

Jornada Técnica

Redes de água potável em edifícios hospitalares

Descontaminação e controle da corrosão



A CONCEÇÃO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E O SEU DESEMPENHO EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE DESINFECÇÃO E DE CONTROLO DE CONTAMINAÇÃO

Luís Eduardo Pimentel Real

Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações

Laboratório Nacional de Engenharia Civil



Instalações de tubagem

Tipos de instalações em hospitais:

✓ água fria e quente para consumo humano;



✓ água fria para combate a incêndios;



✓ água desmineralizada para hemodiálise e laboratórios e descalcificada para lavanderia e central térmica.



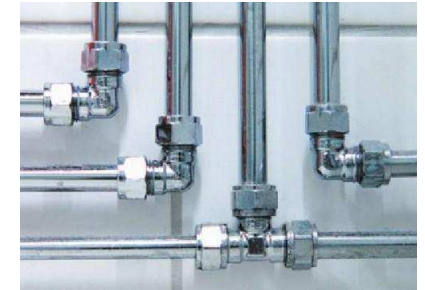
Tipos de tubagem – interior de edifícios

Sistemas de tubagem de materiais metálicos

- Aço inoxidável;
- Aço não ligado, protegidas por galvanização ou por outro tipo de revestimento;
- Cobre



EN 10312
EN 10224
EN 1057
EN 545



Sistemas de tubagem de materiais plásticos

- Policloreto de vinilo clorado (PVC-C)
- Polietileno reticulado (PEX) e polietileno de resistência melhorada à temperatura (PE-RT)
- Polipropileno (PP) e polipropileno de resistência melhorada à temperatura (PP-RCT)
- Tricomposto/multicamada
- Polibutileno (PB)



EN ISO 15877
EN ISO 15875, EN ISO 22391
EN ISO 15874
EN ISO 21003
EN ISO 15876

Adequabilidade da tubagem

Temperatura de amolecimento Vicat

PVC ≈ 80-85°C

PE ≈ 94°C (PEBD) -130°C (PEAD)

PP ≈ 147-149°C

PEX ≈ 133°C

PVC-C ≈ 110°C

PB ≈ 113 °C

PE-RT ≈ 125°C

Material	Água de consumo humano	
	Fria	Quente
Aço galvanizado	Verde	Verde
Aço inox	Verde	Verde
Cobre	Verde	Verde
Ferro fundido	Vermelho	Vermelho
PVC	Verde	Vermelho
PE	Verde	Vermelho
PP	Verde	Verde
PEX	Verde	Verde
PVCC	Verde	Verde
PB	Verde	Verde
Multicamada	Verde	Verde
PE-RT	Verde	Verde

Tubagem metálica

- Não recomendável para condução de água desmineralizada para hemodiálise e laboratórios (uma vez que neste tipo de água aumenta o risco de corrosão e os produtos resultantes da corrosão causariam a contaminação da água, tornando-a incompatível com os fins a que se destina).
- Não recomendável para condução de água descalcificada destinada a lavandaria e central térmica (pois seria necessário proceder à adição de inibidores de corrosão ou a outros tratamentos adicionais à água, para que possam ser aplicados).
- De um modo geral, podem ser aplicados em redes de distribuição de água quente e fria para consumo humano (água potável), mas podem apresentar algumas restrições na sua utilização face à composição físico-química da água que neles circula (alcalinidade, dureza e dióxido de carbono livre devem satisfazer valores mínimos para que a corrosão seja minimizada - equilíbrio calco-carbónico).

Material	Características da água
Aço galvanizado	Águas ácidas (pH<6), baixa alcalinidade, $[\text{SO}_4^{2-}] > 150 \text{ mg/l}$, $[\text{Cl}^-] > 100 \text{ mg/l}$, $T > 60 \text{ °C}$
Cobre	Águas ácidas (pH<7), baixa alcalinidade, com elevados teores de sulfatos, $[\text{SO}_4^{2-}]/[\text{HCO}_3^-] > 1$
Aço inoxidável	$[\text{Cl}^-] > 200 \text{ mg/l}$ (para os aços do tipo AISI 304) $[\text{Cl}^-] > 1000 \text{ mg/l}$ (para os aços do tipo AISI 316)

Acionar mecanismos de combate aos fenómenos de corrosão e incrustação através de uma correta operação e manutenção, adaptados à qualidade da água e às características das instalações (Comissão Setorial para Água (CS/04), 2018)

Solução: Tratamento de águas ou adição de inibidores de corrosão

Tubagem metálica - Aço

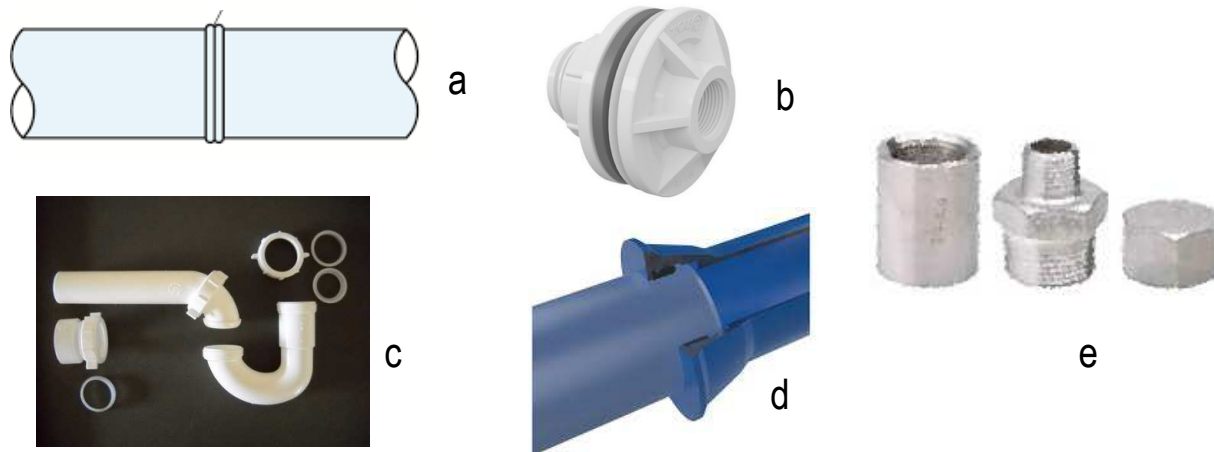
No fabrico destas tubagens são usados aços não ligados, constituídos genericamente por uma liga de ferro (Fe) e carbono (C), em que o teor de carbono é geralmente inferior a 2%, podendo conter manganês (Mn) até 1,65% e ainda outros elementos em quantidades inferiores a 0,5%.

Os tubos de aço são fabricados em três séries dimensionais, cujas gamas de diâmetros externos vão desde os 26,9 mm (DN 20) até aos 2743 mm (DN 2700), consoante a série, e com espessuras de 2 mm a 25 mm, dependendo do diâmetro.

