

## PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Joana CARNEIRO<sup>1</sup>, Dália LOUREIRO<sup>2</sup>, Dídia COVAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, joana.carneiro@tecnico.ulisboa.pt

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, dloureiro@lnec.pt

<sup>3</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

### RESUMO

Os sistemas de distribuição de água são infraestruturas fundamentais para garantir o acesso a água potável em quantidade suficiente, com pressão adequada e de boa qualidade a todos os consumidores. A operação destes sistemas, da responsabilidade das entidades gestoras, é confrontada com uma série de incertezas futuras, como a evolução social, económica, política e ambiental. Assim, as entidades gestoras devem planear os seus sistemas para serem mais resilientes.

A construção de cenários plausíveis é fundamental para o planeamento e gestão de sistemas e tem vindo a ser aplicada em vários estudos (ver Sivagurunathan et al., 2022). Uma vez definido um sistema de avaliação, composto por critérios, métricas e valores de referência (ver Carneiro et al., 2022), devem identificar-se cenários de análise. A aplicação de cenários no diagnóstico, atendendo à situação atual e à sua evolução futura, e ao estudo comparativo de alternativas, permite identificar fraquezas do sistema atual e ajudar na decisão de identificação da melhor alternativa.

Existem três categorias de cenários (Börjeson et al., 2006): i) previsões, desenvolvendo projeções futuras de uma ou mais variáveis com base em dados históricos; ii) exploratórios, cenarizando futuros possíveis e alternativos consoante os principais fatores de incerteza relativos ao futuro; e iii) normativos, visionando e estabelecendo um futuro desejável, permitindo a definição de estratégias para se atingir esse futuro.

Tradicionalmente, a análise e projeção de dados históricos é dos métodos mais comuns de prever o futuro, muitas das vezes utilizando métodos de regressão linear para uma determinada variável (Cabral et al., 2019). No entanto este tipo de métodos não considera fatores externos que podem alterar o contexto do sistema em análise. Para incluir estes fatores de incerteza, métodos exploratórios têm ganho relevância na gestão urbana (Jaoune et al., 2022). O planeamento de cenários é uma abordagem exploratória que, através de uma análise de contexto juntamente com contribuições de partes interessadas, identifica os principais fatores de incerteza que servem de base para a cenarização. Uma ferramenta utilizada na cenarização é a matriz de cenários, permitindo a combinação dos fatores de incerteza identificados (Scott et al., 2012). Uma abordagem híbrida que combine o planeamento de cenários juntamente com a projeção das variáveis para cada cenário permite conjecturar sobre o futuro de uma forma mais

abrangente e eficaz. Na gestão e planeamento de sistemas de abastecimento, este tipo de abordagens híbridas não é comum, sendo que existe a falta de uma metodologia que guie as entidades gestoras para uma correta conjectura de possíveis cenários futuros passíveis de ser aplicados à avaliação dos sistemas.

O presente trabalho tem como objetivo propor e testar uma metodologia para construção de cenários com o intuito de avaliar a resiliência e desempenho de sistemas de distribuição de água e propor medidas de melhoria. A metodologia para a construção de cenários combina a análise exploratória e preditiva, sendo composta por três passos principais: i) análise de contexto, ii) elaboração de cenários, iii) quantificação de cenários.

A análise de contexto é realizada através de uma análise SWOT, permitindo a caracterização do contexto externo à entidade, para identificação de oportunidades e ameaças, e do contexto interno para identificação dos pontos fortes e fracos da entidade gestora e do sistema. Na fase da elaboração de cenários, com base nos resultados da análise anterior, são identificados os principais fatores de incerteza que servem de referência para a matriz de cenários, sendo cada cenário uma conjugação dos diferentes fatores identificados. Cada cenário é descrito e caracterizado. Para aplicação e avaliação dos cenários ao modelo do sistema, é necessário quantificá-los. Para tal, identificam-se as variáveis, especificando a sua evolução temporal e espacial, e definem-se os pressupostos de análise. Os cenários são aplicados a uma avaliação da resiliência em que são utilizadas duas métricas de resiliência, *weighted resilience index* (Sousa et al, 2022) e o *network resilience index* (Prasad and Park, 2004), juntamente com a avaliação de desempenho do sistema em termos de pressão, velocidade e qualidade da água. A partir da avaliação da resiliência e do desempenho para cada cenário ao longo do tempo, é possível realizar uma projeção da evolução futura dos mesmos e constituir um elemento de apoio à gestão e planeamento de intervenções nos sistemas de distribuição de água.

