

## AValiação da Eficiência de Tratamento em ETAR de Pequena Dimensão: Aspectos de Instrumentação

Rita RIBEIRO<sup>(1)</sup>; Maria do Céu ALMEIDA<sup>(2)</sup>; Orlanda ILHARCO<sup>(3)</sup>; Ana Rita PAIS<sup>(4)</sup>

### Resumo:

A dispersão de aglomerados de pequena dimensão, particularmente nas zonas rurais, aponta para a necessidade de adoptar sistemas descentralizados de águas residuais. Em termos de soluções de tratamento de águas residuais, a escassez de dados sobre o funcionamento destas instalações de pequena dimensão tem constituído uma barreira na sua utilização. Esta limitação é acentuada face à carência de critérios claros para o dimensionamento, operação e monitorização de estações de tratamento de menor dimensão. Acresce que as águas residuais nos pequenos aglomerados apresentam características muito próprias, tais como flutuações significativas do caudal e da concentração de diferentes constituintes, que podem ter repercussões significativas ao nível da eficiência dos processos de tratamento. Deste modo, torna-se importante o estabelecimento de condições adequadas para efectuar uma monitorização apropriada que permita verificar as condições de funcionamento de ETAR de pequena dimensão, em particular ao nível da sua resposta face às elevadas variações à entrada.

A concepção e o estabelecimento de um sistema de instrumentação nas ETAR para fins de monitorização pressupõem a selecção do equipamento necessário à obtenção de dados em contínuo sobre as seguintes variáveis: caudal, características de qualidade da água residual e precipitação. A medição pode ser contínua ou descontínua, consoante adequado. O sistema de instrumentação deve também contemplar a recolha automática de amostras de água residual, quando necessário.

Verifica-se que grande parte das ETAR de pequena dimensão existentes em Portugal não possui as características necessárias à realização deste tipo de monitorização. A necessidade de garantir condições de escoamento adequadas ao funcionamento dos equipamentos e a representatividade dos locais de instalação dos mesmos pode obrigar à realização de intervenções estruturais na ETAR.

No artigo é feita uma síntese das condições necessárias a uma correcta instalação de equipamento de monitorização em ETAR de pequena dimensão e apresentam-se as adaptações efectuadas numa unidade pertencente ao sistema integrado de tratamento das águas residuais produzidas no município da Covilhã.

**Palavras-chave:** águas residuais; sistema de monitorização; intervenção estrutural

---

(1) Assistente de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [rribeiro@lnec.pt](mailto:rribeiro@lnec.pt)

(2) Investigadora Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [mcalmeida@lnec.pt](mailto:mcalmeida@lnec.pt)

(3) Directora de Exploração da ADS - Águas da Serra, S.A., R. Senhora da Estrela, 20, 6200-454 Boidobra, [oilharco@ags.pt](mailto:oilharco@ags.pt)

(4) Engenheira na AGS - Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A., SintraCascais Escritórios, R. Tapada Quinta de Cima, Linhó, 2714-555 Sintra, [apais@ags.pt](mailto:apais@ags.pt)



## 1. Introdução

A gestão descentralizada de águas residuais urbanas não é nova em termos conceptuais, mas tem vindo a ser reconhecida a sua importância em situações de dispersão populacional. A escassez de dados sobre o funcionamento dos sistemas descentralizados de tratamento tem constituído uma barreira na utilização deste tipo de soluções. Regista-se igualmente uma carência de critérios claros para o dimensionamento, construção, operação e monitorização de estações de tratamento de menor dimensão. Acresce que as águas residuais nos pequenos aglomerados apresentam características muito próprias. As variações significativas na qualidade e quantidade das aflúncias à ETAR, desde logo devido à menor dimensão do aglomerado populacional, mas também resultantes do funcionamento deficiente do sistema de drenagem (*e.g.* contribuições pluviais e infiltração indevidas), têm efeitos negativos no desempenho do sistema de tratamento, podendo comprometer o cumprimento dos objectivos de qualidade. Deste modo, é essencial o estabelecimento de um programa de operação e de manutenção adequado, que permita garantir a permanência do bom funcionamento das unidades.

Nos últimos anos verificou-se um importante progresso tecnológico em termos de instrumentação para monitorização e controlo com aplicação em sistemas de águas residuais urbanas (*e.g.* Vanrolleghem e Lee, 2003; Olsson *et al.*, 2005). De entre as razões que têm estimulado o desenvolvimento neste domínio, salientam-se os seguintes aspectos (Jeppsson *et al.*, 2002):

- Aumento da pressão legislativa no que se refere ao controlo de descargas de águas residuais.
- Necessidade crescente de controlo da produção de lamas.
- Necessidade crescente de controlo do consumo de energia.
- Novas concepções de tratamento (*e.g.* estações compactas).
- Novas soluções técnicas menos dispendiosas (*e.g.* equipamento de monitorização, sistemas computacionais e de comunicação).

