



INSTITUTO DE GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Com a colaboração de :

INSTITUTO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS  
DA UNIVERSIDADE DO PORTO

# MÓDULO 1 - CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO

MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO DE CONDUTAS E COLECTORES

## CICLO DE FORMAÇÃO EM SANEAMENTO BÁSICO E RECURSOS HÍDRICOS

F. Veloso Gomes

I.H.R.H.

1985

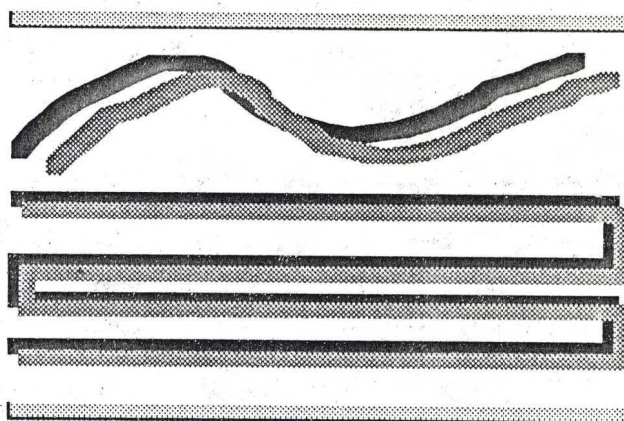
I G A P

INSTITUTO DE GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Com a colaboração de :

INSTITUTO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS  
DA UNIVERSIDADE DO PORTO

CICLO DE FORMAÇÃO  
EM  
SANEAMENTO BÁSICO E  
RECURSOS HÍDRICOS



P O R T O

## I N D I C E

	PÁG.
DOMÍNIO CONSIDERADO.....	2.
O ABASTECIMENTO DE ÁGUA SOB PRESSÃO. ALGUNS DADOS EUROPEUS.....	3.
MATERIAIS ALTERNATIVOS A CONSIDERAR EM ANÁLISE COMPARATIVA.....	5.
TUBOS DE POLI(CLORETO DE VINILO) NÃO PLASTIFICADO.....	6.
TUBOS DE FIBROCIMENTO.....	13.
TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE.....	19.
TUBOS DE FERRO FUNDIDO (DÚCTIL).....	26.
TUBOS EM AÇO.....	32.
TUBOS EM BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO.....	39.
TUBOS DE PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRAS.....	43.
TUBOS EM COBRE.....	49.
CONDUTAS METÁLICAS. ACTUAÇÕES PARA EVITAR OU MINIMIZAR A CORRO- SÃO EM CONDUTAS DE ÁGUA SOB PRESSÃO.....	53.
ELIMINAÇÃO DAS CAUSAS.....	53.
PROTECÇÃO.....	56.
CRITÉRIOS DE SELECÇÃO. SUMÁRIO.....	60.
INDICAÇÕES SOBRE ASPECTOS ESPECÍFICOS DO DIMENSIONAMENTO.....	66.

DOMÍNIO CONSIDERADO  
(AGUA SOB PRESSAO)



- CONDUTAS EM SISTEMAS ADUTORAS;
  - Adutoras elevatórias.
  - Adutoras gravíticas.
  
- CONDUTAS EM REDES DE ABASTECIMENTO.
  - gravíticas.
  - pressurizadas.
  
- CONDUTAS EM SISTEMAS HIDRAULICOS FIXOS DE COMBATE A INCENDIO.
  - gravíticos.
  - pressurizados.
  
- CONDUTAS EM SISTEMAS DE REGA;
  - fixos.
  - móveis.
  
- RAMAIS DOMICILIARIOS.
  
- REDES INTERIORES (EM EDIFICIOS).
  
- REDES INTERIORES (INSTALAÇÕES DE BOMBAGEM, TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO).



## O ABASTECIMENTO DE ÁGUA SOB PRESSÃO

### ALGUNS DADOS EUROPEUS:



- Cerca de dois terços das entidades que se dedicam ao abastecimento de água, exercem essa função em exclusividade.
- A maioria dessas entidades são públicas e a sua área de intervenção coincide, em muitos casos, com áreas administrativas autárquicas. Cerca de 50% do abastecimento está concentrado em entidades gestoras de grande dimensão, continuando a tendência para o aumento de tal percentagem.
- Os consumos estão percentualmente distribuídos da seguinte forma:
  - 67% domésticos.
  - 20% industriais.
  - 13% diversos não especificados.
- As captações têm aumentado progressivamente, atingindo 250 a 300 l/habitante x dia nos Países Europeus mais industrializados. Noutros Países as captações rondam os 200 l/habitante x dia.
- Cerca de 40% das receitas são reinvestidas. Tais investimentos apresentam uma repartição que varia acentuadamente de região para região mas que, tipicamente, poderá ser descrita da seguinte forma:
  - 30% captação.
  - 30% tratamento e armazenamento.
  - 30% distribuição.
- Cerca de 60% dos investimentos são aplicados em condutas de abastecimento de água.
- As novas captações estão a ser exploradas em locais cada vez mais afastados dos centros de consumo, com consequentes aumentos das extensões das condutas adutoras. Tal, deve-se à saturação das captações existentes face às crescentes exigências de consumo, à poluição de águas superficiais e napas freáticas.
- Muitos dos sistemas de distribuição existentes atingiram ou estão

prestes a atingir a saturação por:

- aproximação do horizonte de projecto.
  - insuficiência de diâmetros.
  - inadequação de traçados face ao desenvolvimento urbano.
  - inadequação das pressões nominais.
  - agressividade das águas e solos.
- O potencial agressivo das águas e solos relativamente a condutas tem aumentado como consequência de:
- alteração da composição dos solos.
  - acidificação por intrusão de águas salinas devido ao rebaixamento de napas freáticas.
  - poluição dos solos.
  - correntes eléctricas vagabundas com o desenvolvimento de sistemas ferroviários urbanos.
  - condução de águas de diversas origens e submetidas a tratamentos químicos diversificados.
- As perdas na adução e distribuição são proporcionais à extensão e estado de conservação dos sistemas, à pressão e suas flutuações, à densidade urbana e intensidade do tráfego. Atingem valores muito variáveis, compreendidos entre 10% e 40% do caudal total.

sol. 2003 PV: 11  
Imp.

MATERIAIS ALTERNATIVOS  
A CONSIDERAR EM ANÁLISE  
COMPARATIVA.





TUBOS DE POLI (CLORETO DE VINILO) NÃO PLASTIFICADO PARA CANALIZAÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

- O Poli(cloreto de vinilo), PVC, é uma resina sintética  $(CH_2-CH Cl)_n$ , obtida pela polimerização (preparação de macromoléculas) do monômero cloreto de vinilo. Este, resulta de condensação de uma molécula de ácido clorídrico e de uma molécula de acetileno.
- De acordo com o processo de fabrico e com a utilização pretendida, a transformação do polímero poderá incluir, na mistura, aditivos plastificantes, estabilizantes, pigmentos, cargas e lubrificantes em proporções adequadas. O PVC rígido não deverá conter qualquer plastificante.
- O PVC é uma matéria plástica, pelo que, segundo o artigo 8º do R.G. A.A., a utilização de tubos em PVC no transporte de águas para consumo público está condicionada a uma autorização para cada marca de tubos.
- A utilização do PVC em Países Europeus, em sistemas de abastecimento de água sob pressão, atinge na actualidade as seguintes proporções:

<u>PAÍS</u>	<u>POPULAÇÃO/Km2</u>	<u>EXTENSÃO DAS</u> <u>CONDUTAS DE</u> <u>ABASTECIMENTO</u> <u>DE ÁGUA(1981)</u> <u>(Km)</u>	<u>% DE CONDUTAS</u> <u>EM PVC</u> <u>(DN 50-200)</u> <u>(V.APROXIMADOS)</u>
BÊLGICA/LUX	324	55 000	27
R.F.A.	247	270 000	22
SUIÇA	153	20 000	15
DINAMARCA	118	50 000	35
FRANÇA	98	1 000 000(i)	20
ITÁLIA	190	320 000	35
NORUEGA	13	25 000	60 (ii)
PAÍSES BAIXOS	345	80 000	25
ITÁLIA	18	50 000	60 (ii)
FINLÂNDIA	16	40 000	60 (ii)

(i) Inclui sistemas para irrigação.

(ii) Valores não concordantes com outras fontes informativas.

- À excepção da Suíça e Itália (e em menor grau da França), a utilização de condutas em PVC em novos sistemas atinge, na actualidade, percentagens variando entre 70 e 90% da extensão total.

Na Suíça e Itália tal percentagem é muito menor, em desfavor de condutas metálicas.

- DIAMETROS NOMINAIS E PRESSOES NOMINAIS:

DIAMETROS NOMINAIS (EXTERIORES)		PRESSAO NOMINAL (pressão de serviço quando o transporte se faz a 20°C)	
(mm)		PN (kg/cm <sup>2</sup> )	PN (M Pa)
20		10;16	1.0;1.6
25		10;16	1.0;1.6
32	RAMAIS E CONDUTAS DOMICILIÁRIOS	10;16	1.0;1.6
40		10;16	1.0;1.6
50		10;16	1.0;1.6
63		6;10;(16)	0.6;1.0;(1.6)
75		6;10;(16)	0.6;1.0;(1.6)
90		6;10;(16)	0.6;1.0;(1.6)
110	ADUÇÃO DISTRIBUIÇÃO IRRIGAÇÃO FIXA	6;10;(16)	0.6;1.0;(1.6)
125		6;10;(16)	0.6;1.0;(1.6)
140		6;10	0.6;1.0
160		6;10	0.6;1.0
200		6;10	0.6;1.0
225		6;10	0.6;1.0
250		6;10	0.6;1.0
(280)			
315		6	0.6
(355)		6	0.6
(400)		6	0.6



- Comprimento usual das varas: 6m.
- Os valores entre parenteses não são correntemente comercializados em Portugal.
- As juntas poderão ser coladas, soldadas, acopladas (autoblocantes, em campânula) incluindo anel de borracha (diversos sistemas patenteados), roscadas.
- Os valores mínimos e máximos do diâmetro exterior e da espessura da parede dos tubos, para as gamas de diâmetros exteriores nominais correspondentes às diversas classes de pressão, são indicadas na NP - 1487(1977).

- PROPRIEDADES FISICAS

(VALORES TIPICOS)

Densidades - 1,37 a 1,42.

Ponto de amolecimento Vicat (sob carga de 5 kgf) superior a 78°C.

Ponto de amolecimento plástico 120° C.

Ponto de fusão 220° C.

Coeficiente de dilatação linear  $6,8 \times 10^{-5}$  /°C.

Coeficiente de condutibilidade térmica  $35 \times 10^{-5}$  cal/cm<sup>2</sup> cm/s/°C.

Comentários: baixa densidade, maleável a partir dos 120°C, coeficiente de dilatação elevado (exigindo precauções construtivas), reduzida condutibilidade térmica, boas propriedades dialécticas em relação a correntes vagabundas.

- PROPRIEDADES QUIMICAS

A inércia química do PVC varia com a temperatura e a concentração do agente. Este aspecto terá de ser considerado no transporte de produtos químicos e nas situações em que as condutas estejam instaladas em solos poluídos por resíduos químicos. Na condução de águas, poder-se-á concluir ser excelente a inércia química do PVC.

Os fabricantes apresentam "tabelas da resistência química" a diversos produtos (Norma DIN 16 929).

Em recente Congresso Internacional (Water Supply Association's Congress-TUNISIA OUT. 1984) foi discutida a problemática da transmissão à água potável de cheiros e odores em condutas plásticas, com exemplificação de situações anómalas detectadas na Noruega.

