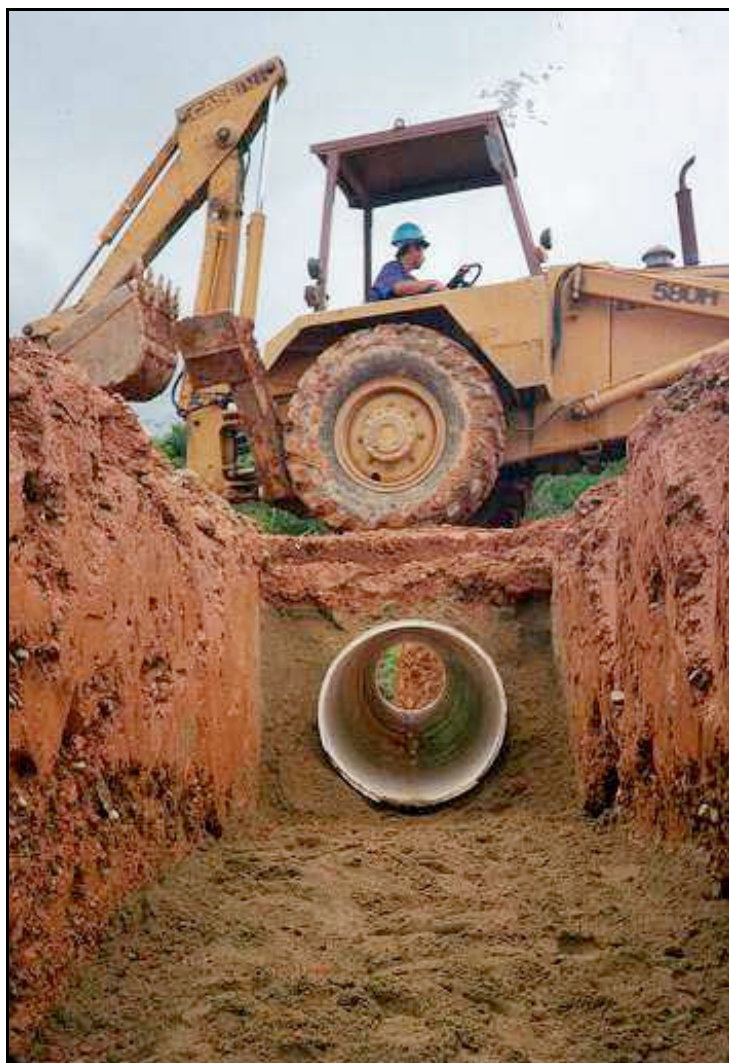


## **Tubos Helicoidais de PVC para Drenagem Pluvial**

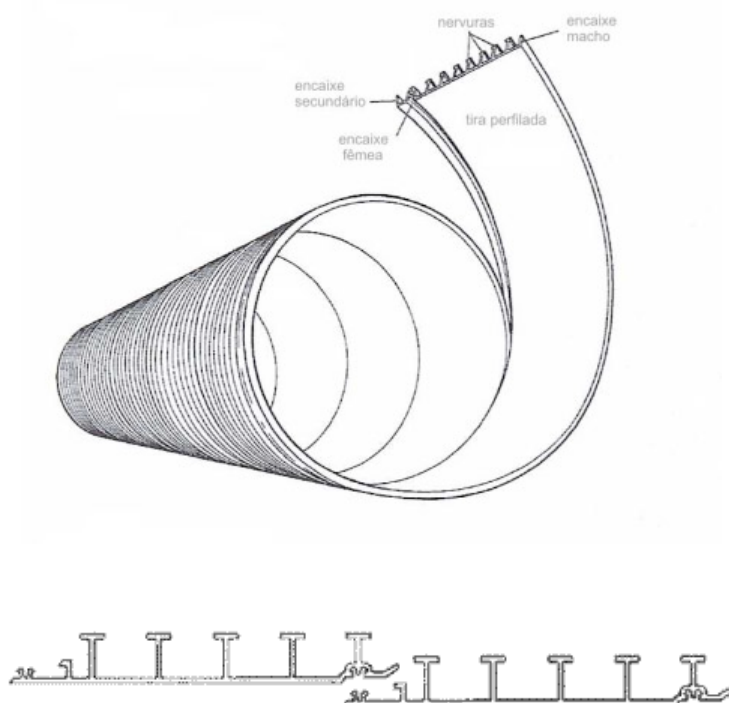


**Abril de 2014**

## Especificações

Os tubos helicoidais de PVC são fabricados pelo processo de enrolamento de tiras de PVC nervuradas.

