

## Setorização Mais & CIL Pressure: Estratégias integradas para a eficiência hídrica no Porto

Susana Garcia <sup>a,\*</sup>, Ricardo Ferreira <sup>a</sup>, Flávio Oliveira <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Águas e Energia do Porto, EM, Rua Barão Nova Sintra, 285, Porto, Portugal

### RESUMO

A busca pela eficiência hídrica é um desafio premente para as entidades gestoras de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), dada a crescente escassez deste recurso tão fundamental. A Águas e Energia do Porto, EM (AEdP), entidade responsável pela gestão do SAA do município, investe, continuamente, na persecução desse objetivo, sendo o combate às perdas de água e à Água Não Faturada (ANF) a faceta mais visível desse esforço. Neste âmbito, a estratégia da AEdP tem como pilar central a setorização do SAA em Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC) ajustadas aos recursos internos de deteção de fugas. Esta estratégia intensificou-se em 2019, com o Projeto Setorização Mais, que proporcionou, paralelamente, um avanço significativo do conhecimento da rede, com novos dados de pressão em tempo real. O passo natural, tendo em conta a maturidade tecnológica da empresa, foi o desenvolvimento de uma ferramenta digital – *CIL Pressure* – para otimização das pressões na rede. A combinação destas abordagens tem produzido resultados notáveis na redução efetiva das perdas de água, refletindo o compromisso num serviço eficaz e sustentável, capaz de enfrentar os desafios associados à escassez de recursos hídricos em Portugal continental.

**Palavras-Chave:** Eficiência Hídrica, Ferramenta Digital, Perdas de Água, Pressões, Zonas de Monitorização e Controlo

**doi:** 10.22181/aer.2025.0303

\* Autor para correspondência  
E-mail: susana.garcia@aguasdoporto.pt

## Sectorization Plus and CIL Pressure: Integrated strategies for water efficiency in Porto

*Garcia, Susana <sup>a,\*</sup>, Ferreira, Ricardo <sup>a</sup>, Oliveira, Flávio <sup>a</sup>*

<sup>a</sup> Águas e Energia do Porto, EM, Rua Barão Nova Sintra, 285, Porto, Portugal

### ABSTRACT

The quest for water efficiency poses a significant challenge for Water Supply System (WSS) utilities, particularly given the increasing scarcity of this essential resource. Águas e Energia do Porto, EM (AEdP), responsible for managing the WSS in the municipality, has been consistently dedicated to this goal. The most visible aspect of this effort is the fight against water losses and Non-Revenue Water. AEdP's global strategy involves the sectorization of the WSS into smaller District Metered Areas, tailored to internal leak detection resources. This approach was significantly intensified in 2019 with the Sectorization Plus Project, which advanced the network knowledge with new real-time pressure data. Leveraging the utility's technological maturity, AEdP developed a digital tool – CIL Pressure – to optimize network pressures. These combined approaches have yielded impressive results in reducing water losses, underscoring AEdP's commitment to providing an efficient and sustainable service, well-prepared to tackle the challenges posed by water scarcity in Portugal.

**Keywords:** Water Efficiency, Digital Tool, Water Loss, Pressures, District Metered Areas

**doi:** 10.22181/aer.2025.0303

\* *Corresponding author*

E-mail: susana.garcia@aguasdoporto.pt

## 1 Enquadramento

Numa cidade com 41,42 km<sup>2</sup> de área (DGT, 2023) e que se desenvolve entre o nível do mar e a cota 160m, a AEdP é responsável pelo abastecimento de água a cerca de 165 000 Clientes, com a missão de assegurar o fornecimento contínuo de água potável de excelente qualidade a uma população residente de 232 mil habitantes (INE, 2022) acrescida de uma população flutuante que, em conjunto com a residente, ascende a mais de 500 mil habitantes equivalentes. Atualmente, o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do Porto é constituído por 821 km de condutas adutoras e distribuidoras, seis reservatórios de grande capacidade – 125.450 m<sup>3</sup> no total – e cerca de 70.000 ramais domiciliários, possuindo uma cobertura integral do território, isto é, um nível de acessibilidade física do serviço de abastecimento de água de 100%, em área predominantemente urbana (ERSAR, 2025).

