



EPANET 2.0

SIMULAÇÕES DE COMPORTAMENTOS
HIDRÁULICOS



PET ENGENHARIA CIVIL – UFPR

2010

EPANET 2.0

EPANET 2.0

GRUPO PET ENGENHARIA CIVIL 2010

Alexandre Beê Amaral

Celine Vasco

Gabriel Grando Barbosa

Hugo Begueto Netto

Jairo Henrique Melara de Camargo

Marcos Antonio Costantin Filho

Maria Angélica Castelli Martinez

Paola Dutra

Patrícia Cesnik da Silva

Paulo Afonso Nunes

Ralph Magalhães Machado Chrestenzen

Ricardo Pieralisi

Taiane Dalmagro

Thamires da Silva Matos

Vanessa Cristina Kramer

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO E USO	5
1.2. SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	6
1.3. REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	8
2. O EPANET	9
2.1. PASSOS PARA A UTILIZAÇÃO DO EPANET	10
2.2. AMBIENTE DE TRABALHO.....	11
a) BARRA DE MENU PRINCIPAL	11
ARQUIVO	11
EDITAR.....	12
VISUALIZAR.....	12
PROJETO	15
RELATÓRIO	19
b) BARRA DE FERRAMENTAS.....	19
c) BARRA DE STATUS.....	22
d) JANELA MAPA DA REDE.....	22
e) JANELA NAVEGADOR.....	22
f) JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES	23
3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO	23
3.1. CONFIGURAR O PROJETO.....	23
3.2. TRAÇADO DA REDE.....	26
3.3. CONFIGURAR AS PROPRIEDADES DOS OBJETOS.....	26
3.4. SALVAR E ABRIR PROJETOS	27
3.5. EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO ESTÁTICA	28
3.6. EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DINÂMICA.....	30
4. QUALIDADE DA ÁGUA	34

4.1.	CAPACIDADE DE MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA	34
4.2.	COMO EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	35
5.	REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

1.1. IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO E USO

Segundo o Glossário Internacional de Hidrologia da UNESCO/WMO, o conjunto das águas disponíveis ou mobilizáveis, em quantidade e qualidade satisfatórias/suficientes para um fim determinado, num dado local e durante um período de tempo apropriado, é denominado Recurso Hídrico. Que pode se apresentar como lago, rio, área alagada, aquífero etc. Esse termo é empregado apenas quando se trata de questões relativas ao uso (com valor econômico).

A proteção das águas no Brasil contra diversos agressores e do uso inadequado é feito por meio de normas legais que pretendem planejar, regular e controlar sua utilização de acordo com padrões e critérios – definidos por meio de uma Política Nacional de Recursos Hídricos. A implementação destas ações é feita através do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – possui como componentes: Conselho Nacional de Recursos Hídricos e Agência Nacional de Águas.

Política Nacional de Recursos Hídricos

Principais fundamentos legais:

- a) A água é um bem de domínio público;
- b) A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- c) A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- d) A Bacia Hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- e) A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Objetivos

- I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II – A utilização racional e a integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III – A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (catástrofes como enchentes, inundações etc.).

Diretrizes

- I – Gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II – Adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país;
- III – Integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV – Articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V – Articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI – Integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

1.2. SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

A seleção da fonte abastecedora de água é um processo importante na construção de um sistema de abastecimento. Deve-se, por isso, procurar um manancial com vazão capaz de proporcionar perfeito abastecimento à comunidade, além de ser de grande importância a localização da fonte, a topografia da região e a presença de possíveis focos de contaminação.

A captação superficial é feita nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento. Se por bombeamento, uma casa de máquinas é construída junto à captação. Essa casa contém conjuntos de motobombas que captam a água do manancial e a enviam para a estação de tratamento.

A captação subterrânea é efetuada através de poços artesianos, com perfurações de 50 a 100 metros, feitas no terreno para captar a água dos lençóis subterrâneos. Essa água também é captada por motobombas instaladas perto do lençol d'água e enviada à superfície por tubulações. A água dos poços artesianos está, em sua quase totalidade, isenta de contaminação por bactérias e vírus, além de não apresentar turbidez.

a) Tratamento da água de captação superficial

O tratamento da água, em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), é composto pelas seguintes fases:

•Oxidação

O primeiro passo é oxidar os metais presentes na água, principalmente o ferro e o manganês, que normalmente se apresentam dissolvidos na água bruta. Para isso, injeta-se cloro ou produto similar, pois tornam os metais insolúveis na água, permitindo, assim, a sua remoção nas outras etapas de tratamento.

•Coagulação

A remoção das partículas de sujeira se inicia no tanque de mistura rápida com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico. Esses coagulantes têm o poder de aglomerar a sujeira, formando flocos. Para otimizar o processo adiciona-se cal, o que mantém o pH da água no nível adequado.

•Floculação

Na floculação, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro dos tanques que os flocos misturam-se, ganhando peso, volume e consistência.

•Decantação

Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água sedimentando-se no fundo dos tanques.

•Filtração

A água ainda contém impurezas que não foram sedimentadas no processo de decantação. Por isso, ela precisa passar por filtros constituídos por camadas de areia ou areia e antracito suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm a sujeira ainda restante.

•Desinfecção

A água já está limpa quando chega a esta etapa. Mas ela recebe ainda mais uma substância: o cloro. Este elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios.

- Correção de pH

Para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal, que corrige seu pH.

- Fluoretação

Finalmente a água é fluoretada, em atendimento à Portaria do Ministério da Saúde. Consiste na aplicação de uma dosagem de composto de flúor (ácido fluossilícico). Reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a idade de 15 anos.

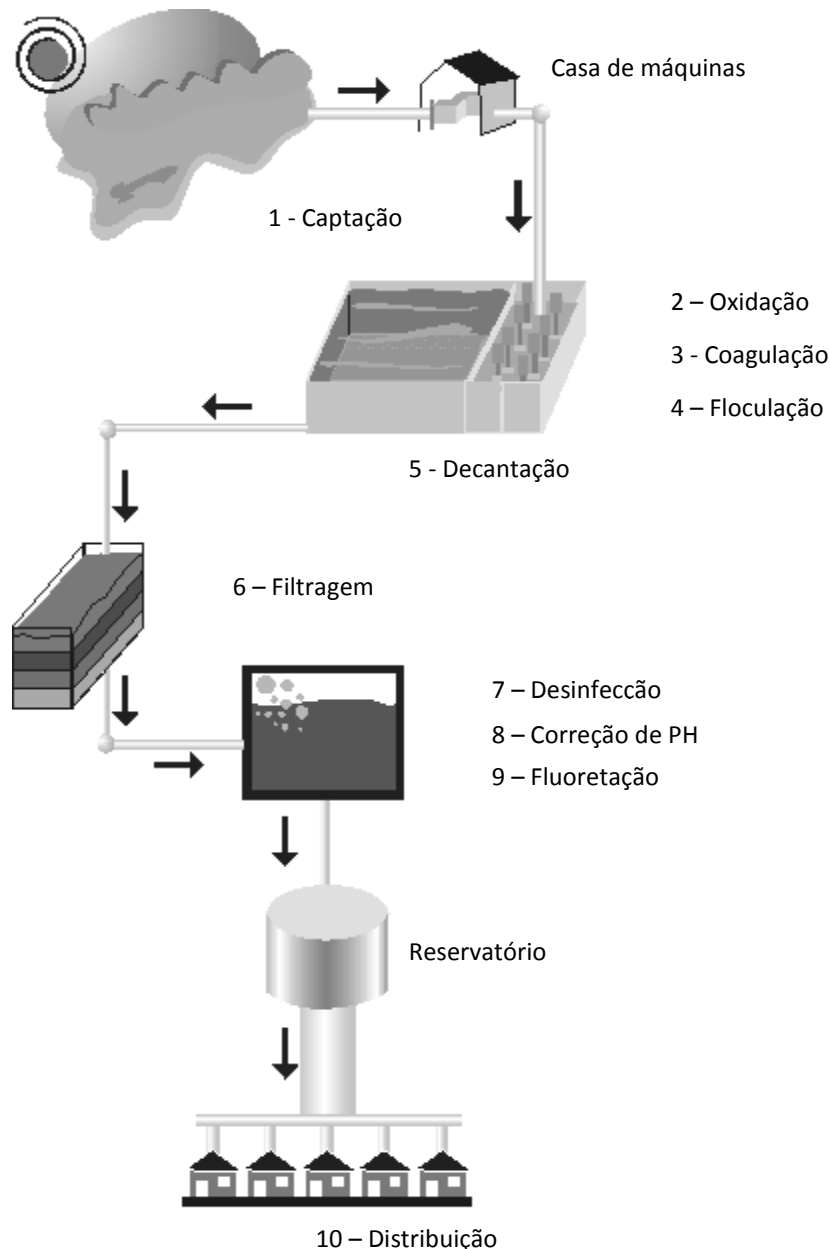


FIGURA 01 – CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL

b) Tratamento da água de captação subterrânea

A água captada através de poços profundos, na maioria das vezes, não precisa ser tratada, bastando apenas a desinfecção com cloro. Isso ocorre porque, nesse caso, a água não apresenta qualquer turbidez, eliminando as outras fases que são necessárias ao tratamento das águas superficiais.

1.3. REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Para chegar às casas, a água passa por várias tubulações enterradas sob a pavimentação das ruas da cidade. Essas canalizações são chamadas redes de distribuição.

Sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem como finalidade pontos de consumo de um setor de abastecimento.

O sistema de abastecimento pode ser algo relativamente complexo, desde o dimensionamento até a operação e manutenção. Logo, é necessária atenção do projetista em relação aos parâmetros, hipóteses de cálculo e as metodologias utilizadas.

Tipos de redes:

A concepção geométrica do sistema de redes depende do porte da localidade a ser abastecida e das características viárias e topográficas. Independentemente do desenho da rede, a mesma é composta por: condutos principais ou condutos troncos (são os de maior diâmetro que tem por finalidade abastecer condutos secundários) e condutos secundários (são os de menor diâmetro que abastecem diretamente os pontos de consumo do sistema).

As redes são divididas em ramificada e malhada pelos seguintes critérios: disposição dos condutos principais e sentido do escoamento.

Ramificada: O abastecimento se faz a partir de um reservatório e de uma tubulação tronco, sendo distribuída nos pontos de abastecimento através de tubulações secundárias. A vazão em qualquer trecho é conhecida. Esse tipo de rede é utilizada em localidades de pequeno porte.

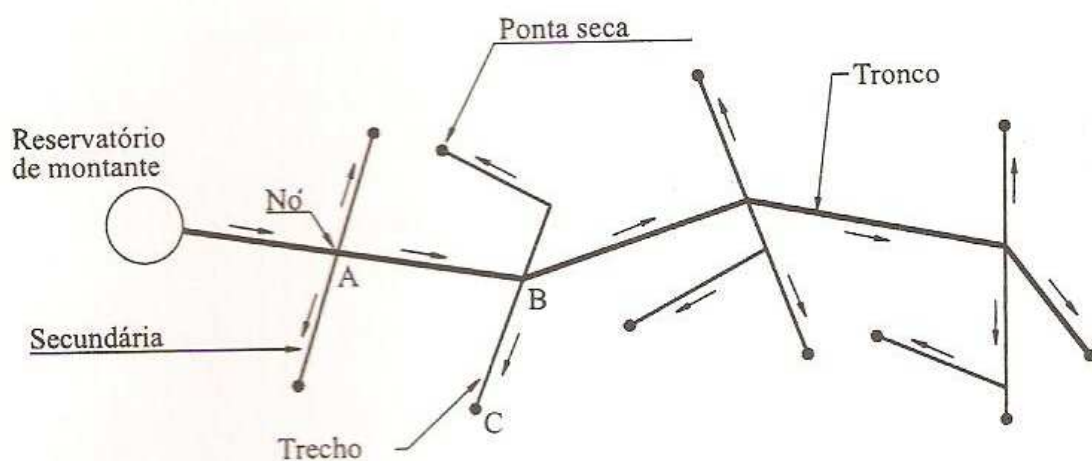


FIGURA 02 - REDE RAMIFICADA

Malhada: Possuem apenas tubulações tronco que formam anéis ou malhas que permitem a reversibilidade no sentido das vazões em função da solicitação da demanda. Assim é possível abastecer um ponto de consumo por mais de um caminho, tornando o sistema mais eficiente devido à flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede com uma probabilidade pequena de interrupção da água.

