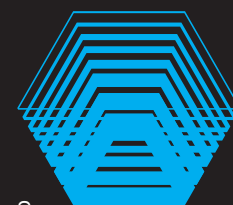




Rua Bela Nápoles, 97 - Vila Leopoldina - CEP 05085-080 - São Paulo - SP - Brasil
Tel.: (11) 3833-6111 - Fax: (11) 3836-7840 - E-mail: protende@protende.com.br - Site: <http://www.protende.com.br>

Av. Dr. Alberto Jackson Byington, 1671 - Vila Menk - CEP: 06276-000 - Osasco - SP - Brasil
Tel: (011) 3601-6007

Av. Tancredo Neves, 274 - Bloco A - S/329 - CEP 41820-021 - Salvador - BA - Brasil
Tel.: (71) 3450-1986 - Fax: (71) 3450-4727 - E-mail: protende@svn.com.br



Catálogo 2.008 - 3ª edição

PROTENDE

SISTEMAS E MÉTODOS





Treliza Protende para cimbramento de vãos até 45 m – Ponte sobre o Rio Sergipe – Aracajú – SE

A Protende - desde 1981 - tem participado das principais obras no Brasil e demais países da América Latina, oferecendo os seguintes serviços:

- Assessoria técnica no detalhamento de projetos;
- Planejamento e métodos executivos das obras;
- Fornecimento de materiais:

 - ancoragens;
 - bainhas metálicas;
 - aparelhos de apoio mecânicos;
 - luvas de emenda;
 - juntas de dilatação;
 - ancoragens para tirantes etc.
- Prestação de serviços técnicos nas obras para as atividades de protensão convencional e também na execução de serviços especializados, tais como:

 - estais para pontes e viadutos;
 - moviment  o e içamento de grandes cargas;
 - reforço de estruturas;
 - projeto e fabricação de estruturas complementares   execução, tais como: f rmas metálicas, pórticos, trelizas para balanços sucessivos etc.

Visando a melhor performance dos projetos de obras e a um melhor aproveitamento das armaduras de protensão, apresentamos, neste **catálogo 2008**, as atuais ancoragens TENSACCIAL disponíveis das séries MTC, MTAI e MTAIE.

Além das ancoragens da série MT, disponibilizamos também as ancoragens de emenda da série MTG, para continuidade de protensão de cabos de média e grande potência e as ancoragens da série UC e do tipo Z para emendas e continuidade de protensão dos cabos de lajes planas.

Cada uma destas séries possui tipos e modelos de ancoragens ativas, passivas e de emendas de cabos (couplers), apresentados nas páginas seguintes, para atender as armaduras compostas de cordoalhas  12,7,  15,2 e  15,7mm disponíveis no mercado. Todas as ancoragens PROTENDE atendem às prescrições da F.I.B. “Federation Internationale du Beton”.



Ponte JK sobre o Lago Paranoá – Brasília - DF



Ponte metálica Wilson Pinheiro – Divisa Brasil Bolívia, Brasília – AC

ÍNDICE - 3  EDIÇÃO - OUTUBRO DE 2008

Protende	4
Armaduras de Protensão	6
Ancoragens Ativas Tipo MTC	7
Ancoragens Ativas Tipo MTAI	8
Nichos e Distâncias entre Ancoragens	9
Ancoragens de Emenda Tipo MTG	10
Ancoragens de Emenda Tipo UC	11
Ancoragens Passivas Tipo LAÇO	12
Protensão Externa	13
Protensão Externa Tipo MTAIE	14
Lajes Protendidas Sem Aderência	15
Lajes Protendidas Com Aderência Tipo MT	16
Ancoragens Centrais Tipo Z	18
Equipamentos de Protensão	19
Outros Serviços	21
Estais	22
Trelizas Protente	26
Monitoramento de Estruturas	27
Outros Produtos	28
Injeções de Calda de Cimento	29
Perdas de Tensão	30

CORDOALHAS - 7 FIOS

Designação ABNT NBR-7483	Diâmetro Nominal	Área Nominal do Aço	Massa Nominal	Carga de Ruptura Mínima	Carga Mínima a 1% de Alongamento	Relaxação Máxima após 1.000 h a 20°C p/ Carga Inicial de	
						70%	80%
						da Carga de Ruptura	
CORDOALHAS	mm	mm²	g/m	kN	kN	%	%
CP. 175 RB	12,7	94,2	744	165,7	149,1	2,5	3,5
CP. 190 RB		98,7	775	187,3	168,6		
CP. 210 RB	12,7	101,4	792	207,2	186,5	2,5	3,5
CP. 190 RB	15,2	140,0	1.102	265,8	239,2	2,5	3,5
CORDOALHAS ENGRAXADAS E PLASTIFICADAS	mm	mm²	g/m	kN	kN	%	%
CP. 190 RB	12,7	98,7	880	187,3	168,6	2,5	3,5
	15,2	140,0	1.240	265,8	239,2		
CORDOALHAS P/ ESTAIS	mm	mm²	g/m	kN	kN	%	%
CP. 177 RB	15,7	150	1.270	260,5	229,2	2,5	3,5

Módulo de elasticidade - 195 ± 10 kN/mm²
Carga mínima a 1% de alongamento, é considerada equivalente a carga de 0,2% da deformação permanente, e corresponde a 90% da carga de ruptura mínima especificada.

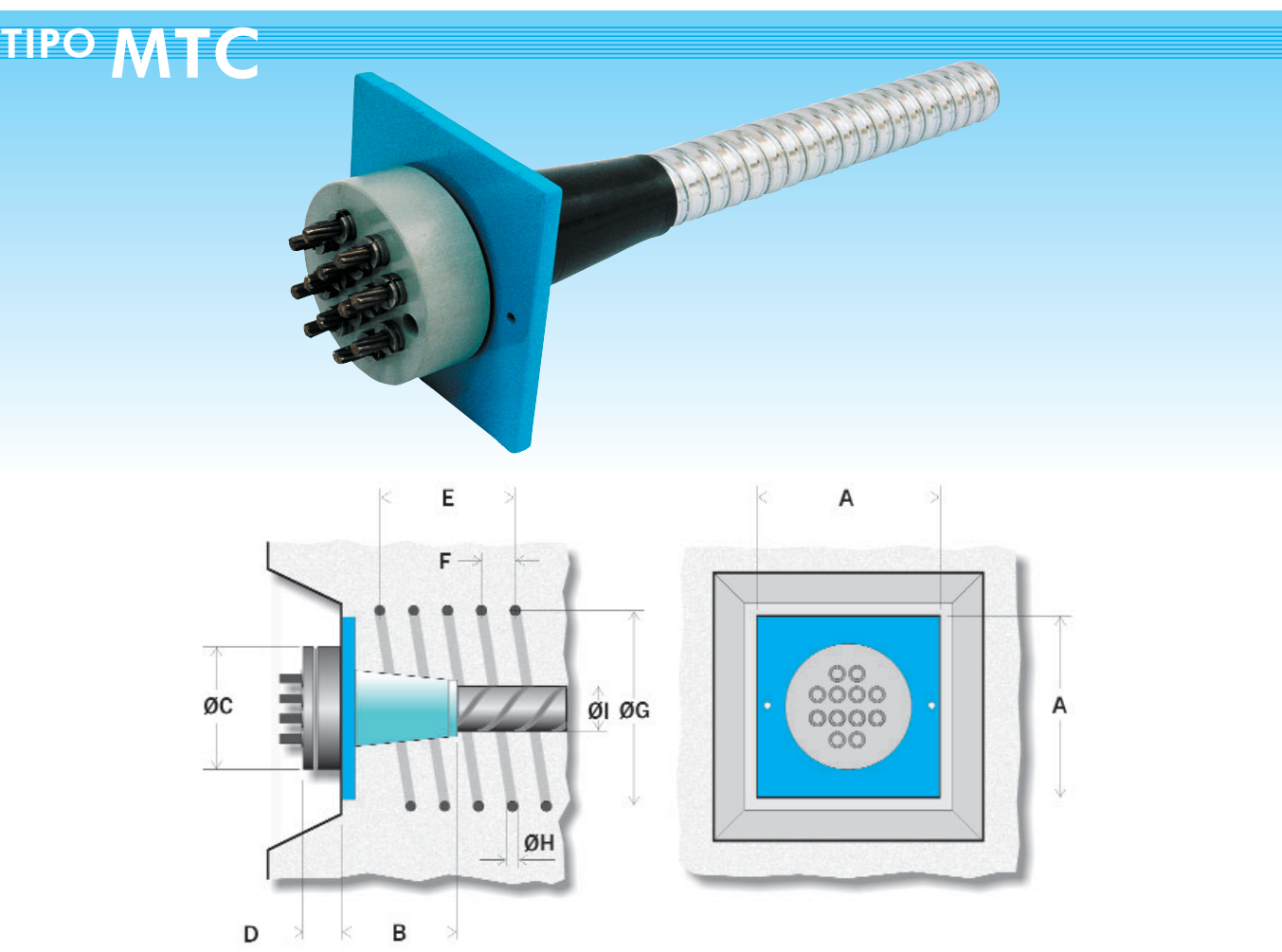
Dimensões sujeitas a modificações

CABOS

Número de Cordoalha do Cabo	Diâmetro Interno Bainha		Consumo de Calda para Injeção				Seção Nominal de Aço do Cabo		Massa Nominal do Cabo	
	mm		Volume l / m		Peso kg / m		mm²		kg	
Un.	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm
2	30	35	0,5	0,7	1,0	1,3	197,4	280,0	1,570	2,204
3	35	40	0,7	0,9	1,3	1,6	296,1	420,0	2,355	3,306
4	40	45	0,9	1,1	1,7	2,0	394,8	560,0	3,140	4,408
5	45	50	1,2	1,3	2,1	2,4	493,5	700,0	3,925	5,510
6	50	60	1,5	2,1	2,6	3,8	592,2	840,0	4,710	6,612
7	55	65	1,8	2,5	3,2	4,5	690,9	980,0	5,495	7,714
8	55	65	1,7	2,3	3,1	4,2	789,6	1.120,0	6,280	8,816
9	60	70	2,1	2,8	3,7	5,0	888,3	1.260,0	7,065	9,918
10	65	75	2,5	3,2	4,5	5,8	987,0	1.400,0	7,850	11,020
11	65	75	2,4	3,1	4,3	5,5	1.085,7	1.540,0	8,635	12,122
12	65	80	2,3	3,6	4,1	6,4	1.184,4	1.680,0	9,420	13,224
15	70	85	2,5	3,8	4,6	6,9	1.480,5	2.100,0	11,775	16,530
16	75	90	3,0	4,4	5,5	7,9	1.579,2	2.240,0	12,560	17,632
18	75	90	2,8	4,1	5,1	7,4	1.776,6	2.520,0	14,130	19,836
19	80	95	3,4	4,7	6,1	8,5	1.875,3	2.660,0	14,915	20,938
20	80	95	3,3	4,6	5,9	8,3	1.974,0	2.800,0	15,700	22,040
21	85	100	3,8	5,2	6,9	9,5	2.072,7	2.940,0	16,485	23,142
22	85	100	3,7	5,1	6,7	9,2	2.171,4	3.080,0	17,270	24,244
24	85	100	3,5	4,8	6,4	8,7	2.368,8	3.360,0	18,840	26,448
25	85	100	3,4	4,7	6,2	8,4	2.467,5	3.500,0	19,625	27,550
27	90	110	3,9	6,1	7,1	11,0	2.664,9	3.780,0	21,195	29,754
30	100	120	5,2	7,6	9,4	13,7	2.961,0	4.200,0	23,550	33,060
31	100	120	5,1	7,4	9,2	13,4	3.059,7	4.340,0	24,335	34,162
37	110	130	6,2	8,6	11,3	15,6	3.651,9	5.180,0	29,045	40,774

Para enfição posterior do cabo, adotar para diâmetro da bainha o diâmetro subsequente.
As dimensões acima são apenas indicativas, em alguns casos devem ser de acordo com os padrões PROTENDE e conforme as condições de execução.

