

QUALIDADE E SEGURANÇA DA ÁGUA NOS SISTEMAS DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

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

Laboratório de Engenharia Sanitária – **LABES**/NES/DHA

Laboratório de Engenharia Sanitária–LABES/NES/DHA

Estratégia de I&DT



www.lnec.pt/organizacao/dha/nes/trabalho-experimental/LABES

Qualidade e segurança da água na torneira do consumidor

Dependem principalmente

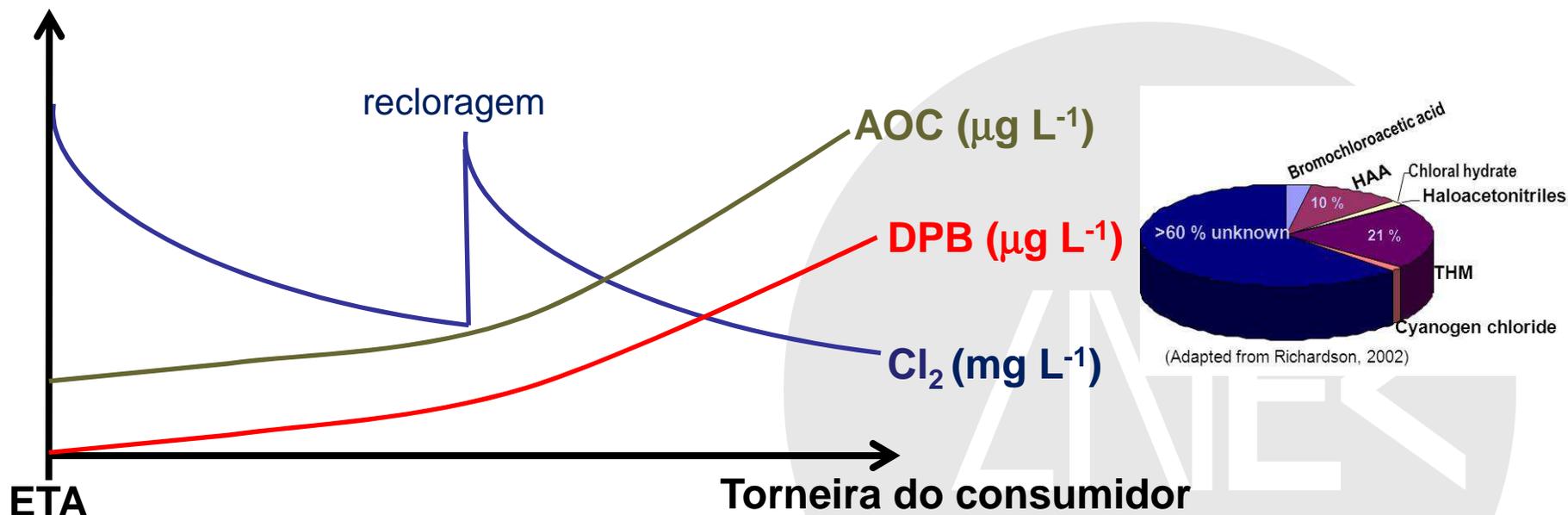
da eficácia das ETA para eliminar :

- contaminantes químicos e microbiológicos
- matéria orgânica natural (**NOM**)

de processos que ocorrem na adução / distribuição:

- formação de (sub)produtos (DBP) da reação do **cloro** com a **NOM**
- desenvolvimento de **biofilme**
- acumulação / re-suspensão de **sedimentos**

Formação de (sub)produtos (DBP) da reação do **cloro** com a NOM



DBP: trihalometanos + ácidos haloacéticos + centenas de outros subprodutos tóxicos