A utilização de instrumentação de monitorização em ETAR de pequena dimensão poderá constituir um modo simples de obtenção da informação necessária, a custos controlados e em tempo real, sobre a eficiência do tratamento, para seja possível um controlo operativo eficaz, senão permanentemente, pelo menos durante o período necessário ao diagnóstico de disfunções e teste de soluções correctivas.

Assim, é necessário dotar as ETAR de condições adequadas à instalação de instrumentação, o que pode passar por alterações estruturais importantes.

## 2. Instalação e operação de equipamento de monitorização

### Introdução

A utilização de instrumentação de monitorização em ETAR urbanas está normalmente associada aos requisitos de auto-controlo da descarga das águas residuais tratadas e à medição de alguns parâmetros operativos utilizados no controlo do processo de tratamento (*e.g.* oxigénio dissolvido). Os caudalímetros e os amostradores automáticos são o tipo de instrumentação normalmente utilizada no



primeiro caso, enquanto que o controlo operativo do sistema de tratamento é feito normalmente com recurso a sensores que forneçam informação em tempo real.

Existem outras situações em que se justifica a instalação, permanente ou temporária, de instrumentação para fins de monitorização nas ETAR. São elas a realização de estudos para avaliação do funcionamento do sistema de tratamento, para diagnóstico e correcção de eventuais problemas, e, ainda, a aplicação de programas de controlo operativo, com realização de testes destinados à obtenção de informação que sustente a tomada de decisões de operação. Nestes casos, para além do equipamento de medição de caudal e de recolha de amostras, é vulgar o emprego de instrumentação que permita a obtenção de informação sobre características qualitativas da água residual (*e.g.*, oxigénio dissolvido, pH, potencial Redox). O sistema de instrumentação deve, preferencialmente, contemplar também a instalação de equipamento que permita a obtenção de dados da precipitação, particularmente se for relevante despistar a contribuição pluvial na afluência à ETAR em estudo.

Em qualquer dos cenários, a validade da monitorização realizada depende da representatividade do local seleccionado para a medição ou amostragem, a instalação adequada dos equipamentos e a sua correcta utilização. Apresentam-se, seguidamente, alguns aspectos a considerar na instalação e operação de sistemas de medição de caudal, de recolha automática de amostras e de sensores, pela sua importância na avaliação da eficiência do tratamento em ETAR de pequena dimensão.

### **Medição de caudal**

Nas ETAR de pequena dimensão, a medição de caudal, quando existente, está normalmente associada ao escoamento de efluente tratado e está integrada no âmbito dos requisitos de auto-controlo impostos no licenciamento da descarga. No entanto, a medição de caudal à entrada deste tipo de ETAR pode fornecer informação bastante útil sobre a variação na afluência, a qual pode ser bastante pronunciada e apresentar um impacto importante no comportamento hidráulico dos órgãos de tratamento e na sua eficiência. Consoante o objectivo, pode também ser importante proceder à medição de caudal entre os diferentes órgãos de tratamento e, ainda, o caudal de remoção de lamas. Este último deve ser medido com frequência, pois é uma variável de controlo importante no processo de lamas activadas.

A medição de caudal em ETAR de pequena dimensão é, de um modo geral, feita com escoamento em superfície livre. Para este efeito, é recomendável a utilização de caudalímetros em canal, os quais são constituídos por dispositivos primários e secundários. Os dispositivos primários são estruturas hidráulicas convencionais, tais como os descarregadores de soleira delgada e as caleiras Venturi ou Parshall, inseridas num canal de instalação. Os descarregadores só devem ser utilizados na medição de caudal de efluente tratado, por favorecerem a acumulação de sólidos no canal a montante (canal de alimentação), enquanto as caleiras já são menos sensíveis a este tipo de perturbação. A utilização de instrumentos para medição do nível, os dispositivos secundários, permite automatizar este processo de monitorização. De entre o equipamento de transdução que pode ser utilizado na



medição de nível, os sensores ultrassônicos são os utilizados mais vulgarmente. O valor de caudal medido nos caudalímetros em canal é calculado através da conversão da altura de escoamento medida num ponto específico do canal (a jusante da restrição ao escoamento), utilizando a equação de vazão hidráulica específica do dispositivo primário. Esta equação é fornecida pelo fabricante, caso o dispositivo primário seja prefabricado, ou, então, determinada experimentalmente, caso o canal de medição seja construído no local de instalação (EPA, 2004).

