

I-042 - TRAÇADO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM AMBIENTE INTERATIVO ENTRE AUTOCAD E EPANET

José Paulo da Silveira Neto⁽¹⁾

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestrando em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Alessandro de Araújo Bezerra⁽²⁾

Professor da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental. Doutor em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela UFC. Graduado em Engenharia Civil pela UFC.

Renata Shirley de Andrade Araújo⁽³⁾

Professora da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental. Doutora em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela UFC. Graduada em Engenharia Civil pela UFC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Alcântara Bilhar, 677 - Padre Andrade - Fortaleza - PI - CEP: 60356-530 - Brasil - Tel: (86) 99819-2598 - e-mail: js_silveirant@hotmail.com

RESUMO

A automação do traçado de redes de distribuição de água é uma alternativa viável para tornar a composição do traçado de redes, no Epanet, mais rápida e dinâmica, auxiliando na execução de simulações hidráulicas. A ferramenta computacional desenvolvida neste trabalho resultou da interação entre os elementos gráficos do AutoCAD e das linguagens de programação AutoLISP e VBA, tendo como objetivo proporcionar uma otimização na elaboração do traçado de redes de distribuição. O programa possibilita uma rápida e dinâmica configuração para inserção dos componentes da rede: trechos, nós, reservatórios e *boosters*, inclusive o cálculo das cotas desses elementos a partir de curvas de nível. Também é realizado o cálculo automático dos consumos nos nós devido à vazão distribuída; a edição dos componentes da rede segundo as necessidades do projeto; e por fim, a exportação da rede para o Epanet, onde serão realizadas as simulações hidráulicas. Todas essas funcionalidades são amparadas por uma interface gráfica clara e informativa que facilita a análise do projeto no AutoCAD.

PALAVRAS-CHAVE: Redes de Distribuição de Água, Traçado, Automação.

INTRODUÇÃO

Tsutiya (2006) explica que os sistemas de abastecimento de água desempenham um papel fundamental para a manutenção da sociedade e, dentre seus componentes, a rede de distribuição apresenta grande importância pois, segundo Gomes (2009) é a partir dela que se distribui água potável ao consumidor final.

No entanto, para que cumpram sua função, as redes de distribuição devem ser submetidas a um criterioso dimensionamento, o que, de acordo com Gomes (1997), significa determinar uma série de propriedades, como diâmetros de tubos e acessório, vazões, consumos, pressões estáticas e dinâmicas, entre outras características. Para auxiliar no dimensionamento de redes de distribuição, existem softwares como o Epanet que, de acordo com Rossman (2000), é um software o qual permite a realização de simulações hidráulicas em redes de distribuição pressurizadas.

A execução de simulações hidráulicas no Epanet é uma etapa de grande importância na concepção de projetos de redes de distribuição de água. No entanto, a composição do traçado implica em atividades bastante repetitivas e que demandam um grande esforço por parte do projetista, haja vista a quantidade numerosa de dados de entrada. Esse cenário, além de demorado, aumenta o risco de erros no projeto.

A automação, como sugere Castro (2004), surge então como uma alternativa para solucionar esse problema, permitindo maior economia de tempo e esforço e reduzindo significativamente o risco de erros no projeto.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pacote computacional para otimizar o processo de simulações hidráulicas de redes de distribuição de água no Epanet, através de uma interface interativa com o AutoCAD que promova rapidez e confiabilidade na entrada de dados e traçado da rede.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado, inicialmente, o levantamento de informações necessárias à composição do programa, referentes aos materiais utilizados nas tubulações de redes de distribuição de água (PVC PBA Classes 12, 15 e 20; Ferro Fundido K7 e K9; RPVC; PEAD; PVC DEFoFo e PRFV) e seus respectivos diâmetros comerciais, obtidos em catálogos de produtos; coeficientes de Hazen-Williams e rugosidades absolutas para cada tipo de material, além dos coeficientes de variação de vazão de projeto k_1 e k_2 , obtidos em Kuroda e Pádua (2010), em Porto (2006) e em catálogos de produtos

Para o desenvolvimento do pacote computacional, foram utilizadas, em conjunto, as ferramentas gráficas do AutoCAD e as linguagens de programação AutoLisp e VBA. As rotinas desenvolvidas podem ser executadas através de ícones de acesso, organizados em uma barra de ferramentas carregada no próprio software

Foi desenvolvida uma rotina para definição das propriedades necessárias à simulação da rede de distribuição no Epanet. As propriedades em questão, em relação às características físicas da rede, foram: material das tubulações, diâmetros nominais, coeficiente de Hazen-Williams, rugosidade absoluta e tipo de rede (projetada ou existente). Em relação aos parâmetros de cálculo do projeto, foram utilizados: população de projeto, coeficientes k_1 e k_2 , zoneamento, consumo per capita por zona e a metodologia adotada para o cálculo da perda de carga. Como complemento da rotina, foram desenvolvidas funções que possibilitam a modificação dessas características, a qualquer tempo, pelo usuário.