AOC: carbono orgânico assimilável que sustenta o desenvolvimento de biofilme

0,2 mg L⁻¹ > Cl₂ < 0,6 mg L⁻¹ ← modelação do consumo de cloro

↑ estimativa da taxa de decaimento: K (h⁻¹)⁴

Avaliação da taxa de decaimento de cloro



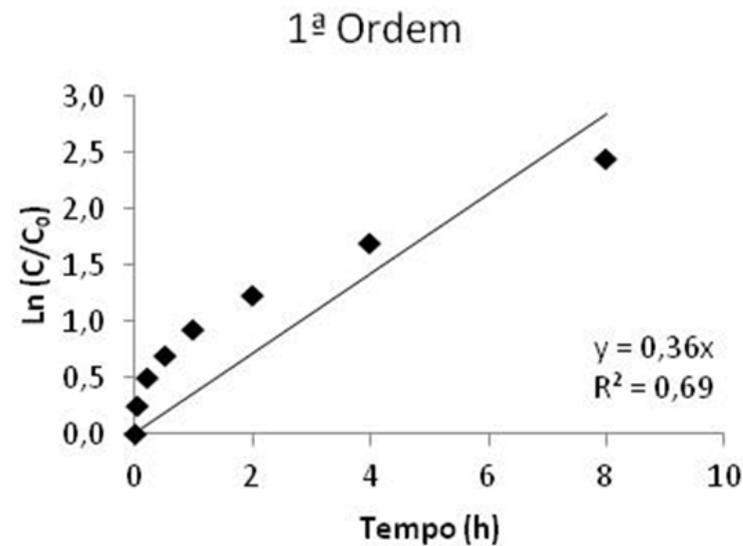
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

$$K = K_b + K_w$$

K_w = consumo de parede (apenas importante em condutas de ferro fundido)

K_b = consumo pela NOM da água

Prática comum: K_b fixo estimado em condições estáticas e a determinada temperatura



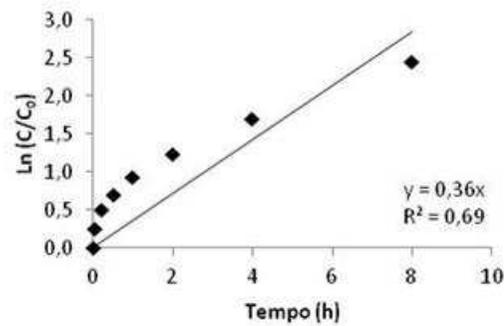
Avaliação da taxa de decaimento de cloro



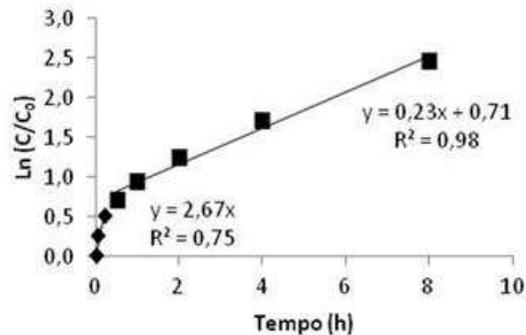
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Cinética

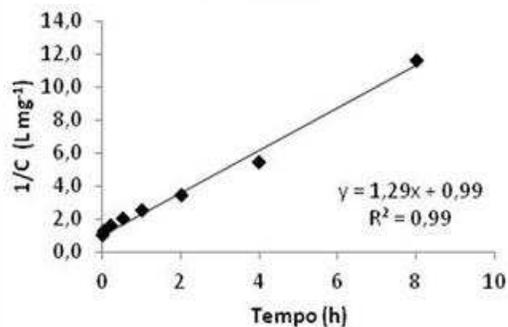
1ª Ordem



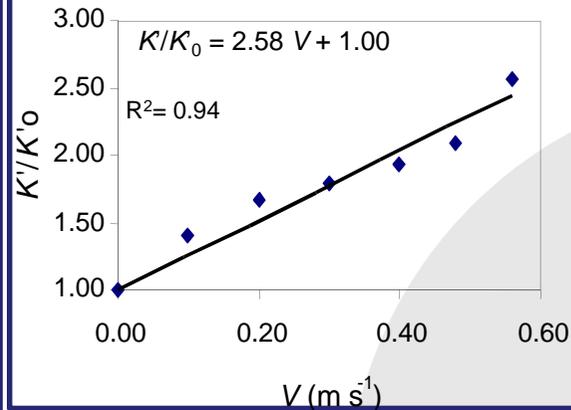
1ª Ordem paralela



2ª Ordem



Vel. escoamento



°C / NOM

C°	NOM 1			NOM 2		
	K ₀	n	R ²	K ₀	n	R ²
5	1.27	8	0.84	0.20	9	0.86
12	1.44	7	0.84	0.42	9	0.95
20	1.43	11	0.83	2.34	11	0.97
30	5.84	9	0.85	2.85	10	0.89

