

CALIBRAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UMA PEQUENA LOCALIDADE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET

Ganem, Livia^{1}; Martinez, Carlos Barreira²; Jacob, Ana Claudia³*

Resumo – A demanda por insumos básicos na população brasileira aumentou nos últimos anos. No caso da água sabe-se que um dos fatores que impactam fortemente a demanda é a renda das famílias. Desta forma o aumento da renda média da população representa um aumento do consumo de água. Ocorre que abastecer a população com água tratada de qualidade é uma atividade complexa, que implica em interferências significativas sobre a infra-estrutura urbana, incluindo o lançamento de tubulações e demais acessórios nas vias públicas. A maior dificuldade, pelas próprias características das tubulações é a visualização de danos e perdas nas mesmas. Uma das maneiras de minimizar esse problema é fazer um monitoramento dos sistemas visando controlar vazão e pressão em subáreas do mesmo. Devem-se utilizar também modelos de simulação que possam reproduzir as vazões e pressões que ocorrem nos sistemas. Um software que permite a criação destes modelos é o EPANET. Entretanto esses modelos devem ser calibrados para que os resultados se aproximem o máximo da realidade, e permitam propor cenários futuros com maior precisão. Apresenta-se nesse trabalho um estudo de calibração e proposição de melhorias de um sistema de abastecimento de água de uma pequena localidade.

Palavras-Chave – EPANET, calibração de modelo, controle de perdas.

CALIBRATION AND PROPOSING BETTER OF WATER SYSTEM SUPPLY OF A SMALL TOWN USING EPANET SOFTWARE

Abstract – The demand for basic materials in Brazilian population has increased recent years. In the case of water it is known that one of the factors impact heavily demand is household income. Thus the increase in average income of the population is an increase in water consumption. It happens that supply the population with quality drinking water is a complex activity and involves significant interference on urban infrastructure with the launch of pipes and other accessories on public roads. The greatest difficulty we face, owing to the characteristics of the networks, is to view damage and loss in them. One way to minimize this problem is to make a monitoring system that involves the submetering system in order to control flow and pressure of each area of the system. They should also use simulation models that, from a set of data collected in field stations, can calculate flow rates and pressures that occur in other parts. One of these models is an EPANET. However, this model should be calibrated so that the results are correct in proposing future scenarios. The presentation of this work has a study of calibration and propositions of better system for water supply of a small town.

Keywords – EPANET, calibration model, loss control.

¹ Ganem Engenharia LTDA EPP, livia@ganemengenharia.com.br.

² Centro de Pesquisas Hidráulicas e Recursos Hídricos (CPH) – Universidade Federal de Minas Gerais, martinez@cce.com.br

³ Ganem Engenharia LTDA EPP, ana@ganemengenharia.com.br.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho mostra o estudo do sistema de abastecimento de água de uma cidade de pequeno porte. O estudo de caso contempla o diagnóstico, a análise operacional e a proposição de melhorias para o referido sistema de abastecimento de água. Como diretriz geral para os estudos de análise operacional está a criação de um cenário para um horizonte de 20 anos.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo resume-se em quatro fases: (i) a modelagem do sistema de distribuição a partir do *software* EPANET; (ii) a calibração do modelo; (iii) o diagnóstico do sistema existente a partir da simulação dinâmica do modelo em período mínimo de 24 horas; e (iv) a proposição de cenários com melhorias no abastecimento de água do setor.

A primeira fase, de modelagem do sistema, consiste na reunião do maior número de dados pertinentes ao estudo e do lançamento no simulador EPANET das principais unidades como redes, estações de tratamento, reservatórios, unidades elevatórias e controles operacionais. O intuito dessa fase é o conhecimento físico do sistema e como é operado.

A segunda fase, de calibração do sistema, consiste no carregamento do modelo com as vazões consumidas e perdas, e no refinamento do cadastro físico e das informações de operação, de forma a se obter do modelo matemático resultados compatíveis com os dados reais de vazão, pressão, e nível de reservatório, medidos em campo.

