

I-247 - MODELAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: O CASO DE REGUENGOS DE MONSARAZ

Jorge M. G. P. Isidoro ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade do Algarve. Mestre e Doutor em Engenharia Civil, com Especialidade em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela Universidade de Coimbra. Investigador Sênior do Centro de Ciências do Mar e do Ambiente (MARE).

Paulo J. D. Chaveiro ⁽²⁾

Engenheiro de Recursos Hídricos pela Universidade de Évora. Mestre em Ciclo Urbano da Água pelo Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve. Responsável pelo Serviço de Águas e Saneamento Básico do Município de Reguengos de Monsaraz.

Endereço⁽¹⁾: Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve: 8005-139 – Faro - Portugal - Tel: (+351) 289800100 - e-mail: jisidoro@ualg.pt

Endereço⁽²⁾: Praça da Liberdade, Apartado 6: 7200-370 Reguengos de Monsaraz - Portugal - Tel: (+351) 266508040 - e-mail: paulo.chaveiro@cm-reguengos-monsaraz.pt

RESUMO

Desde sempre a água é um recurso essencial para o desenvolvimento da humanidade, sendo por isso considerada como elemento fundamental de toda a sociedade. Nesse sentido e devido à cada vez maior escassez de água com qualidade para consumo humano as entidades gestoras (EG) estão obrigadas, no futuro próximo, para qualquer investimento no setor da distribuição de água, a estarem dependentes de fatores como: i) a melhoria da qualidade das massas de água; ii) expansão da malha urbana e subsequente aumento da concentração populacional. Este último ponto acarreta o aumento do risco e da vulnerabilidade a interrupções involuntárias dos serviços devido aos colapsos das infraestruturas de captação, adução, tratamento e armazenamento de água. Os dados do Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal 2017 (RASARP 2017) mostram que as EG do Alentejo Central necessitam adequar estratégias de ação e de investimento de modo a proporcionarem uma efetivação de processos para a gestão eficiente dos seus sistemas de abastecimento de água (SAA). Desta forma, ferramentas como a criação de modelos hidráulicos para as redes de abastecimento de água são determinantes para o melhor conhecimento do sistema de abastecimento de água, que se gere, com grande importância para o desenvolvimento de qualquer tipo de planos estratégicos de ação que visem a melhoria da eficiência hidráulica, operacional, energética e financeira para estas EG.

No caso do Município de Reguengos de Monsaraz, a gestão do sistema de abastecimento (distribuição) de água em baixa é da competência do Município. A cidade de Reguengos de Monsaraz tem 7261 habitantes e uma extensão de rede de distribuição de água de 75,86 km, 46% em fibrocimento e 54% em PVC, com 4156 ramais executados, mas somente 3300 ramais ativos. De acordo com a avaliação da qualidade do serviço, executada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) em 2017, a rede de distribuição de água teve perdas reais de 23.4% e um índice de água não faturada de 36.4%. Para a modelação hidráulica da rede de abastecimento de água da cidade de Reguengos de Monsaraz foi utilizado o software EPANET 2.0. De modo a ser possível criar o modelo da rede foram transpostos e validados os dados físicos e topológicos do cadastro georreferenciado, devidamente atualizados. A calibração foi efetuada com base nos dados de caudal de entrada na rede de distribuição e de uma campanha, especificamente realizada para este trabalho, de medição de pressão em 20 pontos, com recolha de dados da pressão a cada 20 minutos durante um período de seis dias. Os dados foram posteriormente tratados, calculando-se as médias horárias dos dados de pressão e consumo de 72 horas (em dias úteis). Com base nos dados recolhidos foram também criados padrões de consumo para: a) consumos domésticos; b) indústria; c) grandes consumidores e d) parque da cidade (espaço verde de lazer da cidade), sendo também possível traçar os padrões de consumos horários para os dias úteis e fins-de-semana, para além de consumos base nos nós com base nos dados de faturação da EG. O modelo de simulação da rede permitiu verificar o funcionamento hidráulico do SAA da cidade de Reguengos de Monsaraz, testar novas soluções para a gestão da rede, a criação/simulação de zonas de medição e controlo (ZMC), com o objetivo último da promoção da redução de perdas reais de água. Com este trabalho, os autores, querem contribuir para uma melhoria do funcionamento do sistema de abastecimento de água à população da cidade de Reguengos de Monsaraz, traduzido no abastecimento em quantidade e qualidade exigida, conferindo assim maior sustentabilidade económica e ambiental ao sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Modelação Hidráulica, EPANET 2.0, Zonas de Medição e Controlo, Reguengos de Monsaraz.

