FICHA TÉCNICA FT 01

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

1. INTRODUÇÃO

Há bastante tempo que se utiliza o Polietileno (PE) para produção de tubos destinados ao transporte de fluidos sob pressão, principalmente gás natural e água potável, observando-se nos últimos 20 anos um desenvolvimento muito prometedor das redes de PE destinadas ao transporte ou distribuição de água. Com o decorrer do tempo, este produto converter-se-á muito provavelmente no mercado mais importante no campo do transporte de fluídos sob pressão.

Tentaremos demonstrar o interesse técnico que existe na utilização de resinas PE para construir redes de transporte ou de distribuição de fluídos sob pressão.

2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO POLIETILENO

Durante muitos anos foram levadas a cabo inúmeras experiências para converter o etileno em combustível líquido para motores, nas quais eram empregues fortes pressões a que o etileno se prestava pelo fato de ser um gás. Nestas pesquisas não se chegou a obter o procurado combustível líquido. Em contrapartida obteve-se um novo plástico denominado POLIETILENO.

A obtenção do polietileno, segundo este processo, apresenta sérias dificuldades, em Conseqüência das altas pressões (1.000 a 1.500 atm.) e temperaturas requeridas (250 a 300ºC) com o inconveniente de a reação ser exotérmica.

Em 1953, o professor Ziegler na Alemanha consegue obter um polietileno à pressão atmosférica e a temperaturas muito inferiores, com o emprego dos catalisadores metálicos de titânio ou magnésio (com ou sem suporte) que têm o seu nome. Ao polietileno obtido através deste processo dá-se o nome de Polietileno de Alta Densidade.

Estes dois processos de fabricação dão lugar a outros tantos tipos de plásticos de polietileno, chamados "baixa densidade e alta pressão" os primeiros e "alta densidade e baixa pressão" os segundos (processo Ziegler).



TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

O polietileno é obtido por polimerização do etileno de forma a se poderem obter macromoléculas de massa molecular elevada (polímero). Deste modo faz-se a copolimerização do etileno em presença de outra oleofina, que recebe o nome de comonómero. O objetivo pretendido é de modificar a densidade final do polímero. Este parâmetro é realmente essencial para as propriedades dos produtos. O comonómero incorpora-se na cadeia polimérica e cria uma série de pequenas cadeias laterais (ramificação curta).

A tabela seguinte mostra a nomenclatura dos PE em função da densidade do polímero base. Assinale-se que os compostos apresentam uma densidade mais alta devido à presença do negro de fumo.

RESINAS PE DESTINADAS A TUBULAÇÕES

Polímero base (Densidade)	**Composto (Densidade)**	**Denominação**
0.943-0.953	0.953-0.963	PEAD
0.932-0.942	0.942-0.952	PEMD
<0.932	<0.942	LD-PEBD

PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PEMD – Polietileno de Média Densidade
LD ou PEBD - Baixa Densidade

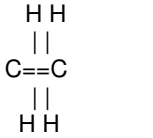
3. ESTRUTURA MOLECULAR DO POLIETILENO

Falou-se até agora nos processos de fabricação do polietileno e nos diversos tipos que se obtêm.

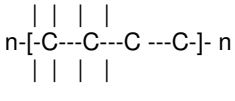
O processo não é, contudo um fato determinante das respectivas propriedades, influenciando somente a estrutura molecular e o seu grau de ramificação. Na realidade, a densidade é determinada pelo grau de ramificação: as cadeias ramificadas entrelaçam-se menos densamente que as não ramificadas.

O chamado polietileno de baixa densidade apresenta um alto grau de ramificação no qual se manifestam por um lado cadeias moleculares muito curtas, mas por outro lado também muito compridas. O polietileno de alta densidade que no seu processo de polimerização emprega catalisadores estereoespecíficos (no sentido de que controlam o ordenamento dos átomos na cadeia molecular final) tem uma cadeia molecular muito pouco ramificada, ou seja, uma estrutura linear. Devido a esta ramificação mínima, a sua estrutura cristalina é elevada, podendo alcançar percentagens de até 85%.