Qualquer resultado apenas estará completo quando acompanhado de uma indicação da sua incerteza, necessária para aferir se o mesmo é adequado ao objectivo estabelecido para a medição. A incerteza na medição de caudal é, de um modo geral, inversamente proporcional ao valor do mesmo, isto é, quanto mais baixo for o valor do caudal maior a incerteza na sua medição e vice-versa. Este facto verifica-se com todos os métodos de medição de caudal, mas é particularmente pronunciado nos sistemas de medição com escoamento em superfície livre (EA, 2008). Desta forma, a questão da determinação da incerteza associada à medição de caudal nas ETAR de pequena dimensão, onde se verifica a afluência de caudais muito reduzidos durante o período nocturno, assume particular importância (UKWIR, 2001).

Apresentam-se, a título exemplificativo, os valores de incerteza na medição de caudal estabelecidos por entidades com responsabilidades no licenciamento de descargas de águas residuais em países estrangeiros e que são os seguintes:

- No Estados Unidos da América é aceite um valor de incerteza até  $\pm 10\%$  na medição do caudal instantâneo realizada em acções de inspecção, no âmbito do *National Pollutant Discharge Elimination System* (NPDES), tutelado pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA, 2004).
- No Reino Unido é aceite uma incerteza até  $\pm 8\%$  no valor de volume diário da descarga, com um nível de confiança de 95%. Esta medição, que deve ser certificada, integra-se no âmbito das exigências de auto-controlo da descarga feitas no *Monitoring Certification Scheme* (MCERTS), tutelado pela *Environment Agency* (EA, 2008).

A instalação e a operação de caudalímetros devem ser feitas de modo adequado para, assim, se garantir uma qualidade das medições ajustada aos objectivos da monitorização. Apresentam-se, seguidamente, alguns aspectos a ser considerados com este tipo de instrumentação (EPA, 2004; Henriques *et al.*, 2007; EA, 2008):

- A instalação dos dispositivos primários e secundários deve ser feita de acordo com as instruções do seu fabricante.
- O caudalímetro não deve ser instalado a jusante de curvas, válvulas ou outros obstáculos que estejam suficientemente próximos para causar perturbações no escoamento medido.
- O dispositivo primário, descarregador ou caleira, não deve apresentar sinais de corrosão e, também, acumulação de incrustações e de sólidos.
- Os descarregadores de soleira delgada devem estar nivelados e o seu corpo deve ficar vertical e perpendicular às paredes do canal de alimentação.



- As caleiras Venturi ou Parshall devem ficar inseridas no canal de instalação de modo a que o seu plano longitudinal de simetria e o do canal coincidam. O colo da caleira deve ter paredes verticais e paralelas e, conseqüentemente, uma largura constante.
- O canal de alimentação dos dispositivos primários deve ser rectilíneo e ter o fundo plano e horizontal, a secção transversal rectangular com largura constante e, ainda, comprimento suficiente para que o escoamento seja uniforme e lento.
- O tipo de caudalímetro, e a sua dimensão, deve ser adequado à gama de caudais expectáveis e à concentração de sólidos suspensos presentes nas águas residuais.
- A calibração dos caudalímetros deve ser feita para a gama completa de caudal expectável.
- O nível de líquido na descarga da caleira não deve restringir o escoamento na mesma.

Uma das origens de incerteza na medição de nível está associada ao mau funcionamento da instrumentação, por razões tão diversas como as que se apresentam de seguida (EPA, 2004):

- O sensor está instalado numa posição incorrecta relativamente ao dispositivo primário.
- Não é feita a manutenção regular do sensor, o qual pode apresentar detritos acumulados na sua superfície ou estar danificado.
- Não foi estabelecido correctamente o zero da medição.

Os caudalímetros devem ser objecto de verificações e acções periódicas de manutenção. No caso de um caudalímetro com caleira, a sua exactidão de medição pode ser mantida mediante limpezas periódicas no interior da caleira, para além da verificação da estabilidade de medição do medidor de nível de acordo com as recomendações facultadas pelo fabricante (Henriques *et al.*, 2007).

