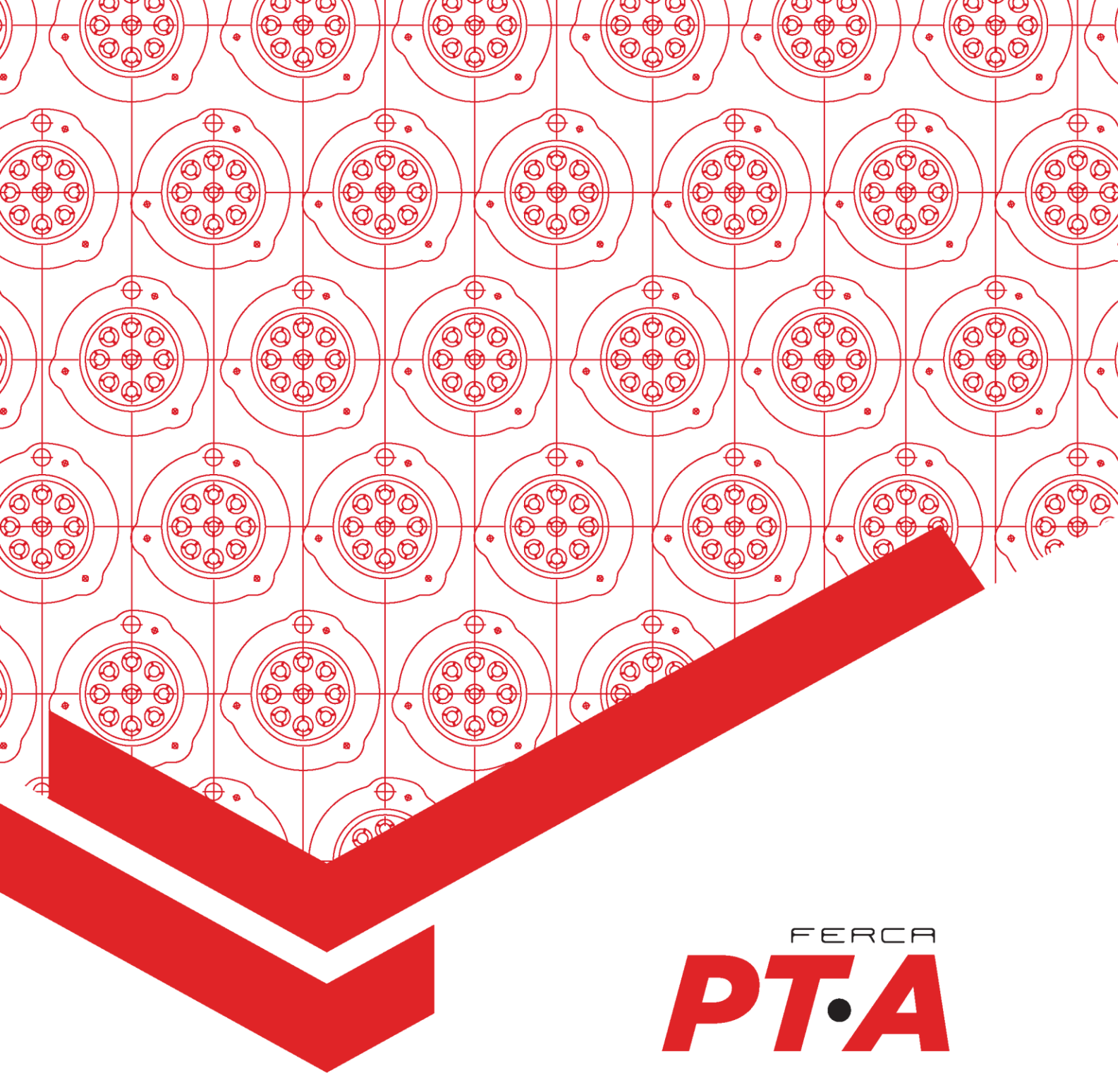


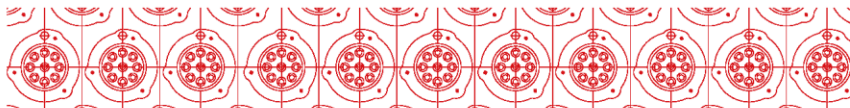


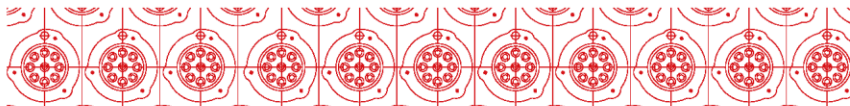
FERCA
PT•A

MANUAL TÉCNICO *PTA*

RSF – Sistema de Multicordão



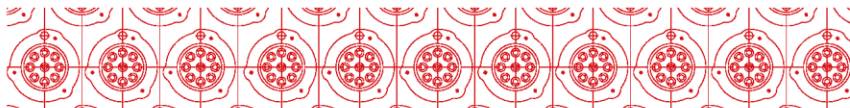




Manual Técnico – Sistema PTA – Sistema de Pós-Tensão Multicordão RSF

ÍNDICE

INTRODUÇÃO AO SISTEMA PTA - RSF	4
QUEM É A RSF?	5
SISTEMAS RSF	5
QUALIDADE RSF	7
PORQUE UTILIZAR PÓS-TENSÃO	8
PRINCÍPIOS	9
SISTEMAS	9
VANTAGENS	10
AÇO	12
SISTEMAS RSF-AN/CO/PS – ANCORAGENS PARA MULTICORDÃO	13
PROTEÇÃO ANTI-CORROSÃO	17
CONFIGURAÇÃO DAS ANCORAGENS - SISTEMA AN	18
DISTÂNCIAS AO BORDO E ENTRE ANCORAGENS - SISTEMA AN	19
REFORÇOS DE ANCORAGENS E DISTÂNCIAS - SISTEMA AN	20
SISTEMA PS – ANCORAGENS PASSIVAS POR ADERÊNCIA	23
SISTEMA CO – ACOPLADORES	25
BAINHAS & ACESSÓRIOS	27
BAINHAS METÁLICAS CIRCULARES	27
BAINHAS DE POLIETILENO “SP”	29
BASE DE PURGA	29
MESA DE DESCRAVAÇÃO	30
EQUIPAMENTO	31



MACACOS HIDRAULICOS.....	31
BOMBAS HIDRÁULICAS	34
BOMBA DE INJEÇÃO.....	35

INTRODUÇÃO AO SISTEMA PTA - RSF

O sistema **RSF Rudloff Strongforce International** foi desenvolvido no âmbito da criação de um conceito integrado de soluções na área do pré-esforço com aplicação em obras de arte, geotecnia e edifícios que permitam afirmar o sistema como ator num mercado internacional de extrema exigência técnica e competitiva. Tendo por base do seu desenvolvimento a intensa investigação e experiência na produção de ancoragens e equipamento específico para utilização na construção e pertencendo a um grupo do sector do aço a **RSF Rudloff Strongforce International** atua hoje em áreas como:

- Pré-esforço em obras de arte;
- Pré-esforço em edifícios;
- Sistemas de consolidação geotécnica;
- Equipamentos hidráulicos para puxe, empurre, injeção ou linhas de produção;
- Aparelhos de apoio e juntas de dilatação para pontes;
- Pavimentos industriais.

Os cabos do Sistema de **Pós-Tensionamento Multicordão RSF** são compostos por feixes de cordões de aço de alta resistência e por ancoragens colocadas nas suas extremidades.

Os cordões são habitualmente envolvidos por uma bainha, manga ou tubo. O vazio entre os cordões e o invólucro pode ser preenchido por um material para inibir a corrosão e (no caso de cabos aderentes) para solidarizar os cordões à estrutura.

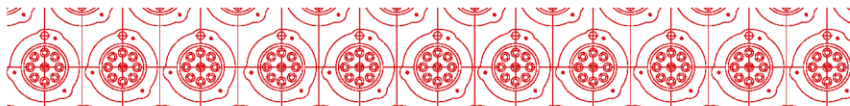
O **Sistema Multicordão RSF** é compatível com cordões nus e também com cordões individualmente embainhados e protegidos. Habitualmente, todos os cordões de um cabo são tensionados em simultâneo, sendo cada cordão fixado individualmente por uma cunha no interior de um furo cónico de ancoragem. As cunhas prendem os cordões e permitem transferir a força de tensionamento do macaco hidráulico para a ancoragem.

A força de projeto define o tipo e o número de cordões. O tipo de ancoragem é definido pelos requisitos do projeto e pela categoria de utilização. O **Sistema Multicordão RSF** inclui ancoragens com 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 e 37 cordões. As unidades intermédias podem ser criadas deixando livres alguns furos cónicos da ancoragem. Neste caso, os cordões têm de ser dispostos de modo a centrar a carga aplicada na cabeça de ancoragem.

O Sistema Multicordão RSF está certificado pela European Organization for Technical Assessment (EOTA), vide certificados ETA 22/0119 (European Technical Assessment - RSF Multistrand Post-tensioning System), caucionando a sua qualidade e adequabilidade para a utilização nas mais diversas situações e configurações.

A criação deste “Manual de Procedimentos”, da responsabilidade da FERCA, visa complementar a informação patente nas certificações do sistema tendo por objetivo um maior esclarecimento dos intervenientes em fase de projeto ou obra quanto à constituição do sistema, procedimentos associados a cada fase de aplicação, definição da estrutura de produção e identificação dos riscos associados a cada atividade, permitindo igualmente um maior controlo por parte da fiscalização de todo o processo produtivo desde o projeto de aplicação aos relatórios finais da nossa atividade.





QUEM É A RSF?