As conclusões, para além de apontarem a necessidade de

em alguns casos ser melhorado o control do processo de extrusão e de se aplicarem matérias primas de melhor qualidade, desaconselham a utilização de condutas de PVC em solos poluídos por gasolina, óleos e solventes industriais. A digestão anaeróbica dos materiais orgânicos pode libertar gases susceptíveis de transmitirem odores à água por permeabilidade através das paredes dos tubos.

Os tubos de PVC rígido a empregar no transporte de água potável deverão cumprir disposições de inocuidade fisiológica e toxicológica, a comprovar mediante certificados sanitários a emitir periodicamente por entidades oficiais.

#### - CARACTERISTICAS MECANICAS

(VALORES TIPICOS A 20°C)

Resistência à tracção	450 a 600 da N/cm <sup>2</sup> (45 a 60 MPa)
Módulo de elasticidade, tracção	30 000 da N/cm <sup>2</sup> (3000 MPa)
Resistência à compressão	800 da N/cm <sup>2</sup> (80 MPa)
Resistência à flexão	1200 da N/cm <sup>2</sup> (120 MPa)
Resistência ao choque	150 da N/cm <sup>2</sup> (15 MPa)

A não possibilidade de utilização de tubagens de PVC para pressões nominais superiores a PN10 constitui uma limitação prática do seu emprego. (DN superior a 63).

A pressão nominal, relativa à temperatura de 20° C, corresponde uma pressão de ensaio, durante 1 hora, cerca de 4 vezes superior para o PVC 10 e 6 vezes para o PVC6 (NP 1487). Em serviço, as condutas de PVC rígido não deverão suportar temperaturas superiores a 40° C (ou 60° em curtos períodos e com carácter excepcional), podendo-se estabelecer a relação:

Temperatura (°C)	Pressão de serviço admissível a determinada temperatura (MPa)	
	PN6	PN10
10	0,6	1,0
20	0,6	1,0
30	0,5	0,8
40	0,4	0,65
50	0,3	0,50
60	0,2	0,35

(obs: 1 MPa  $\approx$  10 Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>  $\approx$  100 m.c.a.)

O manuseamento dos tubos de PVC deverá ser cuidadoso. Deverá evitar-se a sua implantação em terrenos sujeitos a assentamentos, a menos que se tomem precauções especiais nas fundações.

#### - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

- Nos estudos hidráulicos de escoamentos sob pressão em condutas de PVC rígido, poder-se-ão utilizar rugosidades equivalentes da ordem dos 0,03mm, quer no ano zero quer no ano horizonte do projecto.

Significa que não haverá necessidade de prever um ligeiro agravamento das condições hidráulicas de escoamento devido a acções incrustantes ou agressivas da água.

- A absorção previsível de água nas paredes das tubagens é inferior a 4 mg/cm<sup>2</sup>.
- Comparativamente a materiais convencionais utilizados em tubagens, o módulo de elasticidade é favorável (cerca de 60 vezes inferior ao do aço comercial).

Em situações de fenómenos transitórios do tipo choque hidráulico, a velocidade de propagação do fenómeno é inferior em condutas de PVC. Como as sobrepressões dinâmicas máximas são, em primeira aproximação, directamente proporcionais à velocidade da propagação (para uma determinada velocidade média de escoamento), poderá resultar em aumento do coeficiente de segurança ou mesmo uma ligeira economia no dimensionamento.



- NORMALIZAÇÃO

NORMAS PORTUGUESAS:

sobre tubos de Poli(cloreto de vinilo) não plastificados.

NP 1452-1977 Determinação da deformação longitudinal a quente.

(LNEC E 288)

NP 1453-1977 Ensaio de choque.

(LNEC E 289)

NP 1454-1977 Ensaio de resistência à acetona.

(LNEC E 290)

NP 1455-1977 Ensaio de resistência ao ácido sulfúrico.

(LNEC E 291)

NP 1456-1977 Ensaio de resistência à pressão interior.

(LNEC E 292) (longa e curta duração)

NP 253 Diâmetros exteriores e pressões nominais.

NP 1487-1977 Características e Recepção.

NORMALIZAÇÃO FRANCESA AFNOR

T54-002 (em revisão). Elementos de canalizações em matérias plásticas. Definições. Dimensões.

T54-003 (em revisão). Tubos em PVC não plastificado. Especificações gerais.

T54-016 (em revisão). Tubos em PVC não plastificado para a condução e distribuição de água sob pressão. Especificações.

T54-028 (em revisão). Elementos de canalizações em PVC não plastificados. Ligações por colagem. Características dimensionais.

T54-029 (em revisão). Acessórios moldados em PVC não plastificado. Série pressão. Especificações.

T54-038 Elementos em PVC não plastificado. Ligações por anel de estanqueidade para canalizações sob pressão. Características dimensionais.

NORMAS E RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS ISO

- ISO/R 161 Tubos em matérias plásticas para condução de fluídos (diâmetros exteriores e pressões nominais).
- ISO/R 264 (em revisão)
- ISO/DIS 264 Canalizações em matérias plásticas. Ligações por acoplamento para tubos sob pressão. Dimensões de base.
- ISO 727 Ligações em PVC não plastificado com acoplamentos lisos para tubos sob pressão.
- ISO 2045 Ligações simples para tubos sob pressão, em PVC não plastificados, com juntas de estanqueidade elásticas. Profundidades mínimas de acoplamento.
- ISO 2048 Ligações com uniões ("manchons") para tubos sob pressão em PVC não plastificado com juntas elásticas de estanqueidade. Profundidades mínimas de acoplamento
- Projecto ISO/DIS 3606 Tubos em PVC não plastificado. - Tolerâncias em relação ao diâmetro exterior e espessura de parede.
- ISO/DP 1062 Método de cálculo para tubos enterrados
- ISO/DP 4422 Tubos para água sob pressão

OUTRAS NORMAS:

- DIN 8061, DIN 8062 e DIN 8063 (Pressões).
- DIN 16 929 (Resistência química).
- Normas Holandesas KIWA (KIWA quality requirements)





TUBOS DE FIBROCIMENTO PARA  
CANALIZAÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO

- Os tubos de fibrocimento são fabricados por enrolamento e compressão de uma pasta homogênea constituída por cimento portland (ou outro cimento homologado) e fibras de amianto, com adição de água, em laminação de camadas muito finas. Após o fabrico, segue-se um processo de cura por imersão em água durante 3 a 4 meses .
- O material compósito fibrocimento, incorpora dois produtos base bastante afins. O amianto é um silicato natural, hidratado, de cálcio e magnésio, de contextura fibrosa. É a "armadura" em amianto que garante uma boa resistência aos esforços de tracção.
- A percentagem de amianto, o tipo de fabrico, a qualidade e a espessura de parede, possibilitam a comercialização de várias classes em função da pressão adoptada no ensaio de estanqueidade a que são submetidos na fábrica. A comercialização de tubos iniciou-se no final da 1ª. Grande Guerra, embora o fibrocimento seja um material já utilizado noutras aplicações desde o início do presente século. O êxito da sua divulgação em relação a materiais metálicos convencionais ficou a dever-se à sua relativa leveza (o que facilita as operações de transporte e montagem) e ao preço relativamente baixo.

- DIAMETROS NOMINAIS E CLASSES DE PRESSAO

DIAMETROS NOMINAIS

(interiores)

(mm)

DN

50	60	80	100	125	150	200	250	300
350	400	450	500	600	700	800	900	1000

CLASSES	6	12	18	24	30
---------	---	----	----	----	----

Pressão de ensaio de  
estanqueidade NP-520

(Kg/cm <sup>2</sup> )	6	12	18	24	30
(MPa)	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0

Pressão de serviço

Recomendação (NP-521)

(kg/cm <sup>2</sup> )	3	6	9	12	15
(MPa)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5

- Os comprimentos das varas serão, no mínimo, de 3 m (tubos DN < 100 mm) ou 4 m (tubos DN > 100 mm), sendo sempre múltiplos de 0,50m (NP 521). Comercialmente o valor mais corrente é de 5 m.
- As espessuras nominais das paredes dos tubos são indicadas pelos fabricantes, em função do diâmetro e da classe. Os limites e as tolerâncias admissíveis são fixados pela NP-521.
- As juntas entre tubos poderão ser realizadas por cilindros de fibrocimento (mangas) contendo anéis interiores em borracha natural ou sintéticos, ou poderão ser do conhecido tipo Gibault (ferro fundido).
- Os acessórios (curvas, cones, tês, cruzetas, juntas cegas, ligadores de flanges e braçadeiras roscadas) são em ferro fundido (normalmente com protecção à base de revestimento betuminoso). A ligação aos tubos é feita por juntas Gibault (excepto as braçadeiras roscadas).
- As juntas possibilitam desvios angulares da ordem dos 5º (diâmetros inferiores a 300 mm), 3º (diâmetros intermédios) e 2º (diâmetros superiores a 600 mm).

#### PROPRIEDADES FISICAS

(VALORES TIPICOS)

Densidade 1,9 a 2,2.

Coeficiente de dilatação térmica (axial)  $0,88 \times 10^{-5}$  a  $1,25 \times 10^{-5}$  /°C.

Coeficiente de condutibilidade térmica 0,35 a 0,58 K cal/m h°C.

Absorção de água 8 a 15% em peso

(depende do grau de embebição inicial)

Variação de comprimento de seco a impregnado 1 a 1,5 mm/m.

#### CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

- Em conformidade com a NP-520, as juntas deverão manter-se estanques

à pressão interior que define a classe dos tubos. A pressão é mantida, pelo menos, durante 5 minutos.

- A absorção previsível de água nas paredes de tubos de fibrocimento depende do grau de embebição inicial, atingindo 8 a 15% em peso.

Este aspecto deverá ser tido em consideração aquando da realização de ensaios de carga após implantação na vala, sendo conveniente um enchimento prévio sob pressão, durante 24 horas, para uma mais correcta avaliação da estanqueidade.

- O módulo de elasticidade do material, a considerar na avaliação da celeridade (propagação da onda em fenómenos de choque hidráulico) é da ordem dos 250 000 da  $N/cm^2$  (25 000 MPa), o que conduz a valores de celeridade compreendidos entre 800 e 1200 m/s (função da relação espessura da parede do tubo/diâmetro).
- A rugosidade equivalente a considerar nos cálculos hidráulicos, da ordem dos 0,10mm, deverá ser ligeiramente superior à correspondente a uma tubagem nova (0,03mm).

#### DURABILIDADE

- Os fabricantes apontam o fibrocimento como um material que apresenta boa resistência à corrosão, não afectável por fenómenos de envelhecimento e de "duração praticamente ilimitada" em condições normais. Todavia fixam limites de algumas características das águas e solos para que se possam aplicar tubos não protegidos, como:

pH < 6.0

Dureza carbonatada > 9 °F

CO<sub>2</sub> livre < 0.5 mg/l

teor em sulfatos < 1000 mg/l

- a) A possível insuficiência do referido critério e/ou
- b) a não determinação das características das águas e dos solos ao longo do traçado (em alguns casos extensões de milhares de metros) e/ou
- c) a não observância de medidas de protecção interna/externa e/ou



d) a inadequação, a danificação ou má execução da referida protecção,

tem originado algumas situações de envelhecimento acelerado dos tubos e a sua inutilização ao fim de "alguns anos".

Em muitos casos, está por fazer uma análise isenta, quantificada, das anomalias ocorridas.

Face a esta experiência preconiza-se, em todas as situações correntes, a aplicação de indutos protectores (por exemplo à base de elementos betuminosos ou de resinas epoxy), devendo o revestimento interior ser sanitariamente inócuo e homologado por entidade oficial.

