

XI-085 - PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO COMPUTACIONAL DA BARRA DA LAGOA – FLORIANÓPOLIS/SC UTILIZANDO O SOFTWARE WATERGEMS

Ovidio Felipe Pereira da Silva Júnior ⁽¹⁾

Graduação em Administração de Empresas – Análise de Sistemas de Informação – na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1984), mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000) e doutorado pelo mesmo curso (2006). Coordenador do curso de especialização MBA em Gerência de Projetos e do curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade do Vale do Itajaí. Professor titular da Universidade do Vale do Itajaí.

Chéelsea Eichholz Marchi ⁽²⁾

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Guilherme Violato Girol ⁽³⁾

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Bruno Comunello Eleotero ⁽⁴⁾

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Heloíse Tack ⁽⁵⁾

Graduação em Biologia pela Universidade do Vale do Itajaí e MBA em Gerência de Projetos pela Universidade do Vale do Itajaí.

Andréia Senna Soares ⁽⁶⁾

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheira na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Uruguai 458, Centro – Itajaí – SC – CEP: 88302-202 – Brasil - Tel: +55 (47) 3341-7766 – e-mail: ofelippe@univali.br

RESUMO

No ano de 2013, o índice nacional de perdas de água na distribuição foi de 37%. As perdas no sistema estão diretamente ligadas à eficiência energética, sendo que o potencial técnico de economia de energia elétrica decorrente da redução de vazamentos de água na distribuição é em torno de 25% do consumo energético do setor de abastecimento de água. Tendo em vista este grande potencial de redução de perdas de água e otimização de energia elétrica no setor, está sendo aplicada no sistema de abastecimento de água da Barra da Lagoa (Florianópolis/SC), por meio do projeto *TEMARP – Técnicas Experimentais e de Modelagem Aplicada a Redução de Perdas em Sistema de Abastecimento Público de Água*, uma metodologia de gestão que alia modelagem hidráulica computacional, levantamentos de parâmetros hidráulicos na rede, cursos de capacitação e indicadores de desempenho específicos.

A modelagem hidráulica aparece como uma poderosa ferramenta de gestão de sistemas de abastecimento de água uma vez que permite ao usuário simular diversos cenários reais e testar possibilidades visando orientar intervenções no sistema como trocas de tubulações e pesquisas por vazamentos em campo.

O presente trabalho relata o processo de calibração do modelo hidráulico da Barra da Lagoa, o qual resultou da comparação entre as curvas simuladas pelo software a partir de dados de consumo micromedido e dados de pressão e vazão medidos através de 6 equipamentos instalados provisoriamente na rede durante os meses de junho e julho de 2014.

Foram realizadas duas tentativas de calibrar o modelo, pois a região do P3 não pode ser inicialmente calibrada, uma vez que as respostas do modelo não condisseram com as medições nem mesmo quando a vazão naquela região foi suprimida. Na segunda calibração, a área de influência do P3 foi inserida na região do P2 devido às variações similares de pressão e, dessa forma, foi possível calibrar o modelo para o período proposto (inverno). Os fatores multiplicadores finais da vazão foram 1,1 para o P1, 2,45 para o P2 e 1,6 para o P4.

A calibração também mostrou que os setores do P2 e do P4 tendem a apresentar maiores níveis de perdas de água já que necessitaram de multiplicadores maiores que as demais regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Água, Sistemas de Abastecimento, Modelagem Hidráulica, Calibração do Modelo, Otimização Operacional.

INTRODUÇÃO

As altas perdas de água e o excessivo gasto energético nos sistemas de abastecimento de água do país muito ocorrem pela falta de sistemas ativos de gestão que contemplem a melhoria contínua da operação diária. De acordo com o último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto que traz os dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) referente ao ano de 2013, o índice nacional de perdas de água na distribuição é de 37%.

Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Saneamento (PROCEL SANEAR, ano base 2012), 3% do total de energia elétrica consumida no Brasil são de prestadores de serviços de água e esgoto, sendo que o potencial técnico de economia de energia elétrica decorrente da redução de vazamentos de água é em torno de 25% do consumo do setor de abastecimento de água e de 20% em medidas de intervenções nos processos de bombeamento e de reservação de água.

Em consonância com o que foi exposto, em uma de suas instruções normativas, o Ministério das Cidades aponta as ações que devem ser implementadas para alcançar a redução e controle de perdas no sistema de abastecimento de água. São elas: macromedicação, micromedicação, pitometria e automação; sistema de cadastro técnico e modelagem hidráulica; redução e controle de perdas reais; redução e controle do uso da energia; redução e controle de perdas aparentes, sistema de planejamento e trabalho socioambiental.