A RSF (Rudloff StrongForce International) resulta de uma joint venture estratégica entre a brasileira Rudloff Industrial e a australiana StrongForce, operando a sociedade resultante sob a designação Rudloff StrongForce International LLC, com sede no Dubai, Emirados Árabes Unidos. A Rudloff Industrial foi fundada em São Paulo, no Brasil, em 1960, sendo que já em 1954 o seu fundador havia produzido a primeira viga pré-esforçada no Brasil; ao longo de mais de seis décadas, especializou-se em pós-tensão e no fabrico de sistemas e componentes estruturais. A StrongForce, por seu lado, foi fundada em 1989, em Queensland, na Austrália, dedicando-se há mais de trinta anos à conceção e construção de soluções de pós-tensão e ao reforço estrutural. Desta união nasce a RSF, uma empresa especialista no estudo, conceção e produção de sistemas de ancoragens e equipamentos para a sua implementação em obra, que tem aumentado a sua base de conhecimento através do investimento contínuo neste setor. Ao serviço de clientes desde 1965, a RSF está presente em mais de 60 países e nos seis continentes, contando com mais de 600 estruturas de engenharia civil, mais de 850 torres eólicas e mais de 26 milhões de metros quadrados de obra de edificação executados, encontrando-se fortemente implantada tanto nos seus mercados de origem como a nível internacional.



SISTEMAS RSF

Os sistemas de pós-tensão multicordão da RSF, destinados a pontes, viadutos e grandes estruturas, obtiveram a Aprovação Técnica Europeia ETA 22/0119, sob a qual ostentam marcação CE de acordo com o guia ETAG 013 e respetivo EAD. O sistema RSF Multistrand é um sistema de pós-tensão interna aderente, não aderente ou externa, com 4 a 37 cordões, disponível em cordão de 0,5" e de 0,6" e compreendendo ancoragens ativas (AN), ancoragens passivas (PS) e acopladores (CO). Está vocacionado para caixões e vigas de pontes (pré-fabricadas ou betonadas in situ), pilares e mesas de transição, vigas de edifícios, bem como estruturas de contenção como reservatórios, depósitos e silos.

Os sistemas de pós-tensão para lajes e pavimentos da RSF — o sistema RSF Slab — destinam-se à utilização de monocordão em sistemas aderentes ou não aderentes e dispõem da Aprovação Técnica Europeia ETA 22/0120, abrangendo

configurações de 1 a 5 cordões. A RSF disponibiliza monocórdão não aderente de 0,5" e 0,6" e, em especial, ancoragens de monocórdão encapsuladas, que introduzem no mercado proteção total contra a corrosão.

Em suma, tem sido objetivo da empresa oferecer aos seus clientes produtos mais eficazes, duradouros e sustentáveis, suportados em sistemas com certificação europeia (EOTA) e em conformidade com os principais códigos e normas internacionais, aplicáveis a projetos de edificação, infraestrutura civil e geotecnia.



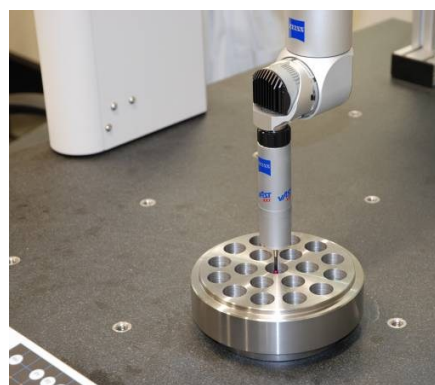
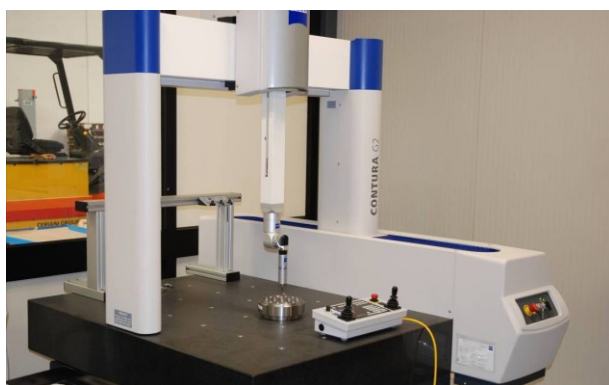
Na área de sistemas para aplicações em obras de geotecnia, a RSF disponibiliza sistemas de ancoragem por cordão e por barra, para aplicações temporárias e permanentes, destinados à estabilização de infraestruturas e à melhoria do terreno. Os sistemas de ancoragem ao terreno da RSF cumprem a norma europeia EN 1537 ("Execução de trabalhos geotécnicos especiais – Ancoragens"). A empresa distingue ancoragens em solo e ancoragens em rocha, abrangendo aplicações que vão da contenção de escavações (cortinas de estacas-prancha, estacas-prancha com paredes moldadas, muros de suporte em betão) ao combate de forças de levantamento por impulsão, passando pela estabilização de fundações excêntricas, de taludes naturais ou escavados, de barragens e de fundações de pontes, bem como pela ancoragem de torres eólicas. Nas ancoragens em rocha, o comprimento livre pode permanecer não aderente, possibilitando a verificação e o reaperto da ancoragem a qualquer momento, desde que assegurada a adequada proteção contra a corrosão da cabeça de ancoragem e do comprimento livre.



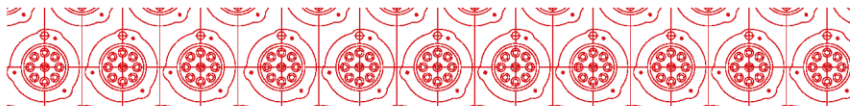
QUALIDADE RSF

Entendendo-se um produto como o somatório dos processos, recursos e conhecimento que lhe dão origem, o nível de qualidade dos mesmos encontra-se pois intrinsecamente ligado à excelência da organização nos seus vários aspetos e à orientação dos necessários investimentos na procura abnegada de tais objetivos.

Sendo hoje absolutamente central na estratégia da empresa alcançar um elevado nível de qualidade nos seus produtos e serviços, a RSF opera ao abrigo das certificações ISO 9001 (qualidade), ISO 14001 (ambiente) e ISO 45001 (segurança e saúde no trabalho), tendo a Rudloff implementado um Sistema de Gestão Integrado certificado segundo a ISO 9001. A empresa adota procedimentos de controlo de qualidade (QA/QC) rigorosos, mantendo um compromisso permanente com práticas de fabrico de elevado padrão.



Adicionalmente, sempre que necessário, a RSF presta serviços de OEM, fabricando produtos de acordo com especificações exatas dos clientes, e disponibiliza uma equipa técnica qualificada de engenheiros e especialistas que assegura apoio ao longo de toda a cadeia de fornecimento, incluindo manutenção de equipamento e apoio técnico pós-venda, de forma a garantir o nível de qualidade exigido a toda e qualquer peça produzida.

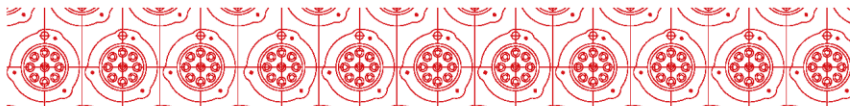


PORQUE UTILIZAR PÓS-TENSÃO

Na última década a arquitetura assumiu um papel central no processo de investimento imobiliário, sendo responsável por muitos dos fatores distintivos dos projetos e representando como tal, uma mais-valia essencial ao sucesso dos mesmos. Esta evolução tem raízes na própria sociedade que hoje valoriza, não só o conforto e as funcionalidades dos espaços, mas também a imagem e a projeção social que os mesmos providenciam. Com esta mudança de paradigma registou-se uma profunda alteração nos conceitos de dimensionamento das estruturas, sendo hoje mais valorizado o facto de a solução estrutural viabilizar a criatividade do arquiteto do que os critérios estritamente técnico-económicos. O pré-esforço permitindo a execução de estruturas esbeltas e arrojadadas, encaixa-se nas exigências atuais pelo que, a sua aplicação em edifícios se vem tornando mais corrente e deverá continuar a registar crescente implantação.

A utilização de sistemas de pré-esforço contribui igualmente para um aumento significativo dos vários parâmetros de qualidade de uma estrutura, não só ao nível dos processos, mas também da durabilidade e da performance da mesma.

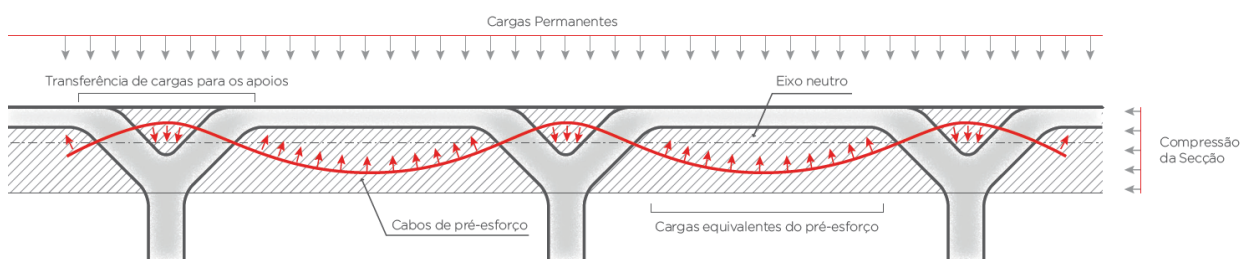




PRINCÍPIOS

Tendo origem na resolução da necessidade de garantir vãos de grandes dimensões nas obras de arte, os sistemas de pré-esforço posteriormente aplicados a edifícios, representam uma inovação ao nível da conceção de estruturas ao introduzir um elemento ativo nos elementos estruturais.