Para nortear a fase de calibração contou-se com uma campanha de medições pitométricas de vazão e pressão em diversos pontos pré-estabelecidos, além dos registros de nível de reservatório no mesmo período. A determinação dos consumos utiliza a informação do volume micro medido consumidos por ligação. O carregamento dos consumos nos nós do modelo se baseia na posição das ligações que se encontram georeferenciadas. Utiliza-se a metodologia dos polígonos de Thiessen para distribuir os consumos das ligações de água aos nós do modelo.

Confrontando as informações das curvas de vazão resultantes da campanha de medição, que correspondem ao consumo macromedido no sistema, com os resultados da micromedição, determina-se, os valores médios de perdas totais existentes na distribuição. A distribuição das perdas totais em perdas físicas e perdas aparentes leva em conta a observação das vazões mínimas noturnas na macromedição, pode-se considerar que quase a totalidade da vazão mínima noturna é relativa a perdas físicas, Tisutiya (2005).

O consumo nodal no modelo pode ser dividido em duas parcelas. A primeira parcela corresponde ao consumo efetivo dos clientes, determinada pela soma do consumo micromedido com as perdas aparentes e que deve ser afetado por um padrão de consumo horário pré-estabelecido, que é calculado através da curva de vazão adimensionalizada que abastece o sistema. A segunda parcela corresponde a uma saída de vazão que depende diretamente das pressões existente no ponto, e pode ser utilizada para simular as fugas do sistema, ou seja, as perdas reais. A parcela de perdas aparentes atribuída a cada nó é proporcional a este consumo micromedido. Já a parcela de perdas reais atribuída ao nó levou em conta o semi comprimento dos trechos que convergem para este nó.

A terceira fase, de diagnóstico do sistema existente, baseia-se nos resultados da simulação em tempo estendido do modelo matemático, previamente calibrado. Nesta fase foram utilizados os dados do mês de maior consumo dos últimos doze meses, visando retratar a situação mais crítica na

qual o sistema foi submetido. Esta fase permite que seja efetuada a análise operacional do sistema, ou seja, permite conhecer em detalhes o seu comportamento ao longo do tempo.

No diagnóstico são avaliados vários parâmetros, entre os quais, os resultados de (i) pressão, que indicam as regiões que trabalham com baixas pressões ou com pressões excessivas; (ii) perda de carga, revelando os trechos que trabalham com perdas de carga excessivas; (iii) carga hidráulica nos reservatórios, que permite identificar possíveis esvaziamentos dos mesmos; (iv) horário de funcionamento das bombas, permitindo avaliar a eficiência energética no sistema.

O conhecimento da realidade operacional do sistema de distribuição permite intervir nas deficiências do mesmo de forma sistematizada, propondo cenários mais otimizados que melhorem substancialmente a eficiência do sistema de abastecimento. Na fase quatro, proposição de cenários para melhoria do sistema, projeta-se a setorização do sistema de distribuição visando facilitar a futura implantação de programas de avaliação e redução de perdas. Foram avaliados dois cenários de projeto, um para atender ao alcance final, de 20 anos, e outro que atenda a um cenário mais imediato, de 5 anos, visando minimizar as obras necessárias à implantação da setorização do sistema e conseqüentemente, viabilizando a implantação de programas de avaliação e combate de perdas de forma mais imediata.

SIMULADOR EPANET

O simulador hidráulico utilizado no presente trabalho foi o *software* EPANET 2.0[®], desenvolvido e distribuído gratuitamente pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA, 2013). O Simulador EPANET compreende um conjunto de funções que permitem efetuar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em sistemas de distribuição de água sob pressão. Este modelo utiliza o método híbrido nó-malha para resolver as equações da continuidade, da conservação da energia e da lei de resistência ao escoamento, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA EXISTENTE

O sistema existente, localizado no interior de um Estado Brasileiro, conta com uma estação de tratamento de água, dois reservatórios, um com 270 m³, e o outro com 50 m³, cinco unidades elevatórias e aproximadamente 40 km de rede de distribuição, que variam entre os diâmetros de 40 mm e 200 mm.

DADOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES

População

A população residente na área de estudo foi determinada com base nos dados do censo do IBGE (IBGE, 2010). Confrontou-se o polígono de delimitação da área de estudo com os limites dos setores censitários. Segundo dados do IBGE (2010) a população residente na área de estudo é de 5 961 habitantes. O crescimento populacional para o alcance de projeto de 20 anos foi determinado por uma equação de primeiro grau, com base nos dados dos censos de 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. A taxa de crescimento média resultante foi de 1.55% ao ano.

Demanda Macromedida

Para determinação da vazão distribuída no sistema foram avaliados os dados resultantes da campanha de medição de campo. Após avaliados os resultados da campanha de campo para todos os pontos medidos optou-se pela utilização dos dados de um dia específico para serem utilizados como parâmetro de comparação no processo de calibração do modelo matemático do sistema. Esse dia foi escolhido porque apresentou um comportamento uniforme ao longo de todos os pontos de

medição. O volume de água distribuído no setor foi determinado pela curva de vazão na saída da estação de tratamento de água.

Demanda Micromedida

Para avaliar a demanda da área de estudo foram utilizadas as informações georreferenciadas constantes no banco de dados comercial da companhia responsável pelo abastecimento de água. Os dados foram disponibilizados em forma de arquivo do tipo *shapefile* contendo a posição georreferenciada e as informações de consumo micromedido, número de economias, tipo e situação atual das ligações, para cada usuário do sistema. Com o auxílio de um *software* de georreferenciamento foi possível efetuar-se o processamento dos dados de consumo de forma integrada ao modelo matemático do sistema. Algumas rotinas computacionais foram desenvolvidas especificamente para facilitar este trabalho.

Inicialmente criou-se um polígono representativo da área de estudo. Em seguida foram criados polígonos de influência para cada nó do modelo matemático criado no EPANET. Promoveu-se a interseção desta malha de polígonos com as informações georreferenciadas dos clientes do sistema. Esta interseção permitiu definir, com bastante precisão, o consumo em cada nó do modelo.

PERDAS NO SISTEMA

O volume total de perdas no sistema é determinado pela diferença entre os volumes macromedido e micromedido contabilizados para área de estudo. Este volume é dividido em duas parcelas, sendo uma correspondente às perdas aparentes ou comerciais, e a outra às perdas físicas.

As perdas aparentes (ou perdas não físicas de água) são constituídas pelos consumos não autorizados (furto a uso ilícito), e pelos erros de medição dos hidrômetros. As perdas reais (ou perdas físicas de água) correspondem ao volume perdido no sistema de adução e distribuição através de fugas, rupturas e extravasamentos e que podem ocorrer na captação, adução, tratamento, reserva e distribuição (incluindo os ramais de serviço), até ao hidrômetro do cliente.

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

Após a realização da simulação hidráulica no EPANET recorreu-se ao relatório de calibração para que, visualmente, se procedesse à comparação dos dados medidos com os dados calculados. Para as situações de distorção, foram realizados ajustes na rugosidade das tubulações, na abertura de registros, nos padrões de consumo diário, nas curvas de bomba, e, principalmente, foram verificados os possíveis dados altimétricos divergentes e as falhas de cadastro, Jacob (2006).

Com o modelo matemático devidamente calibrado é possível avaliar as deficiências no sistema de distribuição quanto às pressões insuficientes, desconexão (falta de água) e também conhecer onde há perdas de carga excessiva. A modelagem é feita levando em consideração todos os fatores operacionais atuantes, tais como: horário de partida de bomba e seu desligamento, variação de velocidade de rotação das bombas, perdas de cargas localizadas, válvulas de controle de pressão ou de vazão, variação de nível de reservatório, variação horária da demanda.

