

## DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE ECONÔMICA EM ADUTORAS EM FUNÇÃO DO CUSTO DE BOMBEAMENTO E CUSTO DA TUBULAÇÃO

ANDRÉ LUIZ DIAS CALDAS<sup>1</sup>, JACINTO DE ASSUNÇÃO CARVALHO<sup>2</sup>, FÁTIMA CONCEIÇÃO REZENDE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Doutorando em Recursos Hídricos em Sist. Agrícolas, UFLA, (35) 91486513, caldasagri@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Depto. de Engenharia da UFLA, (35) 38291489, jacintoc@deg.ufla.br

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Pesq. Depto. de Engenharia da UFLA, (35) 38291158, frezende@deg.ufla.br

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** Neste trabalho foram realizadas diversas simulações a fim de determinar a velocidade mais econômica em adutoras de aço galvanizado e PVC, operando sob vazões de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e sob pressões nominais de 80, 125 e 180 mca, em função do custo de energia de bombeamento e do custo de aquisição da tubulação de recalque. Verificou-se que para tubulações de aço galvanizado a velocidade econômica variou entre 0,88 e 2,65 m.s<sup>-1</sup> e para tubulações de PVC, entre 0,68 e 2,54 m.s<sup>-1</sup>. Pode-se concluir que o valor da velocidade econômica foi indiretamente influenciada pelo aumento na tarifa energética e diretamente influenciada pelo aumento no custo da tubulação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conduto forçado, Dimensionamento econômico, Energia elétrica.

## DETERMINATION OF ECONOMIC SPEED IN FUNCTION OF BOMBEAMENTO COST AND COST OF PIPE

**ABSTRACT:** This work was performed several simulations to determine the most economical speed in pipelines galvanized steel and PVC, operating under flow rates of 50, 100, 150, 200, 250 and 300 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> and under pressure ratings of 80, 125 and 180 mca, depending on the pumping energy cost and the cost of the discharge piping. It was found that for galvanized steel pipes economic rate varied between 0.88 and 2.65 ms<sup>-1</sup> and PVC pipes, between 0.68 and 2.54 ms<sup>-1</sup>. It can be concluded that the economic value of speed has been indirectly influenced by the increased rate and energy directly influenced by the increase in the cost of the pipe.

**KEYWORDS:** Pressure pipe, Sizing economic, Eletricity.

**INTRODUÇÃO:** Na agricultura, a atividade irrigação, consome cerca de 70% de toda água destinada aos múltiplos usos no Brasil, no entanto permite expressivos incrementos de produção em relação a áreas não irrigadas. Diante disso, ressalta-se a importância do uso da irrigação como acréscimo tecnológico de produção e a importância do uso racional da água e da energia elétrica no meio rural, como forma de preservação desses recursos e redução dos custos de produção.

Diversos estudos são realizados visando a maior eficiência nos projetos de sistemas de adução para irrigação no Brasil, principalmente quando relacionados com a parte hidráulica. No entanto, mesmo que hidráulicamente correto, o projeto pode não atender a aspectos econômicos. Portanto, no dimensionamento de sistemas de adução são necessários estudos envolvendo variáveis hidráulicas e econômicas, para a escolha adequada do diâmetro e do tipo de material da tubulação.

Dentre os inúmeros materiais os tubos de PVC e aço galvanizado são os mais utilizados por apresentarem diversas vantagens quando comparados aos outros materiais. São de rápida instalação, o que garante maior produtividade com redução dos custos, baixa rugosidade, suportam altas pressões de serviço, além de serem de fácil obtenção no comércio. Diante dessa ampla gama de materiais, o projetista se vê em uma situação complexa de escolha, na tentativa de otimizar o uso desses materiais, em função da falta de informações que o direcionem para uma escolha mais eficiente, hidráulica e economicamente.

Baseado no exposto, objetivou-se, com a realização do presente trabalho, a obtenção de valores de velocidades de escoamento que induzem a um menor custo no dimensionamento da adutora.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para realização do estudo foi considerado um sistema de recalque padrão composto por: uma válvula de pé com crivo, duas curvas de 90°, uma redução excêntrica e uma ampliação concêntrica, um registro de gaveta, uma curva dupla de 45°, uma válvula de retenção, bomba hidráulica, motor elétrico trifásico, acoplamento elástico e base de aço para conjunto moto-bomba, chave de proteção e partida e tubulações de aço galvanizado para pressão nominal de 180 mca e PVC para pressão nominal de 80, 120 e 180 mca. Os preços dos componentes citados foram obtidos junto a diversos estabelecimentos comerciais no período de setembro a novembro de 2014, visando gerar um preço médio para os mesmos. Foi considerado preço na condição de pagamento à vista.

O dimensionamento econômico da adutora foi realizado por meio da análise dos custos totais, composto pelo somatório dos custos fixos e variáveis (PADOVEZE, 2013). Foi considerado como diâmetro econômico aquele que para uma mesma situação, apresentou menor custo total proveniente do bombeamento e os custos da própria tubulação (CARVALHO e REIS, 2000).

Os custos fixos foram representados pelo custo de aquisição do sistema de recalque, custo de assentamento dos tubos e escavação e reaterro de valas e a depreciação do sistema. O custo do sistema de recalque foi dado pelo somatório do custo da tubulação de sucção, motor elétrico, custo de aquisição dos tubos e acessórios e custo da bomba hidráulica, sendo que para este último foram gerados preços médios para bombas de 1750 e 3500 rpm. Os custos fixos foram anualizados pelo fator de recuperação de capital (FRC).