Composto por cordões de aço de alta resistência, os cabos de pré-esforço são instalados no interior da laje e fixos nas extremidades em ancoragens, sendo posteriormente tensionados com equipamento hidráulico desenvolvido para o efeito. Graças à sua curvatura em alçado e planta, a aplicação de forças nos cabos permite transmitir à secção da laje, ações contrárias aos efeitos das cargas gravíticas. As cargas equivalentes assim criadas, asseguram o equilíbrio parcial das solicitações de cálculo e criam uma compressão generalizada da secção da laje que permite a redução de armaduras passivas, a eliminação de juntas e um maior contributo da secção de betão para a resistência global da laje.



SISTEMAS

Os sistemas de pré-esforço dividem-se essencialmente em função da sua aderência ao betão, designando-se por isso como sistema aderente e não aderente, e dentro destes podemos ainda identificar a utilização de monocórdão ou multicórdão.

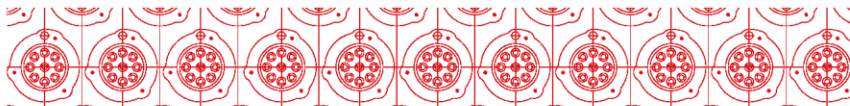
No caso dos sistemas não aderentes, o aço é fornecido no interior de uma bainha plástica não existindo injeção posterior, enquanto nos sistemas aderentes, o aço é fornecido em cordão e introduzido numa bainha posteriormente injetada com calda de cimento que lhe confere total aderência à secção envolvente de betão.

Também em termos de utilização é possível identificar os sistemas de monocórdão não aderentes como os mais frequentemente aplicados em elementos esbeltos, como as lajes na construção de edifícios e o multicórdão aderente em obras de arte e genericamente elementos estruturais de maiores dimensões.

O monocórdão auto-embainhado é um **sistema não aderente** correntemente utilizado em edifícios, onde os cabos de pré-esforço são constituídos por um único cordão revestido por uma bainha de polietileno preenchida com um produto lubrificante. Este sistema permite maiores excentricidades, menores perdas por atrito e maior flexibilidade dos traçados.

O multicórdão em bainha plana ou circular é um **sistema aderente** onde os cabos de pré-esforço são constituídos por vários cordões não revestidos e introduzidos numa bainha metálica, posteriormente injetada com uma calda de cimento apropriada para o efeito. Este sistema permite mobilizar no Estado Limite Último, a resistência máxima do aço de pré-esforço.

Para o sistema **PTA-RSF Multicórdão PT** é utilizado o sistema aderente.



VANTAGENS

As vantagens da aplicação de sistemas de pré-esforço estendem-se por considerações de ordem estrutural, ao nível dos vãos, esbelteza e performance, de ordem económica e ambiental.

Comportamento

- Aumento dos vãos livres;
- Redução do número de pilares;
- Redução do peso próprio da estrutura;
- Diminuição de espessuras de lajes;
- Maior controlo da deformabilidade;
- Melhoria da resistência ao punçoamento;
- Redução ou eliminação de juntas;
- Melhoria do comportamento sísmico;
- Melhoria do comportamento à retração;

Economia

- Redução de consumo de betão e aço;
- Economias nos elementos verticais e fundações;
- Valorização comercial dos amplos espaços criados;
- Aumento do nº de lugares de estacionamento por m²;

Sustentabilidade

- Redução da emissão de CO₂;
- Maior eficiência na utilização de recursos naturais.





AÇO

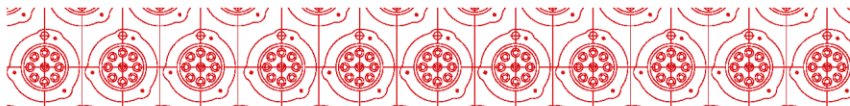
As armaduras de pré-esforço são constituídas por cordões de 7 fios e caracterizadas por elevados valores de resistência e baixos coeficientes de relaxação, na generalidade os aços de pré-esforço designam-se por normais (T15), super (T15S) e compacto (T15C) a que correspondem secções de 140, 150 e 165 mm² respetivamente. Para mais informações consulte a norma europeia EN10138.

Todos os sistemas de ancoragem produzidos pela *RSF RUDLOFF STRONGFORCE* encontram-se certificados pela European Technical Approval para os três tipos de aço presentes no mercado.



Diâmetro	Norma	Tipo de Aço	Diâmetro Nominal	Área Nominal	Massa	Força de Rotura	Limite Elástico	Relaxação 1000 h	
			mm	mm ²	g/m	P _{tk} kN	a 1% P _{0,1k} kN		
0.6" / T15	EN 10138	Normal	15.2	140	1095	260	230	2.5	4.5
0.6" / T15S	EN 10138	Super	15.7	150	1170	279	248	2.5	4.5
0.6" / T15C	EN 10138	Compacto	15.2	165	1290	300	264	2.5	4.5

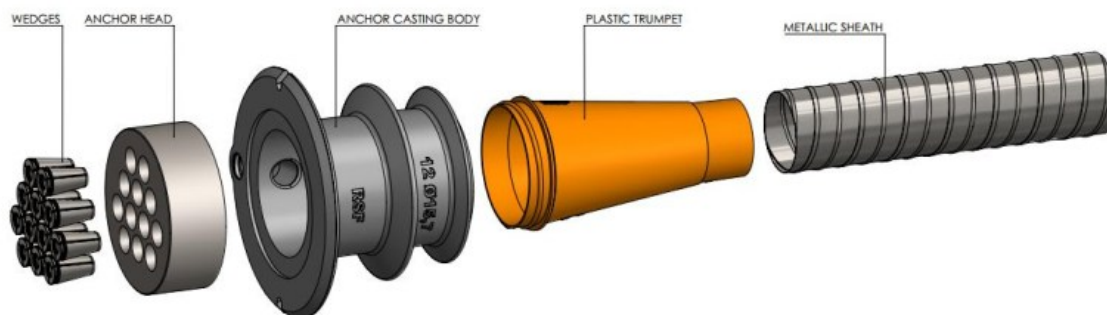
Módulo de Elasticidade = 195 +/- 10 kN/mm²



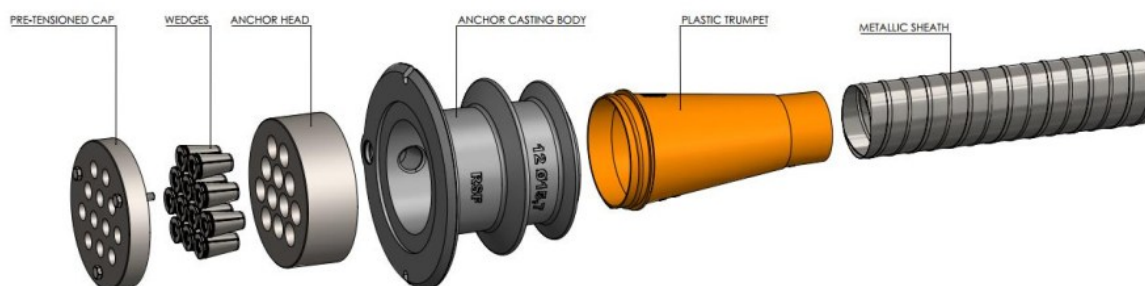
SISTEMAS RSF-AN/CO/PS – ANCORAGENS PARA MULTICORDÃO

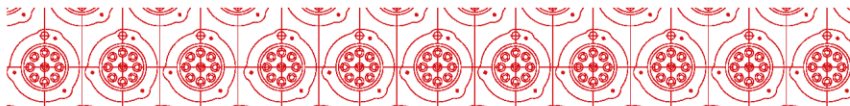
O sistema multicordão da RSF — *RSF Multistrand Post-tensioning System* — foi concebido para cumprir integralmente o documento de avaliação europeu EAD 160004-00-0301 (no âmbito do guia ETAG 013) e conta com a Aprovação Técnica Europeia ETA 22/0119, emitida pelo ITeC. Trata-se de um sistema de pós-tensão interna aderente, com 4 a 37 cordões, cobrindo cordão de 0,5" (12,7 mm), 0,6" (15,2 mm) e 0,62" (15,7 mm), com forças máximas de pré-esforço ($0,9F_{p0,1}$) que vão de 743 kN (5Ø12,7) até 8.192 kN (37Ø15,7). A ancoragem ativa (AN) é constituída por uma cabeça de ancoragem, um corpo de ancoragem fundido e cunhas; o sistema dispõe ainda de ancoragens passivas (PS) e de acopladores (CO). A conceção foi validada por ensaios que, no âmbito desta ETA, verificam a resistência a cargas estáticas, a resistência à fadiga, a capacidade de transferência de carga para a estrutura, as perdas por atrito, a resistência à corrosão e o comportamento ao fogo.