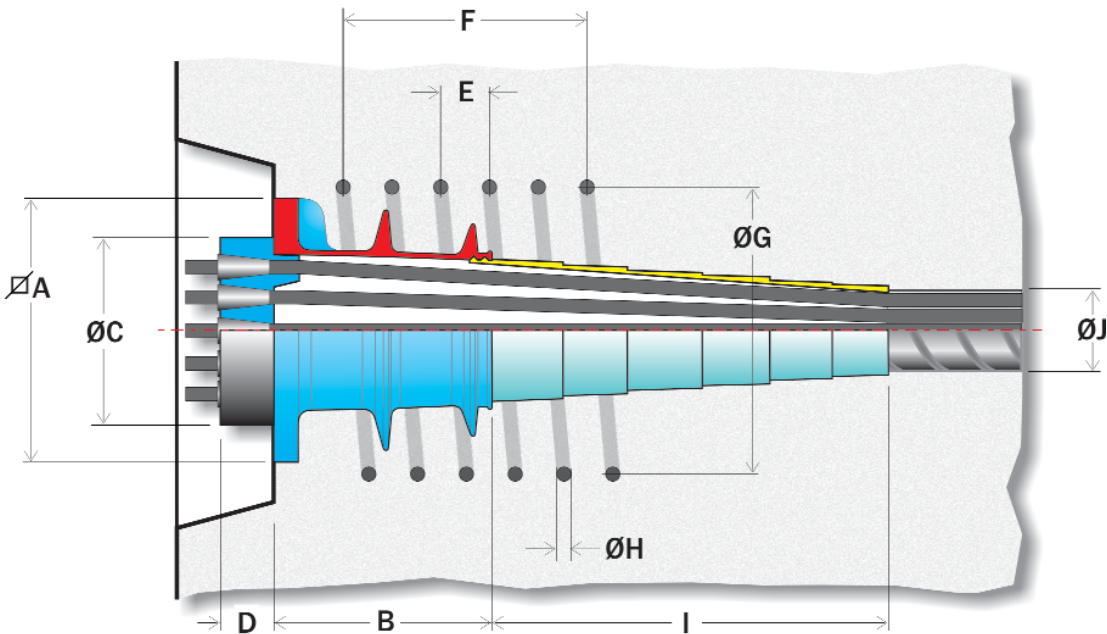
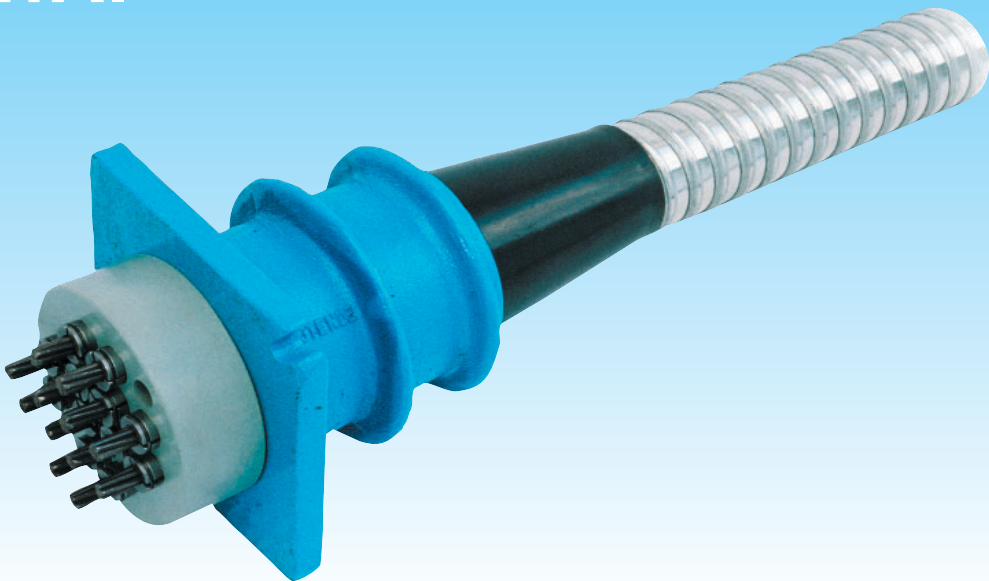
Dimensões sujeitas a modificações



					ARMADURA DE FRETAGEM - CA-25					
Dimensões		A mm	B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	Ø G mm	Ø H mm	I mm
Tipo										
4 MTC 12,7		150	100	100	45	200	50	140	10	40
6 MTC 12,7		180	100	127	50	200	50	170	10	50
7 MTC 12,7		190	100	127	50	250	50	180	10	55
8 MTC 12,7		210	100	140	50	300	50	190	10	55
9 MTC 12,7		220	100	152	50	300	50	200	10	60
10 MTC 12,7		240	210	165	55	300	50	220	10	65
12 MTC 12,7		240	210	165	57	350	50	220	12	65
15 MTC 12,7		290	165	205	60	350	50	270	12	70
19 MTC 12,7		320	300	216	60	400	50	290	12	80
22 MTC 12,7		350	300	229	60	450	60	320	16	85
27 MTC 12,7		400	300	267	75	600	70	410	20	90
31 MTC 12,7		430	475	279	85	600	70	430	20	100
4 MTC 15,2		170	100	110	50	200	50	160	10	45
6 MTC 15,2		210	100	140	55	300	50	190	10	60
7 MTC 15,2		230	100	152	55	350	50	210	12	65
9 MTC 15,2		260	210	179	60	350	50	240	12	70
12 MTC 15,2		300	165	203	70	400	50	280	12	80
15 MTC 15,2		340	300	229	70	450	50	310	12	85
19 MTC 15,2		380	300	229	70	500	50	350	16	95
22 MTC 15,2		420	388	229	75	600	70	430	20	100
27 MTC 15,2		450	475	305	95	650	70	470	20	110

Dimensões sujeitas a modificações

TIPO MTAI

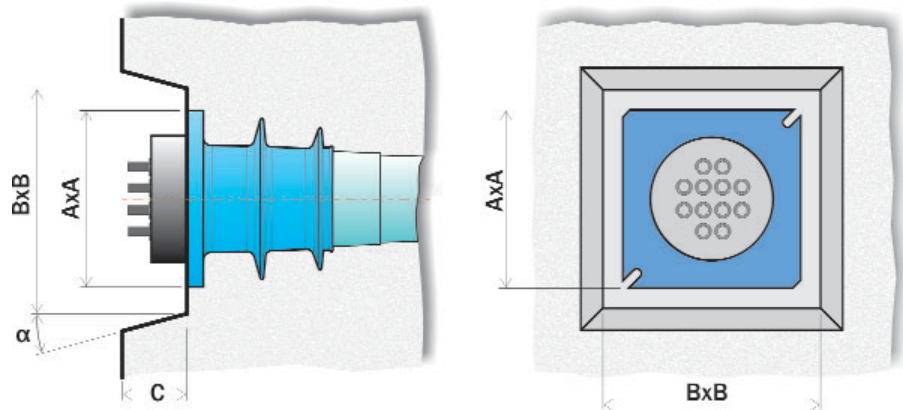


Tipo		ARMADURA DE FRETAGEM - CA-25									
15,2	12,7	Ø A mm	B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	Ø G mm	Ø H mm	I mm	Ø J
4 MTAI 15,2		150	100	114	45	50	300	170	12,5	100	45
7 MTAI 15,2	9 MTAI 12,7	180	120	140	55	60	360	220	12,5	100	65
9 MTAI 15,2	12 MTAI 12,7	200	180	165	57	60	360	250	12,5	210	70
12 MTAI 15,2	15 MTAI 12,7	220	190	165	70	60	420	310	12,5	250	80
15 MTAI 15,2	19 MTAI 12,7	250	208	203	70	65	455	350	12,5	300	85
19 MTAI 15,2	27 MTAI 12,7	280	225	203	75	70	490	400	16	300	95
22 MTAI 15,2		300	240	230	60	70	560	430	16	475	100
27 MTAI 15,2		325	250	250	75	80	640	470	20	475	110
37 MTAI 15,2		400	360	280	85	80	720	580	20	575	130

* Fornecimento sob consulta

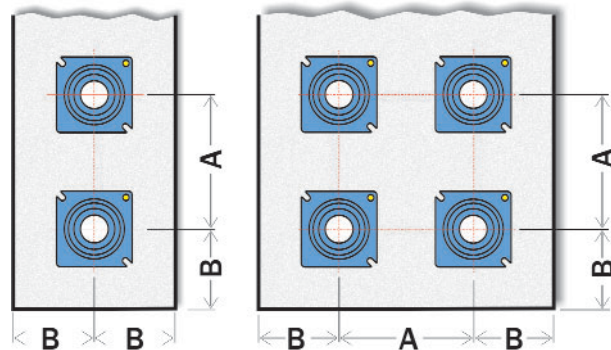
Dimensões sujeitas a modificações

NICHOS PARA ANCORAGENS MTAI



	4MTAI15	7MTAI15	9MTAI15	12MTAI15	15MTAI15	19MTAI15	22MTAI15	27MTAI15	37MTAI15
AxA mm.	150	180	200	220	250	280	300	325	400
BxB mm.	170	200	220	240	270	300	320	345	420
C mm.	100	100	100	120	120	125	125	125	135
deg.	10	10	10	15	15	15	20	20	20

DISTÂNCIA ENTRE CENTROS E BORDAS DE ANCORAGENS MTAI



A - Distância mínima entre os centros (mm)			
fckj, min (MPa)	23	33	43
Tipo			
4 MTAI 15,2	250	205	180
7 MTAI 15,2	330	275	240
9 MTAI 15,2	370	310	270
12 MTAI 15,2	430	360	315
15 MTAI 15,2	480	400	350
19 MTAI 15,2	540	450	395
22 MTAI 15,2	580	485	425
27 MTAI 15,2*	630	540	470
31 MTAI 15,2*	700	601	550
37 MTAI 15,2*	770	665	600

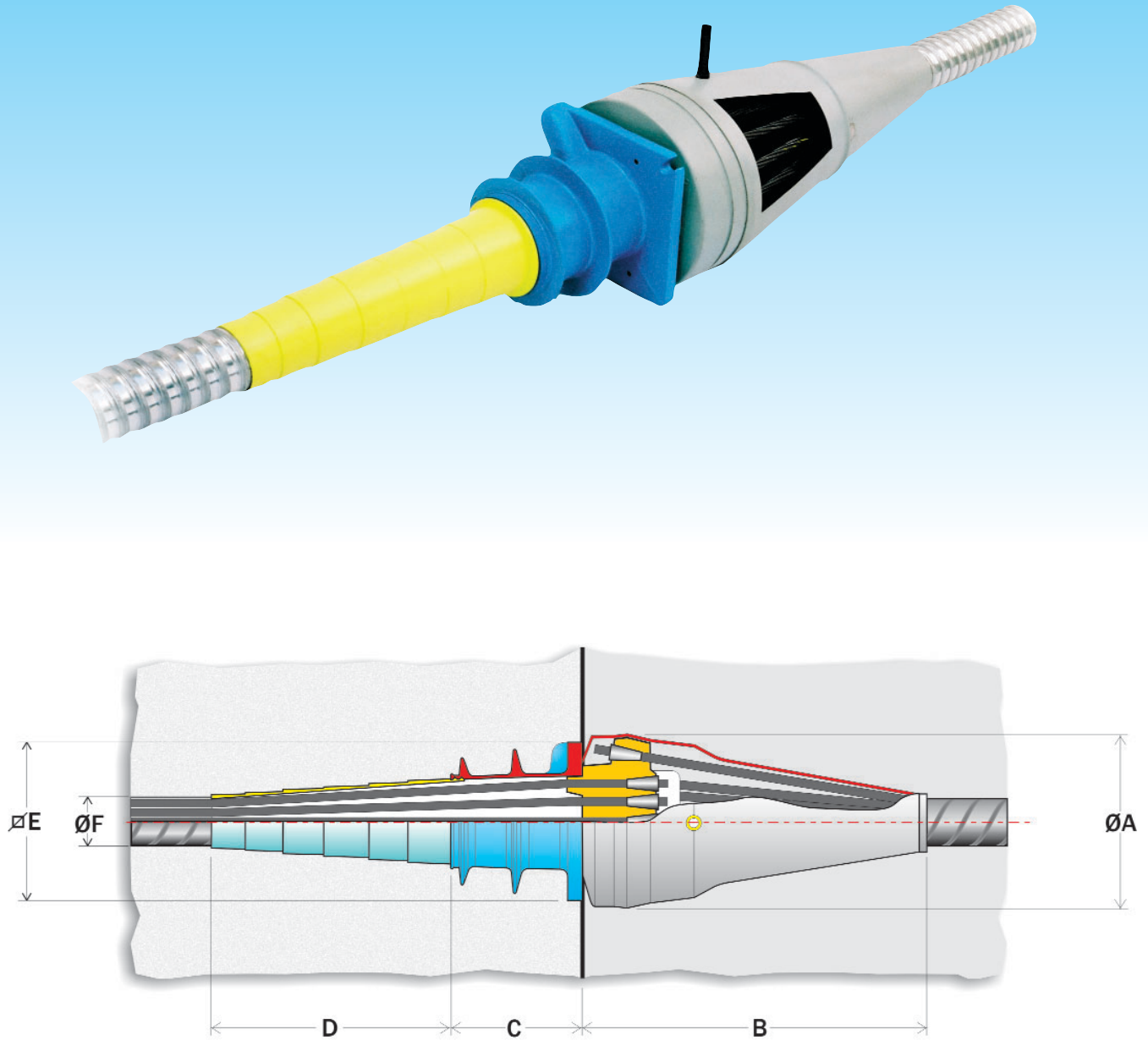
* Fornecimento sob consulta

Dimensões sujeitas a modificações

B - Distância mínima do centro a borda (mm)			
fckj, min (MPa)	23	33	43
Tipo			
4 MTAI 15,2	135	110	105
7 MTAI 15,2	175	150	135
9 MTAI 15,2	210	180	160
12 MTAI 15,2	240	200	180
15 MTAI 15,2	265	230	205
19 MTAI 15,2	290	250	225
22 MTAI 15,2	325	270	245
27 MTAI 15,2	360	310	270
31 MTAI 15,2	380	320	285
37 MTAI 15,2	420	350	310

