

Uso de Softwares gratuitos (SPRING e EPANET) na simulação de pressão e vazão de uma rede de abastecimento de água

Sandro Henrique de Faria¹
Maria Lúcia Calijuri¹
Júlio César de Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV
Cep 13416-000 - Viçosa - MG, Brasil
sanhfari@yahoo.com.br, {calijuri, oliveirajc}@ufv.br

Abstract. The Geographic Information Systems are computerized systems that are used to store and manipulate data geographically referenced, and has wide applicability in solving of various problems facilitating the decision making by analysts. The bodies managing water supply systems are also segments that may benefit from these tools. This article aims to show the integration of free software such as SPRING, EPANET, and also free images obtained from Google Earth to the track of new networks of water supply in Viçosa – MG, evaluating the impact that this new system water supply will result in an existing network, ensuring the flow rates and pressures minimum necessary for the operation of both networks, describing the methodology used for integration of software and construction of water supply system, supplying the demand, the amount and with pressures appropriate for their various uses, and provided with operational safety. After finish a simulation in EPANET, check the bad functioning of the system with points of low pressure. A solution adopted was the construction of a water reservoir. The SPRING was effective in the representation and manipulation of data, showing to be a powerful tool to aid the professionals who work in this area in the analysis necessary for the proper management of water supply systems.

Palavras-chave: GIS, hydraulic simulation model, water supply system, *SIG*, modelo de simulação hidráulica, sistema de abastecimento de água.

1. Introdução

O EPANET é um programa gratuito para simulação hidráulica criado pela agência de proteção ambiental dos EUA (USEPA), e constituído como um poderoso simulador hidráulico de condutos forçados. O programa pode determinar o fluxo da vazão em cada tubo, a pressão em cada nó, o nível de cada reservatório, a concentração de uma determinada espécie química através da rede durante um período de simulação compreendido de múltiplos intervalos de tempo e consumo de energia. Uma simulação de idade da água e de sua origem pode ser também realizada dentre outras possibilidades. O download gratuito do programa pode ser feito no seguinte sítio da Internet: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/epanet.html>.

Porém, a falta de um ambiente gráfico no EPANET, apropriado para a digitalização da rede sobre uma imagem de satélite, bem como a obtenção das características espaciais dos nós da rede, podem ser citados como pontos negativos do sistema. No entanto, a solução destes tipos de problemas, assim como, a gestão de sistemas de abastecimento de água, podem ser realizadas em Sistemas de Informações Geográficas (*SIG*). Segundo Dorca *et al.* (2006) a partir de uma base georreferenciada existem diversas possibilidades para manuseio destes tipos de informações, como, por exemplo, a visualização completa da rede, suas características, visualização de dados dos usuários, simulação do funcionamento do sistema e análise e verificação da disponibilidade de água no sistema de abastecimento. Assim, o uso de *SIG* nas análises de funcionamento de uma rede de abastecimento de água, pode auxiliar seus gestores na manutenção, prevenção, visualização, avaliação e análise do sistema de abastecimento de água.

Um *SIG* é projetado para a coleta, o armazenamento e a análise de objetos e fenômenos onde a localização geográfica é uma característica importante ou fundamental para as análises. O número, o tipo de aplicações e as análises que podem ser realizadas por um *SIG* são tão grandes e diversas quanto à disponibilidade dos conjuntos de dados geográficos,

segundo Calijuri (2008). Frente a estas várias aplicações, na área de gerenciamento urbano, está à gestão de sistemas de abastecimento de água, que abrange uma grande quantidade de informações que se ampliam a cada dia com o desenvolvimento e crescimento das pequenas e grandes cidades.

O SPRING é um *SIG* com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica do terreno e consulta a bancos de dados espaciais, desenvolvido pelo INPE/DPI e disponível gratuitamente pela internet, Câmara et al. (1986).

Além de possibilitar uma maior economia, tanto para empresa de saneamento administradora do sistema quanto para o consumidor, as funcionalidades de um *SIG* são fundamentais para o gerenciamento de rede de abastecimento, como por exemplo: localização e estado conservação das tubulações; armazenamento e atualização de informações da rede e dos consumidores. Além disso, sistemas de informações geográficas auxiliam o gerenciador da rede na predição de mudanças, bem como no planejamento de obras de conservação ou expansão.