- Ancoragem RSF NA Ativa

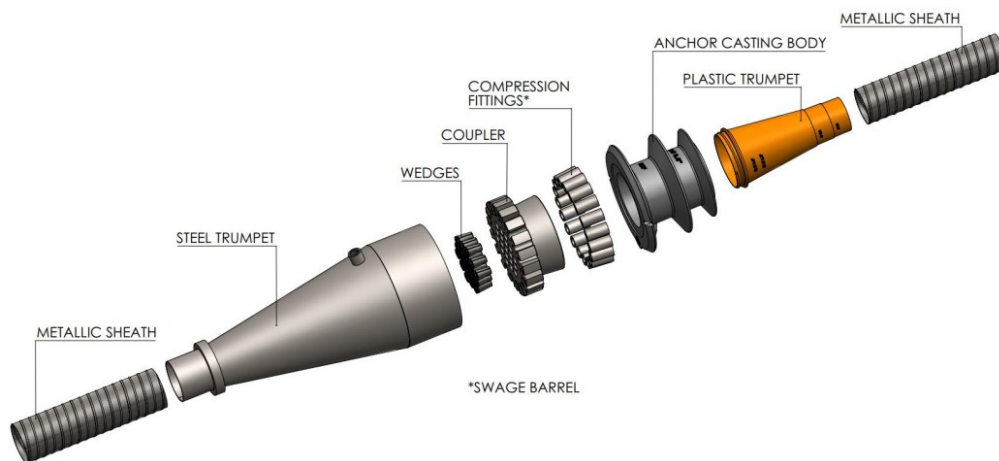


- Ancoragem RSF NA Passiva

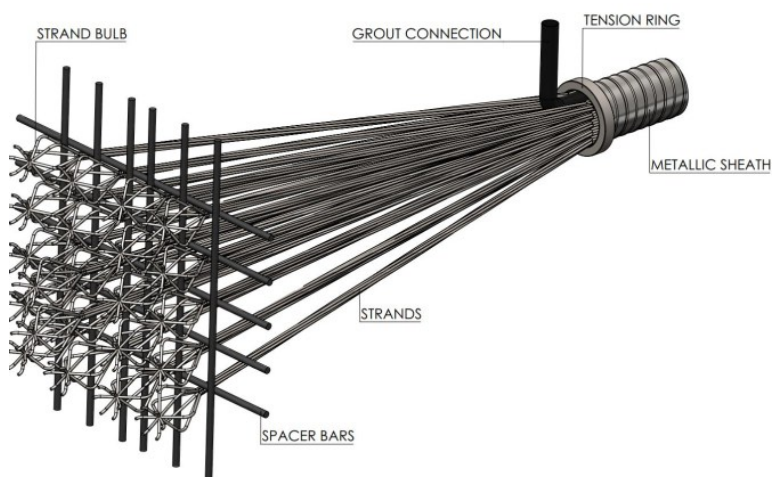




- Ancoragem RSF CO



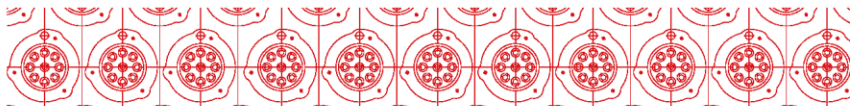
- Ancoragem RSF PS



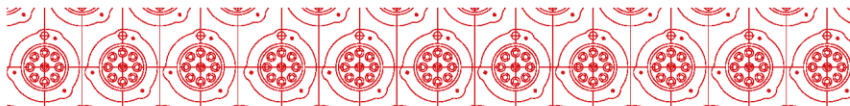
A ligação entre a ancoragem e as bainhas, é efetuada por meio de um cone plástico H.D.P.E. que garante o correto desvio dos cordões e a minimização do valor das perdas. Todas as trompas metálicas possuem orifício roscados de modo a permitir a fixação à cofragem por via de varão roscado ou parafusos.

O corpo de ancoragem fundido recebe a cabeça de ancoragem e assegura a transferência da força de pré-esforço para o betão. Os cordões são cravados na cabeça de ancoragem, munida de orifícios cónicos com o formato das cunhas de retenção, que prendem cada cordão. A transição entre a ancoragem e as bainhas plásticas e as condutas (metálicas ou plásticas) é assegurada por elementos que garantem o correto desvio dos cordões e a vedação da zona de ancoragem. Para a aplicação em obra, o sistema integra ainda tampas de ancoragem, respiros e uniões de conduta, vedação da trompa (fita adesiva e mangas termo-retráteis), bem como negativos (em metal, plástico ou madeira) que criam o espaço de macaco para o pré-esforço. Para garantir o correto confinamento do betão na zona de introdução das cargas, prevê-se ainda armadura de cintagem que assegura a transferência segura das forças de pré-esforço das ancoragens para os elementos ou estruturas de betão. As designações exatas dos aços e do ferro fundido da cabeça de ancoragem, do corpo fundido e das cunhas estão especificadas nos anexos da ETA 22/0119.

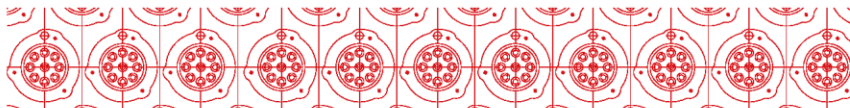
Nas tabelas seguintes são representadas por número de cordões as diferentes características dos cabos:



Resistência à Tração Característica e Força de Pré-Esforço do Sistema de Pós-Tensão <i>Multicordão RSF</i> para Cordões Ø15,2							
Designação	Número de Cordões	Área da Secção Transversal Nominal	Massa Nominal	Valor Característico da Força Máxima	Força à Tensão de Prova de 0,1%	Força Máxima de Pré-Esforço	Força Máxima de Sobre-tensão
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p0,1}$	$0,9 \cdot F_{p0,1}$	$0,95 \cdot F_{p0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,2	4	572	4.50	1,064	956	860	908
5 Ø15,2	5	715	5.63	1,330	1,195	1,076	1,135
6 Ø15,2	6	858	6.76	1,596	1,434	1,291	1,362
7 Ø15,2	7	1,001	7.88	1,862	1,673	1,506	1,589
8 Ø15,2	8	1,144	9.01	2,128	1,912	1,721	1,816
9 Ø15,2	9	1,287	10.13	2,394	2,151	1,936	2,043
10 Ø15,2	10	1,430	11.26	2,660	2,390	2,151	2,271
11 Ø15,2	11	1,573	12.39	2,926	2,629	2,366	2,498
12 Ø15,2	12	1,716	13.51	3,192	2,868	2,581	2,725
13 Ø15,2	13	1,859	14.64	3,458	3,107	2,796	2,952
14 Ø15,2	14	2,002	15.76	3,724	3,346	3,011	3,179
15 Ø15,2	15	2,145	16.89	3,990	3,585	3,227	3,406
16 Ø15,2	16	2,288	18.02	4,256	3,824	3,442	3,633
17 Ø15,2	17	2,431	19.14	4,522	4,063	3,657	3,860
18 Ø15,2	18	2,574	20.27	4,788	4,302	3,872	4,087
19 Ø15,2	19	2,717	21.39	5,054	4,541	4,087	4,314
20 Ø15,2	20	2,860	22.52	5,320	4,780	4,302	4,541
21 Ø15,2	21	3,003	23.65	5,586	5,019	4,517	4,768
22 Ø15,2	22	3,146	24.77	5,852	5,258	4,732	4,995
23 Ø15,2	23	3,289	25.90	6,118	5,497	4,947	5,222
24 Ø15,2	24	3,432	27.02	6,384	5,736	5,162	5,449
25 Ø15,2	25	3,575	28.15	6,650	5,975	5,378	5,676
26 Ø15,2	26	3,718	29.28	6,916	6,214	5,593	5,903
27 Ø15,2	27	3,861	30.40	7,182	6,453	5,808	6,130
28 Ø15,2	28	4,004	31.53	7,448	6,692	6,023	6,357
29 Ø15,2	29	4,147	32.65	7,714	6,931	6,238	6,584
30 Ø15,2	30	4,290	33.78	7,980	7,170	6,453	6,812
31 Ø15,2	31	4,433	34.91	8,246	7,409	6,668	7,039
32 Ø15,2	32	4,576	36.03	8,512	7,648	6,883	7,266
33 Ø15,2	33	4,719	37.16	8,778	7,887	7,098	7,493
34 Ø15,2	34	4,862	38.28	9,044	8,126	7,313	7,720
35 Ø15,2	35	5,005	39.41	9,310	8,365	7,529	7,947
36 Ø15,2	36	5,148	40.54	9,576	8,604	7,744	8,174
37 Ø15,2	37	5,291	41.66	9,842	8,843	7,959	8,401



