

AUTOMATIZAÇÃO DA OBTENÇÃO DE DADOS DE ENTRADA DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL, UM PROJETO UFC-COPASA

Magno Gonçalves da Costa¹; Felipe Fernandes Viana de Araújo²;
Marco Aurélio Holanda de Castro³ & Marcelo Monachesi Gaio⁴

Resumo - Este trabalho consiste na criação de um programa elaborado em AutoLISP, linguagem de programação incorporada ao AutoCAD, com objetivo de automatizar a obtenção de dados de uma rede de abastecimento de água, para que estes possam ser usados pelo programa de simulação hidráulica EPANET, o qual é um programa de domínio público que simula hidraulicamente a rede projetada. Para que o programa em AutoLISP capture os dados de uma rede desenhada, é necessário que seja obedecido um padrão definido, bem como também deverão ser fornecidos alguns parâmetros, como curvas de nível, demanda dos nós e dados das bombas. Desta forma, o programa irá, além de calcular as cotas, receber e criar um arquivo composto das seguintes características da rede: a demanda de cada nó, comprimento dos tubos, diâmetros dos tanques, etc.

Abstract - The main goal of this joint project UFC-COPASA is to develop a computer code written using the computer language AutoLISP which will gather all input data of a supply water network and create an input file which the public domain software EPANET is able to read and simulate the network hydraulics.

Palavras-chave - automatização, simulação, redes pressurizadas.

¹ Estudante do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici – Centro de Tecnologia – Bloco 713 - térreo – CEP 60451-970 – Fortaleza - CE – Brasil – telefone: (85) 294-3294 – fax: (85) 288-9627 – magnogc@yahoo.com.br

² Mestrando em Engenharia Civil, Área de Concentração Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici – Centro de Tecnologia – Bloco 713 - térreo – CEP 60451-970 – Fortaleza - CE – Brasil – telefone: (85) 262-2178 – fax: (85) 288-9627 – felipearaujo@secrel.com.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici – Centro de Tecnologia – Bloco 713 - térreo – CEP 60451-970 – Fortaleza - CE – Brasil – telefone: (85) 288- 9621 - fax: (85) 288-9627 – marco@ufc.br

⁴ Engenheiro da DVVN - Divisão de Desenvolvimento e Controle Operacional Centro-Norte da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) – Rua Mar de Espanha, 525 - Belo Horizonte – MG – Brasil – telefone: (31)3250-1096 – fax: (31) 3250-1665 - dvvn@copasa.com.br

INTRODUÇÃO

É notável a importância dos modelos de simulação hidráulica com o intuito de realizar prognósticos do comportamento de sistemas de distribuição de água para abastecimento. Estes modelos constituem os instrumentos computacionais mais consagrados no campo do projeto e do diagnóstico de funcionamento de sistemas de distribuição de água em todo o mundo. Sendo possível calcular as pressões nos pontos notáveis, a velocidade da água no percurso entre dois pontos, as concentrações de uma substância, entre muitas outras grandezas.

No entanto, uma das tarefas que mais consomem tempo e esforço ao se tentar simular computacionalmente uma rede real de distribuição de água, consiste em compor um arquivo com os dados de entrada da rede.

O motivo de tal dificuldade é que a quantidade de dados necessários à simulação é muito grande. Além de consumir tempo, quanto maior for a rede, maior é a probabilidade de se cometer erros na formação do referido arquivo de entrada. Tal dificuldade é compartilhada por quase todas as companhias de saneamento do Brasil.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), num trabalho realmente meritório, padronizou o modo de desenhar suas redes de distribuição de água e esgoto através do chamado “Cadastro Inteligente” (DRCN-COPASA 2002) e (DynaSOFT Systems 2002).

Após essa primeira fase, foi firmado um convênio entre o grupo de hidráulica computacional da UFC (Universidade Federal do Ceará) e a COPASA para o desenvolvimento de um software de captação de dados de entrada de redes que seguem o padrão da COPASA, formando um arquivo com esses dados para posterior simulação computacional.

Portanto, nosso trabalho é dedicado à criação de um programa que seja capaz de interpretar as características do sistema, como topologia, diâmetros das tubulações, características dos reservatórios, consumos, etc, a partir de uma rede gráfica em CAD e gerar uma saída de dados que possa ser usada como entrada para software de simulação hidráulica EPANET.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a simulação utilizamos o EPANET (Rossman, 2000), versão 2.0, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency, o qual é um software de domínio público direcionado a redes pressurizadas, amplamente testado e já bastante difundido no meio científico e tecnológico. Já para os desenhos em CAD, trabalhamos com o AutoCAD, desenvolvido pela Autodesk, um dos softwares mais difundidos e conhecidos no meio da engenharia.

Quanto à linguagem de programação, foi usado o AutoLISP, que é uma linguagem própria e já incorporada ao AutoCAD (MATSUMOTO 1998). Deriva-se da programação LISP (abreviação

para List Processing) e permite que usuários individuais personalizem o AutoCAD para realizar tarefas específicas. Outra vantagem do AutoLISP é a possibilidade de usar comandos originais e acessar o banco de dados do AutoCAD dentro da programação, o que facilita a criação e manipulação de entidades de desenho.

O programa feito em AutoLISP é atualmente chamado de "ufc" e pode ser carregado na linha de comando do AutoCAD. O resultado gerado para o EPANET é um arquivo de texto de extensão ".inp" (Input file), com todas as características contidas no desenho. Esse programa é constituído de rotinas, e cada uma possui uma tarefa específica. As rotinas passam por quatro fases antes de serem incorporadas ao programa. Estas fases são: planejamento, desenvolvimento, verificação de possíveis erros e correção dos erros. Esta divisão por rotinas facilita o encontro destes de erros, bem como a atualização e o acréscimo de novas rotinas.

ELEMENTOS GRÁFICOS

O uso de técnicas de CAD (*Computer Aided Design* - Projeto Assistido por Computador) expandiu-se rapidamente nos últimos anos, sendo hoje uma prática comum para a produção de documentação gráfica de projetos. Em consequência disto, a necessidade de transferência de informações em forma digital entre os agentes responsáveis pelas diversas disciplinas envolvidas no projeto, tornou-se de vital importância. Dessa forma, já se torna justificável a necessidade de padronização dos projetos gráficos.