A seguir são apresentados os resultados de comparação entre valores aferidos em campo e calculados a partir da simulação, para os parâmetros pressão e vazão, nos diversos pontos avaliados no processo de calibração.

Calibração de pressão

A Figura 1 apresenta a correlação entre os valores médios de pressão resultantes da simulação do modelo calibrado e as pressões medidas em campo.

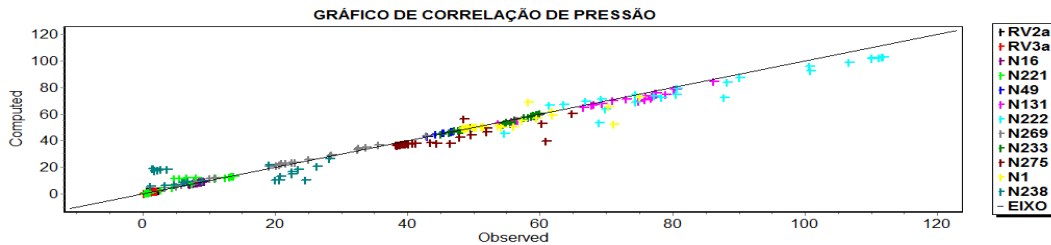


Figura 1- Correlação entre os valores médios de pressão medidos e calculados.

A Figura 2 apresenta a comparação entre a variação horária da pressão medida e da pressão simulada nos pontos de calibração avaliados.

