

# DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

**Régis Marciano de Souza** <sup>(1)</sup>

Aluno de Engenharia Civil da Universidade Veiga de Almeida - UVA, técnico em Agrimensura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, campus de Inconfidentes - MG e Membro do Instituto de Cartografia Aeronáutica - ICA.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua São Francisco Xavier, 864, Apartamento 804 - Maracanã – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 24550-013 - Brasil - Tel: +55 (21) 8234-3255 - e-mail: [regismensor@bol.com.br](mailto:regismensor@bol.com.br)

## RESUMO

Este artigo descreve a metodologia para realizar um dimensionamento de uma rede de distribuição de água de forma a alcançar o menor custo total e tem como objetivo específico; descrever a modelagem hidráulica no EPANET 2.0; descrever o dimensionamento econômico na interface LENHSNET; destacar a rugosidade que altera o custo do material por diâmetro, e o custo de implantação para cada material e analisar economicamente os dimensionamentos econômicos, para tubulações de materiais diferentes. A solução econômica será obtida com auxílio do software EPANET 2.0 e da interface LENHSNET, sendo a função principal, do EPANET 2.0 simular o comportamento hidráulico da rede de distribuição de água e, do LENHSNET reduzir ao máximo os custos dentro dos limites de pressões e velocidades estabelecidos por norma pertinente. Para obter o resultado economicamente viável será apresentada uma comparação do custo total, do sistema, para duas tubulações de materiais e custos (implantações) distintos, ou seja, o dimensionamento otimizado é obtido com a comparação entre vários dimensionamentos econômicos, realizados no LENHSNET, tendo como resultado um dimensionamento que alcance o menor custo total e que atenda as especificações técnicas, entre uma gama de materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** EPANET 2.0, LENHSNET, dimensionamento econômico, rede de abastecimento de água, rugosidade, custo de implantação.

## INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água possui uma rede de distribuição de água que é composta com um conjunto de adutoras ligadas entre si, e tem o objetivo de alimentar os pontos de consumo dentro das condições hidráulicas de funcionamento.

As equações hidráulicas definem o processo de condução de água dentro das tubulações pela rede de distribuição de água. Foram desenvolvidas por grandes estudiosos do assunto como Bernoulli, Hazen, Williams, Darcy, Manning, Chézy, Reynold e outros que contribuíram para a evolução dos conceitos de hidráulica.

A equação de Bernoulli definiu o escoamento em condutos forçados da trajetória do líquido sendo conhecida com equação de energia, neste sistema existem perdas de carga que podem ser definidas pelas equações de Hazen-Williams, Chézy-Manning, fórmula universal dentre outras.

Para facilitar o processo será utilizado o EPANET 2.0 por ser um software livre e por possibilitar a utilização do método LENHSNET, método esse que reduz os diâmetros de forma a alcançar um resultado economicamente viável para o sistema.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo dos custos de implantação entre duas redes de distribuição de água (entre material A e B), utilizando o software EPANET 2.0 para modelagem hidráulica e o software LENSHNET para otimização do dimensionamento.

A proposta deste trabalho é desenvolver e apresentar um metodologia de dimensionamento otimizado que leva em consideração a influência da rugosidade do material, os custo inerentes aos processos construtivos e os custo dos materiais a serem utilizados. De forma a obter o dimensionamento otimizado dentro de uma gama de materiais possíveis para as tubulações.

A justificativa da busca por um dimensionamento otimizado dentro de uma gama de materiais analisados vem do destaque de Tsutiya (2009), por informar que o custo de distribuição de água ser cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras do sistema de abastecimento de água.

## OBJETIVO

O objetivo Geral deste artigo é abordar sobre o dimensionamento econômico de rede de abastecimento de água. O objetivo específico é descrever a modelagem hidráulica no EPANET 2.0; descrever o dimensionamento econômico na interface LESHNET; destacar a rugosidade que altera o custo do material por diâmetro, e o custo de implantação para cada material e analisar economicamente os dimensionamentos econômicos, para tubulações de materiais diferentes.

