



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Orgânicos

Proc. 203/01/17694

SISTEMAS DE TUBAGEM DE POLI(CLORETO DE VINILO) NÃO PLASTIFICADO (PVC-U) DESTINADOS À EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM PROFUNDIDADE

**Critério para avaliação da aptidão ao uso, com vista à concessão
de homologação e ao controlo periódico da qualidade**

Lisboa • setembro de 2013

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 227/2013 – DM/NMO

SISTEMAS DE TUBAGEM DE POLI(CLORETO DE VINILO) NÃO PLASTIFICADO (PVC-U) DESTINADOS À EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM PROFUNDIDADE

Critério para avaliação da aptidão ao uso, com vista à concessão de homologação e ao controlo periódico da qualidade

RESUMO

Nesta publicação apresenta-se o critério presentemente seguido pelo LNEC para concessão de *homologação com certificação*, bem como posterior *controlo periódico da qualidade* a sistemas de tubagem de poli(cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U) destinados à extração de água em profundidade.

Após uma breve introdução e a definição do objetivo, indicam-se:

- Os requisitos para o sistema da qualidade seguido pelo fabricante;
- as características e as especificações para a matéria-prima constituinte dos tubos e acessórios;
- as características e as especificações para os produtos finais, designadamente os tubos e as suas uniões;
- a classificação das condições de serviço;
- as recomendações para a utilização dos produtos, relativamente ao seu transporte e manuseamento, armazenagem e instalação;
- os requisitos do LNEC para o autocontrolo do fabricante;
- os requisitos de amostragem do LNEC durante as auditorias técnicas ou campanhas de recolha realizadas ao fabricante pelos técnicos do LNEC, no âmbito da concessão e manutenção da homologação.

PIPING SYSTEMS BASED ON UNPLASTICIZED POLI(VINYL CHLORIDE) (PVC-U) FOR GROUND WATER EXTRACTION

Criterion for the evaluation of fitness for purpose, aiming the concession of the LNEC agreement with certification and latter periodic quality control

SUMMARY

This publication presents the criterion now adopted by LNEC for the *agreement with certification*, as well the latter *periodic quality control* of the plastic piping systems, based on unplasticized poli(vinyl chloride) (PVC-U), for ground water extraction.

After a brief introduction and the definition of the main objective, it is presented:

- The requirements for the quality system followed by the manufacturer;
- the characteristics and specifications for the raw-material used in the producing of pipes;
- the characteristics and specifications for the final products, namely the pipes and their joints;
- the classification of the service conditions;
- the recommendations about the use of the products, concerning their transport and handling, storage and installation;
- requests to the quality control performed by manufacturer;
- requests for sampling during the audits performed in the factory by auditors or other LNEC technical staff.

SYSTÈMES DE CANALISATIONS EN POLY (CHLORURE DE VINYLE) NON PLASTIFIÉ (PVC-U) POUR L'EXTRACTION DE L'EAU EN PROFONDEUR

Critère pour l'évaluation de l'aptitude à l'emploi du système, pour la concession de l'agrément avec certification et pour le contrôle périodique de qualité

RESUME

Dans cette publication on présente le critère suivi actuellement par l' LNEC pour attribuer un *agrément avec certification* et bien aussi pour le *contrôle périodique de qualité* des systèmes de canalisations en poly (chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U) pour l'extraction de l'eau en profondeur.

Après une brève introduction et la définition de l'objectif, on présente:

- des exigences pour le système de qualité suivi par le fabricant;
- des caractéristiques et spécifications du matériau premier utilisé par la fabrication des tuyaux;
- des caractéristiques et spécifications des matériaux finis, notamment les tuyaux et ses assemblages;
- la classification des conditions de service;
- les recommandations d'utilisation des produits, concernant leur transport, maniement, magasinage et installation;
- les exigences pour le contrôle de qualité du fabricant ;
- les exigences pour l'échantillonnage pendant les audits ou réalisés par des techniciens du LNEC.

ÍNDICE DE TEXTO

	Pág.
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVO	1
3 – REQUISITOS DO SISTEMA DA QUALIDADE DO FABRICANTE	2
4 – CARACTERÍSTICAS A APRECIAR.....	3
4.1 - Tubos.....	3
4.2 – Uniões.....	4
5 – ESPECIFICAÇÕES.....	4
5.1 - Generalidades	4
5.2 – Tubos	4
5.2.1 – Aspeto.....	4
5.2.2 – Dimensões	5
5.2.3 – Marcação	5
5.2.4 – Massa volúmica	5
5.2.5 – Temperatura de amolecimento Vicat.....	6
5.2.6 – Deformação longitudinal a quente.....	6
5.2.7 – Resistência à tração	6
5.2.8 – Módulo de elasticidade em flexão.....	6
5.2.9 – Resistência hidrostática	7
5.2.10 – Fluência em tração.....	7
5.2.11 – Potabilidade	7
5.3 – Uniões entre os tubos e os acessórios.....	8
5.4 – Resistência à corrosão interna e externa.....	8
6 – CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SERVIÇO	9
7 – RECOMENDAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DOS PRODUTOS.....	9
7.1 – Transporte e manuseamento	9
7.2 – Limpeza	10
7.3 – Reparação ou renovação.....	10
7.4 – Armazenagem.....	10
8 - APLICAÇÃO EM OBRA.....	11
8.1 – Recomendações de carácter geral.....	11
8.2 – Recomendações da instalação dos tubos e dos acessórios	11
9 – REQUISITOS DO CONTROLO INTERNO DA QUALIDADE PELO FABRICANTE	12
9.1 – Ensaio iniciais de tipo	13
9.2 – Ensaio de libertação de produto	14
9.3 – Ensaio de verificação de processo	14
10 – AMOSTRAGEM EM AUDITORIAS REALIZADAS NO ÂMBITO DA CONCESSÃO E ACOMPANHAMENTO DA HOMOLOGAÇÃO.....	15
11 - BIBLIOGRAFIA.....	16

ÍNDICE DE QUADROS

Pág.