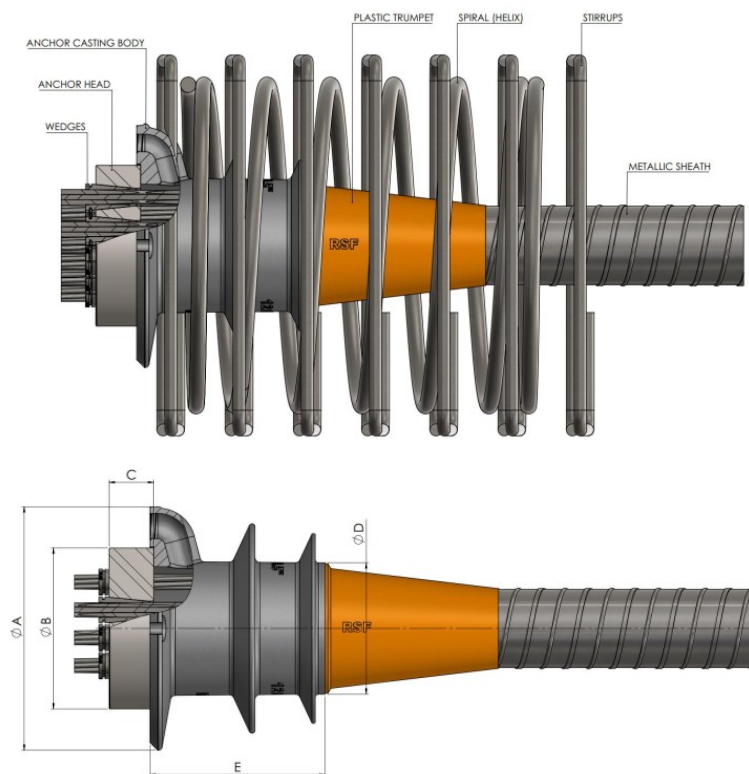
Resistência à Tração Característica e Força de Pré-Esforço do Sistema de Pós-Tensão <i>Multicordão RSF</i> para Cordões Ø15,7							
Designação	Número de Cordões	Área da Secção Transversal Nominal	Massa Nominal	Valor Característico da Força Máxima	Força à Tensão de Prova de 0,1%	Força Máxima de Pré-Esforço	Força Máxima de Sobre-tensão
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p0,1}$	$0,9 \cdot F_{p0,1}$	$0,95 \cdot F_{p0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,7	4	600	4.69	1,116	984	886	935
5 Ø15,7	5	750	5.86	1,395	1,230	1,107	1,169
6 Ø15,7	6	900	7.03	1,674	1,476	1,328	1,402
7 Ø15,7	7	1,050	8.20	1,953	1,722	1,550	1,636
8 Ø15,7	8	1,200	9.38	2,232	1,968	1,771	1,870
9 Ø15,7	9	1,350	10.55	2,511	2,214	1,993	2,103
10 Ø15,7	10	1,500	11.72	2,790	2,460	2,214	2,337
11 Ø15,7	11	1,650	12.89	3,069	2,706	2,435	2,571
12 Ø15,7	12	1,800	14.06	3,348	2,952	2,657	2,804
13 Ø15,7	13	1,950	15.24	3,627	3,198	2,878	3,038
14 Ø15,7	14	2,100	16.41	3,906	3,444	3,100	3,272
15 Ø15,7	15	2,250	17.58	4,185	3,690	3,321	3,506
16 Ø15,7	16	2,400	18.75	4,464	3,936	3,542	3,739
17 Ø15,7	17	2,550	19.92	4,743	4,182	3,764	3,973
18 Ø15,7	18	2,700	21.10	5,022	4,428	3,985	4,207
19 Ø15,7	19	2,850	22.27	5,301	4,674	4,207	4,440
20 Ø15,7	20	3,000	23.44	5,580	4,920	4,428	4,674
21 Ø15,7	21	3,150	24.61	5,859	5,166	4,649	4,908
22 Ø15,7	22	3,300	25.78	6,138	5,412	4,871	5,141
23 Ø15,7	23	3,450	26.96	6,417	5,658	5,092	5,375
24 Ø15,7	24	3,600	28.13	6,696	5,904	5,314	5,609
25 Ø15,7	25	3,750	29.30	6,975	6,150	5,535	5,843
26 Ø15,7	26	3,900	30.47	7,254	6,396	5,756	6,076
27 Ø15,7	27	4,050	31.64	7,533	6,642	5,978	6,310
28 Ø15,7	28	4,200	32.82	7,812	6,888	6,199	6,544
29 Ø15,7	29	4,350	33.99	8,091	7,134	6,421	6,777
30 Ø15,7	30	4,500	35.16	8,370	7,380	6,642	7,011
31 Ø15,7	31	4,650	36.33	8,649	7,626	6,863	7,245
32 Ø15,7	32	4,800	37.50	8,928	7,872	7,085	7,478
33 Ø15,7	33	4,950	38.68	9,207	8,118	7,306	7,712
34 Ø15,7	34	5,100	39.85	9,486	8,364	7,528	7,946
35 Ø15,7	35	5,250	41.02	9,765	8,610	7,749	8,180
36 Ø15,7	36	5,400	42.19	10,044	8,856	7,970	8,413
37 Ø15,7	37	5,550	43.36	10,323	9,102	8,192	8,647



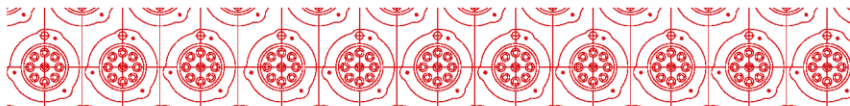
PROTEÇÃO ANTI-CORROSÃO

Assumindo a proteção anti-corrosão como fator determinante no desempenho a longo prazo dos sistemas de pré-esforço, a *RSF* dispõe de um conjunto de medidas integradas com vários níveis de proteção, que permitem garantir a durabilidade e a fiabilidade dos sistemas em situações de elevada exposição. Para o efeito, o sistema recorre a bainhas plásticas e a condutas metálicas ou plásticas, a tampas/cápsulas de ancoragem, à vedação da zona de ancoragem por fita adesiva e mangas termo-retráteis e à injeção de produtos de proteção — calda de cimento conforme a EN 447 para tendões aderentes, ou massa lubrificante / cera conforme o EAD 160027-00-0301 para tendões não aderentes. A *RSF* disponibiliza igualmente, na sua gama de monocórdão, ancoragens de monocórdão encapsuladas para proteção total contra a corrosão.

CONFIGURAÇÃO DAS ANCORAGENS - SISTEMA AN



Cabos		Dimensões (mm)				
Ø15,2	Ø15,7	ØA	ØB	C	ØD	E
4		160	114,3	45	82	100
7		200	127	45	100	125
9		235	146,05	46	117	160
12		250	165,1	46	135	180
15		275	190,5	53	153	195
19		300	203,2	76	164	215
22		330	228,6	67	184	250
27		360	254	71	203	270
31		380	270	82	209	280
37		420	279,4	104	233	340

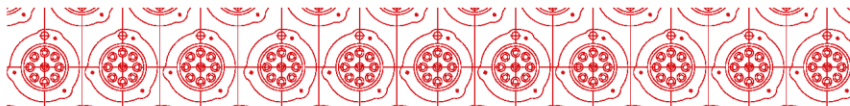


DISTÂNCIAS AO BORDO E ENTRE ANCORAGENS - SISTEMA AN

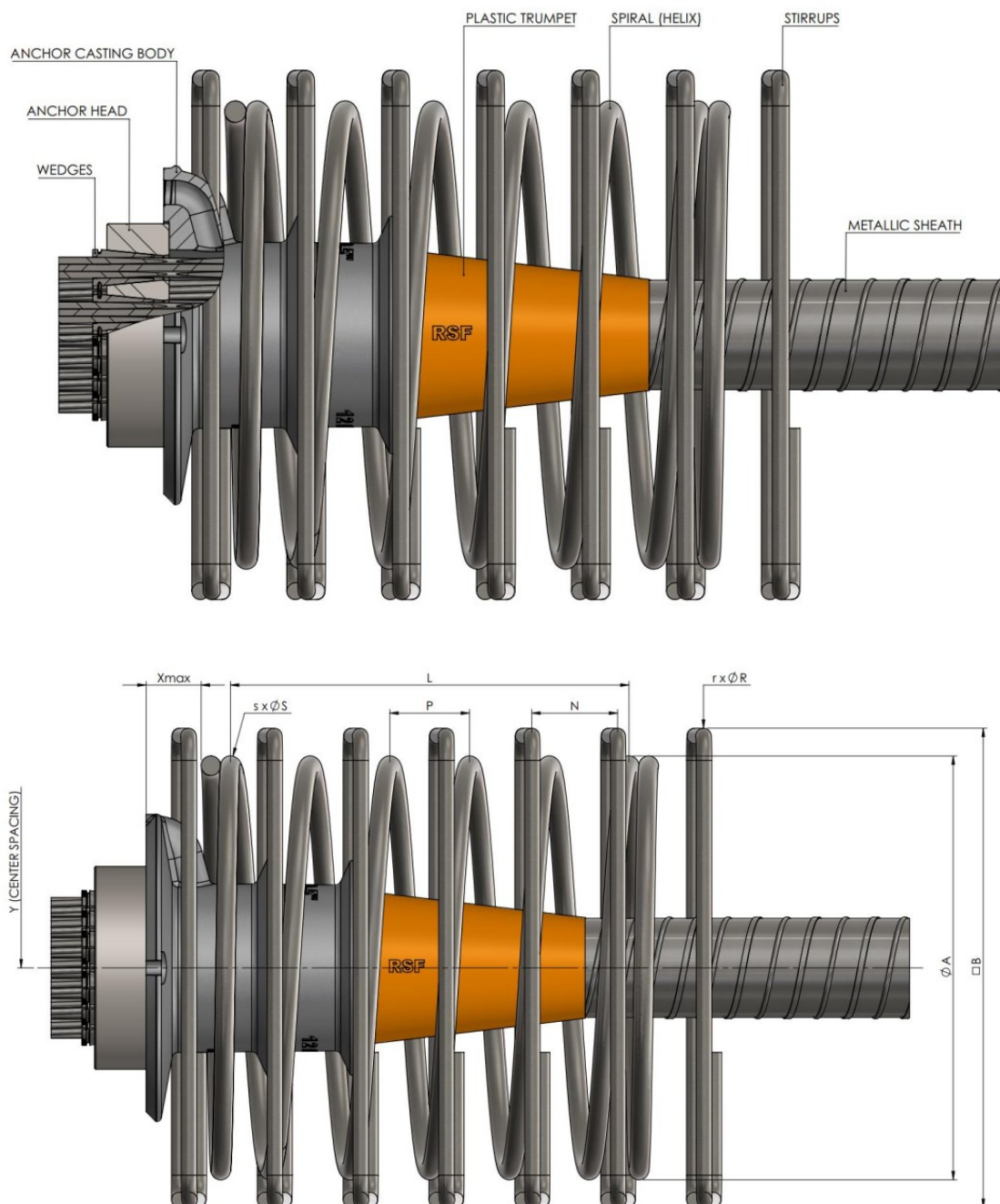
As tabelas seguintes apresentam as distâncias mínimas entre eixos de ancoragens ($X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$) e as distâncias ao bordo do betão ($X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$) para o Sistema NA, em função da classe de resistência do betão e da configuração do cabo. Os valores são indicados para cabos com 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 e 37 cordões de Ø15,2 mm e Ø15,7 mm, para as classes de betão C25/30, C30/37, C35/45 e C40/50.