A fim de automatizar o cálculo de cotas topográficas, foi desenvolvida uma rotina no AutoLisp que promove o cálculo das cotas dos componentes da rede, no momento da inserção dos mesmos, a partir de um arquivo de curvas de nível em formato ".dwg". O cálculo é feito por interpolação ou extrapolação linear das curvas de nível.

Para a realização do traçado da rede de distribuição de água, foi elaborado um comando que acessa as propriedades de cada trecho (material, diâmetro e tipo de rede), previamente definidas no programa, e executa o traçado conforme o método da função "*line*" do AutoCAD. Para cada trecho é criada uma legenda com as informações referentes ao material do tubo, diâmetro e comprimento.

Foram desenvolvidas rotinas para a inserção e configuração de reservatórios e *boosters* na rede. Para os reservatórios, as propriedades a serem definidas são: cota topográfica, altura útil, cota do nível mínimo, distância entre o nível mínimo e a tubulação de entrada, geometria (retangular ou circular) e dimensões (largura e comprimento, para os de forma retangular, e diâmetro, para os circulares).

Para a caracterização dos *boosters*, foram utilizados os seguintes parâmetros: curva de bomba, velocidade de rotação, acessórios e quantidade de bombas ativas e inativas. Com o objetivo de calcular as perdas de carga localizadas, desenvolveu-se uma função para quantificar esse valor através da informação da quantidade de acessórios presentes na instalação da bomba. Foram ainda desenvolvidas ferramentas para edição dos componentes da rede (trechos, reservatórios e *boosters*) e definição de consumos especiais nos nós.

O Epanet permite a importação de redes de distribuição a partir de arquivos de texto no formato ".inp". A exportação do traçado da rede de distribuição do AutoCAD para o Epanet constitui-se então em uma rotina que permite identificar todos os componentes da rede (trechos, reservatórios e *boosters*) e todas as

propriedades desses elementos, para, em seguida, converter esses dados em um arquivo de texto no formato já mencionado.

A rotina de exportação tem a capacidade de calcular o consumo em cada nó. O método adotado consiste na divisão da vazão de projeto, por zona de demanda, pelo comprimento total dos trechos referentes àquela zona. O valor encontrado é denominado vazão distribuída. O consumo em cada nó é então definido como o somatório das metades dos produtos do comprimento de cada trecho que tem aquele nó como extremidade, pelo valor da vazão distribuída.

Os reservatórios são diferenciados entre de nível fixo e de nível variável (conforme nomenclatura do Epanet), de acordo com a quantidade de trechos que se ligam a eles. Reservatório de nível fixo se conectam com apenas um trecho, enquanto os de nível variável se conectam com dois ou mais.

Para reservatórios de nível fixo, a propriedade que influencia na simulação hidráulica é a carga hidráulica, ou seja, a soma da cota topográfica com o fuste do reservatório. Em relação aos reservatórios de nível variável, os parâmetros de interesse são cota, nível inicial, nível mínimo, nível máximo e diâmetro. Para reservatórios de forma retangular, é promovido o cálculo de um diâmetro equivalente

Em relação à exportação do elemento *booster*, desenvolveu-se um mecanismo para identificar e desenhar, no Epanet, a quantidade de bombas ativas e inativas presentes na instalação. Para cada bomba, a rotina insere uma válvula no Epanet.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pacote computacional "UFPI-CT1" é uma ferramenta que auxilia a execução de simulações hidráulicas no Epanet, através de uma interface interativa com o AutoCAD que promove praticidade na realização do traçado de redes de distribuição de água e minimiza a ocorrência de erros grosseiros cometidos por parte dos projetistas. O programa é constituído por um conjunto de funções executáveis no AutoCAD, e cujo acesso é através de uma palheta de ícones, apresentada na figura 1.

