



## SISTEMAS PP-R HENQ

Os tubos e acessórios PP-R HENQ, são fabricados a partir de resinas de polipropileno de qualidade superior, para que as suas propriedades físicas e químicas sejam adequadas para uma variedade de aplicações em setor industrial.

Quer a sua finalidade seja instalação em hospitais, habitações ou hotéis, o sistema PP-R é uma alternativa excepcional ao tubo de cobre, galvanizado ou PVC.

Possui elevada resistência e pode ser utilizado para transferir água quente a 70°C com uma vida útil superior a 50 anos, o que faz deste o tubo ideal para distribuição de água quente e fria.

O sistema PP-R HENQ cumpre com a norma UNE-EN ISO 15874-1:2013, UNE-EN ISO 15874-2:2013 a nível de tubagens e UNE-EN ISO 15874-1:2013 e UNE-EN ISO 15874-3:2013 a nível de acessórios. Uma solução eco-friendly, reciclável para fornecimento de água potável sem risco de fugas para uma economia significativa de tempo e mão de obra.

Livre de ferrugem e corrosão, ao contrário dos tubos metálicos o PP-R HENQ, é resistente à formação de ferrugem o que o torna ideal para aplicações em ambiente húmido e suscetível à corrosão.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS	UNIDADE	VALOR
PESO ESPECÍFICO	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0,895
ÍNDICE DE FUSÃO A 190°C - COM 5 KG	ISO 1133	g/10 min	0,4
ÍNDICE DE FUSÃO A 230°C - COM 2,16 KG	ISO 1133	g/10 min	0,3
PONTO DE FUSÃO	Microscópio de Polarização	°C	140 - 150

## CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS	UNIDADE	VALOR
CONDUTIVIDADE TÉRMICA A 20°C	DIN 52612	W/m·k	0,24
CALOR ESPECÍFICO A 20°C	Calorímetro adiabático	KJ/Kg·k	2,0
COEFICIENTE DE EXPANSÃO TÉRMICA LINEAR	VDE 0304	K <sup>-1</sup>	1,5x10

## CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS	UNIDADE	VALOR
LIMITE DE ESCOAMENTO	ISO/R527	N/mm <sup>2</sup>	21
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	ISO 53455	N/mm <sup>2</sup>	40
ALONGAMENTO DA RUPTURA	ISO 53455	%	800
MÓDULO DE ELASTICIDADE	ISO 178	N/mm <sup>2</sup>	800
TESTE DE DUREZA	ISO 2039	N/mm <sup>2</sup>	40
RESILIÊNCIA COM TESTE CHARPY EM AMOSTRA NÃO CORTADA			
A 0°C	ISO 179	KJ/m <sup>2</sup>	Resiste
A -10°C		KJ/m <sup>2</sup>	Resiste
RESILIÊNCIA COM TESTE CHARPY EM AMOSTRA CORTADA			
A 0°C	ISO 179	KJ/m <sup>2</sup>	7
A -10°C		KJ/m <sup>2</sup>	3
RESISTÊNCIA AO IMPACTO A 0°C	DIN 8078		Resiste



O sistema PP-R HENQ, dá resposta a uma multiplicidade de soluções nomeadamente, a distribuição de água quente e fria, água potável, líquidos residuais, líquidos químicos, ar comprimido, sistemas de aquecimento, sistemas de ar condicionado, etc.



BAR		20	20	12,6	7,8	5,9
DURAÇÃO DE OPERAÇÃO CONTÍNUA	10	↓	↓	↓	↓	↓
	20				↓	
	30					
	40					
	50	↓	↓	↓		
	anos					
TEMP. °C		<20°	<40°	<60°C	<80°C	<95°C

Diagrama de duração de vida útil do tubo para operação contínua em diferentes temperaturas e diferentes pressões (PN20).

## RESISTÊNCIA QUÍMICA

O polipropileno é altamente resistente a muitos produtos químicos, especialmente a soluções ácidas e alcalinas.

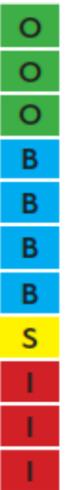
O diagrama no lado direito indica a resistência a diferentes classes de substâncias. Para obter informações mais detalhadas, consulte a Tabela X, norma ISO TR 10358 ou os vários bancos de dados dos fabricantes de PP.

O polipropileno é altamente resistente ao cloro utilizado para a desinfecção da água potável. O efeito desinfetante do cloro está relacionado ao potencial de oxidação-redução (ORP) da solução feita com água clorada. Em 1972, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu um potencial mínimo de 650 mV para garantir a destruição imediata de todas as bactérias nocivas.

Portanto, o potencial de ORP deve estar entre 650 e 700 mV para garantir uma desinfecção ideal. As concentrações de cloro correspondentes a esses valores variam de 0,1 ppm a 1 ppm, dependendo do pH da água.

## POLIPROPILENO

- Soluções ácidas diluídas
- Soluções alcalinas
- Álcool e compósitos alifáticos
- Soluções ácidas concentradas
- Aldeídos
- Ésteres
- Hidrocarbonetos alifáticos
- Agentes oxidantes
- Hidrocarbonetos aromáticos
- Hidrocarbonetos hidrogenados
- Acetonas, compostos aromáticos