A modelagem hidráulica computacional é o processo de “construir” o sistema de água dentro de um software e fazer com que o mesmo represente ao máximo as condições do sistema real, podendo-se prever situações para novas condições como, por exemplo, o aumento de consumo de água devido ao aumento da população de uma região. A modelagem hidráulica é uma eficaz ferramenta de gestão de sistemas de abastecimento de água uma vez que permite ao usuário simular diversos cenários reais e testar possibilidades visando orientar as intervenções físicas no sistema através das melhores respostas dadas pelo software, economizando recursos da companhia e otimizando os serviços prestados.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o processo de calibração de um modelo hidráulico, parte integrante da metodologia elaborada com intuito de avaliar e propor melhorias de forma contínua para sistemas de abastecimento de água com vistas à otimização operacional no que tange a diminuição de perdas de água e a eficiência energética. A metodologia, com base no uso da modelagem hidráulica computacional, levantamentos de parâmetros hidráulicos, cursos de capacitação e indicadores de desempenho, está sendo aplicada inicialmente no sistema de concessão da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) na Barra da Lagoa, Florianópolis-SC, através do projeto *TEMARP – Técnicas Experimentais e de Modelagem Aplicada à Redução de Perdas em Sistema de Abastecimento Público de Água*, financiado pelo FINEP e desenvolvido pela rede de universidades UFMS, UNIVALI e UEM.

O processo de calibração, alvo principal deste estudo, foi realizado para período estático e consistiu em ajustar as vazões micromedidas às vazões macromedidas tendo por parâmetros os dados de pressão monitorados por quatro equipamentos instalados na rede. Acertos mais refinados podem ser feitos através de ajustes da rugosidade das tubulações caso esse parâmetro venha a ser medido em campo. A calibração permite validar o modelo, isto é, significa dizer que o modelo estará pronto e capacitado para representar as diversas condições operacionais do sistema que precisem ser testadas, tomando como verdade que a resposta obtida através dele deva estar próxima da resposta do sistema real.

MATERIAIS E MÉTODOS

O software de modelagem é responsável por processar todas as informações da rede que foram inseridas como dados de entrada (diâmetro e posição das tubulações, dados de consumo de água, funcionamento de bombas e válvulas, entre outras) e fornecer uma saída (resposta), como por exemplo, a pressão em determinado ponto da rede, vazão de água em determinado trecho, variação do nível de determinado reservatório e assim por diante.

Atualmente existem duas soluções principais de mercado disponível para realizar este trabalho. Uma delas é o software livre EPANET e a outra é o software WaterGEMS, da Bentley. Neste projeto foi utilizado o software proprietário Bentley WaterGEMS, devido a suas ferramentas de integração com o cadastro de redes (GIS, CAD), importação de cotas, distribuição de demandas de água assim como sua ferramenta de gerenciamento de

cenários, que permite ao usuário testar diversas alternativas operacionais dentro do mesmo arquivo, proporcionando maior agilidade no trabalho. A Figura 1 especifica os tipos de dados de entrada aceitos pelo WaterGEMS para a construção e alimentação do modelo, ressaltando que um mesmo dado pode ser inserido de diferentes formas.

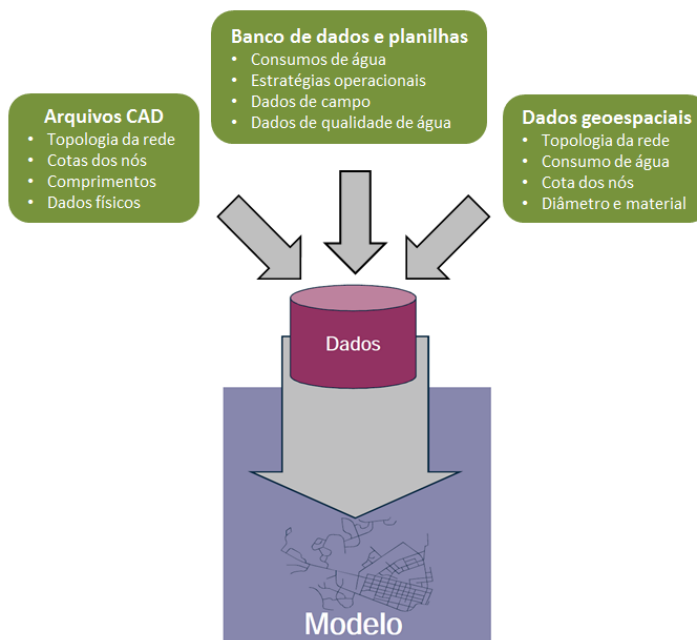


Figura 1: Fontes de dados para construção e alimentação do modelo no WaterGEMS.

A calibração do modelo diz respeito à etapa na qual os resultados da simulação, realizados anteriormente, são comparados e colocados à prova com os dados lidos em campo, por meio de medidores de vazão, pressão, nível, principalmente. Com este fim, foram instalados dois Tubos de Pitot e suas respectivas maletas pitométricas para medição de vazão e pressão, uma na saída do booster, o qual recalca água para o reservatório, e a outra na saída do reservatório de distribuição, além de quatro dataloggers de pressão em pontos específicos da rede que permaneceram monitorando e registrando informações por pouco mais de 1 (um) mês. A Figura 2 ilustra os locais de medição bem como dois exemplos destas instalações.



Figura 2: Localização dos pontos de monitoramento de pressão na rede e detalhe das instalações dos equipamentos utilizados na Barra da Lagoa.

Depois de retirados os equipamentos de campo, foram analisados os dias em que as medições apresentaram um comportamento mais adequado e constante para ser utilizado como base para a calibração do modelo. Após análises, foi selecionado o dia 13 de julho de 2014 como data base para os ajustes.