Em situações de maior agressividade das águas ou dos solos, será necessário tomar medidas adicionais de protecção dos tubos (telas plásticas, substituição de terras, tratamento de água), podendo mesmo ser inviável a hipótese da solução "fibrocimento".

## CARACTERISTICAS MECANICAS

Resistência à pressão interior

Tensão de rotura por tracção NP-270  $\geq 200 \text{ daN/cm}^2$   
(20 MPa)

Resistência à compressão diametral (esmagamento)

Tensão de rotura por tracção NP-271  $\geq 450 \text{ da N/cm}^2$   
(45 MPa)

Resistência à flexão longitudinal

Tensão de rotura por tracção NP-272  $\geq 250 \text{ da N/cm}^2$   
(25 MPa)

Módulo de Poisson 5 a 6.

Módulo de elasticidade (valores médios, a título indicativo).

Compressão axial	230 000 da $\text{N/cm}^2$ (23 000 MPa)
Flexão longitudinal	205 000 a 240 000 da $\text{N/cm}^2$
Esmagamento	255 000 da $\text{N/cm}^2$ (25 500 MPa)
Pressão interior	330 000 da $\text{N/cm}^2$ (33 000 MPa)

O manuseamento dos tubos de fibrocimento deverá ser cuidadoso. Deverá evitar-se a sua implantação em solos sujeitos a assentamentos, a menos que se tomem precauções especiais nas fundações.



## NORMALIZAÇÃO

### NORMAS PORTUGUESAS

SOBRE TUBOS DE FIBROCIMENTO PARA CANALIZAÇÕES DE AGUA  
SOB PRESSAO.

NP 270 (1962) Ensaio de rotura por pressão interior

NP 271 (1962) Ensaio de compressão diametral

NP 272 (1962) Ensaio de flexão

NP 520 (1969) Ensaio de estanqueidade

NP 521 (1970) Características e recepção

### NORMAS INTERNACIONAIS

AFNOR NF P 41-302 "Tubos em fibrocimento para canalizações sobre  
pressão".

ISo/R 160 (Projecto de Norma) "Tubos e juntas em fibrocimento para  
canalizações sob pressãc".

ISO 2785 "Orientação com vista à escolha de tubos para canalizações  
em fibrocimento submetidas a cargas exteriores e sem pres-  
são interior".

ISO/881 Tubos, juntas e acessórios de fibrocimento para águas  
residuais e drenagem.



TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA  
DENSIDADE PARA CANALIZAÇÕES  
DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

- O polietileno é obtido pela polimerização do monómero etileno. O processo de fabrico a baixas pressões origina uma estrutura cristalina de peso molecular elevado, diferente da obtida com o antecedente proceso a altas pressões. Ao primeiro, corresponde o polietileno de alta densidade (0,95); ao segundo, o polietileno de baixa densidade (0,92). O polietileno de alta densidade (P.H.D.), comparativamente ao polietileno de baixa densidade (P.B.D.) é quimicamente mais resistente e apresenta melhores características mecânicas.
- A aplicação de polietileno de alta densidade à produção de tubos, iniciou-se comercialmente nos finais da década de 50. Os tubos são fabricados por extrusão, predominando os pequenos e médios diâmetros.
- A comercialização em Portugal de tubos de polietileno iniciou-se com o P.B.D. no final da década de 60. Surgiram diversos desaires motivados pela falta de qualidade dos produtos e inadequação no emprego dos tubos. O mercado foi fortemente abalado. Só recentemente começaram a ser comercializados tubos de polietileno de alta densidade, de qualidade controlada e características normalizadas.
- A maioria dos produtos plásticos pode deteriorar-se em situações de longa exposição atmosférica, devido fundamentalmente às componentes ultravioleta da luz solar e ao oxigénio do ar. Para desacelerar esse envelhecimento, o polietileno de alta densidade incorpora estabilizadores apropriados e negro de fumo (cerca de 2%).
- A utilização de ramais de ligações domiciliárias em polietileno de alta densidade, está largamente divulgada em muitos Países Europeus, atingindo-se percentagens da ordem dos 90% em novas instalações. Predominam os diâmetros até 63 mm.
- Este material apresenta-se bastante favorável em aplicações que exijam a travessia de cursos de água e zonas imersas como rios, estuários e albufeiras, necessitando contudo de lastros de fixação.

## PROPRIEDADES FÍSICAS

### VALORES TÍPICOS

- densidade 0,95
- zona de fusão cristalina  $\approx 130^{\circ}$
- zona de congelação  $\approx 110^{\circ}$
- coeficiente de dilatação linear (entre  $20^{\circ}\text{C}$  e  $90^{\circ}\text{C}$ )  $1,7 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ .

Comentários: baixa densidade com consequentes vantagens de transporte e instalação, insensibilidade a temperaturas muito baixas, coeficiente de dilatação linear a ter em consideração nas montagens, bom isolante térmico (dificulta o congelamento ou o aquecimento de água).

## CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

- Comparativamente a materiais convencionais utilizados em tubagens, o módulo de elasticidade a adoptar na avaliação da celeridade é bastante favorável (1 200 MPa), o que conduz a valores de celeridade compreendidos entre 200 e 400 m/s. Como em situações de choque hidráulico as sobrepressões dinâmicas máximas são, em primeira aproximação, directamente proporcionais à celeridade, poderá daí resultar uma ligeira economia no dimensionamento (ou um aumento do coeficiente de segurança).
- A absorção previsível de água é da ordem dos 0,2%.
- Nos cálculos hidráulicos, a rugosidade equivalente a considerar é da ordem dos 0,007 a 0,01 mm (último valor para águas agressivas). Não são de prever assinaláveis evoluções desfavoráveis no tempo, devido a acções corrosivas ou incrustantes.

## CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

- resistência à tracção 22 a 31 MPa (220 a 310 da  $\text{N}/\text{cm}^2$ ).
- módulo tracção 600 a 1000 MPa.
- resistência à compressão 17 MPa (170 da  $\text{N}/\text{cm}^2$ ).
- resistência à flexão 7 Mpa (70 da  $\text{N}/\text{cm}^2$ ).



- módulo de deformação plástica por flexão (20°C) 700 a 800 MPa.
- idem a 60°C 200 MPa,

- Os valores das características mecânicas estão associados às condições de ensaio (método de prova, tipo de proveta, temperatura de ensaio, tempo de actuação do esforço). A sua determinação está Regulamentada pelas Normas DIN 50 119, DIN 53 447, DIN 53 452, DIN 53 453, DIN 53 455, DIN 53 456, DIN 53 505.
- a tensão de segurança considerada na determinação da espessura dos tubos (50 da  $N/cm^2$ ) corresponde a uma extrapolação do comportamento de um tubo, a uma temperatura de 20°C, para um horizonte de 50 anos de serviço e adoptando um coeficiente de segurança 1,3. Para temperaturas de serviço inferiores, o coeficiente de segurança é maior. Para temperaturas superiores torna-se necessário verificar as correspondentes curvas de evolução da resistência em função do tempo.
- salienta-se o facto de os tubos de polietileno serem flexíveis e resistentes ao choque.

#### PROPRIEDADES QUIMICAS

Na condução de águas é excelente a inércia química do polietileno de alta densidade, dispensando qualquer tipo de protecção adicional.

O polietileno de alta densidade é resistente aos ácidos inorgânicos (clorídrico e sulfúrico), bases, detergentes. À temperatura ambiente é atacado ao longo do tempo pelos oxidantes muito fortes.

Os fabricantes fornecem tabelas indicadoras da resistência aos agentes químicos, para diferentes temperaturas médias de referência.

De notar que o polietileno de alta densidade é resistente aos sulfatos e ácido sulfuroso pelo que não é afectado pela acção das bactérias reductoras de sulfatos existentes nos solos onde são instalados.

O polietileno de alta densidade é resistente às corrosões de origem microbiana. Também não constitui meio adequado à cultura e proliferação de bactérias e fungos.

DIÂMETROS NOMINAIS E PRESSÕES NOMINAIS  
(NORMAS DIN 8074; Revisão BS 3796/BS 5556)

DIÂMETROS NOMINAIS (EXTERIORES) (mm)	PN (da N/cm <sup>2</sup> )						
	2.5	3.2	4	6	10		
10	ESPESSURA DAS PAREDES(mm)					2.0	
12						2.0	
16	-	-	-	-		2.0	
20	-	-	-	-		2.0	
25	-	-	-	2.0		2.3	
32	-	-	-	2.0		3.0	RAMAIS E CONDUTAS DOMICILIÁRIAS
40	-	-	2.0	2.3		3.7	
50	-	-	2.0	2.9		4.6	
63	-	2.0	2.4	3.6		5.8	<hr/>
75	2.0	2.4	2.9	4.3		6.9	
90	2.2	2.8	3.5	5.1		8.2	ADUÇÃO DISTRIBUIÇÃO IRRIGAÇÃO FI- XA
110	2.7	3.4	4.2	6.3		10.0	
125	3.1	3.9	4.8	7.1		11.4	
140	3.5	4.3	5.4	8.0		12.8	
160	4.0	4.9	6.2	9.1		14.6	
180	4.4	5.5	6.9	10.2		16.4	
200	4.9	6.2	7.7	11.4		18.2	
225	5.5	6.9	8.6	12.8		20.5	
250	6.2	7.7	9.6	14.2		22.8	
280	6.9	8.6	10.7	15.9		25.5	
315	7.7	9.7	12.1	17.9		28.7	
355	8.7	10.9	13.6	20.1		32.3	
400	9.8	12.3	15.3	22.7		36.4	
450	11.0	13.8	17.3	25.6		41.0	
500	12.3	15.3	19.3	28.3		45.5	
560	13.7	17.4	21.6	31.7		-	
630	15.4	19.6	24.3	35.7		-	
710	17.4	22.1	27.4	40.2		-	
800	19.6	24.9	30.8	45.3		-	
900	22.0	28.0	34.7	-		-	
1000	24.4	31.1	38.5	-		-	



- a espessura das paredes é calculada pela expressão  $PN \times DN (2f+PN)$ , com  $f$  (tensão de segurança) de 50 da  $N/cm^2$
- a pressão nominal a adoptar não deverá ser inferior à pressão de serviço.
- no mercado Português, não estão a ser correntemente comercializados os tubos de maiores diâmetros nominais citados (superiores a 400mm).
- existem no mercado tubos da classe PN8, PN12 e PN16, para além das classes normalizadas.
- os tubos são fornecidos nos seguintes comprimentos:
  - bobines de 100 m ou 50 m até DN 75
  - bobines de 50 m até DN 125
  - vara de 6,9 ou 12m restantes DN.
- a possibilidade de recurso, para pequenos DN, a bobines de grande extensão constitui uma inegável vantagem já que possibilita uma grande redução no número de juntas.
- a ligação dos tubos e acessórios pode realizar-se por:
  - soldadura topo a topo (equipamento apropriado, pessoal treinado, DN superior a 90).
  - electrosoldável (DN inferiores a 160, técnica segura, manga de polietileno com resistência eléctrica no interior).
  - flange (DN superior a 50, redes industriais, transição aço/PEA, batentes soldados a apertar por flanges metálicas desluzantes).
  - roscadas (DN inferiores a 90, ligações em aço, latão ou em plástico).