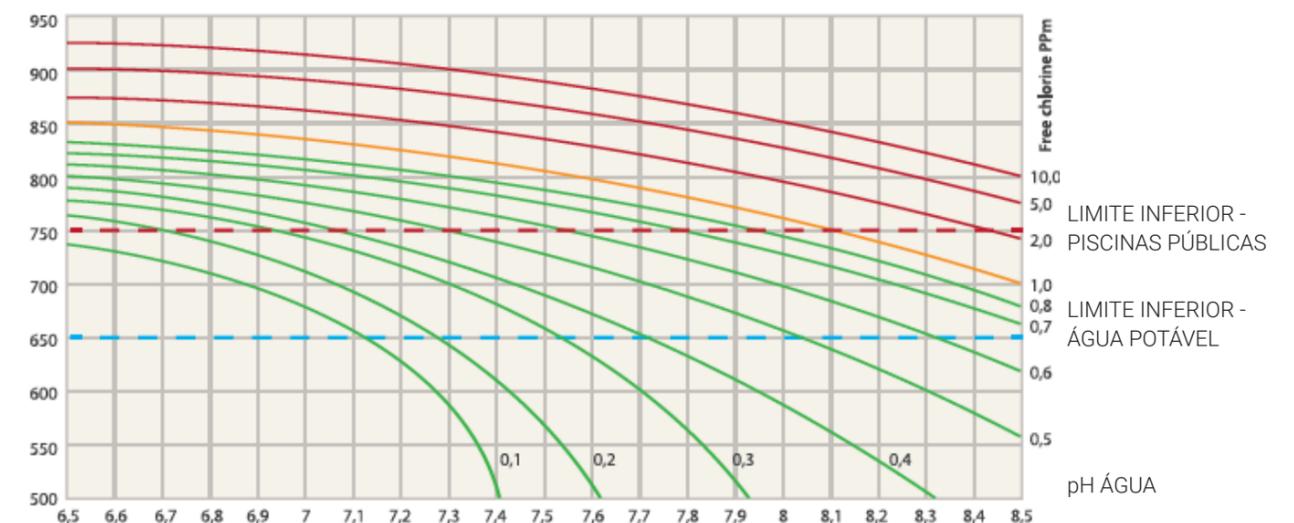


O - Muito bom; B - Bom; S - Suficiente; I - Insuficiente.

Essas concentrações são perfeitamente compatíveis com o uso de tubos de PP em temperaturas operacionais especificadas de até 70°C.

Em 1982, a Alemanha, que possui os padrões de qualidade da água mais rigorosos do mundo, estabeleceu um valor mínimo de 750 mV para a água em piscinas públicas. A concentração de cloro em piscinas pode ser bem acima de 1 ppm (até 10 ppm). Nessas condições, o uso de tubos de polipropileno não é recomendado.

DIAGRAMA DO CLORO NA ÁGUA



FLUÍDOS PROIBIDOS PARA O PP-R HENQ	
DESIGNAÇÃO	CONCENTRAÇÃO
ACETATO DE BUTILA	100%
ÁGUA DE BROMO	sol(*)
AQUA REGIA	HCL/HNO3=3/1
BENZENO	100%
BROMO (VAPOR SECO)	
BROMO (LÍQUIDO)	100%
CICLOHEXANONA	100%
COLORO (LÍQUIDO)	100%
COLORO, GASOSO, SECO	100%
COLOROFÓRMIO	100%
ÁCIDO CLOROSSULFÔNICO	100%
ETILOCLORETO	100%
DECALINA	100%
HEPTANO	100%
HIDROCATBONETOS ALIFÁTICOS	

DESIGNAÇÃO	CONCENTRAÇÃO
ACETATO DE ATILA	100%
ISOCTANO	100%
BROMETO DE METILA	100%
DICLOROMETANO	100%
ÁCIDO NÍTRICO	40%
ÁCIDO OLEICO	100%
ÓLEO DE CÂNFORA	
ÓLEO DE PARAFINA	
ÁCIDO SULFÚRICO	98%
TETRAHIDRONAFTALENO	100%
TOLUENO	100%
TEREBINTINA	
TRICLOROETILENO	100%
XILENO	100%

## CONECTORES

A técnica de soldagem por conexão envolve quatro tipos de soldagem:

- Polifusão
- Electrofusão
- Soldadura topo a topo

O sistema PP-R HENQ é soldado usando a união, onde os tubos e os acessórios são unidos sobrepostos.

O aquecimento das extremidades dos tubos e da união dos acessórios é realizado por meio de um elemento de aquecimento das matrizes, de acordo com os tempos indicados na tabela abaixo.

A temperatura ideal de soldagem do PP-R HENQ é de 260°C (± 5).

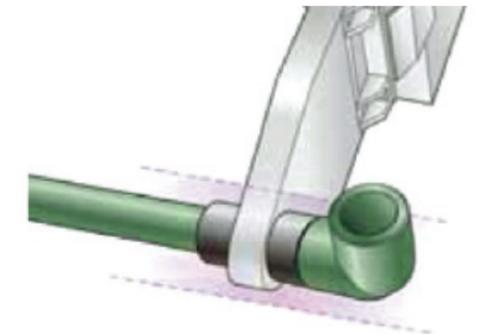
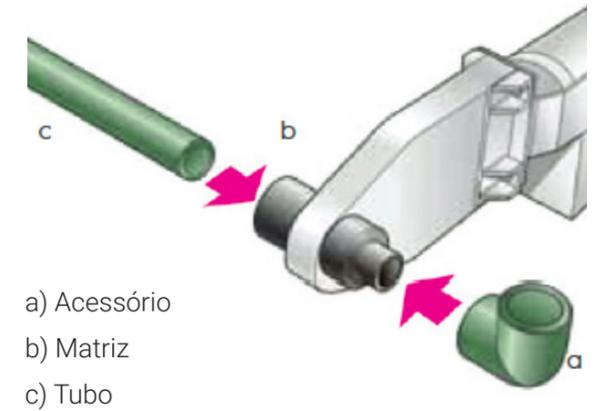
Após o aquecimento, as peças são retiradas do elemento aquecido e imediatamente unidas axialmente sem girar.

Deve ter atenção à profundidade correta de inserção: o tubo deve ser inserido até o ponto previamente marcado, ou seja, até o fundo do acessório, conforme mostrado na tabela.

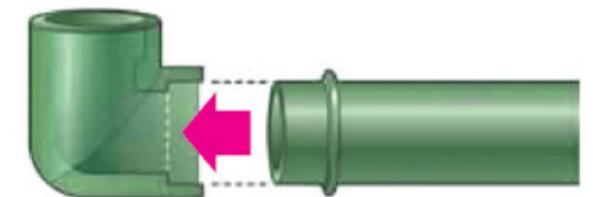
Recomenda-se que as duas partes sejam mantidas fixas por um determinado tempo (aproximadamente o mesmo tempo de aquecimento).

A conexão soldada só pode ser submetida a tensões mecânicas após o tempo de arrefecimento. Após cada operação de soldadura, as matrizes devem ser limpas minuciosamente.

As figuras mostram a sequência do processo de soldagem.