K_b

➔ incertezas dependem da cinética adotada

➔ variação sazonal e durante o percurso da água

- concentração Cl_2
- temperatura da água
- teor, qualidade e transformações da NOM
- velocidade escoamento

Avaliação da taxa de decaimento de cloro



INVESTIGAÇÃO EM CURSO :

- (2011- 2014) **Projeto UE PREPARED**: Enabling change
- (2012- 2015) **Projeto FCT ChloriDec**: Tecnologia para monitorização em tempo real das taxas de decaimento do cloro em sistemas de abastecimento de água
- (2011- 2015) **Doutoramento IST Laura Monteiro**: O comportamento do cloro residual e a estabilidade microbiológica da água em redes de abastecimento público

ATIVIDADE PRECEDENTE

- (2006-2010) **Projeto UE TECHNEAU**: Technology enabled universal access to safe water
- (2003-2008) **Projeto FCT ReCloro**: Efeito das condições de escoamento no decaimento do cloro residual
- (2002-2005) **WeKnow**: Web-based European knowledge network on water

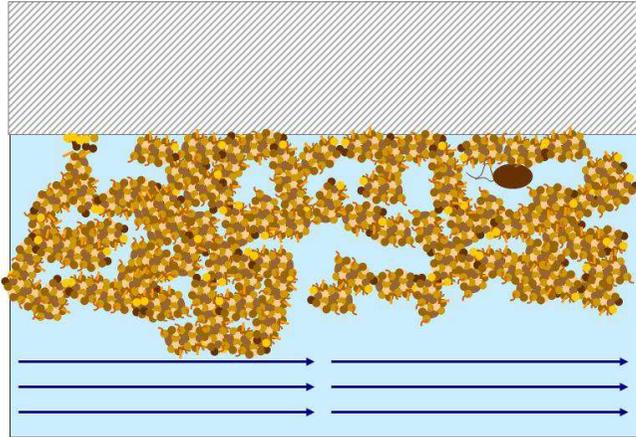
PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

- Laura P. Monteiro, José F. Menaia, Dídía C. Covas (2012) The influence of temperature on **chlorine bulk-decay rates** in drinking water. *In Proc. IWA World Cong on Water, Climate Changes and Energy*. Dublin – Irlanda, 13-18 Maio.
- Coelho, S.T., Menaia, J., Alegre, H. (2009) **Embedding water quality changes in hydraulic modelling**: the Techneau WP5.5 water quality modelling platform. In *TECHNEAU: Safe Drinking Water from Source to Tap - State-of-art & Perspectives*. IWA Publishing, London. ISBN: 9781843392750.
- Menaia, J., Coelho, S.T., Lopes, A., Fonte, E., Palma, J. (2003) Dependency of **bulk chlorine decay rates** on **flow velocity** in water distribution networks. *Water Supply*, 3 (1-2)209–214.

Biofilme dos sistemas de adução e distribuição

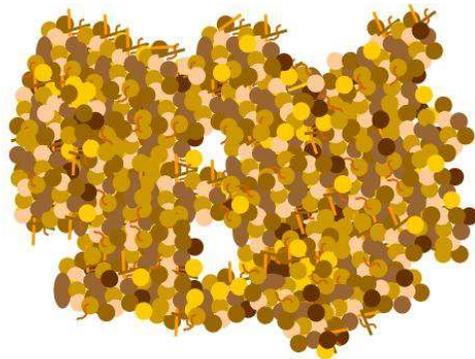


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Desenvolve-se em todos os sistemas

- Independentemente da presença do cloro
- A taxa e intensidade de crescimento depende do teor e composição de **AOC**
- Controla a qualidade microbiológica da água



FONTE DE COLIFORMES!!!