Quadro 1: Ensaio iniciais de tipo a realizar nos tubos de PVC-U	13
Quadro 2: Ensaio iniciais de tipo a realizar nas uniões de tubos de PVC-U	13
Quadro 3: Características a satisfazer para os ensaios de libertação do produto (BRT) em tubos	14
Quadro 4: Características a satisfazer para os ensaios de verificação do processo (PVT) em uniões tubo/acessório	14
Quadro 5: Requisitos de amostragem a realizar durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante da tubagem de PVC-U.....	15

SISTEMAS DE TUBAGEM DE POLI(CLORETO DE VINILO) NÃO PLASTIFICADO (PVC-U) DESTINADOS À EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM PROFUNDIDADE

Critério para avaliação da aptidão ao uso, com vista à concessão de homologação e ao controlo periódico da qualidade

1 – INTRODUÇÃO

O poli(cloreto de vinilo) (com a designação IUPAC de “policloroeteno”), normalmente designado pelas siglas PVC, contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo).

O PVC é considerado um polímero amorfo ou de baixa cristalinidade, sendo que essa propriedade varia conforme as condições de polimerização. Os polímeros comerciais possuem cristalinidade da ordem de 8 a 10%,

A grande versatilidade do PVC atribui-se principalmente à necessidade e à capacidade de incorporação de aditivos antes de sua transformação no produto final. O grande teor de cloro presente na estrutura molecular do PVC confere-lhe alta polaridade, o que aumenta a sua afinidade e permite a sua mistura com uma grande gama de aditivos. Através da escolha e da dosagem adequadas dos componentes da formulação, podem obter-se materiais poliméricos feitos sob medida, para aplicações específicas. Assim, as características do PVC podem ser alteradas dentro de um amplo espectro de propriedades, variando desde o rígido ao extremamente flexível, tornando-o o mais versátil de todos os polímeros termoplásticos.

Uma das principais aplicações do PVC é o fabrico de tubagem termoplástica, existindo normas europeias (EN) e internacionais (ISO) para a maior parte das aplicações. Porém, não existe normalização para algumas aplicações específicas, nomeadamente para o caso da extração de água em furos artesianos.

A utilização de tubos e uniões de PVC para extração de água em profundidade, por não ser atualmente abrangida por normas europeias ou nacionais com requisitos, é passível de ser objeto de homologação pelo LNEC [1]; sucede contudo que, face à utilização prevista para este produto, a homologação não assume, neste caso, o carácter de obrigatoriedade, constituindo no entanto uma mais-valia para o produto em questão, aquando da sua colocação no mercado.

Neste documento indicam-se os requisitos do LNEC respeitantes ao sistema constituído por tubos, acessórios e uniões, para extração de água em profundidade em furos já revestidos, com vista à concessão dessa homologação, uma vez que todos esses componentes fazem parte integrante da canalização, sendo a qualidade desta dependente da qualidade daqueles.

2 – OBJETIVO

Esta publicação tem por objetivo apresentar o critério atualmente seguido pelo LNEC para concessão de homologação com certificação, bem como para o controlo periódico

da qualidade, aos sistemas de tubagem de poli(cloreto de vinilo) não plastificado, designado pela sigla PVC-U, destinados à extração de água em profundidade em furos revestidos, a qual pode ser usada para consumo humano.

Este documento define ainda os requisitos a adotar pelo fabricante para a realização do seu controlo interno de produção.

A concessão de homologação com certificação, bem como o controlo periódico da qualidade, de um sistema de tubagem, pressupõe não só que os tubos e acessórios apresentem características que satisfaçam as exigências impostas pelo LNEC, para a concessão e manutenção da homologação, como também que os fabricantes dos tubos e acessórios tenham implementado um sistema de controlo da qualidade que cumpra os requisitos do LNEC, apresentados em 3.

As características e as especificações a que estes sistemas devem obedecer, de modo a garantir uma adequada aptidão ao uso, são apresentadas em 4 e 5.

O critério que se apresenta baseia-se na experiência do LNEC neste domínio de atividade e tem em consideração a norma EN ISO 1452 [2], relativa a sistemas de tubagens de PVC para abastecimento de água, para drenagem e saneamento, enterrado e aéreo, com pressão.

Para além das exigências relativas ao sistema da qualidade seguido pelo fabricante e às características dos tubos, acessórios e uniões, é igualmente importante assegurar que a armazenagem, o transporte, o manuseamento, a instalação e as condições de serviço dos produtos são as adequadas à boa prática da engenharia civil. Nesta publicação as condições de serviço são apresentadas em 6. Em 7 apresentam-se algumas recomendações relativas às condições de transporte, manuseamento e instalação dos produtos em causa. Em 8 apresentam-se os requisitos do controlo da qualidade interno a que o fabricante deve obedecer para concessão e manutenção da homologação por parte do LNEC. Finalmente, em 10, apresentam-se os critérios de amostragem a realizar pelos técnicos do LNEC nas campanhas de recolha, para efeitos de controlo periódico de qualidade a realizar no LNEC, no âmbito da concessão e manutenção da homologação com certificação.