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO

O software de modelagem trabalha com trechos e nós, sendo que os trechos representam tubulações e os nós representam as junções, reservatórios, bombas, registros, válvulas, entre outros. Nesta etapa as informações do sistema, como cotas, curva da bomba, diâmetro e comprimento das tubulações devem ser inseridas, bem como as informações de consumo. Os dados do cadastro técnico e comercial foram adquiridos junto à CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) e as curvas de nível foram adquiridas junto ao IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis).

Depois de construído e alimentado, o modelo está pronto para ser calibrado. De forma simplificada, a calibração consiste em comparar os resultados obtidos no modelo (dados simulados) com medições de vazão, pressão e nível (dados medidos) em campo para, se necessário, ajustar os dados que descrevem o sistema até que o comportamento previsto pelo modelo concorde razoavelmente bem com o comportamento verificado na realidade. Assim, de posse dos dados horários compilados para o dia de medição escolhido (13/07/14), foi possível iniciar o processo de calibração através de ajustes por incrementos de vazão com o objetivo de aproximar as curvas simuladas das curvas medidas.

A calibração foi realizada por duas vezes, a primeira considerando as medições do P3 e a segunda incluindo a região do P3 na área de influência do P2.

RESULTADOS - PRIMEIRA CALIBRAÇÃO DO MODELO

Para realizar a primeira calibração do modelo, a região da Barra da Lagoa foi subdividida em quatro áreas (Figura 3) para que os incrementos de vazão pudessem ser realizados separadamente em cada campo de influência do equipamento de monitoramento de pressão indicado. A Figura 3 mostra a separação da Barra da Lagoa em áreas tanto para realizar a primeira quanto a segunda calibração.

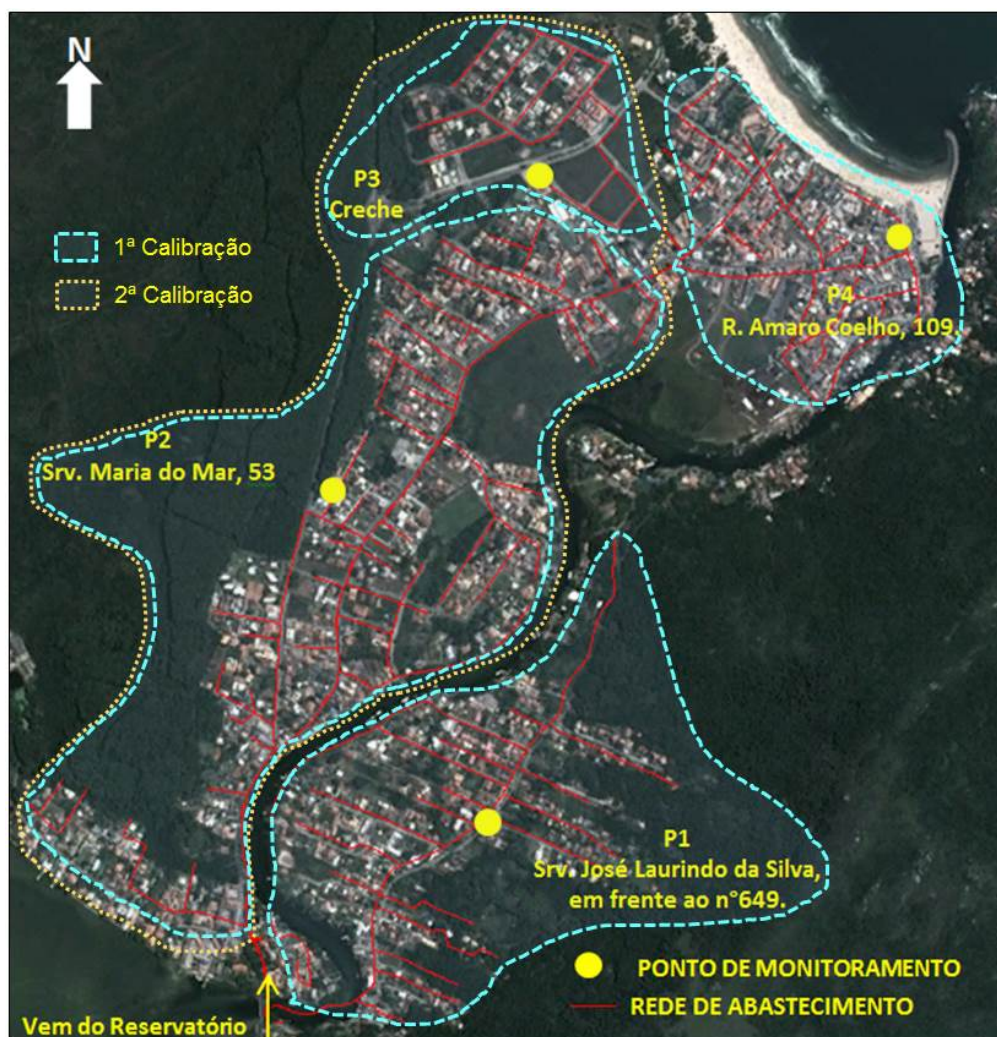


Figura 3: Subdivisão da Barra da Lagoa – Primeira e Segunda Calibração.