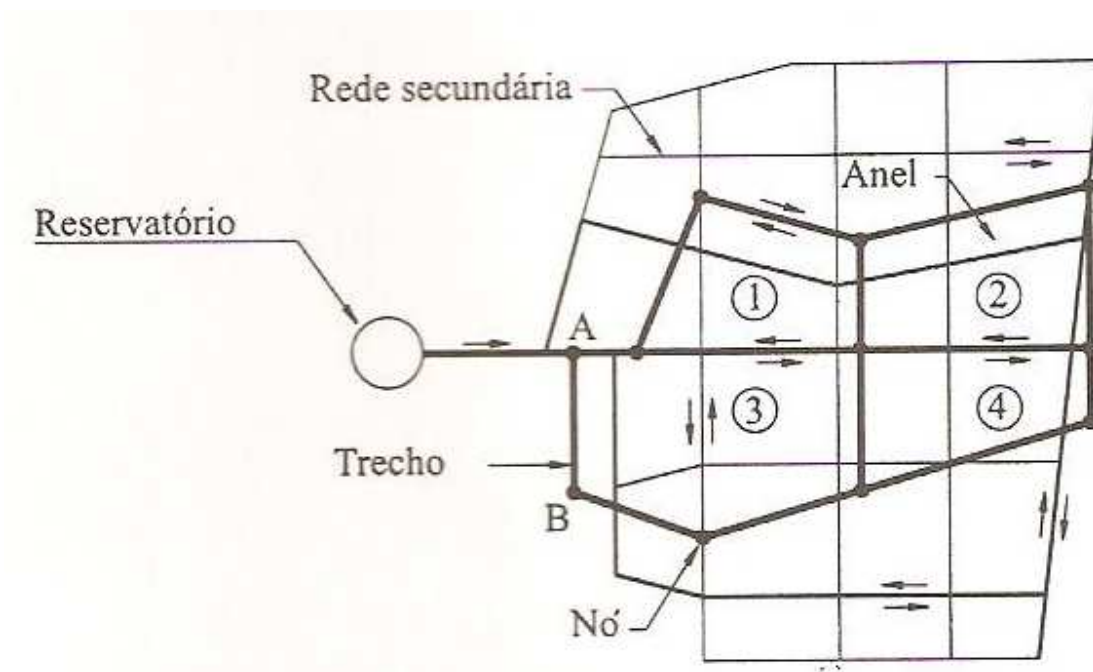


FIGURA 03 - REDE MALHADA

Independente do tipo de rede, o projeto deve satisfazer algumas condições hidráulicas como: pressões, velocidades e diâmetro.

Ligações internas

A ligação domiciliar é uma instalação que une a rede de distribuição à rede interna de cada residência, loja ou indústria, fazendo a água chegar às torneiras.

Para controlar, medir e registrar a quantidade de água consumida em cada imóvel instala-se um hidrômetro junto à ligação.

2. O EPANET

Desenvolvido pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency), a agência estatal norte-americana encarregada de proteger os seus recursos naturais (terra, ar e recursos hídricos).

O EPANET é um modelo automatizado de simulação que ajuda a compreender melhor os movimentos e transformações que a água destinada ao consumo humano está sujeita através dos sistemas de distribuição, permitindo simular o comportamento hidráulico e de qualidade da água de um sistema de distribuição sujeito a diversas condições operacionais, durante um determinado período de funcionamento.

A versão do programa EPANET para o português, falado e escrito no Brasil, é uma iniciativa do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), pertencente ao Departamento de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O arquivo de instalação da versão brasileira do EPANET 2.0 e o seu respectivo Manual estão disponibilizados para download no endereço www.lenhs.ct.ufpb.br.

O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o

período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Adicionalmente, o modelo simula o cálculo da idade da água e o rastreio da origem de água em qualquer ponto da rede.

O estabelecimento de cenários de projeto (p.ex., expansão de uma rede existente), a calibração de modelos hidráulicos, a análise do decaimento do cloro residual e a avaliação dos consumos são alguns exemplos de aplicação do programa. O EPANET pode ajudar a analisar estratégias alternativas de gestão, de modo a melhorar a qualidade da água do sistema, através de, por exemplo:

- Alterações na utilização de origens da água num sistema com múltiplas origens;
- Utilização de tratamento adicional, tal como a recloração;
- Seleção de tubulações para limpeza e substituição (reabilitação).

Modelagem Hidráulica

Uma rede completamente caracterizada (ou seja, incluindo todas as tubulações, sem simplificações) e uma modelagem hidráulica confiável constituem pré-requisitos essenciais para a correta modelagem de um sistema de distribuição de água. O EPANET contém um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio à simulação hidráulica, onde se destacam como principais características:

- Dimensão ilimitada do número de componentes da rede analisada;
- Cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos, etc.;
- Modelagem de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelagem dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;
- Modelagem de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água;
- Múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo;
- Modelagem da relação entre pressão e vazão efluente de dispositivos emissores (p.ex. aspersores de irrigação, ou consumos dependentes da pressão);
- Possibilidade de basear as condições de operação do sistema em controlos simples, dependentes de uma só condição (p.ex., altura de água num reservatório de nível variável, tempo), ou em controlos com condições múltiplas.

2.1. PASSOS PARA A UTILIZAÇÃO DO EPANET

Para dar uma noção geral antes de começar a utilizar o programa, é interessante saber que, resumidamente, a modelagem de um sistema de distribuição de água através do EPANET acontece tipicamente da seguinte forma:

- 1º Desenhar uma representação esquemática do sistema de distribuição ou importar uma descrição-base do sistema a partir de um arquivo de texto;
- 2º Editar as propriedades dos objetos que constituem o sistema;
- 3º Descrever as condições de operacionalidade do sistema;
- 4º Selecionar um conjunto de opções de simulação;
- 5º Executar uma simulação hidráulica ou de qualidade da água;
- 6º Visualizar os resultados da simulação.

2.2. AMBIENTE DE TRABALHO

Será apresentada, neste capítulo, a configuração básica da interface do programa, constituída pelos seguintes elementos: Barra de Menu Principal, duas Barras de Ferramentas, uma Barra de Status, a janela do Mapa da Rede, uma janela Navegador e uma janela do Editor de Propriedades.

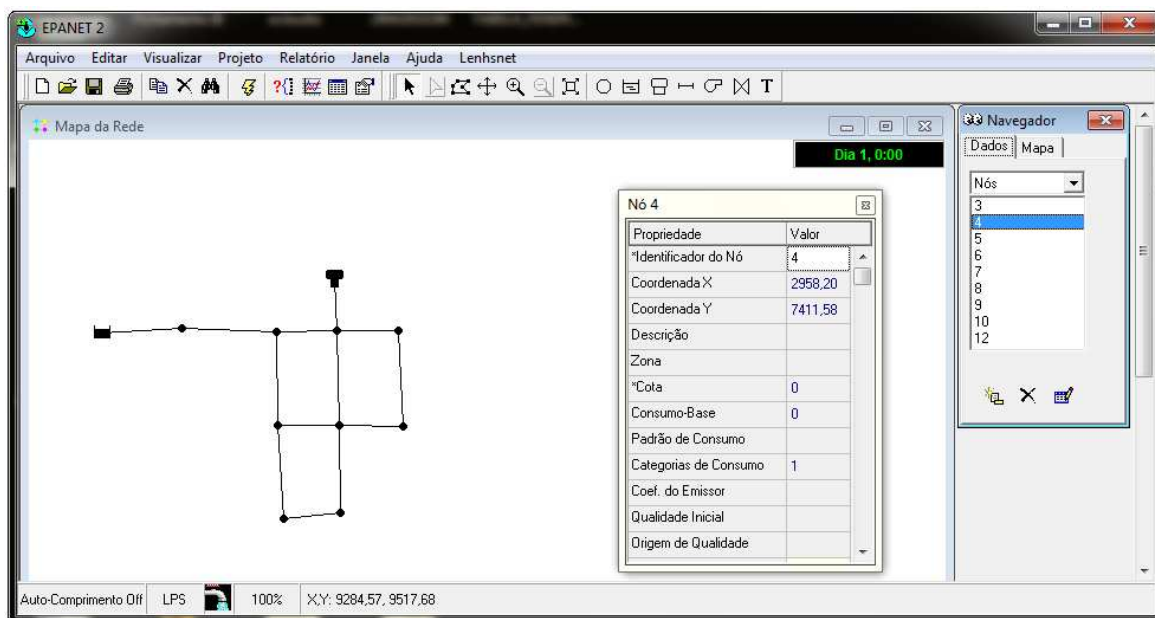


FIGURA 04 – VISUALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO DO EPANET

a) BARRA DE MENU PRINCIPAL

ARQUIVO

- Novo - Cria um novo projeto no EPANET.
- Abrir - Abre um projeto existente.
- Salvar - Salva a informação associada ao projeto corrente.
- Salvar Como - Salva o projeto corrente com um nome diferente.
- Importar - Importa arquivos de dados da rede, de coordenadas ou de cenários. Para mapas, extensão *.map, para cenários *.scn e para rede, *.inp.
- Exportar - Exporta arquivos de dados da rede, de coordenadas ou de cenários.
- Configurar Página - Configura as margens da página, os cabeçalhos e os rodapés.
- Visualizar Impressão - Visualiza o aspecto da imagem corrente antes de impressão.
- Imprimir - Imprime a página atual.
- Preferências - Configura as preferências do programa.

Aba Geral:

- Fontes em Negrito - Utiliza fontes destacadas.
- Visualização Intermitente - Permite que o nó, trecho ou identificadores do mapa seja visualizado de modo não contínuo.

EPANET 2.0

- Identificação Automática - Mostra o rótulo de ID e o valor do parâmetro correntemente selecionado numa caixa do tipo rótulo referente ao nó ou trecho do mapa da rede sobre o qual se encontra o ponteiro do mouse.
- Confirmação Quando Apagar - Mostra uma caixa de diálogo para confirmação antes de apagar qualquer objeto.
- Arquivo de Backup Automático - Grava cópias de segurança de novos projetos abertos para o disco com a extensão .bak.
- Pasta Temporária - Nome da pasta para onde o EPANET escreve os arquivos temporários.

Aba Formatos:

- Parâmetro do nó e trecho – Seleciona o número de casas decimais com que pretende-se visualizar os resultados;
- Sair - Sai do EPANET.

EDITAR

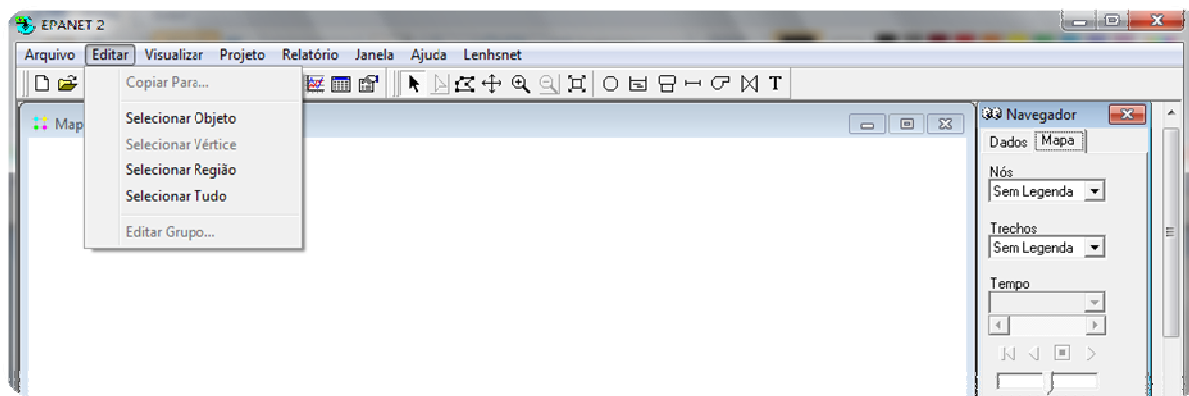


FIGURA 05 – MENU EDITAR

- Copiar Para - Copia dados da vista corrente (mapa, relatório, gráfico ou tabela) para o clipboard ou para um arquivo, como texto em .txt, imagem em bitmap ou *metafile*.
- Selecionar Objeto - Permite a seleção de um objeto no mapa.
- Selecionar Vértice - Permite a seleção dos vértices de um trecho no mapa (só é habilitado se uma ou mais tubulações estiverem selecionadas).
- Selecionar Região - Permite a seleção de uma região delineada no mapa.
- Selecionar Tudo - Faz com que a zona delineada seja toda a área do mapa visível na janela do mapa da rede.
- Editar Grupo - Edita uma propriedade para o grupo de objetos incluídos na região delineada do mapa.