As tiras de PVC são produzidas por um processo convencional de extrusão e possuem em suas bordas encaixes macho-fêmea que propiciam o seu intertravamento durante o processo de enrolamento helicoidal. Além do travamento mecânico, as tiras são também soldadas quimicamente, através da aplicação de um adesivo no encaixe, o que garante estanqueidade à junta helicoidal assim formada.



As nervuras existentes nos perfis de PVC, em forma de "T", servem como elementos de reforço da parede do tubo, aumentando a sua inércia e, conseqüentemente, a rigidez diametral da tubulação. Assim, pode-se dizer que este tipo de tubulação possui parede estruturalmente otimizada, uma vez que sua resistência aos esforços solicitantes aumenta sem um proporcional acréscimo de sua massa.

O enrolamento das tiras é efetuado por um equipamento de pequeno porte, capaz de fabricar tubos de diferentes diâmetros e comprimentos. Essa simplicidade e versatilidade do processo permite que a fabricação dos tubos seja efetuada na própria obra, quando isto for necessário ou conveniente.



Utilizando-se 5 diferentes tiras de PVC, é possível produzir tubos helicoidais com boa rigidez diametral na faixa entre 200 e 1.200 mm de diâmetro.

As tiras de PVC são produzidas na fábrica da Aqueduto em Cabreúva - SP e acondicionadas em bobinas metálicas que podem armazenar grande quantidade de material. A seguir, essas bobinas são transportadas até o local de fabricação dos tubos, que pode ser na própria fábrica ou em uma localidade próxima da obra.

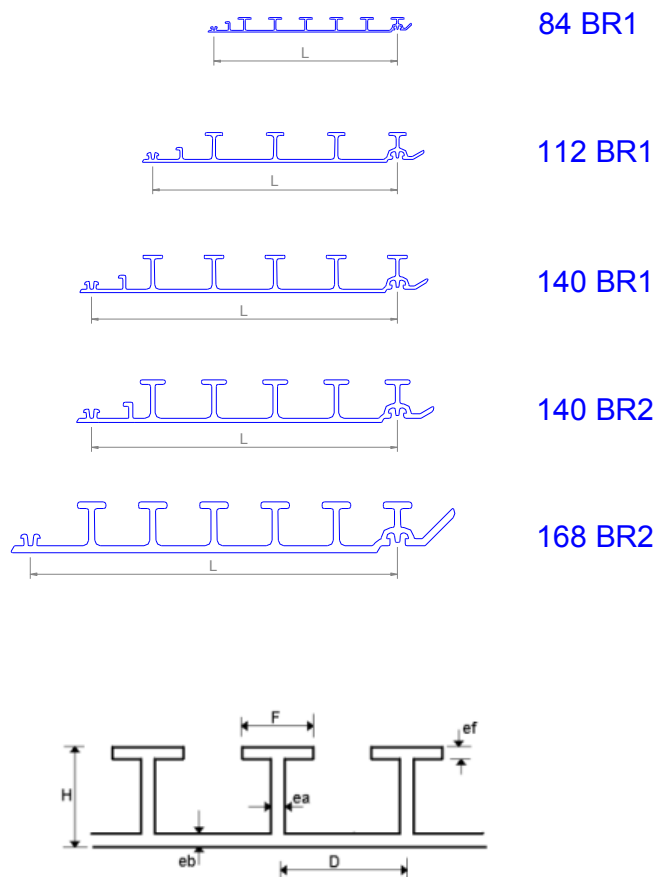
Quando é necessário aumentar a rigidez dos tubos helicoidais ou produzir tubos com diâmetros acima de 1200 mm, as tiras de PVC são reforçadas com um ou mais perfis de aço galvanizado em sua face externa. Esses perfis metálicos, adequadamente conformados nos diâmetros dos tubos a serem produzidos, são encaixados nas nervuras que ficam na superfície externa dos tubos.

São utilizados basicamente dois tipos de reforço metálico: um pequeno na forma de “U” e outros um pouco maiores, na forma de “W”, como mostrado na figura a seguir.