3 – REQUISITOS DO SISTEMA DA QUALIDADE DO FABRICANTE

O fabricante dos tubos e/ou dos acessórios deverá ter implementado um sistema de qualidade que garanta a satisfação dos seguintes requisitos:

- existência de um procedimento para assegurar a conformidade das matérias primas com as especificações do fornecedor, nomeadamente mediante controlo regular da qualidade evidenciado mediante registos;
- realização de ações de controlo da qualidade e inspeções durante o processo de fabrico, as quais devem ser devidamente registadas;
- realização de ações de controlo da qualidade dos produtos finais, após a produção, nomeadamente ensaios de verificação de produto;
- existência de um procedimento para assegurar a preservação dos produtos finais, nomeadamente no que se refere à sua identificação, manuseamento, embalagem e expedição;

- existência de um procedimento de controlo, identificação e segregação de produtos não conformes.
- existência de um programa de calibração e de verificação do equipamento de medição e de execução dos ensaios laboratoriais de controlo da qualidade
- existência de critérios de tratamento e validação dos resultados das calibrações e verificações;
- existência de um procedimento de tratamento de não conformidades e de implementação de ações corretivas;
- existência de um procedimento de tratamento de reclamações.

Os requisitos do controlo da qualidade das matérias primas e dos produtos finais a que o fabricante deve obedecer, quer para efeitos de concessão da homologação, quer para efeitos da sua manutenção, são indicados em 8. A satisfação dos outros aspetos atrás referidos é verificada durante as auditorias realizadas na fábrica, por técnicos do LNEC.

4 – CARACTERÍSTICAS A APRECIAR

As características a apreciar, tendo em consideração a natureza do material constituinte, as condições de processamento, as condições de utilização e a exigência de um comportamento adequado a longo prazo (que normalmente se fixa num período mínimo de 50 anos), são as que se indicam em 4.1 e 4.2.

O LNEC reserva-se o direito de proceder a ensaios complementares, aqui não referidos, sempre que a legislação exigir ou se considere necessário para clarificar qualquer aspeto associado à matéria-prima usada no fabrico.

4.1 - Tubos

- Efeito sobre a qualidade da água (potabilidade)
- Aspeto
- Dimensões
- Marcação
- Deformação longitudinal a quente
- Temperatura de amolecimento Vicat
- Resistência hidrostática
- Determinação do módulo de elasticidade em flexão
- Resistência à tração
- Fluência em tração

4.2 – Uniões

- Resistência hidrostática
- Resistência à tração

5 – ESPECIFICAÇÕES

5.1 - Generalidades

Os tubos são fabricados com polímero de poli(cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U).

O PVC obtém-se por polimerização do cloreto de vinilo, a qual se dá segundo um mecanismo de adição radicalar. O processo de polimerização do PVC mais utilizado no fabrico dos produtos em Portugal é o de suspensão, no qual o monómero é mantido em suspensão aquosa com o auxílio de agitação rigorosa na presença de um iniciador, solúvel no monómero, e de uma pequena quantidade de agentes dispersantes. O pH do meio é controlado por meio de um agente tampão, sendo a temperatura mantida constante, por meio de arrefecimento com água, a um valor previamente definido na gama [45, 60°C], de acordo com a massa molecular média pretendida. O PVC formado necessita de ser separado de eventuais resíduos (de monómero, solvente e iniciador), de ser lavado, seco e separado de acordo com a granulometria.

5.2 – Tubos

5.2.1 – Aspeto

Quando observadas à vista desarmada, as superfícies interior e exterior dos tubos devem ser lisas, livres de riscos e estrias, cavidades ou outros defeitos.

O material constituinte dos tubos não deve apresentar falta de homogeneidade ou descoloração.

Os topos dos tubos devem ser lisos e cortados perpendicularmente ao seu eixo longitudinal.

O tubo não deve apresentar cavidades ou bolhas no interior das paredes, quando cortados em secções longitudinais ou transversais.

A cor das superfícies interior e exterior dos tubos deve ser declarada pelo fabricante, de entre uma gama de cores RAL, podendo ser confirmada no LNEC por colorimetria.

5.2.2 – Dimensões

As dimensões devem ser medidas de acordo com a norma EN ISO 3126 [4]. As dimensões são indicadas de acordo com as especificações do fabricante e os valores das respectivas tolerâncias são propostos pelo LNEC e acordados com o fabricante.

As dimensões medidas nos tubos são as seguintes: diâmetro nominal, diâmetro interno mínimo, diâmetro interno mínimo na zona da rosca, ovalização máxima, comprimento e espessura na zona da rosca.

5.2.3 – Marcação

A tubagem deve possuir uma marcação indelével, metro a metro, contendo pelo menos os seguintes elementos:

- identificação do fabricante e /ou designação comercial;
- identificação do material, usando a sigla PVC-U;
- identificação da série a que pertence, quando existam várias séries para o mesmo tubo;
- características dimensionais (diâmetro e espessura);
- classe de resistência ao impacto;
- data de fabrico ou código que a identifique, bem como outra informação necessária para rastrear o tubo (por exemplo, lote, referência de produção ou fabrico, nº da linha de extrusão, etc.);
- sigla LNEC DH seguida do nº que for atribuído à homologação.