VISUALIZAR

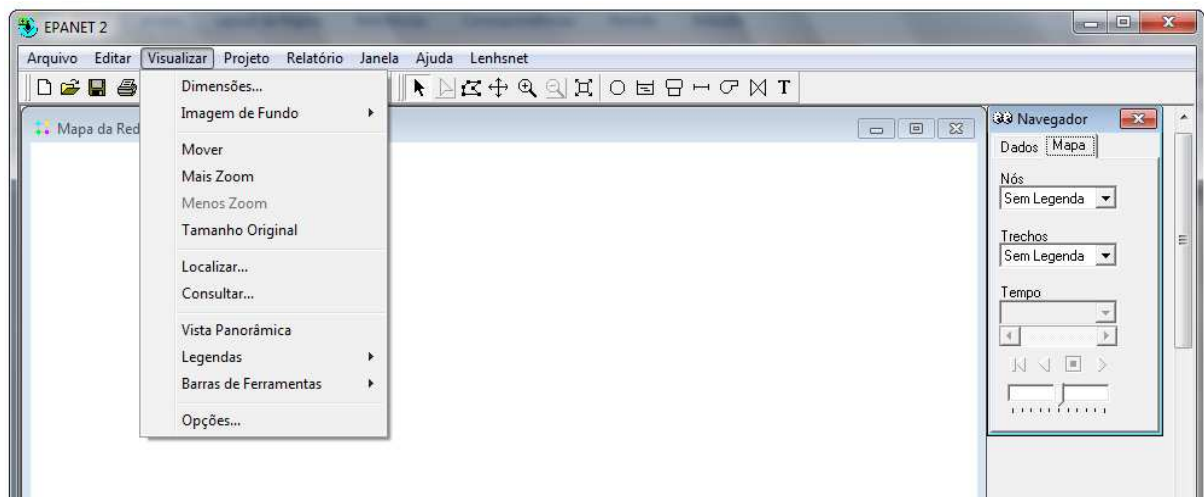


FIGURA 06 – MENU VISUALIZAR

- Dimensões - Configura as dimensões do mapa.
- Imagem de Fundo - Permite que uma imagem de fundo seja carregada no arquivo, retirada, alinhada e ocultada temporariamente (extensões compatíveis: *.bmp, *.emf e *.wmf).
- Mover - Move o mapa de rede.
- Mais Zoom - Aumenta o tamanho da rede.
- Menos Zoom - Diminui o tamanho da rede.
- Tamanho Original - O mapa de rede retorna ao seu tamanho original.
- Localizar - Localiza um objeto específico no mapa, pelo nó, trecho ou origens de qualidade.
- Consultar - Procura objetos no mapa que satisfaçam um critério específico. Ex: nós com cota acima (ou abaixo) de 100 (apenas quantifica os localizados).
- Vista Panorâmica - Ativa/desativa o modo de vista panorâmica – janela auxiliar de visualização.
- Legendas - Controla a visualização de legendas de tempo, nó e trecho, na janela do mapa.
- Barra de ferramentas – Ativa/desativa a exibição da barra principal e da barra mapa.
- Opções:

Nós:

- Tamanho do Nó: Selecciona o tamanho do nó.
- Proporcional ao Valor: Ao ser selecionada essa opção, o tamanho do nó aumenta à medida que o valor do parâmetro a visualizar no nó também aumenta.
- Mostrar Limite: essa opção permite que seja desenhada uma linha-limite em volta de cada nó (recomendada para cores claras do fundo do mapa).
- Mostrar Nós: Todos os nós serão ocultados a não ser que esta opção seja selecionada.

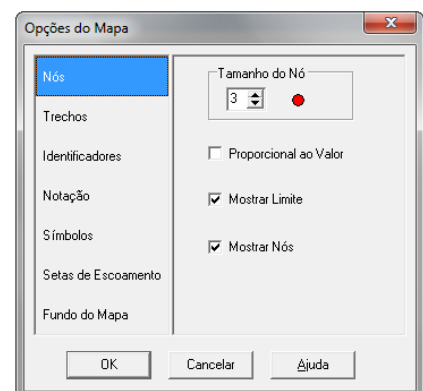


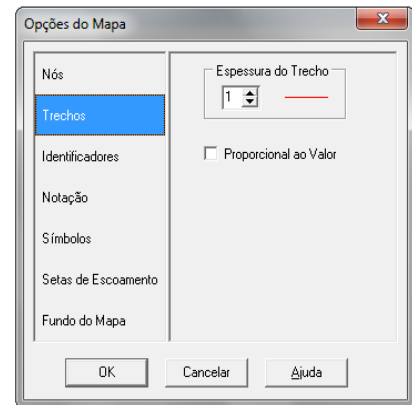
FIGURA 07 – JANELA OPÇÕES DO MAPA - NÓS

Trechos

- Espessura do trecho: Configura a espessura dos trechos mostrados no mapa.
- Proporcional ao Valor: Ao ser selecionada essa opção, a espessura do trecho aumenta à medida que o valor do parâmetro a visualizar no trecho também aumenta.

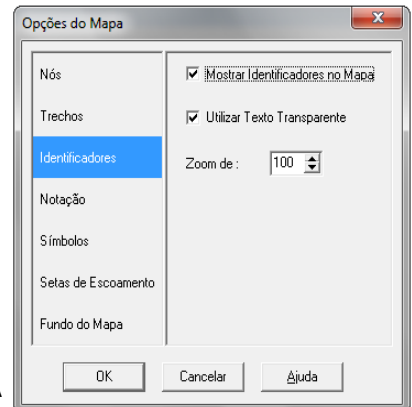
Identificadores

FIGURA 08 – JANELA OPÇÕES DO MAPA - TRECHOS



- Mostrar Identificadores no Mapa: Todos os identificadores, adicionados com texto, serão ocultados, a não ser que esta opção seja selecionada.
- Utilizar Texto Transparente: Mostra o identificador com um fundo transparente (caso contrário, um fundo opaco será utilizado).
- Zoom: Seleciona o nível mínimo de ampliação para o qual os identificadores devem ser mostrados. Eles serão ocultados para níveis de ampliação inferiores, a não ser que sejam identificadores do tipo medidor.

FIGURA 09 – JANELA OPÇÕES DO MAPA - IDENTIFICADORES



Notação

Determina as informações que são fornecidas junto aos nós e trechos do mapa:

- Mostrar identificador dos Nós – Mostra os identificadores dos nós.
- Mostrar Valores nos Nós – Mostra os valores correntes do parâmetro a visualizar nos nós.
- Mostrar Identificadores dos Trechos – Mostra os identificadores dos trechos.
- Mostrar Valores nos Trechos – Mostra os valores correntes do parâmetro a visualizar nos trechos.
- Utilizar Texto Transparente – Mostra o texto com um fundo transparente (caso contrário um fundo opaco é utilizado).
- Zoom – Seleciona o nível de ampliação para o qual a notação deve ser mostrada.

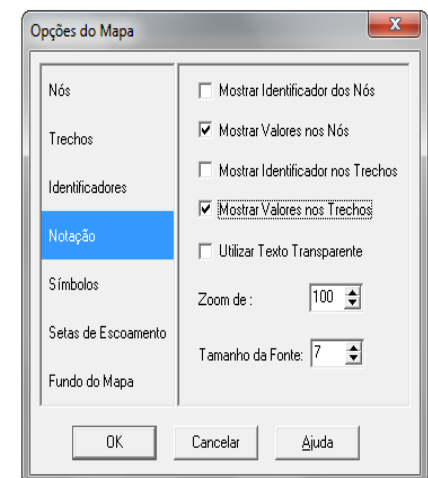


FIGURA 10 – JANELA OPÇÕES DO MAPA - NOTAÇÃO

Símbolos

- Mostrar reservatório – Mostra os símbolos de reservatório.
- Mostrar Bombas – Mostra o símbolo de bomba.
- Mostrar Válvulas – Mostra o símbolo de válvula.
- Mostrar Dispositivos Emissores – Mostra o símbolo de dispositivo emissor.
- Mostrar Origens QA – Mostra o símbolo + para origens de

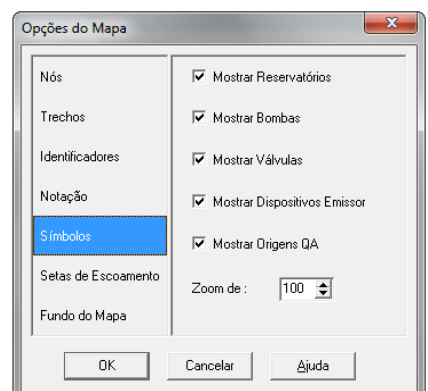


FIGURA 11 – JANELA OPÇÕES DO MAPA SÍMBOLOS

qualidade de água.

- Zoom – Seleciona o nível de ampliação para o qual os símbolos devem ser mostrados.

Setas de Escoamento

Controla o modo de como as setas de sentido do escoamento são mostradas no mapa da rede.

- Estilo da Seta – Seleciona o formato da seta a ser mostrada. Se selecionada a opção *nenhum*, as setas são ocultadas.
- Tamanho da Seta – Configura a dimensão da seta.
- Zoom – seleciona o nível de ampliação para o qual as setas devem ser mostradas.

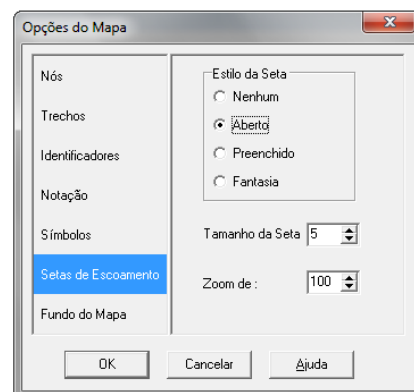


FIGURA 12 – JANELA OPÇÕES DO MAPA – SETA DE ESCOAMENTO

Fundo do Mapa

Permite a mudança na cor do plano de fundo da área de trabalho.

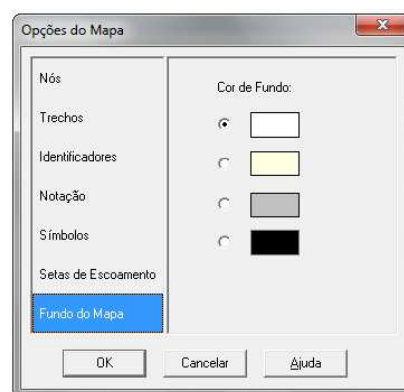


FIGURA 13 – JANELA OPÇÕES DO MAPA – FUNDO DO MAPA

PROJETO

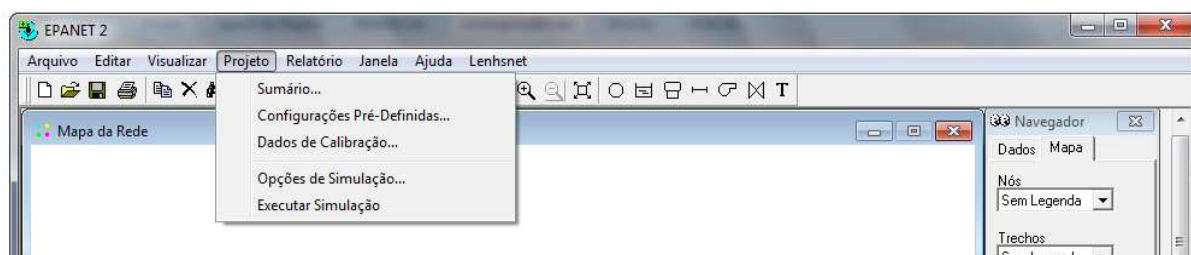


FIGURA 14 – MENU PROJETO

- Sumário - Apresenta uma descrição sumária das características do projeto.
- Configurações pré-definidas - Edita os valores padrões de um projeto:

Identificador:

A aba *Identificador* da caixa de diálogo *Configurações Pré-definidas* é utilizada para definir o modo como o EPANET atribui identificadores aos componentes da rede, quando estes são criados pela primeira vez.

Para cada tipo de objeto, pode introduzir-se um identificador como prefixo (deixe o campo em branco, se o identificador pré-definido a ser adicionado for apenas um número).

Pode-se introduzir um incremento a ser utilizado quando formos adicionar um sufixo numérico ao identificador pré-definido. Como exemplo, se N for utilizado como um prefixo para os Nós com um incremento de 5, à medida que os nós são criados, estes recebem como identificadores pré-definido N5, N10, N15 e, assim, sucessivamente.

Propriedades:

Ao passo que os objetos são adicionados ao projeto, cria-se automaticamente um conjunto de propriedades.