RISCO SAÚDE PÚBLICA!!!??

BIOFILME PODE ALBERGAR PATOGENICOS:

Pseudomonas aeruginosa (Norton e LeChevallier, 2000)

Streptococcus spp. (Walker, 2000)

Legionella pneumophila (Walker, 1995)

Helicobacter pylori (Stark et al., 1999)

Campylobacter spp. (Buswell et al., 1998)

Staphylococcus aureus (Anwar et al., 1992)

Candida spp. (Walker, 2000)

Mycobacterium spp. (Vaerewijck et al., 2005) **etc., etc.**

ZNEC

Biofilme dos sistemas de adução e distribuição



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Principais resultados & conclusões

- Desenvolvidos & validados métodos para estudo, colheita e caracterização
- Padrão e intensidade da colonização varia de sistema para sistema
- Podem variar em função da idade das condutas (ca. 10 anos – ca. 50 anos)
- Nos sistemas estudados (3) não foram detetados *Escherichia coli* ou patogénicos
- O biofilme consome cloro

Biofilme dos sistemas de adução e distribuição



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

INVESTIGAÇÃO EM CURSO :

- (2011- 2014) **Projeto UE PREPARED:** Enabling change
- (2010- 2013) **Pós-Doutoramento Rosário Freixo:** Mecanismos do consumo de cloro pelos biofilmes das redes de distribuição
- (2011- 2015) **Doutoramento IST Laura Monteiro:** O comportamento do cloro residual e a estabilidade microbiológica da água em redes de abastecimento público

ATIVIDADE PRECEDENTE

- (2006-2010) **Projeto UE TECHNEAU:** Technology enabled universal access to safe water
- (2005-2010) **Projeto EPAL:** Caracterização do biofilme da rede de distribuição de água da EPAL e dos riscos a este associados
- (2001-2005) **Doutoramento UBI Gabriela Santos:** Estudo da ecologia microbiana e fisiologia do microbiota dos sistemas de abastecimento de águas de consumo

PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

- Menaia, J., Benoliel, M., Lopes, A., Neto, C., Ferreira, E., Mesquita, E., Paiva, J. (2008) Assessment of Lisbon drinking water distribution **network biofilm colonization and associated hazards**. Water Sci. & Technol.: Water Supply, 8(4): 421-426
- Menaia, J., Mesquita E. (2004) **Drinking water pipe biofilms:** present knowledge, concepts and significance. Water Sci. Technology: Water Supply, 4 (2) 115-124.
- Menaia J., Alves R., Sanches S., Santos G. and Mesquita, E. (2003.) Monitoring the active **sessile-colonisation of two drinking water distribution systems** based on the protein contents in native biofilm samples. Water Sci. Technol., 47(5):169–173.

Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição

Ocorrem em todos os sistemas

- Independentemente do material das condutas
- A sua deposição / acumulação / re-suspensão leva ao aparecimento de “**água castanha**” na torneira do consumidor
- São principalmente constituídos por óxidos de ferro (até 72%) e compostos orgânicos (SV até 50%)
- São considerados / tratados / modelados como partículas de corrosão de ferro ou de precipitação de ferro da água
- Acumulam contaminantes (e.g., As)