## JUSTIFICATIVA

A Justificativa refere-se ao destaque de Tsutiya (2009) acerca do custo da rede de distribuição de água, ser cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras abastecimento de água. Logo, é necessária uma análise otimizada dos dimensionamentos econômicos para tubulações de diferentes coeficientes de rugosidade visando avaliar o menor custo total para implantação da rede de distribuição de água.

## A MODELAGEM HIDRÁULICA NO EPANET 2.0

As ferramentas computacionais simulam o escoamento do líquido (neste caso água), em tubulações pressurizadas, por meio de modelos hidráulicos de transporte, qualidade e distribuição de água no sistema de abastecimento. Por meio de um simulador hidráulico da rede de distribuição água é possível à execução de planejamentos, dimensionamentos, controle de qualidade e diagnóstico do funcionamento desta rede.

Esta modelagem hidráulica computacional propicia uma otimização do tempo, pois, reduz o tempo gasto com os cálculos para análises, dimensionamentos e diagnósticos; e, também propicia uma melhor análise do funcionamento da rede de distribuição, pois, simula o comportamento real das variáveis presentes em condutos forçados.

O EPANET 2.0 foi desenvolvido pela Water Supply and Water Resources Division (National Risk Management Research Laboratory) da U.S.E.P.A. - United States Environmental Protection Agency, é um programa livre, que tem como funções principais, simular o comportamento hidráulico da rede de distribuição de água e realizar uma análise da dissipação da qualidade da água nas tubulações. Foi traduzindo para a língua portuguesa do Brasil pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS, da Universidade Federal da Paraíba – Brasil.

O EPANET 2.0 permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e da qualidade da água em redes de distribuição pressurizada. Com auxílios das ferramentas computacionais do EPANET 2.0 é possível desenhar o traçado da rede de distribuição de água, ou importar de um arquivo do Auto-Cad e editar as propriedades dos componentes que constituem o sistema (nós, trechos, bombas, reservatórios e válvulas), ou seja, inserir os dados de cota, consumo, comprimento e rugosidade.

O software permite inserir em seu modelo tubulações, nós, válvulas, bombas e reservatório, com suas respectivas informações de projeto, sendo:

- **Tubulações:** São trechos destinados a condução de água entre os pontos da rede, considera escoamento com pressão em todas as tubulações ao longo da simulação. O escoamento ocorre entre os pontos de cargas hidráulicas (cotas piezométricas) mais elevadas para os com cotas piezométricas mais baixas. Os principais parâmetros a serem definidos são: diâmetro, comprimento, coeficiente de rugosidade (para determinar a perda de carga), estado inicial (aberto, fechado ou contendo uma válvula de retenção);

- **Nós:** São pontos notáveis, pontos de união entre tubulações, derivação de vazão e mudança de diâmetro, ou seja, onde os trechos se ligam entre si e onde a água entra e sai da rede. Seus principais parâmetros a serem definidos são: cota do nó, consumo base e qualidade inicial da água;

- **Válvulas:** São utilizadas para controlar a pressão ou a vazão num ponto particular da rede, podem ser PRV (Válvula Redutora de Pressão), PSV (Válvula Sustentadora de Pressão), PBV (Válvula de Perda de Carga Fixa), FCV (Válvula Reguladora de Vazão), TCV (Válvula de Controle de Perda de Carga) e GPV (Válvula Genérica).