A presente metodologia foi aplicada a um sistema de distribuição de água real português. Através da análise de contexto, verifica-se que a rega é o maior tipo de consumo de água (ca. 62% do volume faturado). Parte dos consumidores tem furos privados sujeitos a intrusão salina que, se deixarem de ter quantidade suficiente e qualidade adequada, poderão passar a utilizar água da rede de distribuição de água. A agravar, o sistema está inserido numa zona de seca severa, pelo que a disponibilidade de água pode vir a ser reduzida e restringida apenas para uso doméstico. A utilização de água para reutilização é uma possibilidade futura, não estando concretizada. Assim, os principais fatores de incerteza do sistema identificados foram a procura de água e o fornecimento da mesma.

Foram considerados três cenários distintos: i) aumento global do consumo seguindo a tendência dos últimos 10 anos; ii) aumento acentuado do consumo de água para rega devido à desativação de captações próprias dos utilizadores; iii) diminuição do consumo de água na rede de distribuição de água potável devido à ligação gradual dos usos de água para rega a uma rede alternativa de água para reutilização. Adicionalmente, foram pressupostas duas taxas de reabilitação de condutas na entidade gestora, 0,3%/ano (taxa de reabilitação atual) e 2 %/ano (meta estabelecida no PENSAARP). Para cada cenário foi realizada uma avaliação de resiliência e desempenho para um horizonte de análise de 20 anos. Os principais resultados de resiliência e desempenho serão apresentados e discutidos, assim como as principais conclusões do trabalho.

**Palavras-Chave:** construção de cenários; resiliência; incerteza futura; sistemas de distribuição de água; avaliação de sistemas

## REFERÊNCIAS

- Cabral, M., Loureiro, D., Amado, C., Mamade, A., Covas, D. (2019). Demand Scenario Planning Approach Using Regression Techniques and Application to Network Sectors in Portugal. *Water Policy*, 21(2), 394–41, doi:10.2166/wp.2019.029
- Carneiro, J., Loureiro, D., Covas, D. (2022). The use of resilience metrics to support decision making in drinking water systems. 2nd Joint Conference WDSA/CCWI, 18-22 Julho, Valencia
- Ganjidoost, A., Knight, M.A., Unger, A.J.A. & Haas, C.T. (2018). Benchmark Performance Indicators for Utility Water and Wastewater Pipelines Infrastructure. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 144(3), 04018003. doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000890
- Jaoude, G.A., Mumm, O., & Carlow, V.M. (2022). An Overview of Scenario Approaches: A Guide for Urban Design and Planning. *Journal of Planning Literature*, 37(3), 467–487. doi: 10.1177/08854122221083546
- Prasad, T. D., & Park, N.-S. (2004). Multiobjective Genetic Algorithms for Design of Water Distribution Networks. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 130(1), 73–82, doi: 10.1061/(asce)0733-9496(2004)130:1(73)
- Scott, C.A., Bailey, C.J., Marra, R.P., Woods, G.J., Ormerod, K.J., & Lansey, K. (2012). Scenario Planning to Address Critical Uncertainties for Robust and Resilient Water–Wastewater Infrastructures under Conditions of Water Scarcity and Rapid Development. *Water*, 4, 848-868; doi:10.3390/w4040848
- Sivagurunathan, V., Elsayah, S. & Khan, J. (2022). Scenarios for urban water management futures: A systematic review. *Water Res.*, 211, 118079, doi:10.1016/j.watres.2022.118079
- Sousa, J., Muranho, J., Bonora, M. A., & Maiolo, M. (2022). Why aren't surrogate reliability indices so reliable? Can they be improved?, 2nd Joint Conference WDSA/CCWI, 18-22 Julho, Valencia