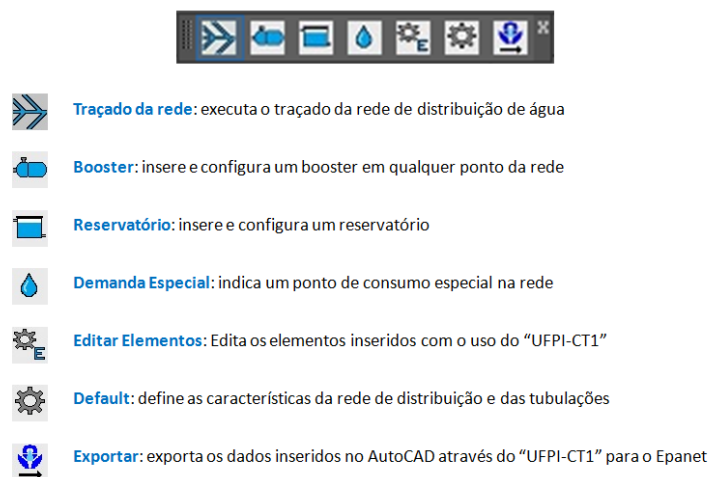


Figura 1: Palheta com ícones de acesso.

O "Default" é uma rotina que permite a configuração das propriedades físicas das tubulações, das opções gráficas do projeto da rede e dos parâmetros de cálculo para as simulações hidráulicas. A rotina é constituída por uma caixa de diálogo, possuindo uma interface de simples interpretação através da qual é possível dar sequência à seleção das características, como mostra a figura 2.

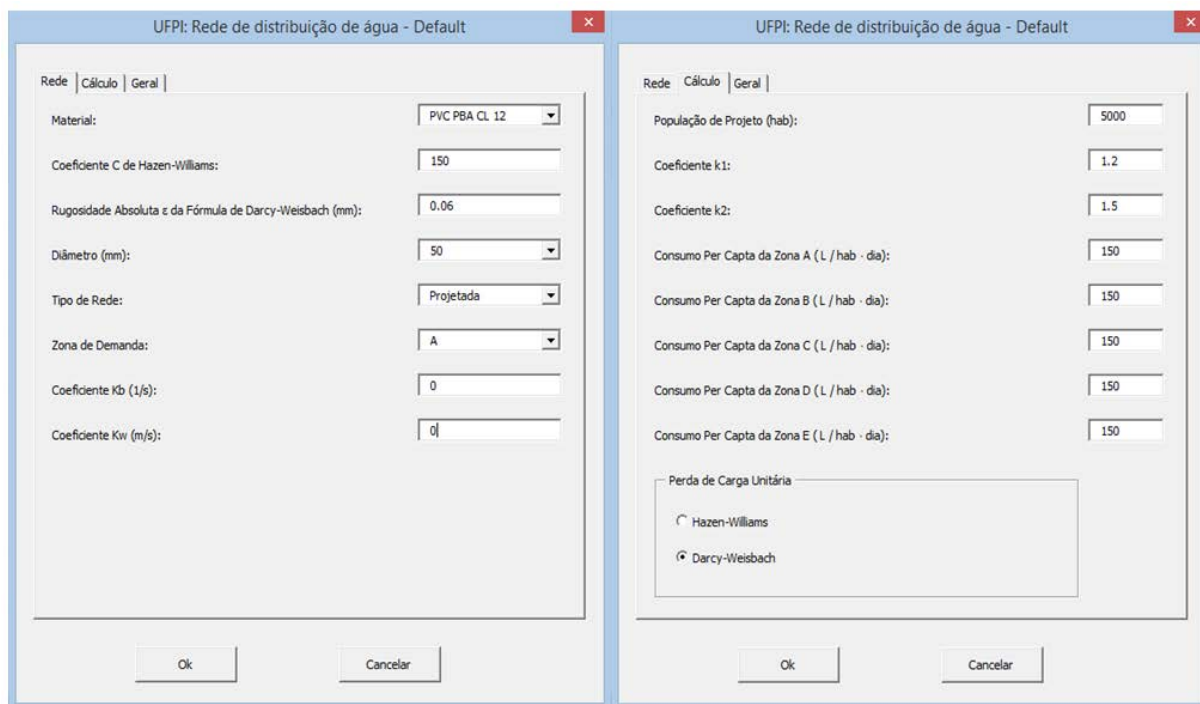


Figura 2: Caixa de diálogo da função "Default".