INTRODUÇÃO

A água é desde sempre um recurso essencial para o desenvolvimento da humanidade, sendo por isso considerada como elemento fundamental de toda a sociedade. Devido ao grande crescimento demográfico e subsequente aumento das necessidades hídricas para o abastecimento público e a indústria, no que à água potável diz respeito, houve a necessidade de se desenvolverem novas formas de pensar a gestão da distribuição de água às populações. Desta forma, e com maior intensidade a partir da década de 90 do século passado, as entidades gestoras (EG) modificaram as condições de operação das infraestruturas de distribuição de água, otimizando recursos humanos e financeiros, de modo a aumentar a qualidade do serviço assim como a eficiência do mesmo. As redes de distribuição de água, enquanto infraestruturas físicas, devem ser dimensionadas para, pelo menos, um horizonte de projeto de quatro décadas, pois apresentam reduzida flexibilidade de adaptação às alterações do tecido urbano. Estas condições de base trazem às EG grandes dificuldades na gestão das redes de abastecimento, pelo que perante cenários de crescimento não programado da área urbana, não raras vezes, a rede de distribuição de água não permite uma resposta viável às novas necessidades de consumo [2, 3]. No futuro, qualquer investimento do setor da distribuição de água, irá estar dependente de fatores como: i) a melhoria da qualidade das massas de água (origens da água); ii) expansão da malha urbana; iii) o aumento da concentração populacional. Os dois últimos pontos podem acarretar o aumento da probabilidade de ocorrência e da vulnerabilidade a interrupções involuntárias dos serviços, por motivo de avarias, inoperacionalidades, roturas entre outras causas, das infraestruturas de captação, adução, tratamento e armazenamento de água [4].

No caso do Município de Reguengos de Monsaraz, a gestão do sistema de abastecimento (distribuição) de água em baixa é da competência do Município (Câmara Municipal). De acordo com a avaliação da qualidade do serviço, executada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), em 2017 a rede de distribuição de água teve perdas reais de 23.4% e um índice de água não faturada de 36.4% [1], sinais de uma rede envelhecida, com válvulas de seccionamento inoperacionais, com problemas de roturas frequentes, com um dimensionamento já desadequado à realidade atual e com patamares piezométricos que levam a algumas situações de variação na pressão de conforto na cidade.

OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo modelar a rede de abastecimento de água da cidade de Reguengos de Monsaraz através da:

- Elaboração e calibração de um modelo hidráulico da rede de distribuição de água;
- Avaliação da rede e processamento de ajustes, do modelo, de forma a torná-la eficiente em termos de capacidade de fornecimento de água no seu todo, em momentos de ponta de consumo com pressões de conforto;
- Criação de Zonas de Medição e Controlo (ZMC) para a rede de distribuição de água, com vista a uma estratégia ativa de redução de perdas de água;
- Analisar a influência da atividade laboral do grande consumidor na pressão de serviço na zona residencial envolvente.