Para uma primeira rodada de simulação, sem haver nenhum ajuste, a comparação dos dados de vazão na saída do reservatório (macromedição) com os dados simulados (micromedição) está demonstrada na Figura 4. O padrão de consumo inserido é relativo ao dia 13/07/14, mesmo dia considerado para as medições. As setas demonstram o objetivo da calibração em que incrementos setoriais de vazão orientados pelas pressões medidas buscam aproximar a curva de vazão simulada da curva medida.

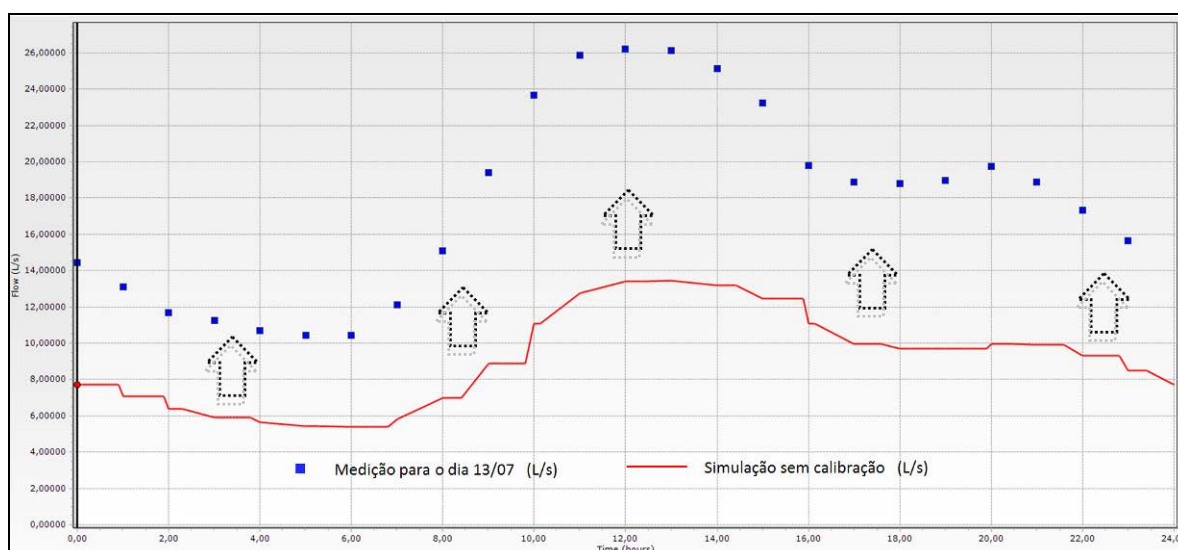


Figura 4: Curvas de vazão medida e simulada na saída do reservatório da Barra da Lagoa e demonstração visual do objetivo da calibração.

A Figura 5 mostra as pressões simuladas (em vermelho) e as pressões medidas (em azul) para cada setor, antes do processo de calibração.

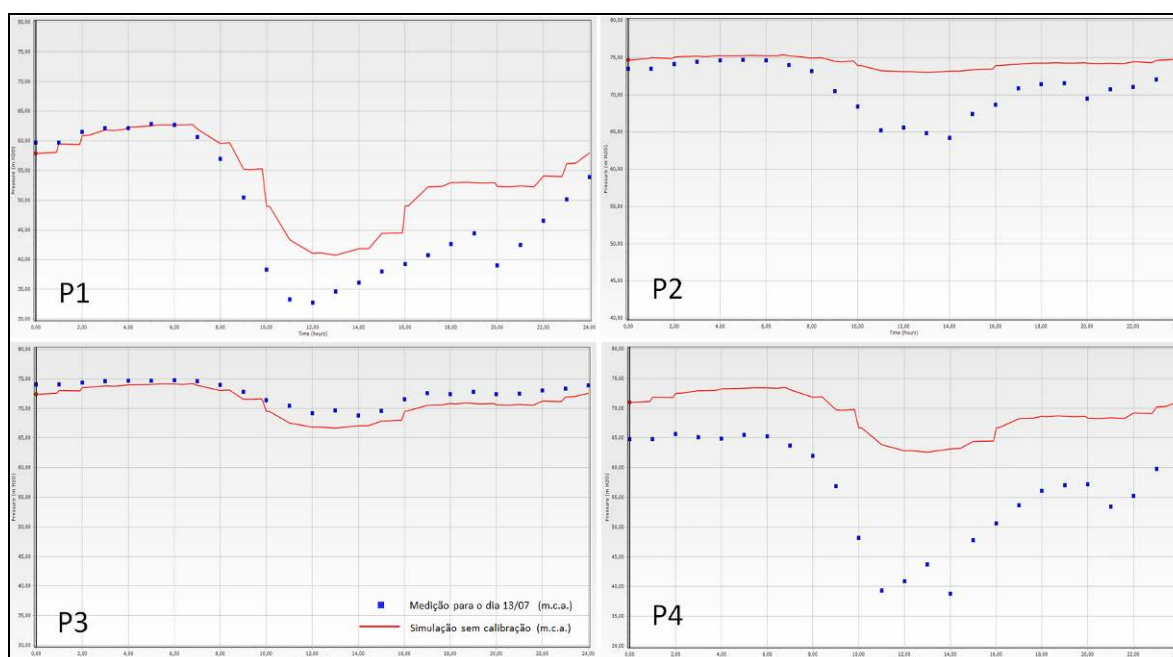


Figura 5: Curvas de pressão medidas e simuladas para os setores da Barra da Lagoa.