### **Recolha automática de amostras**

Tal como se regista com os sistemas de medição de caudal, a recolha automática de amostras nas ETAR de pequena dimensão, quando existente, está normalmente associada à monitorização da qualidade do efluente tratado e está integrada no âmbito dos requisitos de auto-controlo impostos no licenciamento da descarga. A utilização deste tipo de equipamento visa, normalmente, a produção de amostras compósitas referentes a períodos de 24 horas. No entanto, a realização de programas de amostragem das águas residuais afluentes é igualmente importante, para assim se poder conhecer a dinâmica na carga afluente à ETAR e proceder a um controlo operativo mais eficaz do sistema de tratamento. A realização de campanhas de amostragem, por exemplo, num período de 24 horas e a recolha horária de amostras discretas, pode servir para a identificação de descargas pontuais não autorizadas (de origem industrial, por exemplo) que possam apresentar um impacto importante no sistema de tratamento.



A avaliação do funcionamento do sistema de tratamento, com a realização de balanços de massa, pressupõe a caracterização das águas residuais durante um período de tempo suficientemente longo que permita observar a dinâmica dos processos de tratamento. Neste caso, o programa de amostragem envolve, de um modo geral, a recolha automática de forma articulada de amostras a montante e a jusante do sistema de tratamento.

Existem diversos tipos de equipamento de recolha automática de amostras. No entanto, os mais vulgares utilizam uma bomba peristáltica que permite a aspiração da amostra de água residual e a sua posterior condução até os recipientes contidos no amostrador. A amostragem de águas residuais pode ser programada em função do tempo ou do caudal e pode resultar na produção de amostras discretas ou compósitas.

A instalação e a operação de amostradores automáticos nos canais de entrada e saída de uma ETAR devem ser feitas de modo adequado para, assim, se garantir a validade das amostras. Apresentam-se, seguidamente, alguns critérios a ser considerados com este tipo de instrumentação (Pronost *et al.*, 2002; WRC, 2006):

- A recolha de amostras deve ser feita num local onde o escoamento seja homogéneo e representativo.
- Os amostradores automáticos devem estar posicionados o mais próximo possível do local de amostragem, devendo, ainda, encontrar-se protegidos das intempéries e ao abrigo do sol.
- A altura de aspiração deve ser a mais pequena possível, mas sempre positiva.
- A tubagem de aspiração deve apresentar uma inclinação sempre ascendente, sem pontos baixos que funcionem como sifão.
- A tubagem de aspiração deve ser purgada antes da recolha de cada amostra, para assim se minimizar a contaminação cruzada entre amostras sucessivas.
- A exactidão na obtenção do volume de amostra deve ser até  $\pm 5\%$  para, assim, se assegurar a representatividade das amostras compósitas baseadas no tempo ou no caudal sobre um período de 24 horas.
- A velocidade do escoamento no ponto de amostragem não deve ser inferior a 0,5 m/s, de modo a não se verificar a sedimentação de sólidos neste local.
- O temporizador integrado no equipamento de recolha automática de amostras deve apresentar uma exactidão igual, ou superior, a 1 minuto em 24 horas.
- As amostras armazenadas no amostrador devem ser mantidas a uma temperatura compreendida entre 2 e 5º C, para assim se conservarem as características das águas residuais (*e.g.* CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, NH<sub>4</sub>-N).
- É importante a inspecção regular do funcionamento dos amostradores automáticos durante a realização de campanhas, com a verificação, por exemplo, de aspectos como o volume recolhido de amostra e a desobstrução dos orifícios da estrutura de aspiração.



### Monitorização permanente

O controlo operativo do sistema de tratamento é feito normalmente com recurso a sensores que forneçam informação em tempo real. A selecção, instalação e operação de instrumentos de monitorização permanente das várias grandezas do processo devem ser feitas de modo adequado para garantir uma qualidade das medições ajustada aos objectivos da monitorização. Apresentam-se, seguidamente, alguns aspectos a considerar para esse propósito:

- Os instrumentos de monitorização permanente devem apresentar características metrológicas adequadas à medição dos parâmetros em causa e estar calibrados para a gama expectável de variação de valores.
- Os instrumentos que requeiram interligação entre si ou a outros equipamentos devem apresentar compatibilidade física e funcional. Estão nestas condições as cadeias de medição constituídas por sensores (sondas), condicionadores de sinal, equipamentos de aquisição e canais de transmissão dados.
- A instalação dos mesmos deve ser feita de acordo com as instruções do seu fabricante. A localização de instrumentos de medição deve ser feita em pontos onde o escoamento seja homogéneo e representativo dos aspectos do processo que se pretendem monitorizar.
- As sondas devem ser instaladas em zonas com condições de escoamento favoráveis à medição (*e.g.* turbulência reduzida).
- O local de instalação das sondas deve ser de fácil acesso em todas as situações (*e.g.* montagem/desmontagem, inspecção do estado das membranas ou de superfícies de leitura, recolha de dados).
- Os instrumentos de monitorização devem estar instalados de modo a evitar a sua degradação por corrosão (*e.g.* devida ao contacto entre peças de diferentes metais, à exposição à chuva, à condensação de água no seu interior).
- A fixação ou a suspensão de sensores deve utilizar órgãos apropriados para tal (*e.g.* cabos próprios para suporte, estruturas com flutuadores, etc.)
- Os equipamentos e cabos eléctricos devem ficar protegidos de acções mecânicas, térmicas, químicas ou radiológicas (*e.g.* devidas à intempérie, à incidência solar, etc.).
- Os sistemas de condicionamento de sinal e/ou de aquisição de dados devem estar posicionados o mais próximo possível das sondas de forma a reduzir a exposição de circuitos de sinal a perturbações electromagnéticas (ruído).
- É recomendável que os cabos de sinal usados na ligação entre as sondas e os sistemas de aquisição de dados sejam blindados e possuam torçagem, devendo também ficar separados de cabos de energia para cargas de potência elevada (*e.g.* para alimentação de motores, especialmente, quando existem variadores electrónicos de velocidade).



### **3. Implementação de um sistema de monitorização num caso-de-estudo**

#### **Apresentação do caso-de-estudo**

Está actualmente em curso um trabalho de investigação que visa, entre outros objectivos, o desenvolvimento de um instrumento de avaliação da eficiência do funcionamento de ETAR de pequena dimensão, fazendo uso de tecnologias expeditas de monitorização. A implementação e a validação deste instrumento envolvem uma vertente experimental importante a realizar numa ETAR caso-de-estudo. Para tal, foi desenvolvido um sistema de monitorização destinado a produzir informação adequada para a avaliação do desempenho e que contempla a medição de parâmetros de várias grandezas do processo em tempo real e a recolha de amostras para caracterização analítica. O desenvolvimento deste estudo está a cargo do LNEC, em estreita articulação com as empresas Águas da Serra e AGS - Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade e, ainda, com o acompanhamento de elementos do Instituto Superior Técnico.

O sistema concessionado pela empresa Águas da Serra apresenta características específicas que o tornam bastante interessante em termos de exemplificação das possibilidades de gestão descentralizada de águas residuais em Portugal. O sistema integrado de tratamento dos efluentes produzidos no município da Covilhã é constituído por, entre outras, diversas ETAR projectadas para servir até 2 000 equivalentes de população (e.p.) que empregam o sistema de tratamento por lamas activadas.

A ETAR caso-de-estudo serve actualmente cerca de 850 habitantes. As águas residuais afluentes são de origem essencialmente doméstica, com contribuição aparente de águas pluviais e de infiltração. O sistema de tratamento emprega o processo de lamas activadas com arejamento prolongado, sendo portanto de baixa carga. A instalação é constituída por uma obra de entrada com tamisação automática, um tanque de arejamento, um decantador secundário e um conjunto de leitos de secagem. Os requisitos de qualidade impostos à descarga dos efluentes tratados são os que constam na legislação aplicável em vigor.

#### **Sistema de monitorização de base**

No âmbito da exploração da ETAR caso-de-estudo, a empresa Águas da Serra tem implementado dois programas regulares de monitorização, os quais são de natureza diferente. Um dos programas de monitorização consiste na recolha de amostras e posterior caracterização analítica. O outro programa consiste na realização de algumas medições em linha no sistema de tratamento.

O controlo analítico de rotina, realizado com uma periodicidade mensal, visa a avaliação do cumprimento das exigências de qualidade à descarga de efluentes tratados e, ainda, a determinação de eficiências de remoção conseguidas com o processo de tratamento. No Quadro 1 apresentam-se as variáveis objecto de caracterização analítica e os locais de amostragem empregues pela entidade gestora.

Para além do programa de amostragem e de caracterização analítica, é feito regularmente, *i.e.* várias vezes por semana, um controlo expedito do funcionamento



do sistema de tratamento que visa o ajuste da sua operação. Neste controlo processa-se à medição local de alguns parâmetros de qualidade e à realização de um teste às propriedades de sedimentação de amostras colhidas em dois pontos do sistema de tratamento. No Quadro 2 apresentam-se as variáveis objecto de controlo expedito.