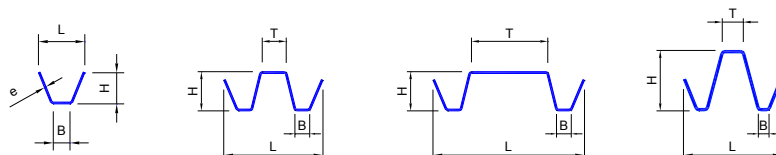
Os reforços metálicos na forma de “U” encaixam-se entre duas nervuras consecutivas, enquanto os reforços na forma de “W” passam sobre os flanges de uma ou duas das nervuras e suas abas divergentes se encaixam nos flanges das nervuras adjacentes. Quando possível, este reforço é posicionado no tubo de modo a recobrir o encaixe macho-e-fêmea das tiras.

As figuras e a tabela abaixo mostram as principais dimensões das tiras perfiladas de PVC utilizadas na fabricação dos tubos helicoidais.



Dimensão			Tira Perfilada				
posição	unidade		84 BR1	112 BR1	140 BR1	140 BR2	168 BR2
Largura da Tira Perfilada	L	mm	84	112	140	140	168
Número de Tês	n	-	6	4	5	5	6
Distância entre Tês	D	mm	14	28	28	28	28
Altura Total da Tira Perfilada	H	mm	6,1	13,5	17	19,5	23,2
Largura da Flange	F	mm	6,2	8	9	13	13
Espessura da Flange	ef	mm	0,8	1,3	1,5	2	3
Espessura da Alma	ea	mm	0,9	1,4	1,6	2,1	2,8
Espessura da Base	eb	mm	0,8	1,3	1,5	2	3,2

A tabela abaixo mostram as principais dimensões dos reforços de aço galvanizado utilizados na fabricação dos tubos helicoidais da Aqueduto.



Dimensão (mm)		A	B	C	D
altura	H	14 a 16	21 a 23	21 a 23	31 a 33
largura	L	24 a 26	50 a 53	80 a 83	50 a 52
base	B	8 a 9	7 a 9	7 a 9	6 a 7
teto	T	-	14 a 17	40 a 43	12 a 13
espessura	e	0,95 a 1,25	0,95 a 1,25	0,95 a 1,25	0,95 a 1,25

A tabela a seguir mostra os diâmetros interno e externo e os pesos aproximados dos tubos helicoidais produzidos com as tiras perfiladas acima apresentadas sem a utilização de reforços de aço galvanizado.

Tira Perfilada	Diâmetro		Peso Aproximado (Kg/m)
	Interno (mm)	Externo (mm)	
84 BR1	200	212	1,5
	250	262	1,9
	300	312	2,2
112 BR1	300	327	3,8
	350	377	4,4
	400	427	5,0
140 BR1	450	477	5,6
	500	534	7,1
	550	584	7,8
140 BR2	600	634	8,5
	650	689	13,4
	700	739	14,4
168 BR2	750	789	15,5
	800	839	16,5
	850	889	17,5
168 BR2	900	946	28,5
	950	996	30,1
	1000	1046	31,7
	1050	1096	33,3
	1100	1146	34,8
	1150	1196	36,4
	1200	1246	38,0

A tabela a seguir mostra os diâmetros interno e externo e os pesos aproximados dos tubos helicoidais produzidos com os reforços de aço galvanizado anteriormente apresentados.

Tira Perfilada	Reforço de Aço		Diâmetro		Peso Aproximado (Kg/m)
	U	W	Interno (mm)	Externo (mm)	
140 BR2	1		900	939	25,1
	1		950	989	26,5
	1		1000	1039	27,5
	1		1050	1089	28,9
	1		1100	1139	30,2
	1		1150	1189	31,6
	1		1200	1239	33,0
	1		1250	1289	37,1
	2		1300	1339	50,3
	2		1350	1389	52,2
		1400	1439	54,1	
		1450	1489	56,1	
168 BR2		1	1500	1552	67,8
		1	1600	1652	72,3
		1	1700	1752	76,9
		1	1800	1872	94,5
		1	1900	1972	99,8
		1	2000	2072	105,0
		1	2100	2172	110,3
		2	2200	2272	115,5
		2	2300	2372	178,3
		2	2400	2472	186,1
		2	2500	2572	193,8
		2	2600	2672	195,8
		2	2700	2772	196,8
		2	2800	2872	197,8
	2	2900	2972	198,8	
	2	3000	3072	199,8	

(qualquer diâmetro múltiplo de 50 mm pode ser fabricado)