Dimensões sujeitas a modificações

TIPO MTG

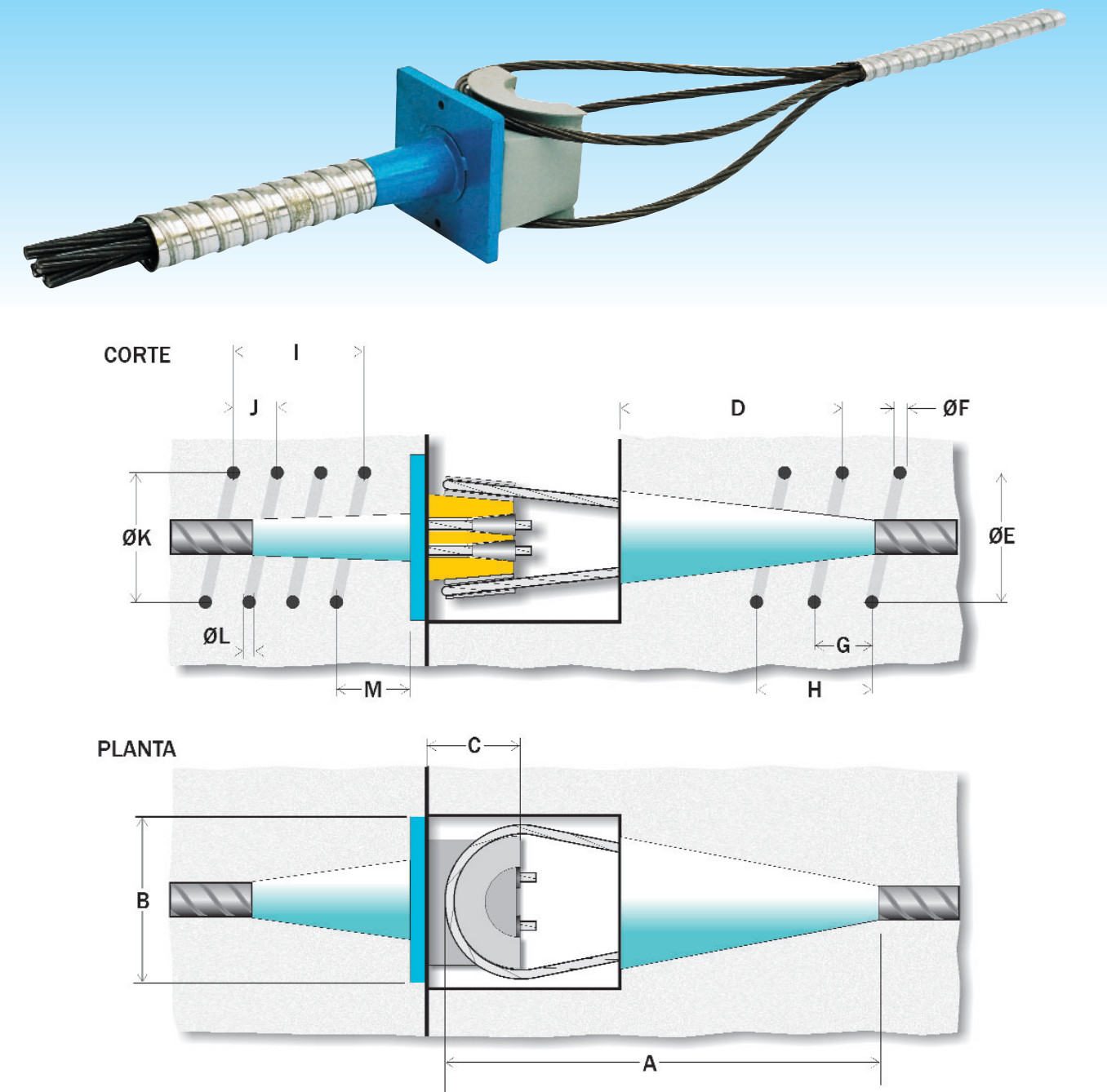


Tipo		Ø A mm	B mm	C mm	D mm	Ø E mm	Ø F	
15,2mm	12,7mm						15,2mm	12,7mm
7 MTG 15,2	9 MTG 12,7	165	380	120	100	180	65	60
9 MTG 15,2	12 MTG 12,7	243	400	180	210	200	70	65
12 MTG 15,2	15 MTG 12,7	266	420	190	165	220	80	70
15 MTG 15,2	19 MTG 12,7	305	450	208	300	250	85	80
19 MTG 15,2	27 MTG 12,7	305	450	225	300	280	95	95
22 MTG 15,2*		320	450	240	475	300	100	85
27 MTG 15,2*		340	480	250	475	325	110	-
37 MTG 15,2*		400	530	360	575	400	130	-

* Fornecimento sob consulta

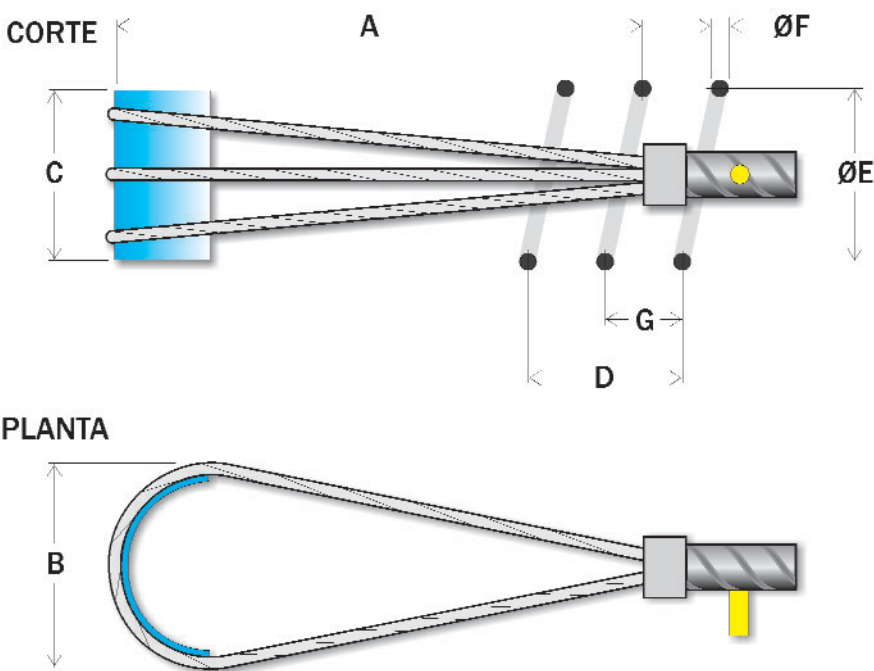
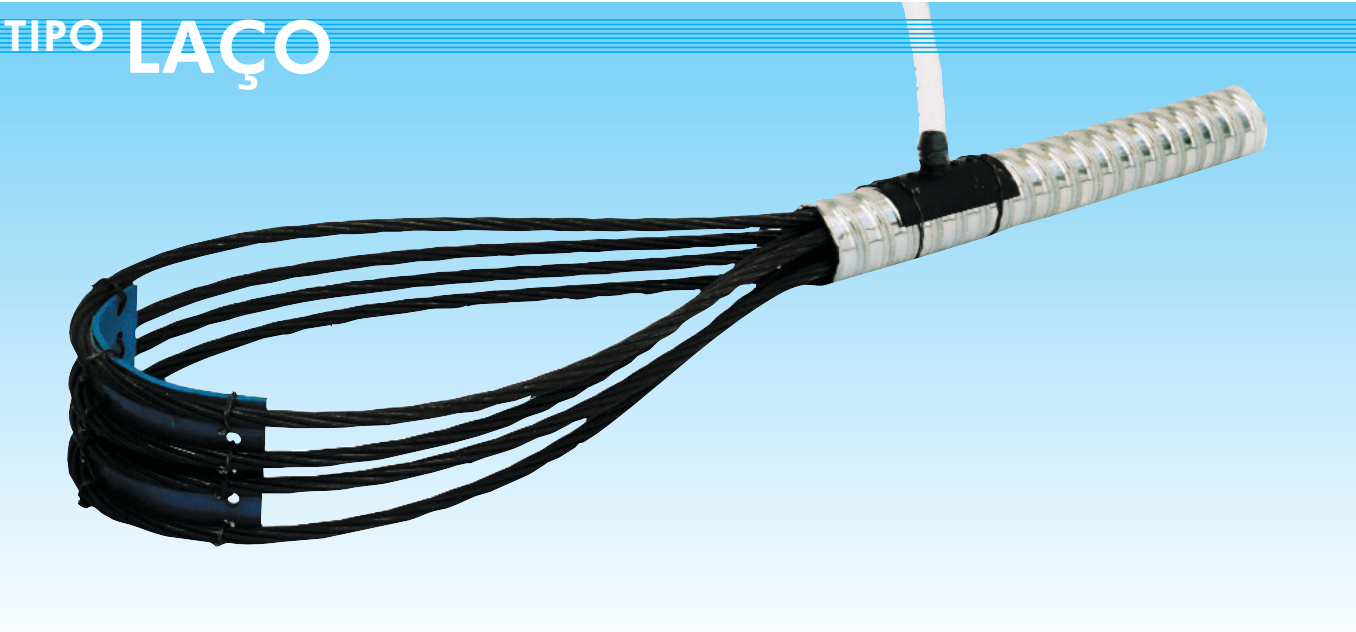
Dimensões sujeitas a modificações

TIPO UC



ARMADURA DE FRETAGEM - CA-25													
Tipo	Dimensões	A mm	B mm	C mm	D mm	Ø E mm	Ø F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	Ø K mm	Ø L mm
2 UC 12,7		65	105 x 135	100	320	100	10	50	150	200	50	140	10
4 UC 12,7		65	115 x 235	100	320	100	10	50	150	200	50	140	10
2 UC 15,2		65	120 x 165	100	320	100	10	50	150	200	50	140	10
4 UC 15,2		65	130 x 255	100	320	100	10	50	150	200	50	140	10

Dimensões sujeitas a modificações



		ARMADURA DE FRETAGEM - CA-25						
Tipo	Dimensões	A mm	B mm	C mm	D mm	Ø E mm	Ø F mm	G mm
2 L 15,2		600	250	-	150	100	10	50
4 L 15,2		600	250	100	150	100	10	50
6 L 15,2		600	250	150	200	100	10	50
8 L 15,2		600	250	200	200	100	10	60
10 L 15,2		600	250	250	250	150	10	60
12 L 15,2		600	250	300	250	150	12	60
14 L 15,2		600	250	350	250	150	12	60
16 L 15,2		600	250	400	300	200	12	60
18 L 15,2		600	250	450	300	200	14	70
20 L 15,2		600	250	500	300	200	14	70

Para cordoalha de 12,7 mm as dimensões podem ser reduzidas

Dimensões sujeitas a modificações

TECNOLOGIA E PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

A tecnologia de proteção dos cabos externos difere-se de acordo com a concepção dos mesmos: substituíveis ou permanentes.