METODOLOGIA

Para a modelação hidráulica da rede de abastecimento de água da cidade de Reguengos de Monsaraz foi utilizado o software EPANET 2.0. De modo a ser possível criar o modelo da rede foram transpostos e validados os dados físicos e topológicos do cadastro georreferenciado, devidamente atualizados, numa operação que desenvolveu a validação/correção da: a) designação, cota e consumo base de 2122 nós; b) designação, comprimento, diâmetro interno e rugosidade (relativo aos materiais das condutas) em cada um dos 1441 troços; c) designação, diâmetro, tipo de válvula e identificação do coeficiente de perda de carga singular para as 775 válvulas; d) designação, tipo de reservatório, cota piezométrica, área da célula, altura mínima, máxima e inicial dos quatro reservatórios; através da plataforma – SIGREDES. Esta plataforma, caso único a

nível nacional, teve como base o levantamento sistemático e uniformizado das infraestruturas de abastecimento de água e saneamento para uma área contígua de 13 municípios do alentejo central, onde foram levantados 127 aglomerados urbanos, mais de 3000 km de coletores e condutas, cerca de 145000 ramais de abastecimento, 96000 ramais de saneamento e 46000 caixas de visita, tendo estado envolvidos no projeto cerca de 80 técnicos municipais e da empresa adjudicatária, que permitiu exportar grande número de dados e a topologia da rede para o formato de entrada de dados do EPANET 2.0.

A calibração foi efetuada com base nos dados de caudal de entrada na rede de distribuição e de uma campanha, especificamente realizada para este trabalho, de medição de pressão em 20 pontos, com recolha de dados da pressão a cada 20 minutos durante um período de seis dias. Para a localização dos pontos de medição foram tidos em atenção os grandes consumidores, a topografia do terreno, bem como a tipologia e idade das condutas, por forma a que os pontos de medição fossem representativos da totalidade da rede. Os dados foram posteriormente tratados, calculando-se as médias horárias dos dados de pressão e consumo para uma duração de 72 horas. A cidade de Reguengos de Monsaraz tem 7261 habitantes e uma extensão de rede de distribuição de água de 75.86 km, constituída por 46% em fibrocimento e 54% em PVC, com 4194 ramais executados, mas somente 3300 consumidores com ramais ativos, e uma capacidade de armazenamento de água de 4400 m³. Com base nos dados recolhidos foram também criados padrões de consumo para: a) consumos domésticos; b) indústria; c) grandes consumidores e d) parque da cidade (espaço verde de lazer da cidade), sendo também possível traçar os padrões de consumos horários para os dias úteis e fins-de-semana. Contudo, como as variações de consumo destes se apresentaram similares, optou-se por considerar somente o padrão de consumo referente aos dias úteis para a construção do modelo. Foram ainda definidas, com base nos dados de faturação da EG, os consumos para os grandes consumidores: CARMIM (2.32 l/s) e matadouro (0.82 l/s), para o Parque da Cidade (0.50 l/s), para a zona industrial (0.53 l/s), para a aldeia de Perolivas (1.80 l/s), para os bairros residenciais, para as escolas e supermercados, utilizando os dados de faturação e definindo a média para o consumo base por nó nas respetivas áreas, num total de 14.57 l/s.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a primeira simulação do modelo constatou-se que os dados recolhidos eram bastante robustos pois dos 20 pontos de recolha de dados somente houve a necessidade de calibrar quatro, com valores de erros abaixo dos 10% em 17 pontos, após a calibração do modelo hidráulico. A Tabela 1 representa os desvios entre a pressão simulada e observada (medida) nos 20 pontos de monitorização da pressão serviço, antes e após a calibração do modelo. O quociente dá-nos a informação do erro associado, sendo obtido através do resultado da pressão simulada sobre a pressão registada nos pontos de monitorização.