Em virtude disso, a COPASA organizou e padronizou seus arquivos de forma a tornar fácil o intercâmbio de informações entre um ou mais projetos, estando baseada em mecanismos de soluções internas e em princípios que norteiam soluções internacionais, em particular a norma ISO 13657 (BJÖRK 1997).

Podemos então, observar que não seria complicada a implementação de um programa de captura de dados, uma vez que estes deverão estar posicionados no desenho seguindo um padrão pré-determinado. Lembrando também, que uma mudança neste padrão será de fácil atualização no programa.

Esse padrão deverá compreender todo o sistema da rede, de modo que o modelo gráfico contenha todas as informações necessárias ao modelo hidráulico. Para isso, devemos utilizar ferramentas gráficas, o que é bastante compreendido pelo desenho em CAD. Assim, dividimos as entidades do desenho para que cada uma possa representar um tipo diferente de elemento da rede, sendo interpretadas separadamente por uma rotina do programa.

Um dos processos que mais consomem tempo e passíveis de erro ao se fornecer os dados de uma rede para simulação é a determinação das cotas dos nós que a compõem. Por outro lado, uma

forma bem prática de se informar esses dados, seria através das curvas de nível do local, comumente disponíveis.

Visando essa simplificação, iremos retirar as cotas dos pontos do desenho através de sua respectiva curva de nível. Assim sendo, serão necessários dois arquivos gráficos: o primeiro contendo o traçado das curvas de nível da região em questão, sendo que, por motivos já citados, estas deverão ser desenhadas como “spline”; já o segundo arquivo deverá conter o desenho da rede de abastecimento. Neste último, dividimos os elementos em linhas ou blocos, cada um com características específicas, como veremos a seguir.

Tubulações

Os tubos são representados no AutoCAD por uma linha, que pode ser do tipo “line” ou “lwpolyline”. Os tubos deverão possuir as características de comprimento, material de que é feito e diâmetro. Para isso, devemos nos voltar a uma ferramenta poderosa: o “layer”.

O gerenciamento do sistema de “layers” é fundamental para o desenvolvimento de trabalhos utilizando-se processos de CAD. Este sistema é extremamente flexível e poderoso, devendo ser bem explorado de forma a permitir que as informações sejam administradas de modo eficiente.

Geralmente é usado um sistema empírico, onde cada layer recebe um nome descritivo do elemento que representa, como por exemplo PAREDE, RUA, EDIF. Este sistema extremamente simples e amadorístico funciona bem para trabalhos isolados, mas não deve ser considerado quando se busca o intercâmbio de informações entre as várias partes componentes de um projeto.

Um sistema “*inteligente*” deve ser baseado num princípio que demonstra que cada objeto real é representado por uma primitiva gráfica, a qual tem uma característica “layer”, que define suas propriedades. A característica “layer” é representada por um nome que pode ser aproveitado na definição de dados concernentes ao objeto representado. Deste modo, através do nome do “layer”, capturamos os dados de diâmetro e material de um tubo, a partir de sua linha representativa. Conhecendo o material do tubo, descobrimos o valor do seu coeficiente de rugosidade (“C”) para ser aplicado mais adiante na equação de Hazen-Williams (PORTO 1998) . Juntamente com estes valores, temos o comprimento, que é facilmente obtido por comandos no AutoLISP.

Se quisermos indicar que um tubo está sendo mantido fechado, por uma válvula por exemplo, não será necessário retirá-lo do desenho. Para isso, acrescentamos um bloco padrão que representa uma válvula. Desta forma, o tubo será considerado inicialmente fechado durante a simulação. Este bloco necessita apenas conter o tubo desativado, como na figura a seguir:

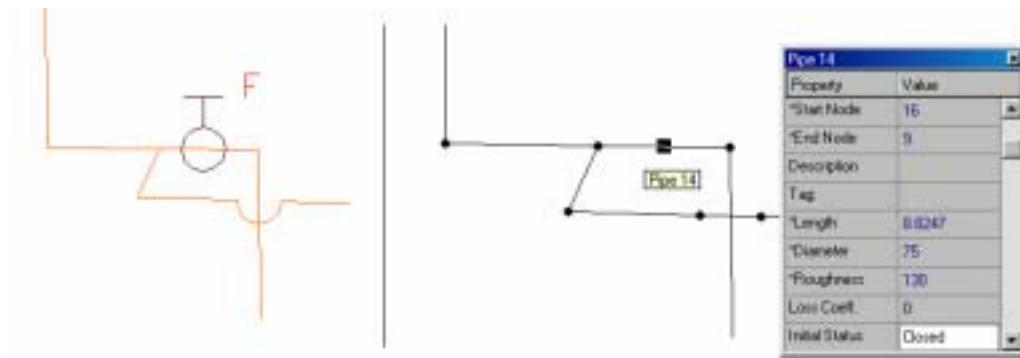


Figura 1. Exemplo de válvula para fechamento de um tubo

Junções ou Nós

Para cada início, ou fim, de um tubo, é gerado um nó na rede. Este nó deverá possuir, além de suas coordenadas, valores de elevação (cota) e demanda.

Cotas

Para a entrada de dados das cotas dos trechos da rede, como já comentamos, utilizamos curvas de nível, para que este processo se torne o mais prático possível. Assim o usuário deverá inserir no AutoCAD o desenho da rede sobrepondo-o com o traçado de sua respectiva curva de nível, antes de executar o programa. Os valores de elevação são então calculados automaticamente, através de interpolação. Após ser encontrado o ponto que se deseja interpolar, o algoritmo procura a curva de nível que contem o ponto mais próximo àquele, e em seguida, o ponto mais próximo na direção oposta. Caso este último não seja possível, o algoritmo irá procurar o segundo ponto mais próximo na direção inicial, fazendo assim uma extrapolação. A partir destes três pontos, faremos uma interpolação, ou extrapolação, linear.