As juntas podem ser feitas por soldadura (topo a topo (a) ou com uma peça de ligação), por flanges com anéis vedantes (b), por sistemas de acoplamento por encaixe ("slip-on" (c)) e de pressão ("push fit and gasket" (d)), ou recorrendo a acessórios roscados (e). No caso dos tubos de aço galvanizado devem ser aplicados acessórios também galvanizados

Diâmetro nominal, DN	Diâmetro exterior, D /mm
20	26,9
25	33,7
32	42,4
40	48,3
50	60,3
65	76,1
80	88,9
100	114,3
125	139,7
150	168,3

Série 1



Tubagem metálica - Aço

<u>Tipos de Corrosão</u> • Danos possíveis	Recomendações para minimizar os riscos de corrosão
<u>Corrosão Generalizada</u> • Contaminação da água com produtos de zinco, cádmio e chumbo, • corrosão do aço.	pH > 7 (ideal entre 7,5 e 8,5) 5-6 mg/l <[O ₂] < 15 mg/l 122 mg/l <[HCO ₃ ⁻] < 305 mg/l [Ca ²⁺] > 20 mg/l [CO ₂] < 0,5 mmol/l [HCO ₃ ⁻] / ([SO ₄ ²⁻] + [Cl ⁻]) > 1,0 ([] meq/l)
<u>Picadas</u> • perfuração (fugas de água), • diminuição da secção útil transversal (tuberculação), • corrosão do aço.	[Cl ⁻] < 20-50 mg/l [SO ₄ ⁻] < 50 mg/l (2[SO ₄ ²⁻] + [Cl ⁻]) / [HCO ₃ ²⁻] < 1 T < 60°C
<u>Corrosão bimetálica</u> • Roturas.	[Cu ²⁺] > 0,06 mg/l (Não misturar com acessórios e tubos de cobre ou ligas de cobre. Não colocar a jusante de uma rede de tubagem de cobre).
<u>Corrosão erosão</u> • destruição de camadas protectoras.	Velocidade circulação: v < 1,5 m/s - 2 m/s (em águas quentes o limite deverá ser inferior)

Tubagem metálica – Aço inox DN 10 a DN 54

Como garante de uma boa durabilidade, evitando fenómenos de corrosão, deverá o material destas tubagens conter teores de cromo não inferiores a 16%.

Porém, por isso, deverá evitar-se o seu uso no transporte de águas com elevados teores de cloretos (>213 mg/l) e deverão evitar-se temperaturas da água superiores a 50° C.



Na ligação entre os diversos troços de tubos deverão ser utilizados acessórios de ligas de cobre ou de aço inox, os quais podem ser ligados aos tubos através de anéis de pressão ou por soldadura



Os **iões cloreto** podem destruir as camadas de óxido de cromo. A corrosão é essencialmente na forma de picadas, nas zonas de difícil acesso do O₂ (que aqui funciona como elemento essencial para formação das camadas de proteção oxidadas, ao contrário do que acontece noutros metais – aço, ferro, cobre,...)



Tubagem metálica - Cobre

DN 6 a DN 267

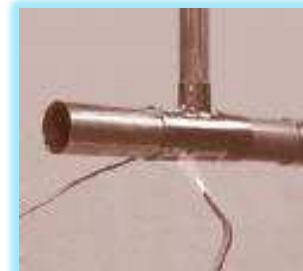
Características: elevada durabilidade, adequada ductilidade, excelente condutibilidade térmica, boa resistência química, reduzida tendência ao encrustamento e grande facilidade de instalação em obra. Sofre corrosão pelo ião cloreto, originando cloreto de cobre.

O tipo de tubos de cobre adequado para a distribuição de água são em cobre desoxidado por fósforo (NP EN 1057), que podem apresentar-se em três estados metalúrgicos (recozido, meio-endurecido ou endurecido), melhorando as suas propriedades mecânicas nessa ordem.

A superfície interior deverá conter um teor de carbono residual máximo (0,20 mg/dm²)

Uniões de tubos são feitas por meio de brasagem por capilaridade (fraca e forte), soldadura ou soldobrasagem, ou através de juntas mecânicas por compressão ou com gola.

Nos sistemas de tubagem para a distribuição de água destinada ao consumo humano é exigido que as soldaduras/brasagens sejam feitas com material de adição isento de chumbo ou de cádmio, para que a água não venha a ser contaminada com estes metais, podendo ser usados, por exemplo, materiais de solda com estanho e materiais de brasagem ricos em prata, como por exemplo, as ligas Sn-Ag ou Ag-Cu.



Tubagem metálica - Cobre

A boa resistência à corrosão da tubagem de cobre é devida à formação na sua superfície de produtos de corrosão muito estáveis e protectores (essencialmente óxidos e carbonatos básicos), mas em determinadas condições o cobre está sujeito ao aparecimento de problemas de corrosão localizada do tipo *picadas*. A água não deverá ser ácida, deverá apresentar valores mínimos de alcalinidade (teor de iões hidrogenocarbonato) e de dureza (teor de iões cálcio) e o mínimo possível de iões cloreto e sulfato.

<u>Tipos de Corrosão</u> •Danos possíveis	Recomendações para minimizar a corrosão
<u>Corrosão Generalizada</u> •Contaminação da água com produtos de cobre, •Coloração de louças e roupas	pH>7(ideal entre 8 e 9) 60 mg/l ≤ [HCO ₃ ⁻] < 305 mg/l cloretos e sulfatos dureza> 60 mg/l CaCO ₃
<u>Picadas</u> •perfuração	Em <u>águas frias</u> : pH > 7-8: aumentar o pH e a alcalinidade ([HCO ₃ ⁻]) Em <u>águas quentes</u> T < 60°C e pH>7,5 [HCO ₃ ⁻]/[SO ₄ ²⁻]≥2 ([]em mmol/l)
<u>Corrosão erosão</u> • destruição de camadas protectoras • perfuração	Águas quentes, v≤ 0,5 m/s Águas frias, v<2m/s e P<5,4 atm

Tubagem plástica – Polipropileno (PP)

DN 12 a DN 160

PP-H, PP-C (PP-B, PP-R)

Como a *pressão nominal* é referida à temperatura de 20°C e estes tubos são destinados, não só à distribuição de água fria, mas também à distribuição de água quente, não é usual classificar os tubos em função da *pressão nominal*. Com base na **série**, S, do tubo e na *classe de aplicação*, estabelece-se a pressão de serviço.

Quando a série diminui (S5; S3,2; S2,5; S2) e o DN aumenta, a espessura também aumenta

A ligação entre tubos é feita com o auxílio de acessórios dos seguintes tipos:

- Electrossoldável (a),
- com abocardado para soldadura (b),
- mecânicos (os mais comuns são os de compressão, c).

Os acessórios destinados a fazer a ligação com equipamento auxiliar, como torneiras e contadores, têm uma das extremidades munida de uma rosca metálica



a



b

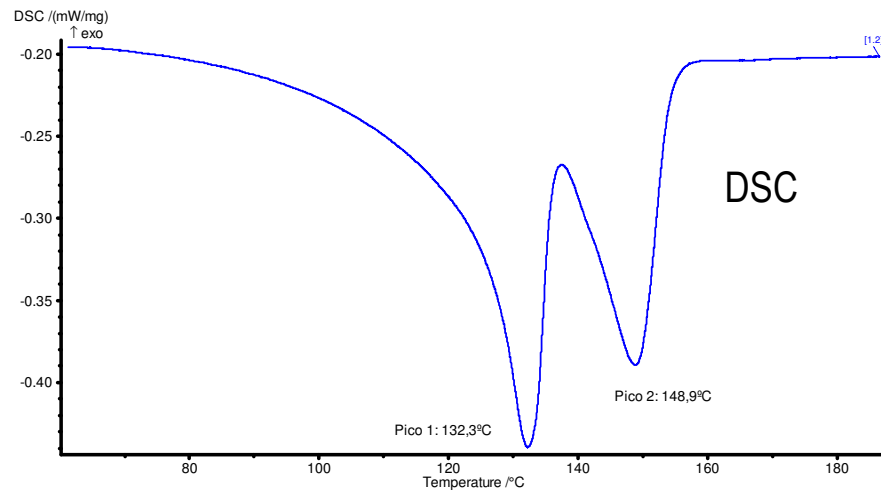


c

Tubagem plástica – PP-RCT

DN 12 a DN 160

PP-RCT: copolímero de polipropileno estatístico de estrutura cristalina hexagonal, reforçada e de melhor desempenho a uma temperatura elevada do que o copolímero de polipropileno estatístico normal (PP-R).



O resultado prático desta melhoria, é possibilitar a redução da espessura das paredes do tubo de PP-RCT, em relação ao especificado para o PP-R, sem alterar a resistência e o desempenho do tubo. Em termos práticos, a diminuição de cerca de 18% na espessura da parede permite um aumento da capacidade hidráulica de 20%, ou para uma mesma capacidade hidráulica, a utilização de tubagem de menor diâmetro, de que resulta uma economia também na vertente logística (armazenamento e transporte).