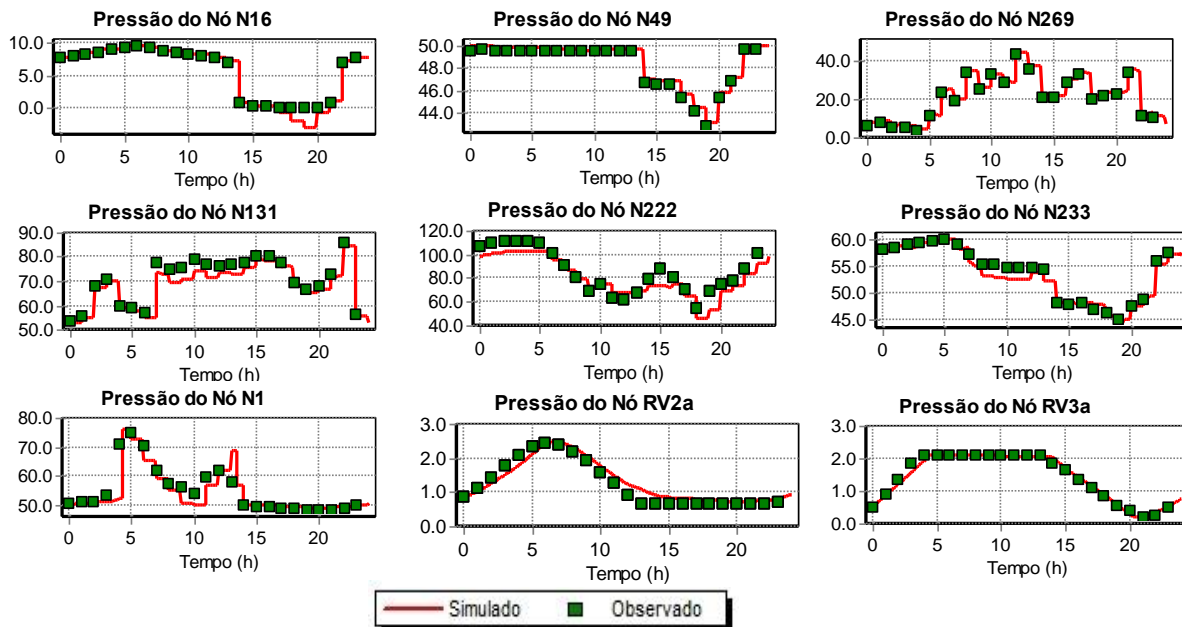


Figura 2- Variação horária de pressão entre os valores observados e calculados

No nó N16 há uma pequena diferença entre os valores medidos e calculados das 18 às 20 horas, pois segundo a equipe de campo, essa tubulação estava em calha nessas horas, e o aparelho de medição não consegue medir uma tubulação não pressurizada. O nó N16 está localizado logo a jusante do nó N49, e considerou-se que as medições desse estão corretas, pois o tubo estava pressurizado. Dessa forma, justifica-se o mesmo comportamento das 18 às 20 horas em ambos os pontos. do sistema. Os nós RV2a e RV3a representam os reservatórios do sistema, e pela Figura 2 é possível ver o funcionamento dos mesmos.

O relatório de calibração de pressão gerou uma correlação entre os valores médios de 0.982, esse valor está bem próximo de 1, o que justifica a confiabilidade dos resultados. Tanto visualmente, quanto estatisticamente é possível perceber que os dados medidos estão bem próximos dos dados calculados.

Calibração de vazão

A Figura 3 apresenta a comparação entre a variação horária da vazão medida e da vazão simulada nos pontos de calibração do sistema.

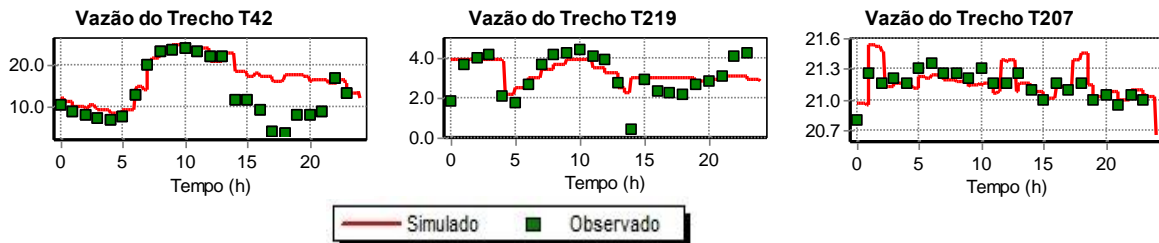


Figura 3- Variação horária da vazão entre os valores simulados e observados.

O trecho T42, localizado na descida do reservatório, representa toda a vazão distribuída no sistema. A variação observada entre as 13 e as 21 horas reflete o erro de medição ocorrido no período em que a tubulação não se encontra pressurizada dada a falta de água no reservatório (Figura 2 – nó RV2a). Neste horário, a coluna de água desce, há o esvaziamento do reservatório, provocando entrada de ar na tubulação e comprometendo o resultado das medições. Tomou-se a decisão de ajustar esta curva de vazão, elevando os valores medidos no período de 13 a 21 horas, na tentativa de se aproximar do consumo real ocorrido. Esta decisão pondera que apesar da coluna abaixar continua sendo distribuído água para o sistema e resultou no ajuste da curva de calibração do reservatório.

A tubulação T219 apresentada Figura 3 abastece uma região mais distante do reservatório. Como a vazão que vai abastecer essa localidade é muito pequena, esta é pouco sensível a variações de padrão, assim sendo, houve dificuldade de ajustar perfeitamente a vazão simulada, no entanto o resultado obtido pode ser considerado bom. Devido todas as imprecisões do sistema, pode se considerar que os pontos de vazão estão bem calibrados, mesmo apresentando algumas distorções.

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

Para otimizar a gestão de sistemas de abastecimento de água é necessário conhecer, em pormenor, a forma como o consumo de água se processa no tempo e no espaço, assim como os fatores que o afetam e o condicionam. Trata-se de um problema muito abrangente, cuja solução deve se basear na conjugação de informações inerentes a várias áreas de conhecimento, tais como: a técnica, a operacional, a de manutenção e a de obras.