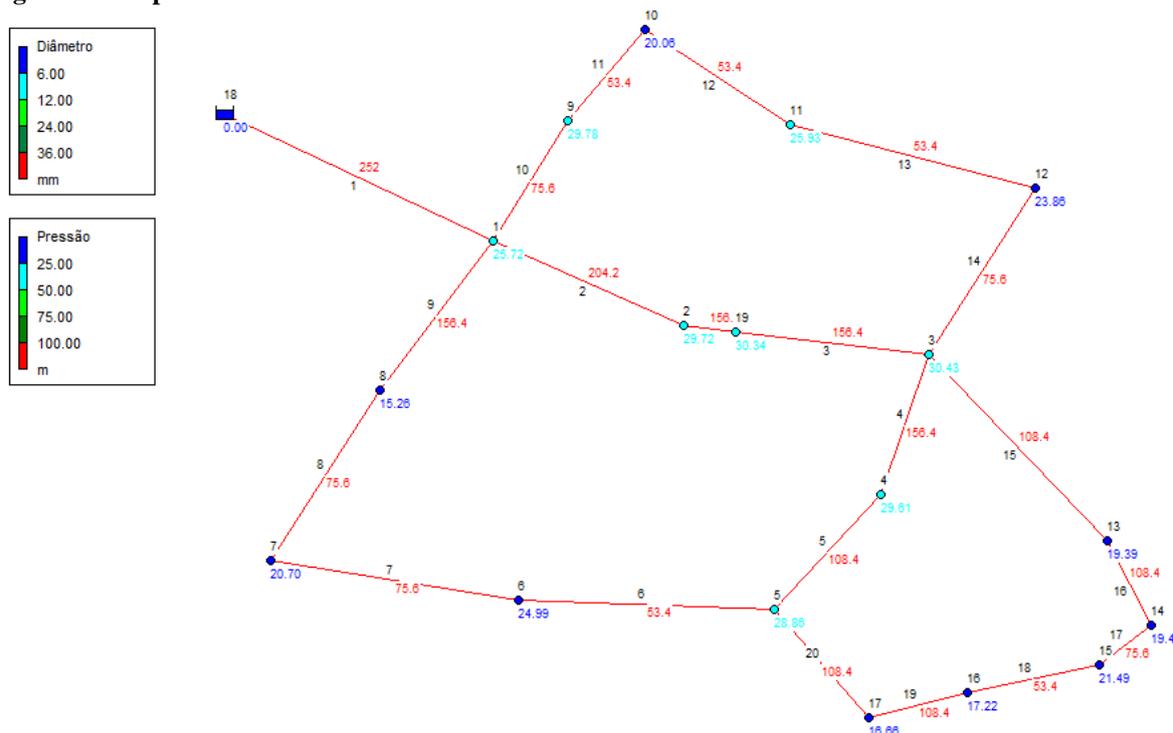
- **Bombas:** São equipamentos utilizados em trechos da rede onde se deseja transferir energia para o escoamento e aumentar a sua carga hidráulica. Os principais dados a serem inseridos são os nós inicial e final e a curva da bomba (combinação de valores de carga hidráulica e vazão que definem a curva de funcionamento).

- **Reservatórios:** Pode ser de nível fixo (RNF) ou de nível variável (RNV). Sendo que reservatório de nível fixo é onde representa um volume de armazenamento de água, com capacidade ilimitada e com carga hidráulica constante. Simula o comportamento hidráulico de mananciais (lagos, rios ou aquíferos) ou ligações a outros sistemas. Também pode ser usado no controle da qualidade da água de abastecimento, pois é considerado como o local de origem de qualidade da água. O nível de água é seu principal parâmetro e defini o

nível de água constante no reservatório, porém é possível definir um nível de água, que varie com relação ao tempo, utilizando um padrão temporal. Já o reservatório de nível variável (RNV) possui uma capacidade de armazenamento limitada entre alturas de água mínima e máxima, possibilitando a variação do volume de água armazenada ao longo da simulação. É necessário conhecer a cota do fundo do reservatório; o diâmetro do reservatório de forma circular (caso não seja circular utilizar a curva de volume); altura de água mínima (altura de soleira); altura de água máxima; altura de água inicial para o cenário a ser simulado e a qualidade inicial da água. Os reservatórios de níveis variáveis servem também como pontos de origem de qualidade da água.

Com as propriedades dos componentes constituintes do sistema de abastecimento de água definidas é possível realizar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento da rede de distribuição de água, sendo, simulação estática aquelas que não levam em consideração as variações de consumo durante o dia, levando em consideração apenas o maior consumo de água possível, e simulação dinâmica aquela que varia em função da variação horária de consumo no período de um dia.