O processo foi iniciado pelo P1 por ser o primeiro medidor de pressão após a entrada e por ser um setor isolado. Observando a curva simulada e a curva medida para o P1, foi aplicado um fator de multiplicação de 1,05 para que as curvas se aproximassem. Por terem influência sobre a pressão dos demais, as regiões do P2, P3 e P4 foram calibradas conjuntamente.

Inicialmente, o P2 foi ajustado e para isso foi necessário incrementar a vazão em 2,8 vezes na região. Depois de calibrar o P1 e o P2, o gráfico de vazão da saída do reservatório e os gráficos de pressão para cada um dos quatro pontos de monitoramento estão expostos na Figura 6.

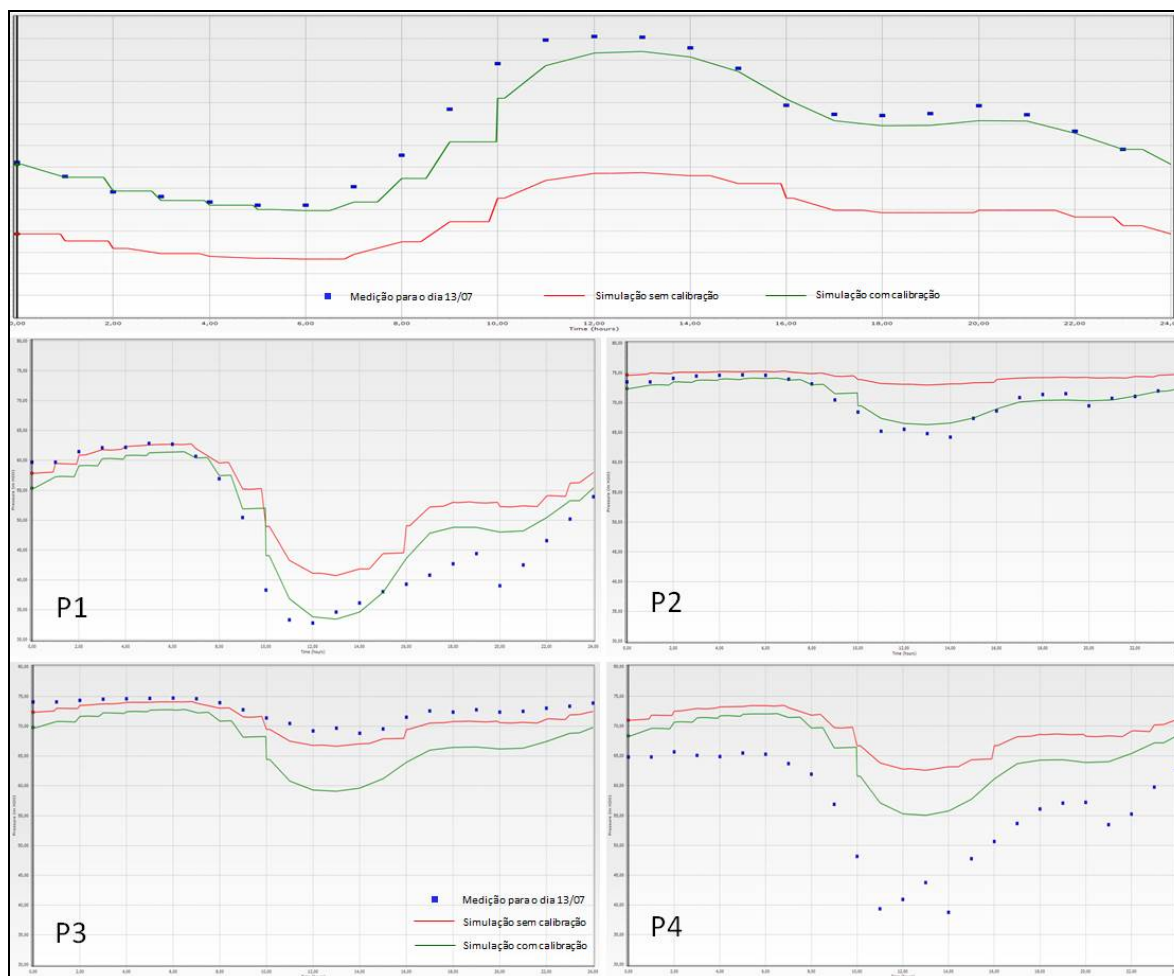


Figura 6: Curvas de vazão medida e simuladas na saída do reservatório (L/s) e curvas de pressão medidas e simuladas (m.c.a.) para os setores da Barra da Lagoa antes (vermelho) e após calibrar o P1 e o P2 (verde) – Primeira Calibração.

Através dos gráficos mostrados na Figura 6, nota-se que o P1 e o P2 podem ser considerados calibrados e o P4 ajustou-se com o incremento de demandas na região do P2. A simulação na região do P3 apresentou um comportamento incomum, mesmo para o cenário não calibrado. Pode-se notar que as linhas de simulação estão sempre abaixo da medição. Isso significa que para calibrar a região deve-se retirar vazão ao invés de incrementar. Na tentativa de calibrar o P3, a demanda na região foi aproximada de zero, mas mesmo assim não foi possível calibrá-lo.

