



MODELAÇÃO DE SULFURETOS E DE GÁS SULFÍDRICO NO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS DE ALCANENA

Manuel PEIXEIRO¹, Rita MATOS², Maria SILVA³, Miguel GUERREIRO³, Isabel PIRES³, Cristiana FOJO³, Filipa FERREIRA⁴, José Saldanha MATOS²

1. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal,
cidmanuel95@hotmail.com

2. HIDRA, Lda. Av. dos Defensores de Chaves, nº 31 - 1º Esq. 1000 - 111 Lisboa, Portugal,
r.matos@hidra.pt; jsm.hidra@gmail.com

3. AQUANENA. ETAR de Alcanena, Casal de Penhores, 2380-151 Alcanena, Portugal,
maria.silva@aquanena.pt; miguel.guerreiro@aquanena.pt; isabel.pires@aquanena.pt; cristiana.fojo@aquanena.pt

4. CERIS – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal,
filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As águas residuais sofrem alterações físicas, químicas e biológicas durante o seu transporte ao longo de coletores. Em sistemas de drenagem, os tempos de percurso podem ser elevados, resultando, na massa líquida, na variação das concentrações de oxigénio dissolvido, sulfuretos dissolvidos, carência química de oxigénio, potencial redox e pH. Na ausência de oxigénio, estabelecem-se condições de septicidade (presença de sulfuretos), o que resulta na libertação de gás sulfídrico, com potencial de corrosão, toxicidade e odores ofensivos. A septicidade em redes de drenagem pode ser muito agravada com a descarga de efluentes com elevadas cargas de sulfuretos, como ocorre no caso de unidades industriais de curtumes. Em Portugal, cerca de 80% das unidades de curtumes localizam-se na zona de Alcanena, sendo vulgares as ocorrências daqueles efeitos. Com o intuito de desenvolver e implementar estratégias para o controlo e mitigação dos problemas resultantes da elevada concentração de sulfuretos, foi adaptado um modelo (AeroSept+) que simula a evolução das condições de septicidade ao longo do sistema de drenagem industrial de Alcanena, tendo como base os resultados de campanhas de monitorização de sulfuretos e gás sulfídrico, com medição em contínuo de vários parâmetros hidráulicos e ambientais, realizadas a cabo pela AQUANENA em 2020.

Palavras-Chave: Curtumes, Gás sulfídrico, Septicidade, Sistema de drenagem industrial

1. INTRODUÇÃO

A septicidade em sistemas de drenagem de águas residuais tende a ocorrer, em regra, em sistemas de drenagem de longa extensão, onde as águas residuais podem permanecer várias horas. Os problemas associados à septicidade em sistemas de águas residuais devem-se, principalmente, à redução do ião sulfato a sulfureto de hidrogénio, por ação de bactérias sulfato-redutoras na ausência de oxigénio dissolvido. A libertação de sulfureto de hidrogénio (também designado por gás sulfídrico) para a atmosfera de coletores pode provocar odores ofensivos, ambientes tóxicos, atmosferas explosivas e corrosão de infraestruturas.

A presença de sulfatos, microrganismos e matéria orgânica em águas residuais, na ausência de oxigénio dissolvido (anaerobiose), traduzem-se nas condições ideais para a formação de sulfuretos. Essa combinação é comum em redes domésticas, mas pode ser muito agravada com a existência de contribuições industriais ricas

em sulfuretos (i.e., indústria de curtumes, petroquímica, pasta de papel, processamento de matéria animal). Em sistemas de águas residuais urbanas, as concentrações de sulfuretos totais raramente excedem 2 a 3 mg/L, e ainda assim, para aqueles valores, os impactos negativos podem ser, em termos de odores ofensivos e corrosão, muito elevados. No sistema de drenagem de águas residuais industriais de Alcanena, já foram medidas concentrações de sulfuretos totais na massa líquida da ordem de 500 mg/L.

Em Alcanena, a ocorrência de sulfuretos no sistema de drenagem de água residual resulta, diretamente, da descarga de efluentes de unidades industriais (de curtumes) que, geralmente, apresentam altos níveis de carga orgânica, sólidos em suspensão e várias substâncias tóxicas, para além das elevadíssimas concentrações em sulfuretos, e que resultam das operações da fase de “ribeira”, que integram entre outros processos a “depilação”.