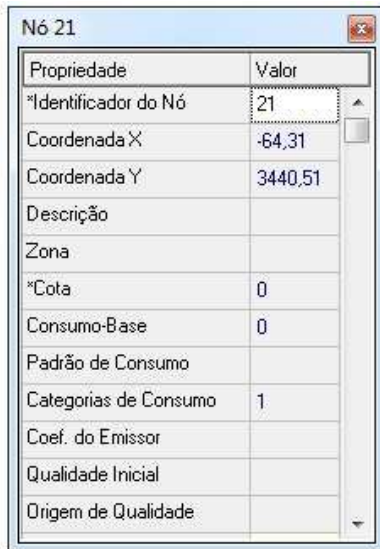


FIGURA 15 - EDITOR DE PROPRIEDADES

A edição das propriedades do objeto pode ser feita de diversas maneiras. Se a janela do *Editor de Propriedades* já estiver visível, pode-se simplesmente clicar sobre o objeto ou selecioná-lo a partir da página de *Dados* da janela *Navegador*. Se não estiver visível, pode-se editá-lo através de uma das seguintes ações:

- Duplo clique sobre o objeto no mapa;
- Clique com o botão direito do mouse sobre o objeto e selecione *Propriedades* a partir do menu instantâneo que é mostrado;
- Selecione o objeto a partir da página de *Dados* da janela *Navegador*, e clique no botão *Editar* da mesma janela.

Sempre que a janela do Editor de Propriedades estiver visível, pode-se pressionar a tecla F1 para obter a descrição das propriedades listadas no editor.

Hidráulica:

- Unidades de Vazão – LPS (Litros por segundo), LPM (litros por minuto), etc.
- Fórmula de Perda de Carga - Hazen-Williams, Darcy-Weisbach e Chezy-Manning. Uma vez que cada fórmula utiliza um coeficiente de rugosidade distinto, a alteração de fórmulas pode implicar que todos os coeficientes de rugosidade nas tubulações tenham que ser atualizados.
- Densidade - Razão entre a densidade do fluido a ser modelado e a densidade da água a 4º C (adimensional).
- Viscosidade Relativa - Razão entre a viscosidade cinemática do fluido a ser modelado e a viscosidade da água a 20ºC (1.01x10⁻⁶ m²/s, 1.01 centistokes, 0.94 ft²/dia) (adimensional).
- Nº Máximo de Iterações - Número máximo de iterações utilizadas para resolver as equações não lineares de cálculo hidráulico da rede num determinado instante da simulação. Sugere-se o valor de 40 iterações.
- Erro Máximo de Convergência - Erro de convergência utilizado para indicar quando é que foi encontrada uma solução para as equações de equilíbrio hidráulico. As iterações terminam quando a soma de todos os incrementos de vazão a dividir pela soma da vazão em todos os trechos for inferior a este valor. Sugere-se o valor de 0.001.
- Se não Convergir - Ação a ser tomada se não for encontrada uma solução hidráulica com o número máximo de iterações adotado. As opções são: (a) STOP para parar a simulação nesse ponto ou (b) CONTINUAR para resolver novamente as equações não lineares utilizando mais 10 iterações, sem permitir alterações de estado dos trechos, com o objetivo de atingir a convergência do método.

- Padrão - Identificador de um padrão temporal a ser aplicado aos consumos nos nós quando não é especificado um padrão temporal. Se não existir qualquer padrão, os consumos não irão variar nesses pontos da rede.
 - Fator de Consumo - Fator multiplicativo global a ser aplicado a todos os consumos para fazer com que o consumo total do sistema varie relativamente a um valor fixo. Por exemplo, o valor 2.0 dobra todos os consumos, 0.5 diminui para metade e 1.0 mantêm os consumos inalterados.
 - Expoente para a fórmula do Emissor - Expoente da pressão quando se calcula a vazão através de um Dispositivo Emissor do tipo Orifício. O valor recomendado na bibliografia para agulhetas e aspersores é $\frac{1}{2}$. Este pode não ser aplicável a perdas na tubulação.
 - Relatório de Estado - Tipo de informação a relatar sobre a simulação após esta ter sido executada. As opções são:
 - NO - sem relatório de estado;
 - YES - relatório de estado normal: lista todas as alterações de estado dos trechos ocorridas ao longo da simulação;
 - FULL - relatório completo: relatório normal mais o erro de convergência em cada iteração na simulação hidráulica, em cada instante de tempo.
- Dados de Calibração:

A comparação entre os dados obtidos em campo e resultados da simulação podem ser realizados utilizando a caixa de diálogo do *Relatório de Calibração*, mas antes de utilizar os dados de calibração, estes devem ser inseridos em um arquivo e registrados com o projeto.

O arquivo de calibração é um arquivo de texto onde se encontram os dados de medições, obtidas para

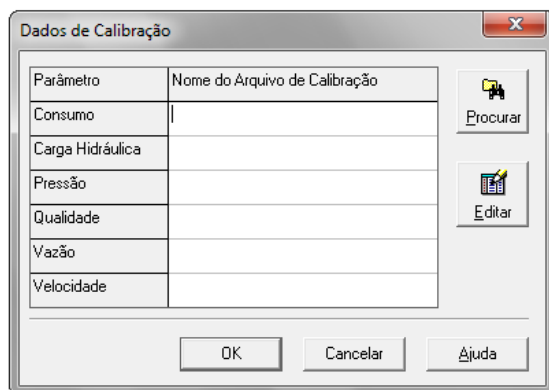


FIGURA 16 – CAIXA DE DIÁLOGO DADOS DE CALIBRAÇÃO

certo parâmetro, fornecendo os dados observados para a comparação com os dados resultantes da simulação. Cada arquivo contém dados de apenas um parâmetro e série temporal, como por exemplo, pressão, flúor, cloro, etc. onde cada linha do texto informa:

- Identificação da localização da medição efetuada;
- Tempo em que a medição foi efetuada;
- Resultado da medição.

Para registrar dados contidos em um arquivo de calibração procede-se da seguinte maneira:

Barra de Menus Principal → Projeto → Dados de Calibração

Na caixa de diálogo, clicar no parâmetro para o qual se pretende registrar os dados;

- Clicar em Procurar, para encontrar o *Arquivo de Calibração*;
- Caso queira editar o arquivo de calibração, basta apenas clicar em *Editar*;
- Os três itens acima descritos podem ser repetidos para outros parâmetros que possuam calibração;
- Clicar em OK para aceitar as escolhas.

- Opções de Simulação

O EPANET possui cinco categorias de opções de simulação que governam o seu funcionamento, são elas:

- Hidráulica: controlam o modo como o cálculo hidráulico é feito;
- Qualidade: controlam a simulação de qualidade;
- Reações: configuram o tipo de reações que se aplicam a uma simulação de qualidade da água;
- Tempo: configuram os valores para intervalos de tempo utilizados em uma simulação dinâmica;
- Energia: fornecem valores que são utilizados para calcular a energia de bombeamento e seu respectivo custo.

Para configurar uma das cinco categorias basta:

Barra de Menus Principal → Projetos → Opções de Simulação

- Selecionar Hidráulica, Qualidade, Reações, Tempo ou Energia;
- Se a janela do Editor de Propriedades não estiver aparecendo, clicar no botão *Editar* da janela de procura ou pressionar a tecla *Enter*;
- Editar as opções de escolha na janela do *Editor de Propriedades*.

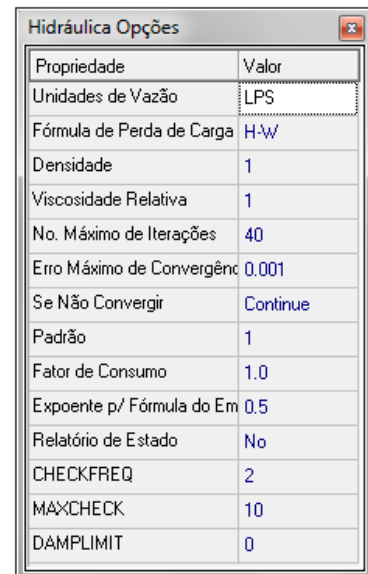


FIGURA 17 – JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES

CURVA DA BOMBA (QXHM)

Para a criação da **Curva de Bomba** entre na página de **Dados** da janela **Navegador** e selecione curvas a partir da *drop down list Box* e clique no botão **Adicionar**.

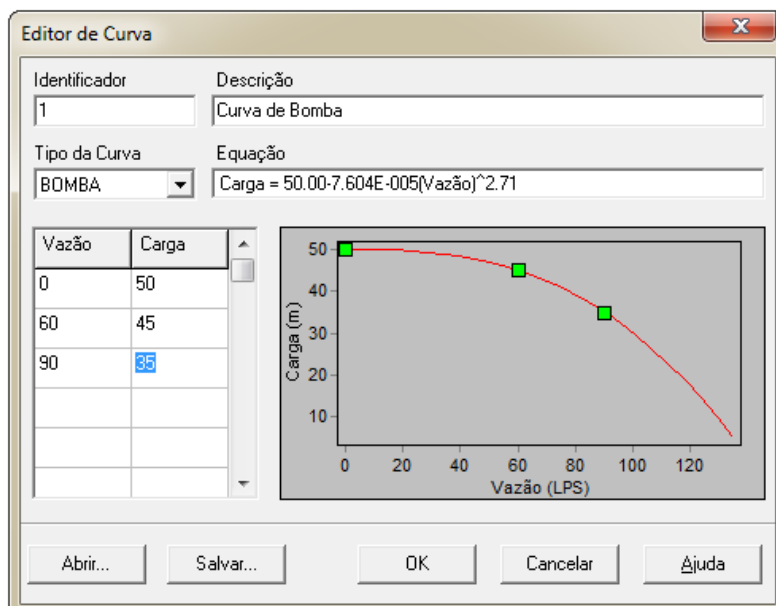


FIGURA 18- EDITOR DE CURVA

Adicionar.

Uma nova curva será adicionada aos dados do projeto e a caixa de diálogo do **Editor de Curva** será mostrada, como na figura abaixo. É preciso incluir valores de vazão e altura de elevação na tabela. O EPANET cria automaticamente uma curva característica completa a partir dos pontos fornecidos. A equação da curva é traduzida graficamente. Clique em **OK** para fechar o editor.

- Executar Simulação

Para executar uma simulação hidráulica ou de qualidade da água, procede-se da seguinte forma:

Selecione Projeto → Executar Simulação ou na barra de ferramenta Principal clique no botão .

- O processo de simulação será mostrado na janela *Estado da Simulação*;
- Clique em OK após o término da simulação.

Caso a simulação tenha sido executada corretamente o ícone  aparecerá na parte inferior do ambiente de trabalho, ao contrário aparecerá uma mensagem de erro ou aviso na janela de Relatório de Estado. Caso forem alteradas as propriedades após uma simulação ter sido executada com sucesso, o ícone da torneira aberta será substituído por uma torneira quebrada, na barra de status.

RELATÓRIO

- Estado - Relata as mudanças de estado nos trechos e o desempenho da simulação ao longo do tempo.
- Energia - Relata a energia consumida e o custo associado para cada bomba.
- Calibração - Relata as diferenças entre os valores simulados e medidos.
- Reação - Disponível quando se modela o destino de um constituinte reativo de qualidade da água, representa graficamente as taxas de reação globais que ocorrem através da rede nos seguintes locais: no volume de escoamento, na parede da tubulação e no interior dos reservatórios de nível variável.
- Completo - Cria um relatório completo dos resultados da simulação para todos os nós e trechos e instantes de tempo para um arquivo.
- Gráfico - Cria gráficos de séries temporais, perfis, frequências e de isolinhas com os objetos selecionados.
- Tabela - Cria uma tabela com as grandezas selecionadas referentes a nós ou trechos.
- Opções - Controla o estilo de formatação de um relatório, gráfico ou tabela.

b) BARRA DE FERRAMENTAS

Barra Padrão:



Novo - Cria um novo projeto.



Abrir - Abre um projeto existente.



Salvar - Salva a informação associada ao projeto corrente.



Imprimir - Imprime a janela atualmente ativa.



Copiar - Copia a janela selecionada para a área de transferência ou para um arquivo.



Apagar - Apaga o(s) objeto(s) selecionado(s).



Localizar - Localiza um objeto específico no mapa.



Executar Simulação - Executa uma simulação.



Consultar - Procura e assinala no mapa os objetos que satisfaçam um critério específico.



Gráfico - Cria um novo gráfico de resultados.



Tabela - Cria uma nova tabela de resultados.



Opções - Modifica as opções de visualização da janela corrente do mapa da rede.

Barra Mapas:



Selecionar Objeto – Destaca todos os tipos de elementos do projeto hidráulico.



Selecionar Vértice – Seleciona um dos vértices da tubulação.



Selecionar Área – Seleciona uma parte do projeto hidráulico.



Mover – Desloca o projeto hidráulico criado.



Aumentar – Permite ampliar o layout do projeto.



Diminuir – Permite reduzir o layout do projeto.



Tamanho Original – Voltar ao tamanho original formatado. Geralmente utilizado quando anteriormente acionou o 'aumentar' ou 'diminuir'.



Nó – Ponto de consumo de fluído. Principais dados de entrada para os nós são:

- Cota acima de determinado nível de referência (usualmente o nível médio do mar);
- Consumo base;
- Qualidade inicial da água.

