



POTENCIAL DE OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE AREJAMENTO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Eduardo VIVAS¹, Pedro LEITE², Sara PINTO³

1. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, eduardo.vivas@h2opt.pt
2. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, pedro.leite@h2opt.pt
3. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, sara.pinto@h2opt.pt

RESUMO

No sentido de melhorar e proteger a qualidade da água é essencial que este recurso, depois de usado, seja devidamente tratado antes da sua entrada no meio recetor ou, até mesmo, da sua possível reutilização. Assim, as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são fundamentais na sociedade atual. Contudo, são, também, responsáveis por elevados consumos de energia e apresentam, muitas vezes, níveis insatisfatórios de eficiência energética. Na base do problema está a etapa de tratamento biológico que é responsável por 50-60% do consumo total de energia de uma Estação de Tratamento de Águas Residual (ETAR), devido, em grande medida, à necessidade de arejamento do processo e à dificuldade em determinar a necessidade real de oxigénio no sistema, resultando, em muitos casos, num fornecimento excessivo de oxigénio e em custos energéticos desnecessários. Sendo esta a etapa mais crítica, torna-se crucial intervir na otimização destes sistemas. Nesse sentido, existem dois tópicos principais a serem tidos em conta: (i) a identificação de possíveis reduções de eficiência e eventuais perdas de carga excessivas que se possam verificar nos diferentes componentes que compõe o sistema de arejamento e (ii) a possibilidade de ajuste do funcionamento às reais necessidades de oxigénio. No presente trabalho são exploradas diversas oportunidades de melhoria nos sistemas de arejamento que podem ser identificadas e implementadas, com vista à redução dos consumos energéticos e consequentes custos de tratamento e emissões de CO₂, garantindo o cumprimento da qualidade da água tratada.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR); Arejamento; Energia; Otimização; Eficiência.

1. ENQUADRAMENTO

As Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) desempenham um papel fundamental na sociedade, uma vez que o tratamento adequado da água é cada vez mais uma prioridade, devido à necessidade de proteção ambiental e da saúde pública, ao aumento da consciencialização dos consumidores sobre questões ambientais, às políticas e regulamentações ambientais, atualmente existentes e que têm vindo a ser reforçadas, e, até, devido à potencialização de novos usos por reutilização de águas residuais tratadas.

Os processos biológicos são amplamente utilizados em estações de tratamento de águas residuais, sendo responsáveis por remover uma parte do conteúdo orgânico presente nos efluentes. A sua eficiência de tratamento é influenciada pela carga orgânica, presença de compostos tóxicos, quantidade de microrganismos, temperatura, pH e concentração de oxigénio e nutrientes no sistema.

A concentração de oxigénio no reator biológico é um parâmetro de extrema importância, uma vez que, o bom funcionamento dos sistemas biológicos aeróbios depende da disponibilidade de oxigénio e, esta, deve ser adequada às necessidades dos microrganismos. De salientar que, níveis de oxigénio inferiores aos necessários interferem com a eficiência do processo de tratamento, resultando na deterioração da qualidade do efluente e no não cumprimento dos requisitos de qualidade. Por outro lado, o excesso de arejamento, para além de não resultar numa melhoria da eficiência de tratamento, dificulta a ocorrência da desnitrificação e implica maiores consumos de energia e, consequentemente, maiores emissões de gases de efeito de estufa (Luo and Biegler 2011). Assim, o caudal de oxigénio deve assegurar, tanto quanto possível, um ajuste entre a necessidade e o fornecimento, ajustando-se às variações diárias e sazonais. Contudo, atualmente, o fornecimento de oxigénio é um processo crítico no tratamento de águas residuais. Na dificuldade de determinar um ponto de ajuste ideal de oxigenio

dissolvido, na exploração de ETAR, para garantir a qualidade do efluente, opta-se por manter níveis elevados de oxigénio dissolvido resultando, muitas vezes, num fornecimento excessivo de oxigénio e, conseqüentemente, em gastos de energia desnecessários (Luo and Biegler 2011).

Estudos indicam que, geralmente, a eficiência energética das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é insatisfatória e demonstram que os sistemas de arejamento consomem entre 50 e 60% da energia total consumida (Hernández-Sancho, Molinos-Senante et al. 2011). A Figura 1 representa a distribuição dos consumos típicos de energia numa Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e permite confirmar que o tratamento biológico (secundário) é a parcela mais relevante.