**Figura 1 – Mapa de Rede**



Fonte: Autor

Segundo Rossman (2009, p.181),

As equações da continuidade e da conservação da energia e a relação entre a vazão e a perda de carga, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante, podem ser resolvidas através de um Método Híbrido Nó-Malha. Todini e Pilati (1987) e, mais tarde, Salgado ET al. (1988) optaram por designá-lo como sendo o “Método do Gradiente”.

Ao utilizar o EPANET 2.0 é possível obter os resultados da modelagem hidráulica, ou seja, da simulação do comportamento das variáveis hidráulicas (carga hidráulica, pressão, diâmetro, vazão, velocidade e perda de carga), tal software utiliza o Método do Gradiente proposto por Todini e Pillati (1987), por ser mais simples, este foi escolhido para realizar os cálculos dos valores de vazão e cota piezométrica.

A modelagem hidráulica que será utilizada neste artigo corresponde ao dimensionamento da rede de abastecimento de água de um exemplo citado no livro: Hidráulica Básica, 4ª edição, EESC USP, de Rodrigo de Melo Porto, em 2006. Conforme os dados de entrada (consumo, cota topográfica e comprimento dos trechos), citado por Porto (2006). Dentre as informações de suma importância podemos destacar:

- a) Criação de um projeto (Configurações), traçado da rede (posições dos nós, trechos e reservatórios), propriedade dos objetos (inserir as propriedades dos nós trechos e reservatórios – ex.: cotas

topográficas, consumo-base, diâmetro, comprimento dos trechos, nível de água no reservatório, rugosidade da tubulação, dentre outras).

- b) O programa permite trabalhar com Darcy-Weisbach (D-W) e Chezy-Manning (C-M) ou Hazen-Williams (H-W) para cálculo das perdas de carga contínua. A fórmula de Hazen-Williams por ser muito utilizada entre os projetistas será utilizada neste trabalho.
- c) Serão demonstradas duas análises para redes de distribuição de água. Uma com material das tubulações A e outra com B. Com coeficientes C (coeficiente de Hazen-Williams), para material A igual a 140 e para material B igual a 130. O material A apresenta um menor coeficiente de rugosidade, pois seu coeficiente C é maior.
- d) Neste caso é uma rede de distribuição por gravidade e não há necessidade de bombas para aumentar a carga hidráulica.
- e) E como não necessita de limitação de pressão ou de vazão nos pontos particulares da rede de distribuição, não serão necessárias válvulas neste sistema.
- f) Deve-se dimensionar a rede de forma que suas velocidades e pressões estejam dentro das admissíveis por norma. E com isso uma simulação bem sucedida. Neste sistema não está sendo admitido o uso de válvulas para controle de vazão e de velocidade de escoamento.
- g) Será considerando com sendo uma simulação estática, ou seja, não levando em consideração a variação do consumo em função do tempo.

## DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO NA INTERFACE LENHSNET

O método LENHSNET é um algoritmo iterativo capaz de otimizar o dimensionamento de uma rede de distribuição de água em conduto forçado; composto pela rede de distribuição e os órgãos acessórios, destinados a colocar água potável à disposição dos consumidores; utiliza um processo dinâmico de cálculo e é associado ao modelo de simulação hidráulica EPANET 2.0, versão 2.00.12.

O método LENHSNET proporciona como resposta ao dimensionamento, os diâmetros de todos os trechos da rede, de forma a alcançar o custo mínimo total de implantação do sistema de distribuição de água. Adotando como custo total de implantação, o custo unitário da tubulação em unidade monetária por metro de comprimento, para cada diâmetro, somada aos gastos com transporte, mão de obra, movimentação de terra, montagem e peça de conexão e controle em unidade monetária por metro.

Para realizar um dimensionamento econômico com a interfase LENHSNET é necessário conhecer: os limites de pressão e velocidade, segundo a NBR-12218/1994, o coeficiente de rugosidade da tubulação e o custo total (\$/m) por diâmetro.

A Norma Brasileira - NBR-12218/1994 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, considera que "A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa".

Tal norma regulamenta que "*a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s, e a máxima, de 3,5 m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede*" (NBR-12218, 1994, pg.3).