NORMAS DIN

- DIN 4279 Verificação da pressão interna em condutas para água sob pressão. Tubos de polietileno de alta e baixa densidade.
- DIN 8074 Tubos em polietileno de alta densidade. Dimensões.
- DIN 8075(1ª e 2ª parte) Tubos em polietileno de alta densidade (tipos 1 e 2). Requisitos gerais exigidos. Verificação.
- DIN 16 932 Soldadura de polietileno. Especificações.
- DIN 16 934 Condutas e placas de polietileno de baixa densidade e polietileno de alta densidade. Resistência aos agentes químicos, especificações.
- DIN 16 963 (1ª a 14ª partes; 25ª parte). Juntas e acessórios para tubagens sob pressão, em polietileno de alta densidade.
- DIN 19 533 Condutas de polietileno de alta densidade e polietileno de baixa densidade para o abastecimento de água potável. Tubos, juntas e acessórios.
- DIN 19 630 Instalações para distribuição de gás e água. Especificações para a colocação de redes de abastecimento de gás e água.

NORMAS ISO

- ISO/R 161 Tubos em matérias plásticas para o transporte de fluídos. Diâmetros exteriores e pressões nominais.
- ISO/R 1 164 Tubos em matérias plásticas para o transporte de fluídos. Tubos em polietileno. Tolerâncias em relação aos diâmetros exteriores.
- ISO/R 1 166 Idem. Tolerâncias em relação às espessuras das paredes até 6 mm.
- ISO/DIS 3 607 Tubos em polietileno. Tolerâncias (revisão das ISO/R 1 164 e 1 166).

NORMAS BRITÂNICAS

- BS 1972/1967 Tubos de polietileno de massa volúmica baixa.  
BS 3284/1967 Tubos de polietileno de massa volúmica elevada.  
BS 3796/BS 5556 Dimensões.

NORMAS PORTUGUESAS

- NP 691 (1972) Tubos de polietileno de massa volúmica baixa para canalizações de água e esgoto. Características e recepção.  
NP 692 (1972) Tubos de polietileno de massa volúmica baixa. Ensaio de pressão interior.  
LNEC (Documentos de homologação de marcas de tubos em polietileno).

Direcção Geral da Qualidade - Conselho de Normalização.  
(em preparação Normas relativas a tubos plásticos).

- NP 253 Tubos de material plástico. Diâmetros exteriores e pressões nominais.  
NP 925 Tubos de polietileno. Ensaio da estabilidade das dimensões.



TUBOS DE FERRO FUNDIDO (DÚCTIL)  
CANALIZAÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO

- O emprego de tubos de ferro fundido, em canalizações de água, remonta ao Séc. XV. Os ferros fundidos são ligas de Ferro e Carbono, com percentagens de carbono compreendidas entre 2,1 e 4%. Nos ferros fundidos cinzentos a grafite apresenta-se sob a forma de lamelas, as quais podem formar, no interior da matriz, zonas de alta fragilidade responsáveis pela diminuição acentuada da tenacidade. Nos ferros fundidos dúcteis (nodulares), surgidos a partir de 1942, por adição de magnésio (0,02 a 0,04%) a grafite aparece sob a forma de pequenas esferas, constituindo nódulos uniformemente distribuídos.
- Para além das boas características de:
  - moldabilidade.
  - maquinabilidade.
  - durabilidade.
  - estanqueidade.
  - resistência ao desgaste,análogas às do ferro fundido cinzento, o ferro fundido dúctil tem elevada resistência mecânica, comparável à do aço. As canalizações de ferro fundido dúctil podem ser submetidas a elevadas pressões internas e externas.
- A vida útil previsível, de canalizações de ferro fundido adequadamente protegidas é bastante superior a 40 anos; a experiência internacional indica horizontes superiores a 70 anos. O valor de retoma ao fim desse período poderá ser bastante favorável.
- O fabrico Nacional de tubos de ferro fundido é, na actualidade, incompativelmente artesanal face às quantidades e diâmetros necessários, pelo que é necessário recorrer a tubos importados fabricados por técnicas de centrifugação. Esta situação também contribui para o facto de as tubagens de ferro fundido serem comparativamente caras.
- A aplicação de tubagens de ferro fundido dúctil apresenta-se como alternativa técnica, pelo menos nas seguintes situações:
  - condutas submetidas a elevadas pressões internas e externas.
  - traçados em terrenos susceptíveis de sofrer grandes assentamentos.
  - locais onde possam ocorrer choques e esforços excepcionais.



- travessias de linhas de água.
- interiores de instalações especiais.  
(estações de tratamento, estações elevatórias, reservatórios câmaras).

#### DIAMETROS NOMINAIS

DN (diâmetro interior)

40; 50; 60; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300;  
350; 400; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1 000; 1 100;  
1 200; 1 300; 1 400; 1 500; 1 600.

- espessura das paredes é fixada em função do DN, através de um coeficiente  $k$  (ISO 2531), a definir em especificação técnica especial.

$K=7,8,9,10,11,12,14,16.$

$$e = K(0.5+0.001DN)$$

$e$ (mm)

DN(mm)

Por exemplo (valores correntemente comercializados):

$DN \leq 200$	$e=5.8+0,003DN$
$1\ 000 > DN \geq 250$	$K=9$
$DN \geq 1000$	$K=7;8;9$

Acessórios  $K= 12$   
(excepto Tês)  $K= 14$

- as pressões máximas admissíveis em serviço dependem de DN e de K.
- os tubos têm geralmente comprimentos úteis de 6m (7m ou 8m para diâmetros superiores a DN 700).
- as juntas podem ser:
  - flangeadas (rígidas, com anilha de vedação; utilização em interiores de estações elevatórias e de tratamento)
  - autoblocantes (vedação por compressão de um anel de borracha, permite pequenos deslocamentos laterais e longitudinais).
  - contraflangeadas (vedação por compressão de um anel de borracha exteriormente colocado no tubo de extremidade lisa; adequados a situações de grandes pressões no escoamento).
- juntas especiais:
  - de ligação e desmontagem, autoportantes

- não são de aceitar as juntas clássicas com aplicação de chumbo e corda alcatroada.

- a normalização Portuguesa considera três processos de fabrico de tubos:

- tubos vazados por centrifugação em coquilha metálica.
- tubos vazados por centrifugação em moldação de areia
- tubos e acessórios vazados verticalmente em moldações de areia.

### PROPRIEDADES FÍSICAS

- densidade 7,05 (7.0 a 7.1)
- coeficiente de dilatação linear 1,1 a  $1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

### CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

- Antecedendo a aplicação dos revestimentos, os tubos centrifugados deverão ser submetidos a uma prova hidráulica de estanqueidade, resistindo sem fugas e sem exudação às seguintes pressões de ensaio (NF A 38-012):

DN $\leq$ 300	60 da $\text{N/cm}^2$ (6MPA)
300 $\leq$ DN $\leq$ 600	50 da $\text{N/cm}^2$ (5MPA)
DN $>$ 600	40 da $\text{N/cm}^2$ (4MPA)

A pressão de ensaio deverá ser mantida durante 15s. Segundo a Norma ISO 2531, as pressões de ensaio deverão ser fixadas em função de K:

DN $\leq$ 300	$p = 0.5(K+1)^2 \leq 100$ (da $\text{N/cm}^2$ )
350 $\leq$ DN $\leq$ 600	$= 0.5k^2 \leq 80$ "
700 $\leq$ DN $\leq$ 1000	$= 0.5(K-1)^2 \leq 60$ "
1000 $<$ DN $\leq$ 1600	$2 \times p_{\text{max.serviço}} \leq 40$ "

- A rugosidade equivalente das paredes internas de tubos de ferro fundido assume as seguintes ordens de grandeza:

- tubos não revestidos 0.25 a 1.0 mm
- tubos revestidos 0.05 a 0.20mm

#### DURABILIDADE. PROTECÇÃO.

- As tubagens, as ligações e os acessórios de ferro fundido dúctil de vem ser revestidos interior e exteriormente.
- Os revestimentos interiores deverão ser sanitariamente inócuos, não deverão conter componentes solúveis na água, nem produtos susceptíveis de transmitir sabores e odores à água.

O revestimento interior mais corrente é realizado com argamassa de cimento (do alto forno) aplicada por centrifugação (Normas AWWA C-104 e NFA 48-807). Também se aplicam revestimentos à ba se de produtos betuminosos, executados por centrifugação (Normas AWWA C-106 e C-108).

Tradicionalmente, os acessórios são revestidos por imer são.

- Os revestimentos exteriores deverão ser adequados à situação de ex posição:
  - traçados não enterrados (Norma AWWA C-203).
  - traçados enterrados (AWWA C-106 e C-108).
  - traçados enterrados com necessidade de protecção adicional (solos muito agressivos).

Nos dois primeiros casos poder-se-ão utilizar pinturas com vernizes especiais, a metalização (zincagem) ou camadas espessas de bases betuminosas.

No último caso poderá ser aplicado um revestimento, so bre o esquema de pintura, constituído por folhas de polietileno (Normas ANSI A 21.5-1972) ou ainda mangas de envolvimento ou mesmo tu bagem exterior. No caso de existência de correntes vagabundas no so solo, torna-se necessário proceder, adicionalmente, a um isolamento eléctrico das condutas.

- As Normas ANSI A 21.5-1976 (AWWA C150-76), consideram que na espessura real das paredes deverá ser deduzida uma margem de 2mm para se atender a possíveis fenómenos de corrosão.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

- Resistência mínima à tracção 4200 da  $N/cm^2$   
(NF A 38-012) (420 MPa)
- Limite convencional de elasticidade a 0,2%.  
3000 da  $N/cm^2$   
(300 MPa)
- Módulo de elasticidade (tracção) 1 700 000 da  $N/cm^2$   
(170 000 MPa)
- Dureza Brinell 230.



## NORMALIZAÇÃO

### NORMAS PORTUGUESAS

sobre tubos e acessórios de Ferro Fundido para canalizações sob pressão.

NP 673 (Características)

NP 674 Ensaaios (de tracção, dureza Brinell e hidráulica de tubos e acessórios).

### NORMAS FRANCESAS AFNOR

NF A 38-012 Produtos de fundição: Elementos de canalizações em ferro fundido dúctil. Especificação técnica geral.

NF A 48-802 Produtos de fundição. Elementos de canalizações em ferro fundido dúctil. Série "Express GS".

NF A 48-807 Idem. Tubagens revestidas com argamassa de cimento.

NF T 46-022 Borrachas e elastómeros análogos. Condições de armazenamento de produtos à base de elastómeros vulcanizados.

NF A 48-507 a NF A 48-514 (Acessórios, curvas, tês, cruzetas, cones).

### NORMAS E RECOMENDAÇÕES ISO

ISO 2 531 Tubos, ligações e acessórios em ferro fundido dúctil para canalizações sob pressão.

ISO 4 179 Revestimentos interiores em argamassas de cimento centrifugadas

### OUTRAS NORMAS INTERNACIONAIS

ANSI A 21.50-1976 (revisão da ANSI A21.50-1971).

(AWWA C150-76) - Determinação da espessura da parede de tubos em ferro fundido dúctil.

AWWA C-104; C-106; C-108; C-203

Código ASME Section VIII (qualidades de ferro fundido).



TUBOS EM AÇO PARA CANALIZAÇÕES  
DE ÁGUA SOB PRESSÃO

- As qualidades de aço empregues na construção de tubagens para condução de água sob pressão estão internacionalmente classificadas segundo diversas normas. Em tabelas que se seguem, apresentam-se as qualidades de aço, equivalências entre normas, composições (elementos de liga) e características mecânicas. Há ainda a referir a existência aços inoxidáveis em que o Crómio é o principal elemento da liga, aparecendo em percentagens entre os 12% e os 30% (ANSI-B 36 19).
- Para cada diâmetro nominal, fabricam-se tubos com várias espessuras de parede (o diâmetro externo é constante).
- Para pequenos e médios diâmetros, os tubos são fabricados por laminação a quente, sem soldadura, ou por soldadura longitudinal. Os tubos de grandes diâmetros são fabricados com chapa dobrada com costura de solda longitudinal ou com chapa soldada em espiral. As extremidades poderão ser lisas (esquadrejadas), chanfradas ou rosqueadas. A ligação entre tubos também pode ser feita por flanges ou com juntas flexíveis (incluindo junta Gibault).
- O domínio de aplicação dos tubos de aço, em escoamentos de água sob pressão, é idêntico ao dos tubos de ferro fundido. São mais leves, o que facilita a colocação. Porém, exigem especial cuidado na proteção em relação à corrosão, pelo que se dedica a este tema uma atenção particular.