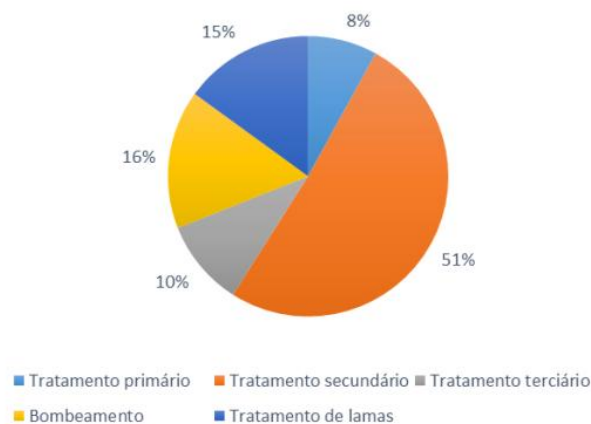


Figura 1 - Consumos típicos de energia numa ETAR (ERSAR, 2018)

Importa destacar que, neste setor, existe uma tendência de aumento dos custos de energia devido a vários fatores, como o aumento expectável das tarifas energéticas, ou as maiores necessidades de consumos para satisfazer níveis crescentes de rigor e exigência ao nível das normas para a qualidade de efluentes, seja por razões de proteção ambiental, ou de necessidades de novos usos.

Nesse sentido, é crucial intervir na otimização do desempenho energético das ETAR, em especial ao nível dos sistemas de arejamento. Para tal, existem dois aspetos principais que importa considerar na avaliação do potencial de otimização e de redução dos custos de energia deste tipo de sistemas, e que são especificamente explorados nos tópicos seguintes: (i) a correção de possíveis ineficiências que se possam verificar nos diferentes componentes do sistemas de arejamento, (ii) o ajuste do funcionamento do sistema às necessidades reais de arejamento verificadas.

2. CORREÇÃO DE INEFICIÊNCIA NOS SISTEMAS DE AREJAMENTO

Os sistemas de arejamento em ETAR são concebidos com base na informação disponível a nível de projeto, quer no que diz respeito aos equipamentos eletromecânicos (sobreprensos) e sistemas de difusão (informação dos fabricantes, referentes a condições ideais), quer no que diz respeito às condições de operação, que raramente correspondem ao posterior funcionamento real do sistema.

Além disso, a deterioração do desempenho dos diferentes componentes, ao longo do tempo, constitui uma fonte adicional de ineficiência, aumentando o consumo de energia. A este nível importa, assim, salientar a importância da realização regular de avaliações funcionais e de condição dos equipamentos com vista à quantificação dos níveis de eficiência dos equipamentos mecânicos (sobreprensos) e dos níveis de perdas verificados nos diferentes componentes dos sistemas de arejamento.

A avaliação de desempenho destes equipamentos, tipicamente sobreprensos de deslocamento positivo (lôbulos rotativos), podem ser realizadas tomando por base as normas EN ISO 1217 e CAGI BL 300, com as devidas adequações ao objetivo do estudo, implicando a avaliação de vários parâmetros, nomeadamente:

- Variação de pressão (entre a aspiração e a compressão);
- Velocidade de rotação do veio do sobreprensor;

- Caudal de ar na aspiração;
- Temperatura do ar na aspiração;
- Potência elétrica (a montante de variadores de velocidade, se aplicável).

Os resultados dessa avaliação permitem caracterizar a gama de funcionamento destes equipamentos, bem como avaliar o nível de desempenho dos mesmos, face às características expectáveis, de acordo com a informação original dos fabricantes, nomeadamente identificando eventuais reduções de eficiência em relação ao expectável que possam, eventualmente, ser corrigidas para minimização dos consumos de energia.

Por outro lado, eventuais perdas de carga excessivas que se possam verificar nos diferentes componentes que compõe o sistema de arejamento (filtros de aspiração, circuito de distribuição de ar e sistemas de difusores) poderão, igualmente, ser detetadas no decurso da realização destas avaliações de desempenho.

Refira-se que, a este nível, poderão ser identificadas situações em que a simples limpeza dos filtros de aspiração dos sobreprensos, a correção de alguma perturbação no sistema de distribuição (ex. válvulas que não fecham ou abrem completamente) ou a injeção de substâncias, no sistema de arejamento (ex. ácido fórmico) que possibilitem a redução da colmatção das membranas que cobrem os difusores, poderão significar importantes reduções de consumos de energia, com custos relativamente reduzidos, ou mesmo insignificantes, sem perturbação do funcionamento contínuo do sistema ou adulteração das suas características funcionais.