A ligação entre tubos é feita com o auxílio de acessórios do mesmo tipo dos indicados para o PP



Tubagem plástica – PP-R e PRCT

$$\sigma = p \times \frac{(d_{em} - e_{min})}{2e_{min}}$$

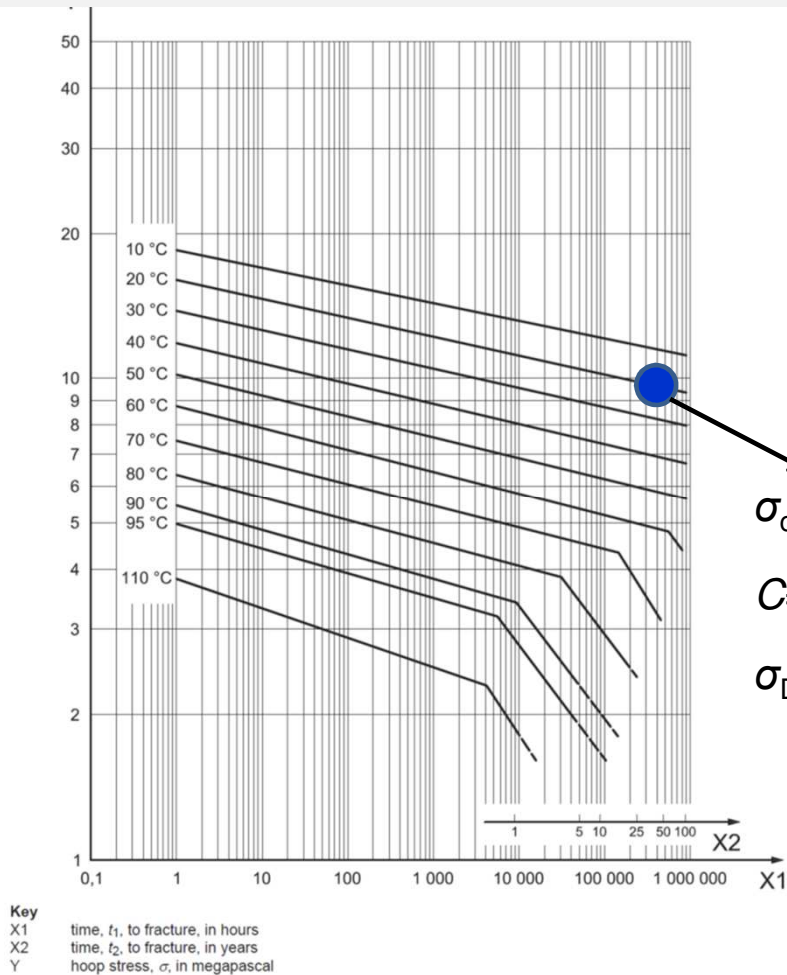


Figure 3 — Reference curves for expected strength of PP-R

$\sigma_{cold} = 9,7 \text{ MPa}$

$C = 1,4$

$\sigma_{DP} = 6,93 \text{ MPa}$

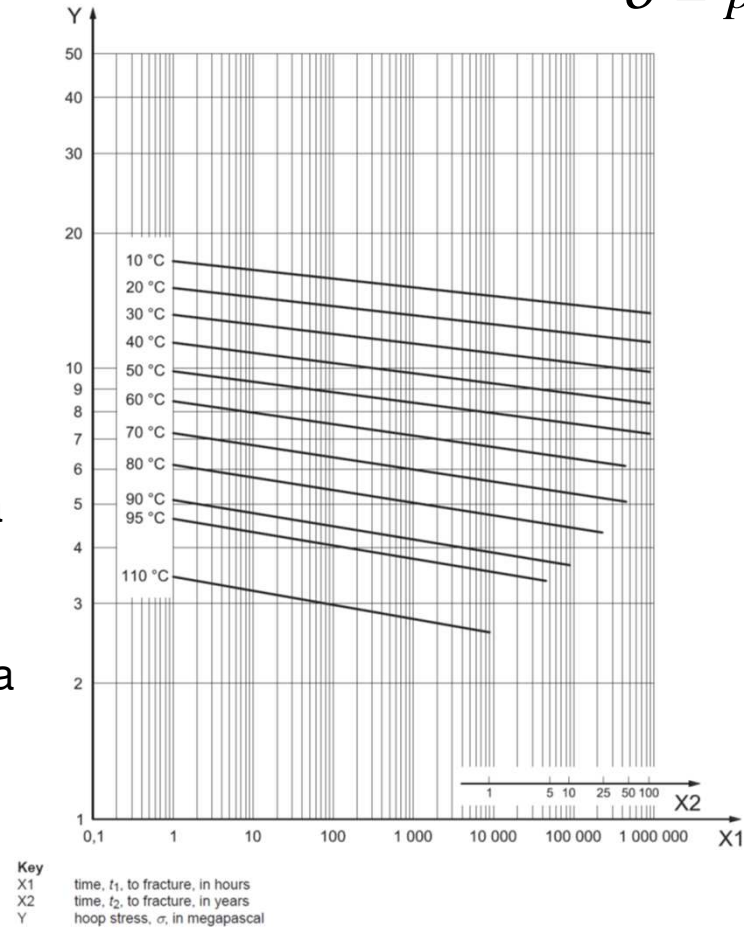


Figure 4 – Reference curves for expected strength of PP-RCT

Tubagem plástica – Polietileno reticulado (PEX)

DN 12 a DN 160

Temperatura de amolecimento Vicat $\approx 133^{\circ}\text{C}$

Quando a série diminui (S6,3; S5; S4; S3,2) e o DN aumenta, a espessura também aumenta

A ligação entre tubos é normalmente feita com acessórios mecânicos de metal, geralmente de latão com uma composição resistente à deszincificação. O uso de acessórios de materiais plásticos, também é possível mas é menos usual. Os acessórios podem ser do tipo “compressão” e “pressão”.

Os acessórios destinados a fazer a ligação com equipamento auxiliar, como torneiras e contadores, têm uma das extremidades munida de uma rosca metálica



Tubagem plástica – PE-RT

DN 12 a DN 160 (250)

Quando a série diminui (S5; S4; S3,2; S2,5) e o DN aumenta, a espessura também aumenta

Acessórios mecânicos de metal, bem como de plástico e mistos



Tubagem plástica – Policloreto de vinilo clorado (PVC-C)

DN 12 a DN 160 (250)

Obtido a partir da cloração do policloreto de vinilo, ficando com um teor em cloro da ordem dos 65%, enquanto no PVC esse teor é da ordem dos 56%.

Quando a série diminui (S6,3; S5; S4) e o DN aumenta, a espessura também aumenta

A ligação entre tubos é feita com o auxílio de acessórios, que podem ser dos seguintes tipos:

- PVC-C para colar (a),
- mecânicos (os mais comuns são os de compressão), em latão (b).

Os acessórios destinados a fazer a ligação com equipamento auxiliar, como torneiras e contadores, têm uma das extremidades munida de uma rosca metálica



a



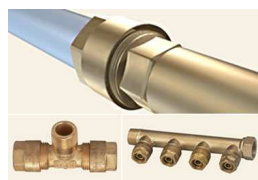
b

com uma composição resistente à deszincificação.

Tubagem plástica – Polibutileno (PB)

DN 12 a DN 160 (250)

Quando a série diminui (S10; S8; S6,3; S5; S4; S3,2) e o DN aumenta, a espessura também aumenta. A ligação entre tubos é feita com acessórios, mecânicos (de material plástico ou de latão), com abocardo para soldadura ou electrossoldáveis (de material plástico). Os acessórios destinados a fazer a ligação com equipamento auxiliar, como torneiras e contadores, têm uma das extremidades munida de uma rosca metálica.