A Figura 7 mostra o comportamento da vazão e das pressões depois de realizada a calibração do P4. O fator de multiplicação da vazão para esta região foi de 1,7.

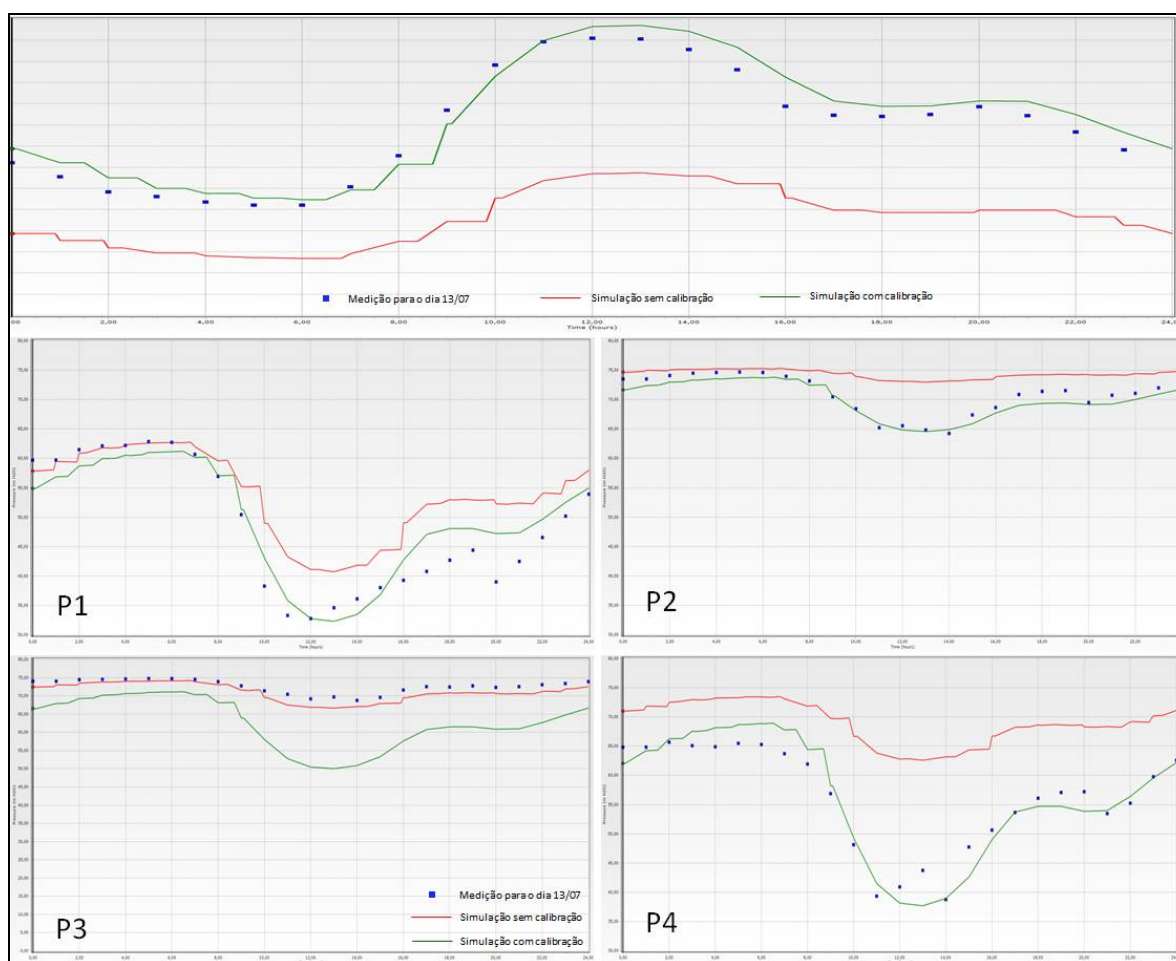


Figura 7: Curvas de vazão medida e simuladas na saída do reservatório (L/s) e curvas de pressão medidas e simuladas (m.c.a.) para os setores da Barra da Lagoa antes (vermelho) e após calibrar o P1, P2 e o P4 (verde) – Primeira Calibração.

Depois de calibrar o P4 foi possível verificar que a vazão simulada ficou acima da vazão medida. Dessa forma, para realizar o ajuste final, o multiplicador da vazão para a região do P2 foi alterado de 2,8 para 2,6 e o multiplicador do P1 foi alterado de 1,05 para 1,10. A Figura 8 apresenta o resultado final da primeira calibração.