TABELAS DE COMPARAÇÃO DE QUALIDADES  
DE AÇOS SEGUNDO DIVERSAS NORMAS

NORMAS TECNICAS			QUALIDADES EQUIVALENTES				
Material standards	Esp. Standards	Dimensões Standards	ASTM	API	BS	DIN	DIV.
DIN 17100 DIN 17100 DIN 17100 DIN 17100 DIN 17100	DIN 2440/2441 DIN 1626 DIN 1626 DIN 1626 DIN 1626	DIN 2440/2441 DIN 2458 DIN 2458 DIN 2458 DIN 2458	A120 A53 Gr. A A53 Gr. A A53 Gr. B A381-Y52	5L-Gr. A 5L-Gr. A 5L-Gr. B 5LX-X52	1387 3601-ERW 320 3601-ERW 360 3601-ERW 410 1775-ERW 23 4360-50D		ISO-65  FG 36
DIN 1629/3 DIN 1629/3 DIN 1629/3	DIN 1629/3 DIN 1629/3 DIN 1629/3	DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448	A53 Gr. A A53 Gr. B A252 Gr. 3	5L-Gr. A 5L-Gr. B 5LX-X52	3601-S360 3601-S410 1775-HFS 23		FG 36
DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 Vd TUV 1207	DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175	DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448	A106 Gr. A A106 Gr. B A335-P1 A335-P11/P12 A335-P22 A335-P5	5L-Gr. A 5L-Gr. B	3059-HFS 33 3602-HFS 27  3604-HF 620 3604-HF 622 3604-HF 625		
SEW-680-70 SEW-680-70 SEW-680-70	DIN 2448 DIN 2448 DIN 2448	DIN 17175 DIN 17175 DIN 17175	A333 Gr. 1 A333 Gr. 6 A333 Gr. 3		3603 HFS 27 LT 50 3603 HFS 503 LT 100		
A53 A53 A106/A530 A106/A530	A53 A53 A106/A530 A106/A530	ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10		API-5L-Gr. A API-5L-Gr. B API-5L-Gr. A API-5L-Gr. B	3601-ERW 360 3601-ERW 410 3601-S 360 3601-S 410	St 35 St 45 St 35 8 St 45 8	
A333/A530 A333/A530 A333/A530	A333/A530 A333/A530 A333/A530	ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10			3601 HFS 27 LT 50 3603 HFS 503 LT 100	TT St. 35 TT St. 41 10 Ni 14	
A335-A530 A335-A530 A335-A530  A335/A530 A335/A530	A335/A530 A335/A530 A335/A530  A335/A530 A335/A530	ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10  ANSI-B 36.10 ANSI-B 36.10			3604 HF 625 3604 HF 620 3604 HF 620 3604 HF 622	15 Mo 3/16 Mo 5 12 Cr Mo 19.5 13 Cr Mo 44 13 Cr Mo 44 10 Cr Mo 910	
API-5L API-5L	API-5L API-5L	API-5L API-5L	A53 Gr. A A53 Gr. B		3601-S360 3601-S410	St. 35 St. 45	St. E 210.7 vlg DIN 17172 St. E 240.7 vlg DIN 17172
API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX	API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX	API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX API-5LX				St. E 290.7 St. E 320.7 St. E 360.7 St. E 385.7 St. E 415-7	DIN 17172 DIN 17172 DIN 17172 DIN 17172 DIN 17172
BS 3059 part 1 BS 3059 part 1 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3602 BS 3602 BS 3602	BS 3059 part 1 BS 3059 part 1 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3601 BS 3602 BS 3602 BS 3602	BS 3059 app.B BS 3059 app.B BS 1600/BS 3600 BS 1600/BS 3600 BS 1600/BS 3600 BS 1600/BS 3600 BS 1600/BS 3600 BS 1600/BS 3600	A106 Gr. A A53 Gr. A A53 Gr. A A53 Gr. B A106 Gr. A A106 Gr. A A106 Gr. A A106 Gr. B A106 Gr. B	5L-Gr. A 5L-Gr. A 5L-Gr. A 5L-Gr. B 5L-Gr. A 5L-Gr. B 5L-Gr. A 5L-Gr. B 5L-Gr. B 5LX-Gr X52		St. 35 8 St. 37-2 St. 34-2 St. 37-2 St. 42-3 St. 35 St. 45 St. 35-8 St. 45-8 St. 52	
BS 3603 BS 3603 BS 3604 BS 3604 BS 3604	BS 3603 BS 3603 BS 3604 BS 3604 BS 3604	BS 3603 BS 3603	A333 Gr. 6 A333 Gr. 3 A335 P12 A335 P22 A335 P5			TT St. 41 10 Ni 14 13 Cr Mo 44 10 Cr Mo 910 12 Cr Mo 195	
BS 4360	BS 4360		A671 CC70 (A155-KCF70)	5LX-X52		St. 52-3	FG 36



				ANÁLISE QUÍMICA								
Material	Res. à	Tensão	% MIN	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	Div.
	Tracção	lim. elást.		%	%	%	% max.	% max.	%	%	%	%
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>										
St. 33	324-490	186	18	—	—	—	—	—				
St. 34-2	334-412	206	28	max. 0,15	—	—	0,050	0,050				N max. 0,007
St. 37-2	363-441	235	25	max. 0,18	—	—	0,050	0,050				N max. 0,007
St. 42-3	412-490	255	22	max. 0,23	—	—	0,045	0,045				N max. 0,009
St. 52-3	510-608	353	22	max. 0,20	max. 0,55	max. 1,50	0,045	0,045				N max. 0,009
St. 35	343-441	235	25	max. 0,18	—	—	0,050	0,050				
St. 45	441-540	255	21	max. 0,25	—	—	0,050	0,050		max. 0,3		
St. 52	510-608	353	22	max. 0,20	max. 0,55	max. 1,50	0,050	0,050				
St. 35.8	343-441	235	25	max. 0,17	max. 0,35	min. 0,40	0,050	0,050				N max. 0,010
St. 45.8	441-540	255	21	max. 0,22	0,10-0,35	min. 0,45	0,050	0,050				
15Mo3/16Mo5	441-540	285	22	0,12-0,20	0,15-0,35	0,50-0,80	0,040	0,040	0,25-0,35			
13 Cr Mo44	441-570	295	22	0,10-0,18	0,15-0,35	0,40-0,70	0,040	0,040	0,40-0,50	0,70-1,00		
10 Cr Mo 910	441-590	265	20	max. 0,15	0,15-0,50	0,40-0,60	0,040	0,040	0,90-1,10	2,00-2,50		
12 Cr Mo 19.5	410-540	176	21	max. 0,15	0,30-0,50	0,30-0,60	0,030	0,030	0,45-0,65	4,00-6,00		
TT St. 35	343-441	225	25	max. 0,17	max. 0,35	min. 0,40	0,045	0,045				
TT St. 41	441-540	265	21	max. 0,20	max. 0,35	min. 0,45	0,045	0,045				
10 Ni 14	441-640	340	20	max. 0,12	0,10-0,35	0,30-0,60	0,035	0,035			3,20-3,80	
A53-Grade A	min. 331	207	var	max. 0,25	—	max. 0,95	0,050	0,060				
A53-Grade B	min. 413	241	var.	max. 0,30	—	max. 1,20	0,050	0,060				
A106-Grade A	min. 331	207	35	max. 0,25	min. 0,10	0,27-0,93	0,048	0,058				
A106-Grade B	min. 414	241	30	max. 0,30	min. 0,10	0,29-1,06	0,048	0,058				
A333-Grade 1	min. 379	207	35	max. 0,30	—	0,40-1,06	0,050	0,060				
A333-Grade 6	min. 414	241	30	max. 0,30	min. 0,10	0,29-1,06	0,048	0,058				
A333-Grade 3	min. 448	241	30	max. 0,19	0,18-0,37		0,050	0,050			3,18-3,82	
A335-Grade P1	min. 379	207	30	0,10-0,20	0,10-0,50	0,30-0,80	0,045	0,045	0,44-0,65			
A335-Grade P5	min. 414	207	30	max. 0,15	max. 0,50	0,30-0,60	0,030	0,030	0,44-0,65	4,00-6,00		
A335-Grade P11	min. 414	207	30	max. 0,15	0,50-1,00	0,30-0,60	0,030	0,030	0,44-0,65	1,00-1,50		
A335-Grade P12	min. 414	207	30	max. 0,15	max. 0,50	0,30-0,61	0,045	0,045	0,44-0,65	0,80-1,25		
A335-Grade P22	min. 414	207	30	max. 0,15	max. 0,50	0,30-0,60	0,030	0,030	0,87-1,13	1,90-2,60		
API-5L-Grade A	min. 330	207	var.	max. 0,22	—	max. 0,90	0,040	0,050				
API-5L-Grade B	min. 414	240	var.	max. 0,27	—	max. 1,15	0,040	0,050				
API-5LX-Grade X42	min. 413	289	var.	max. 0,29	—	max. 1,25	0,040	0,050				
API-5LX-Grade X46	min. 434	317	var.	max. 0,29	—	max. 1,35	0,040	0,050				
API-5LX-Grade X52	min. 455	358	var.	max. 0,29	—	max. 1,25	0,040	0,050				
API-5LX-Grade X56	min. 489	386	var.	max. 0,26	—	max. 1,35	0,040	0,050				
API-5LX-Grade X60	min. 517	413	var.	max. 0,26	—	max. 1,35	0,040	0,050				
BS3059-HFS33	325-445	185	25	max. 0,15	—	0,30-0,70	0,050	0,050				
BS3059-ERW33	325-445	185	25	max. 0,15	—	0,30-0,70	0,050	0,050				
BS3601-ERW320	320-440	195	25	max. 0,16	—	0,30-0,70	0,050	0,050				
BS3601-ERW360	360-480	215	24	max. 0,17	max. 0,35	0,40-0,80	0,050	0,050				
BS3601-ERW410	410-530	235	22	max. 0,21	max. 0,35	0,40-1,20	0,050	0,050				
BS3601-S360	360-480	215	24	max. 0,17	max. 0,35	0,40-0,80	0,050	0,050				
BS3601-S410	410-530	235	22	max. 0,21	max. 0,35	0,40-1,20	0,050	0,050				
BS3602-HFS23	355-465	210	30	max. 0,20	max. 0,35	0,40-0,70	0,050	0,050				
BS3602-HFS27	420-540	245	26	max. 0,25	max. 0,35	0,40-0,70	0,050	0,050				
BS3602-HFS35	540-665	310	20	max. 0,35	—	0,70-1,10	0,050	0,050				
BS3603-HFS27 LT50	440-570	260	26	max. 0,20	0,10-0,20	0,90-1,20	0,050	0,050				
BS3603-HFS503 LT100	min. 473	270	24	max. 0,15	0,10-0,35	0,30-0,60	0,040	0,040		max. 0,30	3,25-3,75	
BS3604-HF620	min. 420	232	26	max. 0,15	0,10-0,35	0,40-0,70	0,050	0,050	0,45-0,65	0,70-1,10		
BS3804-HF622(N)	min. 480	250	23	0,08-0,15	max. 0,50	0,40-0,70	0,040	0,040	0,90-1,20	2,00-2,50		
BS3604-HF625	min. 420	210	26	max. 0,15	max. 0,50	0,40-0,70	0,040	0,040	0,45-0,65	4,00-6,00		
BS4360-50D	490-620	345	20	max. 0,18	0,10-0,50	max. 1,50	0,040	0,040				Nb max. 0,10 V max. 0,10





CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DE  
TUBOS DE AÇO ROSCÁVEIS ATÉ 6" (NP513)

(tubos soldados e tubos sem costura)

DENOMINAÇÃO	DIÂMETRO exterior (mm)	SÉRIE	SÉRIE	SÉRIE
		FORTE F ESPESSURA nominal (mm)	MÉDIA M ESPESSURA nominal (mm)	LIGEIRA ESPESSURA nominal (mm)
1/8	10.2	2.65	2.0	1.8
1/4	13.5	2.9	2.35	2.0
3/8	17.2	2.9	2.35	2.0
1/2	21.3	3.25	2.65	2.35
3/4	26.9	3.25	2.65	2.35
1	33.7	4.05	3.25	2.9
1 1/4	42.4	4.05	3.25	2.9
1 1/2	48.3	4.05	3.25	3.25
2	60.3	4.5	3.65	3.25
2 1/2	76.1	4.5	3.65	3.25
3	88.9	4.85	4.05	3.65
(3 1/2)	101.6	4.85	4.05	3.65
4	114.3	5.4	4.5	4.05
5	139.7	5.4	4.85	-
6	165.1	5.4	4.85	-

- Comprimentos comerciais de 4 m a 7 m (valor mais corrente: 6m).
- Uniões segundo Norma NP 514.
- Pressão interior de ensaio de estanqueidade, na fábrica: 50kgf/m<sup>2</sup> (50 da Pa).