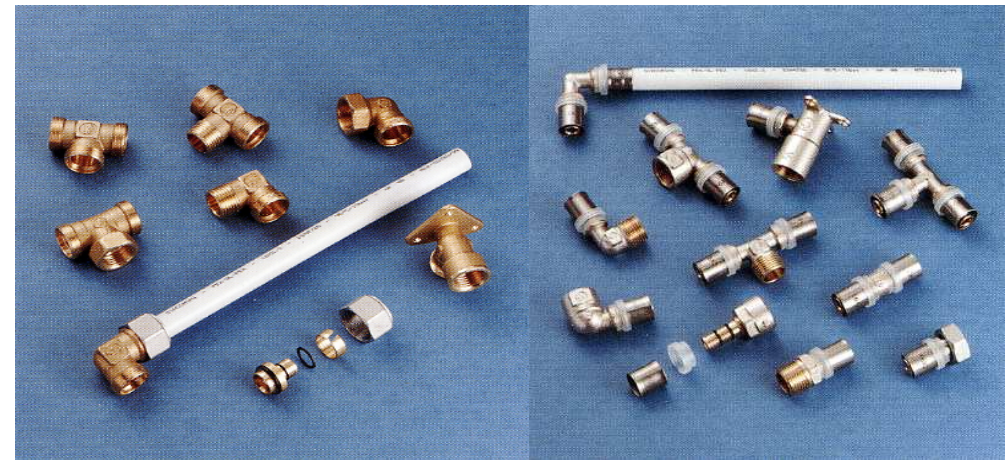
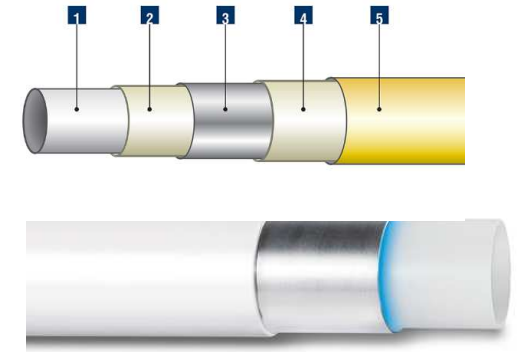
Tubagem plástica – Multicamada

DN 12 a DN 120

A parede dos tubos é constituída por uma camada interior de material plástico (resistente à acção da temperatura, PE-RT ou PEX), outra camada intermédia de alumínio (confere rigidez ao tubo) e uma terceira camada, exterior, constituída por material plástico igual ou diferente (PEAD) do que constitui a camada interior (para protecção do alumínio contra a corrosão e acções externas diversas).

A ligação entre tubos é usualmente feita por meio de acessórios mecânicos de materiais plásticos, à base de polifenilsulfonas, polivinilideno fluorado, ou de metal (normalmente o latão).

Os acessórios podem ser dos tipos por “compressão” (a) ou por “pressão” (b)



a

b

Fatores de influência na utilização das tubagens metálicas

As condições específicas da água transportada em tubagem são definidas essencialmente em termos de parâmetros de **composição química**, **velocidade de circulação** no interior das tubagens e **temperatura**.

Os valores mínimos de alcalinidade e dureza necessários para minimizar a corrosão das tubagens, faz com que a utilização das tubagens metálicas não seja compatível com água descalcificada

A água desmineralizada que apresenta muito baixas concentrações iónicas e oxigénio dissolvido, pode causar problemas de corrosão generalizada nas tubagens metálicas (*corrosão do aço e contaminação da água*).

A água para consumo humano contém iões (cloreto, Cl^- , sulfato, SO_4^{2-} (e em muito baixa concentração os sulfuretos, S^{2-} , a amónia e os nitratos, NO_3^-) prejudiciais para as tubagens de aço galvanizado e de cobre e para os acessórios de latão (*picadas, perfuração, tuberculação e corrosão*).



Assim, pode ser necessário dispôr de um sistema de tratamento destinado a minimizar o comportamento agressivo da água para os materiais das tubagens.

Decreto-Lei n.º 152/2017

Fatores de influência na utilização das tubagens metálicas

A **velocidade de circulação da água** é um outro parâmetro que afecta o comportamento à corrosão, pois se a velocidade de circulação da água for demasiado elevada os produtos de corrosão podem destacar-se da superfície promovendo *erosão e a propagação da corrosão*. A velocidade de circulação máxima recomendada para tubagens de aço galvanizado é de 1,5 m/s a 2 m/s, limite que deverá ainda ser inferior no caso das águas quentes.

Nas tubagens de cobre podem verificar-se condições de turbulência em zonas onde existam protuberâncias (por exemplo, resultantes do corte inacabado dos extremos dos tubos) ou mudanças bruscas na direcção do fluxo (curvas, tês, etc.), originando corrosão e erosão principalmente em águas quentes ($T > 60^{\circ}\text{C}$), para as quais é recomendada uma velocidade de circulação máxima de 0,3 m/s a 0,5 m/s.

A temperatura da água tem também uma forte influência no comportamento do revestimento de zinco no aço. Se a temperatura da água for superior a 55°C pode ocorrer o fenómeno da inversão do potencial entre o zinco e o aço, deixando o zinco de o proteger. Deste modo os tubos de aço galvanizado não devem ser utilizados nos sistemas de distribuição da água quente em que a temperatura desta ultrapasse os 60°C (*picadas*).

Fatores de influência na utilização das tubagens plásticas

Os materiais plásticos constituintes dos tubos e dos acessórios não são afetados quimicamente pela água da rede pública

O fator relevante é a temperatura, pois a resistência mecânica dos materiais plásticos diminui com a elevação da temperatura.

Os sistemas de tubagem de PP, PEX, PVC-C, PB e multicamada são destinados à distribuição de água quente e fria e a circuitos de aquecimento. A temperatura de serviço pode ir até aos 70°C.

Classes de aplicação e condições de serviço

Classe de aplicação	Temperatura de Serviço, T_D / °C	Tempo à T_D Anos	Temperatura máxima, $T_{m\acute{a}x}$ / °C	Tempo à $T_{m\acute{a}x}$ Anos	Temperatura de mau funcionamento, T_{mal} / °C	Tempo à T_{mal} Horas
1 água quente (60°C)	60	49	80	1	95	100
2 água quente (70°C)	70	49	80	1	95	100

Nota: A temperatura de 95°C para a distribuição de água é considerada temperaturas de mau funcionamento, que só é admissível em períodos interpolados, cuja duração total não exceda as 100 horas, no período da vida útil do sistema.

Dimensionamentos de redes

Equação da continuidade

$$Q = v \cdot s$$

$$D = \sqrt{\frac{1,274Q}{v}}$$

Q - caudal escoado

v - **velocidade de escoamento**

s - secção de passagem do fluido escoado

Perdas de carga contínuas (percurso)

Darcy e Weisbach

$$J = f \cdot \frac{v^2}{D \cdot 2g}$$

Flamant

$$J = 4b \times v^{7/4} \times D^{-5/4}$$

J - perda de carga (m/m)

f - factor de resistência

v - velocidade de escoamento (m/s)

D - diâmetro da tubagem (m)

g - aceleração da gravidade (m/s²)

b - **factor caracterizador da rugosidade do material**

Colebrook e White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

Haaland

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{R_e} \right]$$

ε - **rugosidade absoluta** (mm)