Em cada instante da simulação, obtêm-se os seguintes resultados para os nós da rede:

- Carga hidráulica total (nível de água no caso de RNF e RNV);
- Pressão (altura piezométrica);
- Qualidade da água.

Os nós podem ainda apresentar as seguintes características:

- Apresentar um consumo variável no tempo;
- Possuir múltiplas categorias de consumo associadas;
- Ter consumos negativos, indicando que há entrada de água na rede;
- Constituir origens de qualidade da água, onde os respectivos parâmetros de qualidade entram na rede;
- Conter dispositivos emissores do tipo orifício (p.ex., aspersores), os quais fazem com que a vazão efluente dependa da pressão.



RNF - Reservatório de Nível Fixo - Representam um volume de armazenamento de água, de capacidade ilimitada e carga hidráulica constante. São utilizados para simular lagos, rios ou aquíferos ou, mais frequentemente, ligações a outros sistemas. Os reservatórios de nível fixo podem servir também como pontos de qualidade de água. Os principais parâmetros a serem inseridos nas qualidades do reservatório são o nível de água e, caso se pretenda, a qualidade inicial para simulações de qualidade de água. O reservatório de nível fixo é um ponto de fronteira cujas propriedades são totalmente independentes do funcionamento da rede, o que decorre da sua capacidade ser ilimitada. Assim, a respectiva carga hidráulica e qualidade da água não podem

ser afetadas pelo que se passa dentro da rede, de modo que os resultados destes parâmetros não são alterados durante a simulação. No entanto, o usuário pode predefinir, para um reservatório de nível fixo, que a carga hidráulica seja variável no tempo, associando-lhe um padrão temporal.



RNV – Reservatório de nível variável. Os reservatórios de nível variável são também nós especiais da rede, possuindo uma capacidade de armazenamento limitada e podendo o volume de água armazenada variar ao longo da simulação. Um reservatório de nível variável é caracterizado pelas seguintes propriedades principais:

- Cota do fundo (onde a altura de água é zero);
- Diâmetro (ou curva de volume, se a forma não for cilíndrica);
- Altura de água mínima (altura de soleira);
- Altura de água máxima;
- Altura de água inicial para o cenário a ser simulado;
- Qualidade da água inicial.

A definição das alturas de água acima indicadas faz-se em relação ao ponto para o qual se indicou a cota do fundo do reservatório de nível variável. Notar que se pode utilizar, em substituição desta última, a cota do terreno, sendo que nesse caso terá de se indicar as alturas de água medidas em relação ao terreno.

Os principais resultados produzidos pela simulação ao longo do tempo, para RNV, são:

- Carga hidráulica (nível de água);
- Qualidade da água.

Os reservatórios de nível variável são modelados para operar entre as alturas de água mínima e máxima. O EPANET interrompe a saída ou entrada de vazão dos reservatórios de nível variável se for atingida a altura de água mínima ou máxima, respectivamente. Os reservatórios de nível variável podem servir também como pontos de origem de qualidade da água.



Trecho – As tubulações são trechos que transportam água entre os vários pontos da rede. É considerado que o escoamento ocorre sob pressão em todas as tubulações, ao longo da simulação. Os principais parâmetros a serem inseridos nas propriedades das tubulações são:

- Nó inicial e final;
- Diâmetro;
- Comprimento;
- Coeficiente de rugosidade (para determinar a perda de carga);
- Estado (aberto, fechado ou contendo uma válvula de retenção). A opção *Estado* permite que, de modo indireto, a tubulação contenha uma válvula de seccionamento ou uma válvula de retenção (VR), que permite que o escoamento na tubulação se processe apenas em um sentido.

No caso de uma tubulação, os dados a serem inseridos para uma simulação de qualidade da água são os seguintes:

- Coeficiente de reação no volume do escoamento;
- Coeficiente de reação na tubulação.

Como resultado da simulação obtém-se as seguintes grandezas relativas às tubulações:

- Vazão;
- Velocidade;
- Perda de carga;
- Fator de resistência ou fator de Darcy-Weisbach;
- Valor médio da taxa de reação para o parâmetro de qualidade da água simulado (ao longo da tubulação);

- Concentração média do parâmetro de qualidade da água simulado (ao longo da tubulação).

A perda de carga hidráulica na tubulação, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, pode ser determinada de acordo com uma das seguintes fórmulas:

- Fórmula de Hazen-Williams;
- Fórmula de Darcy-Weisbach;
- Fórmula de Chezy-Manning;



Bomba – Máquina para elevar água. Utilizada para elevar a água dos reservatórios.



Válvula – Controle de vazão.



Texto – Descreve ou escreve algo de interesse.

c) BARRA DE STATUS

- Auto-comprimento: indica a opção de cálculo automático do comprimento dos tubos;
- Unidade da vazão: em geral, LPS;
- Estado da simulação:



Torneira sem água: sem água corrente para a simulação;



Torneira com água: resultados disponíveis e válidos de uma simulação;



Torneira partida: resultados disponíveis, mas podem ser inválidos.

- ZOOM: 100% é o nível do zoom usual, se for utilizada a função *mais zoom*, mostrará o quanto o desenho está ampliado.
- X, Y: Coordenadas da posição em que o mouse está localizado no momento.

d) JANELA MAPA DA REDE

- Objetos em duas dimensões;
- Localização e distância entre os objetos não correspondem à escala real.

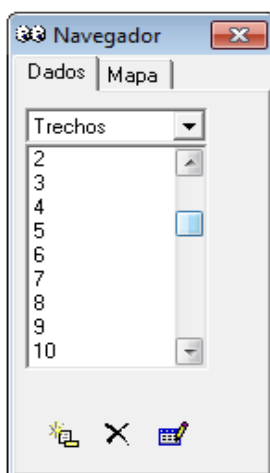


FIGURA 19 – ABA DADOS

e) JANELA NAVEGADOR

- Aba Dados - Permite acessar os vários objetos que constituem a rede em análise, por categorias (nós, tubulações, etc). Os botões localizados na parte inferior da janela são utilizados para adicionar, apagar e editar esses objetos.

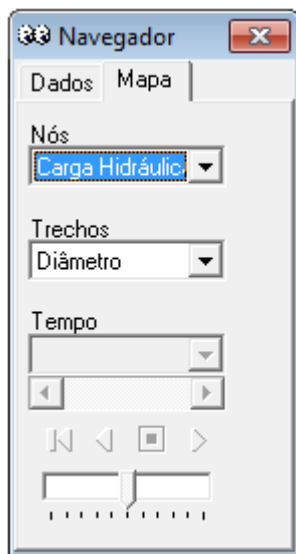


FIGURA 20 – ABA MAPA

- Aba Mapa - Permite selecionar os parâmetros relacionados aos nós e/ou trechos e o instante de simulação a visualizar, segundo um código de cores, na janela do Mapa da Rede. Contém também controles para animação do mapa, que permitem visualizar a evolução dos parâmetros selecionados, ao longo do período de simulação.

f) JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES

É utilizada para editar as propriedades dos nós da rede, trechos, legendas e opções de simulação. Esta é ativada quando um destes objetos é selecionado (a partir da janela do Mapa da Rede ou da página de Dados da janela Navegador), seguido de duplo clique ou clicando no botão *Editar* da *Janela Navegador*.

- Um asterisco junto ao nome de uma propriedade significa que o campo do valor não pode ser deixado em branco;
- Podem utilizar ambos os acessórios, o mouse e as teclas de direção *Up* e *Down* do teclado, para se deslocar entre as propriedades;
- Para editar a propriedade ativada, comece escrevendo um valor ou pressionando a tecla *Enter*.
- Para que o EPANET aceite as alterações efetuadas, pressione a tecla *Enter* ou ative outra propriedade;
- Para cancelar pressione a tecla *Escape* (*Esc*).

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

3.1. CONFIGURAR O PROJETO

A primeira tarefa é criar um novo projeto e certificar-se que determinadas opções de Configurações Pré-definidas estão selecionadas.

Selecione:

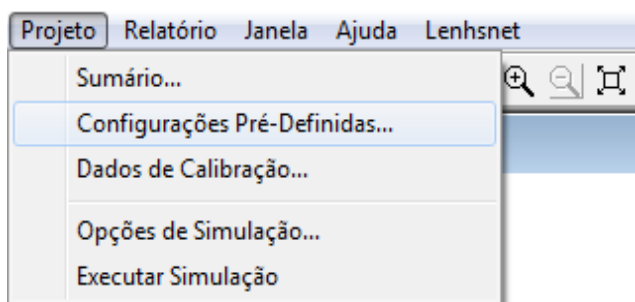


FIGURA 21 – ENTRANDO EM CONFIGURAÇÕES PRÉ - DEFINIDAS.

Será aberta a caixa de diálogo a seguir:

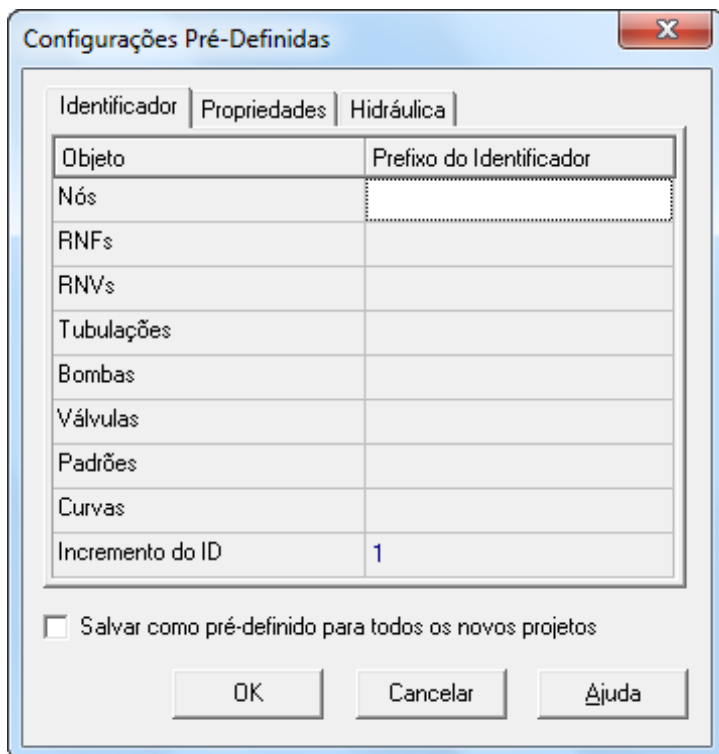


FIGURA 22 – CAIXA DE DIÁLOGO CONFIGURAÇÕES PRÉ-DEFINIDAS

Nessa caixa poderá ser configurada as identificações para os componentes do modelo que sejam criados (nós, reservatórios, tubulações, etc.). No caso de não pretender adicionar qualquer *Prefixo do Identificador* aos objetos que constituem a rede, apague todos os prefixos dos campos da página de *Identificador* e defina o incremento de numeração automática de ID de 1. Logo após, selecione a página *Hidráulica* e edite a opção *Unidades de Vazão*, escolhendo litros por segundo.

* O sistema Internacional de unidades é o geralmente utilizado: comprimento (m), diâmetro (mm), pressão (m), etc.

Em seguida, selecione algumas opções de visualização do mapa para que, à medida que sejam adicionados os objetos, possam ser visualizados os respectivos identificadores e símbolos.

