

7 Referências Bibliográficas

- [1] STUCKENBRUCK, S., **Escoamento em Dutos**. CEE – Curso de Engenharia de Dutos - PUC-Rio
- [2] FREIRE, J. L. de F., **Engenharia de Dutos**. TRANSPETRO, Rio de Janeiro: ABCM, 2009
- [3] SALLES, C. A. C., E.T. et al. **Gerenciamento de Riscos em Projetos**, Publicações FGV Management, Editora FGV, 2007
- [4] EBENSPERGER, U., ISLEY, P. – **Review of the current State of Desalination**
- [5] ETTOUNEY, H. et al. **Evaluating Economics of Desalination**, International Atomic Energy Agency (IAEA).
- [6] ZHOU, Y.; TOL, R; **Evaluating the costs of desalination and water transport**
- [7] SEMIATI, R. **Desalination: Present and Future**. International Water Resource Association, 2000
- [8] SILVA, O. J.. **A escassez de água no semi-árido brasileiro**
- [9] CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L.; RESENDE, G. M., **Transporte e Armazenamento de Água para Consumo Humano no Sertão do Nordeste em Período de Seca**, ABCMAC, 2005
- [10] Agência Nacional de Águas (ANA). **Relatório de Demanda Tendencial 557-ANA-ASA-RT-003**, 2004
- [11] SAFAR, M., AL-SHAMMIRI, M. **Multi-effect distillation plants:state of the art**
- [12] DAVIS, G.; NICHOLS M. D.;SPEAR, M. J.. **Water Desalination Findings and Recommendations**, 2003.
- [13] Agência Nacional de Águas (ANA). **Projeto Proágua Semiárido – Relatório RP03 – Balanço de oferta**, 2004
- [14] FILHO, L. F. de M., SOUZA, A. L. V. **O manejo e a conservação do solo no Semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade**

- [15] BRAGA, C. V. M., et. Al. **O GNV muito além dos automóveis – Uso no transporte ferroviário**,2008
- [16] International Association for Properties of Water and Steam IAPWS <<http://www.cheresources.com/iapwsif97.shtml>>. **Equations of IAPWS – IF97**, 1997
- [17] DITTMAN, G. L. **Calculation of Brine Properties**. Lawrence Livermore Laboratory- DOE (Department of Energy), 1977
- [18] WYLEN, V. **Fundamentos da Termodinâmica**. 9a ed. Makron books,
- [19] RÊGO, R. B.et al, **Viabilidade Econômico Financeira de Projetos – Série MBA em Gerenciamento de Projetos - Ed. FGV - 3ª Edição**, 2007
- [20] HATZIKIOSEYIAN, A.; VIDALI, R.; KOUSI, P., **Modelling and Thermodynamic Analysis of a Multi Effect Distillation (MED) Plant for Seawater Desalination** - National Technical University of Athens – School of Mining and Metallurgical Engineering
- [21] <www.waterworld.com>
- [22] <www.bracelpa.com.br>
- [23] NUNES, V. B., site <http://ccmm.fc.ul.pt/vnunes/ensino/TQ_cap3.pdf>

8 Apêndice

Estimativa da Potência de Bombeio

O cálculo da potência requerida para movimentação do fluido é realizado levando-se em consideração as perdas de carga oriundas do atrito viscoso e dos obstáculos tais como válvulas, curvas e derivações, chamadas de perdas locais. Inicialmente serão demonstradas as formulações utilizadas para calcular a perda de carga pelo atrito viscoso, em seguida será apresentado o cálculo da perda de carga originada pelos obstáculos e em seguida apresentamos a combinação entre esses fatores, cujo resultado é utilizado diretamente no cálculo da potência de bombeio.

As formulações utilizadas para o projeto do aqueduto baseia-se em Stukenbruck [1]. A estimativa do fator de atrito e outras características físicas do duto, devem ficar por conta do usuário do programa. A perda de carga no duto, causada pela rugosidade, será calculada de acordo com a equação de Darcy-Weisbach, apresentada na expressão A.1,

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{A.1})$$

Na equação A.1, f representa o fator de atrito, L é o comprimento do duto, D é o diâmetro interno do duto e V é a velocidade do fluido. Além da perda de carga oriunda do atrito entre o fluido e a parede do duto, existe também a perda de carga causada pelos obstáculos encontrados pelo fluido, tais como curvas, válvulas, bombas, etc. Neste trabalho vamos considerar que o fluido será transportado através de estações de bombeio, sendo que em cada trecho compreendido entre as estações haverá, como hipótese, uma entrada súbita, com fator $K = 0,4$, e uma saída súbita, com fator $K = 1$.

A composição da perda de carga devido ao atrito viscoso com a perda de carga induzida pelos obstáculos, para um diâmetro constante, será dada pela expressão A.2, onde h_d representa a perda de carga dos obstáculos e h_f a perda de carga decorrente do atrito.

$$h_t = h_{total} = h_f + \sum h_d = \left(\frac{fL}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2g} \quad (\text{A.2})$$

A potência de bombeamento será calculada de acordo com a equação A.3, onde η é a eficiência da bomba, h_t é a perda de carga total calculada na equação A.2 e Q é a vazão requerida, dado de entrada fornecido pelo usuário.

$$P = \frac{1}{\eta} \rho g h_t Q \quad (\text{A.3})$$

Além das perdas por atrito viscoso e das perdas locais pode-se também considerar a diferença de altitude entre o ponto de abastecimento e o ponto de produção. Considerando o efeito da altitude na equação da energia teremos um novo valor para perda de carga total, que pode ser calculada de acordo com a expressão A.4

$$h_b = \frac{z_2 + \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K \right) Q^2}{2gA^2} \quad (\text{A.4})$$

Após a determinação da potência disponível para bombeio em cada estação, da declividade da região entre o ponto de produção e o ponto de armazenamento, e da distância a ser percorrida pelo produto, pode-se avaliar a distância entre as estações de bombeio e, conseqüentemente, a quantidade de estações necessária para a realização do transporte.

Assumindo a potência de bombeio conhecida, pode-se alterar a equação A.3 de forma que se tenha a perda de carga que pode ser vencida pela potência disponível. Assim, tem-se

$$h_t = \frac{P\eta}{Q\rho g} \quad (\text{A.5})$$

Conhecida a perda de carga que pode ser vencida pela potência disponível, pode-se retornar à equação A.4 para estimar o comprimento do trecho, tomando como base as informações já conhecidas, tais como diâmetro do duto e fator de atrito. Assim, tem-se

$$h_t = \frac{\frac{z_2}{L_t}L + \left(1 + f\frac{L}{D} + \sum K\right)Q^2}{2gA^2} \quad \therefore$$

$$L = \frac{2gA^2h_t - Q^2 - Q^2\sum K_e}{\left(\frac{z_2}{L_t} + \frac{f}{D}Q^2\right)} \quad (\text{A.6})$$

Na equação A.6 determina-se o comprimento do trecho (L), compreendido entre duas estações de bombeio. Sendo conhecido o comprimento total do duto, pode-se estimar a quantidade de estações de bombeio e, com isso, determinar o custo total de estações e seu impacto na viabilidade econômica do projeto.