Fase de aquecimento

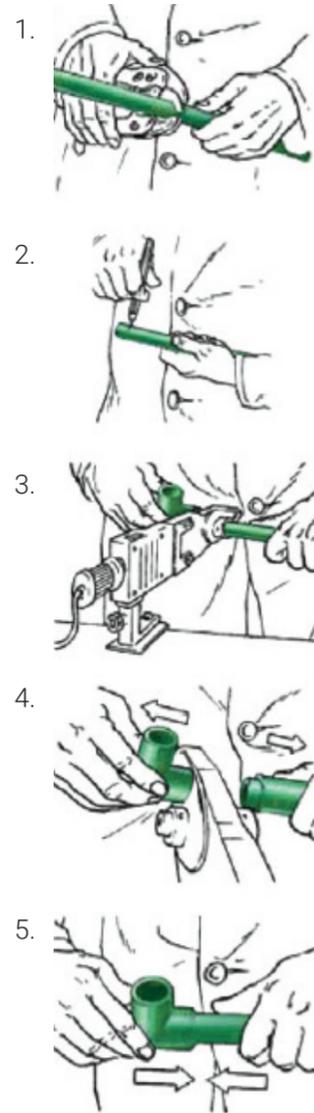


Conexão soldada

TABELA DE PROFUNDIDADE DA UNIÃO PARA ACESSÓRIOS PP-R HENQ	
Ø TUBO	PROFUNDIDADE = t (mm)
20	14,5
25	16
32	18
40	20,5
50	23,5
63	27,5
75	31
90	35,5
110	41,5

## INSTRUÇÕES DE SOLDADURA POR POLIFUSÃO

1. Corte o tubo PP-R HENQ num ângulo reto usando uma tesoura corta tubos ou outra ferramenta de corte adequada.
  2. Limpe a extremidade do tubo e a união do acessório usando o produto especial e papel absorvente. Marque a profundidade de inserção do acessório no tubo. Consulte a tabela de profundidade para calcular a profundidade da união em relação ao  $\varnothing$ .
  3. Aqueça o tubo e o acessório simultaneamente. O tubo é inserido rapidamente e axialmente na matriz (até a marca), enquanto o acessório é inserido até o encosto na outra matriz.
  4. Após o tempo de aquecimento ter decorrido, puxe tanto o tubo quanto o acessório do elemento de aquecimento simultaneamente.
- Valores indicativos para soldagem por união usando um elemento de aquecimento a uma temperatura de 20°C.
5. Dentro do tempo máximo permitido (consulte a tabela), una o tubo e o acessório sem girar. Siga as indicações de tempo de arrefecimento de acordo com a norma DVS 2207, Parte 11.



Ø EXTERNO TUBO	COMPRIMENTO SECÇÃO DE SOLDAGEM	TEMPO DE AQUECIMENTO (s)	TEMPO MÁXIMO PARA SOLDAGEM APÓS AQUECIMENTO	TEMPO DE ARREFECIMENTO
16	13	5-8	4	2
20	14	6-8	4	2
25	15	7-11	4	2
32	16,5	8-12	6	4
40	18	12-18	6	4
50	20	18-27	6	4
63	24	24-26	8	6
90	29	40-60	8	8
110	35	60-80	10	10
125	40	80-100	14	14

## CONEXÃO MECÂNICA

Os acessórios com roscas fêmeas passam por um processo de tratamento térmico para alívio de tensões, obtendo um valor de dureza ideal de "100 Brinell" que proporciona excelentes propriedades mecânicas. Este tratamento térmico realizado para garantir a resistência e durabilidade adequadas das roscas fêmeas.

## INSTRUÇÕES DE CONEXÃO

Utilizamos roscas paralelas EN 228 para acessórios com roscas fêmeas e roscas cônicas R de acordo com a norma EN 10226 para roscas machos. Essa combinação garante máxima compatibilidade com todas as aplicações.



## SELO HIDRÁULICO

Utilize Teflon ou material similar para vedar com outras conexões metálicas, sem excesso.



## CONEXÃO ENTRE TUBOS PP-R E TUBOS FERRO

Utilizamos roscas paralelas EN 228 para conexões com roscas fêmeas e roscas cônicas R de acordo com a norma EN 10226 para roscas machos. Essa combinação garante máxima compatibilidade com todas as aplicações.



## CONEXÃO ENTRE ACESSÓRIOS EM TUBOS PP-R E GRUPOS EMBUTIDOS

As ligações entre um corpo de um acessório de torneira embutida e um tubo PP-R devem utilizar acessórios com rosca macho e evitar o uso de acessórios com rosca fêmea e "nipples" com rosca cônica.



## ESPESSURA DO TUBO COM BASE NAS CONDIÇÕES DE USO

Para dimensionar corretamente os tubos, a primeira coisa a fazer é identificar as condições de uso. Consulte a tabela 1 da norma EN ISO 15874-1, mostrada ao lado, para determinar as temperaturas de funcionamento. Por exemplo, vamos selecionar a Classe 1.

Uma vez que a classe de aplicação tenha sido estabelecida, é necessário definir a pressão de operação. A norma UNI EN ISO 15874-2 possui quatro níveis de pressão. Vamos selecionar a pressão de até 6 bares.

Para cada tipo de polipropileno, a norma EN ISO 15874-2 fornece uma tabela para determinar o parâmetro de stress  $S_{max}$ . Utilizando a tabela do PPR, é possível obter o parâmetro:

$$SDR_{Max} PPR = 5,2$$

Uma vez que a classe de aplicação tenha sido estabelecida, é necessário definir a pressão de operação. A norma UNI EN ISO 15874-2 possui quatro níveis de pressão. Vamos selecionar a pressão de até 6 bars.