Este trabalho trata da integração dos softwares SPRING e EPANET, na simulação de pressão e vazão de uma rede de abastecimento de água, causada pela expansão da rede já existente no município de Viçosa – MG. Como objetivo específico, este trabalho vai avaliar se as ferramentas utilizadas auxiliam o gerenciador da rede sobre as demandas de pressão e vazão do novo sistema de abastecimento.

2. Metodologia de Trabalho

Para a realização das análises propostas no presente estudo, foi definido como área de estudo o Bairro Bom Jesus na cidade de Viçosa – MG. A escolha se baseou nas características da região, pois o bairro apresenta áreas potenciais para a expansão urbana além de possuir uma variação altimétrica considerável para verificação da pressão e vazão nos pontos da rede.

Com o objetivo de auxiliar no projeto geométrico do loteamento a ser implantado neste estudo, foi realizada a coleta da imagem de satélite da região por meio da base de dados disponível no Google Earth. Além da imagem, foi adicionado à base de dados as informações altimétricas da região, representadas por meio de curvas de nível, bem como as informações geográficas da rede de abastecimento de água do município.

Contudo, para que a imagem possa ser utilizada, ela deve estar georreferenciada ao sistema de coordenadas dos demais temas existentes. A correção geométrica tem a função de reorganizar os “pixels” da imagem em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica. O processo de correção de geométrica da imagem envolveu a escolha de pontos notáveis sobre a mesma e a posterior identificação e coleta das coordenadas destes pontos de controle no sistema de projeção de referência. Para realização da correção geométrica foi utilizado o software SPRING.

Após a correção da imagem, foi importada as curvas de nível de 5 em 5 metros para auxiliar na escolha do posicionamento de ruas, quadras, lotes e o traçado da rede de abastecimento de água em áreas potenciais para a expansão urbana. Em seguida foram digitalizados os temas necessários para a confecção do novo bairro. Com o objetivo de representar graficamente a nova área de expansão urbana, foi criado um plano de informação cadastral com as seguintes informações: 8 quadras, contendo 203 lotes (com uma área média de 628 m²), e 7 ruas. Foi definida a representação espacial da rede em um modelo cadastral em virtude dos cálculos estatísticos dos lotes como: o número de residências, o número de membros e o consumo médio de cada família, serem informações essenciais para a definição do consumo da nova rede.

Após a representação do traçado geométrico da nova área, foi definida a nova rede de abastecimento de água, tendo como ponto de partida a rede de abastecimento de água existente no município e a disposição espacial das novas ruas projetadas. Cabe ressaltar que a

rede de abastecimento de água do município já estava com os parâmetros de pressão e vazão calibrados pela empresa que gerencia a rede (SAAE do município de Viçosa).

Em seguida foi gerado um Modelo Numérico do Terreno (MNT) da área de estudo, para a obtenção das cotas dos nós da rede. A imagem extraída do Google Earth, parte da rede de abastecimento de água atual, a rede do novo loteamento, as quadras e os lotes são apresentados na Figura 1.