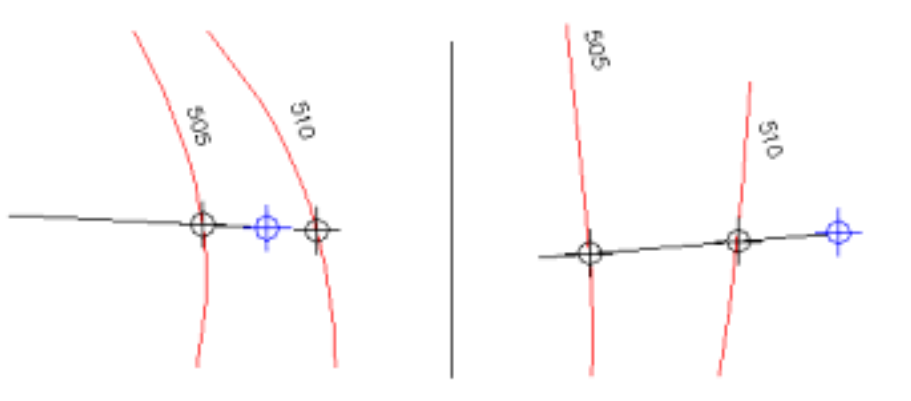


Figura 2. Interpolação e extrapolação para obtenção de cotas

Demandas

A atribuição de demandas é um problema que, a princípio, pode parecer de fácil solução computacional, por exemplo, procurando os consumidores que estão ao longo de um determinado trecho e concentrando seus consumos na extremidade de jusante ou de montante desse trecho. Na prática todavia, isso não funciona muito bem, pois as redes encontradas nos diversos sistemas de abastecimento de água não são como nos projetos, onde ou há uma única rede central para os dois lados da rua, ou uma rede em cada passeio, e as conexões com os clientes feitas a partir desta configuração conhecida. Na situação real, é comum a existência de mais de uma rede na mesma rua, estando as ligações mais antigas conectadas a uma delas e as mais novas a outra, ou pode ser que haja uma linha de maior diâmetro (uma sub-adutora ou um simples reforço) no trecho de rua em questão, sem conexões domiciliares, e assim, a concentração automática de demandas traria erros de carregamento de dados ao modelo. Ou ainda, o que é mais comum, pode acontecer alguma combinação disso tudo, de tal forma que impossibilite a identificação “automática” da rede responsável pelo abastecimento dos clientes de um determinado trecho. Por isso, não se abriu mão do trabalho manual de definição de áreas de influência e seus respectivos nós onde concentrar as vazões médias. Este traçado é feito pelo desenhista sob a orientação do engenheiro de operação responsável pela localidade cujo sistema está sendo modelado.

O cálculo das demandas a concentrar em cada nó assim definido é feito a partir de uma rotina própria do “Cadastro Inteligente”, que se vale do desenho das “rotas comerciais” utilizadas para fins de faturamento, às quais estão vinculadas as informações contidas no banco de dados comercial, através de um identificador único, a matrícula do cliente (um número aleatório único gerado automaticamente pelo sistema comercial - não existem duas matrículas iguais). Os dados da leitura do mês estão inseridos no desenho através de entidades XDATA, contendo também o período entre leituras utilizados no mês (na COPASA não se faz leituras aos sábados, domingos e feriados, sendo portanto o período de consumo variável de mês para mês, oscilando entre 28 e 32 dias, normalmente).

A rotina para captura dos consumos médios mensais dos clientes situados dentro de uma área de influência, previamente traçada como descrito acima, toma, para cada cliente do arquivo de desenho de rotas comerciais, a informação do consumo medido em metros cúbicos (diferença entre duas leituras consecutivas) e o número de dias decorridos entre as duas leituras (período de consumo). Obtém-se assim o consumo médio para cada cliente. A soma dos consumos individuais em cada área de influência fornece a demanda a carregar no modelo para o nó correspondente.

A figura seguinte mostra um trecho de uma localidade, com a rede e as rotas de leitura (arquivo de consumidores), as quatro áreas de influência com seus respectivos nós (01 a 04), e o resultado da execução da rotina que faz o cálculo das demandas de cada nó.