Para cada tipo de polipropileno, a norma EN ISO 15874-2 fornece uma tabela para determinar o parâmetro de stress  $S_{max}$ . Utilizando a tabela do PPR, é possível obter o parâmetro:

CLASSE DE APLICAÇÃO	USO	TD TEMP. (°C)	TD PROJECT (°C)	T. MAX (°C)	T. MAX. TIME (°C)	T MAL. (°C)	T MAL TIME (°C)
1	Água sanitária a 60°C	60	49	80	1	95	100
2	Água sanitária a 70°C	70	49	80	1	95	100
4	Radiadores de baixa temperatura e aquecimento de piso	20	2.5	70	2.5	100	100
		40	20				
		60	25				
5	Aquecimento com radiadores de alta temperatura	20	14	90	1	100	100
		40	25				
		80	10				

PD	CLASS 1	CLASS 2	CLASS 3	CLASS 4
4	6,9	5,3	6,9	4,8
6	5,2	3,6	5,5	3,2
8	3,9	2,7	4,1	2,4
10	3,1	2,1	3,3	1,9
bar	S <sub>max</sub> para PPR (MPa)			

$$SDR_{Max} = 2 S_{Max} + 1$$

PD	CLASS 1	CLASS 2	CLASS 3	CLASS 4
4	13	11	13	9
6	11	7,4	11	6
8	7,4	6	9	
10	6		7,4	
bar	SDR <sub>Max</sub> para PPR (Mpa)			

$$SDR_{Max} \text{ para PPR (Mpa)}$$

## SELECIONE A ESPESSURA DO TUBO COM BASE NAS CONDIÇÕES DE USO

Para condições de uso que não se enquadram nas classes fornecidas pela norma EN ISO 15874-1, utilize as curvas de regressão disponíveis na norma alemã DIN 8078. As curvas de regressão do PPR estão no quadro ao lado.

Por exemplo, se quisermos verificar a possibilidade de usar tubos de PPR com uma temperatura e pressão de operação de:

- TD = 80°C
- PD = 10 bar

Multiplique a pressão por um fator de segurança mínimo de 1,4:

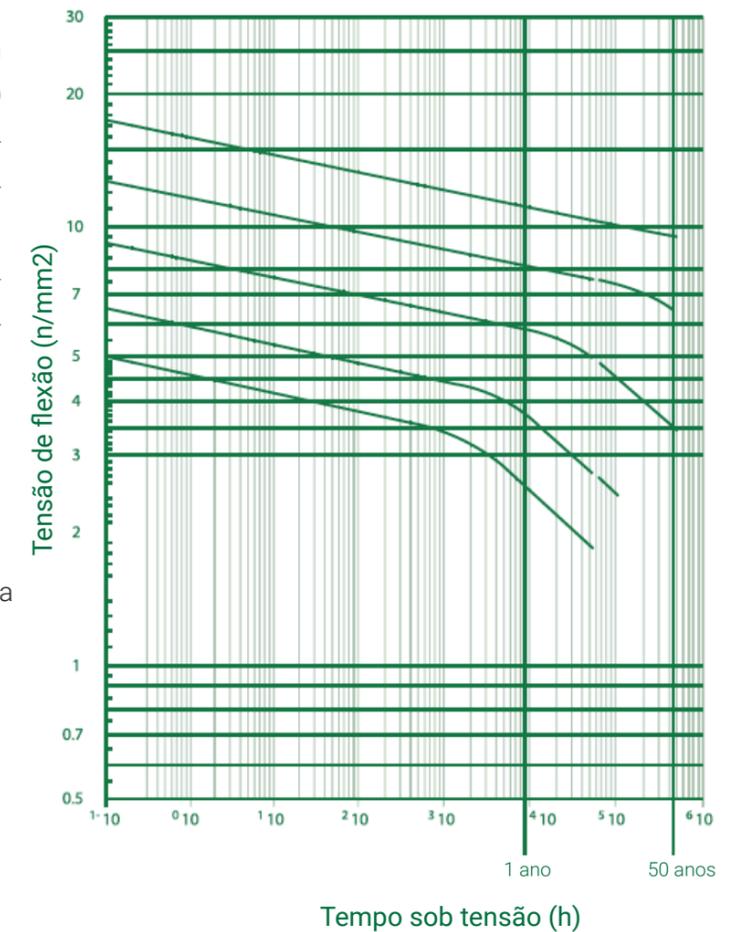
$$P_{Max} = 1,4 \times 10 = 14 \text{ bar}$$

Aplique a seguinte fórmula:

$$S_{max} = 1/2 P_{max} (SDR_{max} - 1)$$

Os seguintes valores de  $S_{max}$  para os tubos disponíveis foram obtidos:

SDR	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
6,0	14,0	3,5
7,4	14,0	4,5
11,0	14,0	7,0
	bar	Mpa



## VIDA ÚTIL ESTIMADA

A tabela a seguir fornece informações mais detalhadas sobre a pressão permitida em diversas classificações de pressão de tubos em diferentes temperaturas. Esses valores são derivados do gráfico de tensão circunferencial e da fórmula.

Sob pressões normais de trabalho e condições adequadas, a vida útil média dos tubos PP-R HENQ é projetada para ser de 50 anos ou mais.

### EXEMPLO:

Um tubo de água fria PN 10, que transporta água a uma temperatura de 30°C, pode durar mais de 50 anos em condições normais com uma pressão de operação de 10,9 bar ou 158 psi.

Um tubo de água quente PN 20, que transporta água a uma temperatura de 70°C, pode durar mais de 50 anos em condições normais com uma pressão de operação de 8,5 bar ou 123 psi.