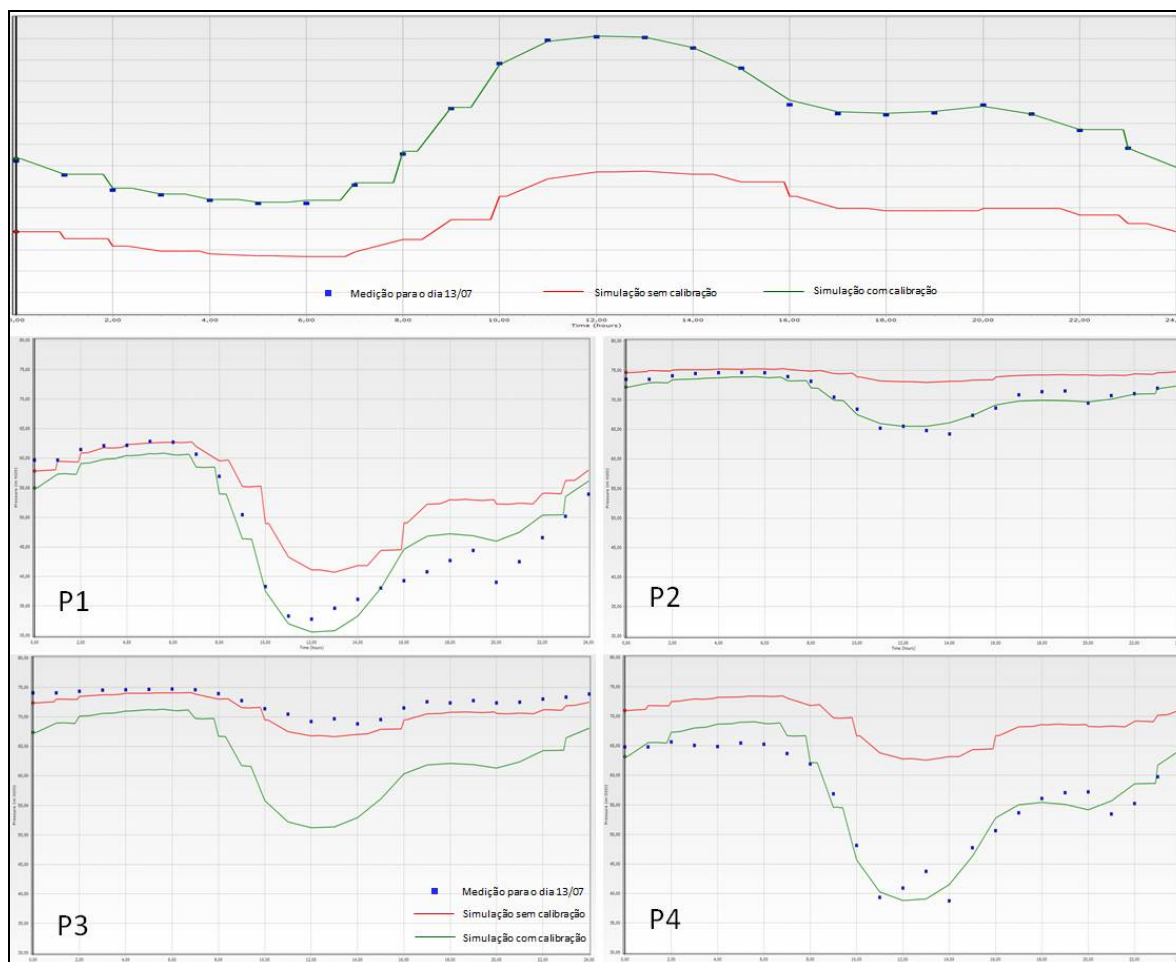


Figura 8: Curvas de vazão medida e simuladas na saída do reservatório (L/s) e curvas de pressão medidas e simuladas (m.c.a.) para os setores da Barra da Lagoa antes (vermelho) e após calibrar o P1, P2 e o P4 e ajuste final do P1 e P2 (verde) – Primeira Calibração.

A calibração alcançada e demonstrada nos gráficos da Figura 8 apresenta-se satisfatória para os pontos P1, P2 e P4, mas não para o P3. Observando que o comportamento das medições do P2 e do P3 foram similares para o dia de análise, sendo que no P2 a pressão variou entre 64,23 e 74,65 m.c.a. e no P3 entre 68,80 e 74,74 m.c.a, levantou-se a hipótese que possa haver uma ligação entre as duas áreas de abrangência não presente no cadastro técnico e, portanto, foi realizada uma segunda rodada de calibração desconsiderando as medições do P3 e incluindo a sua área de abrangência na região do P2.

RESULTADOS - SEGUNDA CALIBRAÇÃO DO MODELO

Para realizar a segunda calibração do modelo, a região da Barra da Lagoa foi subdividida em três áreas (ver Figura 3) para que os incrementos de vazão pudessem ser realizados separadamente em cada campo de influência do equipamento de monitoramento de pressão indicado.

Do mesmo modo que foi realizada a primeira calibração, o processo iterativo foi utilizado para proceder com a segunda calibração. Os fatores finais de multiplicação da vazão foram 1,10 para o P1, 2,45 para a nova região do P2 e 1,6 para o P4. A Figura 9 apresenta o resultado final da segunda calibração.