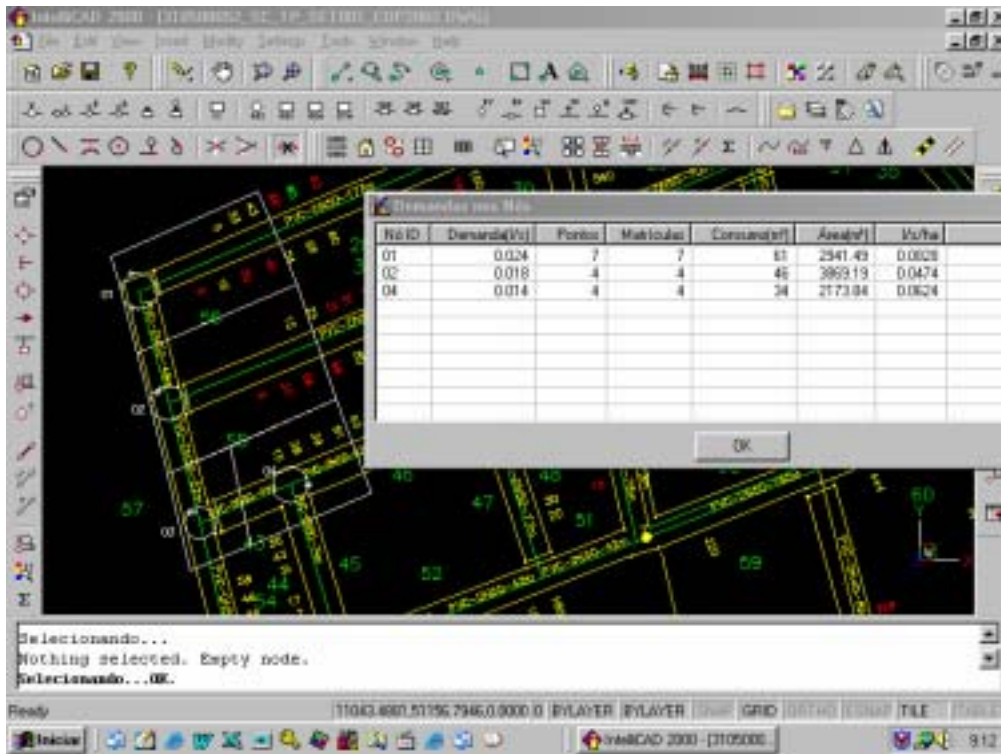


Figura 3. Atribuição de demanda aos nós da rede

Observe que o nó número 03 não aparece na relação, pois não há “matrícula” na área (não há consumidor na área de influência selecionada). Assim, a demanda a atribuir nesse nó no cenário de situação existente é zero. Com uma outra rotina (em lisp), “busca-se” as coordenadas dos nós e as demandas médias “calculadas” como descrito anteriormente, para montar o arquivo “.txt” que alimenta o programa de transferência de dados do desenho para o modelo.

The screenshot shows a text file with the following data:

X	Y	Demanda
624.1836	628.01	0.0145
809.7128	324.9264	0.0290
657.201	859.8152	0.0058
322.075	1233.4747	0.0507
563.7024	1230.8721	0.0796
456.3538	1288.9274	0.0594
565.2398	1286.4663	0.0434
711.6612	1282.3789	0.0869
774.3049	1281.3443	0.0405
347.4678	1355.3757	0.0362
446.0072	1401.1512	0.0362
729.7607	1386.9771	0.1636
882.683	1380.7604	0.1332
436.1537	1486.9804	0.0318
519.4195	1488.457	0.0594

Figura 4. Arquivo de entrada de demandas

Os valores constantes no arquivo acima representam as vazões “médias” mensais dos nós.

Para simulação das variações diárias desses valores de vazão utiliza-se um “padrão” de consumo horário fornecido pela COPASA a partir de medições reais de vazões em suas redes, de acordo com a figura a seguir.

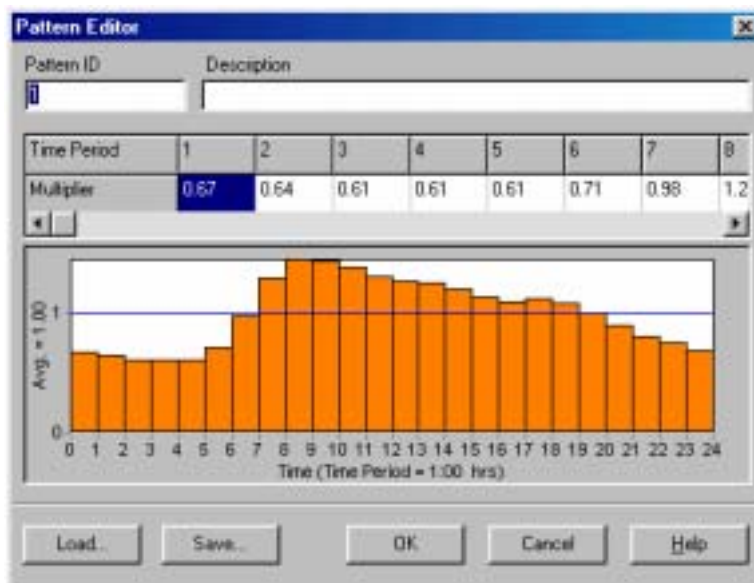


Figura 5. Valores de “padrão” de consumo no EPANET

Bombas

As bombas são equipamentos que fornecem energia a um fluido aumentando assim, sua carga hidráulica. Estes elementos não possuem um bloco próprio característico e aparecerão apenas na modelagem de um outro elemento que o utilize ou que, simplesmente, seja uma bomba com um objetivo específico. No EPANET, ele deverá ter um nó inicial e um nó final, para indicar seu sentido. Seu principal parâmetro de entrada é a “curva de bomba”, que representa a relação entre a carga e a vazão que essa bomba pode ofertar em seu estado nominal de velocidade. Uma curva de bomba válida deve conter valores decrescentes de carga com o aumento da vazão. Nós optamos em utilizar uma curva com cinco pontos, embora o EPANET aceite curvas de mais, ou menos, pontos.

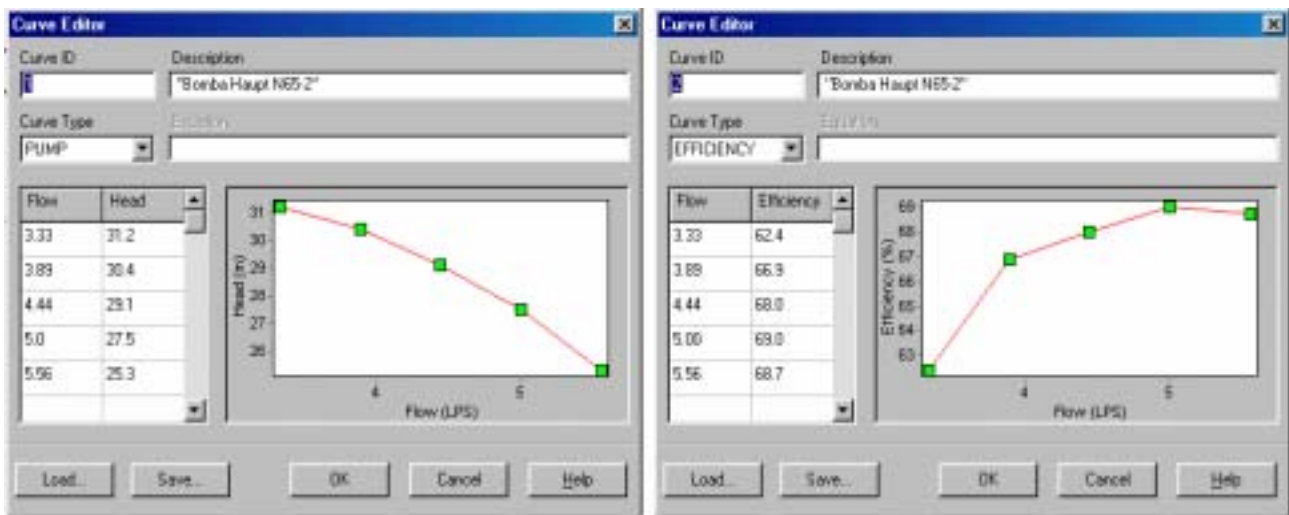


Figura 6. Exemplo de “curva de bomba” e de eficiência no EPANET

Podemos ainda, fornecer uma curva de eficiência para essa bomba. Esta curva determina a eficiência da bomba (em percentagem) em função da vazão. A eficiência irá representar não só as perdas de energia mecânica na bomba, mas também as perdas de energia elétrica no motor, e somente é usada para cálculos de energia.