Em cabos substituíveis oferecemos várias soluções:

- Pode-se manter o princípio da injeção de nata de cimento, prevendo-se neste caso um duplo invólucro na região das ancoragens e nos pontos de desvio dos cabos, para possibilitar a desmontagem eventual dos mesmos.
- Pode-se injetar um produto elástico, flexível, maleável, como graxa ou cera de origem petroquímica.
- Pode-se proteger individualmente as cordoalhas com graxa ou cera e encapá-las com um duto de polietileno de alta densidade por extrusão, e posteriormente agrupá-las dentro de um duto bainha, que poderá ser injetado com nata de cimento antes da operação de protensão.

POSSIBILIDADE DE CONTROLE E DE REGULAGEM DA TENSÃO

Além da possibilidade de desmontagem, a injeção por meio de um produto elástico oferece diferentes possibilidades:

- Controle e regulagem periódica da tensão, utilizando por exemplo ancoragens com cabeça rosqueada.
- Distensão completa das ancoragens e cordoalhas, lançando mão do recurso de clavetes especiais, não cortando as extremidades das armaduras e protegendo-as a partir das ancoragens por meio de tampas alongadas. Devemos observar que essas vantagens complementares são de um interesse limitado, o que deverá ser debatido no decorrer de cada projeto.

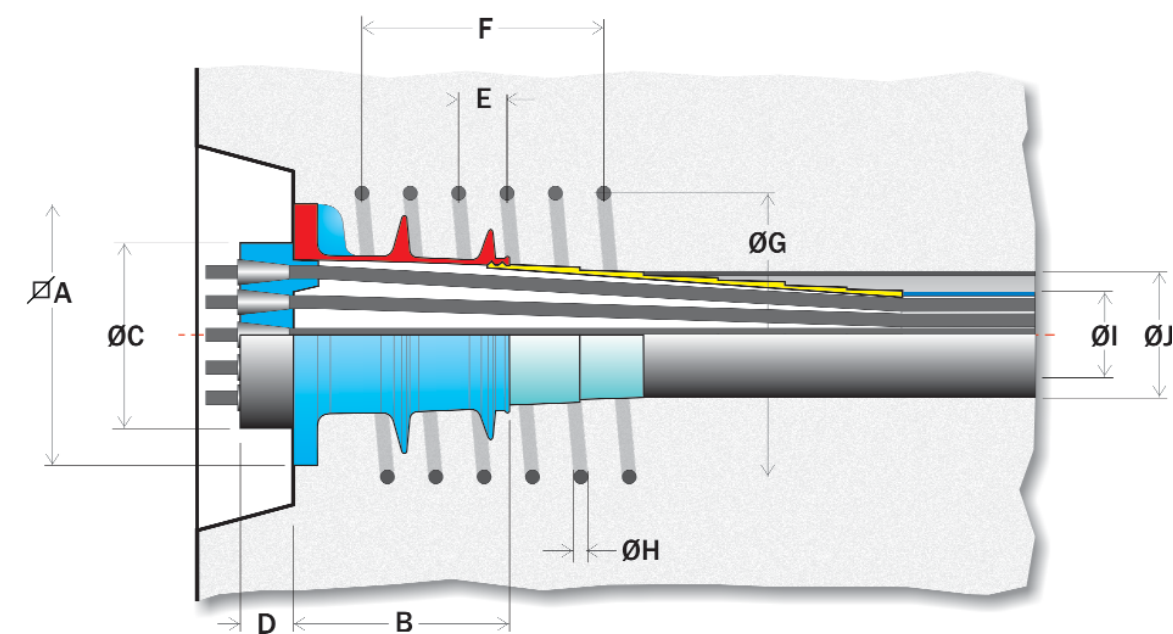
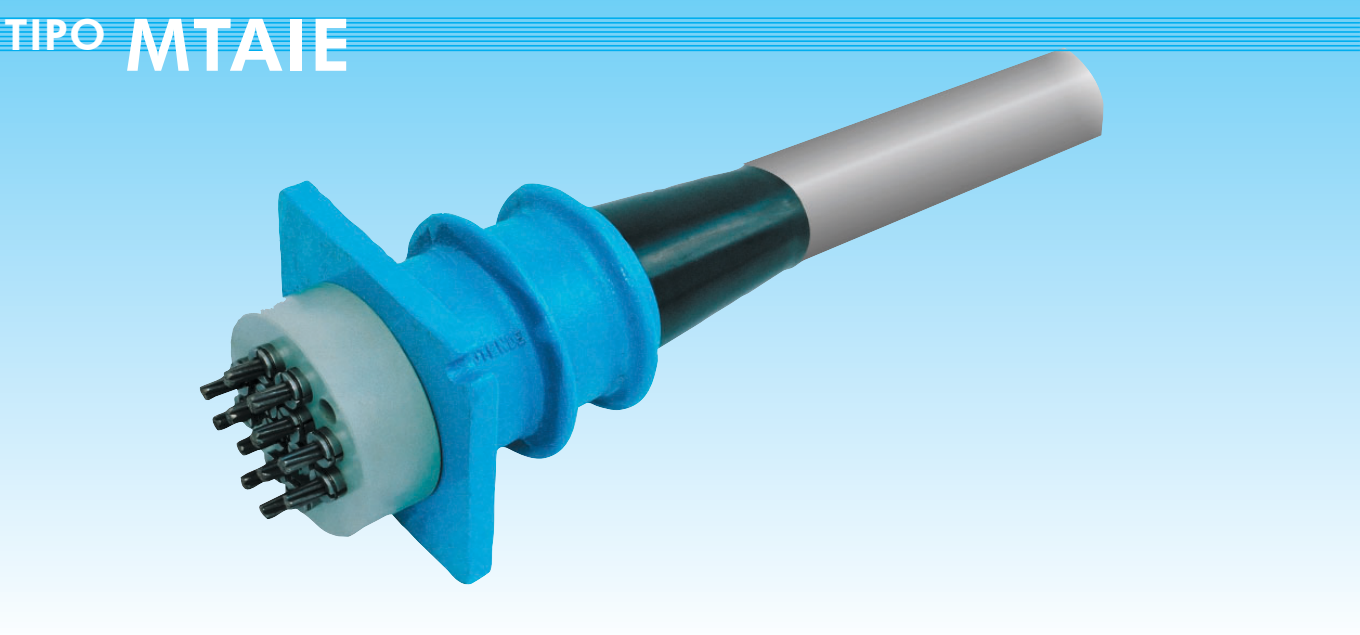


AGRUPAMENTO DAS MONOCORDALHAS NO INTERIOR DE UM DUTO DE HDPE

O diâmetro interno desse tubo, que aloja o conjunto das monocordalhas embainhadas e engraxadas, deve ser ligeiramente superior ao diâmetro da bainha que seria utilizada para um cabo de protensão tradicional de mesma capacidade de força.

Unidade de Protensão	Dutos de Polietileno (mm)	
	Diâmetro Interno	Diâmetro Externo
4 Ø 15,2 mm	60	65
6 Ø 15,2 mm	70	75
9 Ø 15,2 mm	87	92
12 Ø 15,2 mm	95	100
20 Ø 15,2 mm	100	120

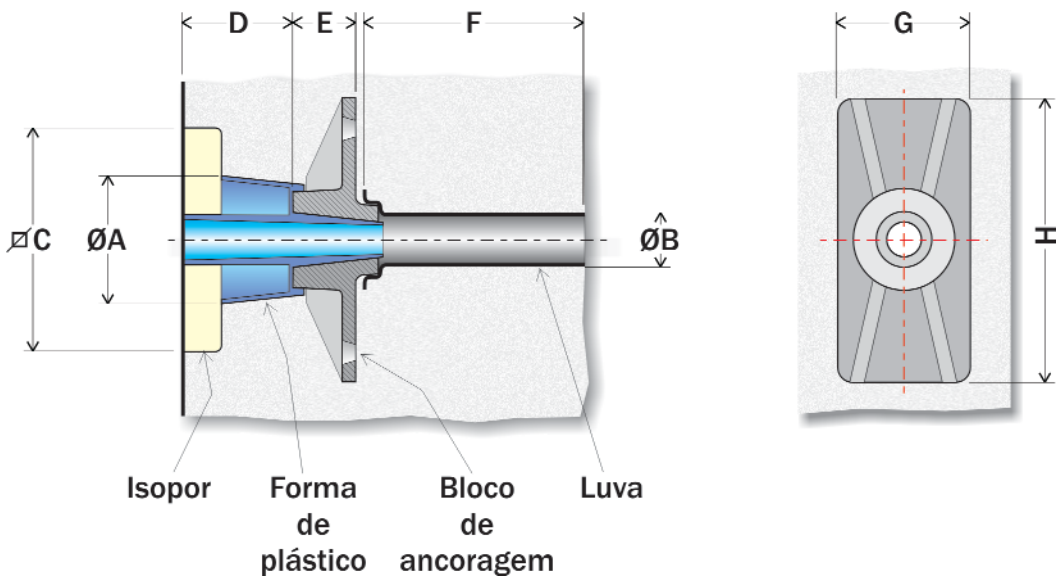
Dimensões sujeitas a modificações



ARMADURA DE FRETAGEM - CA-25										
Tipo	Dimensões	Ø A mm	B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	Ø G mm	Ø H mm	Ø I mm
9 MTAIE 15,2		200	180	165	57	60	360	250	12,5	75/4,3
12 MTAIE 15,2		220	190	165	70	60	420	310	12,5	90/5,1
15 MTAIE 15,2		250	208	203	70	65	455	350	12,5	90/5,1
19 MTAIE 15,2		280	225	203	75	70	490	400	16	110/6,3
27 MTAIE 15,2*		325	250	250	75	80	640	470	20	125/7,1
37 MTAIE 15,2*		400	360	280	85	80	720	580	20	140/8,0

* Fornecimento sob consulta

ANCORAGENS PARA CORDOALHA ENGRAXADA



Tipo	Dimensões	Ø A mm	Ø B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm
1 Ø 12,7		58,9	24,3	100	49	28	100	60	130
1 Ø 15,2		76,6	22,8	100	68	30	53	80	150

Dimensões sujeitas a modificações



Laje com armaduras de cabos aderentes

LAJES PROTENDIDAS COM ADERÊNCIA

ANCORAGENS TENSACCIAI



Edifício Onix - São Paulo - SP



Detalhe da armadura de punção



WTC - São Paulo

LAJES PROTENDIDAS COM ADERÊNCIA

As lajes protendidas com aderência têm sua aplicação destacada em: edificações verticais de múltiplo uso (residencial, comercial, pisos industriais, pontes e viadutos.