MONÓMERO



POLÍMERO



TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

H H H H

Quanto ao polietileno de média densidade, trata-se de um copolímero em cuja cadeia de etileno se inseriu outros hidrocarbonetos como o hexeno, o penteno, etc. Possui uma cadeia molecular pouco ramificada, o que pressupõe uma parte cristalina da ordem dos 75%.
Estas diferenças na estrutura da molécula de polietileno e em especial o seu grau de ramificação dão lugar, evidentemente, a variações das características físicas e mecânicas do produto obtido.
As principais diferenças devem-se a:

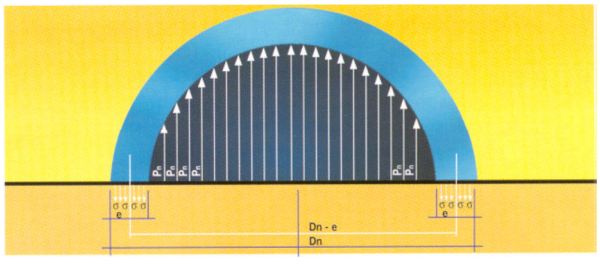
- A massa molecular, assim como a sua distribuição, que têm grande influência nas propriedades reológicas do polímero, ou seja, nas suas capacidades de aplicação.
- A massa molecular e o curto enlace (característica essencial do comonómero), a sua natureza, concentração e distribuição sobre as diferentes cadeias macromoleculares, que têm influência preponderante sobre o estado cristalino, além das propriedades físicas e mecânicas no estado sólido do polímero.

4. DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS POLIETILENOS

- Limite inferior de Confiança-LIC (LCL - Lower Control Limit) - É o valor da tensão tangencial em megapascal, pode ser considerado como propriedade do material e representa 97,5% do limite inferior de confiança para a tensão hidrostática a longo prazo (20ºC para 50 anos).
- Tensão Mínima Requerida (MRS- Minimum Required Strenght) - É o valor do limite inferior de confiança (LIC) arredondado ao valor mais próximo da série de números Renard R10.
- Coeficiente de Serviço (C) - Um coeficiente com um valor maior que a unidade, tirado da série R 10 e que considera as condições de serviço bem como as propriedades dos componentes dos sistemas de tubagens. Para o Polietileno o valor mínimo considerado é 1,25 (CEN)
- Serie de Números Renard R 10 - 1,00 - 1,25 - 1,60 - 2,00 - 2,50 - 3,20 - 4,00 -5,00 - 6,30 e 8,00
- Tensão de Projeto (σ_s) - É a tensão tangencial para uma aplicação resultante do quociente entre o MRS e o coeficiente C e arredondada ao valor mais próximo da serie R 10 expressa em megapascal.

$$\sigma s = \frac{MRS}{C}$$

$$\sigma = \frac{Pn(Dn-e)}{2e}$$



Pn = Pressão nominal
Dn = Diâmetro nominal
e = Espessura do tubo
σ = Tensão tangencial

FICHA TÉCNICA FT 01

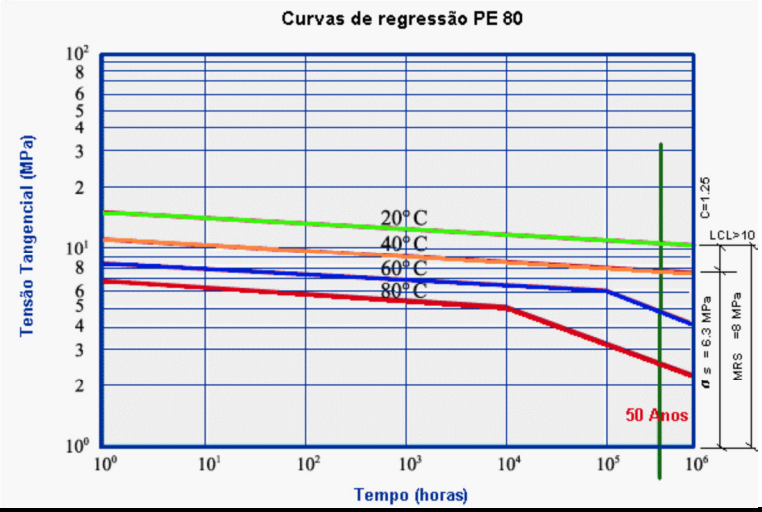
TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

Em função dos conceitos mencionados obtemos a seguinte classificação

TABELA DE CLAFICAÇÃO DOS POLIETILENOS		
LCL	MRS	ISO-CEN
MPa	MPa	Tipo segundo o MRS
6.30-7.99	6.3	PE 63
8.00-9.99	8.0	PE 80
10.00-11.19	10.0	PE 100

- Curvas de regressão - O cálculo do esforço tangencial de projeto para qualquer tubo de material termoplástico baseia-se nos ensaios realizados a pressão constante e a diferentes temperaturas durante períodos variáveis de tempo. As linhas representadas sobre uma escala logarítmica dupla, que relacionam os esforços tangenciais de trabalho a que está submetido o material constitutivo do tubo com o tempo mínimo em que se produz a fuga ou rotura a diferentes temperaturas, chamam-se linhas de regressão do material estudado.