Essas informações são agrupadas num arquivo de texto, de extensão “.txt”, que deverá possuir a descrição da bomba e os cinco pontos das curvas de bomba e de eficiência. Essa entrada de dados é requerida através de uma caixa de diálogo, onde deveremos indicar o arquivo de texto que contém estas informações.

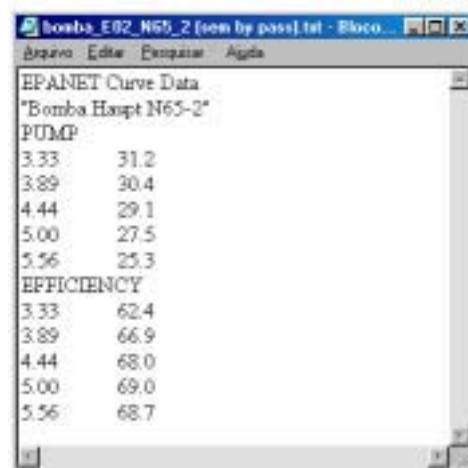


Figura 7. Arquivo com dados necessários à criação das curvas de uma bomba

Há casos onde encontramos uma bomba inserida entre as tubulações. Compreendemos dois destes casos: Booster e EAT – Elevatória de Água Tratada.

O Booster é representado por um bloco característico que contém apenas sua identificação e se o mesmo está, ou não, em operação. Ele deverá estar inserido num tubo próximo ao nó que terá a

carga hidráulica aumentada, indicando assim seu sentido. O nó de entrada, será criado a 1 metro do nó de saída, sem se reduzir o comprimento do tubo, pois isso se torna apenas um detalhe gráfico, não afetando o cálculo hidráulico. Como um Booster equivale a uma bomba, será necessário apenas indicar sua “curva de bomba”, para que este possa ser modelado.

Os blocos de Elevatórias de Água Tratada, com os de Booster, possuem apenas sua identificação e seu estado de operação. É inserido após um reservatório, do qual irá retirar a água que será fornecida a um outro reservatório indicado. O outro parâmetro de entrada será sua “curva de bomba”.

Reservatórios

Reservatório é um nó que representa uma infinita fonte de recurso externo ou um distribuidor de água. Eles são utilizados para modelar mananciais, tais como rios, lagos e aquíferos. Seu atributo principal é a carga hidráulica da água nele contida. E do mesmo modo que as bombas, eles não possuem um bloco próprio, mas aparecerão na modelagem de outros blocos.

Poços profundos

Os poços são utilizados para a captação de água subterrânea, geralmente em grandes profundidades. Eles podem ser modelados como sendo uma bomba que capta água de um reservatório e cede à rede. Porém, nessa captação ocorrem perdas de carga localizadas no tubo edutor. Modelamos essas perdas acrescentando após a bomba, um tubo edutor de 1 metro de comprimento, que será apenas esquemático, e coeficiente de perda de carga localizada calculado de acordo com seu diâmetro, profundidade de instalação da bomba e material de que é feito.

Portanto, poços profundos, como mostra a figura a seguir, serão representados por blocos que deverão informar: identificação do referido poço; nível d’água, para o reservatório; cota do terreno, para que os erros de interpolação não influenciem diretamente nos resultados, uma vez que a carga hidráulica será a diferença entre a cota e o nível d’água; profundidade de instalação e diâmetro do tubo edutor, de modo que o material deste é considerado o mesmo do tubo de captação; e um atributo que indicará se o poço está, ou não, em operação. Posteriormente, também será necessário fornecer a curva da bomba submersa deste poço.

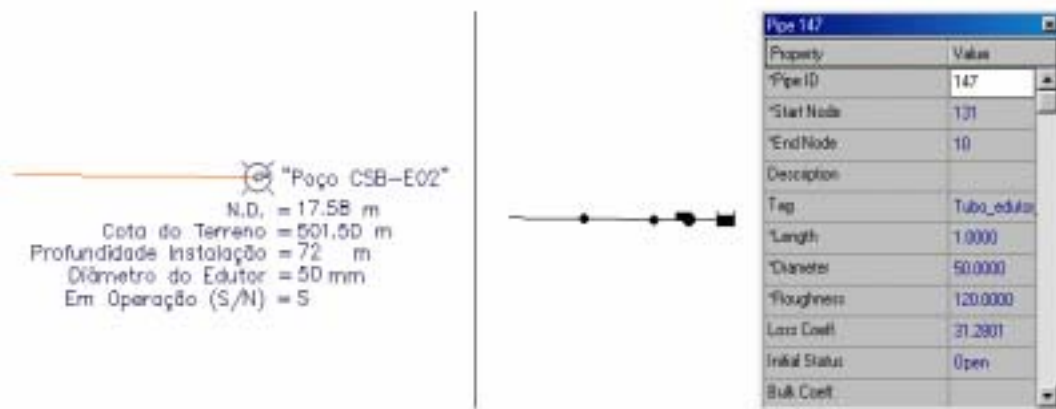


Figura 8. Exemplo de bloco de poço e seu modelo no EPANET contendo o tubo edutor

Tanques

Tanques se comportam como um nó que possui capacidade de armazenamento, onde este volume armazenado poderá variar durante o tempo de simulação. Eles são representados por blocos que possuem suas informações de diâmetro, nível máximo e nível mínimo da água.

Para a simulação devemos fornecer também o nível inicial, que será igual ao nível médio, e a cota, que será igual ao valor da cota calculada para esse ponto.