Distância Entre Eixos e ao Bordo para Classe de Betão											
Resistência média do betão no momento do pré-esforço [N/mm ²]		C25/30					C30/37				
Cabos		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7
Distância entre eixos [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	240/240	315/315	410/410	435/435	455/455	230/230	285/285	370/370	400/400	420/420
Distâncias ao bordo no betão [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	135/135	170/170	220/220	230/230	240/240	130/130	155/155	200/200	215/215	225/225
Cabos		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7
Distância entre eixos [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	515/515	555/555	615/615	655/655	715/715	470/470	505/505	560/560	600/600	655/655
Distâncias ao bordo no betão [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	270/270	290/290	320/320	340/340	370/370	250/250	265/265	295/295	315/315	340/340

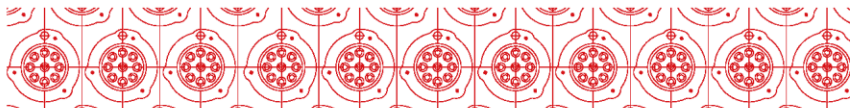
Distância Entre Eixos e ao Bordo Para Classe de Betão											
Resistência média do betão no momento do pré-esforço [N/mm ²]		C35/45					C40/50				
Cabos		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7
Distância entre eixos [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	210/210	250/250	325/325	350/350	375/375	200/200	240/240	315/315	340/340	360/360
Distâncias ao bordo no betão [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	120/120	140/140	175/175	190/190	200/200	115/115	135/135	170/170	185/185	195/195
Cabos		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7
Distância entre eixos [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	420/420	445/445	490/490	525/525	575/575	400/400	425/425	470/470	505/505	550/550
Distâncias ao bordo no betão [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	225/225	235/235	260/260	275/275	300/300	215/215	225/225	250/250	265/265	290/290



REFORÇOS DE ANCORAGENS E DISTÂNCIAS - SISTEMA AN

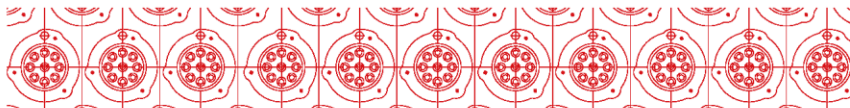


Nas seguintes tabelas mostra-se os diâmetros, passos, afastamentos e distâncias que os reforços nas zonas de ancoragem devem cumprir para os betões C25/30, C30/37, C35/45 e 40/50.



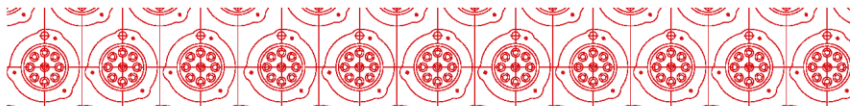
Ø15,2 / Ø15,7	Combinação Hélice + Estribo									C25/30	
	Hélice					Estribo					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y
4	12	6	50	220	200	-	-	-	-	35	240
7	12	6	60	260	240	12	4	75	295	35	315
9	16	7	65	345	325	12	7	70	390	40	410
12	16	7	65	370	325	12	7	70	415	45	435
15	16	7	75	390	375	16	6	75	435	50	455
19	16	9	60	450	420	16	6	90	495	50	515
22	16	10	60	490	480	16	7	75	535	50	555
27	16	11	55	545	495	16	8	70	595	50	615
31	16	12	55	585	550	16	10	60	635	55	655
37	20	11	65	645	585	16	9	75	695	55	715

Ø15,2 / Ø15,7	Combinação Hélice + Estribo									C30/37	
	Hélice					Estribo					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y
4	12	6	50	210	200	-	-	-	-	35	230
7	12	6	50	230	200	12	5	75	265	35	285
9	16	7	65	315	325	12	6	75	350	40	370
12	16	7	65	345	325	12	6	75	380	45	400
15	16	7	65	355	325	16	6	75	400	50	420
19	16	8	60	405	360	16	7	75	450	50	470
22	16	10	50	440	400	16	7	75	485	50	505
27	16	11	50	495	450	16	9	65	540	50	560
31	16	11	50	535	450	16	10	60	580	55	600
37	20	11	60	590	540	16	9	75	635	55	655



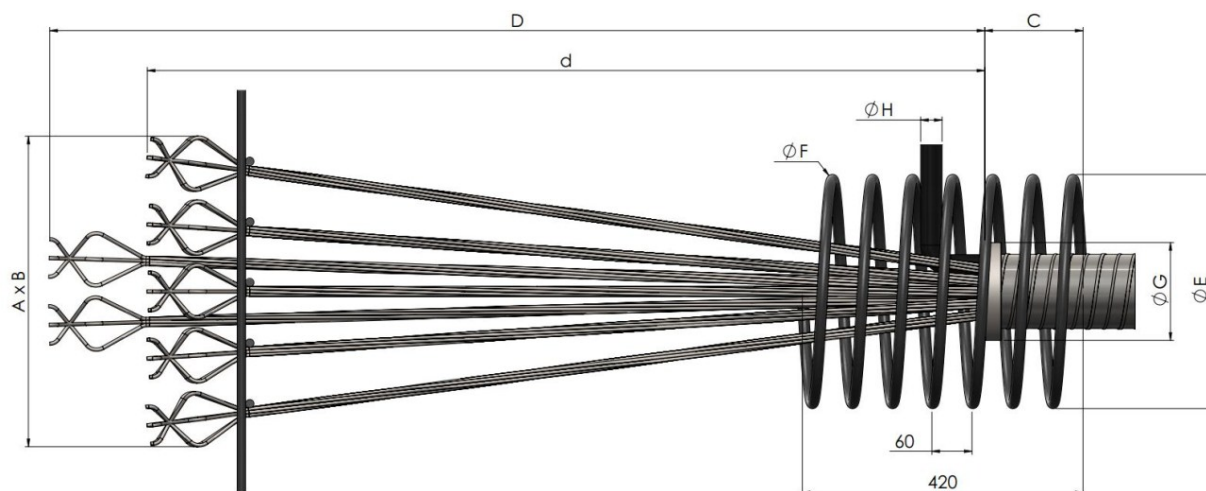
Ø15,2 / Ø15,7	Combinação Hélice + Estribo										C35/45	
	Hélice					Estribo						
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y	
4	12	6	45	190	180	-	-	-	-	35	210	
7	16	6	65	195	260	12	4	80	230	35	250	
9	16	7	50	270	250	12	5	70	305	40	325	
12	16	7	50	295	250	12	5	70	330	45	350	
15	16	8	50	310	300	16	6	70	355	50	375	
19	16	8	50	355	300	16	7	60	400	50	420	
22	16	10	45	380	360	16	8	55	425	50	445	
27	16	11	45	425	405	16	10	50	470	50	490	
31	16	11	45	460	405	16	12	45	505	55	525	
37	20	11	50	510	450	16	10	60	555	55	575	

Ø15,2 / Ø15,7	Combinação Hélice + Estribo										C40/50	
	Hélice					Estribo						
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y	
4	16	5	70	180	210	-	-	-	-	35	200	
7	16	6	55	220	220	-	-	-	-	35	240	
9	16	7	50	260	250	12	7	50	295	40	315	
12	16	7	50	285	250	12	7	50	320	45	340	
15	16	7	50	290	250	16	7	50	340	50	360	
19	20	7	60	330	300	16	6	75	380	50	400	
22	20	8	60	355	360	16	9	50	405	50	425	
27	20	8	60	395	360	20	8	65	450	50	470	
31	20	9	60	435	420	20	8	65	485	55	505	
37	20	10	55	480	440	20	9	60	530	55	550	

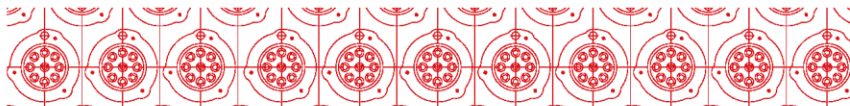


SISTEMA PS – ANCORAGENS PASSIVAS POR ADERÊNCIA

As ancoragens passivas da série PS são produzidas em total concordância com as normas regulamentares aplicáveis. Neste tipo de ancoragem os cordões são abertos na extremidade final para aumentar a aderência ao betão.