No caso do tubo ser fabricado em mais do que uma fábrica, deve ser introduzido na marcação um código que identifique o local de fabrico.

5.2.4 – Massa volúmica

O PVC é um polímero compatível com inúmeras espécies de aditivos, incluindo cargas. A adição de cargas não funcionais (por exemplo CaCO_3) reduz a resistência mecânica do composto e quando o seu teor na formulação ultrapassa um determinado valor crítico, não é possível a obtenção dum produto extrudido com um grau de gelificação satisfatório. Uma forma de controlar o teor de cargas é através da medição da massa volúmica do composto, de forma a garantir a constância da formulação que foi avaliada.

A massa volúmica deve ser medida de acordo com a norma EN ISO 1183 [3] e o valor determinado não deve ser superior a $1,48 \text{ g/cm}^3$.

5.2.5 – Temperatura de amolecimento Vicat

A temperatura de amolecimento Vicat é usada para a determinação da temperatura máxima de aplicação de um dado produto e corresponde a um valor ligeiramente inferior ao da temperatura de transição vítrea do correspondente polímero constituinte.

A temperatura de amolecimento Vicat deve ser medida de acordo com a norma EN 727 [5] e o valor determinado não deve ser inferior a 79°C.

5.2.6 – Deformação longitudinal a quente

Os tubos de PVC-U podem acusar acentuadas variações dimensionais irreversíveis, ao longo do tempo, se possuírem tensões residuais excessivas, originadas pelo processo de fabrico, cujos parâmetros de processamento devem ser otimizados (temperatura de extrusão e de arrefecimento, grau de mistura, pressão e velocidade de puxo).

Os tubos de PVC-U não devem apresentar uma deformação longitudinal a quente superior a 5%, quando ensaiados de acordo com o método descrito na norma NP EN ISO 2505 [6], em ensaio realizado à temperatura de $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$, sendo os tempos de ensaio e de condicionamento prévio definidos em função da espessura do tubo.

5.2.7 – Resistência à tração

O efeito de tração, em tubos de extração de água em profundidade, faz-se sentir durante a instalação e a utilização, pois estes encontram-se permanentemente suspensos, devendo a sua resistência mínima ter em consideração o peso da tubagem, o peso da bomba de sucção, o peso do cabo elétrico e da corrente de suspensão da bomba e o peso da água. Os requisitos de resistência à tração dependem também da profundidade do furo de captação, pelo que para cada caso, os tubos devem ser seleccionados em conformidade.

A garantia de ter valores de resistência à tração compatíveis com as exigências atualmente feitas a tubagem de PVC sob pressão é uma mais-valia que permite também assegurar, indiretamente, a utilização de tubos bem plastificados, com um teor de cargas adequado e com uma formulação apropriada a aplicações com pressão.

As propriedades em tração devem ser determinadas de acordo com a norma EN ISO 6259 [7] e os valores médios determinados não devem ser inferiores a 45 MPa e a 80%, respetivamente para a tensão de cedência e alongamento até à rotura.

5.2.8 – Módulo de elasticidade em flexão

O módulo de elasticidade em flexão é uma propriedade intrínseca dos materiais, dependente da composição química, microestrutura e defeitos e proporciona uma medida da rigidez do material.

Também é importante conhecer o modo como os tubos reagem aos esforços de flexão, nomeadamente conhecer a capacidade do material recuperar a sua forma original após aplicação de uma carga.

O módulo de elasticidade em flexão deve ser determinado de acordo com a norma EN ISO 178 [8] e o valor médio determinado não deve ser inferior a 3000 MPa (a 2 mm/min).

5.2.9 – Resistência hidrostática

O PVC é um material relativamente deformável. Quando a temperatura aumenta, a tensão de rotura e o módulo de elasticidade diminuem, enquanto que a extensão na rotura aumenta. Por outro lado a permanência das solicitações, por pequenas que estas sejam, conduz ao aumento da deformação do material e, eventualmente, à rotura numa progressão que se admite ser linear com o logaritmo do tempo. Daqui o interesse em ser feita a determinação da pressão interior que o material pode suportar continuamente, sem perigo de rotura, até ao termo do período de serviço exigível, o qual é fixado em 50 anos.

A resistência à pressão interna deve ser determinado de acordo com a norma NP EN ISO 1167 [9], de acordo com as condições preconizadas na norma NP EN ISO 1452 [2], não devendo ocorrer fugas ou roturas durante os ensaios nas condições temperatura/tempo/tensão circunferencial 20°C/1 h/42 MPa e 60°C/1000 h/12,5 MPa.

5.2.10 – Fluência em tração

A tubagem de sucção de água encontra-se sujeita à ação de cargas de tração durante períodos de tempo apreciáveis, ficando exposta a deformações por fluência, devido ao seu peso próprio e ao peso da bomba de sucção de água. A permanência destas solicitações pode conduzir ao aumento da deformação do material. Embora as consequências deste efeito não sejam críticas para assegurar o seu funcionamento, há interesse em avaliar as curvas de fluência em tração, para ter conhecimento da resposta do material associada à aplicação de diferentes valores de tensão.