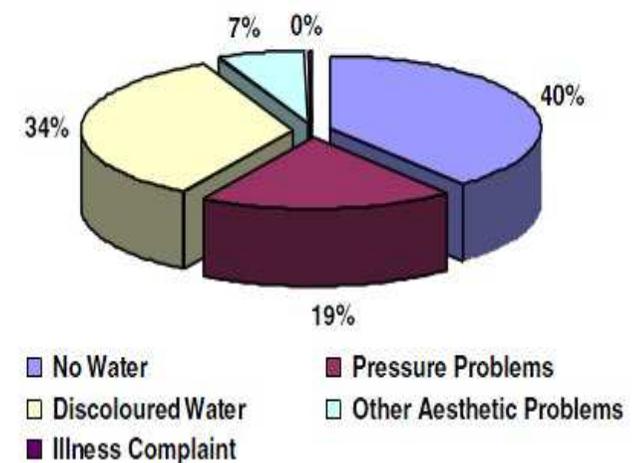
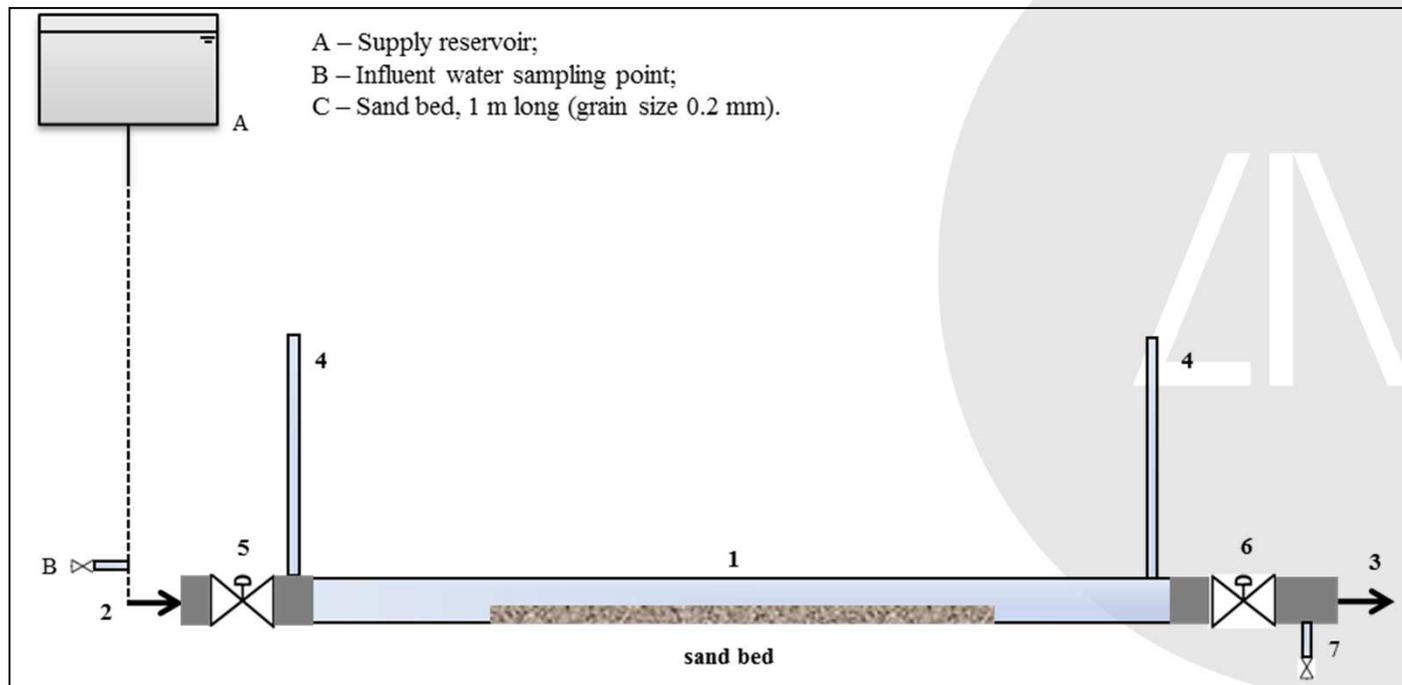


Fig. 1 - Typical break down of reasons for customer contacts for a 5 year period for a UK water company.

Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição e reservatórios

Investigados: sedimentos da rede + desenvolvidos em pilotos

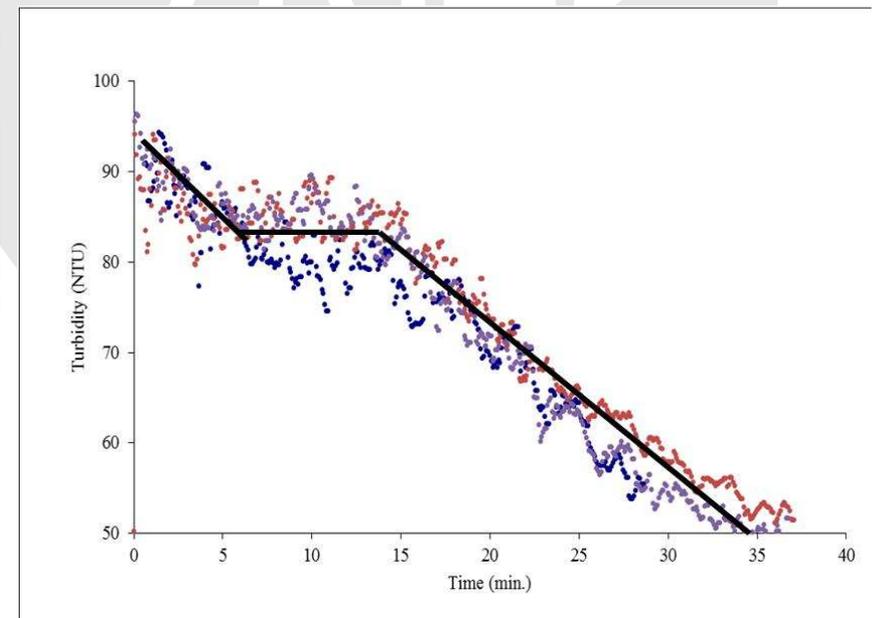
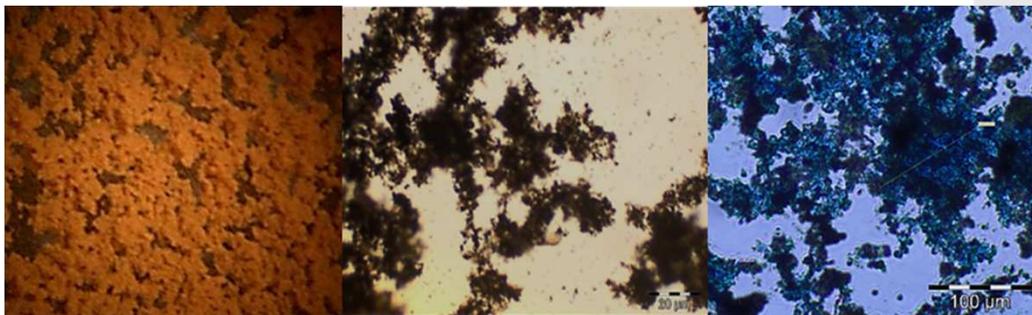


PVC, Ø 23 mm, 2 m ao abrigo da luz

Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição e reservatórios

Principais resultados & conclusões

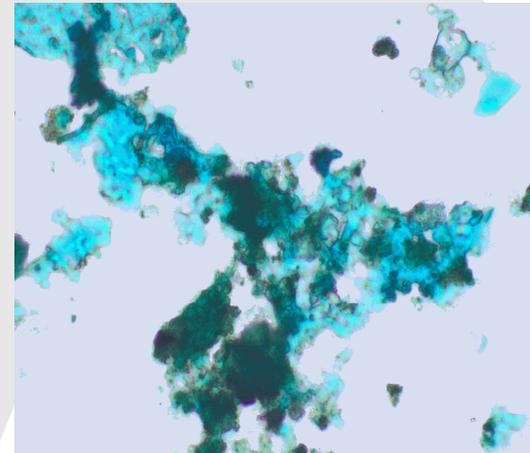
- Implementados métodos (**RPM**) para diagnóstico da acumulação (intensidade e taxa)
- Desenvolvidos / implementados métodos para colheita / caracterização de sedimentos da rede
- Sedimentos que causam “água castanha” não são partículas verdadeiras, são **hidrogéis** (morfologia fractal; > 80% água; floculação/desagregação)



Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição e reservatórios

Principais resultados & conclusões

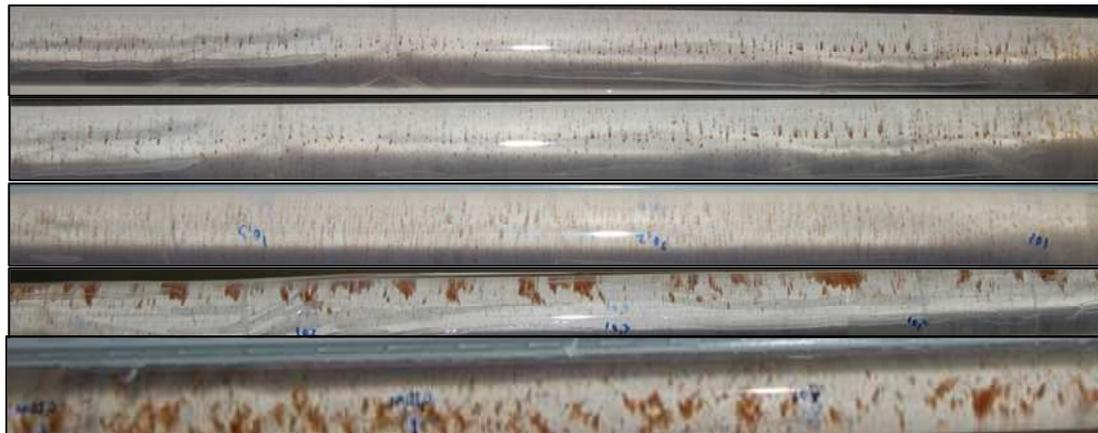
- Os teores em (exo)**polissacáridos** e proteína e a coloração específica com “alcian blue” mostram que (como nos sedimentos de muitos ecossistemas aquáticos) a sua fração orgânica tem natureza **biogénica (EPS)**
- A sua riqueza em óxidos de ferro (**coagulante**) e EPS (**floculante**) explicam as sua propriedades e **comportamento de hidrogel**



Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição e reservatórios

Principais resultados & conclusões

6 meses:



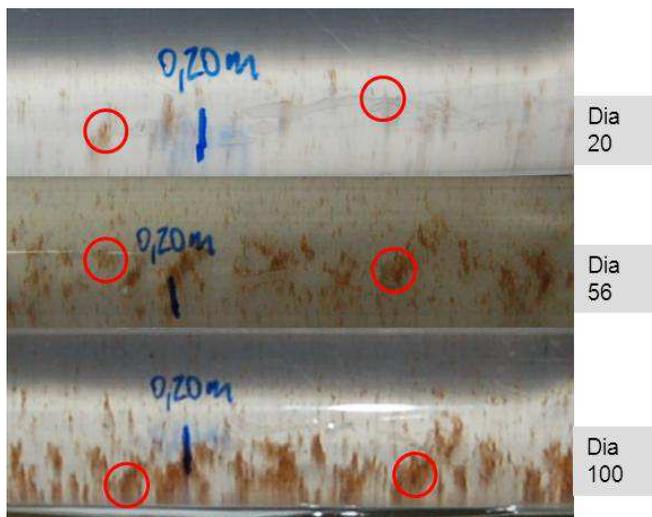
0.003 ± 0.001 m/s

0.003 ± 0.001 m/s

0.004 ± 0.001 m/s

0.026 ± 0.005 m/s

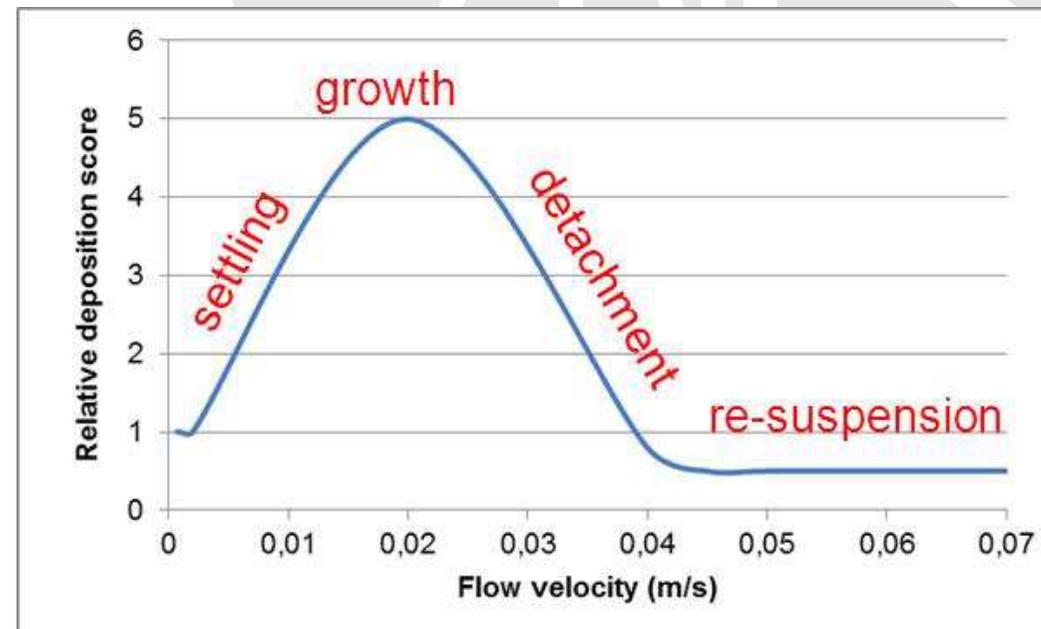
0.027 ± 0.004 m/s



Dia 20

Dia 56

Dia 100



Sedimentos dos sistemas de adução / distribuição e reservatórios

INVESTIGAÇÃO EM CURSO :

- **(2010- 2013) Projeto FCT LDmicrobiota:** O microbiota dos sedimentos dos sistemas de distribuição
- **(2009- 2013) Doutoramento Univ. Técn. Delft. Ana Poças:** Mechanisms of loose deposits' microbiota effects on the quality of chlorinated distribution systems water

ATIVIDADE PRECEDENTE

- **(2006-2010) Projeto UE TECHNEAU:** Technology enabled universal access to safe water

PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

- Poças, A., Napier, V.; Rebola, N., Cordeiro, B., Rodrigues, S., Benoliel M-J., Vreeburg, J., Menaia, J. (2012) **Sampling and characterising discolouration causing loose deposits.** Water Research (em avaliação).
- Poças A., Monteiro L., Rebola N., Cordeiro B., Paiva J., Benoliel M.J., Rodrigues S., Vreeburg J., Menaia J. (2012) Método para **amostragem representativa de sedimentos** de redes de distribuição. Proc. 11º Congresso da Água - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - Porto, 6 a 8 de Fevereiro.
- Vreeburg, J. H. G., Menaia, J., Branco, L., Benoliel, M., Aprisco, P., Rebola, N. and Cordeiro B. (2009) Conceptual **model for discolouration in drinking water systems:** Who's to blame and what to do? In TECHNEAU: Safe Drinking Water from Source to Tap - State-of-art & Perspectives. IWA Publishing, London. ISBN: 9781843392750.

Qualidade e segurança da água na torneira do consumidor

DOS ESTUDOS DESENVOLVIDOS NO LABES:

- **conhecimentos científicos e técnicos com aplicação prática no projeto, gestão técnica, operação e manutenção de sistemas de adução e distribuição**

Laboratório de Engenharia Sanitária–LABES/NES/DHA

www.lnec.pt/organizacao/dha/nes/trabalho-experimental/LABES

Plano de **I**nvestigação **P**rogramada do **LNEC** para 2009-2012
Projeto: Qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição



A equipa agradece a vossa atenção