A estratégia de setorização do SAA da cidade do Porto arrancou de forma decisiva em 2019 com o “Projeto Setorização Mais: Otimização do Modelo de Setorização da Rede de Abastecimento de Água”. Embora o SAA já se encontrasse setorizado, na altura, em 46 ZMC, essa divisão revelava-se insuficiente para promover a necessária melhoria do sistema em termos de eficiência hídrica, sobretudo no que respeitava às metas de perdas de água reais e de ANF da AEdP.

Enquadrado estrategicamente no Programa Estratégico de Gestão e Redução de Água Não Faturada da AEdP, o Projeto Setorização Mais ocupa um lugar central na estratégia de redução das perdas de água, na medida em que permite uma resposta mais célere e precisa às anomalias detetadas no dia-a-dia da operação, atuando ao nível da eficiência na gestão dos recursos, promovendo ainda o cálculo mais refinado do Balanço Hídrico de cada ZMC.

Uma vez concluída a primeira fase (Fase 1) do Projeto, em 2021, com a construção de 31 novas câmaras de manobras e a implementação de 38 novas ZMC, deu-se início em 2022 à segunda Fase (Fase 2), segregada em dois momentos (Fases 2.1 e 2.2), agora planeada em estreita articulação com o Plano Diretor do Abastecimento de Água do Porto (PD-AA) em curso. Este Plano vem acrescentar uma nova camada à setorização existente, ao analisar as ZMC de uma forma mais abrangente, tendo em vista a resiliência do SAA, integrando-as num anel adutor fiável e com as redundâncias necessárias ao bom desempenho de todo o SAA face a ocorrências inesperadas e que merecem a melhor resposta por parte da AEdP.

Desde o seu início e até ao final de 2024, o Projeto Setorização Mais permitiu dividir os 821 km de condutas adutoras e distribuidoras de uma rede de abastecimento densamente emalhada em 69 novas ZMC, perfazendo 115 no total, incrementando, significativamente, o grau de sensorização e monitorização, em tempo real, do SAA que agora possui aproximadamente 330 medidores de caudal e pressão.

Com as séries de dados de monitorização da rede disponíveis, com elevada granularidade, e com a localização espacial de cada local de consumo, a equipa do PD-AA desenvolveu uma Ferramenta Digital para Otimização das Pressões em cada Cliente – *CIL Pressure* – que permite estimar, com elevada precisão, as pressões de água diurnas e noturnas em cada Cliente (“CIL” corresponde ao código de identificação de local de consumo, individual para cada contador instalado no Cliente), tanto ao nível do solo (via pública) quanto ao nível de cada andar do mesmo prédio, se aplicável.

O objetivo da ferramenta *CIL Pressure* é, de facto, perceber qual a pressão mínima e máxima de água em cada ponto específico da rede com disponibilização direta ao Cliente (contador e/ou torneira do consumidor) e de que forma a mesma se encontra desfasada do nível de pressão ideal para o mesmo, seja este um desfasamento positivo ou negativo.

Desta forma, é possível estudar a rede com um grau de profundidade muito elevado e realizar os ajustes necessários no terreno por forma a garantir a pressão otimizada para cada Cliente, quer em termos de conforto e segurança, quer em termos da melhor gestão, eficiência e estabilização do SAA público.

A articulação entre estes dois projetos funciona de forma simbiótica, na medida em que cada um deles fornece *inputs* para o desenvolvimento do outro – a ferramenta *CIL Pressure* faculta uma análise expedita por parte da equipa do Projeto Setorização Mais e a evolução da setorização fornece novos dados de monitorização que alimentam a ferramenta digital – formando um círculo virtuoso de melhoria contínua que visa a eficiência e a otimização da gestão das pressões do SAA.

## 2 Projeto Setorização Mais

No final do ano 2018, a AEdP possuía um índice global de ANF de 17,7%, correspondendo, em dados brutos, a uma perda de água média diária de 10.228m<sup>3</sup>, ou seja, uma perda real de 104 litros/ramal/dia. Apesar de compatível com uma qualidade de serviço boa – segundo os valores de referência da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) – a redução deste índice começava a estagnar, sendo notório que a dimensão das ZMC, à data, constituía um obstáculo à rápida deteção de anomalias na rede e, portanto, à obtenção das metas desejadas para este indicador.