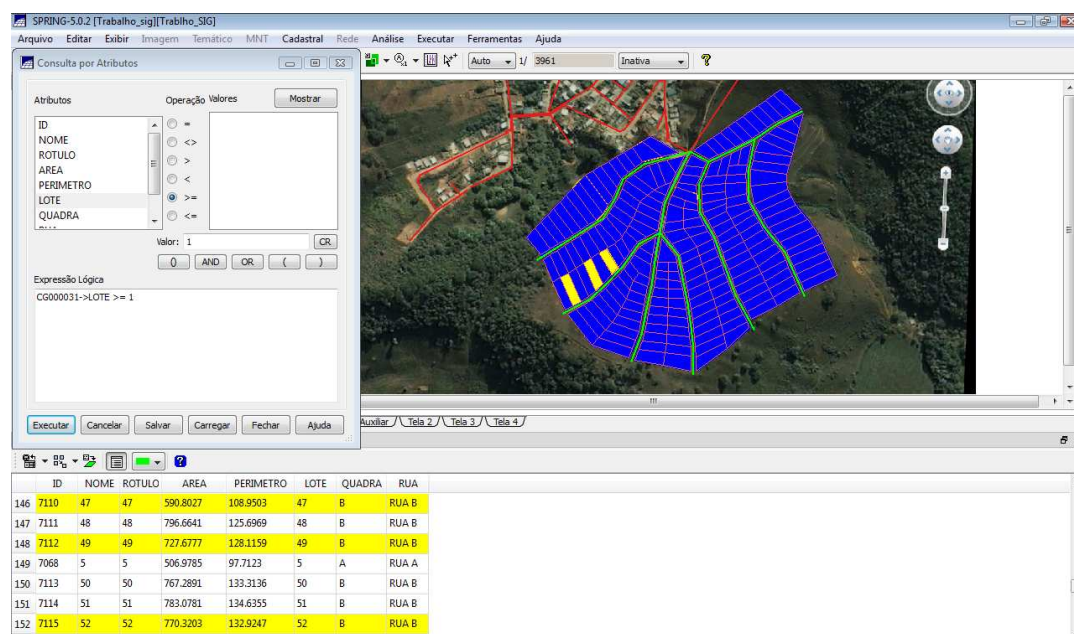


Figura 1. Imagem extraída do Google Earth georreferenciada, a rede atual em vermelho, a rede a ser implantada em verde, as quadras e os lotes em azul.

Após sua digitalização, a rede foi exportada para o formato *Shapefile* e posteriormente para o EPANET por meio do conversor shp2epa (disponível para *download* em <http://www.zonums.com/shp2epa_down.html>). Segundo Dias *et al.* (2000), a demanda de água tratada pela população de Viçosa é de aproximadamente 219,8 litros/habitantes/dia, com uma estimativa de quatro pessoas em média por residência. Por fim, tem-se em média um consumo de 880 litros/residência/dia para cada unidade imobiliária.

Um fator importante a se levar em consideração é o padrão temporal. Segundo Rossman (2000), o padrão temporal é um conjunto de fatores multiplicadores quem podem ser aplicados a um valor para representar que varia ao longo do tempo. As demandas nos nós, alturas dos reservatórios, programas de bombas e fontes da qualidade da água são padrões que podem ser associados ao tempo, ou seja, variam com o tempo. O padrão temporal adotado foi fornecido pelo SAAE. Este padrão elaborado corresponde ao período de 24 horas com um intervalo de 1 em 1 hora. Cada hora da simulação tem seu fator multiplicativo. Por exemplo, para definir o consumo correspondente às 09:00 horas da manhã, horário de maior consumo, basta ver na figura 2 o fator multiplicativo equivalente a este horário (2,512801). Este fator será multiplicado pelo consumo médio por hora, definido de acordo com o consumo por habitante/dia como definido anteriormente. A Figura 2 apresenta o gráfico de distribuição temporal adotado.

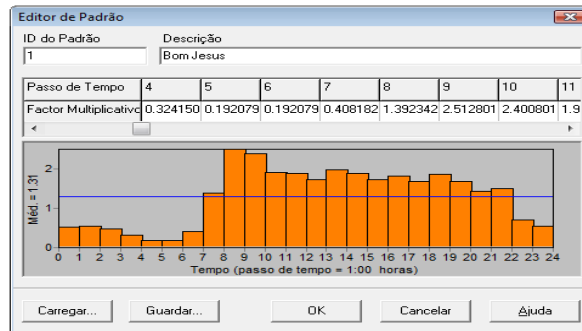


Figura 2. Distribuição temporal ao longo de 24 horas .

Com a rede de distribuição de água modelada, pode-se iniciar a simulação para a nova rede a ser implantada. Os parâmetros considerados no processo de simulação foram: a fórmula de perda de carga de *Darcy-Weisbach* por ser o mais exato teoricamente segundo Rossman (2000); unidade de vazão em *l/s*; o número máximo de iterações para resolver as equações de cálculo hidráulico foi de 40 iterações; o erro máximo de convergência adotado foi de 0,001; o período máximo de simulação foi de 48 horas com o cálculo hidráulico realizado de 1 em 1 hora.