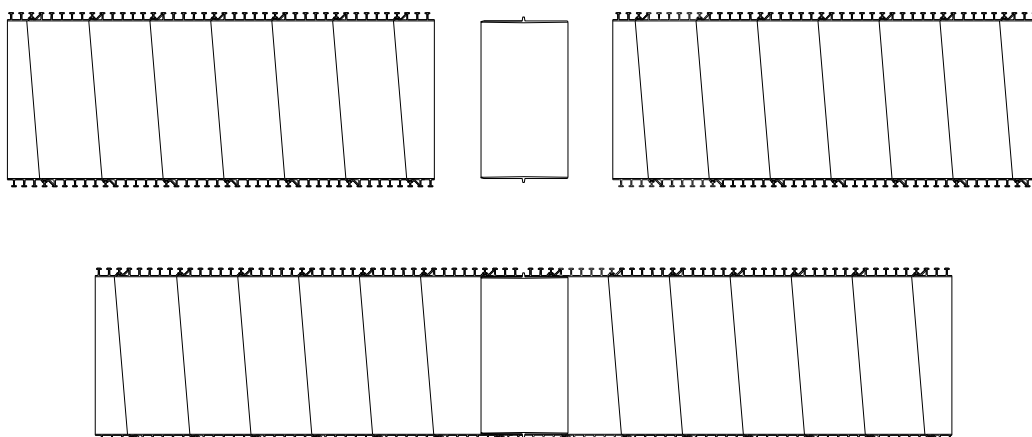
Os tubos helicoidais de PVC são produzidos em barras de grande comprimento, de forma a reduzir o número de juntas entre tubos. Esses comprimentos são geralmente de 4, 6, 8 ou 12 metros, para serem transportados por caminhões ou carretas. No entanto, a depender do diâmetro, é possível produzir tubos de maior comprimento, principalmente quando os tubos são fabricados em obra.





A união entre dois tubos helicoidais é efetuada através de uma luva de emenda, fixada à superfície interna de ambos pela ação de um adesivo. O adesivo promove a soldagem química das superfícies dos tubos e da luva de modo a propiciar a estanqueidade da junta. A luva interna geralmente é confeccionada a partir de uma tira de PVC para emenda especialmente fabricada para esta finalidade. Na verdade, existem duas tiras para emenda: uma para união de tubos até 800 mm e outra para tubos acima de 800 mm.

A figura abaixo ilustra a união entre dois tubos através de uma luva interna fixada a ambos pela ação de adesivo.



## Aplicações

Os tubos helicoidais de PVC fornecidos pela Aqueduto destinam-se à condução de efluentes em regime de escoamento livre, cuja temperatura não ultrapasse 40°C. Devem ser sempre enterrados, seja em valas escavadas no solo firme, seja em aterros bem compactados.

São particularmente adequados para aplicação em sistemas de drenagem pluvial, onde a tubulação opera sob a ação da gravidade, sem pressão hidrostática interna. Podem ser utilizados em coletores-tronco, interceptores ou emissários de esgoto sanitário ou industrial, adutoras de água bruta ou tratada e sistemas de irrigação agrícola que operem em regime de conduto livre.

Admite-se a sua aplicação em sistemas de tubulações sujeitos a pressões hidrostáticas internas eventuais de até 50 kPa, desde que seja verificada a sua resistência às subpressões atuantes.

São também utilizados na construção de reservatórios enterrados para prevenção de enchentes (tanques de retardo) ou ainda reservatórios para água potável, água para combate a incêndios ou água de reuso. Podem ser fornecidos com as paredes perfuradas para utilização em trincheiras de infiltração ou em drenagem sub-superficial (tubos-dreno).

A superfície lisa das paredes internas e o menor número de juntas permitido pelas barras de grande comprimento conferem aos tubos de PVC um excelente desempenho hidráulico. A menor rugosidade em relação aos tubos de concreto ou aço corrugado permite que sejam projetadas tubulações com menores diâmetros e/ou declividades.