A definição da concepção operacional de um sistema de abastecimento de água constitui-se por um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e informações necessárias para caracterizar tal sistema. A caracterização física dos componentes do sistema em conjunto com as informações pertinentes ao consumo de água do setor é de fundamental importância para a modelagem hidráulica e conseqüentemente para o diagnóstico do sistema estudado. O diagnóstico do sistema foi determinado a partir dos resultados das simulações com base no modelo matemático calibrado desenvolvido no *software* EPANET.

Para que as pressões de recalque se ajustassem bem aos pontos medidos, foi necessário em todas as unidades elevatórias reduzir a altura manométrica das curvas das bombas fornecidas no catálogo do fabricante. Essa é uma prática comum, pois dificilmente a bomba instalada representa fielmente a curva de bancada, principalmente após o seu desgaste no tempo.

Foram observadas pressões elevadas em boa parte do sistema, sendo que em algumas áreas, medem-se pressões que ultrapassam os 100 mca. A região estudada trata-se de uma área extremamente sinuosa. Além das pressões elevadas, também se verificou pressões negativas em alguns pontos altos do sistema, ou seja, dificuldade de abastecimento.

Durante a campanha de medição também foram verificadas falhas em um dos reservatórios do sistema. O reservatório extravasa durante a noite, quando o consumo é bem baixo e atinge nível nulo de água durante o dia, em que o consumo é alto. Devido a todas as deficiências desse sistema serão apresentadas alternativas de melhoria, com base nas demandas solicitadas pela equipe gestora e nos problemas avaliados no diagnóstico do mesmo.

PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Devido ao fato do diagnóstico mostrar que o sistema está deficiente verifica-se a necessidade prioritária de programar a melhoria da qualidade dos serviços de abastecimento de água prestados aos utilizadores. Contudo, o conceito de serviço de boa qualidade depende do estado de evolução da entidade gestora e do sistema em questão. Em geral, a qualidade dos serviços do sistema de abastecimento de água pode dividir-se em três vertentes principais, consoante o objetivo principal da entidade gestora: a abrangência do atendimento, a qualidade técnica dos serviços prestados, o estado de desenvolvimento sustentável em termos sociais, econômicos e ambientais.

O presente estudo apresenta como principais objetivos a estabilização do abastecimento de água da população da região e a permanência das pressões na faixa normalizada (entre 10 e 50 mca), que se traduz na diminuição direta do volume de água perdido em fugas e vazamentos, Jacob (2006). Adicionalmente, pretende-se definir a setorização do município, ou seja, a sua subdivisão em distritos de medição e controle, bem como adequar o funcionamento de *boosters* e válvulas de redução de pressão (VRP).

Cenários Propostos

Para o cenário proposto adequou-se os consumos de água do modelo com base no crescimento populacional definido para a região, para o alcance de 20 anos, que é o usual nesse tipo de trabalho. Foram necessárias diversas intervenções no sistema visando resolver os problemas de abastecimento da região e promover a adequação do sistema atual ao do ano futuro. Algumas dessas proposições foi o projeto de um novo reservatório com capacidade de 500 m³, a substituição da adutora de 150 mm para 250 mm, cerca de 3,5 km, e a substituição da bomba da ETA, para que o sistema funcione adequadamente com o novo ponto de trabalho. Também foram projetadas intervenções em determinadas áreas como, a implantação de redes de distribuição, a criação de setores controlados por válvulas redutoras de pressão, a alteração ou desativação de *boosters*, além da interligação e do seccionamento de redes em vários pontos do sistema. Com o cenário final já finalizado (alcance de 20 anos), foi realizada a adequação do sistema para o carregamento do cenário intermediário. Nesse caso optou-se por utilizar um intervalo intermediário de 5 anos, que também é o usual nesse tipo de trabalho. A elaboração do cenário intermediário consiste na eliminação das intervenções propostas para o cenário final e que não se fazem necessárias neste cenário.