Por meio do EPANET, os resultados podem ser visualizados na forma de gráficos, tabelas e também animações gráficas. No caso dos nós, os resultados fornecidos podem ser: altura piezométrica, pressão e qualidade da água. Os dados necessários de atribuir aos nós são as cotas e os consumos. Nas tubulações os dados necessários são: nó inicial e final, comprimento, coeficiente de rugosidade, diâmetro e o estado (aberta, fechada ou com válvula). Os resultados apresentados pelo software são o fluxo, velocidade, perda de carga, fator de fricção de Darcy-Weisbach, taxa média de reação ao seu longo e a qualidade média da água. No entanto, a simulação não levou em consideração dados da qualidade da água.

Após a simulação da nova rede no EPANET, os dados gerados foram importados para o SPRING. Porém, foi necessário utilizar a ferramenta epa2gis (disponível para *download* em <http://www.zonums.com/epa2gis_down.html>), entre as etapas de exportação e importação dos dados nos respectivos softwares.

3. Resultados e Discussão

Segundo a norma NB-594/77, para evitar o rompimento da rede a pressão estática máxima permitida em tubulações distribuidoras é de 50 mca e a pressão dinâmica mínima é de 15 mca. A Figura 3 apresenta, após a simulação, os valores de pressão obtidos no horário de maior consumo, pois estes horários são considerados os mais desfavoráveis.

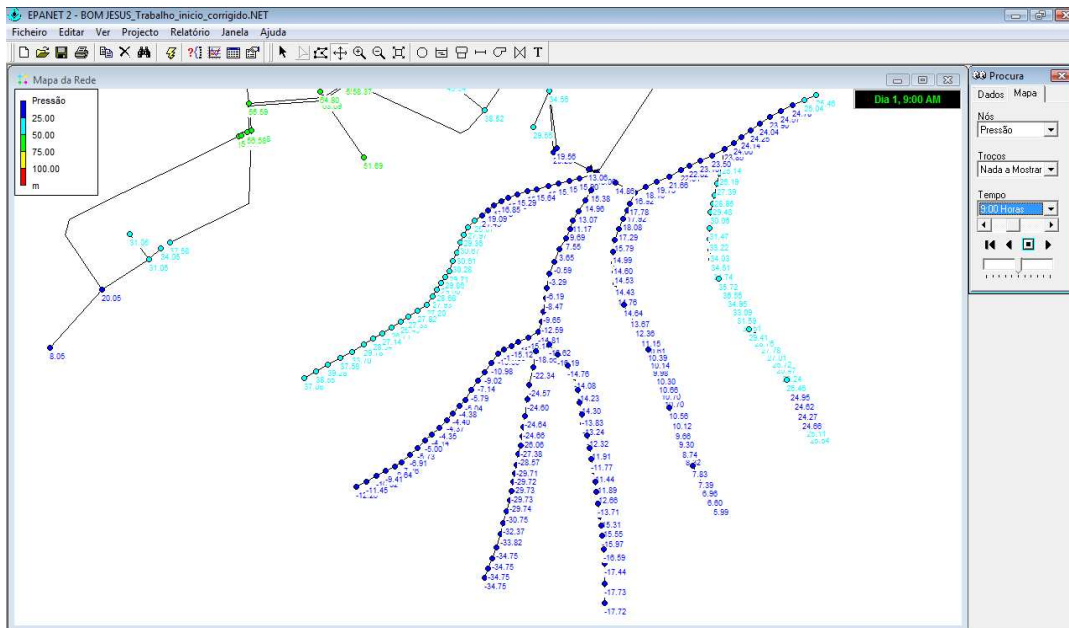


Figura 3. Apresenta os valores de pressão para cada lote após a simulação da rede.

Podemos observar que os valores das pressões nos nós da nova rede assumiram valores negativos, chegando no horário de pico a valores extremos de -34,75 mca, indicando que a partir da rede existente, não seria possível abastecer a nova rede sem que ocorra alguma intervenção no atual sistema.