Em 2019, deu-se, então, início ao “Projeto Setorização Mais: Otimização do Modelo de Setorização da Rede de Abastecimento de Água”, centrando a abordagem da problemática das perdas de água na setorização do SAA, e na consequente evolução ao nível da subsetorização, com desenho de áreas mais refinadas de controlo e monitorização em tempo real, compatíveis com os meios internos de pesquisa de fugas no terreno e em *backoffice*. O dimensionamento das novas ZMC teve em consideração características físicas da área, densidade populacional, topografia, zonas críticas e possíveis impactes na qualidade do serviço. Seguindo as recomendações da International Water Association (IWA) (Morrison et al., 2002), definiu-se que cada ZMC deveria servir entre 1.000 e 3.000 Clientes, ajustando-se às especificidades locais da rede.

Este projeto veio colmatar a necessidade de setorização de toda a rede de abastecimento de água e alavancar outras táticas de combate às perdas, tais como, a gestão das pressões, a pesquisa ativa de fugas e subsequente reparação, a substituição criteriosa de contadores e a deteção de consumos ilícitos.

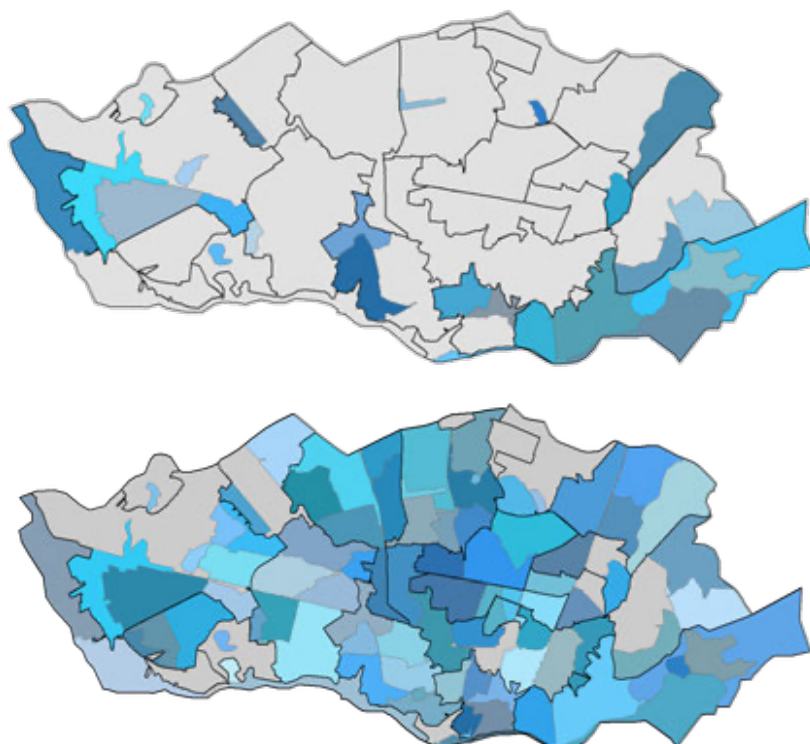
Contextualizando historicamente o Projeto Setorização Mais na estratégia de setorização do SAA do Porto, refira-se que esta foi evoluindo gradualmente desde a constituição da empresa municipal, AEdP, em 2006, data em que o sistema dispunha de apenas 6 ZMC, até 2019, altura em que arranca o Projeto e o SAA do Porto passa a ser constituído por 46 ZMC e 20 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP). Atualmente, o sistema dispõe de 115 ZMC, 27 VRP e cerca de 330 pontos de monitorização de caudal e pressão. A Figura 1 ilustra a evolução da setorização do SAA do Porto desde o início do projeto em 2019.

Este Projeto encontra-se enquadrado no Programa Estratégico de Gestão e Redução da Água Não Faturada da AEdP e divide-se em três fases. A primeira fase (Fase 1) decorreu entre 2019 e 2021 e permitiu a implementação de 38 novas ZMC com a construção de 31 câmaras de manobras, a instalação de 1 VRP e 90 pontos de medição de pressão.