As curvas de fluência em tração devem ser determinadas de acordo com a norma EN ISO 899-1 [10], à temperatura ambiente, devendo também assegurar-se que não existe deformação à tensão de 10 MPa (que corresponde aproximadamente a uma força de 1 kgf por cada mm² de secção transversal do tubo).

5.2.11 – Potabilidade

Devido ao facto do sistema de tubagem se encontrar em contacto com água que pode ser utilizada ao consumo humano, é necessário comprovar a inexistência de efeitos nocivos na qualidade da água, incluindo os parâmetros organoléticos (cor, turvação, cheiro e sabor), de higiene (carbono orgânico total) e pesquisa de parâmetros com origem na migração, determinados de acordo com a norma EN 12873 [11], abrangendo os

parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 [12], de 27 de agosto, relativo à qualidade da água em contacto com o sistema em avaliação, tornando-se ainda aplicável qualquer outra legislação que venha a ser publicada para o efeito, nomeadamente o Regulamento ERSAR que estabelecerá as condições do Esquema de Aprovação em Portugal para os produtos em contacto com a água destinada ao consumo humano.

5.3 – Uniões entre os tubos e os acessórios

Os tubos para este tipo de aplicações são normalmente roscados nas duas extremidades e a união entre tubos é feita por acessórios roscados de aço inox ou de PVC-U.

Como o PVC é um material relativamente deformável, a permanência de ações mecânicas, por pequenas que estas sejam, conduz ao aumento da deformação do material e, eventualmente, à perda de estanquidade das uniões tubo-acessório.

Assim, é importante assegurar a estanquidade do sistema, para evitar perdas de rendimento e gradientes de pressão na coluna.

A estanquidade do sistema deve ser determinada de acordo com a norma NP EN ISO 1167 [9], de acordo com as condições preconizadas na norma NP EN ISO 1452 [2] ($P = 4,2 \times PN$ para $DN \leq 90$ mm e $P = 3,36 \times PN$ para $DN > 90$ mm), sem fuga ou rotura durante 1 h a 20°C

Os fabricantes devem ter meios para avaliar a resistência à tração das uniões, impondo como requisito um mínimo de 750 kgf, podendo desenvolver um procedimento interno para esse efeito.

5.4 – Resistência à corrosão interna e externa

A resistência química dos tubos de PVC-U é elevada. O PVC é praticamente inerte perante a agressividade dos materiais que normalmente percorrem as canalizações de edifícios urbanos e dos solos, bem como de outros agentes externos.

A fim de garantir suficiente resistência à oxidação pelo ar e pela água e à ação da radiação solar, o PVC constituinte dos tubos é adicionado de estabilizantes e pigmentos.

O material não é atacado pela maioria dos produtos químicos industriais a temperaturas inferiores a 60°C. Entre os produtos perante os quais oferece menor resistência citam-se alguns solventes orgânicos, os lixiviados, salmouras, sais e os ácidos sulfúrico e nítrico muito concentrados e o iodo.

Os tubos de PVC-U são também resistentes à ação dos agentes microbiológicos que possam estar presentes em águas subterrâneas.

Os tratamentos repetidos, efetuados no fim da instalação e ao longo do tempo, com regenerantes (para desentupimento, de dentro para fora) e desinfetantes também não produzem qualquer tipo de alteração aos tubos de PVC-U.

Os tubos de PVC-U podem por isso ser utilizados em inúmeras aplicações, não havendo portanto qualquer restrição associada à sua corrosão quando utilizados para a captação de águas subterrâneas.

6 – CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SERVIÇO

As pressões nominais da tubagem são calculadas tendo em atenção a resistência mecânica do polímero a 20°C, devendo estes adequar-se ao transporte de água fria (20°C) durante 50 anos à tensão de projeto de 10 bar (a que correspondem pressões nominais até 40 bar).

Na aplicação deste tipo de tubos devem ter-se algumas precauções na escolha da tubagem mais indicada. O dimensionamento do sistema deve ter em atenção às características dos tubos e a profundidade de aplicação

A profundidade máxima de aplicação recomendada depende da espessura da parede dos tubos, mas é usualmente de 150 metros a 300 metros. Porém, estes valores são indicativos, pois é necessário ter em consideração diversos aspetos de instalação, tais como: peso da bomba aplicada, peso do cabo de aço e do cabo elétrico, peso da coluna de água e o peso do tubo, não devendo o somatório das cargas ser superior ao valor de resistência à tração da união roscada.

7 – RECOMENDAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DOS PRODUTOS

7.1 – Transporte e manuseamento

No transporte e manuseamento dos tubos devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- não colocar os tubos sobre superfícies irregulares;
- manter apenas em contacto as zonas lisas dos tubos quando sobrepostos;
- colocar as bocas dos tubos em sentidos opostos, por cada camada;
- não sujeitar o material a choques violentos nem a esforços que o possam deformar permanentemente;
- evitar contactos, durante o transporte e manuseamento, dos tubos com arestas vivas de corpos duros (metais, tijolos, pedras, etc.), assim como outras operações que possam danificar os tubos, especialmente se a temperatura ambiente estiver muito baixa;
- manter o compartimento de carga dos veículos num plano horizontal, livre de pregos, correntes e outros elementos que possam danificar os tubos. Os tubos acondicionam-se sobre o veículo sem utilizar cabos metálicos ou correntes. Recomenda-se utilizar cintas ou cordas para manipular os tubos. Para que não se produzam deformações durante o transporte não se devem colocar outras cargas por cima dos tubos;
- não usar correntes metálicas para carga e descarga de tubos. Os tubos devem ser movimentados, após elevação por intermédio de um empilhador, ligando-se o tubo à pá por intermédio de cabos ou cintas de nylon;
- não arrastar os tubos e os acessórios nem largá-los sobre o terreno, durante o transporte de um local para outro;
- inspecionar os tubos e os acessórios no momento da entrega a fim de se assegurar que a marcação está em conformidade com os requisitos de aplicação pretendida.