Segundo a ajuda do LENHSNET, são dados de projeto:

- a) **Cota Piezométrica na Origem:** Tipo de cota piezométrica na Origem, podendo ser cota fixa ou cota variável. No caso da cota variável, o módulo de otimização considera o custo da energia elétrica no processo de otimização.
- b) **Pressão mínima da rede:** Valor mínimo de pressão, em metros de coluna de água (mca), dos nós da rede.
- c) **Pressão máxima da rede:** Valor máximo de pressão, em metros de coluna de água (mca), dos nós da rede.
- d) **Unidade de Vazão:** A unidade de vazão pode ser litros por segundo (l/s) ou metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).
- e) **Trechos Ignorados / Configurar:** Tela para informar os trechos da rede que serão ignorados no processo de otimização, ou seja, trechos cujos diâmetros permanecerão fixos no processo de otimização.
- f) **Velocidade Máxima Admitida:** Valor de velocidade máxima, em metros por segundo (m/s) para todos os trechos da rede de distribuição.
- g) **Velocidade Mínima Admitida:** Valor de velocidade mínima, em metros por segundo (m/s) para todos os trechos da rede de distribuição.

Neste caso, foi utilizado conforme estabelecido em norma vigente, velocidade máxima igual a 3,5 m/s, pressão máxima igual a 50 mca, pressão mínima igual a 100. Ao simular só é possível estabelecer no máximo três limites, pois fica impossível atender a todos os quatro limites.

O resultado do dimensionamento, dos diâmetros das tubulações, dos órgãos acessórios (como por exemplo, bombas, reservatórios, etc) é um modelo hidráulico com o custo mínimo total do sistema, onde sua condição hidráulica atende aos limites admissíveis de velocidade e pressão segundo regulamentação da norma brasileira ABNT/NBR 12218 (1994).

“O processo iterativo parte de uma solução inicial (de contorno), onde a rede de distribuição é composta, inicialmente, pelos diâmetros mínimos admitidos para o projeto em consideração. Esta solução inicial possui um custo mínimo de implantação da rede, já que está composta pelos diâmetros mínimos atribuídos. No entanto, esta solução inicial, na grande maioria das vezes, não é uma alternativa factível para o sistema, pois ela proporciona perdas de carga excessivas nos trechos, acarretando níveis insuficientes de pressão disponíveis nos nós da rede” (GOMES, 2009, p. 241).

## RUGOSIDADE

Antes de tratar sobre a rugosidade interna das tubulações será descrito o processo de seleção do material das tubulações e devem atender as condições de qualidade, quantidade e pressão de água, e economia, segundo as especificações abaixo:

- a) **Condições de serviço:** Deverá atender a faixa de variação das pressões internas, resistindo aos esforços internos, resistindo contra os transitórios hidráulicos, e não causando vazamentos nem trincas, arrebentamentos e vazamentos nas juntas.
- b) **Nível de tensão do material:** Deverá atender aos as tensões solicitantes sem causar danos, ou seja, de forma que a tensão limite seja menor que a tensão ocorrente nas tubulações.
- c) **Natureza dos esforços mecânicos:** Deverá adequar a natureza dos esforços com o tipo de material a ser utilizado, por exemplo, não deverão ser escolhidos materiais frágeis para serem aplicados onde exista alto risco de esforços mecânicos.
- d) **Diâmetros disponíveis:** Deverá ser verificada a existência de todos os diâmetros necessários a atendimento do sistema, bem como seus acessórios e deve ser verificada a disponibilidade para atender a todo o sistema e se existe estoque.
- e) **Acessórios de conexão:** Juntas ou união dos tubos, sua escolha dependerá de uma análise técnica das vantagens e desvantagens no processo de montagem, desmontagem, custo, grau de segurança, condições de serviço etc.
- f) **Custo do material:** Esse com certeza é um dos fatores decisivos. Esse material além de satisfazer os critérios econômicos devem satisfazer as melhores condições técnicas para o menor custo, ou seja, o equilíbrio entre custo (inicial do material e de instalação), qualidade, facilitando a operação e manutenção do sistema.
- g) **Qualidade da água:** O material interno das tubulações deve manter a qualidade da água e sem prejudicar ou causar danos ao consumidor.
- h) **Quantidade de água:** Os diâmetros internos dos tubos não deveram sofrer modificações excessivas, sendo aceito apenas alterações não sensíveis no decorrer do tempo.
- i) **Facilidade de operação:** O processo de montagem e desmontagem deverá ser escolhido materiais de acordo com as limitações dos locais de operação.
- j) **A vida útil:** Com o tempo o sistema reduz sua vida útil, logo é necessária a escolha de um material que seja durável e que não exija uma manutenção intensa, devido a pratica de manutenção preventiva não ser muito utilizada no Brasil.