**Quadro 1.** Controlo analítico

	Águas residuais afluentes	Águas residuais tratadas	Lamas activadas	
			Licor misto	Recirculadas
<b>CQO</b>	X	X		
<b>CBO<sub>5</sub></b>	X	X		
<b>SST</b>	X	X	X	X
<b>SSTV</b>			X	X
<b>N-total</b>	X	X		
<b>P-total</b>	X	X		
<b>pH</b>	X	X		

**Quadro 2.** Controlo expedito do funcionamento

Ponto de monitorização	pH	Oxigénio dissolvido (OD)	Temperatura	Sólidos suspensos 30 minutos (SS <sub>30min</sub> )
Águas residuais afluentes	X			
Águas residuais tratadas	X			
Licor misto	X	X	X	X
Lamas recirculadas				X

O sistema de monitorização implementado pela entidade gestora, que é o convencionalmente utilizado em ETAR destas dimensões, permite obter informação pontual sobre a eficiência de tratamento e, ainda, acompanhar a variação de alguns parâmetros operativos, como, por exemplo, o nível de oxigenação no tanque de arejamento. A realização do teste SS<sub>30min</sub> é útil enquanto elemento indicativo das propriedades de sedimentação de amostras de licor misto e de lamas recirculadas, podendo ser utilizado como primeiro indicador da ocorrência de desequilíbrios ao nível da distribuição da biomassa nos diferentes órgãos de tratamento e da composição biológica das lamas activadas.

O programa de monitorização de base aplicado na ETAR caso-de-estudo apresenta, no entanto, algumas limitações que dificultam a realização de um diagnóstico

sustentado sobre o funcionamento do sistema de tratamento e, conseqüentemente, as acções de controlo a aplicar.

Os dados obtidos com o controlo analítico permitem obter informação sobre o estado em que se encontra o sistema de tratamento no momento em que se procede à recolha das amostras de água residual. O espaçamento utilizado cria algumas dificuldades no acompanhamento da evolução do sistema de tratamento, uma vez que, por exemplo, duas caracterizações sequenciais podem ser separadas por variações na afluência ou no processo de tratamento que, não sendo conhecidas, apresentam um efeito mais directo sobre a situação em análise do que a caracterização realizada no mês anterior. É, no entanto, de notar que o intervalo de tempo empregue na caracterização de rotina na ETAR ultrapassa as exigências impostas no Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, relativas à descarga de águas residuais tratadas em ETAR com capacidade até 2 000 e.p., e que se referem a uma periodicidade trimestral.

A informação fornecida através do controlo expedito permite acompanhar melhor a evolução de determinados parâmetros operativos da ETAR, uma vez que a periodicidade da sua realização é bastante superior. A utilidade de parâmetros como o oxigénio dissolvido e o pH reside na possibilidade de inferir sobre aspectos básicos do processo de tratamento e, a partir daí, ter uma expectativa sobre a sua evolução.

Uma das principais limitações do sistema de monitorização de base, empregue inicialmente na ETAR caso-de-estudo, consiste na dificuldade de proceder a uma adequada medição de caudal das águas residuais afluentes e efluentes.

### **Sistema avançado de monitorização**

A execução de estudos detalhados implica a obtenção de informação adicional, quer ao nível da afluência, quer ao nível das próprias condições de funcionamento da ETAR. No caso presente, envolve também a monitorização da precipitação para, assim, se identificarem possíveis contribuições pluviais na afluência. Assim, foi adoptado um sistema avançado de monitorização para obter informação adequada à avaliação do desempenho, a custos controlados e potencialmente adaptável à supervisão centralizada.

O sistema avançado de instrumentação actualmente implementado na ETAR caso-de-estudo permite a medição de caudal em contínuo nos canais de entrada e saída, para além do registo da precipitação. Durante a realização das campanhas de monitorização, que servem de base à calibração e validação do modelo matemático descritivo do sistema de tratamento, é colocada instrumentação adicional nos canais de entrada e de saída e no tanque de arejamento, de modo a seguir a evolução das características das águas residuais. Optou-se pela utilização de um intervalo de registo de 5 minutos na medição de caudal e das características das águas residuais, estabelecendo-se, desta forma, uma monitorização em contínuo do funcionamento da ETAR. Nas campanhas de monitorização é feita também a recolha automática de amostras das águas residuais afluentes e tratadas.

O sistema de monitorização integra a utilização de sensores que visam a medição das seguintes características qualitativas das águas residuais: oxigénio dissolvido,



pH, potencial Redox e condutividade. É também utilizada uma tecnologia de monitorização, de desenvolvimento recente, baseada na espectrofotometria nas gamas ultra violeta (UV) e visível (VIS) e que permite, através da análise dos espectros, obter informação bastante mais completa sobre as características das águas residuais. Para tal, é empregue um espectrofotómetro portátil, instalado nos canais de entrada ou de saída, o qual se encontra adaptado às condições agressivas verificadas em ETAR ou em redes de drenagem.