Visando a melhoria do abastecimento de água, foram projetados três distritos de medição e controle, dez áreas de válvulas redutoras de pressão, a desativação de um *booster*, e a substituição das bombas dos demais, além do reforço de redes em diversos diâmetros. Vale ressaltar, que todas essas proposições de melhorias, foram feitas checando o sistema como um todo nos resultados do modelo.

Na Figura 4 é possível visualizar as melhorias propostas em uma determinada área do sistema, na situação atual existem pressões negativas (pontos vermelhos) e pressões elevadas acima de 50 m (pontos azul escuros). Já no cenário futuro, com as intervenções propostas todas as pressões da área encontram-se dentro do intervalo adequado de 10 m a 50 m (pontos azul claros).

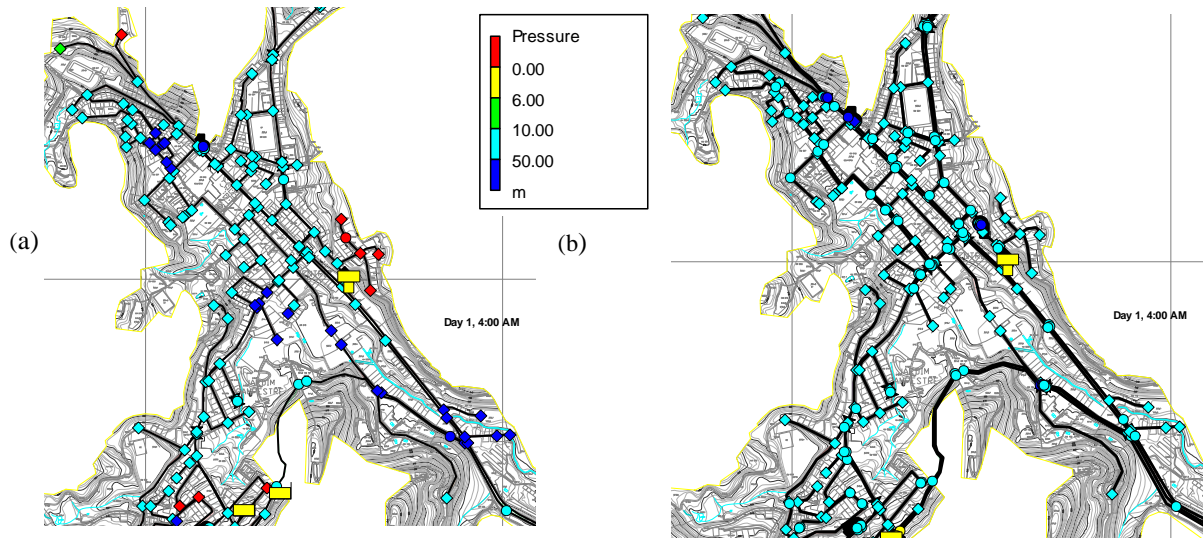


Figura 4- Mapeamento espacial das pressões às 4:00 horas: (a) na situação atual e (b) no cenário futuro.

CONCLUSÃO

Pode-se observar que os valores obtidos a partir da simulação com o EPANET, após o ajuste dos parâmetros, são bastante próximos aos medidos no sistema de abastecimento de água. A partir desse cenário é possível se proceder ao diagnóstico do sistema. Também é possível fazer um conjunto de simulações que vão dar suporte as ações de melhoria e de otimização do sistema em questão. Com o sistema calibrado é possível fazer o diagnóstico do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Ganem Engenharia LTDA EPP, a FAPEMIG ao CNPq e a ELETROBRAS pelo apoio dado ao desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

EPA – U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Disponível em: <http://www.epa.gov> – Acesso em 25/04/2013.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - Disponível em: <http://arcscripsts.esri.com> - Acesso em: 16/04/2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Resultados no Censo 2010 – Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados> - Acesso em 20/03/2013.

JACOB, A.C.G.L. (2006) *Avaliação de perdas em sistemas de distribuição de água*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa - Portugal.

TISUTIYA, M.T. (2005) *Abastecimento de água*. 2 ed. São Paulo- SP, Ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.