7.2 – Limpeza

A limpeza e o desentupimento da tubagem devem ser feitos por empresas e entidades credenciadas, sob pena de contaminação do aquífero. Para o efeito sugere-se a consulta do anexo D da norma NP EN 13476-1 [13] (“Recomendações para a limpeza de tubos de plástico”), dando-se preferência a métodos usando elevados volumes de água e baixa pressão. No caso de utilização de métodos de limpeza recorrendo a baixo volume de água e a alta pressão, não se devem usar pressões de jato de água superiores a 120 bar. Outros métodos alternativos são indicados no referido anexo. Porém, sugere-se que a limpeza dos tubos seja efetuada de cima para baixo com pressões moderadas (com fluido em contracorrente), mantendo a pressão do compressor sob controlo.

7.3 – Reparação ou renovação

Apenas, em casos muito particulares, é possível corrigir problemas após a conclusão da obra.

Os tubos de PVC-U apresentam uma durabilidade adequada às aplicações e não deverão exigir manutenção corretiva, desde que tenham sido objeto de uma instalação correta.

A grande maioria das avarias que podem ocorrer durante a utilização da tubagem, deve-se a defeitos e a anomalias construtivas dos próprios furos e a outras causas, designadamente seleção inadequada da classe do tubo para a profundidade de instalação.

7.4 – Armazenagem

A armazenagem deve obedecer às seguintes condições:

- manter os tubos ao abrigo de focos de calor e do contacto com objetos cortantes;
- evitar o contacto dos tubos com produtos químicos agressivos como combustíveis, dissolventes, pinturas agressivas, etc., bem como com condutas de vapor ou água quente e ainda, com quaisquer superfícies de temperatura superior a 50°C;
- conservar os tubos de modo a minimizar a possibilidade de danificação por esmagamento ou perfuração;
- empilhar os tubos em posição horizontal sobre paletes de madeira ou outra superfície não abrasiva, sem ultrapassar 1,5 metros de altura, sempre que possível;
- nivelar os suportes, garantindo que estes têm apoio lateral e que ficam espaçados entre si com uma distância máxima de 2 m;
- tomar precauções para evitar a exposição prolongada à luz solar direta sempre que o tempo de armazenagem esperado seja superior a 6 meses. Em armazenagens durante tempos curtos, mas em que ocorra descoloração resultante de exposição solar, deve-se garantir que isso não afetou o desempenho funcional dos tubos.

8 - APLICAÇÃO EM OBRA

8.1 – Recomendações de caráter geral

Os tubos usados para a extração de água em profundidade devem ser aplicados, em furos já revestidos, por instaladores credenciados pelo fabricante e conforme os procedimentos de instalação recomendados.

Para assegurar um bom desempenho e uma durabilidade adequada à maioria das aplicações, o instalador deve respeitar as diretrizes seguintes:

- Consultar a ficha técnica do produto para selecionar o tubo mais apropriado à aplicação proposta, tendo em conta o caudal máximo e as condições transitórias, como por exemplo, o binário de torsão (“torque”) e o aumento brusco da pressão no início da bombagem. Deve ainda considerar que a pressão de descarga deve ter em conta o efeito de qualquer tubagem a montante, incluindo as mudanças de elevação.
- Manusear o tubo e respetivas uniões com algum cuidado, evitando o contacto do tubo com objetos rígidos cortantes ou pontiagudos, especialmente em tempo mais frio.
- Não ligar diretamente o tubo à bomba, uma vez que a bomba gera calor, particularmente em sistemas que operem continuamente, uma vez que o aumento de temperatura pode reduzir drasticamente a resistência mecânica dos materiais termoplásticos. Para evitar este problema, deve-se usar um cabo de aço ou uma corda de segurança em todas as instalações.
- Para aplicações a grandes profundidades devem ser instaladas válvulas anti-retorno de forma a garantir que a pressão da coluna de água não excede os limites definidos

Durante o transporte e manuseamento dos tubos, devem respeitar-se as indicações apresentadas em 7.1.

8.2 – Recomendações da instalação dos tubos e dos acessórios

Para a montagem e instalação do sistema de tubos devem ser tomadas em consideração as regras de instalação dadas pelos fabricantes e utilizar as ferramentas originais do sistema.

Deve ser dada especial atenção à execução das uniões de modo a não surgirem problemas por falta de estanquidade.

As regras de instalação dependem do tipo de sistema, mas em geral devem-se executar os passos seguintes:

- 1 - Inspeccionar visualmente as extremidades do tubo e, quando aplicável, verificar se as roscas não se encontram danificadas ou sujas, pois não se devem utilizar tubos com danos visíveis nas roscas.
- 2 - Enroscar o canhão-bomba na bomba submersível.