Estas linhas extrapoladas para 50 anos, segundo a conhecida norma ISO DP 9080.2, permitem-nos determinar os valores dos parâmetros LIC (Limite Inferior de Confiança) e MRS (Tensão Mínima Requerida), base para determinar o valor da tensão de projeto (σ_s), com a prévia aplicação do coeficiente de serviço C.



Características	Unidades	PE 63	PE 80	PE 100
Peso específico (densidade)	**Kg/m3**	> 940	> 940	> 940
Conteúdo de negro de fumo % s/massa	**% s/massa**	2 - 2,5	2 - 2,5	2 - 2,5
Tempo de indução à oxidação 210º	**Min.**	> 20	> 20	> 20
Temperatura indução à oxidação	**200 ºC**	> 230	> 230	
Índice fluidez	**g/ 10'**	±20%M.P.	±20%M.P.	±20%M.P.
Retração longitudinal	**%**	<3	<3	<3
Resistência à tração	**MPa**	≥19	≥15	
Alongamento à rotura	**%**	> 350	> 350	> 350
Tensão Tangencial				
a 80ºC 165horas	**MPa**	3,5	4,6	5,5
a 80ºC 1000horas	**MPa**	3,2	4,0	5,0
Coef. Dilatação linear	**mm/mºC**	0,22	0,22	0,20

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

5. DEFINIÇÃO DAS TUBULAÇÕES DE POLIETILENO

- Diâmetro Nominal (Dn) - É um nº convencional que coincide teoricamente com o diâmetro exterior dos tubos, expresso em “mm”.
- Pressão Nominal (Pn) - É um nº que coincide com a pressão máxima de trabalho a 20ºC,expresso em MPa ou Bar.
- Espessura Nominal (e) - Designação numérica da espessura de parede do tubo, aproximadamente igual à dimensão fabricada (em mm) e que se determina pela fórmula:

$$e=\frac{Pn \cdot Dn}{2\sigma + Pn}$$

Pn - pressão nominal
Dn - diâmetro nominal
σ - tensão tangencial de desenho/projetado

- Relação de Dimensões Standard (SDR) – É o quociente entre diâmetro externo OU nominal (Dn) e a espessura nominal (e)

$$SDR=\frac{Dn}{e}$$

- Série (S) - É um nº para a designação de um tubo de acordo com a ISO 4065 e que tem a
expressão seguinte :

$$S=\frac{\sigma}{Pn}$$

A relação entre SDR e S é :

$$S=\frac{SDR-1}{2} \text{ ou, } SDR = 2S+1$$

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

Tabela de correspondências:

TUBO DE ÁGUA / ESGOTO / IRRIGAÇÃO						
SDR	S	PE 40	PE 63	PE 80	PE 100	
41	20		2.5	3.2	4	
33	16		3.2	4	5	
27.6	13.3					
26	12.5	2.5	4	5	6•	
22	10.5					
21	10	3.2	5	6•	8	
17.6	8.3					
17	8	4	6	8	10	
13.6	6.3	5	8	10	12.5	
11.6	5.3	6				
11	5		10	12.5	16	
9.4	4.2					
9	4	8	12.5	16	20	
7.4	3.2	10	16	20	25	
6	2.5	12.5	20	25	32	
		1.25	1.25	1.25	1.25	C
		3.2	5	6.3	8	σ(MPa)

TUBO DE GÁS				
SDR	S	PE80	PE100	
11	20	4 •		
17.6	16		4 •	
		2	2	C
		4	5	σ(MPa)

• Para cálculo de espessuras considera-se 6.3 bar

6. PROPRIEDADES DOS TUBOS EM POLIETILENO

Termoplástico, gorduroso ao tacto e suave em pequenas espessuras; sempre flexível, inodoro, não tóxico, e decompõe-se a uns 300ºC.