Re - número de Reynolds

b=0,00023 para tubagens de aço

b = 0,000152 para tubagens de cobre ou aço inox

b = 0,000134 para tubagens de materiais plásticos

Dimensionamentos de redes

Perdas de carga devidas às singularidades

$$J_1 = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

ζ - coeficiente relativo à singularidade

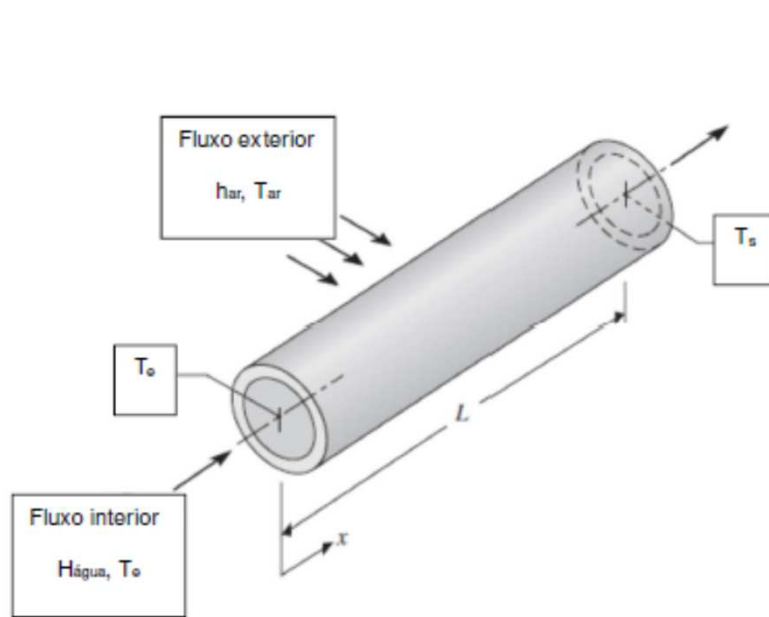
Um incremento de 20% às perdas de carga de percurso é um valor que, para casos correntes, traduz de certa forma a incidência de perdas de cargas provocadas pelas singularidades existentes nas tubagens. Evita-se, desta forma, a determinação exaustiva dos valores referentes às mesmas.

Perdas de carga localizadas (valores de ζ) [29]

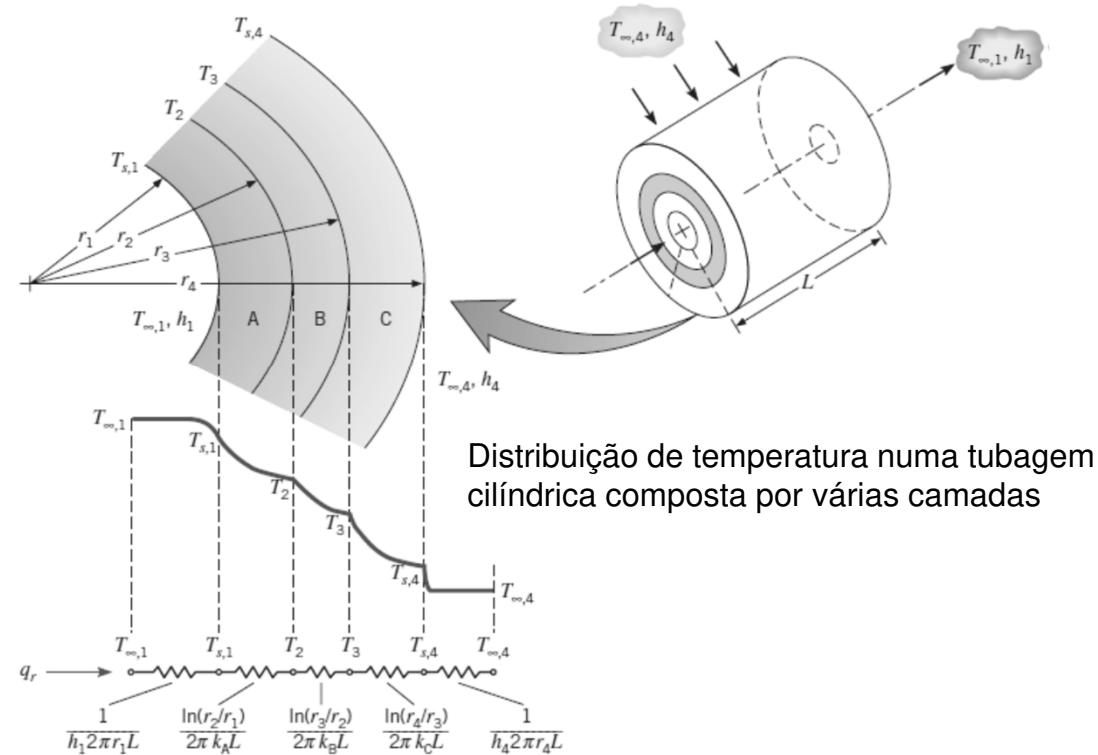
Acessórios Dispositivos	Diâmetro (mm)											
	Cobre											
	Aço											
	8	10	12	14	16	20	30	36	40	50	≥ 60	
		8	12		15	21	26	33	40	50	≥ 60	
	90°	1,5		1			0,5		0,3			
	45°	1		0,7			0,3		0,2			
	90°	2		1,5		1		0,8		0,5		
	45°	1,3		1		0,7		0,5		0,3		
		1		0,5			0,2					
		1,5	1		0,5			0,3		0,2		
		16	15	14	12	10	8	6				
		0,5										
		1,5										
		1,5										
		$\zeta_1 = 1$ $\zeta_2 = 1,5$										
		3										
		0,5										
		$D (mm)/2$										
		$\zeta_1 = 1$ $\zeta_2 = 0,5$										
		$\zeta_1 = 1$ $\zeta_2 = 0,5$ $\zeta_3 = 1,5$										

Perdas de calor através das tubagens

Os tubos (particularmente os metálicos) podem ser revestidos com mangas destinadas ao isolamento térmico



Transferência de calor entre um fluido (água) que circula no interior do tubo cilíndrico e um fluido (ar) que circula no exterior



Perdas de calor através das tubagens

diferença de temperatura da água quente ao longo da rede de distribuição

$$\frac{T_o - T_s}{T_o - T_e} = \exp\left(-\frac{U \cdot A}{Q_v \cdot \rho \cdot c}\right)$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{água}}} + \frac{r_1}{\lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{\lambda_i} \cdot \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{r_3} \cdot \frac{1}{h_{\text{ar}}}}$$

$$E_p = \frac{A \cdot \Delta T}{LU}$$

T_o - temperatura do ar envolvente ($\approx 23^\circ\text{C}$)

T_s - temperatura da água num determinado ponto da rede ($^\circ\text{C}$)

T_e - temperatura de entrada da água no troço em avaliação ($^\circ\text{C}$),

U - coeficiente global de transferência de calor $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, A - área superficial do troço de tubagem (m^2)

Q_v - caudal volúmico no ponto do circuito em avaliação (m^3/s)

ρ - massa volúmica da água que circula no interior da tubagem (kg/m^3)

C - calor específico da água ($4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)

A - área superficial do troço de tubagem (m^2)

L - comprimento do troço de tubagem percorrido pela água (m)

$h_{\text{água}}$ - coeficiente de transmissão de calor por convecção da água (500 a $10000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

h_{ar} - coeficiente de transmissão de calor por convecção do ar (10 a $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),

r_1 - raio interior do tubo (m)

r_2 - raio exterior do tubo (m)

r_3 - raio exterior do tubo acrescido do isolamento térmico (m)

λ_t - **condutibilidade térmica do tubo** ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)

λ_i - **condutibilidade térmica do isolante** ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)

ΔT - diferencial entre a temperatura da água no interior do tubo e a temperatura do meio ambiente

Perdas de calor através das tubagens

Material	λ (W/m.K)
cobre	400
aço	50-80
bronze	20-80
latão	60-110
ferro	30-94
PEX	0,51
PVC-C	0,14
PEAD	0,44
PEBD	0,30
PVC	0,19
PPSU	0,35
ABS	0,33
PVDF	0,19
PP	0,23

Material	λ (W/m.K)
fibras de vidro	0,036
lã mineral	0,042
PS expandido	0,032
PS extrudido	0,032
Espuma de PU	0,023
Aerogel (sílica)	0,014
Armaflex rubber	0,034



De (mm)	ΔT (C)	he (W/m ² .C)	λ (W/m.k)	Perdas de calor (W/m)				
				Espessura do isolante (mm)				
				0	10	20	30	40
34	40	16,6	0,024	70,9	11,7	7,4	5,8	4,9
			0,036	70,9	16,7	10,8	8,5	7,3
			0,042	70,9	19,0	12,5	9,9	8,4
42	40	16,6	0,024	87,6	13,8	8,6	6,6	5,5
			0,036	87,6	19,7	12,5	9,7	8,2
			0,042	87,6	22,4	14,4	11,3	9,5
49	40	16,6	0,024	102,2	15,7	9,6	7,3	6,1
			0,036	102,2	22,3	14,0	10,8	9,0
			0,042	102,2	25,4	16,1	12,5	10,5

Perdas de calor em tubagem e influência da temperatura

Em tubos não isolados, a perda de calor será intrinsecamente menor para tubos de plástico do que para tubos metálicos. Mas as diferenças entre materiais plásticos e metálicos são marginais quando se considera a temperatura da água da ordem dos 60°C.