A aba "Rede" fornece uma lista que possui uma variedade de materiais. Para cada tipo de material, são fornecidos valores de coeficiente de Hazen-Williams e de rugosidade absoluta, podendo estes ser alterados pelo usuário. Da mesma forma, é apresentada uma lista contendo possíveis valores de diâmetros comerciais para o material selecionado. É permitido ainda indicar se o trecho de tubulação será integrado a uma nova rede ou integrará uma já existente; e a zona de demanda a qual o trecho pertencerá.

Através da aba "Cálculo" é possível determinar os parâmetros necessários para o cálculo da vazão de projeto da rede, por zona de demanda: população de projeto, coeficientes k_1 e k_2 e consumo *per capita*; além do tipo de metodologia de cálculo para perda de carga: por Hazen-Williams ou pela fórmula universal de Darcy-Weisbach.

A rotina "Traçado da rede" executa o traçado da rede no AutoCAD. Simultaneamente ao desenho dos trechos, são inseridas legendas correspondentes, como mostra a figura 3, definidos os nós que os delimitam e calculadas suas respectivas cotas topográficas.

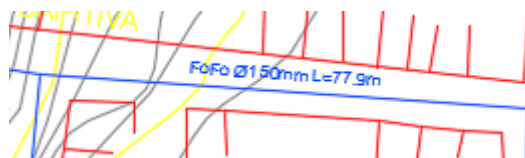


Figura 3: Legendas geradas através da rotina "Traçado da rede".

A função "Reservatório" promove a inserção e a configuração de reservatórios no projeto, como mostra a figura 4. Através de uma caixa de diálogo, é possível selecionar as propriedades do reservatório: fuste, altura útil, distância entre o nível mínimo e a tubulação de entrada, geometria e dimensões do reservatório. Os parâmetros de entrada para as dimensões do reservatório são alterados de acordo com a geometria do mesmo. Além disso, a rotina realiza a identificação automática do elemento e o cálculo de sua cota.

UFPI: Rede de distribuição de Água - Reservatório

Número do Reservatório:

Cota do Terreno (m):

Distância Entre o NA(min) e o Terreno (FUSTE) (m):

Altura Útil da Água (m):

Distância Entre o NA(min) e a Tubulação de Entrada (m):

Largura(m):

Comprimento(m):

Geometria:
☒ Retangular ☐ Circular

Esconder Legenda:
☐ Sim ☒ Não

Ok Cancelar

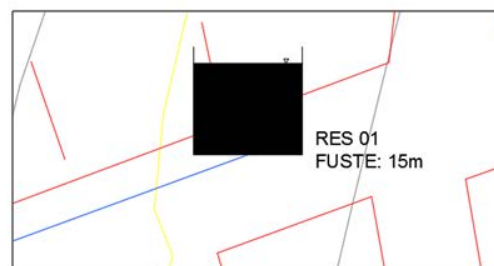


Figura 4: Exemplo de aplicação da função "Reservatório".

A função "Booster" desenvolvida para inserção de *booster* na rede possibilita indicar, através da própria interface do AutoCAD, o ponto do trecho em que se deseja alocar o *booster* e o sentido do escoamento que será permitido em seu interior.

Através da caixa de diálogo apresentada na figura 5, é possível indicar a curva da bomba, a partir da entrada de valores de pares ordenados; a velocidade de rotação da bomba; a quantidade de bombas ativas e inativas presentes na instalação.

UFPI: Rede de Distribuição de Água - Booster

Curva de Bomba:

Q (l/s)	Hm (m)
0	50.6
6	49
12	46.3
18	42.4
24	39.2

Velocidade de Rotação (rpm):

Perdas Localizadas:
☐ Soma dos coeficientes "K" :
☒ Acessórios

Esconder Legenda: ☐ Sim ☒ Não

Diâmetro (mm): Material:

Número de Bombas Ativas: Número de Bombas Inativas:

Acessórios

Cotovelo 90° raio curto:	<input type="text" value="2"/>	Registro de gaveta aberto:	<input type="text" value="1"/>
Cotovelo 90° raio longo:	<input type="text"/>	Registro de ângulo aberto:	<input type="text"/>
Cotovelo 45°:	<input type="text"/>	Registro de globo aberto:	<input type="text"/>
Curva 90° R/D = 1:	<input type="text"/>	Válvula de pé com crivo:	<input type="text"/>
Curva 45°:	<input type="text"/>	Válvula de retenção leve:	<input type="text"/>
Tê 90° passagem direta:	<input type="text" value="3"/>	Curva de retorno 180°:	<input type="text" value="2"/>
Tê 90° saída lateral:	<input type="text"/>	Válvula de boia:	<input type="text"/>

Ok Cancelar



Figura 5: Exemplo de aplicação da função "booster".

