



## QUALIDADE E SEGURANÇA DA ÁGUA NOS SISTEMAS DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

José Menaia, Elsa Mesquita, Laura Monteiro, Ana Poças,  
Vitor Napier, Maria R. Freixo e Maria João Rosa

Laboratório de Engenharia Sanitária, Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [jmenaia@lnec.pt](mailto:jmenaia@lnec.pt)  
[www.lnec.pt/organizacao/dha/nes/trabalho-experimental/LABES](http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nes/trabalho-experimental/LABES)

**Palavras-chave:** qualidade e segurança da água para consumo humano; projeto, operação e manutenção de sistemas de adução e distribuição.

**Sumário:** a qualidade e a segurança da água para consumo humano tendem invariavelmente a degradar-se durante a permanência da água nos sistemas de adução e distribuição. Tal decorre sobretudo da formação de subprodutos da desinfecção, do desenvolvimento de biofilme na parede interna das condutas e da acumulação/re-suspensão de sedimentos. Nesta comunicação resume-se a investigação desenvolvida no Laboratório de Engenharia Sanitária sobre esta problemática e apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

### 1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água com qualidade e salubridade adequadas é um fator decisivo para a saúde, bem-estar e longevidade de que usufruem as populações dos países desenvolvidos. Esta realidade deve-se sobretudo à evolução tecnológica e aos desenvolvimentos que no século passado foram feitos em infraestruturas, que permitiram eliminar agentes infecciosos da água e expandiram o abastecimento das populações.

Contudo, persistem problemas importantes por resolver, tanto no que respeita à eliminação de contaminantes no tratamento, como à preservação da qualidade e segurança da água nos sistemas de adução e distribuição (SAD). Nos SAD a qualidade da água tende a degradar-se principalmente devido à presença ambivalente do cloro residual, ao desenvolvimento do biofilme na parede interna das condutas e à acumulação/re-suspensão de sedimentos. Nesta comunicação descreve-se a investigação realizada no Laboratório de Engenharia Sanitária (LABES) e apresentam-se os resultados obtidos sobre os processos que controlam a qualidade da água nos SAD.

### 2. CLORO RESIDUAL

#### 2.1 Estado do conhecimento

É prática comum manter concentrações residuais de cloro na água dos SAD para eliminar microrganismos, incluindo os patogénicos que possam entrar acidentalmente nestes sistemas. As concentrações de cloro devem garantir o seu poder desinfetante, mas devem ser tão baixas quanto possível de modo a prevenir o aparecimento de cheiro e sabor a lixívia, e sobretudo minimizar a formação de subprodutos tóxicos da desinfecção. Estes (*e.g.*, trihalometanos, ácidos haloacéticos) são produtos das reações do cloro com a matéria orgânica natural da água (NOM). Interessa, portanto, prever a evolução da concentração de cloro ao longo dos SAD de modo a poder identificar a necessidade e localização de rechloragens, e prescrever (re)dosagens. Para tal são utilizados modelos (*e.g.*, EPANET) que incorporam expressões para descrever o decaimento do cloro. Em regra estas expressões são aproximações a cinéticas de 1ª ordem e recorrem à utilização de uma taxa fixa de decaimento de cloro previamente determinada em laboratório. Sabe-se, contudo, que este tipo de cinética é uma aproximação grosseira da realidade e que a taxa de decaimento varia durante o contacto do cloro com a NOM, e depende de fatores como a concentração de cloro, o tipo e teores de NOM, a temperatura da água.

## 2.2 Investigação desenvolvida e resultados

Investigaram-se os parâmetros que controlam o consumo de cloro pela NOM tendo em vista uma descrição/monitorização otimizadas da sua cinética suscetível de ser integrada em modelos de qualidade da água. Dos produtos obtidos destacam-se as conclusões:

1. A velocidade do consumo de cloro depende da concentração e natureza da NOM;
2. A taxa de decaimento de cloro aumenta com a velocidade de escoamento;
3. A velocidade de consumo de cloro depende da temperatura – a 20 °C pode ser três vezes superior à que ocorre a 10 °C – esta dependência pode ser descrita por uma relação de Arrhenius;
4. Na prática o decaimento de cloro é descrito mais adequadamente por uma cinética de 2ª ordem.

## 3. BIOFILME

### 3.1 Estado do conhecimento

Independentemente da presença de cloro, a superfície interna das condutas é invariavelmente colonizada por biofilme que pode albergar organismos patogénicos e é a origem da quase totalidade dos microrganismos da água dos SAD. A intensidade da colonização é controlada pelos teores da fracção biodegradável da NOM.

### 3.2 Investigação desenvolvida e resultados

Foram estudadas amostras de biofilme colhidas de condutas e reservatórios de três SAD. Os resultados obtidos permitiram inferir as seguintes conclusões principais:

1. A determinação da proteína total em amostras de biofilme permite avaliar a intensidade e distribuição espacial e temporal da colonização de SAD;
2. A intensidade e distribuição da colonização de SAD por biofilme varia de sistema para sistema e num mesmo sistema, podendo ser contínua ou esparsa e variar com a idade e material das condutas;
3. Embora fossem detetados patogénicos (*e.g.*, *Legionella* spp.), estes não foram encontrados em número e frequência que indicassem a existência de riscos do biofilme para a saúde pública.

## 4. SEDIMENTOS

### 4.1 Estado do conhecimento

A água dos SAD contém sedimentos em suspensão que, quando a velocidade do escoamento o propicia, se acumulam nas condutas. Da sua re-suspensão pode resultar o aparecimento de “água amarela” ou “castanha” na torneira do consumidor, uma das causas mais frequentes de desconfiança e reclamações por parte deste. Devido à cor dos sedimentos e à sua riqueza em ferro, estes são geralmente identificados como produtos de corrosão das condutas. Contudo, estes ocorrem também em sistemas sem condutas metálicas e são igualmente ricos em compostos orgânicos. Os sedimentos dos SAD podem adsorver e acumular microcontaminantes (*e.g.*, arsénio).

### 4.2 Investigação desenvolvida e resultados

Foram estudados sedimentos colhidos de condutas e reservatórios de SAD, e de um sistema piloto laboratorial. Neste investigou-se o efeito da velocidade de escoamento na acumulação de sedimentos. Os resultados obtidos permitiram concluir que:

1. Os sedimentos dos SAD têm características e comportamento de hidrogel; não são partículas sólidas como são geralmente descritas e tratadas;
2. Nos SAD os sedimentos que provocam o aparecimento de “água amarela” ou “castanha” são re-suspendidos a velocidades de escoamento muitíssimo inferiores às que se encontram descritas;
3. Contrariamente ao que é geralmente aceite, não são a estagnação e as velocidades extremamente baixas que mais propiciam a acumulação de sedimentos;
4. A fracção orgânica dos sedimentos dos SAD é rica em polissacáridos e proteínas, o que revela a sua natureza biogénica.

## 5. CONCLUSÕES

Dos estudos desenvolvidos no LABES resultaram conhecimentos científicos e técnicos com aplicação prática no projeto, gestão técnica, operação e manutenção de SAD, tendo em vista a preservação da qualidade e segurança da água nestes sistemas e, concomitantemente, o bem-estar e a saúde do consumidor.