2. ENQUADRAMENTO

2.1. Caracterização do sistema

Em termos sumários, o sistema de águas residuais industriais de Alcanena inclui três emissários principais, totalizando aproximadamente 25 km de coletores, em PEAD, e 660 câmaras de visita (Emissários de Monsanto, Vila Moreira, e Gouxaria, com cerca de 9, 5 e 11 km, respetivamente) sendo que a drenagem do sistema ocorre de forma gravítica para a ETAR de Alcanena.

Na ETAR de Alcanena, o processo de tratamento do efluente industrial inicia-se com a sua admissão na respetiva obra de entrada, dotada de três parafusos de Arquimedes que estão em funcionamento, embora se esteja a dar prioridade à operação dos grupos eletrobomba por regulação das boias de nível, uma vez que dois dos parafusos apresentam capacidade de elevação limitada. Atualmente, a gestão do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais de Alcanena é feita pela AQUANENA.

O sistema de drenagem industrial recebe, essencialmente, os efluentes descarregados pelas unidades industriais, onde se destacam as indústrias de curtumes. O processo de curtimenta de couros e peles é um processo industrial onde os responsáveis pelas diferentes unidades industriais empregam os “seus” processos, muitas vezes adaptados ao destino específico do produto final acabado. Assim, apesar de algumas similaridades básicas, não existe um conceito básico ou universal definitivo para o processo de curtimenta que não seja o de tornar a pele imputrescível. Consequentemente, as águas residuais de curtumes são, relativamente à sua qualidade, heterogéneas, dependendo da operação ou operações em curso. Pode-se afirmar que, geralmente, os efluentes da indústria de curtumes apresentam elevados níveis de carga orgânica, sólidos em suspensão e várias substâncias tóxicas, sendo as operações responsáveis pela maior carga contaminante as da fase denominada por “ribeira”, que normalmente podem envolver as operações de molho, depilação, calagem, descarna, divisão, desencalagem, purga e piquelagem. Para regular as descargas de águas residuais das indústrias no sistema de drenagem, o Município de Alcanena possui um Regulamento de Descargas (AUSTRA, 2014).

São sistemáticas as ocorrências reportadas à AQUANENA e à Câmara Municipal de odores ofensivos provenientes do sistema de drenagem industrial e da própria ETAR. Os reduzidos declives dos troços finais dos emissários, aliados à frequente entrada em carga destes troços, mesmo em tempo seco (em resultado do ponto de funcionamento dos grupos eletrobomba posicionados na obra de entrada da ETAR), impedem a ventilação natural e a autolimpeza dos coletores, contribuindo para o agravamento do assoreamento e libertação de odores ofensivos.

2.2. Campanhas de monitorização de sulfuretos e gás sulfídrico

As campanhas de monitorização de sulfuretos e gás sulfídrico foram realizadas com vista a caracterizar o desempenho do sistema do ponto de vista do balanço de sulfuretos, e se possível “calibrar” parâmetros e variáveis do modelo de previsão AeroSept+ (Aerobiose e Septicidade em sistemas de águas residuais).

As campanhas de monitorização de sulfuretos e gás sulfídrico ocorreram entre os dias 6 e 29 de julho, tendo sido definidas três secções de monitorização, uma em cada emissário (Monsanto, Vila Moreira e Gouxaria). Nessas secções foram medidas, na fase líquida, o pH, a concentração de sulfuretos totais e dissolvidos, a concentração de oxigénio dissolvido, a CQO e a temperatura, e na fase gasosa, a concentração de gás sulfídrico em contínuo.

No Quadro 1 representam-se os máximos valores observados no âmbito das campanhas de monitorização, no que se refere às concentrações de sulfuretos totais (ST) e dissolvidos (SD) na massa líquida e do gás sulfídrico (H₂S) na atmosfera dos coletores.

Quadro 1 - Concentrações máximas observadas no contexto das campanhas de monitorização de sulfuretos e gás sulfídrico.