- Os tubos de aço galvanizado, enterrados ou à vista, deverão ser adicionalmente protegidos através de pintura adequada.
- As rugosidades equivalentes para tubos de aço são da seguinte ordem de grandeza:

aço não revestido 0.10 a 0.25 mm.

aço revestido 0.05 a 0.15 mm.

- Comercialmente os tubos e respectivos acessórios são incorrectamente designados por tubos de ferro galvanizado e tubos de ferro preto (aço recoberto naturalmente por uma capa de óxido).
- Nos tubos de aço galvanizado (aço zincado), o revestimento, antes e após a colocação, em obra, deverá:
  - ser contínuo, aderente e liso.
  - ter espessura suficiente (superior a  $450 \text{ g/m}^2$  de recobrimento).
- A galvanização processa-se por electrólise (a frio) ou é do tipo a quente por imersão em banho de zinco fundido.

OUTRAS NORMAS

- NP 45 Rosca-gás para tubos roscáveis para canalizações e seus acessórios
- NP 513 Tubos de aço. Designação e características dos tubos roscáveis para canalizações e outros fins.
- NP 514 Tubos de aço. Comprimentos mínimos das uniões de aço com rosca-gás.
- ISO 1460, 1461, 2178, 2360, 2409, 2808, 2813, 3221, 3768, 4617, 4618, 4628 (Protecção anticorrosiva).
- ISO 1460, 1461 (galvanização).
- BS 729, 2015, 2569, 3900, 4232, 5466, 5493 (Protecção anticorrosiva).
- BS 729 (galvanização).
- DIN 50 017, 50 018, 50 021, 50 976, 50 981, 50 982, 50 984, 53 151, 53 159, 53 167, 53 209, 53 210, 53 223, 55 928, 55 945.
- ISO 50 952, 50 976 (galvanização).
- ASTM A90, A385 (galvanização).
- ASA B 36.10 (Diâmetros até 100". Espessuras).
- DIN 2559 (Preparação de juntas para soldadura).
- ANSI B 16.9 (Preparação de juntas para soldadura).
- ANSI B 16.5, B 16.11 (Flanges).
- DIN 2527, 2558, 2561, 2565 a 2569, 2573, 2576, 2581, 2583, 2628 a 2638, 2641, 2642, 2652, 2653, 2655, 2656, 2667, 2668, 2669, 2673 (Flanges).
- ANSI B 16.9, B 16.11, B 16.28 (Acessórios e juntas).
- DIN 2616, 2986, 2999, 50 049 (Acessórios e juntas).
- ISO 65
- ISO R-7 (Acessórios maleáveis).
- ASTM E 376, B 117, D 174, D 610, D 659, D 523, D 1 186, D 1 400, D 2 247 (Protecção anticorrosiva).
- AWWA C 205 (protecção com argamassa de cimento)
- AWWA C 203 (revestimentos à base de coal-tar)





TUBOS EM BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO  
PARA CANALIZAÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

- O emprego de tubos em betão armado e pré-esforçado para canalizações de água sob pressão, reporta-se à seguinte gama de diâmetros e pressões nominais:

DN 600 a 2 500 mm.

PN 2 a 20 da N/cm<sup>2</sup>

- Existem diversas variantes estruturais e de composição:
  - tubos de betão armado.
  - tubos de betão armado, com alma de aço.
  - tubos de betão pré-esforçado.
  - tubos de betão pré-esforçado, com alma de aço.
- A utilização de tubos em betão armado está limitada a pequenas pressões de serviço (inferiores a 4 da N/cm<sup>2</sup>).  
A armadura principal, longitudinal, poderá ser reforçada com espiras. O fabrico pode ser por centrifugação ou por moldagem (moldes em posição vertical) com vibração.
- Os tubos de betão com alma de aço, possuem uma parede dupla, em betão armado, envolvendo um cilindro em chapa de aço soldado longitudinalmente. O betão da parede interior pode ser aplicado por centrifugação.
- Os tubos de betão pré-esforçado são constituídos por um núcleo de betão (armado ou pré-esforçado longitudinalmente). O núcleo é cintado, sob tensão, por um fio de aço de alta resistencia. O betão do núcleo é aplicado por centrifugação (com compactação) ou é vazado e vibrado em moldes verticais.  
  
O betão envolvente (associado ao pré-esforço radial) é aplicado por projecção, vazamento ou ainda por laminagem.
- Nos tubos de betão pré-esforçado com alma de aço existem diversas alternativas construtivas e de composição, como:
  - cilindro em chapa de aço pouco espessa, soldado longitudinal

mente, com revestimento interno em argamassa aplicada por centrifugação e revestimento externo em betão. Sob este revestimento são enroladas, sob tensão, as espiras, as quais são posteriormente revestidas com betão.

- composição idêntica à anterior, mas com revestimento interno com betão.
- A ligação entre tubos é feita por acoplamento, com interposição de uma junta tórica em borracha. É essencial que as mesmas fiquem correctamente seladas. A qualidade do elastómero deverá ser elevada. Em certas situações é conveniente o emprego de juntas mecânicas flexíveis.
- O comprimento dos tubos é, geralmente, de 5 m (6 m segundo alguns processos de fabrico).
- Os acessórios podem ser em aço ou em betão.
- Os tubos e os acessórios em betão serão preferencialmente protegidos (por exemplo com um revestimento betuminoso). Os acessórios em aço serão obrigatoriamente protegidos. Em situações de implantação com condições de agressividade elevada será conveniente uma protecção catódica. Neste caso, uma barra metálica incorporada em cada tubo e em contacto com as armaduras pré-esforçadas, assegura a ligação ao circuito geral de protecção.
- A rugosidade equivalente da superfície interior depende do processo de fabrico e qualidade, bem como do revestimento. Ao longo da vida da estrutura, a agressividade do meio interior poderá agravar a rugosidade. Pelas razões expostas, a rugosidade equivalente pode apresentar uma acentuada gama de valores, entre 0,20 mm e 2 mm. Processos de fabrico bem controlados possibilitam valores da ordem dos 0,20 e 0,25 mm.
- Controlo de qualidade:

A produção de tubos terá de ser permanentemente controlada no respeitante a:

- materiais constituintes (cimentos, água, aditivos, inertes, composições e dosagens, homogeneidade, compacidade).
- tensões de pré-esforço. Passo das espiras.

- acabamento (particularmente da superfície interior).
- revestimentos.
- valores característicos das propriedades mecânicas.
- dimensões.
- cura.
- juntas.
- marcação dos tubos.
- comportamento hidráulico (sob pressão); compressão diametral; evolução temporal da resistência à compressão.

NORMALIZAÇÃO

NORMAS AMERICANAS

- AWWA C-104 (Revestimentos betuminosos).
- C-203 (Revestimentos à base de coal-tar em acessórios de aço).
- C-205 (revestimento à base de cimento em acessórios de aço).
- C-208 (Bocas de visita, descargas de fundo, acessórios em aço).
- C-300 (Tubos de betão armado com alma de aço, Aço, Fabrico, Acessórios).
- C-301 (Tubos de betão pré-esforçado, Aço para a alma, Fios de alta resistência, Inertes, Agua, Fabrico Juntas).
- C-302 (Tubos de betão armado, Fabrico).

ASTM C 418-81 881-78 618-80 311-77 494-81 666-80 878-80 884-78  
D 632-78

NORMAS BRITANICAS

- BS 3 625 (Tubos em betão pré-esforçado).
- BS 4 625; BS 2 494 (Juntas).

NORMAS ALEMAS

DIN 2 502, 2 503, 2 527, 2 630, 2 631, 2 632, 2 634.  
(Flanges, Juntas cegas, Acessórios em aço).

DIN 4 036 (Dimensões e tolerâncias).

1048 1060 1164 1168 273 274 1048 EN199 4164 4165 4208 4211  
4219 4223 4226 4281 18180 18184 18551 18555 18557 459 51020  
52170 52449 52171

ISO

1920-76 3893-77 4012-78 4013-79 4108-80 4109-80 4110-79 4111-79  
4848-80 6274-82 6275-82 6276-82 6782-82 6783-82 6784-82

REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA

R.E.B.A.P.

NP 879 (Tubos de betão para canalizações de esgoto. Ensaio de compressão diametral).





TUBOS DE PLÁSTICOS REFORÇADOS COM FIBRAS  
PARA CANALIZAÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO

- Os plásticos reforçados com fibras são compósitos artificiais constituídos por fibras resistentes e uma matriz ou material base.
- A matriz (termoplásticos ou resinas termoendurecidas) interliga e protege as fibras, mantendo-as no entanto separadas e evita a propagação da microfissuração.  
Os termoplásticos são polímeros de cadeia linear que ao serem aquecidos plastificam; endurecem após arrefecimento, voltando a plastificar se novamente aquecidos (ex: PVC, Polietileno, Poliestireno, Poliester).  
As resinas termoendurecidas, de cadeia tridimensional, não voltam a plastificar se reaquecidas (ex: Poliester com cadeia tridimensional).
- Uma das fibras de reforço mais empregues em tubagens é a fibra de vidro, existindo diversas composições (sendo  $S_i O_2$  superior a 50%). É economicamente mais competitiva do que as fibras de carbono embora estas apresentem melhores características mecânicas específicas (Módulo à tracção/densidade).  
Outras fibras susceptíveis de serem associadas a outros compósitos são as fibras de amianto, aço, alumínio, titânio, sisal (em Civilizações remotas foram empregues fibras de diversas plantas e pêlos de animais associadas a pasta de argila).
- O material compósito "adquire" parte da resistência e rigidez das fibras, apresentando:
  - um leque variado de propriedades físicas e mecânicas favoráveis.
  - durabilidade elevada.
  - baixa condutibilidade térmica.
  - possibilidade de ser moldado segundo configuração desejada.
  - possibilidade de ser localmente reparado.
- A qualidade do compósito exige técnicas de fabrico adequadas e bem

controladas, depende das fibras e matrizes constituintes, varia com o comprimento, distribuição e percentagem de fibras, sequência e características das camadas.