Na tentativa de encontrar uma alternativa para solucionar o problema da pressão negativa na rede, foi inserido um reservatório de nível variável no local de maior cota do bairro e efetuada uma nova simulação. Após a nova simulação, os valores de pressões obtidos foram satisfatórios, porém considerados com valores elevados nos pontos de menores cotas, sendo necessária a instalação de válvulas reguladora de pressão. Os resultados estão mostrados na Figura 4.

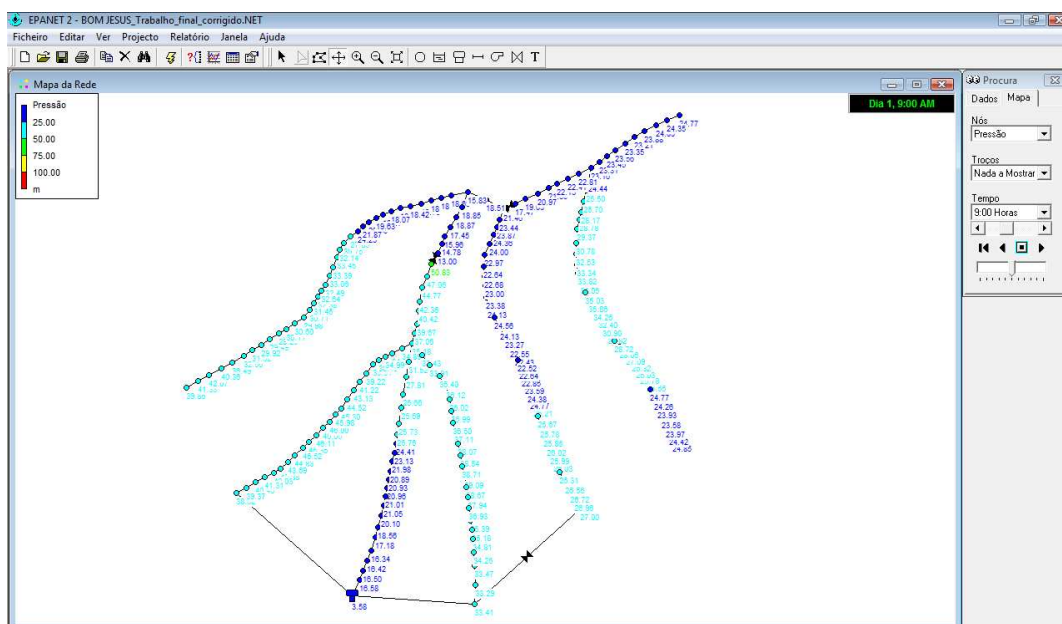


Figura 4. Mostra os valores de pressão para o horário de maior pico.

Podemos observar que os valores de pressão neste caso variaram entre 16,5 mca e 50,8 mca, tornando a simulação bem sucedida e mostrando ser uma alternativa para o problema.

Os resultados obtidos pela simulação podem novamente ser importados para o SPRING, já com todos os atributos dos nós, tubulações, reservatórios, válvulas, bombas. Os dados que o analista julgar importantes, também poderão ser inseridos no banco de dados. A Figura 5 a seguir ilustra a disposição dos atributos das tubulações importadas para o SPRING.