Para a calibração dos pontos foram adotados dois tipos de abordagem: a) a alteração dos consumos no ponto de monitorização e nós envolventes; b) a alteração da rugosidade das condutas. Na Praceta Sá Carneiro, foram utilizadas as duas soluções na tentativa de aproximar o registo das pressões horárias entre o simulado e o registado. Assim e após várias simulações considerou-se adequado a redução do caudal nos nós 0355, 0361, 0359, 0364 e 0370 que resultaram num pequeno aumento da pressão nos nós, que à partida pareceriam pouco significativos (1%), conforme apresentado na Tabela 1. A não-alteração do valor da pressão com diferentes simulações através da alteração da rugosidade, vieram reforçar a convicção de que a rugosidade estava correta, mas provavelmente existirá um erro no valor observado da pressão. No ponto de medição Parque da Cidade (Tabela 1), e face ao tipo de material das condutas, PVC, e a idade das mesmas, respetivamente 25 e 8 anos, foi considerada a não alteração das condições de rugosidade nas condutas. Simulados vários consumos base verificou-se que os melhores resultados se apresentavam com consumos base de 3 a 4 l/s. No entanto, esses valores representariam aproximadamente 30% dos consumos médios diários aduzidos à rede de distribuição de água de Reguengos de Monsaraz (14.39 l/s). Inevitavelmente, levaria à alteração das condições ótimas apresentadas pelo modelo nos restantes nós da rede de distribuição de água do modelo, com maior expressão nos nós mais próximos. Assim, foi considerada a correção do caudal de 0.22 l/s para 0.50 l/s, que apesar de não muito significativo na calibração do modelo, numa redução de 18% para 17% é considerado como aceitável, tendo em conta a incerteza subjacente ao conhecimento do padrão de consumo adotado, nas regas, para este espaço verde. A calibração do ponto de monitorização da Rua Professor Mota Pinto, nó 02264, apesar de numa primeira fase estar com um erro de 2% (Tabela 1), verificavam-se alguns nas curvas de consumos totais medidos. Desta forma, a calibração não teve como objetivo melhorar o quociente, entre pressões simuladas e medidas, mas antes a melhoria do padrão de consumo, de acordo com a laboração do grande consumidor. Com

esta uniformização, apesar de melhorar a curva de consumo no padrão geral, o erro passou dos 2% para os 3%, completamente desprezável.

Tabela 1. Quadro relativo aos erros da pressão serviço após a calibração do modelo, tendo em conta a relação entre a pressão simulada e medida, para os 20 pontos monitorizados

Pontos de monitorização	Erro após calibração (%)	Pontos de monitorização	Erro após calibração (%)
Carapetal	5	Praça de St António	0
Supermercado PD	4	Praça da Liberdade	26
Praceta Sá Carneiro	16	Av. Vitor Martelo	0
Urb Monsaraz	5	Rua João de Deus	3
Br. António Sérgio	4	Rua de Lisboa	4
Parque da Cidade	17	Quinta Nova	1
Zona Industrial (Perolivas)	6	Quinta da Luz	3
Zona Industrial	7	Rua Prof. Mota Pinto (TEAR)	3
Rua de Mourão	10	Rua dos Mendes	1
Rua Luís de Camões	1	Zona dos Mendes	1

Em relação à pressão a rede estudada apresenta-se no geral dentro dos limites regulamentares, tendo como base o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto, entre os 140 e os 600 kPa, com a exceção das zonas mais elevadas dos troços mais antigos da rede (e.g., na Aldeia de Cima). Nos períodos de maior consumo a pressão situa-se entre 140 e 170 kPa na zona mais urbanizada (abastecida pelo Reservatório do Moinho de Vento), e entre 300 e 360 kPa nas áreas abastecidas pelo Reservatórios de Moinho de Vento (Elevado) e Outeiro do Barro (conduta que abastece somente a zona alta da cidade). Este parâmetro é de extrema importância, pois cerca de 35% da rede de distribuição de água é composta por condutas em fibrocimento com mais de 50 anos e a maioria da restante rede tem mais de 30 anos. Assim, a suscetibilidade a perdas de água aumenta, pelo que uma grande variação de pressões ao longo do dia, assim como pressões demasiado elevadas, podem fazer aumentar as perdas reais de água. Relativamente à velocidade de escoamento nos troços de conduta, e nos períodos de maior consumo, as velocidades encontram-se entre os 1.10 e 1.30 m/s, sendo estes os troços de conduta de início da rede, junto aos reservatórios, ou troços que pela sua localização e devido à piezometria e ao desenho da rede preferencialmente encaminham maiores volumes de água para zonas mais elevadas, ou para a zona onde se encontra o grande consumidor (CARMIM). Ainda assim, a maior parte das condutas apresentam velocidades de escoamento entre os 0.10 e 0.40 m/s, com elevada incidência de velocidades abaixo dos 0.15 m/s. Nos períodos de menor consumo esta tendência agrava-se bastante com mais de 90% da rede com velocidades abaixo dos 0.05 m/s. Relativamente à zona envolvente ao grande consumidor e de acordo com a Tabela 2 e a Figura 1 consegue-se perceber a influência negativa, com quedas de pressão na ordem dos 150 kPa e velocidades de escoamento acima do 1.0 m/s nos períodos de maior atividade.