- 3 - Enroscar uma vara do tubo no canhão bomba.
- 4 - Enroscar um cachorro na vara de tubo.
- 5 - Prender um cabo de aço ao elevador e içar o tubo com a ajuda de um guincho.
- 6 - Prender o cabo de aço, que irá suportar a coluna após a instalação, no canhão-bomba.
- 7 - Descer o tubo pelo furo, tendo em atenção que na base do furo, tem de se ter uma braçadeira adequada para a dimensão nominal do tubo, de forma a segurar a coluna.
- 8 - Desprender o cabo de aço e retirar o cachorro após se ter prendido o tubo com a braçadeira.
- 9 - Enroscar o cachorro noutra tubo e prender o cabo de aço.
- 10 - Içar o tubo e enroscar na coluna do furo, tendo em atenção que ao enroscar não se pode danificar o anel de estanquidade que faz a vedação da coluna, na zona da rosca.
- 11 - Desprender a braçadeira e descer a coluna após se ter enroscado o tubo.
- 12 - Voltar a colocar a braçadeira no tubo que acabou de se enroscar e repetir os passos anteriores até finalizar a instalação.
- 13 - Enroscar um casquilho e colocar a tampa de furo, no final da montagem, tendo em atenção que não se deve deixar o cabo de aço com folga.

9 – REQUISITOS DO CONTROLO INTERNO DA QUALIDADE PELO FABRICANTE

As características que deverão ser objeto de controlo referem-se às matérias-primas e aos tubos e uniões de tubo.

Para efeitos de concessão de homologação, o fabricante deverá efetuar um determinado conjunto de ensaios, correntemente designados por ensaios iniciais de tipo (ITT¹). Para efeitos de colocação do produto final no mercado, o fabricante deverá efetuar um conjunto de ensaios, correntemente designados por Ensaios para Libertação de produto (BRT²), os quais permitem garantir que o produto fabricado apresenta a qualidade exigida pelo LNEC. Para efeitos de manutenção da Homologação, o fabricante deverá efetuar periodicamente um conjunto de ensaios, correntemente designados por Ensaios para Verificação do Processo (PVT³), ensaios estes que permitem assegurar que os produtos fabricados (tubos e respetivas uniões) continuam a satisfazer os requisitos impostos pelo documento de homologação. Finalmente, para efeitos de acompanhamento da homologação, o LNEC realiza ensaios com material recolhido na fábrica, existente em armazém ou em produção, nas instalações do seu representante comercial, ou em obras, os quais são designados por ensaios de acompanhamento de homologação.

1: ITT da designação inglesa “initial type testing”.

2: BRT da designação inglesa “batch release test”.

3: PVT da designação inglesa “process verification test”.

9.1 – Ensaios iniciais de tipo

O controlo de ensaios iniciais de tipo deverá ser realizado sobre os produtos finais, conforme indicado nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Ensaios iniciais de tipo a realizar nos tubos de PVC-U

Ensaio	Norma	Frequência
Influência na Qualidade da água destinada ao consumo humano	EN 12873, abrangendo os parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007	Uma avaliação por tipo de material
Aspeto	Especificação do fabricante EN ISO 3126	Uma amostra de cada d_n e de cada tipo de tubo
Dimensões (diâmetro e espessura)		
Marcação		
Temperatura de amolecimento Vicat	EN 727	Uma avaliação por cada tipo de tubo
Massa volúmica	EN ISO 1183	Uma avaliação por cada tipo de tubo
Deformação longitudinal (135°C)	NP EN ISO 2505	Uma amostra de cada d_n e de cada tipo de tubo
Resistência à tração	EN ISO 6259	Uma amostra de cada d_n e de cada tipo de tubo
Módulo de elasticidade em flexão	EN ISO 178	Uma avaliação por cada tipo de tubo
Resistência hidrostática	EN ISO 1167 EN ISO 1452-2	Duas avaliações por cada tipo de tubo
Fluência em tração	EN ISO 899-1	Uma avaliação por cada tipo de tubo

Quadro 2: Ensaios iniciais de tipo a realizar nas uniões de tubos de PVC-U

Ensaio	Norma	Frequência
Resistência hidrostática	EN ISO 1167 EN ISO 1452-5	Uma avaliação por cada tipo de tubo
Resistência à tração	Especificação do fabricante	Uma amostra de cada d_n e de cada tipo de tubo

9.2 – Ensaios de libertação de produto

Os ensaios de libertação de produto deverão ser realizados sobre os produtos finais, conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 3: Características a satisfazer para os ensaios de libertação de produto (BRT) em tubos

Ensaio	Norma	Frequência
Diâmetro	EN ISO 3126	1 avaliação/turno Início
Espessura	EN ISO 3126	3 avaliações/turno Início; meio; fim
Comprimento	EN ISO 3126	1 avaliação/turno
Deformação longitudinal	NP EN ISO 2505	1 avaliação/semana
Resistência à tração	EN ISO 6259-1 ISO 6259-2	1 avaliação/semana
Aparência	Especificação do fabricante	3 avaliações/turno (início; meio; fim)
Cor	Especificação do fabricante	3 avaliações /turno
Marcação	Especificação do LNEC	1 avaliação/ turno
Resistência hidrostática	EN ISO 1167 EN ISO 1452-1/5	1 avaliação/semana

9.3 – Ensaios de verificação de processo

Os ensaios de verificação de processo deverão ser realizados sobre os produtos finais, conforme indicado no Quadro 4.