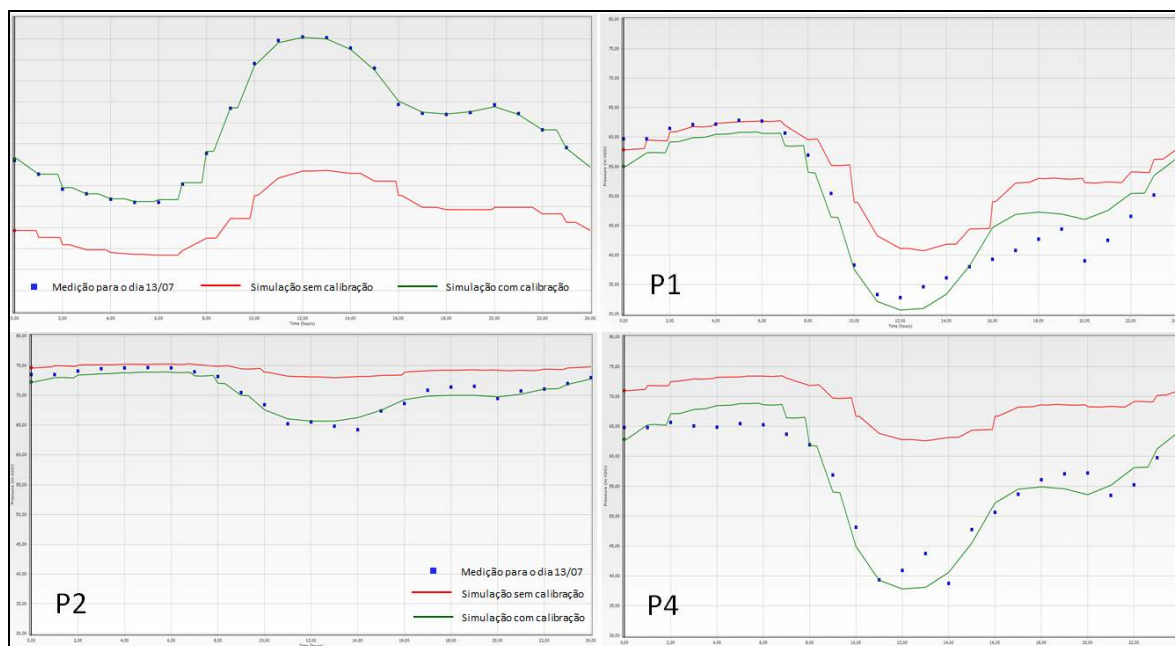


Figura 9: Curvas de vazão medida e simuladas na saída do reservatório (L/s) e curvas de pressão medidas e simuladas (m.c.a.) para os setores da Barra da Lagoa antes (vermelho) e após a calibração e ajustes finais (verde) – Segunda Calibração.

A partir da nova configuração utilizada foi possível considerar o modelo calibrado para o período de baixa demanda. Assim, o modelo está preparado para receber novas demandas ou alterações que queiram ser testadas sem precisar, para isso, realizar a intervenção física no sistema.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A primeira calibração do modelo foi satisfatória para a região do P1, P2 e P4 a partir dos fatores multiplicadores da vazão de 1,1, 2,6 e 1,7, respectivamente. A região do P3 não pode ser calibrada, pois as respostas do modelo não condisseram com as medições nem mesmo quando a vazão naquela região foi suprimida.

Na tentativa de calibrar o modelo como um todo, tomou-se como hipótese que pudesse haver uma ligação não constante no cadastro técnico entre as regiões do P2 e do P3, devido às variações similares de pressão, sendo assim as áreas de influência do P2 e do P3 foram fundidas.

Para a segunda calibração, apenas as medições do P1, P2 e P4 foram consideradas, além da nova área de influência do P2. Nessa configuração foi possível calibrar o modelo satisfatoriamente para o período de inverno, sendo que o fator multiplicador da vazão foi de 1,1 para o P1, 2,45 para o P2 e 1,6 para o P4.

A calibração também mostrou que os setores do P2 e do P4 tendem a apresentar maiores níveis de perdas de água já que necessitaram de multiplicadores maiores que os demais para equiparar as curvas simuladas e medidas.

Com intuito de se obter locais mais exatos para busca em campo por vazamentos, se faz necessário espalhar um número maior de equipamentos de pressão na rede e utilizar os novos dados das medições para refinar a calibração do modelo.

Entende-se também que é fundamental o investimento em equipamentos permanentes de medição de vazão na entrada do setor, utilizando macromedidor eletromagnético, bem como equipamentos de monitoramento

contínuo de perdas de água (loggers de ruído) e de pesquisa em campo (geofone eletrônico e correlacionador de ruídos), uma vez que este trabalho aponta os principais gargalos que precisam ser trabalhados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H.; BAPTISTA, J.; HIRNER, W.; & PARENA, R. *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água*. Lisboa, Portugal. IWA Publishing, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 24510: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto – Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários*. Rio de Janeiro, 2012. 68p.
3. BRASIL. Ministério das Cidades. Instrução Normativa nº 04 de 31 de jan. de 2011. Regulamenta os procedimentos e as disposições relativos às operações de crédito no âmbito do Programa Saneamento para Todos - Mutuários Privados e Mutuários Sociedades de Propósito Específico. *Diário Oficial da União*, n. 25, 04 de fevereiro de 2011, Seção 1, p. 45.
4. COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Instituto Regulador de Água e Resíduos, Portugal: 2006.
5. PROCEL SANEAR – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica no Setor de Saneamento. *Relatório de resultados do Procel 2013 – ano base 2012*. Eletrobrás, 2013.
6. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFOMAÇÕES DE SANEAMENTO. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Brasília: SNIS, 2013. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em 20/02/2015.