A segunda fase (Fase 2) decorreu entre 2022 e 2024 e permitiu a implementação de 26 novas ZMC e a instalação de 5 VRP e 40 novos pontos de medição de pressão, trazendo consigo duas mudanças conceptuais. A primeira prende-se com a alteração do equipamento de medição, concretizada pela adoção de medidores de caudal enterráveis. Com esta solução, a construção de câmaras de manobras deixa de ser necessária, diminuindo consideravelmente o custo de instalação e a duração dos trabalhos de

construção. A segunda diz respeito à fase de estudo e projeto das ZMC que agora decorre em articulação com o novo PD-AA, atualmente em curso. O objetivo é criar ZMC, devidamente integradas num anel adutor fiável (conjunto de condutas adutoras principais interligadas entre si, com elevada capacidade e fiabilidade), com redundâncias efetivas e capazes de dar resposta a situações imprevistas. Sempre que possível, privilegia-se o desenho de novas ZMC com entradas próximas de condutas adutoras em detrimento de ZMC “em cascata”.

A terceira fase (Fase 3) encontra-se a decorrer entre 2025 e 2027 e já permitiu a implementação de 5 ZMC. Esta fase pretende concluir a setorização do SAA do Porto com a implementação de 20 novas ZMC e a instalação de 11 VRP e 50 pontos de medição de pressão, perfazendo, previsivelmente, um total de 135 ZMC e 37 VRP.



**Figura 1.** Evolução da setorização do SAA do Porto entre 2019 (início do Projeto Setorização Mais, em cima) e dezembro de 2024 (em baixo)

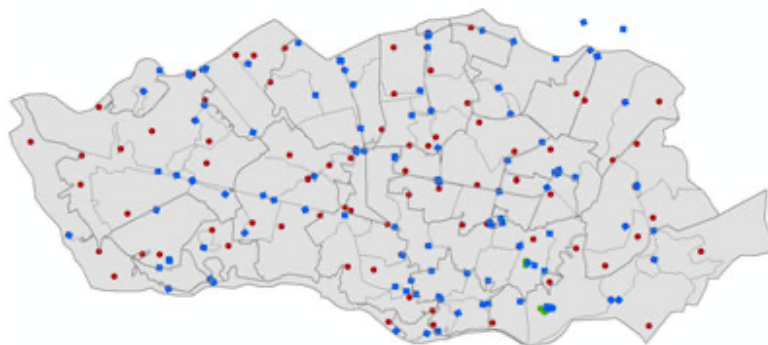
### 3 Sensorização e Monitorização do Sistema

A evolução da setorização do SAA do Porto trouxe consigo um incremento significativo do número de sensores de medição de caudal e pressão, com a instalação de um grande número de caudalímetros e *data loggers* na rede.

Com efeito, para cada nova ZMC criada, instalou-se um *data logger* para monitorização, em tempo real, do caudal e da pressão na entrada e um ou dois pontos de medição de pressão internos mediante a dimensão da própria ZMC, bem como a existência de pontos críticos ou sensíveis no seu interior. Tendo em vista a otimização do sistema de gestão e monitorização de toda a rede, a instalação de novos pontos de medição da pressão é estrategicamente acompanhada da revisão dos pontos já existentes nas ZMC atuais, sendo reforçada a monitorização onde necessário e realocados os equipamentos que se revelem redundantes.

No total, o SAA do Porto dispõe de 330 pontos de monitorização de caudal e pressão, distribuídos conforme se apresenta na Figura 2.

A setorização da rede em pequenas ZMC permitiu aumentar a quantidade de informação disponível, dada a larga abrangência da medição, tornando possível uma análise de pormenor do funcionamento da rede de abastecimento, designadamente ao nível da gestão da pressão na rede, da localização de anomalias não visíveis e das respetivas causas e, obviamente, da monitorização dos caudais noturnos de cada uma das ZMC. Este volume de informação disponível proporcionou, ainda, matéria para a criação de uma ferramenta digital – *CIL Pressure* – para otimização das pressões em cada Cliente do SAA do Porto, que se apresenta de seguida.