Selecione:

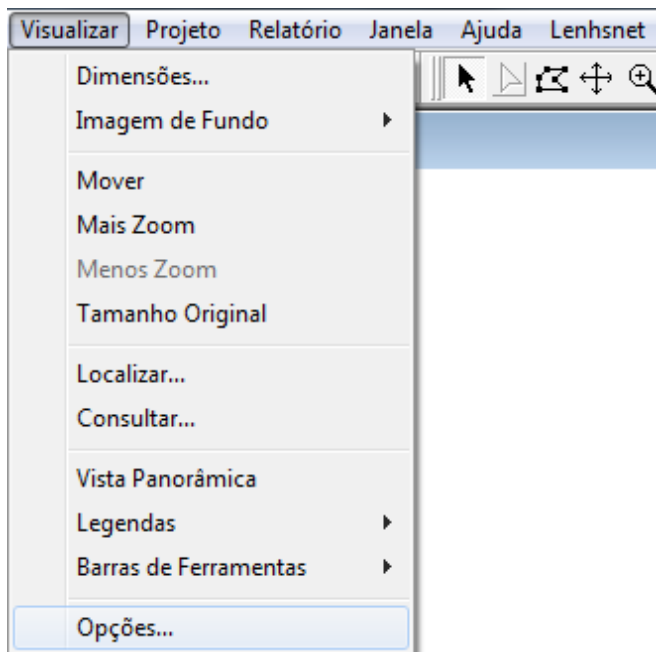


FIGURA 23 – ENTRANDO EM OPÇÕES

A caixa de diálogo *Opções do Mapa* será aberta:

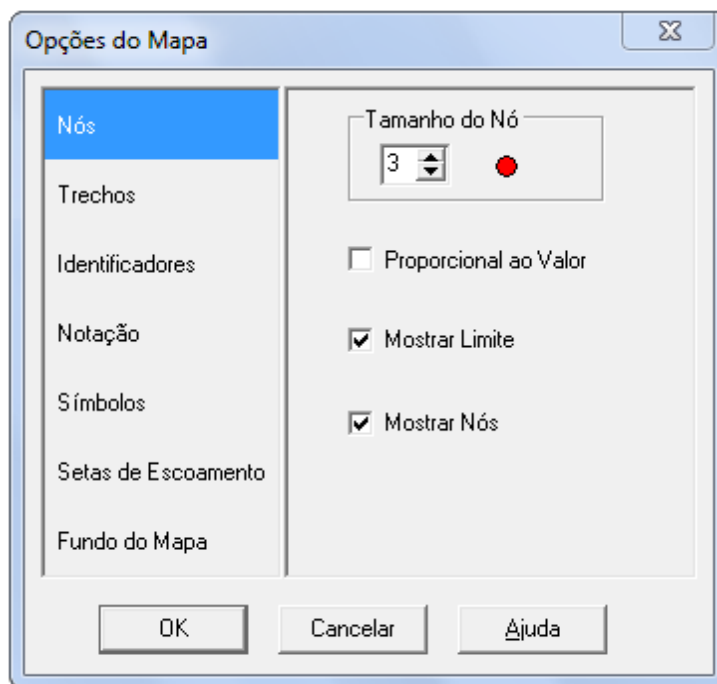


FIGURA 24 – CAIXA DE DIÁLOGO OPÇÕES DO MAPA

Por último, antes de desenhar a rede, deve-se verificar se as opções de escala do mapa estão de acordo com o desenho pretendido.

Selecione:

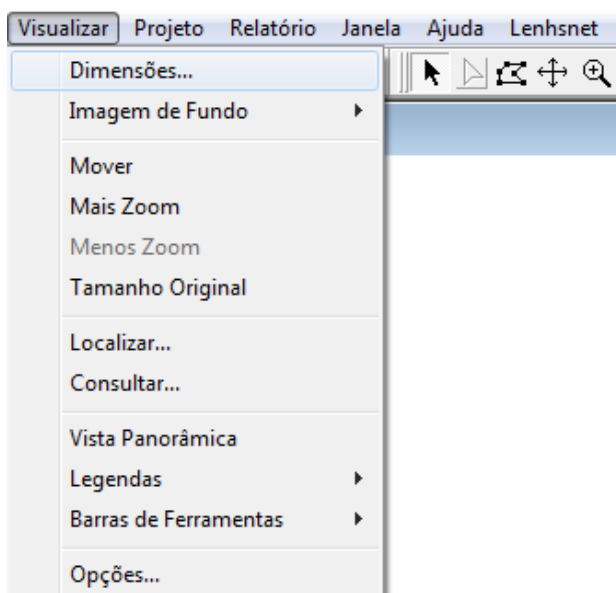


FIGURA 25 – ENTRANDO EM DIMENSÕES

A caixa de diálogo *Dimensões do Mapa* será aberta:

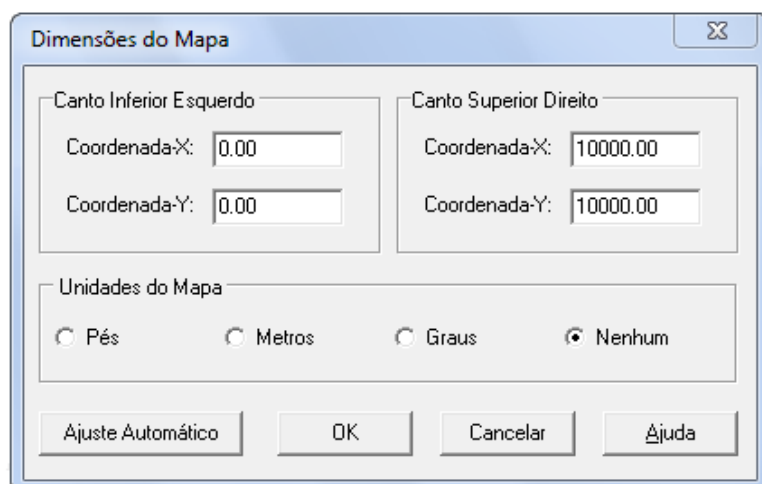
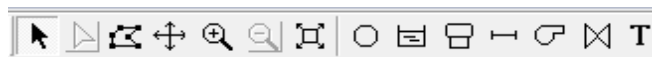


FIGURA 26 – CAIXA DE DIÁLOGO DIMENSÕES DO MAPA

Ali verificamos as dimensões do layout para a construção do mapa de rede.

3.2. TRAÇADO DA REDE

Pode-se começar a desenhar a rede com a *Barra de Ferramentas - Mapa*.



Primeiramente adicionamos os Reservatórios de Nível Fixo (RNF), depois os Nós e os Reservatórios de Nível Variável (RNV). Em seguida, adicionam-se as tubulações. Por último as bombas e se necessário as válvulas.

Tem-se assim o desenho completo da rede.

3.3. CONFIGURAR AS PROPRIEDADES DOS OBJETOS

Para modificar o valor de uma propriedade específica de um objeto, devem-se editar as suas propriedades na janela do *Editor de Propriedades*. Se a janela do editor não estiver visível, deve-se clicar duas vezes sobre o objeto ou seleccioná-los a partir da página de *Dados* da janela *Navegador*.

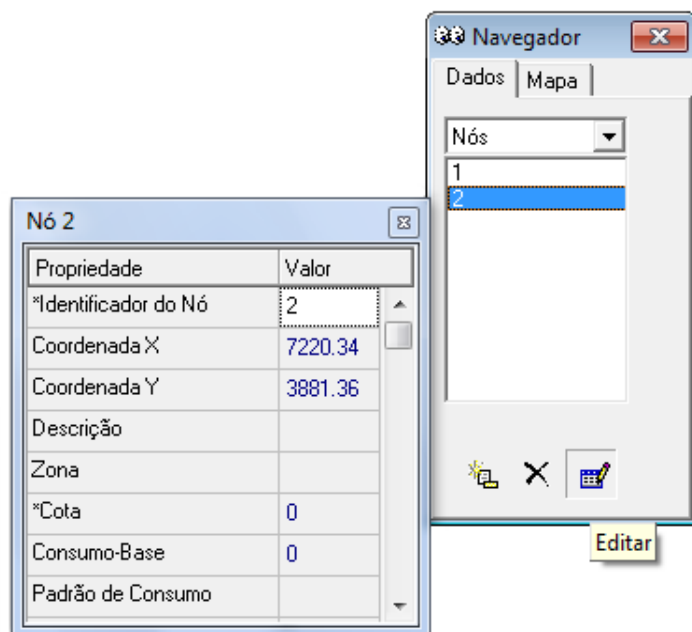


FIGURA 27 – JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES E JANELA DADOS

3.4. SALVAR E ABRIR PROJETOS

Concluída a fase inicial de modelagem de uma rede de distribuição, é necessário salvar o trabalho para um arquivo.

A partir do menu *Arquivo* selecione a opção *salvar como*. Na caixa de diálogo *Salvar Como*, selecione a pasta e introduza o nome do arquivo em que pretende salvar o projeto. Clique no botão *OK*.

Os dados do projeto são salvos em formato binário, o qual não é legível a partir de um editor de texto. Se pretender salvar os dados da rede para um arquivo de texto legível, selecione:

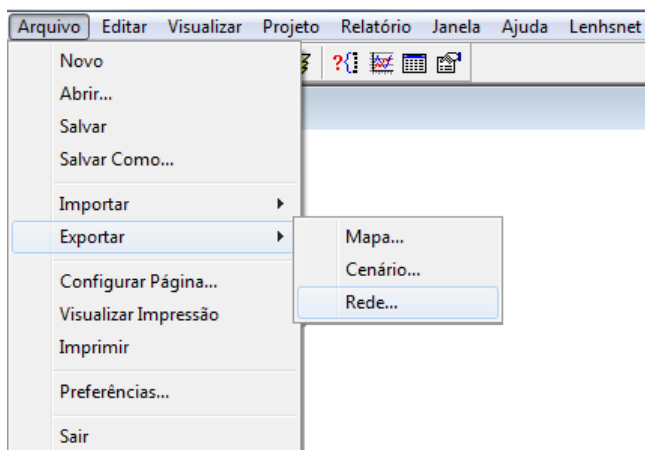


FIGURA 28 – ARQUIVO → EXPORTAR → REDE

3.5. EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO ESTÁTICA

Para executar uma simulação hidráulica estática selecione:

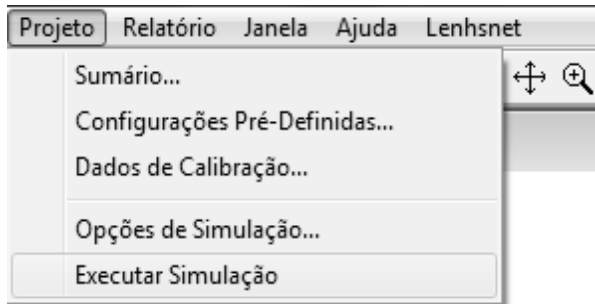


FIGURA 29 – ENTRANDO EM EXECUTAR SIMULAÇÃO

Ou clique no botão Executar  na barra de ferramentas principal.

Se a simulação tiver sido mal sucedida, aparecerá a janela *Relatório de Estado*, indicando o tipo de problema que ocorreu. Se a simulação tiver sido bem sucedida, pode-se visualizar os resultados de varias maneiras.

Na página *Mapa* da janela *Navegador*, podemos selecionar diversos itens como cota, consumo, pressão, etc. para analisarmos como eles se comportam na rede através de um código de cores apresentado na legenda.

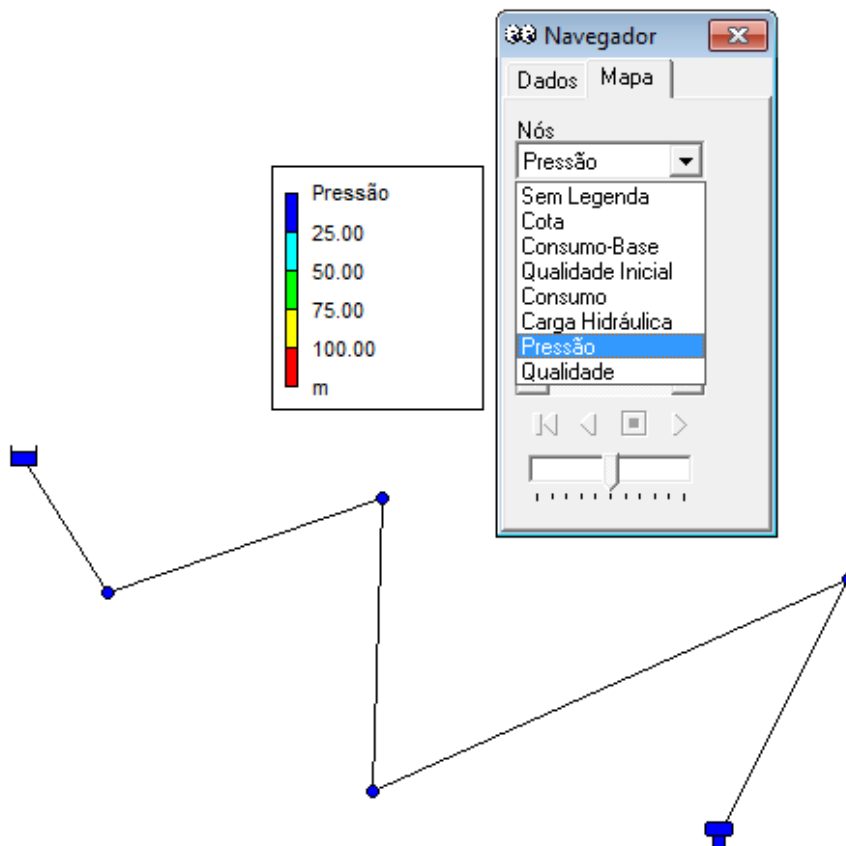
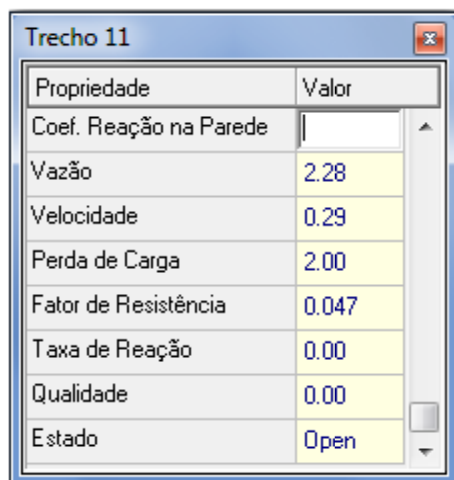


FIGURA 30 – COMPORTAMENTO DA PRESSÃO NA REDE ESQUEMATIZADA ATRAVÉS DE UM CÓDIGO DE CORES

Podemos ver resultados numéricos através da janela do *Editor de Propriedades* (duplo clique em qualquer nó ou trecho).