TEMPERATURA	VIDA ÚTIL DE SERVIÇO	PARA INSTALAÇÕES DE ÁGUA, DE ACORDO COM A NORMA DIN 8077 FATOR DE SEGURANÇA DE 1,5			
		PP-R HENQ SDR7,4	PP-R HENQ SDR7,4	PP-R HENQ SDR7,4	PP-R HENQ SDR7,4
		PRESSÃO NOMINAL (bars)			
		PN10 ÁGUA FRIA	PN16 ÁGUA FRIA E QUENTE	PN 16 ÁGUA FRIA E QUENTE	PN 16 ÁGUA FRIA E QUENTE
PRESSÃO DE TRABALHO PERMITIDA EM VÁRIAS TEMPERATURAS (bars)					
20°C	1	15,0	23,8	30,0	37,8
	5	22,3	22,3	28,1	35,4
	10	21,7	21,7	27,3	34,4
	25	21,1	21,1	26,5	33,4
	50	20,4	20,4	25,7	32,4
30°C	1	12,8	20,2	25,5	32,1
	5	12,0	19,0	23,9	30,1
	10	11,6	18,3	23,1	29,1
	25	11,2	17,7	22,3	28,1
	50	10,9	17,3	21,8	27,4
40°C	1	10,8	17,1	21,5	27,1
	5	10,1	16,0	20,2	25,5
	10	9,8	15,6	19,6	24,7
	25	9,4	15,0	18,8	23,7
	50	9,2	14,5	18,3	23,1
50°C	1	9,2	14,5	18,3	23,1
	5	8,5	13,5	17,0	21,4
	10	8,2	13,1	16,5	20,7
	25	8,0	12,6	15,9	20,0
	50	7,7	12,2	15,4	19,4
60°C	1	7,7	12,2	15,4	19,4
	5	7,2	11,4	14,3	18,0
	10	6,9	11,0	13,8	17,4
	25	6,7	10,5	13,3	16,7
	50	6,4	10,1	12,7	16,0
70°C	1	6,5	10,3	13,0	16,4
	5	6,0	9,5	11,9	15,0
	10	5,9	9,3	11,7	14,6
	25	5,1	8,0	10,1	12,7
	50	4,3	6,7	8,5	10,7
80°C	1	5,5	8,6	10,9	13,7
	5	4,8	7,6	9,6	12,0
	10	4,0	6,3	8,0	10,0
	25	3,2	5,1	6,4	8,0
95°C	1	3,9	6,1	7,7	9,7
	5	2,5	4,0	5,0	6,3

## DIAGRAMA DE QUEDA DE PRESSÃO DOS ACESSÓRIOS PP-R HENQ

Os valores contidos na tabela ao lado podem ser utilizados para estimar a resistência dos acessórios.

A resistência dos conexões pode ser determinada com a "regra prática" como um todo.

Como valor aproximado, pode adicionar de 3% a 5% à queda total de pressão.

TIPO	DESIGNAÇÃO	OBSERVAÇÕES	COEFICIENTE
UNIÃO		3,5	0,25
UNIÃO DE REDUÇÃO		REDUÇÃO EM 1 TAMANHOS	0,40
		REDUÇÃO EM 2 TAMANHOS	0,50
		REDUÇÃO EM 3 TAMANHOS	0,60
		REDUÇÃO EM 4 TAMANHOS	0,70
JOELHO 90°			1,20
JOELHO 45°			0,50
TÊ		SEPARAÇÃO DE FLUXO	1,20
		CONCEÇÃO DE FLUXO	0,80
CRUZETA		SEPARAÇÃO DE FLUXO	2,10
		CONCEÇÃO DE FLUXO	3,70
CASQUILHO FÊMEA			0,50
CASQUILHO MACHO			0,70
JOELHO FÊMEA			1,40
JOELHO MACHO			1,60
TÊ FÊMEA			1,40 - 1,80
VÁLVULVA		20 mm	9,50
		25 mm	8,50
		32 mm	7,60
		40 mm	5,70

## ISOLAMENTO

Graças às propriedades térmicas do material, os tubos PP-R HENQ oferecem baixas perdas de energia na construção de sistemas de água quente, aquecimento e refrigeração, mesmo sem isolamento.

CONDIÇÕES DE USO	
CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/MK)	0,24
TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)	60
TEMPERATURA EXTERIOR (°C)	20
CAUDAL (M/MIN)	60

Em condições típicas de uso, as perdas de energia são relatadas na tabela a seguir.

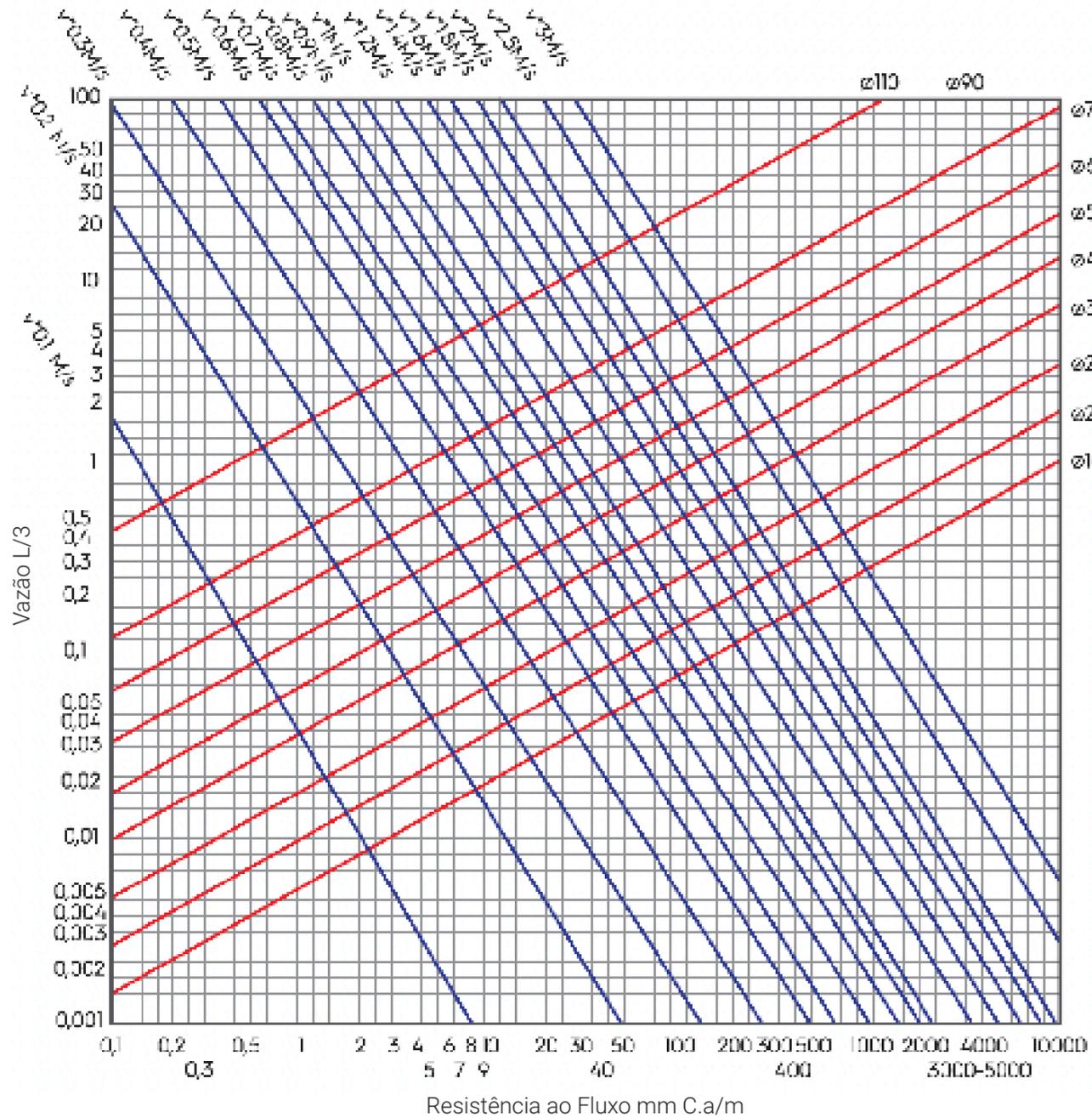
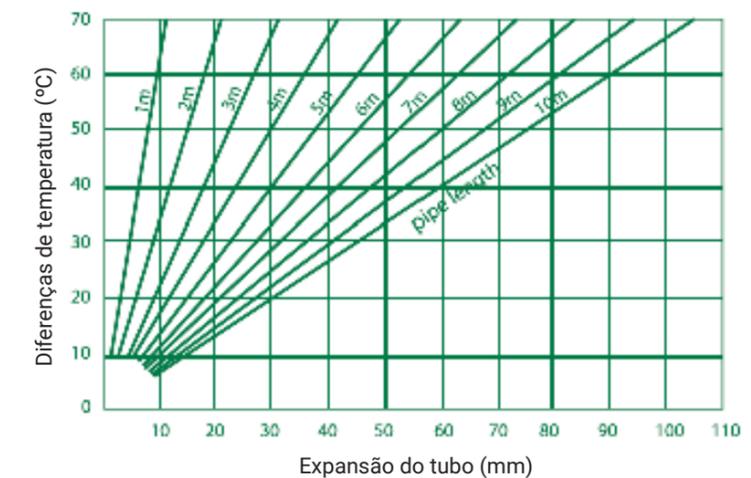
DIÂMETRO EXTERNO (MM)	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125
DIÂMETRO INTERNO (MM)	13,2	16,6	21,2	26,6	33,2	42,0	50,0	60,0	73,2	83,2
FLUXO DE ÁGUA QUENTE L/MIN	137	215	345	554	867	1385	1963	2826	4210	5438
RESISTÊNCIA TÉRMICA K/W	0,274	0,273	0,272	0,271	0,269	0,269	0,269	0,269	0,270	0,270
PERDA DE ENERGIA (W/M)	146	147	147	147	148	149	149	149	148	148