Compreendemos além de tanques circulares, tanques com formato retangular. Para estes tanques usamos um diâmetro equivalente, o qual é calculado retirando-se a raiz quadrada do produto de $4/\pi$ pela área da seção transversal do tanque em questão.

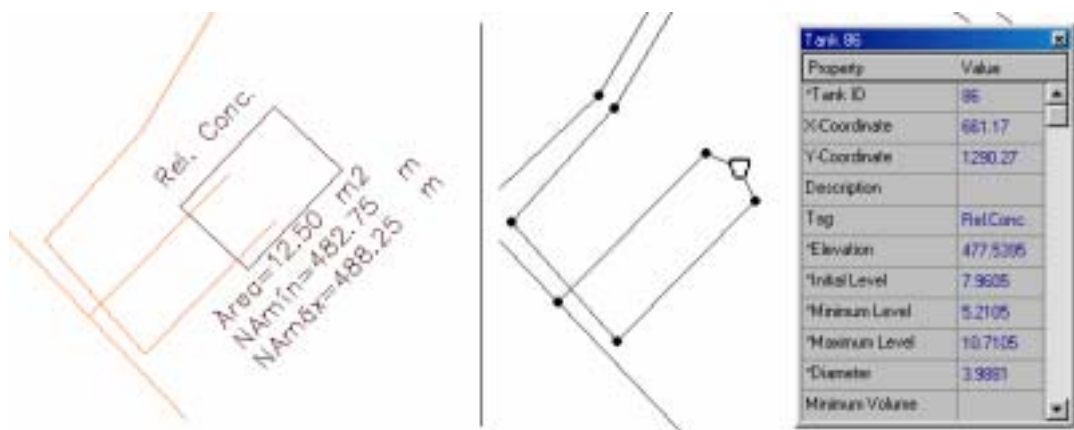


Figura 9. Bloco de tanque retangular e seu modelo equivalente no EPANET

Para cada bomba presente na rede, pergunta-se para qual tanque ela está direcionada. Com essas informações, faz-se automaticamente um comando no EPANET para controle desta bomba, de modo que ela é desligada quando o nível d'água estiver próximo ao máximo, e ativada quando estiver próximo ao mínimo.

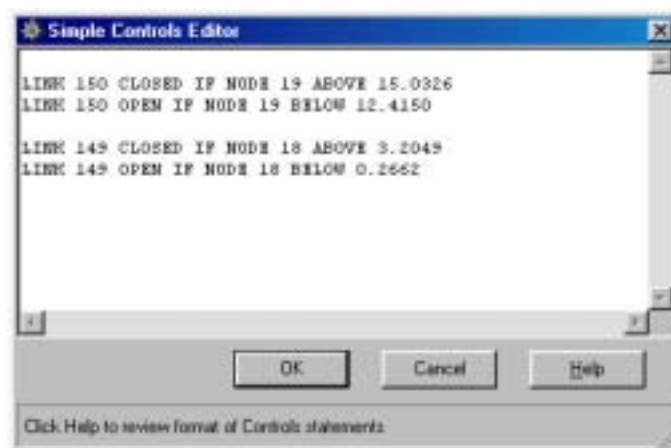


Figura 10. Controle de para desligamento de bomba de acordo com nível do tanque

Estação de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água – ou ETA – é a parte do sistema de abastecimento de água onde ocorre o tratamento da água captada na natureza visando a potabilização para posterior distribuição à população. Podem ser considerados como simplesmente, um reservatório, que já descrevemos anteriormente. Com isso, o bloco que a representa deverá apresentar uma identificação e o valor do nível d'água, que será constante durante a simulação.

Conexões entre redes

Quando uma rede de abastecimento é muito extensa, ela pode ser dividida, tratando-se suas partes separadamente. Para tal, devemos considerar os pontos desta divisão como conexões, que poderão ser de entrada ou de saída de uma rede para outra.