3. AJUSTE DO FUNCIONAMENTO ÀS REAIS NECESSIDADES DE AREJAMENTO

Como os níveis de oxigénio introduzidos nos tanques de arejamento atendem, normalmente, a fatores de ponta como população prevista no horizonte de projeto ou sazonalidade em zonas balneares, etc., poderão existir algumas limitações ao “*turn-down*” do sistema.

Tal implica que, à medida que o caudal de ar fornecido pelos difusores aumenta, a eficiência de transferência de oxigénio diminui, sendo que o efeito sobre a eficiência de arejamento é ainda mais significativo, fruto de um aumento das perdas de pressão (aumento das velocidades de escoamento). Por outro lado, quanto mais pequena a dimensão das bolhas formadas pelos difusores, maior será o tempo que a bolha demorar a atingir a superfície, conduzindo a um maior tempo de contacto com a água residual e aumentando a eficiência de transferência de oxigénio para o líquido (EPA, 1989; Larsson, 2011).

Nesse sentido, a minimização do caudal de ar fornecido ao sistema poderá significar poupanças de energia significativas, mas haverá que atender a dois tipos de limitações distintos: (a) valores mínimos de oxigénio a garantir no tanque, em função das necessidades (evolutivo ao longo do tempo) e (b) restrições operacionais para garantia de um bom funcionamento do sistema de arejamento, seja por garantia de não sobreaquecimento ou funcionamento desadequado dos sobreprensos, seja por garantia de um valor mínimo de caudal de ar para limpeza dos difusores e/ou mistura/ agitação do líquido no tanque de arejamento (EPA, 1989).

A principal dificuldade prende-se com a avaliação contínua e em tempo real das efetivas necessidades de arejamento, pela impossibilidade de quantificação direta dos níveis de matéria orgânica presentes, sendo, habitualmente, considerada a avaliação dos níveis de oxigénio dissolvido no líquido. Não obstante, para um efetivo controlo do funcionamento do sistema com base em sondas de avaliação desse parâmetro, a localização das mesmas assume primordial importância, com vista à correta representação dos níveis reais médios de OD no tanque, atendendo à comum distribuição não uniforme de OD, na área do tanque e em profundidade.

Assim sendo, mesmo nos sistemas que já possuem controlo de OD por meio de sondas, deverá ser: (i) devidamente revista a correta e adequada instalação das mesmas, (ii) avaliado o funcionamento dos algoritmos associados de análise de dados e de ajuste do funcionamento do sistema, de modo a evitar alterações constantes e/ou repentinas dos níveis de oxigénio fornecidos ao sistema e (iii) aferidos os valores de *turn-down*, com vista a uma aproximação dos níveis de oxigénio crítico (concentração mínima de oxigénio necessária à respiração dos microrganismos).

4. CONCLUSÕES

Face à importância dos custos de energia associados ao tratamento de águas residuais, particularmente concentrados nos sistemas de arejamento que suportam o tratamento biológico, justifica-se uma adequada avaliação funcional e de otimização do funcionamento dos mesmos.



As possíveis poupanças poderão ser obtidas por via de uma correção das ineficiências que se possam verificar pelo funcionamento desadequado de algum dos componentes do sistema (ex. perdas de carga excessivas, perda de eficiência dos equipamentos eletromecânicos, etc.), bem como pelo adequado ajuste do controlo do sistema para aproximação das reais necessidades de arejamento. Em muitas situações, e como estas poupanças são normalmente cumulativas, é frequente verificar-se que, no seu conjunto, as mesmas superam mais de 10% dos consumos totais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPA, 1989, *Fine Pore Aeration Systems*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Center for Environmental Research Information, Risk Reduction Engineering Laboratory, USA, EPA/625/1-89/023.
- ERSAR (2018). *USO EFICIENTE DE ENERGIA NOS SERVIÇOS DE ÁGUAS*. Disponível em <www.ersar.pt>. Acesso a 09 de janeiro de 2020.
- Hernández-Sancho, F., M. Molinos-Senante and R. Sala-Garrido (2011). "Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: A non-radial DEA approach." *Science of the Total Environment* 409(14): 2693-2699.
- Larsson, V., 2011, *Energy savings with a new aeration and control system in a mid-size Swedish wastewater treatment plant*, Uppsala Universitet, Department of Information Technology, 2011.
- Luo, J. and L. T. Biegler (2011). "Dynamic optimization of aeration operations for a benchmark wastewater treatment plant." *IFAC Proceedings Volumes* 44(1): 14189-14194.