## DILATAÇÃO TÉRMICA

Quando submetidos a variações de temperatura, os tubos PP-R sofrem um nível relativamente alto de expansão térmica. A expansão térmica longitudinal desses tubos é cerca de 11 vezes maior do que os tubos de aço. Esse fenômeno deve ser levado em consideração não apenas durante a fase de instalação. Todas as alternativas relacionadas ao layout dos tubos devem ser examinadas durante o projeto para compensar os fenômenos de expansão térmica que podem ocorrer.

O coeficiente de expansão térmica linear para os tubos monocamada PP-R HENQ é de:

$$\alpha = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ (K}^{-1}\text{)}$$



As alterações no comprimento de um tubo, independentemente de seu diâmetro e espessura, são calculadas pela seguinte fórmula:

$$\Delta L = L \cdot \Delta t \cdot \epsilon \tau \text{ (mm)}$$

$\Delta L$  = expansão térmica linear (mm)

$\epsilon \tau$  = coeficiente de expansão longitudinal (mm/m°C)

L = comprimento do tubo (m)

$\Delta t$  = diferença de temperatura (°C)

A variação no comprimento ( $\Delta L$ ) depende da temperatura de projeto.

Exemplo para um tubo com comprimento de 8 m e temperatura de projeto de +16°C:

1. Temperatura mínima na parede do tubo = +9°C (por exemplo, tubo de água fria)

Diferença  $\Delta t = 9^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = -7^\circ\text{C}$

2. Temperatura máxima na parede do tubo = +60°C (por exemplo, tubo de água quente)

Diferença  $\Delta t = 60^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 44^\circ\text{C}$

No caso 1: contração do tubo =  $8 \times -7 \times 0,15 = -8,4 \text{ mm}$

No caso 2: expansão do tubo =  $8 \times 44 \times 0,15 = 52,8 \text{ mm}$

Na maioria dos casos, a variação no comprimento pode ser compensada por uma mudança de direção dos tubos.

## TUBOS DE FIBRA DE VIDRO

O tubo com fibra de vidro é a mais recente adição à linha de tubos PP-R. É um tubo composto por 3 camadas, com 20% de fibra de vidro/PP-R, intercalada entre o material PP-R na camada interna e na camada de superfície, ou seja, PP-R/FV/PP-R. Os tubos de fibra de vidro são utilizados em sistemas de distribuição de água gelada e quente. Comparados aos tubos PP-R normais, os tubos de fibra possuem uma expansão térmica muito menor ao transportar água quente. Como tal, os tubos de fibra de vidro permanecem relativamente retos em altas temperaturas.

### Expansão linear

O coeficiente de expansão térmica linear para os tubos monocamada da HENQ é o seguinte:

$$\alpha = 0,40 \cdot 10^{-4} \text{ (K}^{-1}\text{)}$$

Comparação de expansão térmica - Tubo PP-R / Tubo de Fibra de Vidro:

Tubo PP-R 10m  $\Delta t$  50 =  $\Delta L$  75mm T

Tubo de Fibra de Vidro 10m  $\Delta t$  50 =  $\Delta L$  17,5mm

## COMPENSAÇÃO DE EXPANSÃO POR MUDANÇA DE DIREÇÃO

Garanta que os tubos se podem mover livremente na direção axial e, caso não seja possível fazer a compensação por mudança de direção, será necessário instalar curvas de expansão. Nos casos em que não é viável trabalhar no layout, será preciso utilizar compensadores axiais, mesmo que sejam mais caros. Para alcançar a compensação, é necessário calcular o comprimento do braço flexível do tubo usando a fórmula fornecida:

$$L_s = K \cdot \sqrt{d} \cdot \Delta L \text{ (mm)}$$

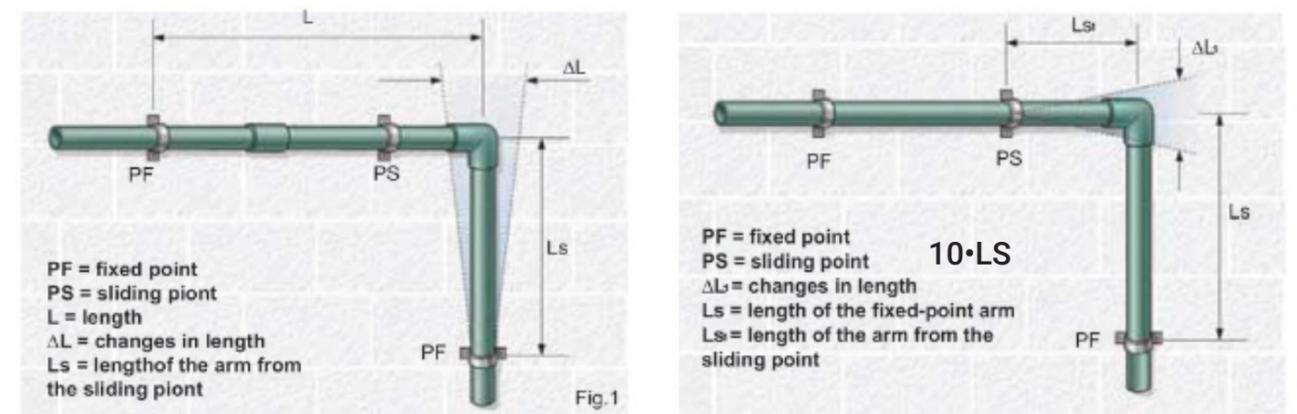
$L_s$  = comprimento do braço (mm)

d = diâmetro externo do tubo (mm)

$\Delta L$  = variação de comprimento (mm)

K = constante dependendo do material utilizado (para PP =

Os diagramas nas Figuras 1, 2 e 3 ilustram os sistemas de compensação com base na expansão linear.



Uma vez conhecido o comprimento da seção L, a elongação  $\Delta L$  é determinada usando a fórmula:

$$\Delta L = L \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

Em seguida, é possível calcular o comprimento de inflexão  $L_s$  que compensa a elongação da seção L.

Também é necessário verificar se a elongação da seção  $L_s$  é absorvida adequadamente pela inflexão de  $L_s$ .

A inflexão da seção  $L_s$  gera uma força axial  $S_a$  no ponto fixo FP que pode ser calculada para o PP usando a seguinte fórmula:

$$S_{a1} = \frac{3 \cdot D^3}{10 \cdot L_{s1}} \text{ (N)}$$

Essa força gera uma reação transversal no ponto fixo PR que é igual e oposta:

$$S_{t1} = \frac{3 \cdot D^3}{10 \cdot L_{s1}} \text{ (N)}$$

Torna-se necessário, então, aplicar as seguintes duas fórmulas:

$$L_s = K \cdot \sqrt{D} \cdot L \cdot \Delta t \cdot \alpha \text{ (mm)}$$

$$L_{s1} = K \cdot \sqrt{D} \cdot L_s \cdot \Delta t \cdot \alpha \text{ (mm)}$$

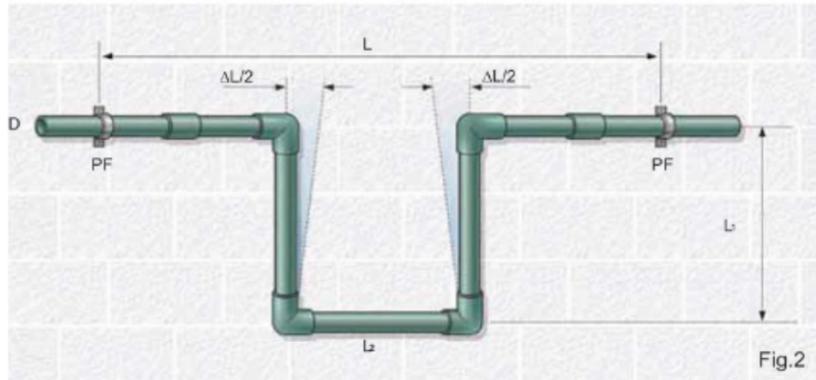
Da mesma forma, a inflexão da seção  $L_s$  gera uma força axial no ponto fixo PF1 e uma força transversal no ponto deslizante PS. É necessário levar em conta essas forças ao dimensionar o colar de travamento.

$$S_{a1} = \frac{3 \cdot D^3}{10 \cdot L_{s1}} \text{ (N)}$$

$$S_{t1} = \frac{3 \cdot D^3}{10 \cdot L_{s1}} \text{ (N)}$$

## COMPENSAÇÃO UTILIZANDO CURVAS DE EXPANSÃO (Ω)

PF = ponto fixo  
 PS = ponto deslizando  
 L = comprimento  
 ΔL = variação no comprimento  
 D = diâmetro externo do tubo  
 L1, L2 = tamanho do Ω20)

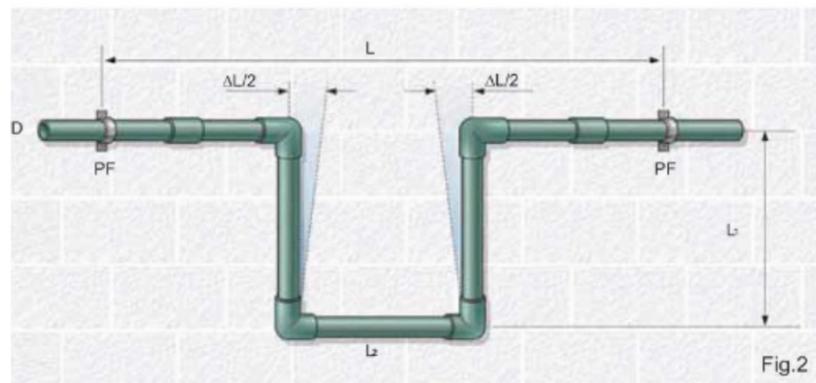


Nos casos em que uma seção reta do tubo não permite uma mudança de direção, como na Figura 1, é necessário inserir uma ou mais curvas Ω, conforme mostrado na Figura 2. Nesse caso, o comprimento de inflexão Ls é igual à progressão da curva Ω:

$$L_s = 2L_1 + L_1$$

Em geral,  $L_2 = \frac{1}{2}L_1$ , então  $L_s = 2,5L_1$ . Essa configuração não gera forças transversais. A fórmula para calcular Ls é sempre a mesma.