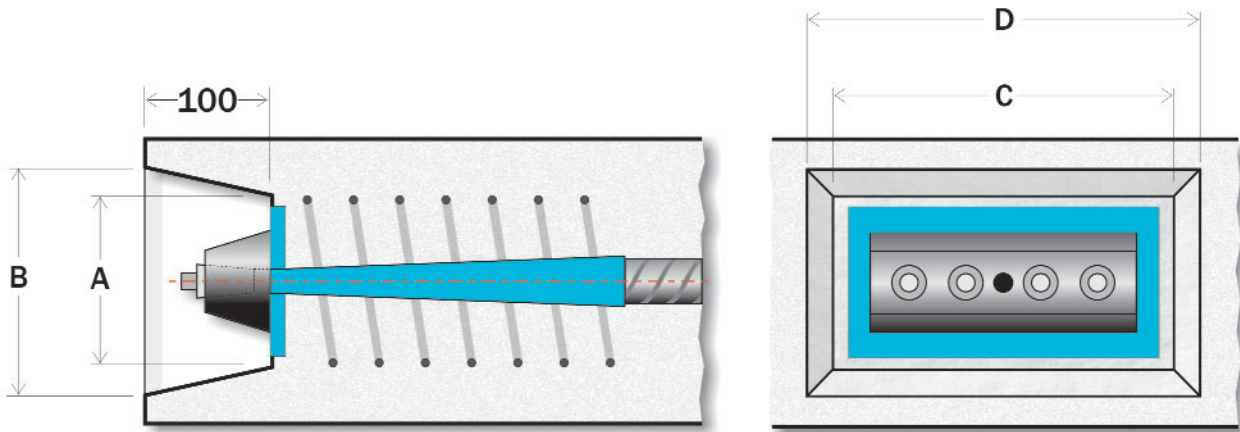
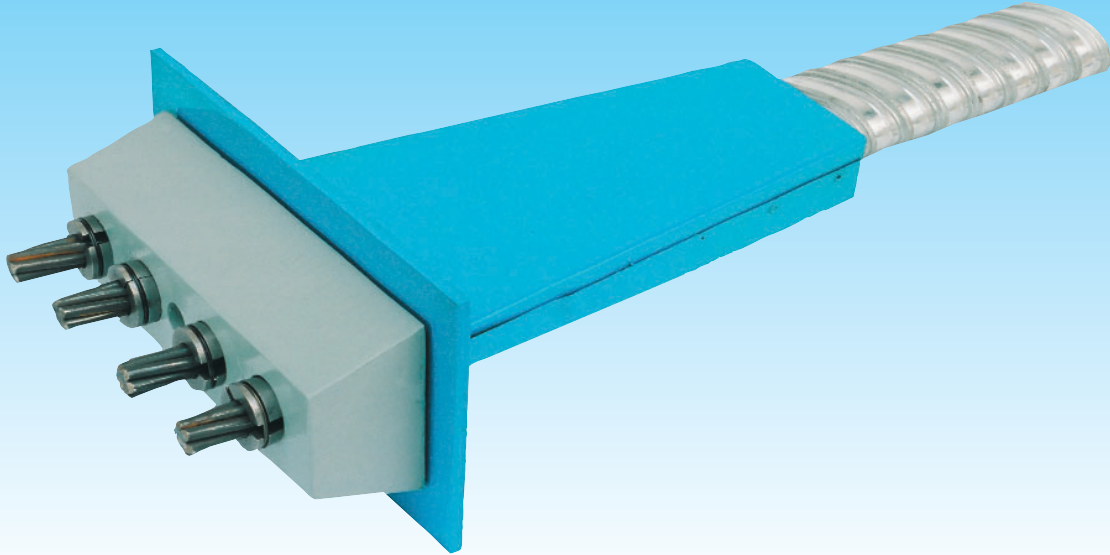
As ancoragens disponíveis para as armaduras de protensão de lajes são as de série MT e as centrais do Tipo Z. Podendo as mesmas serem utilizadas com cordoalhas de 12,7 e ou 15,2 mm.

Ancoragens MT	Cordoalha RB - 190	Dimensões das Ancoragens (mm)	Seção das Bainhas (mm)
1 Ø	12,7 mm	100 x 100	19 x 36
	15,2 mm		22 x 32
2 Ø	12,7 mm	100 x 130	19 x 36
	15,2 mm	115 x 160	22 x 32
3 Ø	12,7 mm	110 x 185	19 x 48
	15,2 mm	125 x 205	22 x 55
4 Ø R*	12,7 mm	110 x 230	19 x 62
	15,2 mm	125 x 250	22 x 73
4 Ø Q**	12,7 mm	160 x 160	19 x 62
	15,2 mm		22 x 73

* Retangular / ** Quadrada

Dimensões sujeitas a modificações

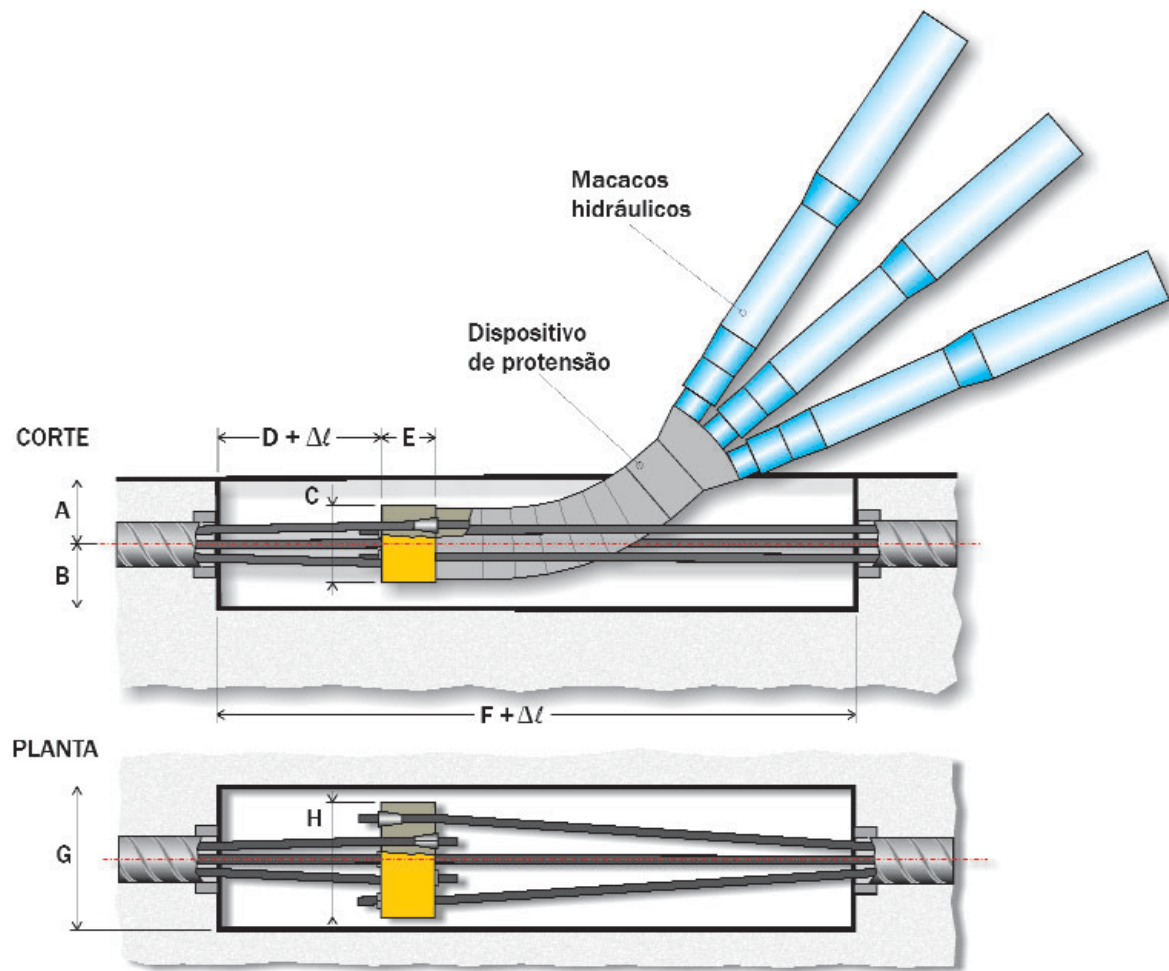
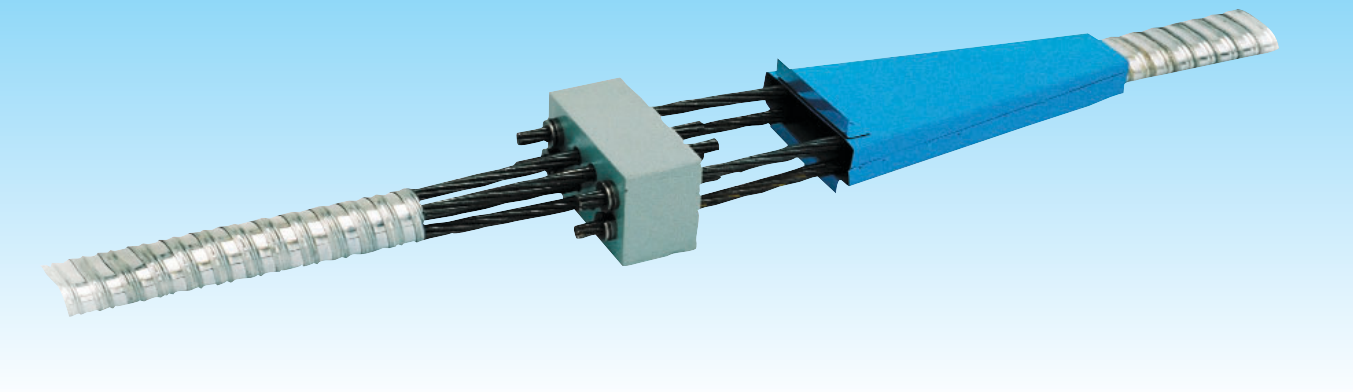
TIPO MT



NICHOS				
Dimensões	A mm	B mm	C mm	D mm
Tipo				
2 MT 12,7	105	145	135	175
3 MT 12,7	115	155	190	230
4 MT 12,7	115	155	235	275
2 MT 15,2	120	160	165	205
3 MT 15,2	130	170	210	250
4 MT 15,2	130	170	255	295

Dimensões sujeitas a modificações

TIPO Z



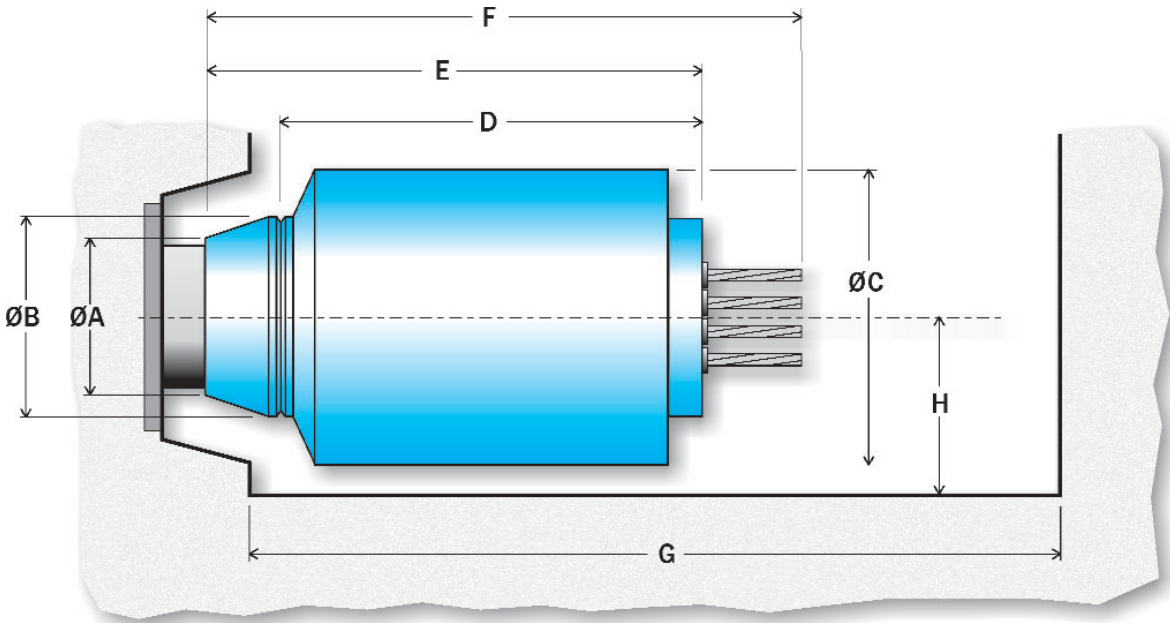
Dimensões	A e B	C	D	E	F	G	H
Tipo	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2 Z 15,2	55	90	100	70	560	170	140
4 Z 15,2	60	100	160	80	710	200	170
6 Z 15,2	80	140	230	100	860	240	210
8 Z 15,2	85	150	320	130	950	300	270
12 Z 15,2	90	160	400	160	1200	330	300