1 - Densidade

A densidade situada entre 0.93 e 0.96, oferece em conseqüência um material de baixo peso, que permite a fabricação em grandes comprimentos embora de fácil manuseamento

O módulo de elasticidade, entre 850 e 1200 MPa, por conseqüência, muito baixo, permite a apresentação do tubo em bobinas. Consegue-se desta forma instalar a tubulação em troços não retilíneos e possibilitar a utilização de técnicas de entubamento ou "relining".

2 - Resistência aos agentes químicos

Por ser uma poliolefina, e portanto apresentar muito baixa polaridade, o polietileno apresenta uma resistência aos agentes químicos habituais que pode classificar-se de excelente. Esta ótima resistência aos agentes químicos pode explicar-se da seguinte forma:

É pouco sensível à água, inclusive a ferver, e à umidade, da qual absorve menos de 0,005%.

Esta qualidade mantém-se inclusivamente a temperaturas elevadas.

A resistência à corrosão é muito elevada. Tiras estreitas de polietileno, submersas durante algumas horas a 100ºC em ácido nítrico e clorídrico concentrado a 50% de soda cáustica, não apresentam nenhuma alteração. Por este motivo é resistente à

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

corrosão externa em solos agressivos (ácidos ou alcalinos), não precisando de proteção.
O polietileno é praticamente inerte na grande maioria dos solventes orgânicos e inorgânicos a 20ºC, começando a dissolver-se, embora em pequenas proporções, a 90ºC em alguns hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, assim como nos seus derivados halogênios.

3 - Permeabilidade aos gases
Quando os tubos de polietileno se destinam ao transporte de gases ou águas residuais, é conveniente conhecer os coeficientes de permeabilidade específica do material aos gases.

4 - Comportamentos em face de microorganismos e roedores
A superfície redonda e lisa dos tubos de plástico não oferece área suficiente de contacto para os dentes de esses pequenos animais serem cravados.
Nos estudos realizados pelo Instituto Botânico da Escola Superior de Karlruhe, ficou demonstrado que o polietileno de alta densidade não constitui terreno de cultivo adequado para a proliferação de bactérias, fungos e esporos. Por isso é resistente a qualquer corrosão microbiana.

5 - Resistência às radiações
A maioria das águas residuais radioativas contém unicamente raios betas e gama, o que exclui o risco de ativação. As condutas de polietileno não se tornam radioativas, nem mesmo após muitos anos de serviço.

6 - Estabilidade às intempéries
Tal como a maioria dos produtos naturais e dos plásticos, o polietileno pode deteriorar-se se permanece muito tempo exposto às intempéries, devido principalmente à componente ultravioleta da luz solar e ao oxigênio do ar, produzindo endurecimento e diminuição das suas propriedades.
Isto torna necessário o uso de antioxidantes, quando na sua utilização posterior vier a prever-se esta degradação. Felizmente, os antioxidantes são de absoluta eficácia durante um período de tempo muito prolongado.

7 - Comportamento face à ação das chamas
A combustibilidade do polietileno é corrente, incendiando-se sob a ação do fogo, continuando a arder com chama pouco brilhante, inclusivamente depois de retirado da fonte de calor, e soltando gotas de material inflamado.
Como acontece durante toda a combustão de hidrocarbonetos, liberta-se CO, CO2 e água, mas nenhum gás com resíduos corrosivos.

8 - Características térmicas
O polietileno tem uma elevada resistência ao impacto inclusivamente a temperaturas muito baixas, atendendo a que a temperatura de transição vítrea (imobilização praticamente total das moléculas) se situa à volta dos - 120ºC. Isto é interessante nos casos em que os tubos devam ser instalados em condições climatéricas desfavoráveis.

Pelo contrário, os aumentos de temperatura diminuem as propriedades mecânicas, acelerando o envelhecimento.

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

Por outro lado, deve salientar-se que o polietileno tem um elevado coeficiente de dilatação térmica linear, da ordem dos 1,3 x 10-4, que deverá ter-se em consideração ao projetar as instalações, para evitar sobretensões térmicas que encurtariam a vida do tubo.

9 - Características elétricas

O polietileno é um bom isolante elétrico, o que permite eliminar as proteções catódicas, pois não existe corrosão por este fato.

10 - Comportamento mecânico em função do tempo

O comportamento do polietileno, como o de qualquer material plástico, sofre evolução ao longo do tempo. Nos plásticos, ao contrário dos metais, o dimensionamento deve ser calculado de forma a levar-se em consideração a perda lenta de características ao longo da sua vida útil, devendo os cálculos serem efetuados com base nas características extrapoladas para 50 anos. No nosso caso, ao submeter uma tubagem a esforços mecânicos, o material tende a ter deformações plásticas, de forma similar ao que sucede aos metais a alta temperatura. Por isso, para determinar o limite de resistência de um plástico a uma carga constante é necessário estabelecer as curvas de regressão.