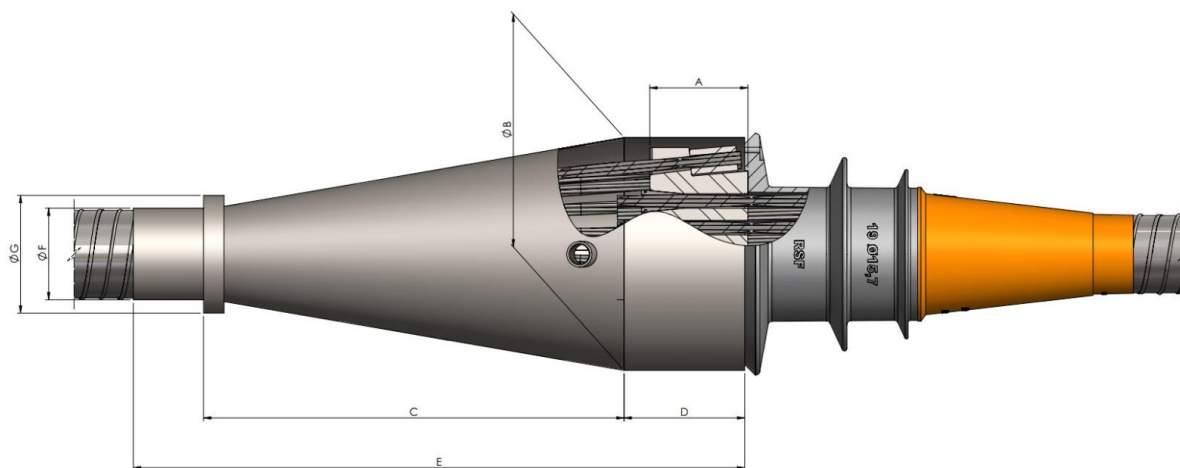


Cabos		Disposição 1			Disposição 2			Dimensões em [mm]						
Ø15,2	Ø15,7	A	B	*	A	B	*	C	d	D	ØE	ØF	ØG	ØH
1		90	90	1	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
2		190	90	2	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
3		290	90	3	-	-	-	-	-	1350	-	-	64	21/25
		210	90	2	-	-	-	-	1150	1350	-	-	64	21/25
4		390	90	4	210	190	4	-	-	1350	-	-	70	28/32
		310	90	2	-	-	-	155	1150	1350	-	-	70	28/32
5		330	90	3	-	-	-	155	-	1350	-	-	80	28/32
7		450	90	4	230	210	5	155	1150	1300	200	16	83	28/32
9		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
12		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
15		450	230	9	370	370	9	155	1150	1300	300	16	130	28/32
19		570	230	10	470	390	16	155	1150	1300	300	16	140	28/32
22		690	230	12	-	-	-	155	1450	1600	350	16	146	28/32
		-	-	-	490	470	20	155	1250	1400	350	16	146	28/32
27		690	260	17	-	-	-	155	1500	1650	350	16	171	28/32
		-	-	-	530	510	20	155	1450	1600	350	16	171	28/32
31		810	260	14	-	-	-	165	1750	1900	400	20	171	28/32
		-	-	-	570	510	20	165	1550	1700	400	20	171	28/32
37		1050	370	18	-	-	-	175	2400	2550	400	20	178	28/32
		-	-	-	690	510	24	175	1850	2000	400	20	178	28/32



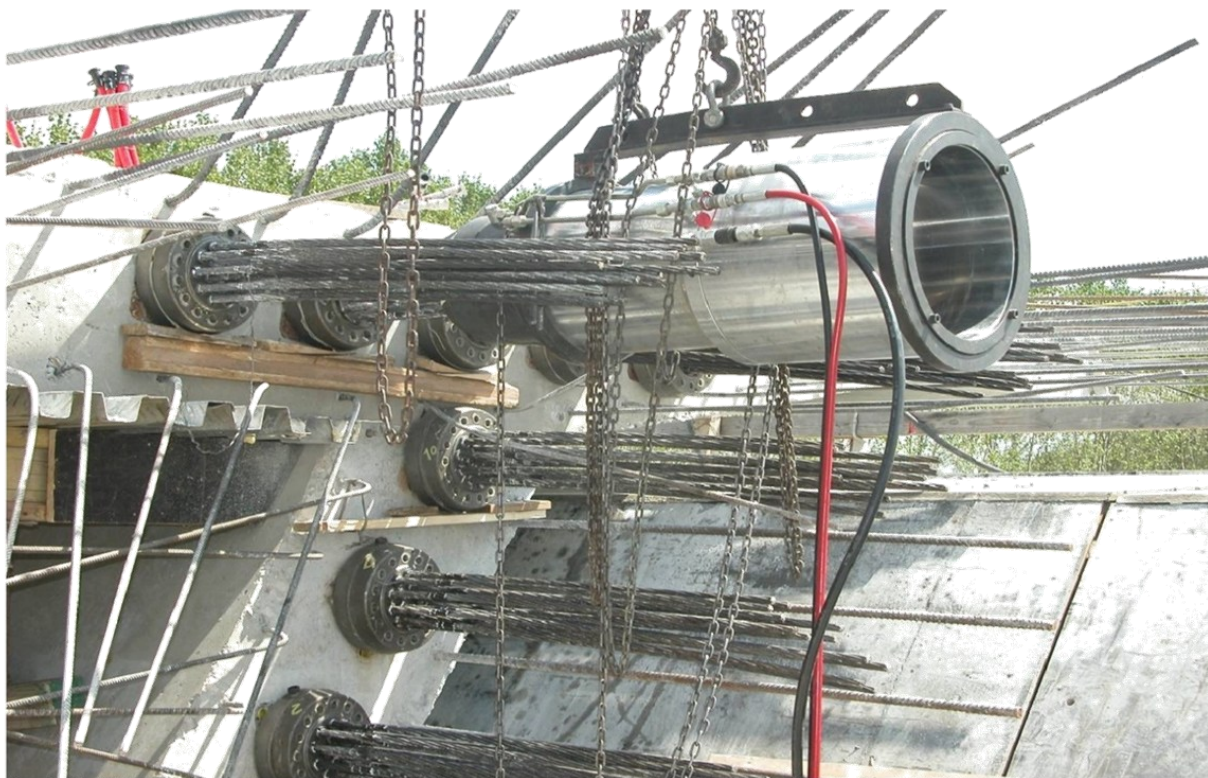
Referência	Disposição	Referência	Disposição	Referência	Disposição	Referência	Disposição
1 / 2 Cordões	1	3 Cordões	1	4 Cordões	1	4 Cordões	2
5 Cordões	1	7 Cordões	1 / 2	9 / 12 Cordões	1	9 / 12 Cordões	2
15 Cordões	1	15 Cordões	2	19 Cordões	1	19 Cordões	2
22 Cordões	1	22 Cordões	2	27 Cordões	1	27 Cordões	2
31 Cordões	1	31 Cordões	2	37 Cordões	1	37 Cordões	2
Ponto Branco – Representa D							
Ponto Preto – Representa d							

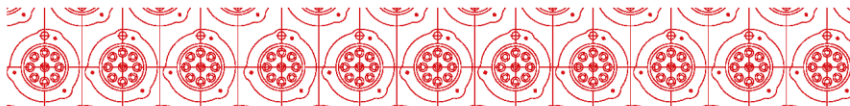
SISTEMA CO – ACOPLADORES



Dimensões (mm)							
$\varnothing 15,2 / \varnothing 15,7$	$\varnothing A$	$\varnothing B$	C	$\varnothing D$	E	$\varnothing F$	$\varnothing G$
4	110	160	210	150	440	65	83
7	122	190	300	150	550	70	95
9	122	220	360	150	610	80	105
12	122	240	400	150	650	90	121
15	122	260	510	150	760	95	133
19	122	280	510	150	760	105	146
22	122	310	610	150	860	120	159
27	150	340	660	170	940	130	168
31	150	360	660	170	940	140	178
37	160	400	840	190	1140	150	203

O acoplamento CO é constituído por uma cabeça maquinada onde são previstos pontos de fixação para os cordões de tensionamento e retensionamento (ativos/passivos). A fixação dos cordões passivos é assegurada através de um mecanismo de molas que mantém a cunha em posição desde a operação de enfiamento até à aplicação da carga. O sistema de cunhas e molas é protegido através de uma tampa metálica.





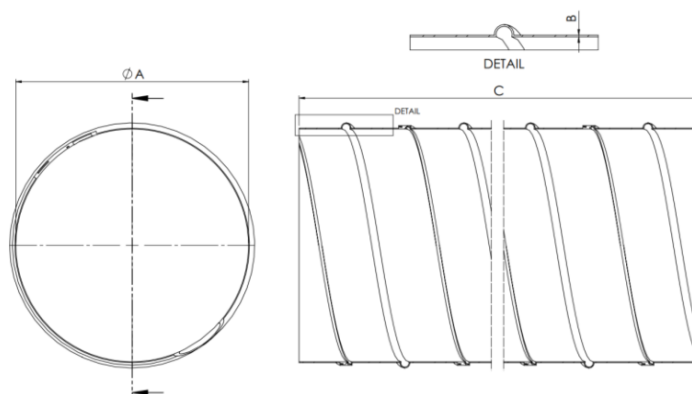
BAINHAS & ACESSÓRIOS

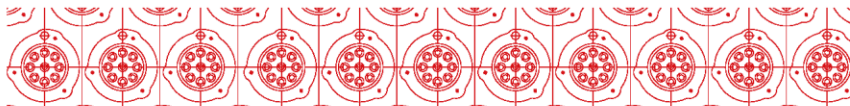
Bainhas metálicas ou de polietileno representam a forma mais económica para criar vazios em peças pós-esforçadas, providenciando uma boa proteção secundária contra a corrosão e a exigida aderência entre os cabos e o betão. A proteção primária contra a corrosão é assegurada pela alcalinidade da calda de injeção e pelo próprio betão, a secundária pela bainha e pela barreira protetora que representa para o cabo.



BAINHAS METÁLICAS CIRCULARES

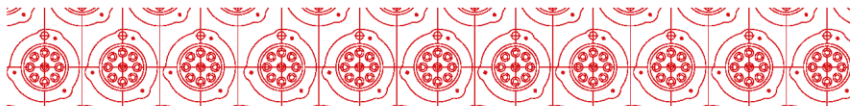
As bainhas metálicas estão disponíveis em diferentes versões. São constituídas de folha de aço prensada EN 10139 – 1999, e podem ser galvanizadas. Os troços de bainha metálica têm extensão de 5.8 metros, e são todas fornecidas com uma união enroscada em cada troço. As bainhas metálicas podem ser dos seguintes tipos:





ØA (mm)	B (mm)	C (mm)	Número de Cordões
			Ø15,2 / Ø15,7
Ø45	0,25	0 - 6.000	4
Ø50	0,30		5
Ø55			6 / 7
Ø60			8
Ø65			9
Ø70			10 / 11
Ø75	0,35		12 / 13
Ø80			14
Ø85			15 / 16 / 17
Ø90			18 / 19
Ø95	0,40		20 / 21
Ø100			22 / 23
Ø105			24 / 25
Ø110			26 / 27 / 28
Ø115	≥0,40		29 / 30
Ø120			31 / 32 / 33
Ø125			34 / 35
Ø130			36 / 37

- O diâmetro da bainha recomendado na tabela acima pode ser reduzido em casos especiais, garantindo a manutenção de uma taxa de enchimento (secção transversal de aço / bainha) $\leq 0,5$. Para casos especiais (cabos longos, muitas curvaturas, etc.) recomenda-se uma bainha de maior dimensão.
- Espessura mínima da fita de aço.
- O comprimento da bainha depende das exigências do projeto. Para comprimentos de bainha superiores a 6 metros, utiliza-se um acoplador de bainha de acordo com a norma EN 523.