Para a resolução deste problema a EG terá de efetuar uma significativa requalificação nos troços principais de adução a esta zona, com aumento dos diâmetros nominais, por forma a diminuir a velocidade de escoamento, aumentar o volume de água aduzido e subsequente aumento e estabilização da pressão (definido na alínea b) dos objetivos), conforme demonstra a Figura 2.

Tabela 2. Resultados da pressão de serviço na área de influência do grande consumidor às 2:00 e às 11:00

Nós (ID)	Pressão às 2:00 (kPa)	Pressão às 11:00 (kPa)	Área de influência do grande consumidor (Sim/Não)
2264	429	2.71	Sim
2344	349	191	Sim
2291	306	127	Sim
2348	330	174	Sim
2415	267	209	Não



Figura 1. Simulação do modelo hidráulico da rede de distribuição de água de Reguengos de Monsaraz, na zona do grande consumidor (CARMIM), às 11:00

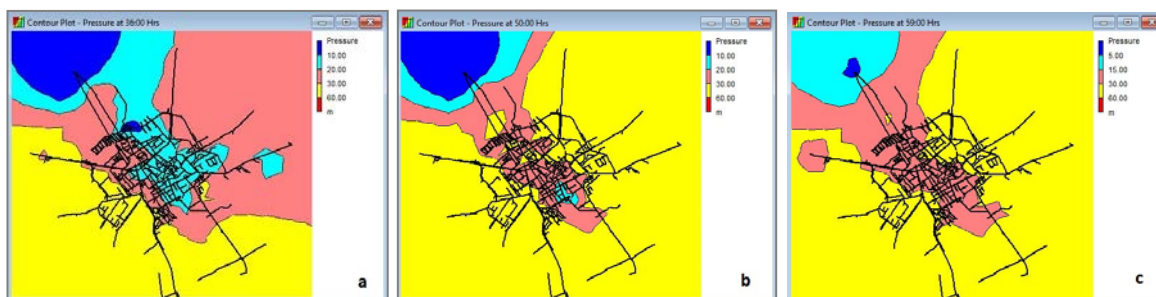


Figura 2. Campos de pressões na rede de abastecimento de água (a- 11:00; b- 2:00; c- objetivo b) às 11:00)

CONCLUSÕES

Tendo como base o trabalho desenvolvido, pode verificar-se a existência de falhas no desempenho hidráulico da rede de distribuição de água de Reguengos de Monsaraz, no que diz respeito aos parâmetros de pressão, velocidade de escoamento e também de caudal abastecido. O presente trabalho tem em atenção a verificação da manutenção das simultaneidades dos tipos de usos da rede de abastecimento público de água, sempre com o objetivo da garantia da qualidade hidráulica do sistema e a qualidade da água distribuída, dentro de balizas aceitáveis de qualidade. O desempenho hidráulico exposto abrange um período de recolha de dados entre os