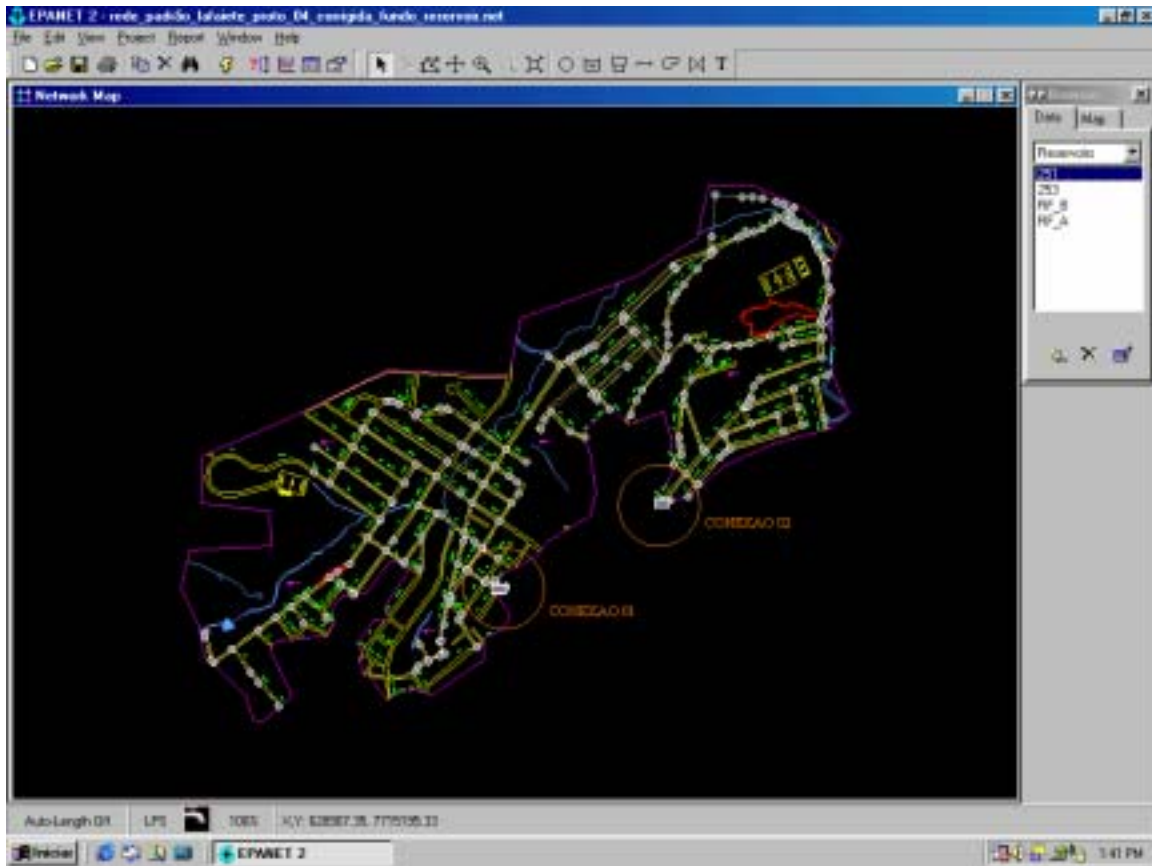


Figura 11. Exemplo de rede com conexões.

Até o momento, modelamos apenas conexões de entrada, que são consideradas como um poço e um reservatório (tipo manancial) de nível d'água (constante) igual à cota do terreno. A bomba desse poço terá uma curva de carga hidráulica por vazão, formada por três pontos. Estes pontos são captados através do bloco de conexão que deverá conter os valores de vazão e pressão máxima, média e mínima, do ponto de conexão. A composição destes valores, sabendo-se que a pressão com o inverso da vazão, formará a curva da bomba em questão.

Além da opção acima descrita de modelagem da conexão, pode-se usar também simplesmente um reservatório (manancial) de nível d'água constante. As duas opções estão apresentadas na seguinte figura:

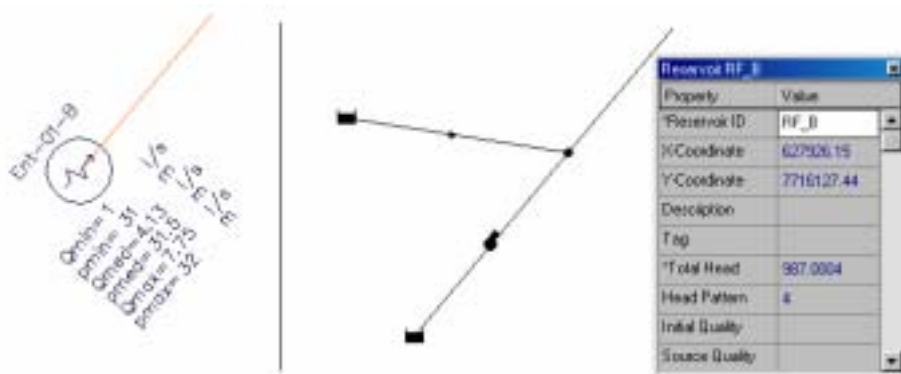


Figura 12. Bloco de conexão e seu respectivo modelo no EPANET

RESULTADOS

Podemos então aglomerar todos os dados necessários para a construção de uma rede num só arquivo gráfico, que através do programa “ufc” poderá criar, de forma simples e rápida, o arquivo de entrada para a simulação no EPANET.

A figura a seguir mostra um arquivo completo (rede e curvas de nível), que pode ser utilizado para transposição de dados para o EPANET. Basta agora, carregarmos o programa no AutoCAD pelo comando “apload”, digitarmos “ufc” na linha de comando e seguirmos os passos necessários para que o programa seja executado. O resultado final é a rede de abastecimento d’água, com todas suas características, salva no arquivo “.inp” (Input file), para posterior uso deste no EPANET.

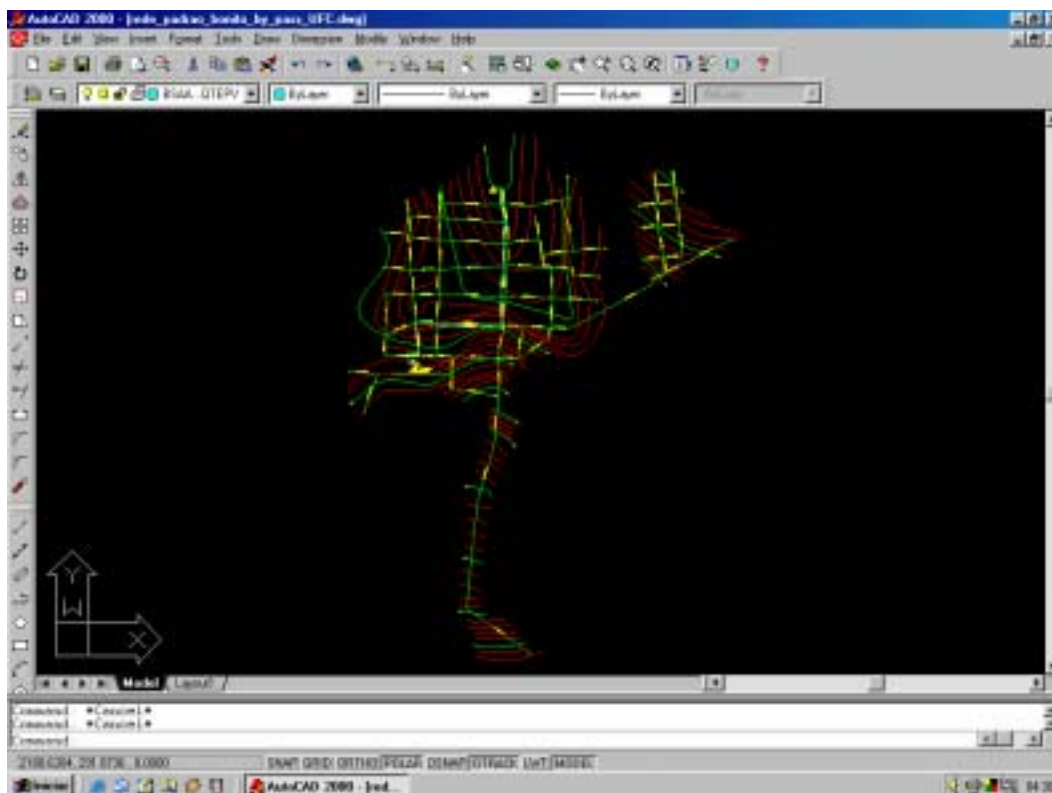


Figura 13. Arquivo completo para a transposição de dados

Tendo em mãos o arquivo de entrada de dados, será suficiente carregá-lo no EPANET para serem feitos os cálculos hidráulicos necessários para a simulação da rede.