Δl = Alongamento do cabo

$A = \frac{C}{2} + \text{cobrimento}$

Dimensões sujeitas a modificações

MÚLTIPLA TENSÃO

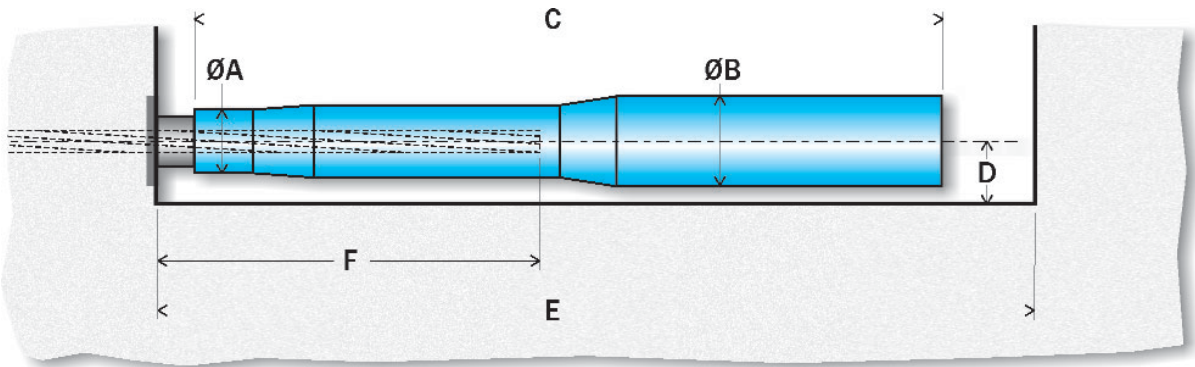


Macaco Protensão Tipo AMC	Seção do Pistão (cm²)	Abrangência de Utilização para Ancoragens		Peso (kg)	Ø A mm	Ø B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm
		Ø 12,7 mm	Ø 15,2 mm									
AMC - 115	230	4 a 7	4 a 6	110	150	180	270	460	570	800	1100	150
AMC - 200	400	7 a 12	6 a 9	202	180	230	340	480	600	800	1200	200
AMC - 250	566	13 a 15	10 a 13	390	210	270	410	500	620	800	1300	240
AMC - 400	711	12 a 22	9 a 19	400	250	300	460	530	650	850	1500	250
AMC - 540	1066	22 a 31	19 a 27	834	300	390	610	580	700	890	1700	330

Dimensões sujeitas a modificações

MACACOS DE PROTENSÃO

MONO TENSÃO



Modelo de Macaco	Seção do Pistão (cm²)	Curso do Pistão (mm)	Abrangência de Utilização	Peso (kg)	Ø A mm	Ø B mm	C mm	D mm	E mm	F mm
MT 25 / 100 MT 25 / 200	47,2	100 200	Ø 12,7 e 15,2 mm	20 30	650	100	600 960	60	700 1100	350

Dimensões sujeitas a modificações

MOVIMENTAÇÃO DE GRANDES CARGAS E ESTRUTURAS

Sequência do abaixamento do bloco de fundação da Ponte JK - Brasília - DF, com carga aproximada: 2.500 tf



1ª fase



2ª fase



3ª fase



4ª fase

Após anos de estudos e ensaios as empresas TENSACCIAI e PROTENDE desenvolveram o sistema “TSR” para cabos e pontes estaiadas.

O sistema “TSR” consiste de um cabo formado por um feixe de cordoalhas paralelas, fixado em uma extremidade com uma ancoragem ativa (regulável), e na outra uma ancoragem passiva (fixa).



Estaiada sobre o Rio das Ostras - RJ

O sistema é inteiramente protegido através de processos especiais contra corrosão.

Para a proteção das cordoalhas individuais os seguintes sistemas são disponíveis:

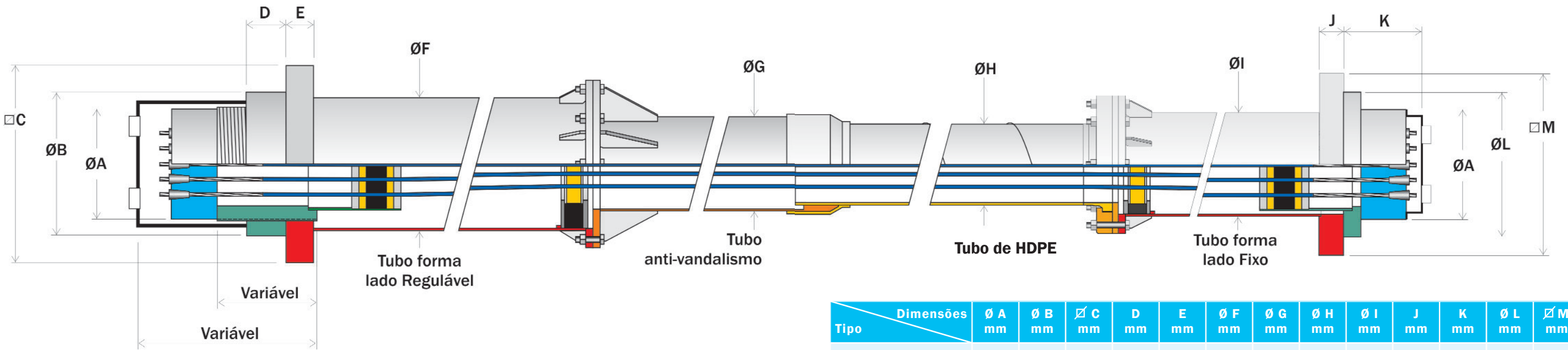
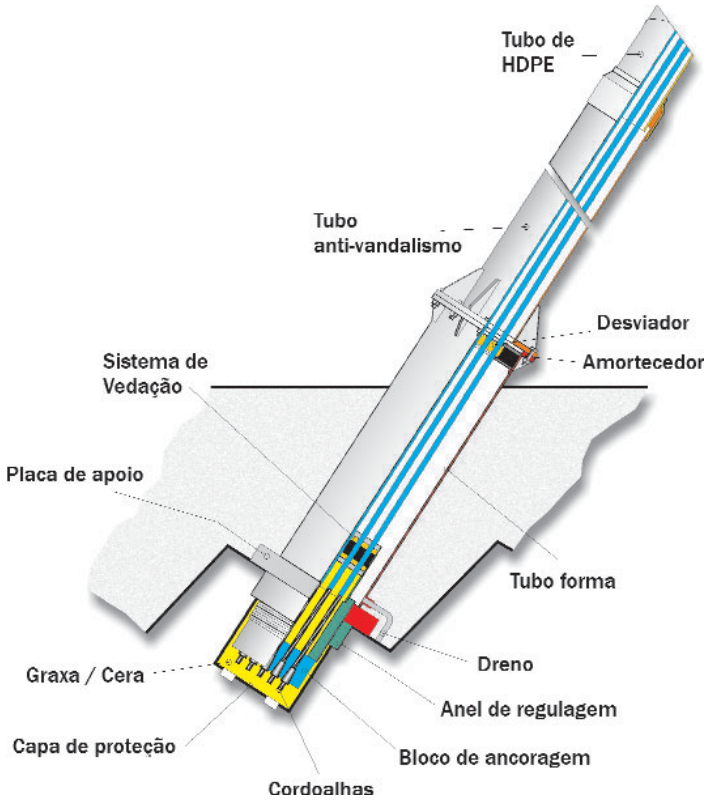
- galvanização;
- encapamento em HDPE;
- encapamento em HDPE com cera.

É possível também adotar uma combinação destas três soluções.

O feixe de cordoalhas é protegido através de um tubo rígido de HDPE ou aço, injetado com nata de cimento ou cera. Desta forma todas as cordoalhas têm no mínimo três barreiras de proteção.

As vantagens do sistema “TSR” são as seguintes:

- economia;
- durabilidade;
- possibilidade de verificação e regulagem dos cabos;
- possibilidade de troca dos cabos;
- flexibilidade, facilmente adaptada para qualquer projeto;
- alta resistência à fadiga;
- proteção contra corrosão.



Tipo	Dimensões	Ø A mm	Ø B mm	Ø C mm	D mm	E mm	Ø F mm	Ø G mm	Ø H mm	Ø I mm	J mm	K mm	Ø L mm	Ø M mm
19 TSR 15,7		215	294	380	70	60	270	168,3	140	219,1	50	165	275	350
31 TSR 15,7		249	348	470	85	60	323,8	219,1	180	273,0	60	180	370	440
37 TSR 15,7		270	365	490	100	70	323,8	273,0	200	273,0	70	200	370	480
55 TSR 15,7		308	408	570	115	80	355,6	273,0	225	323,8	80	225	400	570
61 TSR 15,7		326	426	600	120	80	355,6	323,8	250	323,8	80	250	421	590
73 TSR 15,7		380	496	680	145	95	457,2	323,8	280	355,6	85	250	500	630
91 TSR 15,7		430	560	750	160	110	508	355,6	315	406,4	85	280	550	700
109 TSR 15,7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
127 TSR 15,7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Para estais acima de 91 cordoalhas consultar nosso departamento técnico

Dimensões sujeitas a modificações

OBSERVAÇÕES

Para informações detalhadas sobre ancoragens e cabos para estais nosso departamento técnico deverá ser consultado.



Ponte Otávio Frias de Oliveira sobre o Rio Pinheiros - São Paulo - SP

TRELIÇA CIMBRAMENTO



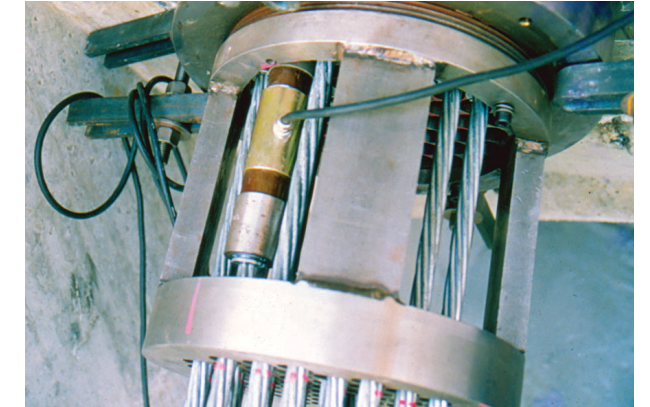
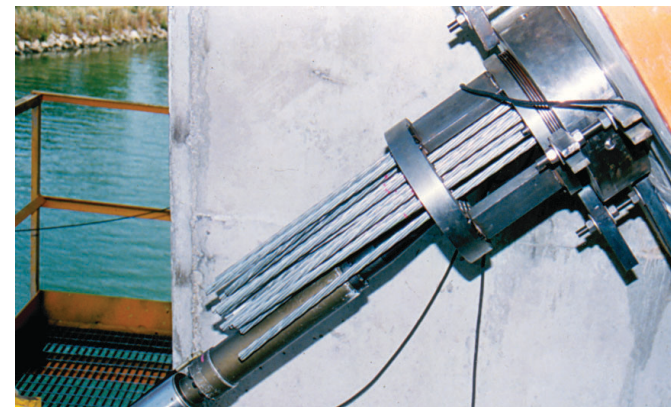
TRELIÇAS PARA BALANÇOS SUCESSIVOS



TRELIÇA PARA IÇAMENTO DE ADUELAS



SISTEMA PROTENDE DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

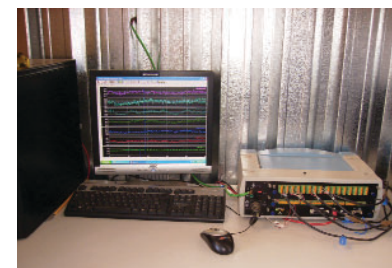


Célula Carga

A qualidade dos sistemas de protensão está relacionada ao controle das forças durante a montagem das peças ou da estrutura, o que possibilita a imediata resposta da estrutura durante a construção.