A baixa condutibilidade térmica dos sistemas de tubos de plástico torna-os mais frios que os tubos metálicos quando tocados e, portanto, garantem um menor risco de queimaduras por contato.



Quando uma rede de tubagem é projetada adequadamente e as especificações do isolamento são cumpridas, não há diferença na perda de calor entre sistemas feitos de tubos metálicos e plásticos. Em caso de isolamento defeituoso, a perda de calor será maior com um tubo metálico do que com um plástico.

Todos os materiais se dilatam quando as temperaturas aumentam. Os tubos de plástico dilatam mais do que os tubos metálicos, mas na maioria dos casos o projeto pode prever soluções para o efeito. No caso de tubagens de grande extensão, a instalação de absorvedores de expansão, liras, curvas, loops, etc. pode ser necessária e devem ser feitos de acordo com as instruções do fabricante.

Os sistemas de tubagem plástica são capazes de suportar temperaturas muito baixas sem deterioração durante sua vida útil expectável, mas de facto não permitem exposição a temperaturas negativas extremas (por ex. abaixo de -25°C para PVC-C).

Perdas de calor através das tubagens - comparação

Material	[°C]
<u>Duratron® CU60 PBI</u>	-50
<u>Duratron® D7000 PI</u>	-50
<u>Duratron® T4203 PAI</u>	-150
<u>Ketron® 1000 PEEK</u>	-60
<u>Techtron® 1000 PPS</u>	-30
<u>Fluorosint® 207 PTFE</u>	-50
<u>Fluorosint® 500 PTFE</u>	-30
<u>Quadrant PPSU</u>	-50
<u>Quadrant 1000 PSU</u>	-50
<u>Duratron® U1000 PEI</u>	-50
<u>Nylatron® PA 6</u>	-40
<u>Quadrant Nylon 101 PA 66</u>	-30
<u>Acetron® GP POM-C</u>	-50
<u>Acetron® POM-H</u>	-50
<u>Ertalyte® PET-P</u>	-20
<u>TIVAR® UHMW-PE</u>	-200



Nota: A temperatura mínima de serviço permitida é condicionada em função da sua exposição ao impacto. Os valores indicados nesta tabela baseiam-se em condições de impacto desfavoráveis e, conseqüentemente, não podem ser considerados limites práticos absolutos.

Controlo da contaminação

O maior risco de contaminação em redes de distribuição de água para consumo humano é a presença da bactérias. A *Legionella pneumophila* pode estar presente em água e pode sobreviver e multiplicar-se a temperaturas entre 20 e 45°C, mas não se transmite pela ingestão de água contaminada.

As redes prediais de água quente e fria com grandes dimensões (hospitais, ginásios, condomínios fechados, quartéis, instalações prisionais...), podem conduzir ao desenvolvimento bacteriano, quer devido ao baixo teor de cloro residual livre na água, quer devido à entrada de sedimentos por roturas na rede, fundamentalmente as zonas associadas à formação de aerossóis, nomeadamente as saídas dos chuveiros, torneiras de água quente e banhos.



A bactéria pode-se multiplicar em termoacumuladores, depósitos de armazenamento de água quente (entre 20 e 45°C), superfícies internas de cisternas de água quente e fria, canalizações de água com fluxo reduzido ou nulo, em tubagens com sujidade (biofilme) que alimentam chuveiros e torneiras, em em anilhas e vedações com borracha e fibras naturais, em incrustações em tubagens, chuveiros e torneiras.

Comissão Setorial para Água (CS/04), 2018

Controlo da contaminação

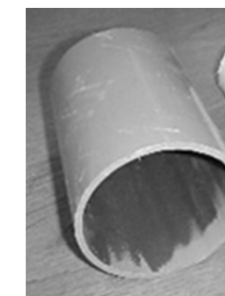
O material da tubagem, por si próprio, não permite evitar uma eventual contaminação da água circulante por bactérias, mas apenas minimizar essa possibilidade, não dispensando os métodos de desinfeção e manutenção habitualmente adotados para esse efeito.



- Conceção, **dimensionamento** e **instalação** corretos: estanquidade total; equipamentos com boa acessibilidade (inspeção, limpeza, desinfeção e recolha de amostras); instalações devidamente ventiladas; válvulas de descarga para esvaziar completamente a instalação e dimensionadas para permitir a remoção dos sedimentos acumulados;
- Tubagens capazes de resistir aos tratamentos de desinfeção (**materiais**);
- Criação de um programa de manutenção e operação correto para a rede predial e equipamentos associados.

Controlo da contaminação - Medidas preventivas - Manutenção

- Manter a temperatura da água no circuito de água fria o mais baixo possível (< 20°C) e no circuito de água quente acima de 50 °C;
- Limpar e desinfetar termoacumuladores uma vez por ano;
- Desinfetar o sistema de água quente com uma elevada concentração (50mg/l) de cloro durante 2-4 horas após trabalhos de manutenção/reparação de termoacumuladores;
- Limpeza e desinfeção periódica dos reservatórios;
- Aplicação de acessórios, cuja composição não favoreça o crescimento bacteriano;
- Manter um valor adequado do cloro residual livre na água da torneira (Decreto-Lei n° 152/2017 que substituiu o DL 306/2007);
- Efetuar purgas regulares para minimizar a ocorrência de pontos mortos; deixar correr, durante vários minutos, a água em todas as torneiras e chuveiros que tenham pouca utilização (e sempre antes de serem usados) pelo menos uma vez por semana;
- Manter as cabeças dos chuveiros limpas e sem incrustações;
- Limpar e desinfetar regularmente (ou substituir) os filtros de água;
- Inspeccionar o interior dos reservatórios de água fria pelo menos uma vez por ano, devendo estes ser desinfetados com um composto de cloro (50mg/l de cloro) e limpos se estiverem sujos ou com depósito.



Controlo da contaminação – Tratamentos físicos preventivos e corretivos

Existem vários processos para eliminar a bactéria Legionella, por via da desinfeção, nas redes prediais, por processos físicos (1 e 2) e por via química (3 a 5).

- 1) Choque térmico e produção de vapor: a temperatura efetiva para aniquilar a Legionella é 70°C. Assim, faz-se correr a água ou vapor de modo a que a temperatura seja mantida entre os 70 a 80 °C, nos chuveiros e torneiras durante 30 minutos.

V - tecnologia não poluente, que não exige pessoal especializado.

DV - adequada conceção da rede sanitária, custos energéticos consideráveis, apenas permite o controlo na rede sanitária de água quente (se independente), método não integralmente eficaz na erradicação de biofilmes, difícil garantir recursos para efetuar a monitorização, possível deterioração dos materiais (aço galvanizado, plásticos).

- 2) Ultravioleta: transferência de energia eletromagnética de uma lâmpada de arco de mercúrio. Quando a radiação UV (250 a 270 nm) penetra na estrutura da célula, através da membrana celular, destrói a estrutura de DNA e a capacidade reprodutora da célula.