meses de maio e junho de 2018, tendo com base um padrão global de consumo semanal, sendo posteriormente formados quatro tipos de padrões de consumo: i) consumo doméstico, ii) industrial, iii) grande consumidor e iv) parque da cidade (espaço verde lúdico da cidade). Mediante os resultados observados através do modelo criado no EPANET 2.0 verificam-se à saída dos reservatórios, nomeadamente nos períodos de maior consumo, velocidades de escoamento elevadas nas condutas, com valores de 1.00 m/s para o troço de conduta 01a, 0.12 a 0.90 m/s para o troço de conduta 012, superiores a 1.40 m/s no troço de conduta 02000 e superior a 1.00 m/s para o troço de conduta 053. Ainda assim, a maior parte das condutas apresentam velocidades de escoamento entre os 0.10 e 0.40 m/s, com elevada incidência de velocidades abaixo dos 0.15 m/s. Nos períodos de menor consumo esta tendência agrava-se bastante com mais de 90% da rede com velocidades abaixo dos 0.05 m/s. As perdas de carga situam-se entre 0.12 a 18 m/km, este último nos troços de condutas 02000 e 053. Relativamente à pressão de serviço, as mesmas estão, no geral, dentro dos limites regulamentares com a exceção das zonas mais elevadas dos troços mais antigos da rede (e.g., na Aldeia de Cima). Nos períodos de maior consumo a pressão situa-se entre 140 e 170 kPa na zona mais urbanizada (abastecida pelo reservatório do moinho de vento), e entre 300 e 360 kPa nas áreas abastecidas pelo Reservatórios de Moinho de Vento (Elevado) e Outeiro do Barro (conduta que abastece somente a zona alta da cidade). Nos períodos de menor consumo a rede de abastecimento responde de modo positivo nas zonas mais elevadas e na área consolidada entre os 200 kPa e os 290 kPa, e nos restantes nós entre os 310 kPa e os 390 kPa.

O presente trabalho reforça a importância, para as EG, dos cadastros georreferenciados das infraestruturas de abastecimento com toda a informação disponibilizada, como foi o SIGREDES. Por último, concluir que os pressupostos explanados nos objetivos foram cumpridos, nomeadamente a criação e calibração o modelo hidráulico da rede de distribuição de água da cidade de Reguengos de Monsaraz e a avaliação da rede de distribuição de água.

Como recomendações à entidade gestora Município de Reguengos de Monsaraz, e face aos resultados obtidos com base no modelo criado, sugerem-se:

1. A alteração de alguns troços da rede, aumentando os seus diâmetros, de modo a diminuir a velocidade de escoamento, em troços muito específicos como por exemplo na Rua Conde de Monsaraz;
2. A alteração do ponto de fornecimento de água da Aldeia de Cima ligando do atual reservatório do Moinho de Vento para o reservatório do Outeiro do Barro;
3. A alteração de alguns troços da rede, aumentando os seus diâmetros, dando resposta à zona preferencial de adução de água ao grande consumidor e respetiva zona residencial envolvente, diminuindo os impactos negativos da laboração desta indústria na rede de distribuição de água e respondendo positivamente às reclamações efetuadas pelos residentes na área de influência do grande consumidor;
4. Um eficaz serviço de controlo ativo de perdas através da criação de ZMC;
5. Criação de um plano de descargas programadas de modo a diminuir o tempo de permanência de água na rede;
6. Com base no modelo elaborado em EPANET 2.0, elaboração da modelação da qualidade da água (decaimento de cloro) na rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos). (2017). Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal. Volume 1 – Caracterização geral do setor de águas e resíduos. Lisboa, Portugal.
2. Liu, D., Wu, J., Li, N., Li, S., 2013. "Hybrid modelling of distributed water supply networks". In Anais do 13th IFAC Synposion on Large Scale. Xangai: 111-116.
3. Roma, J., Pérez, R., Sanz, G., Grau, S., 2015. "Model calibration anda leakage assessment applied to a real water distribution network". In Anais do 13th Computer Control for Water Industry Conference. 630-612.
4. Souza, E., Costa da Silva, M., 2013. "Management system for improving the efficiency of use water systems water supply". In Anais do 12 th International Conference on Computing and Control for Water Industry: 458-466.