Em relação aos acessórios que compõem a instalação do *booster* e que provocam perda de carga localizada, é oferecida a opção de definir as quantidades dos acessórios disponíveis na caixa de diálogo e em seguida realizar o cálculo da soma dos coeficientes K, ou de entrar diretamente com essa soma, para situações nas quais existam acessórios na instalação que não estejam presentes na rotina ou quando já se tem o valor da soma dos coeficientes.

Assim como a função "Reservatório", esta promove a identificação automática dos elementos e o cálculo de suas cotas. Concluídas as configurações, um bloco representativo do *booster* é inserido no desenho, no ponto indicado. Também é inserida uma legenda, informando o identificador do *booster*, conforme figura 5.

Para a definição de consumos especiais na rede, a rotina "Demanda Especial" possibilita a determinação do nó que apresenta essa característica e o valor do consumo, representado no desenho através de uma seta.

Foram desenvolvidas ferramentas que permitem a edição dos componentes da rede (trechos, reservatórios e *boosters*). A edição ocorre a partir de caixas de diálogo que possibilitam a visualização das propriedades do elemento selecionado e sua alteração.

A exportação da rede de distribuição de água desenhada e configurada no AutoCAD para o Epanet é realizada através da função "Exportar", cuja aplicação é apresentada na figura 6.

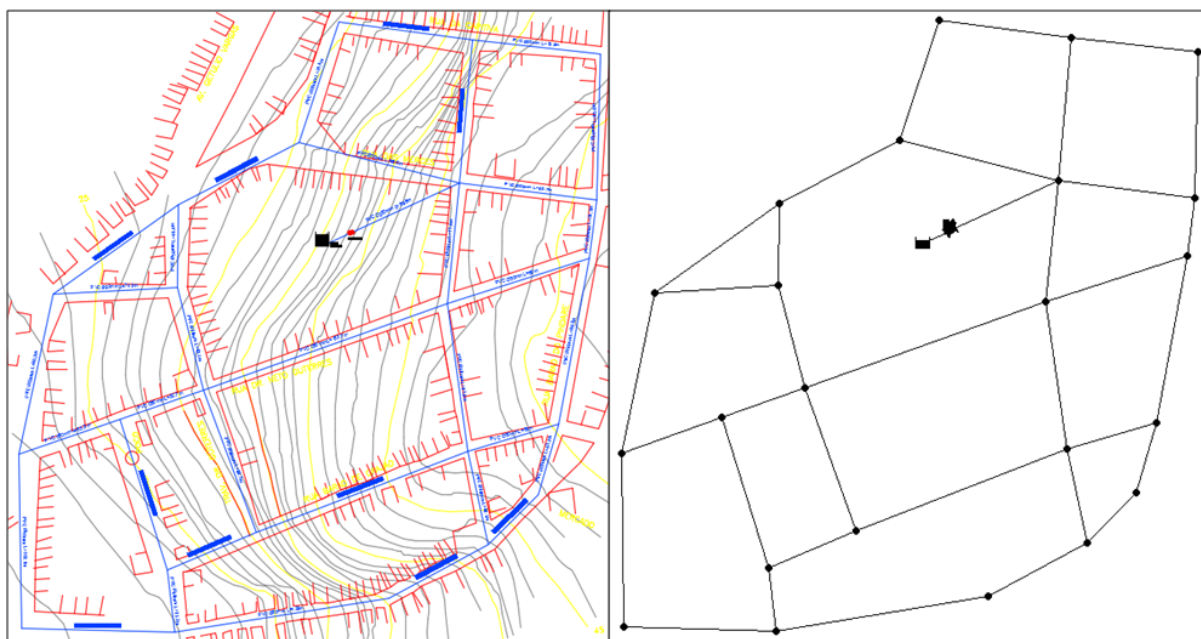


Figura 6: Traçado de uma rede de distribuição fictícia realizado com o "UFPI-CT1" (à esquerda) e exportado para o Epanet (à direita).

A rotina tem a capacidade de reconhecer se um nó ou reservatório foi movido da posição na qual ele foi inicialmente inserido, e realizar um novo cálculo para obtenção da cota topográfica desse elemento, se confirmada a movimentação.