Seguindo as especificações acima automaticamente você acaba excluindo um ou outro material que não atende. Além desses existem outros fatores que também devem ser levados em consideração como:

“Característica do terreno (declividade do terreno, altura de aterro, tipo de solo, localização do lençol freático); disponibilidade (dimensões espessuras, juntas e acessórios); propriedades do material (revestimento, resistência à fadiga, resistência à corrosão); pressões externas (peso da terra, carga do tráfego) e método de assentamentos”, (TSUTIYA, 2006).

Após realizar o processo de seleção do material deve-se verificar o coeficiente de rugosidade interno das tubulações, esse coeficiente de rugosidade varia de acordo com: o material que foi empregado na fabricação dos tubos; o processo de fabricação; o comprimento de cada tubo; a uniformidade das paredes da tubulação; os números de juntas; a técnica de assentamento, com o estado de conservação das paredes internas; a existência de revestimento interno, o emprego de medidas protetoras durante o funcionamento; as irregularidades do perfil da tubulação.

Pode ser expresso com sendo o coeficiente C e segundo Rossman (2000, p.31) “O coeficiente da fórmula de Hazen-Williams relaciona-se com a rugosidade de modo inverso, sendo tanto mais elevado quanto menor for a rugosidade do material” e com a perda de carga. Seu valor será maior, quando o coeficiente de Hazen-Williams for menor. E foi observado que o coeficiente de Hazen-Williams altera o diâmetro e com isso altera o custo total de implantação do sistema de abastecimento de água.

## CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

O custo total de implantação varia de acordo com o custo unitário da tubulação, em unidade monetária por metro de comprimento, somado aos gastos com transporte, mão de obra, movimentação de terra, montagem e peça de conexão e controle em unidade monetária por metro. Ou seja, é um valor em unidade monetária, resultado do somatório de todos os custos envolvidos na implantação (por metro para cada classe de diâmetro), ou seja, cada diâmetro apresenta um custo total distinto. Veja a tabela 1, de variação do custo entre duas tubulações por diâmetros, abaixo:

**Tabela 1 – Custo em função do diâmetro interno**

Diâmetro Interno	Material A	Material B
	Custo (\$/m)	Custo (\$/m)
<b>53.40</b>	25.00	27.00
<b>75.60</b>	30.00	31.00
<b>108.40</b>	50.00	53.00
<b>156.40</b>	60.00	63.00
<b>204.20</b>	90.00	92.00
<b>252.00</b>	130.00	133.00
<b>299.80</b>	160.00	163.00
<b>394.60</b>	260.00	262.00
<b>489.40</b>	370.00	371.00

Fonte: Autor

## ANÁLISE ECONÔMICA

É preciso realizar vários dimensionamentos econômicos para tubulações com diferentes custos de implantação, haja vista, que o custo de implantação e o custo por diâmetros variam de acordo com o material da tubulação. Logo, através de uma análise econômica, comparação entre vários dimensionamentos econômicos de diferentes materiais é possível obter o de menor custo total de implantação da rede de distribuição de água.

Após término da simulação e otimização, foram obtidos os seguintes resultados: custo de implantação da rede de tubulações (material A) é de R\$163.485,00 e para o material B é de R\$188.621,91. Logo, o material A é 13,32 % mais econômico do que o material B.

## CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise econômica para possível implantação de uma rede de distribuição de água, comparando dois materiais distintos (A e B) de forma a atender a demanda de consumo dentro dos limites de pressão e velocidade estabelecidos por norma.

Para realizar a modelagem da rede de distribuição de água foi utilizado o software EPANET 2.0 (simulação bem sucedida), ou seja, dentro das condições hidráulicas de funcionamento. Por meio da interface LENHSNET é possível realizar dimensionamentos econômicos, para cada simulação feita no EPANET 2.0, levando em conta o custo de cada material para cada diâmetro em unidade monetária por metro, o custo de implantação por metro e seguindo as restrições de velocidade e pressão de acordo com a NBR-12218/1994 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

A racionalização dos recursos materiais e humanos deve ser feita com o estudo da tecnologia dos materiais empregados, dos custos de implantação, dos controles das perdas (de água ou carga), das condições hidráulicas de operação.

A otimização da rede de distribuição de água (material A) obteve um resultado de 13,32% mais econômico do que o material B, sendo o coeficiente de Hazen-Williams  $C=140$  (material A) e  $C=130$  (material B). Como as tubulações (material A) apresentaram um coeficiente de Hazen-Williams maior isso indica que a rugosidade é menor, neste caso o diâmetro será maior, pois menor será a velocidade do líquido para romper as forças de atrito com as paredes e é possível verificar tal afirmação pela equação da continuidade. Imagine  $Q=AV$ , sendo  $Q$  igual para as duas tubulações (material A e B), analisando a velocidade para um coeficiente  $C$  maior (rugosidade menor) se a rugosidade é menor então menor será a velocidade, logo se a velocidade é menor,  $Q/V$  será maior do que para a tubulação com velocidade maior, ou seja,  $Q/V = A$  o que indica que o coeficiente  $C$  menor leva a um menor diâmetro. Porém não é tão simples, a dificuldade está em quantificar os outros fatores, como custo de implantação, operação, vida útil, necessidade de manutenção preventiva e corretiva constantemente, mão de obra e as características do bom funcionamento para cada material.

Neste caso as tubulações com material A, se sobressaíram devido a ter um custo menor por diâmetro porem observa-se que o coeficiente de rugosidade é menor e com isso a velocidade necessária seria menor e, portanto maior seria o diâmetro, a junção da análise dos custos e a das características dos materiais permitiram obter o resultado otimizado, ou seja, o dimensionamento otimizado nada mais é do que, o resultado de menor custo total de implantação, obtido através dos dimensionamentos econômicos processados no software LENHSNET. Além disso, o projetista deve fazer um estudo detalhado de cada um dos fatores que influenciam na escolha do material economicamente viável sem perde a qualidade e seguindo as orientações estabelecidas por norma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 12218 - Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Associação Brasileira de normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 1994.
2. ABNT. NBR 12211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Associação Brasileira de normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 1992.
3. AZEVEDO NETTO, J. M., FERNANDEZ, F. M., ARAUJO R. & Ito, E. A. Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 8ª ed. 1998.
4. Costa, Aroldo João. Metodologia para análise de tarifas de sistemas de abastecimento de água – SAA com base nos custos de implantação e operação do sistema, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
5. Gomes, H. P. Sistema de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes elevatórias 3ª Edição revisada e ampliada. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, editora universitária/UFPB, 2009.
6. HELLER, L. PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para o consumo humano, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2006.
7. PORTO, R. M. Hidráulica Básica, 4ª ed. rev. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Editora EESC-USP, 2004.
8. Souza, R. M. Dimensionamento econômico de rede de abastecimento de água, Artigo, Rio de Janeiro, 2013.
9. ROSSMAN, L. A. EPANET 2.0, Manual do Usuário, tradução e adaptação para o português do Brasil, LENHS, Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Universidade Federal da Paraíba, 2009.
10. ROSSMAN, L. A. EPANET 2, Manual do Usuário, tradução e adaptação para o português do Brasil, LENHS, Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Universidade Federal da Paraíba, 2000.
11. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 4ª Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.