Secção	[S _T] (mg/L)	[S _D] (mg/L)	[H ₂ S] (ppm)
P1.B (MSni6.019.A)	266.2	169.4	2188
P2.B (VMni4.080)	14.1	10.1	3838
P3 (GXni7.073)	486.8	259.9	3454

2.3. Metodologia adotada

O modelo AeroSept+ , inicialmente desenvolvido em 1992, no âmbito de uma tese de doutoramento, tem sido atualizado ao longo do tempo, como resultado de varias investigações de doutoramento, e permite a avaliação das concentrações de oxigénio dissolvido e de sulfuretos totais (na massa líquida), bem como de sulfureto de hidrogénio na massa líquida e na fase gasosa, que constitui a atmosfera dos coletores, podendo ser aplicado a coletores e condutas de águas residuais com escoamento com superfície livre ou sob pressão, permitindo ainda a avaliação da corrosão nos coletores.

O modelo foi já aplicado a diversos casos a nível nacional, como, por exemplo, aos sistemas de águas residuais de Lisboa, da Costa do Estoril, do Funchal, da Ericeira, de Almada e do Barreiro, e internacionalmente, aos casos do sistema de São Vicente e Praia, em Cabo Verde, Maputo, em Moçambique, e Cabinda e Soyo, em Angola. O modelo tem por base os estudos teóricos e experimentais de Pomeroy (1959), Pomeroy e Parkhurst (1972 a)), Parkhurst e Pomeroy (1972 b)), Pomeroy e Parkhurst (1977) e Matos e Sousa (1989, 1990), de modo a contemplar, fundamentalmente, a possibilidade de afluência direta de sulfuretos ao sistema em concentrações elevadas. Para a fase aeróbia foram utilizadas as expressões de rearejamento e de consumo de oxigénio na massa líquida constantes em American Society of Civil Engineers et al. (ASCE, 1989) e de consumo de oxigénio no biofilme apresentada em Matos (1992).

No âmbito da avaliação de desempenho do sistema, entendeu-se simular oito cenários, fazendo variar a concentração de sulfuretos totais na massa líquida (0, 30, 100 e 300 mg/L), para valores de pH da massa líquida igual a 6 ou 8, conforme o indicado na Figura 1.

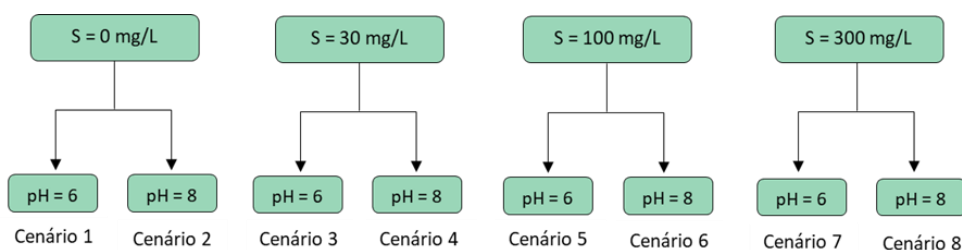


Figura 1 - Cenários a simular no modelo AeroSept+.

Na escolha dos cenários a simular, teve-se em conta os valores máximos admissíveis (VMA) para amostras composta de 24 horas e os valores máximos admissíveis pontuais (VMAP) das águas residuais a rejeitar no sistema, estabelecido no regulamento de descargas, respetivamente iguais a 30 e 100 mg/L. No entanto, e face aos resultados das campanhas de monitorização, ainda se considera outros cenários extremos (cenários 7 e 8) com S de 300 mg/L. Também se pretendia auscultar a resposta do sistema no caso de ausência de sulfuretos no efluente rejeitado no sistema (S = 0 mg/L). A título exemplificativo, na Figura 2 apresenta-se os resultados obtidos, relativamente à concentração de sulfuretos totais na massa líquida, no emissário de Monsanto.