**Figura 2.** Distribuição dos pontos de monitorização de caudal (a azul) e pressão (a vermelho) do SAA do Porto

## 4 Ferramenta Digital *CIL Pressure*

Para melhorar a eficiência do atual SAA, a sua fiabilidade e resiliência, garantindo, simultaneamente, a capacidade de resposta a todas as solicitações, em qualquer momento ou situação, de contexto interno ou externo, a AEdP encontra-se a finalizar o novo PD-AA do município do Porto. Trata-se, essencialmente, de um *rolling plan* de caráter prático, e de implementação a curto-médio prazos, que visa assegurar a melhor localização e capacidade das reservas de água, integradas num sistema de adução e distribuição capaz (com redundâncias fiáveis e reais), bem como incrementar a sustentabilidade física do sistema em termos de eficiência hídrica e redução da ANF.

Dentro deste Plano, e tendo em vista o conhecimento e melhoria das condições de pressão do SAA do Porto, a equipa do PD-AA criou uma Ferramenta Digital para Otimização das Pressões em Cada Cliente – *CIL Pressure* – que permite estimar, com elevado grau de precisão, as pressões de água diurnas e noturnas em cada Cliente, tanto ao nível do solo quanto ao nível de cada andar do mesmo edifício.

O objetivo da ferramenta *CIL Pressure* é, em primeira instância, compreender os níveis mínimos e máximos de pressão de água em cada ponto do SAA com fornecimento direto ao Cliente (contador e/ou torneira do consumidor) e se estes níveis se encontram desfasados do patamar ideal de pressão para esse local, quer se trate de um desfasamento positivo ou negativo. Deste modo, é possível estudar a rede e fazer os ajustes necessários, no terreno, para alcançar o patamar ideal de pressão, tanto em termos de um maior conforto e segurança para o Cliente, como em termos de uma melhor gestão e estabilização da rede pública, procurando a melhoria dos níveis de eficiência e sustentabilidade. Este nível ideal de pressões da rede observa, portanto, os valores regulamentares de pressão de abastecimento aos Clientes, mas também a prevenção da ocorrência de roturas e a minimização dos valores de perdas de água.

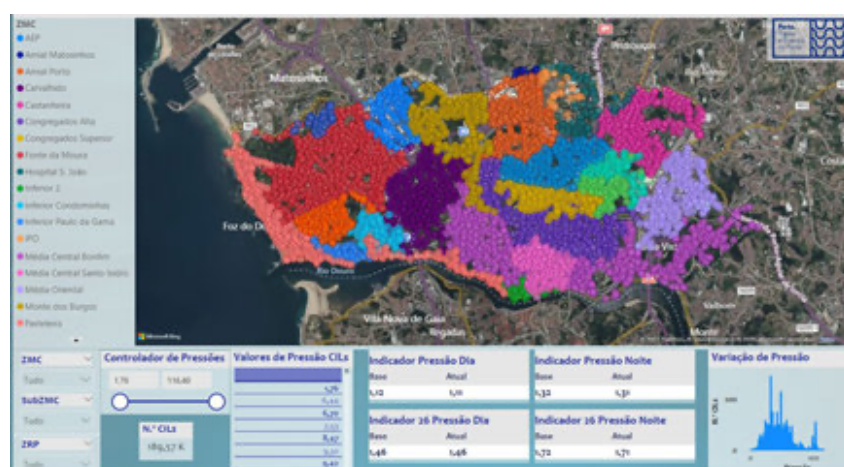
O modelo subjacente à ferramenta baseia-se no comportamento empírico de uma rede de abastecimento de água que dita que a maior perda de carga ocorre durante a hora de maior consumo. É um algoritmo ágil, totalmente baseado em medições reais da pressão