PF = ponto fixo  
 PS = ponto deslizando  
 L = comprimento  
 ΔL = variação de comprimento  
 D = diâmetro externo do tubo  
 L1, L2 = tamanho do Ω



O diagrama na Figura 3 permite a redução das dimensões dos ramos Ω fora do eixo do tubo e a diminuição do número de curvas Ω necessárias para compensar a expansão de uma seção de tubo em forma de L.

$$L_s = K\sqrt{D} \cdot L \cdot \Delta t \cdot \alpha \text{ (mm)}$$

As forças axiais nos pontos fixos ainda são dadas por:

$$S_a = \frac{3 \cdot D^3}{10 \cdot L^3} \text{ (N)}$$

Essa configuração não gera forças transversais.

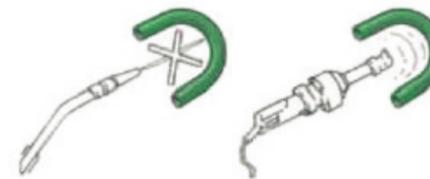
## PONTO FIXO E PONTO DESLIZANTE

O tipo e a frequência das fixações de tubos são determinados pela disposição do sistema e pelas possíveis expansões. Os pontos fixos devem dividir o tubo em seções que possam sofrer contrações ou expansões, sem afetar inserções ou conexões. O guia para essas seções é obtido por meio de abraçadeiras de ponto deslizando. A distância entre as abraçadeiras, ou seja, a distância entre os pontos de suporte, depende principalmente das condições de operação e do peso do tubo (incluindo o fluido que passa por ele). Na prática atual, as distâncias entre os suportes mostradas na tabela do lado direito têm se mostrado válidas.

Obs: A fixação de um tubo tem de ter em conta as expansões e as forças axiais relacionadas.

## CURVATURA

É possível criar curvas usando sopradores de ar quente (secadores industriais); o raio das curvas deve ser > 8 vezes o diâmetro do tubo. O uso de chamas não é recomendado de forma alguma.

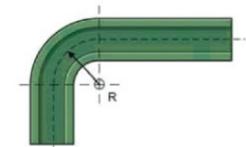


## INSTALAÇÃO EMBUTIDA

Instalações embutidas sujeitas a pressão térmica devem ter em consideração as possíveis tensões mecânicas transmitidas pelos tubos à estrutura.

Ø mm	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
16	75	70	70	65	65	60	55
20	80	75	70	70	65	60	60
25	85	85	85	80	75	75	70
32	100	95	90	85	80	75	70
40	110	110	105	100	95	90	85
50	125	120	115	110	105	100	90
63	140	135	130	125	120	115	105
75	150	150	140	140	125	115	105
90	165	160	150	150	140	125	115
110	190	180	170	170	160	140	130

Ø mm	Tubos com curvatura a frio (R = 8xd)
20	80
25	85
32	100
40	110
50	125
63	140



## EXPOSIÇÃO UV

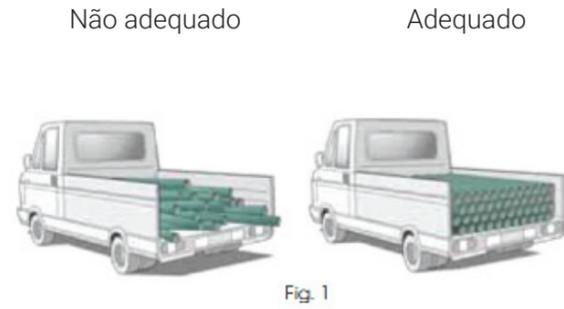
Os tubos de PP-R nunca devem ser expostos diretamente à luz solar. Para instalações externas, os tubos devem ter proteção adequada contra os raios solares e baixas temperaturas no inverno. Por esse mesmo motivo, os tubos não devem ser instalados próximos a dispositivos de esterilização de água.

## TUBOS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA COLORADA

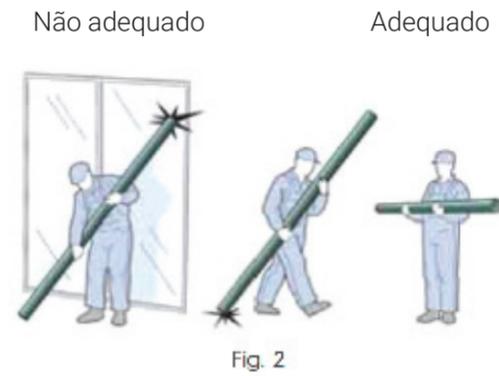
Os tubos de PP-R não podem ser usados para o abastecimento de água fortemente clorada, como a água de piscinas, conforme descrito na página 4. No entanto, eles são adequados para uso em piscinas que utilizam água do mar, com baixas concentrações de cloro ou desinfetantes alternativos.

## TRANSPORTE

No caso de tubos serem retirados de sua embalagem de fábrica, evite o transporte desordenado (Figura 1).



Evite arrastar os tubos no chão ou contra as laterais e porta traseira do veículo (Figura 2).



## ARMAZENAMENTO

Para evitar deformações ao longo do tempo, a altura máxima de empilhamento não deve exceder 1,5 m, independentemente do diâmetro (Figura 3).

### Baixas temperaturas

Os tubos PP-R HENQ tendem a ficar frágeis em temperaturas próximas a 0°C; portanto, é uma boa prática sempre esvaziar os tubos se houver risco de congelamento para evitar quebras.

### Exposição aos raios UV

Embora seja adequadamente estabilizado, o PP-R HENQ é afetado pelos raios UV. Portanto, é recomendado não remover os tubos de suas embalagens se eles forem armazenados ao ar livre.