7. CRITÉRIOS PARA ESCOLHER O POLIETILENO

Deve ter-se em conta um grande número de parâmetros na altura de selecionar um material para realização de um projeto. Cabe aqui mencionar os parâmetros seguintes:

- tipo de fluído a transportar
- lugar (zona urbana ou agrícola)
- a natureza do solo (dureza, acidez, movimentos do solo)
- a pressão de serviço
- as ligações
- orçamento

Em todos os casos, cada instalação a estudar deve ser definida em todos os seus parâmetros, de tal forma que se possa determinar qual a opção mais adequada.
As tubagens de PE utilizam-se para as aplicações em que se deseja certa flexibilidade e/ou elevados coeficientes de segurança, a saber:

- transporte e distribuição de água
- transporte e distribuição de gás (a pressões baixas e médias)
- irrigação agrícola
- evacuação (por tubulações de instalação subterrânea ou por emissários submarinos)
- recondicionamento dos tubos metálicos
- proteção de cabos

8. VANTAGENS DO POLIETILENO

1 - Preço

O custo por unidade de comprimento de uma instalação de tubulação para distribuição de água ou gás implica a soma dos seguintes custos:

- movimento de terras
- escavação da vala

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

- enchimento
- colocação de tubos e acessórios
- material (tubos e acessórios)

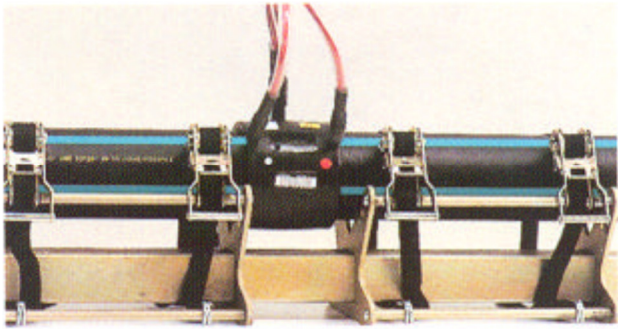
Embora o preço do material seja mais ou menos equivalente a outros, devido às propriedades especiais do PE, a escavação de valas e montagem da rede implica um custo francamente inferior.

Estudos realizados em diversas instalações parecem indicar que o polietileno da terceira geração (ELTEX TU B 121, 124 e 125), torna-se francamente competitivo em relação a qualquer outro material dos considerados tradicionais, além de apresentar a vantagem de ser um material muito mais ecológico, por não conter substâncias como o amianto.

2 - Facilidades de união

As tubagens de PE unem-se facilmente utilizando técnicas baseadas na fusão do polímero.

- Acessórios de união por eletro fusão
- Solda topo a topo
- Acessórios por compressão







Por outro lado, o sistema de fabricação por extrusão da matéria-prima permite, dentro de certos limites, que o comprimento dos tubos se possam fixar para cada caso concreto.

TUBULAÇÕES EM POLIETILENO

3 - Flexibilidade

A flexibilidade dos tubos de PE apresenta uma tripla vantagem:

- Podem enrolar-se em bobinas de grande comprimento e podem desenrolar-se junto à vala.
- Não é necessário escavar valas rigorosamente retilíneas, já que os tubos podem adaptar se com facilidade a um traçado curvo.
- Em caso de movimento moderado do solo, a tubulação de PE deforma-se, mas não se rompe.





4 - Inexistência de corrosão

Ao contrário dos tubos de aço ou de ferro fundido dúctil, que podem apresentar corrosão sob a forma de "picado", por vezes de modo muito rápido (até 0,5 mm por ano), as tubagens de PE são quimicamente estáveis, em especial face à acidez do solo. Neste caso não é necessária, em conseqüência, qualquer proteção especial.

5 - Superfícies lisas

Como a superfície dos tubos de PE é muito lisa em comparação com a de outros materiais, a perda de carga é mínima. Assim, o caudal de água ou gás que pode obter-se para uma dada pressão e dimensão é superior.

6- Leveza

A leveza dos tubos de PE torna possível que a manutenção, o transporte e a colocação sejam fáceis e com freqüência possam ser levados a cabo por um número limitado de operários.