V - fácil instalação (espaço reduzido) e elevado poder de eliminação (condicionada...), não formando subprodutos na água (não confere nem sabor nem odor à água), não afetando os materiais do sistema, nomeadamente os aspetos associados à corrosão e deszincificação.

DV - ineficaz na remoção do biofilme, interage com os produtos halogenados e não tem uma acção residual biocida (exige segunda desinfeção com biocida), custos elevados.

Controlo da contaminação – Tratamentos químicos preventivos e corretivos

3) Uso de cloro e derivados: cloro gasoso (Cl_2) hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) ou de sódio (NaClO), dióxido de cloro (ClO_2).

V – simples e com custos baixos, eficácia elevada, deixa um residual de desinfetante na água que perdura ao longo do tempo.

DV – pode exigir biodispersantes para eliminar biofilmes (hipoclorito) e a adição de produtos anticorrosivos (materiais), requer pessoal qualificado para a monitorização e análise, custo significativo do equipamento (ClO_2).

Nota: **O ClO_2 tem elevado potencial redox e pode aumentar a concentração de cloritos e cloratos. Para além disso provoca a migração dos anti-oxidantes inseridos na matriz polimérica das poliolefinas (PE e PP) criando microporos, microfissuras na parede dos tubos.**

Controlo da contaminação – Tratamentos químicos preventivos e corretivos

3) Recurso a iões de Cobre (Cu^{2+}) e Prata (Ag^+): formação de ligação eletrostática com a carga parcialmente negativa das membranas celulares, proporcionando o colapso da bactéria. A concentração do cobre e da prata devem ser mantidas para valores no 400 $\mu\text{g/l}$ para o cobre e 40 $\mu\text{g/l}$ para a prata.

V – não forma subprodutos, evita a formação dos biofilmes e a sua eficácia não depende da temperatura da água, mantendo a proteção durante um tempo razoável.

DV – pode potenciar fenómenos de corrosão (o zinco do aço galvanizado inativa iões prata), depende do pH da água e da sua capacidade incrustrante, requer dispositivos nas torneiras de modo a remover a prata e o cobre em excesso.

4) Uso de outros agentes químicos (Br , H_2O_2 , O_3): o ozono inativa instantaneamente a bactéria *Legionella*, mas tem um período de vida curto e decompõe-se de novo em oxigénio, sendo necessário usar um segundo desinfetante que deixe um valor residual na água para estabelecer uma barreira sanitária.

V – poder oxidante forte e a sua eficácia não depende da temperatura nem do pH da água.

DV – não tem uma acção residual (exige segunda desinfeção com biocida).

Tratamentos: Recomendação IRAR nº 05/2007
Comparação das metodologias de desinfeção: DGS, 2013

Tratamentos químicos preventivos e corretivos – Dióxido de cloro

Decreto-Lei n° 152/2017 destaca a possibilidade da utilização do dióxido de cloro para tratamento das águas.

VANTAGENS

- O ClO_2 desinfecta através da oxidação. É o único biocida que é um radical livre molecular.
- O ClO_2 é um poderoso desinfetante para bactérias e vírus, pois tem a vantagem de reagir diretamente com a parede celular dos microrganismos, porque pode penetrar nas camadas protetoras das bactérias. Esta reação não é dependente do tempo de reação ou concentração. Em contraste com os desinfetantes não oxidantes, o ClO_2 mata os microrganismos (bactérias e vírus) mesmo quando eles estão inativos.
- O ClO_2 desativa os patógenos resistentes ao cloro (Giardia e Cryptosporidium)
- O ClO_2 remove e previne a formação de biofilme.
- Os microrganismos não podem desenvolver nenhuma resistência contra o ClO_2 .
- A concentração ClO_2 necessária para matar efetivamente os microrganismos é menor do que as concentrações de desinfetantes não oxidantes. O ClO_2 é mais eficaz contra os vírus do que o cloro ou o ozono. Para desinfeção usa-se uma concentração de 0,5 a 2 mg / L de ClO_2 e um tempo de contato entre 15 a 30 minutos. Para pós-desinfeção, são aplicadas concentrações entre 0,2 e 0,4 mg / l. A concentração de subproduto residual de clorito é muito baixa e não há riscos para a saúde humana.
- O ClO_2 permanece gasoso em solução. Na água, o ClO_2 é ativo como biocida por pelo menos 48 horas e a sua atividade ultrapassa a do cloro.

Tratamentos químicos preventivos e corretivos – Dióxido de cloro

VANTAGENS

- O ClO_2 tem a vantagem de ser eficaz a um pH entre 5 e 10.
- A desinfecção com ClO_2 não causa incómodo por odor. Destroi os fenóis, que podem causar problemas de odor e sabor. O ClO_2 é mais eficaz para a remoção de ferro e manganés do que o cloro, especialmente quando estes se encontram na forma de complexos.
- A utilização de ClO_2 em vez de Cl_2 impede a formação de subprodutos de desinfecção halogenados, como por exemplo trihalometanos e ácidos halogenados.
- O uso de ClO_2 reduz o risco de poluição microbiana na água e, ao mesmo tempo, diminui o risco de poluições químicas e subprodutos. O ClO_2 é um desinfetante mais eficaz do que o cloro, fazendo com que a concentração necessária para matar microorganismos seja muito menor. O tempo de contato necessário também é muito baixo.
- Em circunstâncias normais, o ClO_2 não hidrolisa. Tanto a temperatura como a alcalinidade da água não influenciam a sua eficiência. Nas concentrações necessárias para a desinfecção, o ClO_2 não é corrosivo. O ClO_2 é mais solúvel em água que o cloro.
- O ClO_2 pode ser adicionado para regular a nitrificação resultante do uso de cloraminas ou para reduzir a quantidade de trihalometanos e ácidos halogenados, formados pela reação do cloro com a matéria orgânica na água.

Tratamentos químicos preventivos e corretivos – Dióxido de cloro

DESVANTAGENS

- Ao usar o dióxido de cloro como desinfetante, ClO_2 (gas) pode escapar da solução aquosa, o que pode ser perigoso especialmente num espaço fechado, pois é explosivo para concentrações a partir de 10% no ar.
- O dióxido de cloro é uma substância muito instável; quando entra em contato com a luz solar decompõe-se.
- Durante os processos de produção de dióxido de cloro, são formadas grandes quantidades de cloro.
- O ClO_2 e seus subprodutos de desinfecção, clorito e clorato, podem criar problemas para os pacientes em diálise.
- Embora o dióxido de cloro seja geralmente efetivo para a desativação de microrganismos patogênicos, é menos efetivo para a desativação de rotavírus e bactérias *E. coli*.
- O ClO_2 é cerca de 5 a 10 vezes mais caro do que o Cl_2 . Como o ClO_2 é normalmente produzido no local, o custo depende do preço dos produtos químicos usados para o produzir.
- O ClO_2 gasoso pode ser absorvido pela pele, danificando o tecido e as células do sangue. A exposição da pele ao cloro, que se origina da decomposição do ClO_2 , causa irritações e queimaduras. A exposição ocular ao ClO_2 causa irritações, olhos lacrimejantes e visão embaciada. A inalação do gás ClO_2 provoca tosse, dor de garganta, fortes dores de cabeça, edema pulmonar e espasmos. Os sintomas podem começar a aparecer muito tempo após a exposição e podem permanecer por um longo período. A exposição crônica ao ClO_2 provoca bronquite. O valor limite do dióxido de cloro para evitar riscos de saúde é de 0,1 ppm.