Quadro 4: Características a satisfazer para os ensaios de verificação de processo (PVT) em uniões tubo/acessório

Ensaio	Norma	Frequência
Estanquidade de uniões - Resistência à pressão interior (20°C/1 h)	EN ISO 1167 EN ISO 1452	1 avaliação/ano
Resistência à tração da união roscada	Especificação do fabricante	1 avaliação/ano

10 – AMOSTRAGEM EM AUDITORIAS REALIZADAS NO ÂMBITO DA CONCESSÃO E ACOMPANHAMENTO DA HOMOLOGAÇÃO

Durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante pelos técnicos do LNEC, no âmbito da concessão e manutenção de uma homologação de tubagem de PVC-U, é necessário realizar uma recolha de tubos e acessórios para efetuar ensaios de controlo da qualidade no LNEC. Indicam-se no Quadro 5 os critérios de amostragem a adotar durante as campanhas de recolha nas instalações do fabricante, realizadas no âmbito da concessão e do acompanhamento da homologação⁴.

Quadro 5: Requisitos de amostragem a realizar durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante da tubagem de PVC-U

Ensaio	Norma	Quantidade
Aspeto	EN ISO 3126	5 tubos ao acaso
Dimensões (diâmetro e espessura)	Procedimento do fabricante	
Marcação	Especificação do LNEC	
Temperatura de amolecimento Vicat	EN 727	1 tubo ao acaso
Massa volúmica	EN ISO 1183	2 tubos ao acaso
Deformação longitudinal (135°C)	NP EN ISO 2505	20% das referências, com um mínimo de 2
Resistência à tração	EN ISO 6259	10% das referências, com um mínimo de 2
Resistência à pressão interior	NP EN ISO 1167 EN ISO 1452	2 amostras (6 prov.) de cada tipo de tubo e 3 uniões de cada tipo de tubo e de cada tipo de acessório

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em setembro de 2013

4: É importante referir que existe alguma flexibilidade na adoção destes critérios, uma vez que nem sempre é possível satisfazer a amostragem aqui definida. Muitas fábricas produzem em função da procura e de pedidos previamente efetuados pelos clientes, pelo que pode não existir em armazém determinadas referências da gama homologada nem produção das mesmas. Neste caso compete ao LNEC adaptar a amostragem ao stock e produção existente. Parte desta recolha também pode, em alternativa, ser efetuada nas instalações do representante comercial, quando exista.

VISTOS

Chefe do Núcleo de Materiais Orgânicos



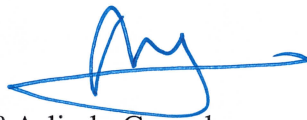
Maria Paula Rodrigues
Investigadora Principal

AUTORIA



Luís Eduardo Pimentel Real
Investigador Auxiliar

Diretor do Departamento de Materiais



Eng.º Arlindo Gonçalves
Investigador Coordenador

11 - BIBLIOGRAFIA

- [1] Artigo 17º do Regulamento Geral de Edificações Urbanas – Decreto Lei nº 50/2008, de 19 de março
- [2] NP EN ISO 1452 Sistemas de tubagens de plástico para abastecimento de água, para drenagem e saneamento, enterrado e aéreo, com pressão. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U). Parte 1(2010): Generalidades; Parte 2 (2011): Tubos.
- [3] NP EN ISO 1183:2012 Materiais plásticos. Métodos para determinação da massa volumica de materiais plásticos não celulares. Parte 1: Método por imersão, método de picnómetro em meio líquido e método por titulação. Parte 2: Determinação da massa pelo método da coluna de gradiente
- [4] EN ISO 3126:2005. Plastics piping systems. Plastics components. Determination of dimensions (ISO 3126:2005).
- [5] NP EN 727:2000 Sistemas de tubagens e condutas em plástico. Tubos e acessórios em termoplásticos. Determinação da temperatura de amolecimento Vicat (VST)
- [6] NP EN ISO 2505:2006. Tubos termoplásticos. Deformação longitudinal. Método e parâmetros de ensaio
- [7] ISO 6259:1997 Thermoplastics pipes. Determination of tensile properties. Part 1: General test method; Part 2: Pipes made of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), chlorinated poly (vinyl chloride) (PVC-C) and high-impact poly (vinyl chloride) (PVC-HI)
- [8] EN ISO 178:2010 Plastics. Determination of flexural properties

- [9] NP EN ISO 1167:2007. Tubos acessórios e montagens de materiais termoplásticos para o transporte de fluidos. Determinação da resistência à pressão interior. Parte 1: Método geral. Parte 2: Preparação de provetes sob a forma de tubo.
- [10] EN ISO 899-1:2003 Plastics. Determination of creep behaviour. Part 1: Tensile creep (ISO 899-1:2003).
- [11] EN 12873-1:2003. Influência dos materiais na água destinada a consumo humano. Influência devida à migração. Parte 1: Método de ensaio para materiais não metálicos e não cimentícios de fabrico industrial
- [12] Decreto-Lei nº 306/2007, Diário da República, 1.ª série — N.º 164 — 27 de agosto de 2007
- [13] NP EN 13476-1:2008 Sistemas de tubagens de plástico, enterrados, sem pressão, para drenagem e saneamento. Sistemas de tubagens de parede estruturada de poli(cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE). Parte 1: Requisitos gerais e características de desempenho.