Os reservatórios são classificados automaticamente entre reservatórios de nível fixo e de nível variável. Para a exportação do *booster*, o trecho no qual o elemento foi inserido é dividido no ponto de inserção e o *booster* é introduzido entre os dois trechos resultantes. O coeficiente de perda de carga localizada correspondente aos acessórios presentes na instalação da bomba é associado ao trecho antecessor.

No Epanet, são desenhadas as quantidades de bombas ativas e inativas que foram definidas no momento da configuração do *booster*, e para cada bomba é inserida uma válvula do tipo borboleta, a fim de controlar sua abertura e fechamento.

Finalizada a conversão da rede de distribuição, o programa Epanet é automaticamente aberto, com o arquivo da rede já pronto para a realização da simulação hidráulica. A figura 7 apresenta alguns dos resultados obtidos com a simulação da rede da figura 6.

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPS	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 1	76.8	60	150	-1.40	0.49	4.59
Tubulação 2	84	100	150	-4.93	0.63	3.95
Tubulação 3	82.7	50	150	1.31	0.67	9.87
Tubulação 4	34.3	50	150	0.64	0.33	2.66

Nó 57	37.39	0.00	62.21	24.82
Nó 58	37.39	0.00	51.40	14.01
Nó 59	37.39	0.00	62.21	24.82
RNF RES1	40.67	-31.25	40.67	0.00

Figura 7: Resultados da simulação hidráulica no Epanet.

A aplicação do programa "UFPI-CT1" para a rede de distribuição da figura 6, para a qual foram obedecidos os critérios de dimensionamento estabelecidos pela NBR 12218 (ABNT, 2017), demonstrou grande praticidade e economia de tempo das atividades envolvidas, em contrapartida da utilização restrita das ferramentas do Epanet.

CONCLUSÕES

A ferramenta computacional desenvolvida e apresentada neste trabalho possui uma interface simples, de fácil interpretação, que facilita a interação entre os softwares AutoCAD e Epanet, oferecendo maior praticidade quanto à elaboração do traçado de redes, minimizando a ocorrência de erros grosseiros cometidos por parte do projetista.

Os elementos gráficos da rede de distribuição, trechos, reservatórios e *boosters*, são inseridos e configurados de forma rápida e dinâmica, promovendo a padronização do projeto.

Ao realizar o cálculo automatizado das cotas dos componentes da rede e dos consumos nos nós, o programa elimina a entrada manual desses dados em cada ponto da rede, dispensando assim a etapa de cálculo do consumo para o dimensionamento. Isso economiza tempo e torna o desenvolvimento do projeto mais eficiente, quando comparada à execução dessas atividades de forma manual.

A exportação da rede do AutoCAD para o Epanet, que figura como um dos objetivos dessa pesquisa, promove um significativo ganho produtivo no processo de simulação e dimensionamento hidráulico.

Como uma ferramenta tecnológica, o programa foi elaborado de forma a tornar possíveis atualizações futuras e novas implementações, demonstrando um grande potencial de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2017). NBR 12218: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro - RJ.
- CASTRO, M. A. H. (2004). "Uso conjunto do autocad e do epanet para projeto, simulação e dimensionamento de redes de abastecimento de água" in Anais Eletrônicos do IV Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa, Nov. 2004. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/4serea/artigos/uso_conjunto_do_autocad_co.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- GOMES, H. P. (1997). "Dimensionamento de sistemas de abastecimento urbano de água a partir de técnicas de otimização econômica" in Anais Eletrônicos do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,

- Foz do Iguaçu, pp. 1037-1048. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/otimizacion.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2017.
4. GOMES, H. P. Sistemas de abastecimento de água. 3. ed. rev. e amp. João Pessoa: Universitária - UFPB, 2009. 277 f.
 5. KURODA, E. K.; PÁDUA, V. L. de. (2010). "Tubulações e acessórios", in Abastecimento de água para consumo humano. Org. por Heller, L. e Pádua, V. L., 2. ed. UFMG, Belo Horizonte - MG, pp. 693-750.
 6. PORTO, R. M. (2006). Hidráulica Básica. 4. ed. rev. EESC-USP São Carlos - SP, 540 p.
 7. ROSSMAN, L. A. (2000). Epanet 2: Users Manual. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati - OH. Disponível em: <<http://www.innovyze.com/products/epanet/download/P1007WWU.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2017.
 8. TSUTIYA, M. T. (2006). Abastecimento de água. 3. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 643 p.
 9. TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Revista USP, São Paulo, n. 70, p. 24-35, jun-ago. 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13529/15347>>. Acesso em: 05 abr. 2017.