- O poliéster reforçado com fibra de vidro constitui o material compósito, de matriz em plástico, mais divulgado na condução de águas. Poderão ser incorporadas cargas, pigmentos ou "filler" mineral.

Tubos de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro.

- Constituição:

- camada interior de espessura 1 mm a 2,5 mm, rica em resina de poliéster e reforçada com fibra de vidro (por ex. 60 gr/m<sup>2</sup>; 20%). Em alguns casos este núcleo poderá ser em PVC.
- estratificado constituído por filamentos de vidro (por ex. 70%) impregnados com resina, enrolados helicoidalmente sobre molde (mandril), segundo tensões e ângulos pretendidos (por ex: 54°), constituindo camadas muito finas (inferiores a 1 mm), cruzadas, sobrepostas até ser atingida a espessura global fixada anteriormente.
- Camada exterior envolvente muito rica em resina de poliéster (mais de 90%).

- Além da técnica de fabrico referenciada (enrolamento filamentar), existem outras técnicas (moldagem por contacto) a que correspondem menores resistências mecânicas.
- O material compósito em causa tem uma resistência química muito elevada (em relação a soluções alcalinas, ácidas, sais ou oxidantes), sendo no entanto conveniente consultar, em casos de grande agressividade do meio, as correspondentes tabelas de resistência.
- A técnica de fabrico possibilita a realização de tubos com espessuras diversificadas, calculadas para a satisfação de uma determinada solicitação especial. As características mecânicas esperadas deverão ser comprovadas através de ensaios laboratoriais e "in situ".
- Os tubos de poliéster reforçados com fibras de vidro normalmente só se

têm apresentado como competitivos, em sistemas adutores, para diâmetros superiores a 200 mm e pressões de serviço superiores a 9 da  $N/cm^2$  (até 30 da  $N/cm^2$ ).

- São comercializados com comprimentos de 3, 6, 9 e 12 m e, a menos de situações especiais, com os diâmetros 60, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 e 1000 mm (1200 mm; 1500 mm)
- Os acessórios poderão ser em poliéster reforçado com fibra de vidro.
- As ligações entre tubos podem ser realizadas por:
  - colagem por encaixe, com resinas; extremidades dos tubos biseladas em macho/fêmea.
  - soldadura em anel cilíndrico; topo dos tubos biselados.
  - juntas Gibault.
  - juntas de encaixe, com anel de vedação em borracha.
  - flanges para soldar.

PROPRIEDADES (Exemplo de tubagem em resina de poliéster reforçada com fibra de vidro).

VALORES TÍPICOS:

Densidade	1,6 a 2,0
% em peso do vidro	50 a 75
Coeficiente de dilatação	5 a $14 \times 10^{-6}$ /°C.
Resistência ao calor	até 260°C.
Absorção de água (30 dias de imersão ISO R 178)	0,45%.
Resistência à tracção	410 a 1180 MPa (4100 a 11800 da N/cm <sup>2</sup> ).
Módulo à tracção	21 000 a 41 000 MPa.
Resistência à compressão	210 a 480 MPa (2100 a 4800 da N/cm <sup>2</sup> ).
Resistência à flexão	690 a 1240 MPa (6900 a 12400 da N/cm <sup>2</sup> ).
Módulo de flexão	27 000 a 41 000 MPa.

Nos tubos fabricados por enrolamento filamentar as características em causa variam, entre outros factores, com o ângulo de enrolamento.



NORMAS BRITÂNICAS BS

- BS 771 (características mecânicas)
- BS 2598 Conduatas de diâmetros nominais entre DN 15 e DN 450.
- BS 3396 Características da fibra (partes 1, 2 e 3).
- BS 3867 Diâmetro exterior e gamas de pressão de tubos em matérias plásticas.
- BS 4728 Determinação da resistência, a pressão interna constante, de tubos em termoplásticos.

NORMAS ASTM

D 256, D 638, D 674, D 695, D 732, D 790, D 1043, D 2412, D 2538 (Propriedades mecânicas).

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 2 584 - 67 T        | Teor em vidro.             |
| C 301 - 68          | Absorção de água.          |
| D 2992              | Pressão hidrostática.      |
| D 149, D 150, D 257 | (Propriedades eléctricas). |
| C 177, D 696        | (Propriedades térmicas).   |

NORMAS ISO

- R 178, R 179/180,  
R 462, R 527, R 537, R 604, DR 748 (Propriedade mecânicas).

NORMAS DIN

DIN 50 100, DIN 50 118

DIN 53 445, DIN 53 452, DIN 53 453, DIN 53 454, DIN 53 455, DIN 53 457,  
(Propriedades mecânicas).

DIN 16 964, DIN 50 105

(Pressão interior).

DIN 53 479 (Densidade).

DIN 53 481, DIN 53 482, DIN 53 483

(Propriedades eléctricas).



TUBOS EM COBRE PARA CANALIZA-  
ÇÕES DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

Diâmetro exterior (BS 2871) (mm)	Espessura (mm)	Pressões máximas de serviço a 30°C (MPa) (DIN 2856; factor de segurança 2,5)		
		(i)	(ii)	(iii)
6	0,6			
8	0.6			
10	0.6			
12	0.6	1.6	4.0	4.0
15	0.7			
22	0.9			
28	0.9			
35	1.2			
42	1.2	1.0	2.5	2.5
54	1.2			
67	1.2			
76	1.5	0.6	2.0	1.6
108	1.5			
133	1.5			
159	2.0			

- (i) Solda Estanho-chumbo L-Sn 50 Pb (ii) Solda Estanho-prata L-Sn Ag 5  
(iii) Solda a liga de prata 50% L-Ag 40 Cd.

- Os diâmetros 25 e 22 mm são os mais correntemente utilizados em redes interiores (a edifícios). Frequentemente tais tubagens ficam à vista.
- Comprimentos comerciais: 3 m, 4 m, 6 m e bobines (tubos recozidos até diâmetros 15 mm).
- Os acessórios poderão ser em cobre, bronze ou latão. Podem ser solda

dos ou desmontáveis.

- O elevado coeficiente de dilatação térmica ( $16,6 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), exige medidas construtivas preventivas que possibilitem a dilatação (cerca de 1,5 vezes comparativamente ao ferro).
- As pressões de serviço à temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  são cerca de 60% das assinaladas para  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### CARACTERISTICAS

- A densidade do Cobre é 8,91.

- Tensão de rotura:

recozido            220 MPa

semi-duro           250 MPa

duro                300 MPa

- Módulo de elasticidade

recozido            115 000 Mpa

duro                128 000 Mpa

- Dureza Brinell

recozido            40

- O Cobre é o segundo melhor condutor eléctrico (quando puro).
- O Cobre é um material que possui elevada ductilidade e maleabilidade.
- Apresenta boa resistencia à corrosão. Deverá ser evitado o seu emprego a montante de tubagens ou equipamentos em ferro ou aço. Os materiais de fixação não deverão ser em aço (a menos que se adoptem dispositivos de isolamento especiais). Frequentemente, as tubagens de cobre (preferencialmente os tubos semi-duros) ficam à vista, sem qualquer protecção (ou com uma camada de verniz incolor). Em casos especiais poderá ser exigida uma cromagem ou niquelagem; ou ainda uma simples pintura.



NORMALIZAÇÃO

BS 864 - Acessórios de Cobre e ligas de Cobre para montagem por compressão ou soldadura por capilaridade.

BS 1 172 - Composição química (Cobre).

BS 2 871 (1971) - Tubos de Cobre para instalações de água, gás e sanitários.

ASA B 1 622 - Acessórios de Cobre ou bronze forjados, para montagem por soldadura.

DIN 1 786 - Tubos de Cobre para montagem por meio de soldadura por capilaridade.

DIN 2 856 - Acessórios para montagem por soldadura.

ISO - R 2 016 - Acessórios para tubos de Cobre de soldar por capilaridade.

CONDUTAS METÁLICAS

ACTUAÇÕES PARA EVITAR OU  
MINIMIZAR A CORROSÃO.

## CONDUTAS METÁLICAS

ACTUAÇÕES PARA EVITAR OU MINIMIZAR A CORROSÃO EM CONDUTAS DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

PREVENTIVAS - eliminação das causas.  
- protecção activa e/ou passiva.

CORRECTIVAS - correcção da situação após diagnóstico.  
- substituição das condutas (inutilizadas ou inadequadas).

### ELIMINAÇÃO DAS CAUSAS

(disposições técnicas, de concepção, construção e exploração só parcialmente viáveis).

- eliminação do electrólito água:

(só viável eventualmente em relação ao meio exterior)  
níveis freáticos, linhas de água, infiltrações pluviais, infiltrações através de juntas estruturais, ou de acabamentos, roturas de canalizações, ambiente atmosférico húmido, águas de amassadura e aplicação de revestimentos, condensações.

- substituição do meio exterior.

(com o objectivo de reduzir a agressividade).

. utilização, no aterro das valas, de materiais de características melhoradas em relação aos pré-existentes (areias, solos não argilosos, solos não "contaminados" por produtos químicos); envolvimentos em betão; galerias; baínhas de plástico ou de metal idêntico ao da canalização.

. eliminação de contactos com gessos ou outros materiais agressivos.

- correcção do meio interior (água).

(com o objectivo de reduzir a agressividade).

- . correcção controlada da agressividade da água (actuação sobre o pH, CO<sub>2</sub> livre, alcalinidade).
  - . filtração da água.
  - . actuação sobre os sais dissolvidos (sais de cálcio formam camadas protectoras, outros sais são indesejáveis). Controlo de operações de desendurecimento.
  - . actuação no sentido de evitar condições que favoreçam o desenvolvimento de bactérias reductoras de sulfatos (deposições de substâncias transportadas ou de produtos de corrosão).
  - . controlo da temperatura (não ultrapassando cerca de 60 °C).
  - . intervenções no sentido de manter, no tempo, as características físico-químicas da água.
- controlo das condições hidráulicas do escoamento.
- . limitação das velocidades máximas (desgaste, erosão). Velocidades mínimas de forma a evitar deposições (ferrugem, areias, sedimentos). Eliminação de zonas de estagnação.
  - . controlo das condições hidráulicas associadas a fenómenos transitórios.
  - . eliminação de situações favorecendo fenómenos de cavitação (elevadas velocidades, estrangulamentos e mudanças bruscas de secção, baixas pressões).
  - . consideração de dispositivos de purga de gases e traçados que favoreçam as purgas.
  - . consideração de purgas de sedimentos.
- eliminação da heterogeneidade no meio agressivo.  
(com o objectivo de reduzir a corrosão diferencial).
- . correcção de heterogeneidades no meio exterior (características geológicas e químicas, teor em humidade, porosidade, grau de arejamento, imersão/emersão, gradientes de temperaturas).
  - . "atravessamentos" de elementos estruturais e de revestimentos tendo em consideração a heterogeneidade em relação ao restante meio de assentamento.



- . consideração de suportes (incluindo braçadeiras) do mesmo metal da conduta e com a mesma protecção (ou em metais menos nobres que o dos tubos), ou juntas de separação.
  - . eliminação de contactos entre diferentes condutas.
  - . eliminação de contactos com armaduras de betão armado.
- eliminação de heterogeneidade nas condutas.  
(com o objectivo de reduzir a corrosão diferencial).
- . Condicionamentos na utilização de metais diferentes num determinado sistema, particularmente metais não próximos na referenciação em série galvânica.
  - . impedimento da utilização de tubos, acessórios ou equipamentos de cobre ou ligas de cobre (latão) a montante de tubos de aço galvanizado.
  - . eliminação, por controlo de qualidade na recepção e na montagem, de fissuras, defeitos localizados, heterogeneidades construtivas e de composição de ligas, rugosidades, roturas de películas de protecção, tratamentos térmicos diferentes.
  - . condicionamentos no emprego de acessórios.
  - . isolamento eléctrico de metais de natureza diferente
- eliminação de correntes vagabundas e interrupção de eventuais circuitos eléctricos.
- . impedimento de utilização de condutas como circuitos de ligação a terra. Verificação de ligações a terra defeituosas.
  - . consideração de correntes vagabundas nos solos nas proximidades de vias férreas e instalações industriais.
  - . consideração de juntas isolantes e revestimentos plásticos.