Propriedade	Valor
Coef. Reação na Parede	
Vazão	2.28
Velocidade	0.29
Perda de Carga	2.00
Fator de Resistência	0.047
Taxa de Reação	0.00
Qualidade	0.00
Estado	Open

FIGURA 31 - JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES

Podem-se também criar uma lista de resultados em forma de tabela.

Selecione:

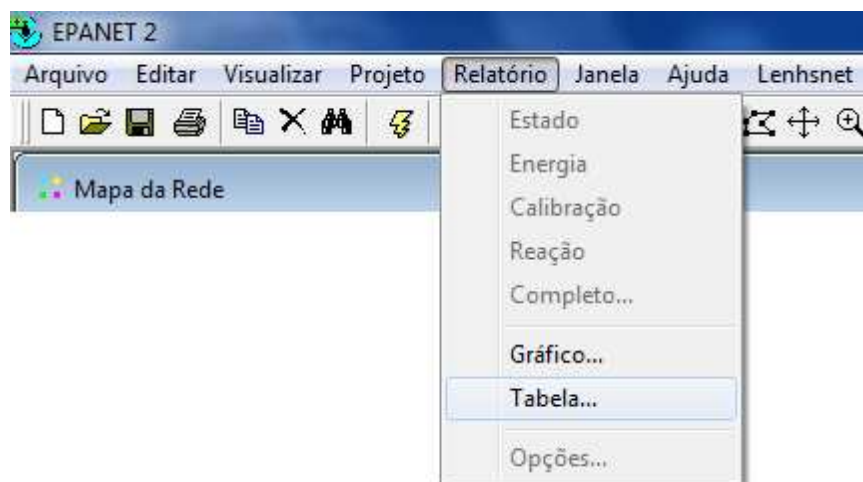
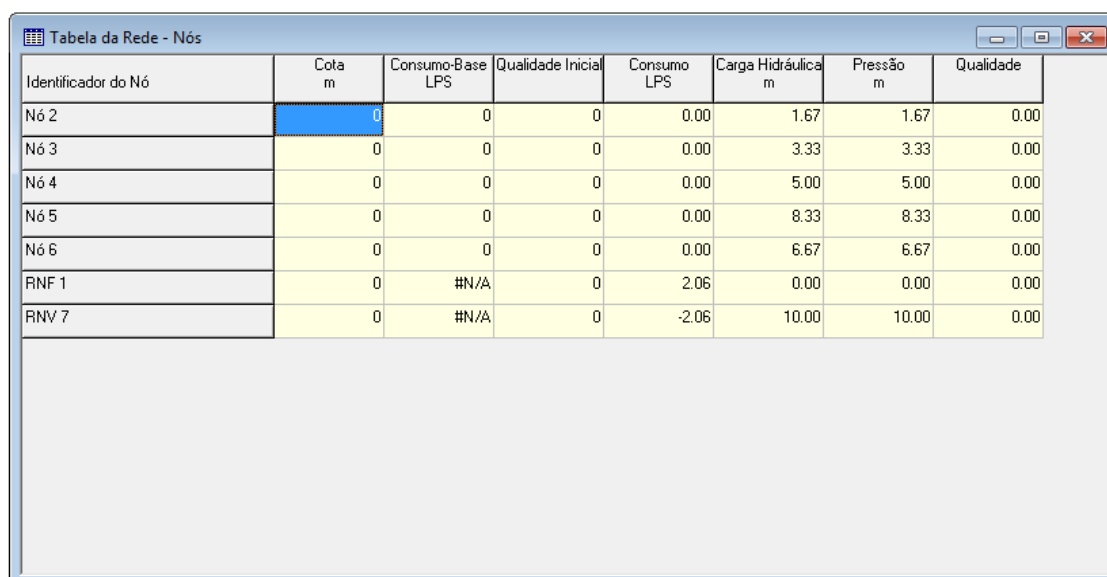


FIGURA 32 – ENTRANDO EM TABELA

Ou clique no botão tabela  da *Barra de Ferramentas* principal.

Essa janela será aberta:



Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Qualidade Inicial	Consumo LPS	Carga Hidráulica m	Pressão m	Qualidade
Nó 2	0	0	0	0.00	1.67	1.67	0.00
Nó 3	0	0	0	0.00	3.33	3.33	0.00
Nó 4	0	0	0	0.00	5.00	5.00	0.00
Nó 5	0	0	0	0.00	8.33	8.33	0.00
Nó 6	0	0	0	0.00	6.67	6.67	0.00
RNF 1	0	#N/A	0	2.06	0.00	0.00	0.00
RNV 7	0	#N/A	0	-2.06	10.00	10.00	0.00

FIGURA 33 – TABELA DE REDE

*Os valores de vazão com sinal negativo significam que o escoamento ocorre em sentido contrário àquele inicialmente definido pelo nó de início e de extremidade do trecho em causa.

3.6. EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DINÂMICA

Para esse tipo de simulação, deve se criar um *Padrão Temporal*, para representar a variação periódica dos consumos nos nós ao longo do tempo. O passo de tempo padrão é configurado selecionando:

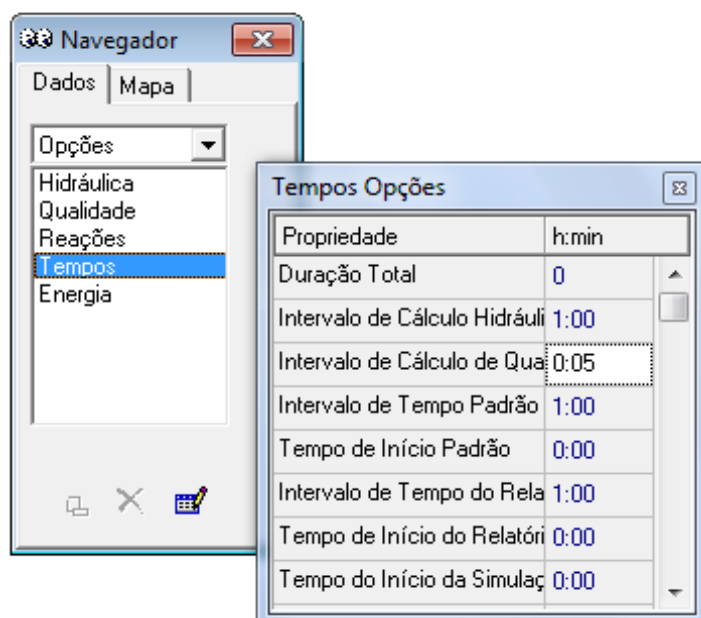


FIGURA 34 – JANELA TEMPOS OPÇÕES

Para criar o tempo padrão basta selecionar:

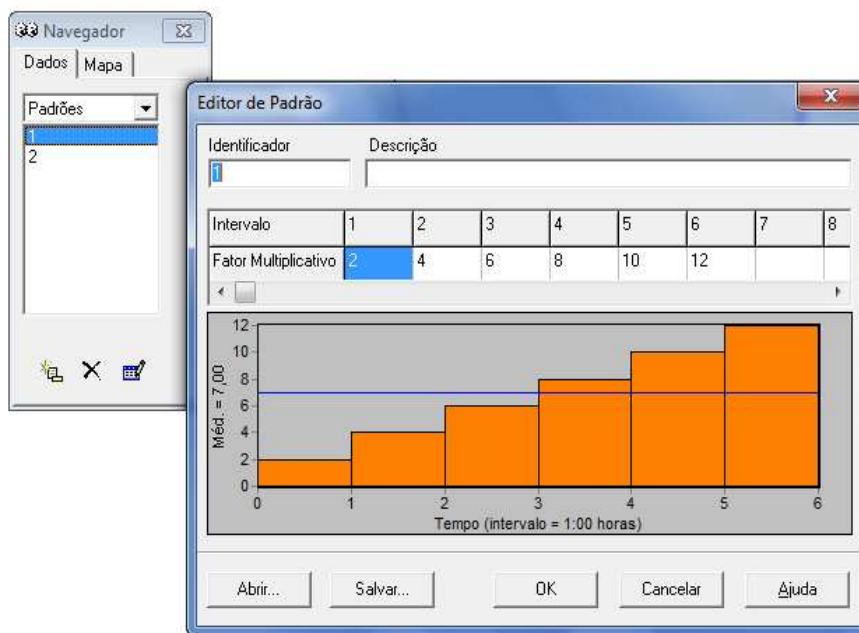


FIGURA 35 – CRIANDO TEMPO PADRÃO

Os fatores multiplicativos são utilizados para modificar o consumo, a partir de um valor base, em cada instante de tempo. Uma vez que a simulação tem uma duração total de 72 horas, o padrão é repetido no início da cada intervalo de 24 horas. O número do Identificador deve ser associado à propriedade Padrão de Consumo para todos os nós da rede.

Utilizar a caixa de diálogo de *Opções de Hidráulica* a partir da página de *Dados* da janela *Navegador*, para evitar editar individualmente as propriedades de cada nó.

Se editar a caixa de diálogo de *Opções de Hidráulica*, na página de *Dados* da janela *Navegador*, verificará que existe um item designado por Padrão. Se lhe atribuir o valor 1, tem-se que o Padrão de Consumo em cada nó será igual ao Padrão 1, desde que nenhum outro padrão seja atribuído ao nó.

Para atribuir o Padrão basta selecionar:

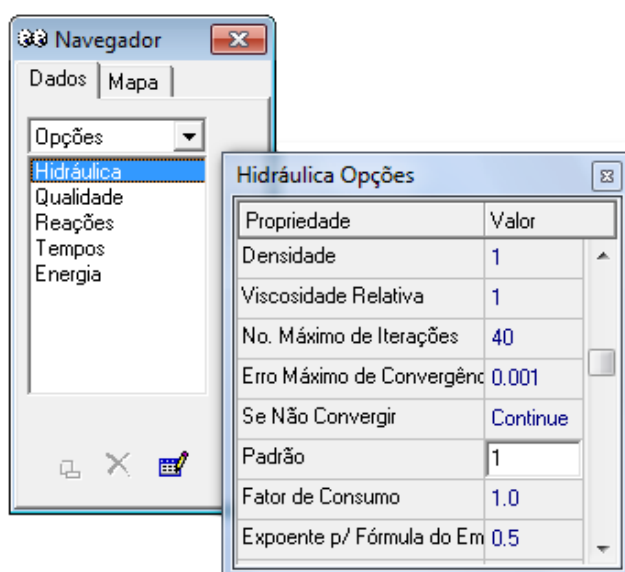


FIGURA 36 – JANELA HIDRÁULICA OPÇÕES

Para simulações dinâmicas dispõe-se de um maior número de possibilidades de visualização dos resultados:

A barra de deslocamento dos controles de Tempo, na página do Mapa da janela Navegador, é utilizada para visualizar as características da rede em diferentes instantes, ao longo do período de simulação. Experimente este modo de visualização dos resultados com a Pressão selecionada como parâmetro no nó e a Vazão como parâmetro no trecho;

Os botões de vídeo, na janela Navegador, permitem fazer uma animação do mapa ao longo do tempo. Clique no botão Para a Frente para começar a animação e no botão Parar para terminar. Para inserir setas de direção de escoamento na rede, selecione:

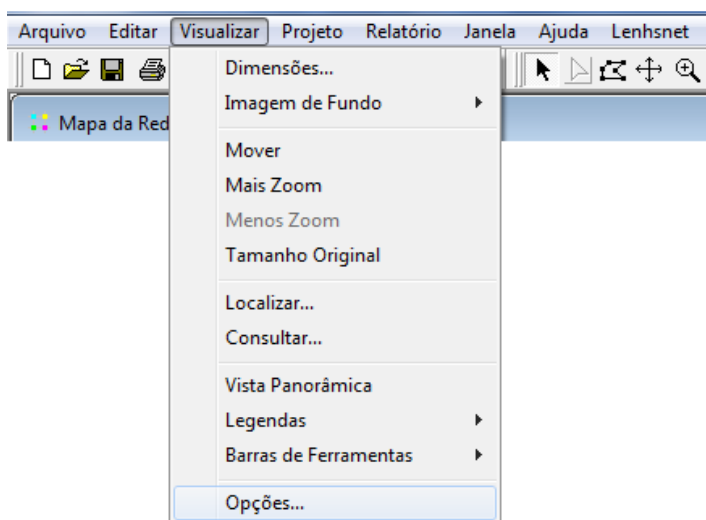


FIGURA 37 – ENTRANDO EM OPÇÕES

Abrirá esta janela:

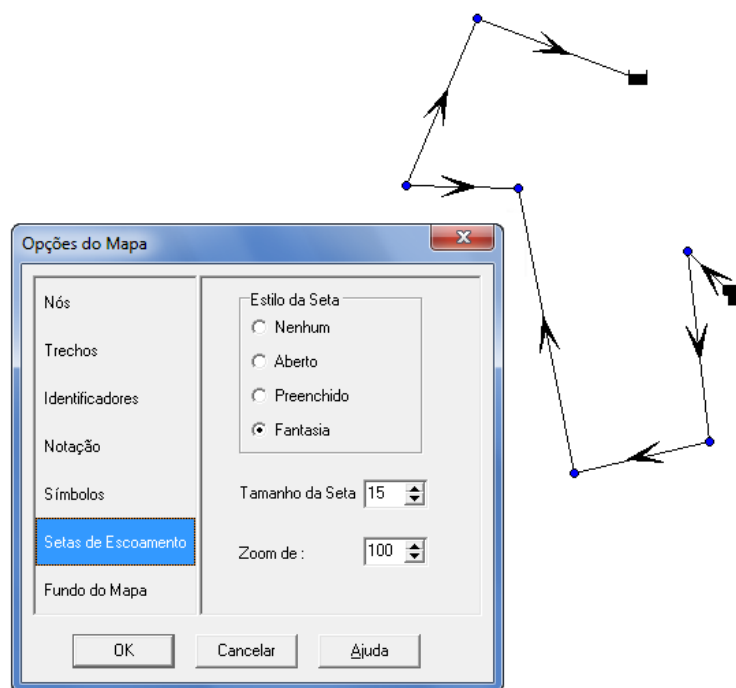


FIGURA 38 – CAIXA DE DIÁLOGO OPÇÕES DO MAPA

(A seguir, comece novamente a animação e observe a mudança de sentido do escoamento na tubulação que liga ao reservatório, à medida que este enche e esvazia ao longo do tempo.)

Para criar um gráfico de uma série temporal clique em um objeto do projeto e selecione:

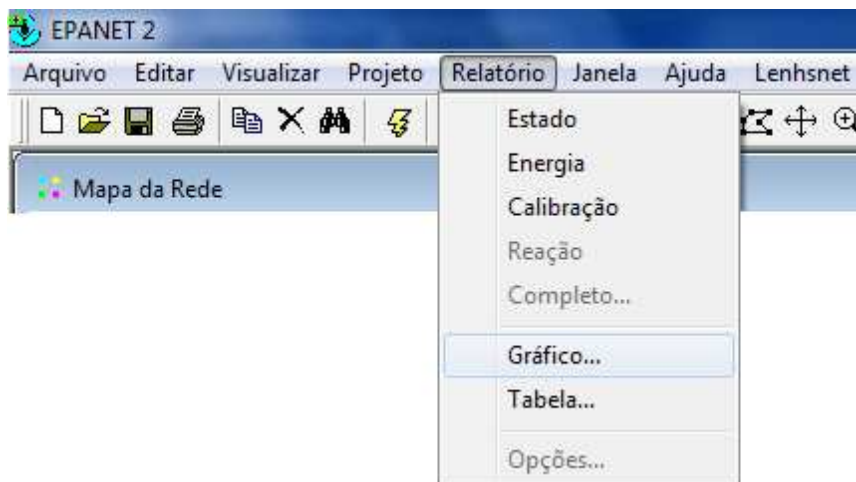


FIGURA 39 – ENTRANDO EM GRÁFICO

Ou clique em .

Abrirá esta janela:

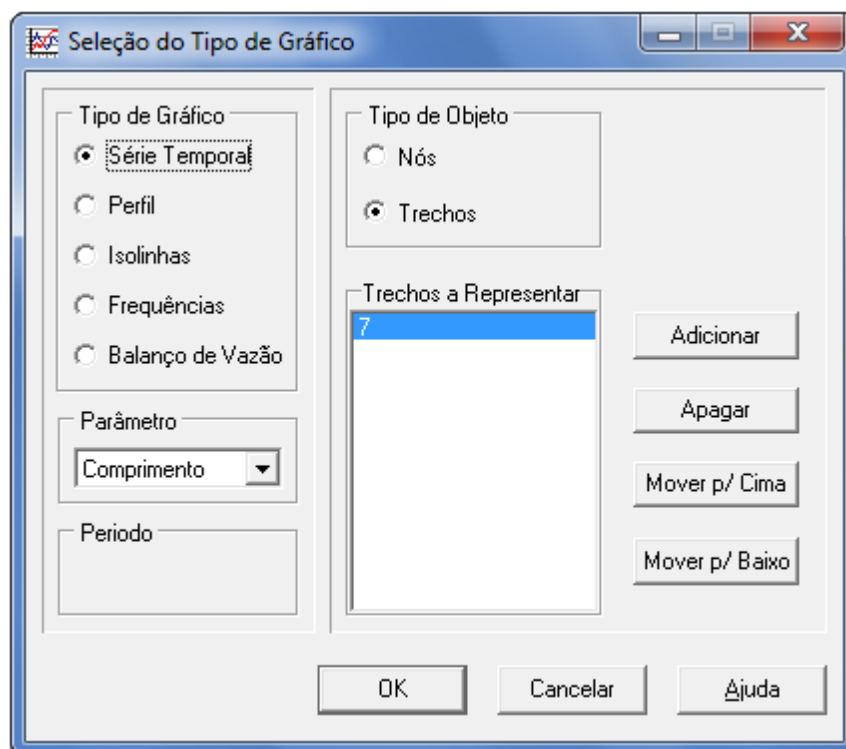


FIGURA 40 – CAIXA DE DIÁLOGO SELEÇÃO DO TIPO DE GRÁFICO

Clicando OK:

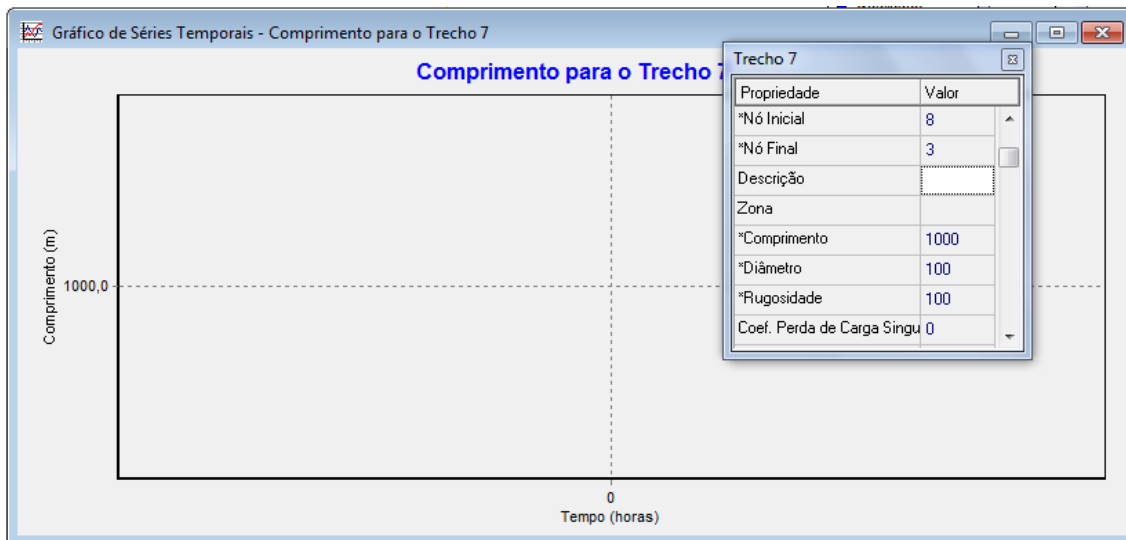


FIGURA 41 – GRÁFICO DE SÉRIES TEMPORAIS

4. QUALIDADE DA ÁGUA

4.1. CAPACIDADE DE MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA

Além da modelagem hidráulica, o EPANET fornece as seguintes possibilidades relativas à modelagem da qualidade da água:

- Modelagem do transporte de um constituinte não-reativo através da rede ao longo do tempo;
- Modelagem do transporte, mistura e transformação de um constituinte reativo, à medida que este sofre decaimento (p.ex., cloro residual) ou crescimento (p.ex., um subproduto da desinfecção) com o tempo;
- Modelagem do tempo de percurso da água através da rede;
- Cálculo da porcentagem de vazão que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo (p.ex., cálculo da importância relativa de duas origens de água diferentes);
- Modelagem de reações de decaimento do cloro no volume do escoamento e na parede da tubulação;
- Utilização de cinéticas de ordem “n” para modelar reações no volume do escoamento em tubulações e reservatórios;
- Utilização de cinéticas de ordem 0 ou 1 para modelar reações na parede das tubulações;
- Definição de limites para a transferência de massa na modelagem de reações na parede;
- Permitir que as reações de crescimento ou decaimento sejam controladas por um valor de concentração-limite;
- Aplicação a rede de coeficientes de reação globais, que podem ser modificados individualmente para cada tubulação;
- Possibilidade de relacionar o coeficiente de reação na parede com a rugosidade da tubulação;
- Definição de variação temporal da concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto da rede;
- Modelagem de reservatórios de armazenamento de nível variável como reatores de mistura completa, de escoamento em embolo ou ainda de mistura com dois compartimentos.

Aproveitando as possibilidades antes citadas, o EPANET pode efetuar os seguintes tipos de análise:

- Mistura de água a partir de diversas origens;
- Determinação do tempo de percurso da água através de um sistema;
- Determinação da perda de cloro residual;
- Determinação do crescimento de subprodutos da desinfecção;
- Rastreo da propagação de contaminantes ao longo da rede.

4.2. COMO EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA

O caso mais simples a se analisar diz respeito ao crescimento da idade da água através da rede, ao longo do tempo. Para efetuar esta simulação basta selecionar a **Idade** como parâmetro na caixa de dialogo de **Opções de Qualidade** (selecione **Opções >> Qualidade** a partir da página de **Dados** da janela **Navegador** e, a seguir, clique no botão **Editar** para mostrar a janela do **Editor de Propriedades**). Execute a simulação e selecione **Idade** como parâmetro a visualizar no mapa.

Ao contrario da variação do nível de água, 72 horas de simulação não é tempo suficiente para que se verifique um comportamento periódico da idade da água no reservatório (a condição inicial pré-definida é começar em todos os nós com idade 0). Experimente repetir a simulação fixando 240 horas de duração ou atribuindo uma idade inicial de 60 horas para o reservatório (introduza 60 como valor de **Qualidade Inicial** na janela do **Editor de Propriedades** do reservatório).

Para simular o transporte e o decaimento do cloro através da rede, fazem-se as seguintes alterações aos dados de simulação:

- Selecione **Opções >> Qualidade** para editar a caixa de dialogo a partir da pagina de **Dados** da janela **Navegador**;
- No campo de parâmetro do **Editor de Propriedades** escreva a palavra Cloro;
- Mude para **Opções >> Reações**, na janela **Navegador**;
- Para o Coeficiente de Reação no **Volume do Escoamento** introduza a taxa de decaimento do cloro (por ex. 2.5). Este coeficiente traduz o decaimento devido a reações no volume do escoamento ao longo do tempo. Este valor do coeficiente será atribuído a todas as tubulações da rede. Pode editar individualmente este valor para cada tubulação, se for necessário, clique no nó reservatório de nível fixo e atribua à propriedade **Qualidade Inicial** o valor 1.0. Esta será a concentração de cloro que é introduzida, de modo continuo, na rede (reponha a qualidade inicial no reservatório de nível variável para 0 se a tiver alterado);
- Execute nova simulação;
- Utilize os **Controles de Tempo**, na página do **Mapa** da janela **Navegador**, para visualizar a variação dos níveis de cloro com a localização na rede e com o tempo ao longo da simulação.

5. REFERÊNCIAS

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. Ed. São Carlos: EESC – USP, 1999.

Política Nacional dos Recursos dos Hídricos.

Tratamento de água. Disponível em:

<<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=23&sid=98&tpl=printerview>>;

NETTO, L. F. **Água em repouso/movimento.** Disponível em:

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_58.asp>;

Manual do usuário EPANET 2.0. Disponível em:

<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/epanet/manual_do_epanet_brasil.pdf>.