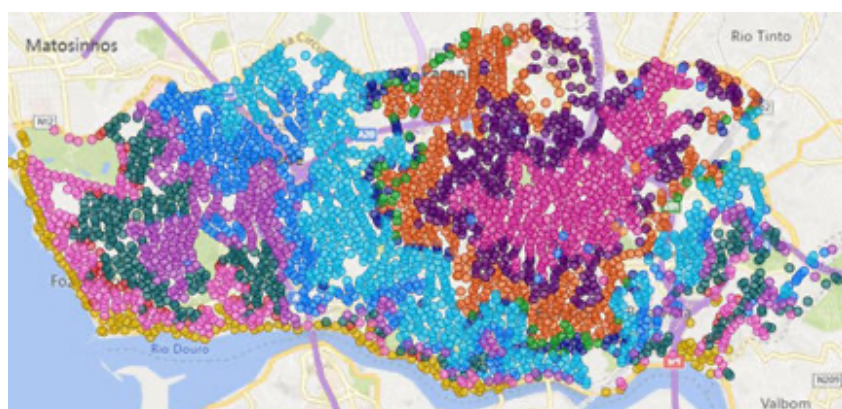
– *data loggers* – e num profundo conhecimento do sistema, tendo sido alimentado pelos seguintes conjuntos de dados devidamente tratados:

- Modelo Digital do Terreno (MDT) do Município do Porto;
- Distribuição espacial - latitude, longitude e cota – das localizações dos Clientes (CIL);
- Dados de pressão provenientes da sensorização da rede – séries de dados reais de *data loggers* instalados no terreno, tanto à entrada como dentro das ZMC existentes no SAA.

Com uma forte componente gráfica, que se ilustra nas Figuras 3 e 4, a ferramenta desenvolvida facilita a compreensão do SAA, bem com a sua consequente análise e otimização, na medida em que permite a simulação de condições atuais e futuras, incrementando a capacidade de decisão das equipas, designadamente a equipa do Projeto Setorização Mais.



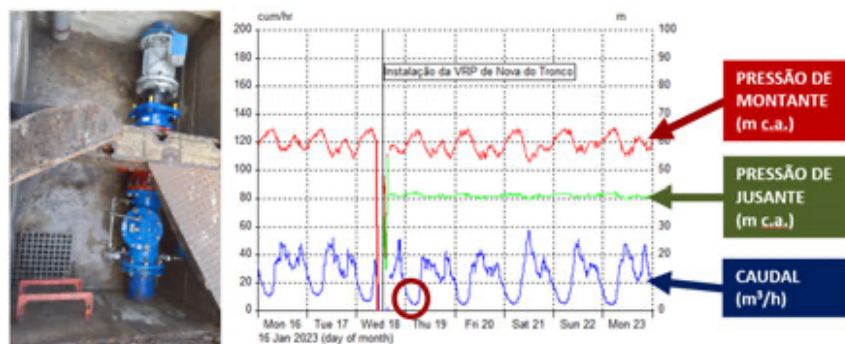
**Figura 3.** Layout da ferramenta digital *CIL Pressure* tendo por base a setorização do SAA



**Figura 4.** Layout da ferramenta digital *CIL Pressure* com a representação dos patamares ideais de pressão

O modelo desenvolvido orientou as Fases 2 e 3 do Projeto Setorização Mais. No terreno, a equipa conseguiu criar 31 ZMC, instalar seis novas VRP e ajustar limites existentes, alterando níveis de pressão nas condutas sem comprometer as condições de segurança e conforto para os Clientes. Esta atitude de execução expedita espelha a natureza prática do PD-AA, que estabelece, sobretudo, o carácter ágil das ações de melhoria a implementar, indo ao encontro da filosofia de *rolling plan*, definida pelo seu constante desenvolvimento, aperfeiçoamento e ajuste.

Como ferramenta de trabalho, o *CIL Pressure* representa um avanço tecnológico significativo no sentido da otimização das condições de abastecimento, com efeito na melhoria da gestão das pressões. Por sua vez, a gestão das pressões tem implicações ao nível da eficiência hídrica dos sistemas, influenciando não só a redução das perdas de água e da ANF, mas também o próprio consumo. Na Figura 5 ilustra-se a variação do caudal mínimo noturno resultante da instalação de uma VRP na ZMC Nova do Tronco, onde se regista a redução da pressão de 55-65 mca para 40 mca introduzida pela VRP e uma diminuição do caudal mínimo noturno de 7 m<sup>3</sup>/h para 4 m<sup>3</sup>/h, refletindo uma melhoria significativa na eficiência do sistema.