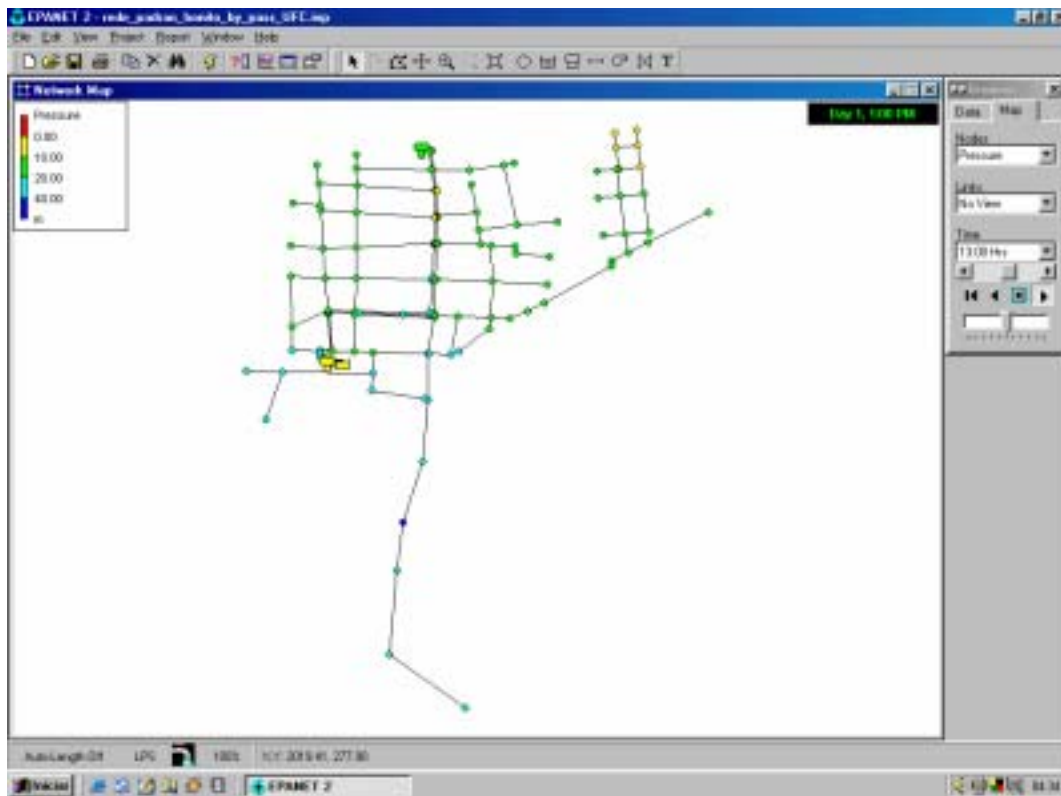


Figura 14. Modelo, criado a partir do arquivo gráfico, em simulação no EPANET

Dessa forma, como resultado da simulação, temos como monitorar pontos de alta pressão, momentos durante a simulação onde há baixas pressões, acompanhar o nível da água no reservatório, controlar o consumo de energia e o tempo de funcionamento das bombas, entre vários outros parâmetros de saída fornecidos pelo EPANET.

CONCLUSÕES

Como consequência deste trabalho conjunto UFC-COPASA, um instrumento importante que era usado para desenho, cadastro e consulta comercial e técnica das redes da COPASA se transformou também em uma poderosa ferramenta de auxílio aos engenheiros e técnicos que operam essas redes, uma vez que facilitou e viabilizou a simulação hidráulica das redes. Tal simulação é de importância vital para detecção de eventuais problemas nas redes (baixas pressões e vazões, etc.), assim como para o planejamento de futuras expansões. Concluímos que existe um enorme ganho em termos de precisão de simulação hidráulica de redes reais ao se automatizar o processo de aquisição dos dados de entrada. Tal ganho não é medido apenas em termos de tempo gasto. Consideramos mais importante que isto é a diminuição drástica da probabilidade de que erros sejam cometidos no processo de entrada de dados. Entretanto, achamos que esta automatização só se reflete em vantagens reais para uma empresa de saneamento se efetivamente os padrões de

traçado destas redes sejam rigorosamente obedecidos e que os técnicos, desenhistas e engenheiros responsáveis pelo projeto e operação de tais redes estejam realmente conscientes da importância da padronização dos desenhos, como é o caso da COPASA. Verificamos que, uma vez cientes e usuários de um sistema de simulação hidráulica como o apresentado neste trabalho, os responsáveis pelas redes assumem uma postura bem mais atuante na verificação e implementação os padrões de desenho das redes.

REFERÊNCIAS

- DRCN-COPASA – Normas Técnicas para Apresentação de Desenhos em CAD – 2002.
- DynaSOFT Systems Ltda - Proposição de Normas Técnicas para CAD na COPASA – Draft 3 – 2002.
- ROSSMAN, Lewis A. – EPANET Users Manual – Drinking Water Research Division, Office of Research Development, U. S. Environmental Protection Agency, 2000.
- BJÖRK, B-C., LÖWNERTZ, K., KIVINIEMI, A. -ISO DIS 13567 - The Proposed International Standard for Structuring Layers in Computer Aided Design- 1997.
- PORTO, Rodrigo de Melo – Hidráulica Básica – São Paulo, EESC/USP, 1ª edição, 1998, 540p.
- MATSUMOTO, Élia Yathie. “*AutoLISP – Linguagem de programação do AutCAD*”. São Paulo, Editora Érica Ltda, 1998.