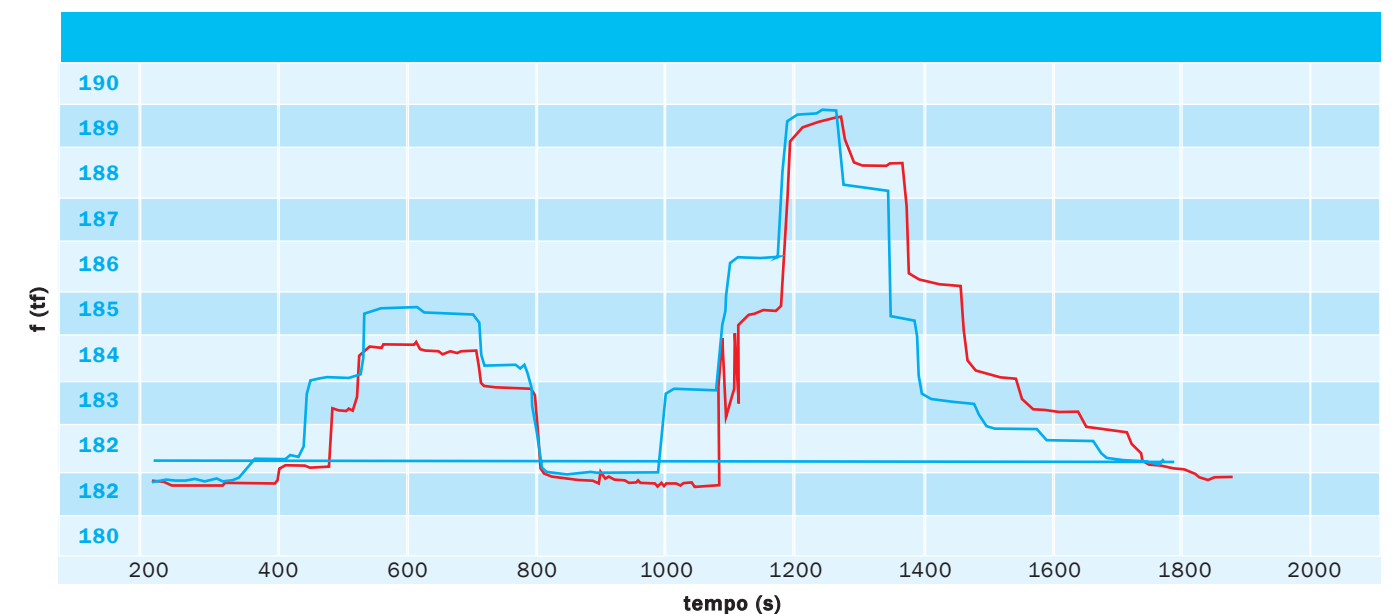
O controle desse processo garante ao construtor a aplicação das forças especificadas em projeto, além de possibilitar o acompanhamento de todas as fases da montagem da obra. O Sistema Protende de Monitoração em Tempo Real (SPMTR) emprega, em suas montagens, além de equipamentos hidráulicos básicos tais como macacos e bombas, as células de carga para monocordalha, o que possibilita a determinação imediata da real carga aplicada nas ancoragens.

Essa técnica tem reduzido o tempo de montagem das estruturas, além de garantir ao cliente implantação efetiva das forças projetadas. Esses equipamentos são portáteis, de fácil manipulação durante as fases da construção, não exigindo instalações especiais para sua operação. Esses dispositivos são também adequados aos mais diversos arranjos estruturais de protensão encontrados na prática corrente da Engenharia Civil.



Equipamentos de monitoramento

A montagem de estruturas com monitoração em tempo real é uma ferramenta desenvolvida em parceria pela PROTENDE e o LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais. Os equipamentos do SPMTR estão apresentados nas figuras desta página.



JUNTAS DE DILATAÇÃO

DE 50 A 800 mm



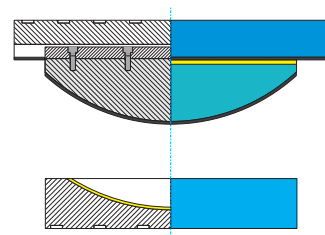
LUVAS DE EMENDAS

ROSQUEADAS E PRENSADAS

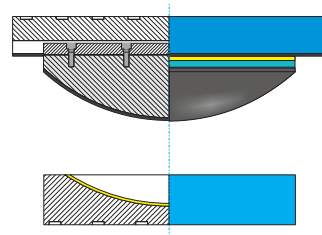


APARELHOS DE APOIO MECÂNICOS

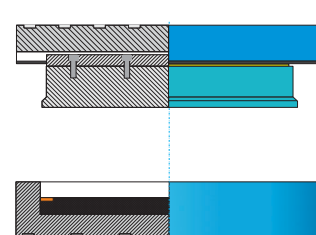
CERNOFLON



RUNDFLON



VASOFLON



Disponíveis nas versões: fixos, unidirecionais e multidirecionais.
Para maiores informações solicite catálogo específico.

INJEÇÃO DAS ARMADURAS DE PROTENSÃO

A finalidade da nata de injeção é garantir uma proteção eficaz das armaduras protendidas contra a corrosão e garantir a ligação mecânica das armaduras protendidas com o concreto.

Para injetar-se perfeitamente, é necessário dispor de uma nata que tenha as seguintes qualidades: ausência de agentes agressivos, fluidez suficiente durante toda a injeção, boa estabilidade, pouca retração, resistência mecânica conveniente e pouca absorção capilar.

Diversos parâmetros influenciam a qualidade das natas, dentre os quais podemos citar: a natureza, a idade e a temperatura do cimento, a temperatura da água, as condições de mistura, a temperatura ambiente e a temperatura no interior da bainha.

A NBR 14931 de 2004 em seu anexo B normatiza a execução da injeção da calda de cimento em concreto protendido com aderência posterior.

Conforme os itens B.5.1.3.2 e B.5.1.3.6 da referida norma, os equipamentos de injeção e seus acessórios devem resistir a pressão mínima de 15 Kgf/cm². O item B.8.2.4 define a injeção de forma contínua e regular em uma pressão inferior a estabelecida no item B.5.1.3.2. Usualmente utiliza-se a pressão numa faixa entre 3 e 8 kgf/cm², sendo a pressão de 5kgf/cm² a mais apropriada. Cabos verticais e casos especiais podem exigir pressões mais elevadas, tomando-se o cuidado de evitar a incorporação de ar, através de um controle maior da velocidade da injeção.

A - NATAS TRADICIONAIS

A.1. CONSTITUINTES DAS NATAS:

Componentes das Caldas de Cimento - Cimento Portland - sacos 50kg.

1ª Opção - CPI - 25, 32 ou 40 (Cimento Portland Comum) fabricado apenas sob encomenda, e de difícil programação.

2ª Opção - CP II F - 25, 32 ou 40 (Cimento Portland Composto de Filler = Carbonáticos, próprio calcário da jazida) encontrado com razoável facilidade.

3ª Opção - CP II E - 25, 32 ou 40 (Cimento Portland Composto de Escória de Alto Forno) encontrado com grande facilidade.

Este cimento deverá ter as seguintes características:

- Teor do composto $\leq 10\%$
- Teor de enxofre de sulfetos $\leq 0.20\%$
- Cloro de cloretos $\leq 0.10\%$

Atender itens 4.1a e b da NBR 7681 e NBR 5732.

Outros cimentos tipo CP II Z, CP III, CP IV e CP V não deverão ser utilizados na injeção de cabos protendidos.

- Água potável, com porcentagem de cloro inferior a 500 mg/litro, e isentos de detergentes - NBR 7681.

- Aditivos:

Os aditivos poderão ser plastificantes, retardadores de pega e expansores. O uso dos aditivos deve ser em função dos tipos de cabos de protensão a serem injetados e deverão ser feitos ensaios de compatibilização com o cimento disponível.

A.2. CARACTERÍSTICAS DAS NATAS TRADICIONAIS:

- **FLUIDEZ** O índice de fluidez corresponde ao tempo de enchimento de uma proveta de um litro, através do cone de Marsh. O tempo deverá ser compreendido entre 9 a 15 segundos NBR 7682.
- **EXSUDAÇÃO** Este valor deverá ser medido em provetas de 1000ml. A porcentagem da água exsudada deverá ser inferior a 2% - NBR 7683.
- **EXPANSÃO** Medida na mesma proveta usada para medir a exsudação. O valor habitual aconselhado é de no máximo 3 a 4% - NBR 7683.

A.3. OUTRAS CARACTERÍSTICAS:

- Tempo de pega - NBR 7685
- Fim da pega - NBR 7685
- Resistência mecânica - NBR 7684
- Retração;
- Início de pega - NBR 7685
- Tempo de injetabilidade - NBR 768
- Absorção capilar

O tempo de início de pega medido a 30°C, deverá ser superior a 2 horas.

Em resumo, para cada tipo de estrutura e em função de sua utilização, deverá ser feito um plano de injeção e um traço de nata específico, bem como o dimensionamento dos equipamentos de injeção. Devendo os cuidados se iniciarem durante a montagem dos cabos de protensão e localização correta dos purgadores. Para efeito de cálculo de consumo do cimento a ser utilizado na injeção de uma estrutura, podemos adotar 0,5 kg de cimento por kg de aço de protensão.

PERDAS DE TENSÃO NOS CABOS DE PROTENSÃO

Para a determinação da força final de protensão nas armaduras é necessário prever as perdas de tensão imediatas e progressivas.

1 - PERDAS IMEDIATAS

1.1 - Por atrito das cordoalhas nas bainhas

1.1.1 - A variação da força de protensão ao longo do cabo é dada por:

$$P_x = P_{max} \cdot e^{-(\mu\varphi + kx)}$$

P_x : força de protensão a uma distância “x” da ancoragem.
 P_{max} : força aplicada antes da cravação das cunhas.
 e : base de logaritmos Neperianos.
 μ : coeficiente de atrito entre cordoalha e bainha.
 φ : somatório dos ângulos de deflexão previstos ao longo do cabo (em elevação e em planta) expressos em radianos.
 k : coeficiente que fornece uma simulação dos desvios parasitários ao longo do cabo, expresso em rad/m.

1.1.2 - Tabela de valores dos coeficientes de atrito entre a cordoalha/fio e a bainha (valores médios):

	Coeficiente de atrito (μ)
Bainha metálica comum	0,24
Bainha metálica galvanizada	0,20
Bainha de polietileno (HDPE)	0,12 a 0,15
Cordoalhas engraxadas e encapadas idividualmente em HDPE	0,06 a 0,08

1.1.3 - Tabela de valores do coeficiente “k” (rad/m):

Tipo de Estrutura	Execução Esmerada		Execução Normal	
Laje (bainha chata)	2 cord.	4 cord.	2 cord.	4 cord.
	2 x 10 ⁻³	1,5 x 10 ⁻³	3 x 10 ⁻³	2,5 x 10 ⁻³
Viga (bainha circular)	1,5 x 10 ⁻³		1,5 x 10 ⁻³	

1.2 - Por acomodação das cunhas na ancoragem:

PTC: 2 a 4,5 mm	MT e MTAI: 6 mm
-----------------	-----------------

1.3 - Por atrito no conjunto (Ancoragem - Macaco - Bomba):
Recomenda-se de 2 a 4%. (Não considerar nos macacos monocordoalhas).

1.4 - Por encurtamento elástico do concreto.

1.4.1 - Peças pré-tensionadas
Quando o esforço do cabo é transferido ao concreto, ocorre uma perda de protensão devido ao encurtamento elástico imediato do concreto.

$$\Delta\sigma = \alpha_p \cdot \sigma_c$$

σ_c : tensão de compressão no concreto adjacente ao centróide dos cabos de protensão, sob ação da protensão + carga mobilizada pela protensão (em geral o peso próprio).
 $\alpha_p = \frac{E_p}{E_c}$: Módulo de deformação elástica, secante, do concreto - $E_c \cong 4760 \sqrt{f_{ck}}$, em MPa.
 E_p : Módulo de deformação elástica do aço de protensão - $E_p \cong 195.000$ MPa.

1.4.2 - Peças pós tensionadas
Se todos os cabos de uma peça forem protendidos de uma só vez, não haverá perda de tensão devido ao encurtamento elástico, já que o mesmo se dá antes da ancoragem dos cabos.
Se não forem protendidos simultâneamente todos os cabos, um determinado cabo ao ser protendido afeta os anteriores.
A perda média por encurtamento elástico, é dada por:

$$\Delta\sigma_{sp} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(n-1)}{n} \cdot \alpha_p \cdot \sigma_c$$

Onde:
n = número de cabos

Para um grande número de cabos será adotado um valor aproximado dado por:

$$\Delta\sigma_{sp} = \frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \sigma_c$$

2. PERDAS PROGRESSIVAS

2.1 - Por relaxação do aço

Cordoalhas Tipo RB - 190	Relaxação à 1000 h à 20° C		
	Tensão Inicial		
	0,60 fptk	0,70 fptk	0,80 fptk
Ψ_{1000}	1,5%	2,5%	3,5%

$$\Delta\sigma_{pr}(\text{tempo infinito}) = 2 \times \Psi_{1000} \cdot \sigma_{pi}$$

Ψ_{1000} : dado na tabela acima
 σ_{pi} : tensão na armadura de protensão no instante de seu estiramento (após perdas imediatas).

Para tensão inicial de 0,77 fptk $\therefore \Delta\sigma_{pr} = 0,032 \cdot \sigma_{pi}$

2.2 - Por fluência do concreto

$$\epsilon_{c\infty} = \varphi(t_{\infty}, t_0) \cdot \epsilon_c$$

$\epsilon_{c\infty}$: deformação do concreto por fluência, no tempo infinito (valor final).
 $\varphi(t_{\infty}, t_0)$: coeficiente de deformação lenta.
 ϵ_c : deformação (encurtamento) elástico do concreto.