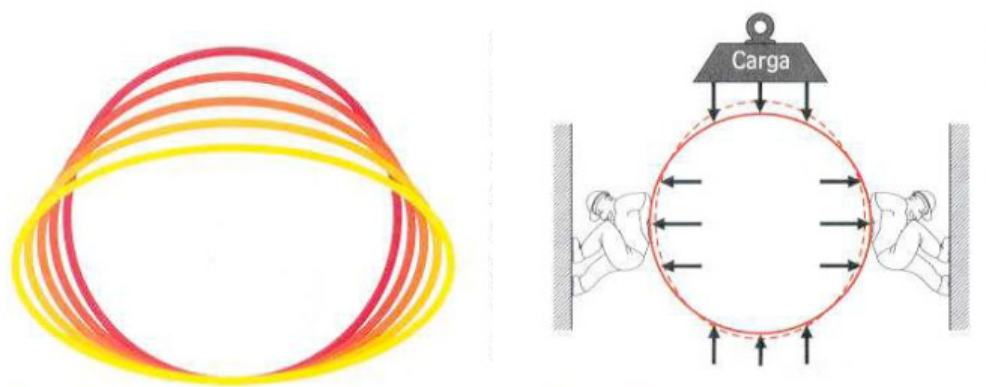
O coeficiente de rugosidade de Manning recomendado para as tubulações de PVC varia entre  $n=0,007$  para pequenos diâmetros e altas velocidades e  $n=0,010$  para grandes diâmetros e baixas velocidades. Ensaio realizado pela FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, com os tubos helicoidais de PVC de 500 mm, indicaram um valor do coeficiente de rugosidade  $n=0,00922$ . A favor da segurança, recomendamos a utilização do coeficiente de rugosidade normalmente utilizado para tubulações de PVC:  $n = 0,010$

Devido à sua baixa rugosidade interna, os tubos helicoidais de PVC são particularmente indicados para a drenagem de terrenos planos, com lençol freático elevado, como é o caso das regiões litorâneas ou ribeirinhas. Essa baixa rugosidade permite reduzir a declividade da tubulação, o que reduz a profundidade das valas e conseqüentemente os custos de escavação, escoramento de valas e rebaixamento do lençol freático.

Os tubos helicoidais de PVC apresentam comportamento estrutural de tubos flexíveis e, portanto, derivam sua capacidade de suportar cargas da interação entre o tubo e o solo que o envolve. Assim, a estabilidade de um tubo flexível enterrado é significativamente controlada pelas propriedades do material de envolvimento.



Sob ação de um carregamento vertical, a seção transversal de um tubo flexível irá deformar-se, ocorrendo uma diminuição do diâmetro vertical e um correspondente aumento do diâmetro horizontal. O movimento horizontal do tubo contra o solo nas laterais da vala desenvolve um empuxo passivo, que dependerá fundamentalmente das características e do estado de compactação em que se encontra este solo de envolvimento.



Portanto, como o material envoltório atua no sistema solo-tubo como um material estruturalmente resistente, este deve ser cuidadosamente selecionado e disposto ao redor do tubo, para que possa desempenhar sua função de acordo com o previsto em projeto.

De modo geral, recomenda-se a utilização de materiais de envolvimento que propiciem um módulo reativo ( $E'$ ) de  $7.000 \text{ kN/m}^2$ .

Apesar de existirem solos de escavação que podem ser aproveitados devido às suas características, o mais comum é importar o material de envolvimento dos tubos. Neste caso, recomenda-se que sejam selecionados materiais preferencialmente granulares e bem graduados, pois permitem alcançar módulos reativos relativamente altos com moderada compactação.

Os materiais recomendados compreendem os solos naturais de classificação GW, GP, SW, SP, GM e SM no sistema unificado de classificação de solos, bem como brita graduada, pedrisco e outros materiais artificiais (processados).

Solos de granulometria fina ou alta plasticidade normalmente são considerados inadequados para o envolvimento de tubos flexíveis.

Os valores obtidos nas experiências de Howard e publicados pelo Bureau of Reclamation, mostram que um módulo reativo ( $E'$ ) de  $7.000 \text{ kN/m}^2$  pode ser obtido utilizando-se:

# AQUEDUTO

Tecnologia em Tubulações

- a) um material granular praticamente sem finos (brita, bica corrida ou areia bem graduada) submetida a uma compactação leve;
- b) um material granular contendo até 25% de finos (pedregulho argiloso, pedregulho arenoso, areia argilosa ou areia siltosa) submetida a uma compactação moderada.

Esses são, portanto, os materiais recomendados para o envolvimento da tubulação. A escolha deve ser efetuada a partir de critérios de disponibilidade e preço dos materiais na região.

Os tubos podem também ser envelopados em concreto ou solo-cimento fluido. Esta opção é muito utilizada quando existe de tráfego pesado sobre **tubulação muito rasa** ou no caso da existência de **aterros muito altos** sobre o tubo.

Neste caso, deve-se tomar precauções para que a tubulação não flutue devido ao empuxo promovido durante o lançamento do solo-cimento fluido ou na vibração do concreto fresco. O lançamento em pequenas camadas ou a ancoragem e escoramento da tubulação são formas de evitar este problema. As figuras a seguir ilustram o envelopamento de tubos helicoidais de PVC.