Os custos variáveis foram definidos como sendo o somatório dos gastos com manutenção e energia elétrica utilizada para o funcionamento do sistema de adução. Os gastos com manutenção

foram calculados de acordo com metodologia adotada pelo Programa Nacional de Irrigação (PRONI, 1987), onde estes representam 2% do custo fixo total. Para a determinação do custo da energia de bombeamento, foram utilizadas diferentes situações de operação do sistema, envolvendo interações entre diferentes alturas manométricas, vazões, diâmetros, comprimentos de tubulação e tempos de funcionamento da adutora. A determinação do custo de energia elétrica anual foi baseada nos valores cobrados e critérios utilizados pela concessionária de energia elétrica do Estado de Minas Gerais (CEMIG), a qual divide os consumidores de acordo com a classificação da ANEEL, ou seja, por potência instalada, em consumidores do Grupo A (Convencional, Horosazonal Verde e Horosazonal Azul) para transformadores com potência acima de 75 kW e consumidores do Grupo B, com transformadores até 75 kW. Foram considerados os valores de tarifação aplicados pela CEMIG, divulgados para o mês de novembro de 2014.

Foram consideradas vazões de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, comprimentos de 1000, 2500 e 5000 m, também, desnível geométrico total de 50 e 150 m e tempos de funcionamento de 1000, 2000 e 3000 horas por ano. Foram avaliados acréscimos de 30 e 100% nos custos de energia de bombeamento e os mesmos acréscimos nos custos de aquisição dos tubos e acessórios, levantados na época de realização do estudo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de velocidade econômica encontrados nas diversas situações analisadas variaram entre 0,88 e 2,65 m.s<sup>-1</sup> para tubulações de aço galvanizado e entre 0,68 e 2,54 m.s<sup>-1</sup> para tubulações de PVC. Valores estes próximos dos apresentados em literatura, que consideram velocidades de até 2,6 m.s<sup>-1</sup>, como apresentado por Azevedo Netto et al. (2002) e Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

De acordo com os resultados obtidos, em geral, notou-se diminuição da velocidade econômica de escoamento para todas as vazões e tempos de funcionamento analisados, em função dos aumentos dados de 30 e 100% sobre os custos de energia de bombeamento, tanto para as tubulações de aço galvanizado, como para as tubulações de PVC. A diminuição da velocidade econômica obtida pode ser explicada, em razão da necessidade do uso de diâmetros maiores, para reduzir os custos variáveis, sendo que estes são diretamente relacionados com perda de carga na tubulação, e conseqüentemente, reduzir os gastos com energia de bombeamento.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os de Perroni (2008), que analisou a influência do aumento da tarifa energética sobre a velocidade econômica, verifica-se resultado semelhante, sendo que o autor ainda cita que, maiores valores de gasto com energia elétrica acarretam em elevação dos custos totais, através dos custos variáveis, sendo necessário reduzir a potência necessária ao funcionamento do sistema a qual só pode ser proveniente de uma redução do desnível geométrico total.

O aumento no custo da tubulação, provocou um aumento significativo nos custos fixos, conseqüentemente um aumento no custo total, assim, o diâmetro econômico tendeu a diminuir, aumentando as velocidades de escoamento para as tubulações de aço galvanizado, em geral. No entanto, para as tubulações de PVC, não houve alterações nas velocidades econômicas, quando aumentado em 30 e 100% os custos de aquisição da tubulação.

O fato das velocidades econômicas das tubulações de PVC não terem alterados em função do aumento dado nos custos de aquisição da tubulação, pode ser explicado pela menor perda de carga nos tubos de PVC em relação a tubos de aço galvanizado, sendo que, o aumento máximo simulado na proporção do aumento do custo de aquisição da tubulação, não foi significativo para alterar as velocidades econômicas na tubulação de PVC.

**CONCLUSÕES:** Nas condições em que foram realizados o estudo, a velocidade econômica de escoamento da água em adutoras, varia entre 0,88 e 2,65  $\text{ms}^{-1}$  para tubulações de aço galvanizado e entre 0,68 e 2,54  $\text{m s}^{-1}$  para tubulação de PVC. Com o aumento dado na tarifa energética ocorreu diminuição da velocidade econômica, assim como, o aumento simulado no custo de aquisição da tubulação ocorreu aumento da velocidade econômica para a tubulação de aço galvanizado.

## **REFERÊNCIAS**

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de hidráulica**. 8.ed. São Paulo: E. Blücher, 2002. 669p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

CARVALHO, J. A.; REIS, J. B. R. S. Avaliação dos custos de energia de bombeamento e determinação do diâmetro econômico de uma tubulação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p. 411-449, abr./jun. 2000.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Valores de tarifas e serviços**. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores\\_de\\_tarifa\\_e\\_servicos.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade de custos: teoria, prática, Integração com Sistemas de Informações (ERP)**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 512 p.

PERRONI, B. L. T. **Velocidade econômica de escoamento e composição de custos de sistemas de irrigação por aspersão**. 2008. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. **Tempo de irrigar: manual do irrigante**. São Paulo: Fundação Victor Civita, 1987. 160 p.