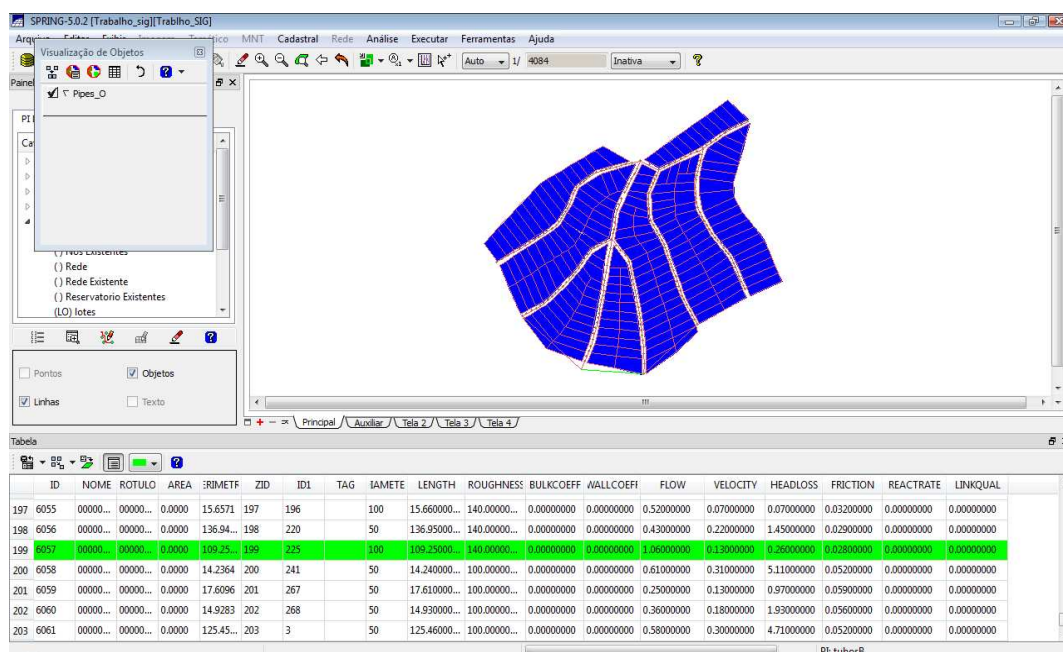


Figura 5. Mostra os atributos das tubulações importadas para o SPRING para uma consulta.

4. Conclusão

O objetivo de realizar um protótipo para simular a expansão urbana do bairro Bom Jesus no município de Viçosa – MG foi alcançado. Os resultados mostraram que a rede atual, por si só, não será capaz de suprir a demanda do loteamento, caso realmente se construa um loteamento com as características estabelecidas no presente estudo. A solução testada para implantação da nova rede foi a construção de um reservatório de nível variado localizado nas coordenadas $X = 720040,780$; $Y = 7701115,470$. Esta proposta forneceu resultados satisfatórios para a implantação da nova rede de abastecimento de água.

O uso do simulador hidráulico EPANET mostrou-se bastante útil e adequado como modelo de simulação e avaliação da eficiência da operação sugerida.

A representação dos dados da rede de abastecimento de água no SPRING mostrou-se muito importante para o gerenciamento das informações, bem como para a manipulação, aquisição e cruzamento dos dados entre os sistemas. O sistema permite uma nova dinâmica para manipulação e recuperação de informações nas consultas ao banco de dados, traduzindo-as em respostas no ambiente gráfico, além da realimentação do banco de dados com os resultados gerados, ampliando assim as perspectivas aos questionamentos e análises.

A combinação SPRING - EPANET demonstrou-se eficaz na aquisição, representação, manipulação dos dados e gerenciamento de um sistema de abastecimento de água de um município.

Agradecimentos

Ao Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) do município de Viçosa – MG por ter fornecido os dados necessários para este estudo.

Referências Bibliográficas

Aronoff, S. **Geographic Information System: A Management Perspective**, Ottawa, Canadá: WDL Publications, c1989. 294 p

Calijuri, M.L.; Loures, S.S.P. **Fundamentos de Sistemas de Informação Geográficas**, UVF, 2008. 27p

Camara G, Souza RCM, Freitas UM. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. May-Jun 1996. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/>> Acesso em: 01.nov.2008

Costa C. R., Santos I. M.; **Simulação de vazão e pressão de um sistema de abastecimento de água em ambiente SIG**. Disponível em: < http://cpd1.ufmt.br/ivairton/doc/pub/SANTOS_sucesu_EPANET.pdf>. Acessado em 05.nov.2008

Dias, H.C.T.; Silva, M.L.; **Evolução Sócio-econômico da demanda de água em Viçosa, MG** . Disponível em: <http://www.cemac-ufpa.com.br/trabalhospdf/trabalhos%20voluntarios/protoc%20120.pdf>> Acessado em 12.nov.2008

Dorca, C.C.; Luzivotto JR, E. e Andarade, J.GP. **“Aspectos da implantação de um SIG em pequenos e médios abastecimentos de água”**, São Paulo: Universidade Federal de Campinas. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A06_19.pdf>. Acesso em 10.nov.2008

EPANET. Users Manual, disponível em: <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet/EN2manual.PDF>> Acessado em 10.out.2008