Para valores médios de “ $\varphi(t_{\infty}, t_0)$ ” ver tabela 8.1 - da NBR 6118/03 reproduzida a seguir.

2.3 - Por retração do concreto

Em casos onde não é necessária grande precisão, os valores finais da deformação específica da retração $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ do concreto, submetido a tensões menores que 0,5 fc quando do primeiro carregamento, podem ser obtidos por interpolação linear, a partir da tabela 8.1 da NBR 6118/03, transcrita a seguir.

TABELA 8.1 DA NBR 6118/03									
Umidade ambiente		40%		55%		75%		90%	
Espessura fictícia		20		20		20		20	
2 Ac / u	cm	20	60	20	60	20	60	20	60
$\varphi(t_{\infty}, t_0) \cdot \epsilon$	t_0 dias	5	4,4	3,9	3,8	3,3	3,0	2,6	2,3
		30	3,0	2,9	2,6	2,5	2,0	2,0	1,6
		60	3,0	2,6	2,2	2,2	1,0	1,8	1,4
$\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0) \cdot \epsilon_{0/00}$	t_0 dias	5	- 0,44	- 0,39	- 0,37	- 0,33	- 0,23	- 0,21	- 0,10
		30	- 0,37	- 0,38	- 0,31	- 0,31	- 0,20	- 0,20	- 0,09
		60	- 0,32	- 0,36	- 0,27	- 0,30	- 0,17	- 0,19	- 0,08

Nota: **Ac:** área de seção transversal da peça
u: parte do perímetro externo da seção transversal da peça em contato com o ar.

2.4 - Estimativa da perda final de protensão devido à atuação conjunta dos efeitos de fluência, retração e relaxão.

Segundo fórmula proposta pela NBR 6118/03, item 9.6.3.4.3 tem-se para aços de relaxação baixa (RB).

$$\frac{\Delta\sigma_p(t_{\infty}, t_0)}{\sigma_{po}} = 18,1 + \frac{\alpha_p}{47} \left[\varphi(t_{\infty}, t_0) \right]^{1,57} \cdot (3 + \sigma_{c,pog})$$

$\Delta\sigma_p(t_{\infty}, t_0)$: perda da tensão no aço de protensão, no tempo t = ∞ , decorrente da fluência e retração do concreto e da relaxação do aço.
 $\varphi(t_{\infty}, t_0)$: coeficiente de fluência do concreto no tempo t = ∞ , para protensão em t_0 .
 $\sigma_{c,pog}$: tensão em MPa no concreto adjacente ao cabo resultante, provocada pela protensão e carga permanente mobilizada no instante t_0 , negativa se de compressão.
 σ_{po} : tensão na armadura de protensão devida exclusivamente à força de protensão, no instante t_0 .

A fórmula anterior pode ser aplicada respeitadas as pré-condições abaixo:

- a) A concretagem da peça e a protensão são executadas em fases suficientemente próximas para que se desprezem os efeitos recíprocos;
- b) Os cabos possuem entre si afastamentos pequenos de modo que possam ser representados por um único cabo resultante;
- c) A retração não difira mais de 25% do valor $\left[- 8 \times 10^{-5} \varphi(t_{\infty}, t_0) \right]$.

3 - CÁLCULO DO ALONGAMENTO TEÓRICO

3.1 - Cálculo de alongamentos

Como verificação de que as perdas por atrito tenham sido corretamente avaliadas, e em consequência, que a tensão de projeto é o que efetivamente se obtém na prática, é necessário calcular os alongamentos dos cabos. Para tensões que estejam abaixo do limite de proporcionalidade do aço, aplica-se a lei de Hooke:

$$\Delta l = \varepsilon_{sp} \cdot l = \frac{\sigma_p \cdot l}{E_p} = \frac{P_m \cdot l}{E_p \cdot A_p}$$

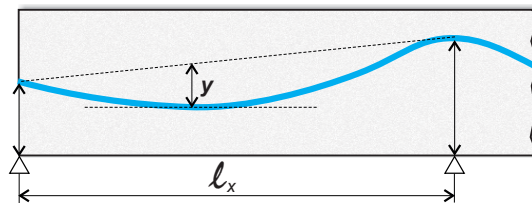
Δl : alongamento total do cabo
 l : comprimento do cabo
 ε_{sp} : alongamento específico ou unitário
 E_p : módulo de deformação elástica do aço
 σ_p : tensão no cabo de protensão
 P_m : força de protensão (valor médio)
 A_p : área da seção transversal do cabo de protensão

Nos cálculos usuais considera-se como comprimento l do cabo, a projeção horizontal do mesmo.

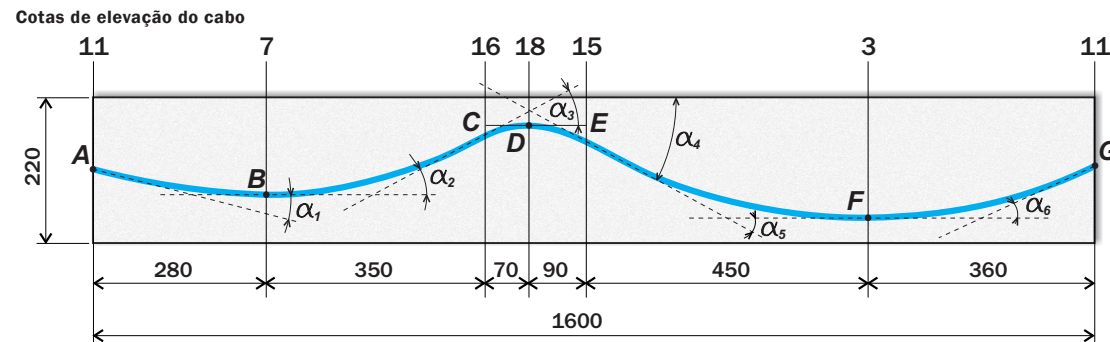
Se desejarmos maior precisão ou se os cabos tiverem curvaturas muito acentuadas, adota-se a expressão seguinte para cálculo do comprimento:

$$l = l_x + \frac{8y^2}{3l_x}$$

Onde:



Exemplo:
 - Calcular o alongamento do cabo especificado abaixo:



Curva: trechos parabólicos (parábola do 2º grau)

A_p : 0,987 cm² (1 cordoalha de 12,7mm)
 E_p : 195kN/mm² = 19.750 x 10² kgf/cm² = 197.500 MPa
 σ_{po} : 75% fptk (aço CP-190 RB) = 1.425 MPa
 ancoragem ativa apenas do lado A

A carga inicial aplicada ao cabo, será:

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{po} = 14.064,7 \text{ kgf} = 141 \text{ kN}$$

Para " μ " e " k " serão adotados os valores:
 $\mu = 0,25$ e $k = 2,5 \times 10^{-3} \text{ rad/m}$

$$\alpha = \sum_1^n \alpha_i$$

$$\text{Onde: } \alpha_i = \text{ARC tg } \frac{2y_i}{l_i}$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,04}{2,8} = 0,02856 \text{ rad ;}$$

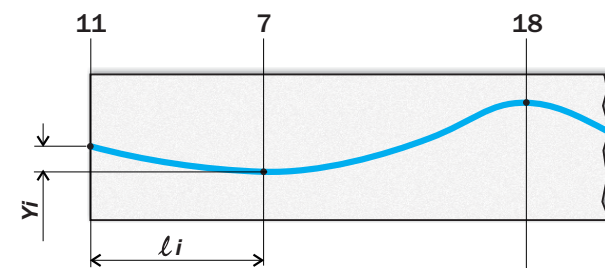
$$\alpha_{CD} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,02}{0,70} = 0,05708 \text{ rad ;}$$

$$\alpha_{EF} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,12}{4,5} = 0,05328 \text{ rad ;}$$

$$\alpha_{BC} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,09}{3,5} = 0,05138 \text{ rad ;}$$

As perdas por atrito nos cabos se calculam pela expressão:

$$P_x = P_{max} \cdot e^{-(\mu\varphi + kx)}$$



$$\alpha_{DE} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,03}{0,9} = 0,06657 \text{ rad ;}$$

$$\alpha_{FG} = \alpha_{ARC} \text{ tg } \frac{2 \times 0,08}{3,6} = 0,04444 \text{ rad ;}$$

$$\therefore (\mu\varphi + kx) = (0,25 \times 0,3013) + (0,0025 \times 16,00) = 0,08754 + 0,640 = 0,1154$$

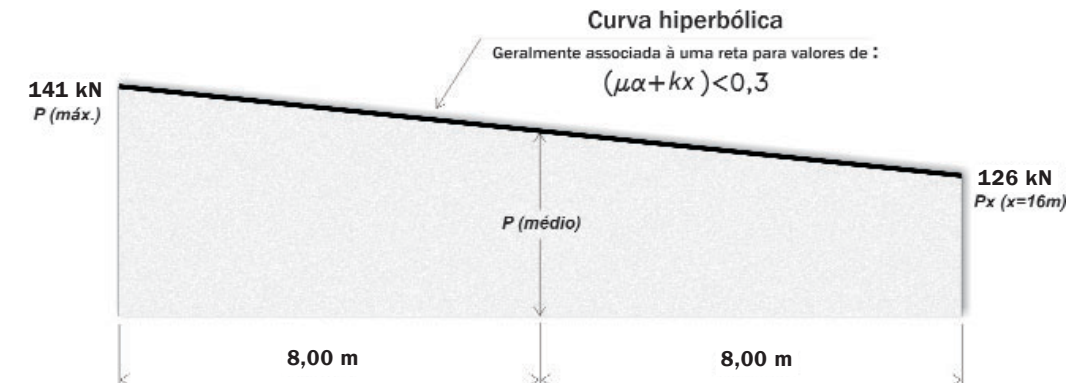
$$e^{-(\mu\varphi + kx)} = 0,891$$

$$\text{Se } P_x = P_{max} \cdot 0,891$$

$$P_{max} = 141 \text{ kN}$$

$$P_x = 0,891 \times 141 = 125,6 \text{ kN}$$

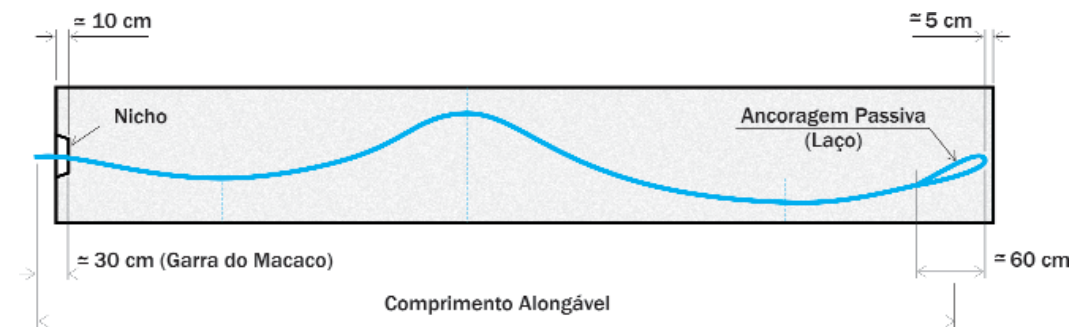
Logo, antes da cravação das cunhas, tem-se o seguinte diagrama de força ao longo do cabo



$$P_{médio} = \frac{141 + 126}{2} = 133,5 \text{ kN/cordoalha}$$

$$\text{Alongamento: } \Delta l = \frac{P_m \cdot l}{E_p \cdot A_p} = \frac{133,5 \times 16}{0,987 \times 195} = 11,1 \text{ cm ou 111 mm}$$

Para cabo ativo-passivo, tem-se:



Como comprimento alongável do cabo, tem-se:
 1600 - 10 + 30 - 5 - 60 + 30 = 1.585 cm = 15,85 m

Onde o valor 30 cm representa a metade do comprimento do laço (trecho que consideraremos deformável).

FINALMENTE:

$$\Delta l = \frac{111 \times 15,85}{16} = 110 \text{ mm}$$



Ponte sobre o Rio Acre - Divisa do Brasil com Peru



Ponte sobre o Rio Potengi - Natal - RN



Viaduto em Campina Grande - PB



Passarela estaiada - Rio Branco - AC