## ► PROTECÇÃO

### \* EXPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA

- muito corrosiva (humidade relativa superior a 80%, presença de agentes químicos).
- corrosiva (humidades relativas entre 75% e 85%, partículas de cloretos, compostos de enxofre; orla marítima, zonas industriais).
- pouco corrosiva (humidades relativas da ordem dos 70%, ausência de poluição industrial).
- praticamente não corrosiva (humidades relativas da ordem dos 60% ou inferiores, ambientes interiores secos).

### \* AGRESSIVIDADE DAS ÁGUAS

(indicação pouco rigorosa, de uma ordem de grandeza da redução do caudal, em percentagem, devido ao envelhecimento e corrosão, aos 25 e aos 50 anos de horizonte, em condutas metálicas não protegidas ou insuficientemente protegidas.

- extrema agresividade (75%, inutilização) - bloqueio.
- água doce, levemente ácida (55%, 70%) - obstrução parcial.
- água ácida de rochas graníticas (45%, 60%) - incrustações excessivas tuberculizações.
- águas levemente ácidas com vestígios de ferro e matéria orgânica. (35%, 45%) - incrustações até 25 mm de altura.
- água de poços ou água dura (25%, 32%) - incrustações até 12 mm de altura.
- águas não agressivas (12%, 16%) - pequenas incrustações.

\* CARACTERIZAÇÃO DA AGRESSIVIDADES DOS SOLOS

- pH

se pH inferior a 6, o solo (ácido) é corrosivo.

- presença de cloretos e sulfatos.

cloretos - valores superiores a 300 mg/kg de solo (destrõem as camadas protectoras existentes) situações correntes nas proximidades de linhas litorais.

sulfatos - Valores superiores a 500 mg/kg de solo.

resistividade  $\Omega$  cm

$\rho \leq 1000$   
 $1000 < \rho \leq 1500$   
 $1500 < \rho \leq 2500$

agressividade:  
intensa-corrosão acelerada  
moderada  
ligeira

- potencial redox

(fornece indicações sobre as condições de anaerobiose dos solos).

potencial redox mV  
(eléctrodo de hidrogénio; pH7)

agressividade

< + 100	intensa
entre +100 e +200	moderada
entre +200 e +400	ligeira

Os solos argilosos favorecem o desenvolvimento de bactérias (em condições anaeróbias) redutoras de sulfatos (a sulfuretos) - corrosão microbiológica.

- grau de arejamento

em solos não ácidos, a velocidade de corrosão é relacionável com a velocidade de difusão do oxigénio (teor de humidade do solo, teor em substâncias coloidais e substâncias dissolvidas, profundidade da conduta). A presença do oxigénio é, contudo, necessária á formação de pe-

lículas protectoras.

- correntes vagabundas

a presença de correntes vagabundas nos solos está associada às proximidades de vias férreas (especialmente com alimentação em corrente contínua) e instalações industriais;

- heterogeneidades e diferenciação das características

a corrosão é acelerada pela existência, ao longo do traçado das condutas, de zonas em que se manifestem heterogeneidades acentuadas nas características geotécnicas (características geológicas, composição química, teor em humidade, porosidade, grau de arejamento, "bolsas" de águas).

## ► PROTECÇÃO PASSIVA

- tintas e betuminosos (ex: tintas betuminosas, de resinas epoxy, fitas embebidas em produtos betuminosos).
- revestimentos com plásticos (ex: tela e fitas em polietileno).
- revestimentos metálicos (ex: zinco sobre o aço(aço galvanizado,) níquel e cromo sobre latão).
- argamassas de cimento (ex: em tubagens de aço e ferro fundido).
- envolvimentos com outras tubagens (ex: tubagens plásticas).
- materiais compósitos (ex: betão armado e pré-esforçado).
- sobredimensionamento das espessuras (com previsão de uma determinada perda de espessura útil por ano).



## ► PROTECÇÃO ACTIVA

Protecção catódica: o metal a proteger é "obrigado" a funcionar como cátodo, segundo uma das duas técnicas:

- ânodo sacrificado.
- corrente contínua com origem em fonte exterior (por ex: 0,03 a 1 m A/m<sup>2</sup>).

## ► PROTECÇÃO MISTA (Passiva e Activa)

Em diversas situações apresenta-se como a técnica mais adequada em termos de economia e segurança.

## ► SELECÇÃO DO(S) TIPO(S) DE PROTECÇÃO

- material a revestir.
- superfície interior ou superfície exterior do tubo.
- características do meio exterior (tubagens enterradas, imersas, a céu aberto, no interior de edifícios, especial).
- características do meio interior.
- características físico-químicas das pinturas e revestimentos.
- atoxidade (transporte de água potável); permeabilidade.
- durabilidade (resistência à acção dos agentes agressivos; aderência e estado de tensão entre a camada protectora e a superfície a proteger).
- acabamento (rugosidade).
- aspectos técnicos de aplicação (preparação das superfícies, nº, e espessura das demãos, processo de aplicação, compatibilização entre filmes, segurança).
- normalização, garantia, recepção.
- custos de aplicação e manutenção.

CRITÉRIOS DE  
SELECÇÃO.

SUMÁRIO

\* SÍNTESE DE FACTORES A CONSIDERAR  
NA SELECÇÃO DE MATERIAIS PARA CON-  
DUTAS DE ÁGUA SOB PRESSÃO.

TRAÇADO

PRESSÕES DE  
SERVIÇO

PRESSÕES MÁXIMAS  
EM FENÓMENOS  
TRANSITÓRIOS

DIÂMETROS

CARACTERÍSTICAS  
MECANICAS

JUNTAS E  
ACESSÓRIOS

ASPECTOS  
CONSTRUTIVOS

DURABILIDADE  
MEIO INTERNO E  
EXTERNO

CARACTERÍSTICAS  
HIDRAÚLICAS

"TEMPOS" DE  
MONTAGEM

STOCKS E  
DISPONIBILIDADES  
NO MERCADO

IMPORTAÇÃO/PRODUÇÃO  
NACIONAL/INCORPORA-  
ÇÃO NACIONAL

INOCUIDADE  
FISIOLÓGICA E  
TOXICOLÓGICA

CONTROLO DE  
QUALIDADE

EXPERIÊNCIA DE  
APLICAÇÃO

MÃO DE OBRA  
E EQUIPAMENTOS  
ESPECIALIZADOS

REGULAMENTAÇÃO E  
NORMALIZAÇÃO

SELECÇÃO  
DO  
MATERIAL

ANÁLISE ECONÓMICA E  
FINANCEIRA

**\* ASPECTOS ECONÓMICOS**

- VIDA ÚTIL PREVISÍVEL (n anos).

- INVESTIMENTO INICIAL (ano 0)

Aquisição das tubagens.

Aquisição das juntas e acessórios.

Protecção.

Montagem e aplicação.

Movimento de terras e fundação.

Levantamento e reposição de pavimentos.

- CUSTOS DE EXPLORAÇÃO (anuais)

Manutenção

Energia.

- INVESTIMENTO DE SUBSTITUIÇÃO (ano s)

- VALOR RESIDUAL (ano n).

CRITERIOS DE AVALIAÇÃO  DE PROJECTOS  
DE INVESTIMENTOS

"Minimização do valor actualizado dos Investimentos e Despesas".



**\*** ASPECTOS CONSTRUTIVOS

- Traçado (enterrado, à vista, submerso, travessias especiais).
- Rendimentos de montagem (u. de comprimento/u. de tempo)
- Comprimentos das varas.
- Peso por u. de comprimento.
- Especialização de mão de obra.
- Equipamento.
- Condicionalismos no transporte e manuseamento.
  - no armazenamento e empilhamento.
  - na colocação.
  - na fundação.
  - no enchimento da vala.
- Maciços de fixação (ancoragem e amarração).
- Curvas e Tês Válvulas e acessórios.
- Protecção (interna; externa).

EXECUÇÃO DE CANALIZAÇÕES E CONDUTAS  
PARA ESCOAMENTO DE ÁGUA SOB PRESSÃO

SUMÁRIO:

- Projecto
- Trabalhos iniciais (levantamento topográfico segundo a directriz, interferências com outras infra-estruturas, sinalização, ocupação de faixas de rodagem, stocks, equipamento, remoção do pavimento).
- Transporte, Manuseamento, Empilhamento dos tubos.
- Preparação de juntas, válvulas, elastómeros, acessórios, protecções.
- Escavação de valas. Abertura de Roços. Pré-montagens.
- Maciços de ancoragem e amarração. Suportes. Braçadeiras.
- Fundação nas valas. Posicionamento. Revestimentos. Protecção.
- Válvulas e Acessórios.
- Ensaios.
- Enchimento de valas. Tapamento de Roços.
- Enchimento com água.
- Desinfecção.
- Cadastro dos trabalhos. Alterações ao Projecto.
- Ensaios. Recepção.
- Exploração. Manutenção.
- Verificação das condições de funcionamento do sistema face às condições previstas no projecto.

NORMALIZAÇÃO

LNEC E 194.

DIN 4 037, 4 279, 19 630, 19 801.

AWWA C-600, C-601, C-603.

INDICAÇÕES SOBRE  
ASPECTOS ESPECÍFICOS  
DO DIMENSIONAMENTO

SUMÁRIO

INDICAÇÕES SOBRE ASPECTOS ESPECÍFICOS  
NO DIMENSIONAMENTO

SUMÁRIO

- Avaliação de perdas de carga. Rugosidade equivalente. Fórmula de Colebrook-White. Perdas de carga localizadas.
- Traçado das piezométricas. Verificação do seu posicionamento relativamente à conduta. Determinação de pressões para diversos regimes de funcionamento: Estático, dinâmico, fenómenos transitórios.
- Solicitações transmitidas através do aterro. Fundações.
- Avaliação de acções hidrostáticas e hidrodinâmicas em curvas, válvulas e tês.
- Cavitação.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

	N/m <sup>2</sup> = Pa	N/mm <sup>2</sup> = MPa	Bar	Atm ≈ kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup> (psi)	KSI
N/m <sup>2</sup> = Pa	1	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10,2 x 10 <sup>-6</sup>	0,102 x 10 <sup>-6</sup>	145,0 x 10 <sup>-6</sup>	0,145
N/mm <sup>2</sup> = MPa	10 <sup>6</sup>	1	10	10,2	0,102	145,0	0,145 x 10 <sup>6</sup>
Bar	10 <sup>5</sup>	0,10	1	1,02	0,0102	14,5	0,145 x 10 <sup>5</sup>
atm = kgf/cm <sup>2</sup>	98070	0,09807	0,9807	1	0,01	14,22	0,01422
kgf/mm <sup>2</sup>	9,807 x 10 <sup>6</sup>	9,807	98,07	100	1	1422	1,422
lb/in <sup>2</sup> (psi)	6895	6895 x 10 <sup>-6</sup>	6895 x 10 <sup>-5</sup>	0,0703	703 x 10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-3</sup>
KSI	6,895	6,895 x 10 <sup>-6</sup>	6,895 x 10 <sup>-5</sup>	70,3	0,703 x 10 <sup>-6</sup>	1000	1