A estrutura de instrumentação é complementada pela realização de medições e a recolha de amostras pontuais por via manual. De entre estas, salienta-se a medição do caudal de lamas recirculadas e a recolha de amostras de licor misto e de lamas recirculadas.

No Quadro 3 apresenta-se o sistema de instrumentação definido para a realização do estudo em causa.

**Quadro 3.** Sistema avançado de instrumentação

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Finalidade</b>
<b>Caudalímetros</b>	Avaliação da dinâmica na afluência à ETAR. Avaliação da resposta da ETAR face a situações de sobrecarga hidráulica. Necessário para a realização de balanços de massa.
<b>Amostradores automáticos</b>	Monitorização ao longo de 24 horas da composição das águas residuais afluentes e efluentes.
<b>Sensores</b>	Medição de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento para controlo do funcionamento do arejador mecânico. Medição de pH, temperatura e potencial Redox para controlo de aspectos associados ao processo biológico. Análise espectral nas gamas UV-VIS para identificação de alguns compostos ou materiais presentes nas águas residuais.
<b>Udómetro</b>	Análise da contribuição pluvial no caudal de águas residuais afluente à ETAR.

### **Dificuldades na instalação do sistema de instrumentação**

A preparação da instalação do sistema avançado de instrumentação envolveu a realização de uma importante intervenção estrutural na ETAR caso-de-estudo. Esta necessidade resultou do facto dos canais de entrada e de saída preexistentes apresentarem uma configuração que impossibilitava a realização da medição de caudal em condições adequadas e, ainda, dificultava a recolha automática de amostras por insuficiência de nível de líquido. Nesta intervenção, a Águas da Serra procedeu ainda, e entre outros aspectos, à reabilitação estrutural do tanque de arejamento e do decantador secundário.

Para que fosse possível seleccionar as características da caleira Venturi prefabricada a instalar, foi feita uma campanha de medição de caudal afluente à ETAR utilizando-se um sistema de monitorização multissensoriada (sensores de nível ultrassónico e de velocidade). Esta medição serviu apenas para dar uma



estimativa necessariamente grosseira da gama de variação do caudal, dado que as condições para a sua realização não eram as adequadas.

As obras realizadas nos canais de entrada e saída, com vista à instalação dos equipamentos de monitorização, consistiram nas seguintes intervenções:

- Construção de uma nova obra-de-entrada com dimensões e pendente adequadas, constituída por um sistema de tamisação e gradagem, uma caixa de retenção de areias, um canal de alimentação e uma caleira Venturi prefabricada.
- Transformação dos canais integrados na obra-de-entrada preexistente num canal simples, garantindo uma inclinação de 0,5%.
- Construção de um canal de saída do efluente tratado com dimensões e pendente adequadas, constituído por um canal de alimentação e uma caleira Venturi prefabricada.

A construção dos canais de entrada e saída da ETAR revelou-se bastante desafiante, dada a sua largura (150 mm) e a profundidade de implantação verificada, em especial no canal de saída. A necessidade dos canais apresentarem baixa rugosidade nas paredes e no fundo, para além deste último dever ser plano nalgumas extensões, foram outros aspectos que colocaram dificuldades acrescidas. O resultado final foi, no entanto, bastante compensador, ficando reunidas as condições para que a instalação do equipamento fosse feita de modo adequado.

Na intervenção feita nos canais de entrada e de saída foram ainda considerados os seguintes aspectos, os quais visam melhorar a validade das medições de nível:

- Modelação do terreno adjacente ao canal de entrada de modo a limitar a contribuição das escorrências pluviais provenientes do terreno da ETAR.
- Colocação de uma protecção amovível por cima dos canais Venturi, para diminuição da interferência do vento e da luz solar directa nas leituras do sensor de nível ultrassónico.
- Colocação de uma protecção contra a entrada de folhas no canal de saída, para evitar a ocorrência de variações artificiais no nível de líquido.

Da experiência obtida com a instalação das caleiras Venturi prefabricadas, realça-se a necessidade de se garantir o encaixe correcto, *i.e.* sem quaisquer saliências, da estrutura em poliéster reforçado a fibra de vidro no canal de instalação em betão. Importa, também, garantir a permanência de cunhas na parte superior das caleiras, de maneira a prevenir a ocorrência de deformações posteriores à instalação das mesmas em resultado da presa do betão.

#### **4. Conclusões**

A principal força motriz na utilização de desenvolvimentos recentes em instrumentação de monitorização em ETAR reside na crescente exigência em termos do nível de qualidade nas descargas de efluentes tratados, tendência que provavelmente se manterá. As variações significativas na qualidade e quantidade das afluições à ETAR têm efeitos negativos no desempenho do sistema de tratamento, podendo comprometer o cumprimento dos objectivos. A melhoria do nível de avaliação e controlo é assim essencial.



