância de 50% de L, enquanto que as equações (5) e (6) determina esses transientes a uma posição distante 75% de L.

$$H_+ = -0,0183.th^2 + 0,1484.th + 0,4261 \quad (1)$$

$$H_- = -0,0064.th^3 + 0,0864.th^2 - 0,3686.th - 0,3473 \quad (2)$$

$$H_+ = -0,0160.th^2 + 0,1207.th + 0,2886 \quad (3)$$

$$H_- = -0,0061.th^3 + 0,0784.th^2 - 0,3279.th - 0,2066 \quad (4)$$

$$H_+ = -0,0145.th^2 + 0,1213.th + 0,146 \quad (5)$$

$$H_- = -0,00337.th^3 + 0,0494.th^2 - 0,2283.th - 0,1083 \quad (6)$$

Sendo th o tempo de desaceleração do escoamento, obtido por:

$$th = \frac{vL}{gH_m} \quad (7)$$

Onde v é a velocidade do escoamento (em m/s), g é a aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^2$) e H_m é a altura manométrica do sistema.

O método de Tassinari (2017) pode ser aplicado para tubos de ferro fundido, aço e PRFV (Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro), para as seguintes faixas: $0,7 \text{ m/s} \leq v \leq 2,6 \text{ m/s}$ e $29 \text{ m.c.a} \leq H_m \leq 95 \text{ m.c.a}$.

CARACTERIZAÇÃO MATEMÁTICA DA LINHA DE ADUÇÃO

Definidas as equações matemáticas que representam as envoltórias de pressões, buscou-se estabelecer uma equação que represente a linha de adução que supostamente seria atravessada pela envoltória de pressões mínimas no caso de ocorrência de transientes dessa característica. Assim, foram utilizados os dados do perfil de 6 linhas adutoras fictícias, propostas por Lopes *et al.* (2018). Desses perfis (Figura 2), foram extraídos os pares de valores de cota da linha de adução em relação ao seu comprimento L . Com esses dados emparelhados foram ajustadas equações que representam cada perfil da linha de adução.