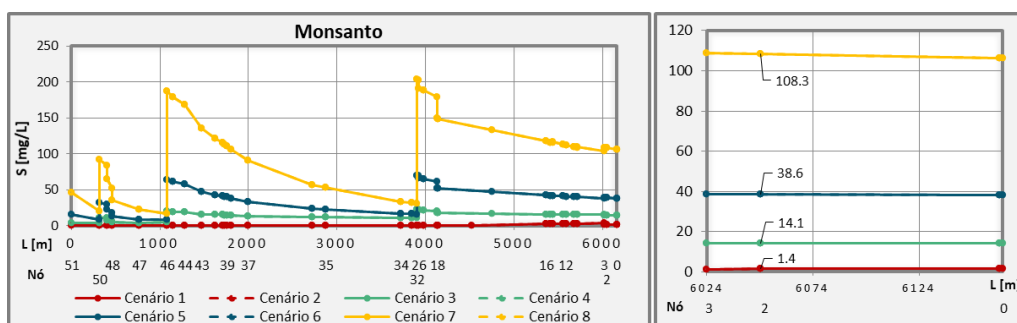


Figura 2 - Evolução da concentração de sulfuretos totais no emissário de Monsanto.

3. CONCLUSÕES

No que respeita à simulação de sulfuretos e de gás sulfídrico no sistema de drenagem industrial de Alcanena, os resultados fornecidos pelo modelo AeroSept+ indicam que, de forma geral, é o cenário 7 (descarga na origem de 300 mg S/l) o que mais se parece adequar aos valores máximos de concentrações de sulfuretos e de gás sulfídrico medidos nas campanhas de monitorização, nomeadamente no que respeita aos emissários de Monsanto e Gouxaria. Essa situação parece confirmar que uma parte das unidades industriais descarregará pontualmente efluentes com concentrações de sulfuretos totais superiores a 100 mg/L, limite que consta no atual regulamento de descarga.

Com base nos resultados obtidos, foi proposta, como medida de beneficiação, a adição de Cloreto de Ferro em estações de pré-tratamento e monitorização, a instalar em cada um dos subsistema (Monsanto, Vila Moreira, Gouxaria), de forma a reduzir a concentração de sulfuretos na massa líquida. O estudo propõe ainda a adoção de medidas para controlo na origem da descarga de sulfuretos das unidades industriais, como a instalação de medidores de concentração de sulfuretos dissolvidos e pH da massa líquida, em contínuo, pelo menos nas unidades industriais principais, designadamente as que processam pele em bruto, incluindo no seu processo a fase de “ribeira”, nomeadamente a depilação, e intervenções ao nível da ETAR, sobretudo na obra de entrada e de cobertura dos tanques de homogeneização, com envio do ar da atmosfera confinada desses órgãos para tratamento em “scrubber”.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à AQUANENA pelo fornecimento dos dados relativos às campanhas de monitorização realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTRÁ (2014): Regulamento do Sistema de Águas Residuais de Alcanena
- Matos, J. S. (1992) Aerobiose e septicidade em sistemas de drenagem de águas residuais. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Pomeroy, R.D. (1959) Generation and Control of Sulfide in Filled Pipes. Sewage and Industrial Wastes.
- Pomeroy, R.D.; Parkhurst, J.D. (1972 a) – Oxygen Absorption in Streams. Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE, New York.
- Pomeroy, R.D.; Parkhurst, J.D., (1972 b)) Self Purification in Sewers. Proceedings of the 6th International Conference of the Water Pollution Research, Jerusalem
- Pomeroy, R.D.; Parkhurst, J.D. (1977) The Forecasting of Sulfide Buildup Rates in Sewers. Prog. Water Tech., Great Britain, Pergamon Press.
- Matos, J. S., e Sousa, E. R. (1989) Modelação sanitária do escoamento de águas residuais em pressão em condutas de pequena extensão (Vol. Projecto C&T, JNICT, 2º Relatório de Execução). Lisboa: CEHIDRO.
- Matos, J. S., e Sousa, E. R. (1990) - Modelação de oxigénio dissolvido em redes de drenagem de águas residuais comunitárias (Vol. Projecto I&D, 1º Relatório (2º Ano de Execução)). Lisboa: CEHIDRO.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1989) Sulfide in Wastewater Collection and Treatment Systems. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 69, United States.