A utilização de instrumentação de monitorização em ETAR de pequena dimensão poderá constituir um modo simples de obtenção da informação necessária, em tempo real, sobre a eficiência do tratamento, para seja possível um controlo operativo eficaz. A instalação de sistemas avançados de monitorização envolve, no entanto, investimentos na aquisição e manutenção da instrumentação e na realização, caso necessário, de intervenções estruturais nas ETAR de modo a garantir condições de escoamento adequadas ao funcionamento dos equipamentos e a representatividade dos locais de instalação dos mesmos.

A indústria da água em Portugal está actualmente numa fase de transição no que se refere à gestão dos sistemas de águas residuais, com aplicação de modelos de integração regional em áreas menos densamente povoadas. A utilização de soluções descentralizada de tratamento num contexto da gestão centralizada do sistema permite alcançar economias de escala em termos dos custos de operação. No caso particular dos sistemas avançados de monitorização, os custos de instrumentação podem ser mais facilmente suportados caso a utilização do equipamento de monitorização seja repartida entre diversas ETAR, permitindo a realização regular e rotativa de campanhas para avaliação do funcionamento dos sistemas de tratamento, diagnóstico de disfunções e teste de soluções correctivas. Para tal, é necessário que os equipamentos de monitorização sejam portáteis e que as intervenções estruturais, eventualmente necessárias, permitam criar nas diferentes ETAR condições adequadas à correcta instalação desses equipamentos. Deve, assim, ser definido um conjunto base de requisitos a cumprir nas fases de projecto e de obra nas diferentes instalações. Outro aspecto que também deve ser explorado pelas entidades gestoras é a criação de competências e de capacidade técnica que permitam tirar proveito do novo tipo de informação produzida, que conduz a um conhecimento bastante mais profundo sobre o processo de tratamento.

A melhoria conseguida na avaliação e controlo das ETAR com um sistema avançado de monitorização tem como reflexos a obtenção de uma maior homogeneidade no desempenho do sistema de tratamento, com o cumprimento regular das exigências definidas à descarga de efluentes tratados, mas também, e não menos importante, uma melhor operação em termos de consumo de energia e na produção de lamas em excesso. É expectável que os resultados do estudo de investigação em curso forneçam às entidades gestoras de sistemas descentralizados uma estrutura prática para a melhoria da avaliação e controlo das ETAR, conduzindo a benefícios ambientais, económicos e operacionais significativos nos sistemas integrados de águas residuais urbanas.

### **Referências Bibliográficas**

- EA (2008). Minimum requirements for the self-monitoring of effluent flow. Version 3.2. MCERTS. Environment Agency. United Kingdom. February 2008. (32 p.)
- EPA (2004). NPDES compliance inspection manual. EPA 305-X-04-001. United States Environmental Protection Agency. USA. (355 p.)
- Henriques, J.D., Palma, J.C.P., Ribeiro, A.S. (2007). Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas.



Manual, Série Guias Técnicos, nº 9, Edição IRAR-LNEC, Portugal, Maio 2007. ISBN 978-989-95392-1-1. (347 p.)

Jeppsson, U.; Alex, J.; Pons, M.N.; Spanjers, H.; Vanrolleghem, P.A. (2002). Status and future trends of ICA in wastewater treatment - a European perspective. *Water Science and Technology*, 45 (4-5). IWA Publishing (pp. 485-494).

Olsson, G.; Nielsen, M.; Yuan, Z.; Lynggaard-Jensen, A.; Steyer, J.P. (2005) Instrumentation, control and automation in wastewater systems. Scientific and Technical Report No. 15. IWA Publishing (246 p.).

Pronost, J., Pronost, R., Deplat, L., Malrieu, J., Berland, J-M. (2002). Stations d'épuration: Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Document Technique FNDAE N.º 22 bis. MAAPAR, OIE. France. (86 p.)

UKWIR (2001). Measurement of low flows at wastewater treatment works (WWTW). UK Water Industry Research. United Kingdom. ISBN 184057237X. (47 p.)

Vanrolleghem, P.A.; Lee, D.S. (2003). On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state-of-the-art. *Water Science and Technology*, 47 (2). IWA Publishing (pp. 1-34).

WRC (2006). Sanitation research framework agreement supporting the building regulations research programme – Building research technical report 4/2006: Review of assessment tools for determining soil infiltration rates. Water Research Center. Office of the Deputy Prime Minister Publications. United Kingdom. (34 p.)