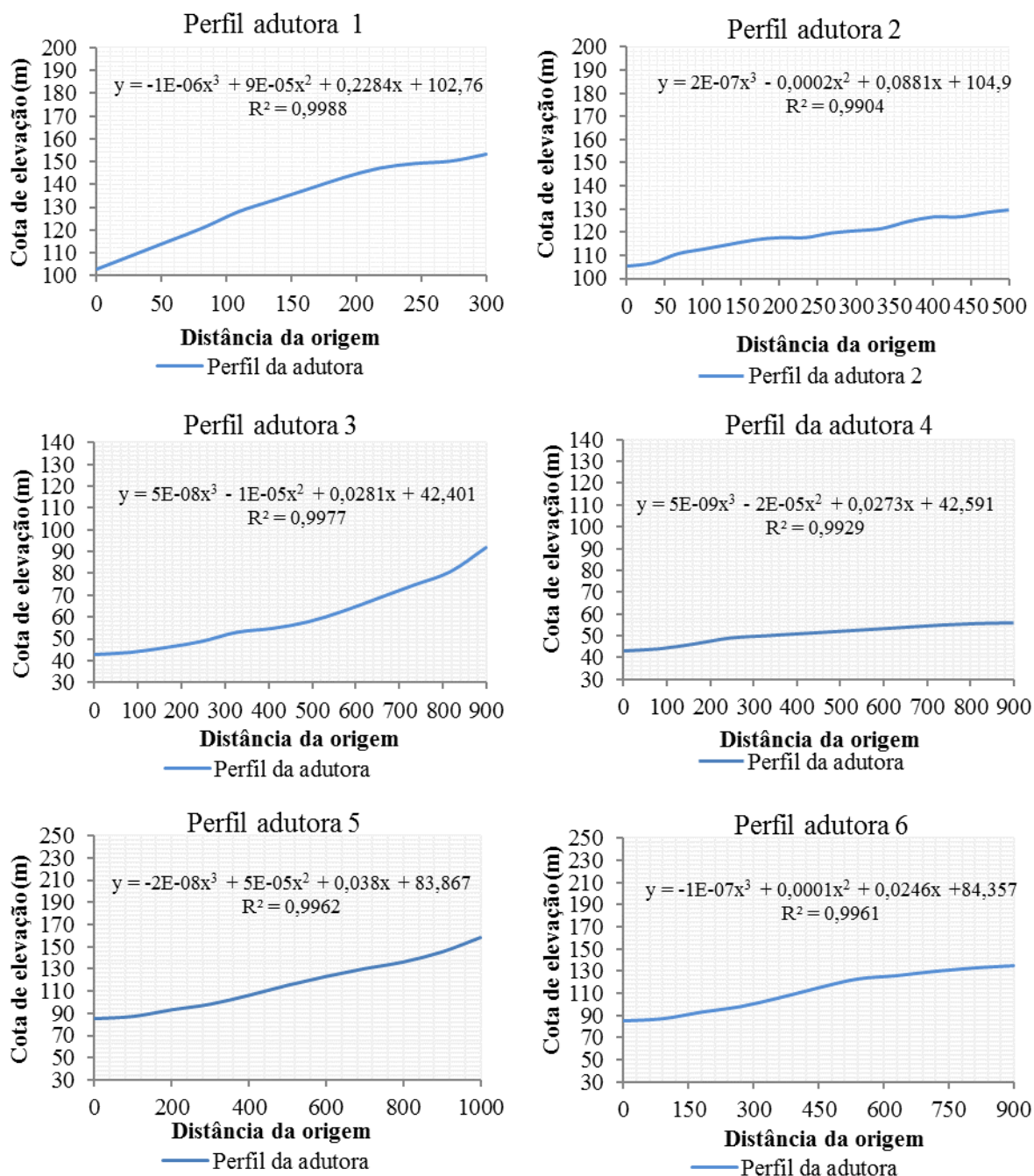


Figura 2 – Equações ajustadas para cada uma das linhas de adução fictícias.

As características hidráulicas, tipo de material e pressões admissíveis para as linhas de adução representadas na Figura 2 podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – características gerais das linhas adutoras analisadas

ADUTORA	1	2	3	4	5	6
Vazão de bombeamento (Q) - L/s:	150	250	400	380	750	900
Velocidade (v) - m/s:	0,67	1,05	0,77	0,73	0,95	1,14
Desnível Geométrico (H) - m:	52,00	27	47,00	11	72,00	49
Diâmetro interno (Di) - mm:	532,00	738	813,00	700	1000,00	700
Comprimento da adutora - m:	300,00	500	900,00	900	1000,00	900
Material da tubulação:	FoFo (K7)	FoFo (K7)	PRFV 150 PSI	PRFV 150 PSI	Aço	Aço
Sobre pressão admissível (máxima) - m.c.a:	336,27	336,27	105,5	105,5	278,19	278,19

Fonte: Lopes *et. al.*, (2018)

Estando definidas funções matemáticas que representam as envoltórias de pressões extremas, bem como as funções que representam as linhas de adução, a necessidade de uso de dispositivo contra subpressões pode ser estimada pela seguinte regra:

Chamando-se de $f(x)$ a função que representa as envoltórias de pressões mínimas, e de $g(x)$ a função que representa o perfil da linha de adução, será necessário o uso de dispositivo de proteção quando a condição da expressão 8 abaixo ocorrer:

$$f(x) < g(x) \quad (8)$$

Na Figura 3 essa condição pode ser representada graficamente.

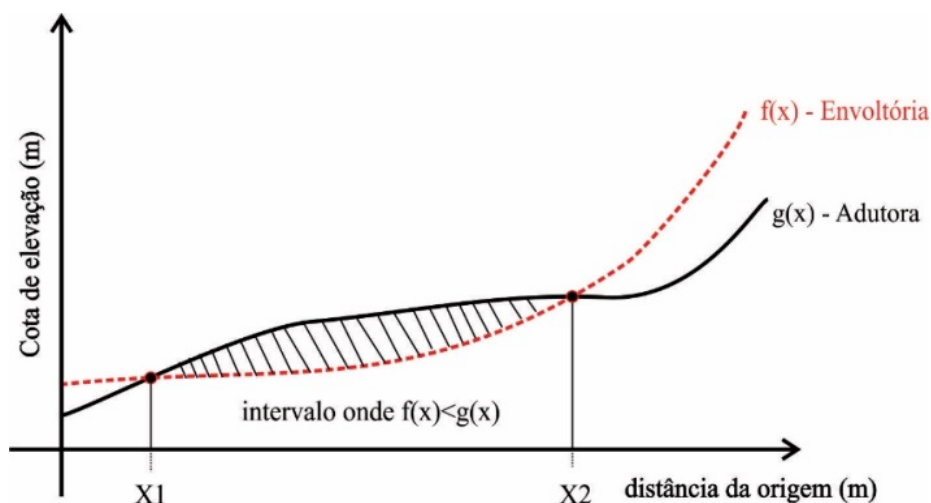


Figura 3 – Equações ajustadas para cada uma das linhas de adução fictícias.

CONCLUSÕES

Com a metodologia desenvolvida, buscou-se criar um parâmetro matemático que represente a condição da Figura 3, condição esta que pode se repetir mais de uma vez ao longo de toda a linha de adução.

Com o parâmetro desenvolvido será possível estimar o número de dispositivos de proteção necessários ao longo da linha de adução, bem como a posição aproximada em que esses dispositivos devem estar ao longo da linha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LOPES, R.M., MARQUES, M.G., TEIXEIRA, T.D. PEREIRA, L.L.; SOUZA, D.E.S. Estudo comparativo entre três métodos simplificados de análise de transientes hidráulicos em linhas adutoras de água por bombeamento (I-048). 14º Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (XIV SIBESA). Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Foz do Iguaçu, junho de 2018.
2. BARBOSA, J. M. C.; CASTRO, M. A. H. (2014) Modelagem computacional da válvula antecipadora de onda como mecanismo de alívio para o golpe de aríete. v. 19, p. 101–114.
3. TASSINARI, L.C.S. Transientes Hidráulicos em Sistemas de Bombeamento: influência do material do conduto e dispositivo de proteção. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2017. 183 p.