**Figura 5.** Variação do caudal mínimo noturno e das pressões na ZMC Nova do Tronco após instalação de uma VRP

## 5 Principais Resultados e Conclusões

A setorização de redes emalhadas, como é o caso do SAA do Porto, assumiu-se como uma ferramenta muito eficaz para o controlo e gestão das operações, quer ao nível dos indicadores de desempenho, quer ao nível da eficácia na execução dos trabalhos e otimização dos recursos. Embora não atue diretamente nas perdas de água, a setorização do SAA revelou-se fundamental para conhecer a distribuição espacial das mesmas, nas suas componentes real e aparente. A implementação efetiva do projeto no terreno, que se iniciou em 2020, acelerou a redução da perda real global da AEdP para valores na ordem dos 57 litros/ramal/dia, no final do ano de 2024, evolução que se representa na Figura 6. Para referência, refira-se a média nacional do índice de perda real, para entidades gestoras em baixa, de 123 litros/ramal/dia, em 2023, (ERSAR, 2025), que evidencia o impacto positivo da estratégia adotada pela AEdP.



**Figura 6.** Evolução anual do valor de perda real da AEdP (litros/ramal/dia)

As Fases 2 e 3 do Projeto Setorização Mais são efetuadas com o apoio da ferramenta digital *CIL Pressure*. Em conjugação com a setorização da rede, foi possível criar 31 novas ZMC, instalar seis novas VRP e ajustar limites de ZMC existentes, alterando níveis de



pressão nas condutas sem comprometer as condições de segurança e conforto para os Clientes.

A interligação entre as duas estratégias apresentadas funciona de forma orgânica uma vez que ambas buscam o objetivo comum de melhoria da eficiência hídrica do sistema. Numa perspectiva de melhoria contínua das equipas e do próprio SAA, a sua evolução integrada faz todo o sentido, na medida em que o avanço de uma estratégia impulsiona o avanço da outra – a ferramenta *CIL Pressure* faculta uma análise expedita por parte da equipa do Projeto Setorização Mais e a evolução da setorização do SAA fornece novos dados de monitorização que alimentam a ferramenta digital (dados de *input*), num processo sinérgico.

No SAA, a combinação dos dois projetos conduziu à criação, até ao momento, de 31 novas ZMC, a instalação de seis VRP e o ajuste de limites de ZMC que se encontravam desalinhados dos níveis de pressão ideais, com o término da Fase 2.2 do Projeto Sectorização Mais no segundo semestre de 2024, em conjugação com o consequente arranque da Fase 3.

A implementação, de forma integrada e articulada, destes projetos introduz benefícios diretos ao nível da gestão operacional, das perdas de água e da ANF, que atingiu, no final de 2024, o valor de 12,3% - o mais baixo de sempre para a AEdP e para o SAA do Porto. Este desempenho enquadra-se na classificação de “qualidade de serviço boa”, segundo os critérios da ERSAR.

De acordo com o RASARP 2024 (ERSAR, 2025), o índice de ANF configura uma qualidade do serviço boa quando inferior a 20%, medianamente boa entre 20% e 30%, e insatisfatória acima dos 30%. Apesar do bom desempenho da AEdP, o relatório destaca que, em 2023, cerca de 75% da ANF a nível nacional correspondia a perdas reais, o que representa um custo operacional significativo para as entidades gestoras. Nos sistemas em baixa, o índice médio de ANF em 2023 foi de 26,9%, com perdas reais a totalizarem 169,7 milhões de metros cúbicos. Este cenário reforça a importância de estratégias como a adotada pela AEdP, que combinam inovação tecnológica, gestão inteligente e investimento contínuo na reabilitação das infraestruturas, sem comprometer o conforto, a segurança e a qualidade do abastecimento de água na torneira do consumidor.

## Referências

- DGT (2023). *Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)*, versão 2023, Direção-Geral do Território, Lisboa, Portugal.
- ERSAR (2025). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2024). Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. ISBN 978-989-8360-48-9.
- INE (2022). *Recenseamento da população e habitação – Censos 2021*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, Portugal.
- MORRISON J., TOOMS S., ROGERS, D. (2002). *DMA Management Guidance Notes*. DMA Team of the International Water Association Water Loss Task Force, Specialty Conference. Chipre.