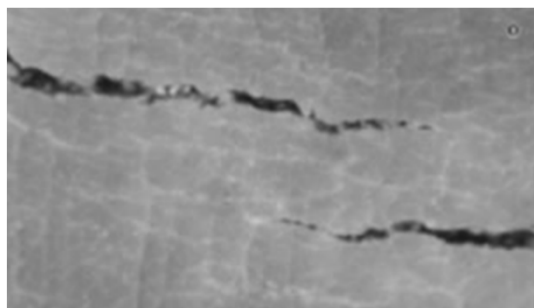
Tratamentos químicos preventivos e corretivos – Dióxido de cloro

DESVANTAGEM MAIOR

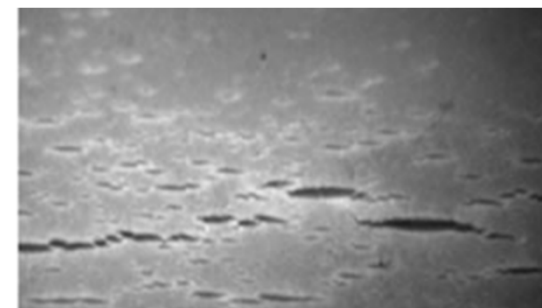
- Por ser um agente oxidante muito potente, reage com os antioxidantes presentes nas poliolefinas e degrada os respetivos tubos (PE e PP).
 - ❑ *O problema do uso dióxido de cloro já se verificou em França, Espanha, Portugal e Itália (climas mais quentes)*
 - ❑ *Os materiais de PE e de PP-R incorporam antioxidantes fenólicos na sua formulação, para aumentar a resistência térmica do material durante o processamento, nos processos de união por fusão e nas aplicações com águas quentes.*
 - ❑ *Recentemente, os fabricantes de matéria prima desenvolveram graus mais resistentes ao ClO_2 , que embora minimizem o problema não o solucionam, caso a concentração do dióxido de cloro não seja controlada em baixas concentrações e com baixa temperatura, mas a sua disponibilidade é muito limitada e obviamente a preços mais elevados.*
 - ❑ *Se o uso do dióxido de cloro não for bem controlado em Portugal, será necessário substituir a curto prazo a maioria das condutas de poliolefinas (PE e PP, fundamentalmente usadas).*

Formação de microporos e microfissuras e por fim de fissuras longitudinais e transversais na parede dos tubos.

PB



PE



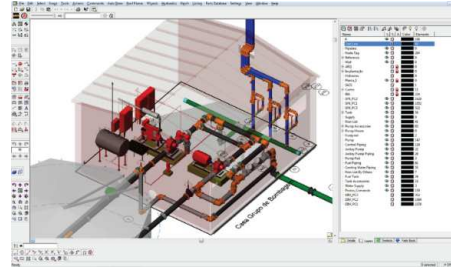
Notas finais

- ✓ As **propriedades acústicas** dos tubos de plástico ajudam a manter a geração e transmissão de som significativamente baixa. Os tubos de plástico podem transmitir algum ruído, mas o nível é significativamente menor do que nos sistemas de tubos metálicos. Esses benefícios fazem-se sentir durante a instalação e em serviço (cavitação, velocidade de fluxo e dilatação térmica).
- ✓ Os tubos de plástico têm uma elevada **resistência à corrosão** (em qualquer pH, contrariamente aos tubos metálicos) e não são afetados pela água potável. Esta é uma grande vantagem porque as superfícies corroídas são um fator agravante para o crescimento bacteriano pelo que permitem manter uma melhor qualidade da água.
- ✓ Os tubos de plástico são **resistentes aos produtos químicos utilizados para a desinfecção** de redes de água potável. Embora alguns plásticos possam ser afetados pelo cloro e seus derivados, outros permanecem completamente inalterados e são perfeitamente fiáveis quando expostos a produtos químicos à base de cloro. Existem recomendações claras sobre os parâmetros concentração, tempo e temperatura para o uso seguro desses desinfetantes, sem qualquer efeito prejudicial sobre as redes em geral.
- ✓ Normalmente, os tubos de plástico sofrem menos de metade das roturas de tubos feitos de materiais alternativos (aço, betão, ferro fundido e cerâmicos). Os tubos de PVC são os que apresentam maior **durabilidade**, havendo tubos em funcionamento com cerca de 100 anos!

Recomendações finais

Projetos de novas instalações

- Conceção, dimensionamento e instalação
- Evitar o uso de tubagens em aço e ferro fundido, exceto a instalação disponha de métodos de compensação do equilíbrio calco-carbónico da água, devendo os tubos ter um revestimento interno adequado ao tipo de água que neles vai circular.
- Instalar filtros terminais nos pontos de uso com poros de diâmetro $0,2 \mu\text{m}$ de modo a garantir a ausência de *Legionella* spp e de outras bactérias e fungos como *Pseudomonas* spp, *Aspergillus* spp, etc;
- Usar tubagens plásticas (PVC-C, multicamada com PEX ou PVC-C) em circuitos com circulação de água com temperatura não superior a 70°C , permite minimizar perdas de calor, evitar corrosão e a formação de incrustações.
- Em circuitos próximo das caldeiras, em que a temperatura seja superior a 70°C , usar aço inox ou cobre.
- Acionar mecanismos para garantir uma correta operação e manutenção, implementando os métodos de desinfecção e tratamento apropriados às características das instalações e que permitam manter uma boa qualidade da água.
- Fazer análise de diagnóstico do estado de degradação das tubagens em locais em que já se recorra ao dióxido de cloro.



BIBLIOGRAFIA

Comissão Setorial para Água (CS/04), Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de Água, Instituto Português da Qualidade em parceria com a EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A, 3ª Edição 2018

Recomendação IRAR nº 05/2007 – Desinfecção da água destinada ao consumo humano

Diegues, P.; Martins, V., Prevenção da doença dos legionários. Sistemas de tratamento . Vantagens e desvantagens. DGS, Março de 2013

EN 545:2010 Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines - Requirements and test methods

EN 1057:2006+A1:2010 Copper and copper alloys - Seamless, round copper tubes for water and gas in sanitary and heating applications

EN 10224:2002 Non-alloy steel tubes and fittings for the conveyance of aqueous liquids including water for human consumption - Technical delivery conditions

EN 10255:2004+A1:2007 Non-Alloy steel tubes suitable for welding and threading - Technical delivery conditions

EN 10312:2002/A1:2005 Welded stainless steel tubes for the conveyance of water and other aqueous liquids - Technical delivery conditions

EN ISO 15874-2:2013/A1:2018 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polypropylene (PP) - Part 2: Pipes - Amendment 1

EN ISO 15874-3:2013 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polypropylene (PP) - Part 3: Fittings

EN ISO 15875-2:2003/A1:2007 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Crosslinked polyethylene (PE-X) - Part 2: Pipes - Amendment 1

EN ISO 15875-3:2003 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Crosslinked polyethylene (PE-X) - Part 3: Fittings

EN ISO 15876-2:2017 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polybutene (PB) - Part 2: Pipes

EN ISO 15876-3:2017 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polybutene (PB) - Part 3: Fittings

EN ISO 15877-2:2009 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Chlorinated poly(vinyl chloride) (PVC-C) - Part 2: Pipes

EN ISO 15877-3:2009 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Chlorinated poly(vinyl chloride) (PVC-C) - Part 3: Fittings

EN ISO 21003-2:2008/A1:2011 Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings - Part 2: Pipes - Amendment 1

EN ISO 21003-3:2008 Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings - Part 3: Fittings

EN ISO 22391-2:2009 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT) - Part 2: Pipes

EN ISO 22391-3:2009 Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT) - Part 3: Fitting

ET 04 /2007 - Especificações técnicas para tubagem em materiais alternativos ao aço inoxidável em instalações de águas em edifícios hospitalares

ISO 10508:2006/Amd.1:2018 Plastics piping systems for hot and cold water installations -- Guidance for classification and design

PEDROSO, V. M. R., 2007 – Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas (3ª Ed.), Lisboa: LNEC, ISBN: 9789724918495.

The European Working Group for Legionella Infections (EWGLI), <http://www.ewgli.org>

World Health Organization – “Legionella and prevention of Legionellosis”, Edited by Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman Lee, WHO 2007, Geneva.

Obrigado pela vossa atenção!

