

## Dimensionamento ótimo da tubulação de uma rede de distribuição de água: um estudo de caso

Giovanna de Freitas Rodrigues<sup>1</sup>

UTFPR, Graduação em Engenharia Civil, Campo Mourão, PR

Tatiane Cazarin da Silva<sup>2</sup>

DAMAT/UTFPR, Campo Mourão, PR

A otimização tem papel indescritível na busca da medida mais econômica na execução de um produto ou projeto. Em especial na engenharia, a otimização pode acarretar não só na economia, mas também na redução dos impactos ambientais com a diminuição do uso de matéria prima e, por consequência, o declínio de emissão de efluentes, sobretudo quando falamos da emissão de metais pesados, como o caso da fabricação de tubos para rede de distribuição de água [1, 2].

A utilização de técnicas e modelos de otimização, vêm se aperfeiçoando ao longo dos anos, permitindo um maior desenvolvimento computacional acerca dos resultados. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar uma análise de dimensionamento ótimo de uma malha de rede de distribuição de água, aplicada a um estudo de caso, a fim de verificar a aplicabilidade dos métodos de otimização teóricos disponíveis na literatura [1, 3–5].

Para a aplicação da otimização a um caso real, foi realizada a modelagem de um loteamento situado na cidade de Joaquim Távora, no estado do Paraná, Figura (1). As curvas topográficas do terreno representadas em linhas vermelhas; e em azul temos um croqui das tubulações propostas para essa rede.

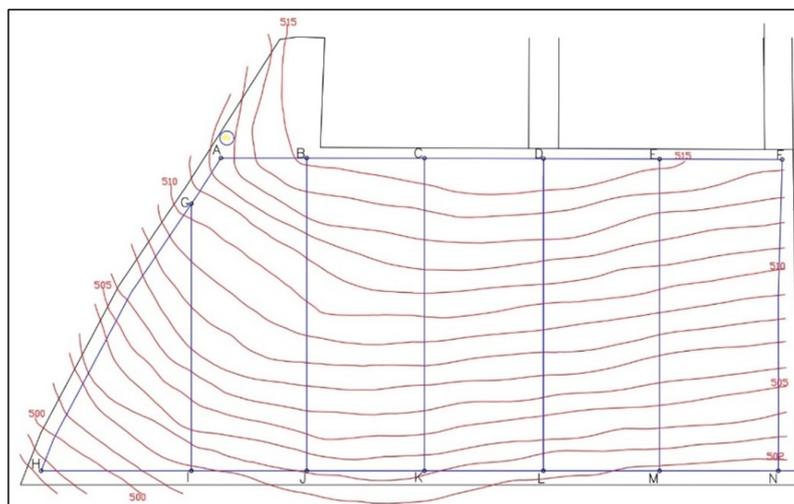


Figura 1: Croqui da malha de rede de distribuição

<sup>1</sup> giovanna-fr@hotmail.com

<sup>2</sup> tatianecazarin@utfpr.edu.br

O loteamento apresenta uma área total de 43.632,06 m<sup>2</sup>, resultando em 115 lotes. Utilizando a estimativa de 6 residentes por lote com um consumo de 200 litros por habitante, foram considerados 690 moradores com um consumo total de 2,875 litros por segundo.

O loteamento foi identificado por nós e trechos, totalizando 13 nós (A, B, C, ..., M) e 19 trechos (união de dois nós adjacentes). Para cada um dos nós, foram modeladas a demanda (l/s), a cota altimetria (m) e a pressão mínima (mca), utilizando conceitos de topologia. Para cada trecho, o comprimento (m) é conhecido. O objetivo é realizar a otimização dos gastos com tubulação por meio do dimensionamento ótimo dos diâmetros dos tubos.

Com base em pesquisas de mercado referentes ao custo das tubulações comerciais por polegada (entre  $\frac{1}{2}$ " e 6") foi realizado um ajuste quadrático a fim de estimar o custo da tubulação -  $C$  em função de um diâmetro -  $d$  qualquer, limitado a esse intervalo. O modelo para o custo, em função do diâmetro, foi definido por  $C(d) = 2437,4d^2 + 1573,3d - 3,0051$ , com uma qualidade de ajuste de 0,998.

Para realizar a otimização da rede de distribuição, foi utilizado o método matemático PNL2000 [1], aplicado a malha de rede de distribuição. Esse modelo utiliza como variáveis do problema os diâmetros de cada trecho de tubulação, as respectivas vazões e perdas de carga, as velocidades e as pressões do fluido. Com isso, resultamos em um modelo com 89 variáveis.

A implementação do modelo foi feita em MATLAB, usando a rotina *fmincon* e o Método de Pontos interiores. Os critérios de parada utilizados foram os parâmetros padrão da rotina, exceto o número máximo de avaliações de funções (50000) e o número máximo de iterações (5000), que foram alterados.

No sistema algumas variáveis foram limitadas, sendo elas a vazão ( $v_{max} = 3$  m/s e  $v_{min} = 0,3$  m/s), a pressão ( $p_{min} = 30$  mca), e os diâmetros ( $D_{max} = 0,1524$  m e  $D_{min} = 0,0127$  m). As demais variáveis foram limitadas inferiormente por 0. Como ponto inicial foi considerado o limite inferior definido para cada uma das variáveis. Com isso, obtivemos um custo de tubulação total ótimo de R\$ 436.170,00.

Desta forma, a partir dos resultados das variáveis expostas, foi obtido o custo de implementação do projeto, apresentando boa aproximação estimar diversos nós com pressões muito próximas à pressão mínima imposta. Ainda que nesta aplicação, o custo final da implementação esteja relacionado apenas a tubulação, é notório que a otimização pode ser vista como um artifício para alcançar maior rentabilidade, diminuição de custos, melhor desempenho de funções e maior sustentabilidade quanto a uso de materiais e declínio da degradação do meio ambiente, em contextos gerais.

## Referências

- [1] L. T. Gomes, L. C. Barros e B. Bede. **Fuzzy differential equation in various approaches**. Springer Briefs in Mathematics. SBMAC - Springer, 2015. ISBN: 978-3-319-22575-3.
- [2] D. Manzi, T. D. C. Goulart, B. M. Brentan, G. M. Lima e E. L. Junior. "Dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água com uso de métodos de otimização inspirados na natureza". Em: **Revista DAE** 212 (2018), pp. 16–31. DOI: 10.4322/dae.2018.020.
- [3] A. A. Ribeiro e E. W. Karas. **Otimização Contínua: Aspectos teóricos e computacionais**. Cengage Learning, 2014.
- [4] F. R. Oliveira. "Estudo de alguns métodos clássicos de otimização restrita não linear". Tese de doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- [5] A. Friedlander. **Elementos de Programação Não Linear**. Editora Unicamp, 1994.