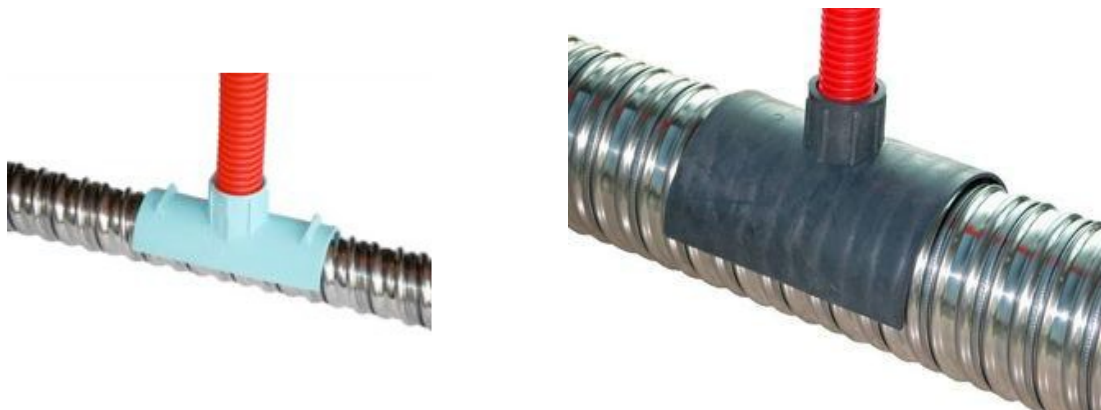
BAINHAS DE POLIETILENO “SP”



Bainhas de polietileno SP encontram-se disponíveis sob diferentes formas. São fabricadas em H.D.P.E., de acordo com as especificações FIB, em troços de extensão variável entre 5.8 m a 11.8 m. São de cor azul e trazem uma união termo retrátil em cada conexão. As bainhas SP podem ser fornecidas nos seguintes tipos:

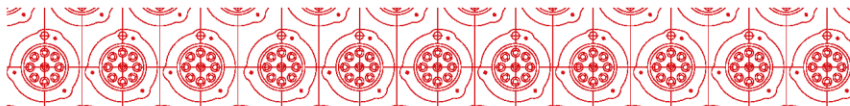
- SPA corrugada com uma espessura de 2.00 mm.
- SPB corrugada com uma espessura de 2.50 mm.
- SPC corrugada com uma espessura de 3.00 mm.
- SPD corrugada com uma espessura de 3.50 mm.

BASE DE PURGA



O posicionamento de purgas em bainhas corrugadas garante a correta remoção de ar interior durante a operação de injeção. Devem ser instaladas em todos os pontos do cabo onde potencialmente podem formar-se bolsas de ar. A purga DD-1001 é fabricada em material flexível, para permitir a sua utilização com bainhas de todos os diâmetros.

Tubos corrugados e rígidos para injeção e todo o tipo de ligações e válvulas necessárias para realização da injeção

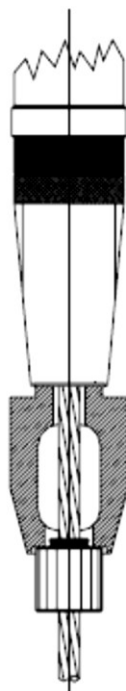


MESA DE DESCRAVAÇÃO

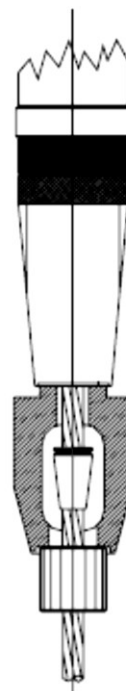
As mesas de descravação permitem retirar a tensão dos cabos tendo em vista a sua substituição ou substituição das cunhas em todas as ancoragens da gama RSF sendo compatíveis com o equipamento de tensionamento de multicordão.



A



B



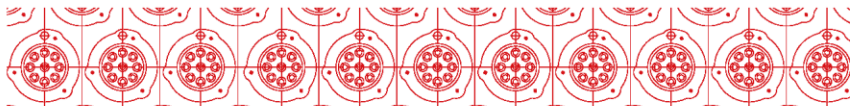
C

EQUIPAMENTO

MACACOS HIDRAULICOS

A FERCA recorre a macacos hidráulicos multicordão de fabricantes de referência — a PAUL (Alemanha) e a DSI/DYWIDAG, selecionados em função da força de tensionamento e da dimensão do cabo a tensionar. O parque de equipamentos abrange diversos modelos, cobrindo forças de tensionamento desde cerca de 850 kN até cerca de 4800 kN. São equipamentos de acionamento hidráulico, com cravação de cunhas assistida hidraulicamente que reduz ao mínimo as perdas por encravamento, e com êmbolo oco que guia os cordões pelo interior do macaco, assegurando uma operação fiável e segura. Permitem ainda o sobretensionamento e a libertação controlada para compensar perdas por atrito, bem como o registo eletrónico da força e do alongamento para efeitos de controlo de qualidade. As diferentes configurações, incluindo versões de pega frontal para espaços confinados, e o curso do êmbolo permitem uma operação rápida e com esforço reduzido durante o tensionamento.

Características	Un.	PAUL M850 kN	DSI 1700 kN	PAUL M 3000 kN	PAUL M 4800 kN
Capacidade	kN	850	1700	3000	4800
Intervalo de cordões	No.	1-4	4-7	9-12	15-19
Êmbolo de cravação	mm	250	250	250	300
Peso	kg	92	203	280	680
Área do êmbolo	cm ²	173.77	298.45	527.79	860.01
Pressão de tensionamento	Bar (max.)	500	585	600	600
Pressão de retorno	Bar (max.)	420	200	200	200
Pressão de cravação	Bar (max.)	420	365	420	420
Extensão do êmbolo	mm	210	350	400	500
Diâmetro máximo	Mm	290	330	250	320
Comprimento	mm	950	1050	1000	1340



Paul Tensa M850



DSI 1700



Paul Tensa M3000

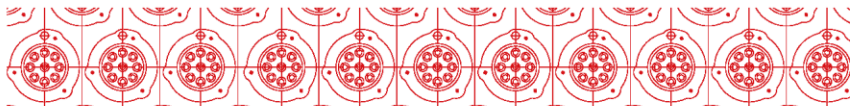


Paul Tensa M4800

Todos os macacos são fornecidos completos, com os acessórios necessários à execução do tensionamento. Cada macaco é identificado pela respetiva força de tensionamento — por exemplo, M4800 (PAUL TENSA M, 4800 kN) — sendo o miolo (peças interiores intermutáveis) configurado em função do número de cordões; quando difere do padrão de fábrica, a designação passa a incluí-lo (p. ex., M4800-22, para 22 cordões). Os macacos são acionados a partir das bombas hidráulicas, por intermédio de mangueiras, assegurando as seguintes funções independentes:

- Tensionamento,
- Retorno,
- Cravação das cunhas (*power seating*).

Para a introdução dos cordões no macaco recorre-se a um dispositivo de guiamento/separação dos cordões. No tensionamento de ancoragens ativas, o macaco apoia na sua cabeça através de um anel de apoio; apenas em determinados tipos de ancoragem o macaco apoia diretamente sobre a própria ancoragem.

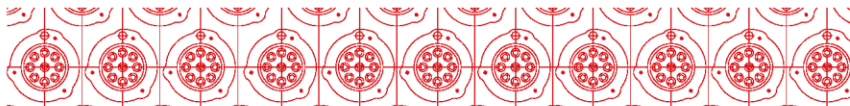


As principais características dos macacos da série “M” são as seguintes:

- Rotação de 350° sobre um eixo,
- Extensão de cabo necessária reduzida,
- Cravação automática por via de circuito hidráulico
- Pequenas dimensões,
- Front grip,
- Facilidade no manuseamento e manutenção,
- Facilidade de inspeção/limpeza das cunhas de arrasto

Os macacos são identificados por um número de série e acompanhados do respetivo certificado de calibração.





BOMBAS HIDRÁULICAS

Paul NG50 (PT)

A NG50 é uma central hidráulica (grupo de bombagem) da PAUL, o fabricante alemão de referência em equipamento para pré-esforço e pós-tensão. Destina-se a fornecer a potência hidráulica que aciona macacos de tensionamento, cilindros e equipamento afim utilizados na produção de elementos de betão pré-esforçado. É uma unidade compacta e de operação simples, podendo trabalhar com comando manual ou elétrico, a uma pressão de serviço de 420 bar.

No essencial: o acionamento é tipicamente por motor elétrico trifásico, existindo também versões de corrente alternada, pneumáticas ou a gasolina; o comando faz-se por válvula hidráulica manual, com possibilidade de comandos elétricos adicionais para as funções de montagem. A bomba é de pistões radiais montada na flange do motor, com filtro de retorno para purificação do óleo, e a estação completa integra a unidade base, o grupo de potência, manómetro, uniões hidráulicas e cabo de interligação.



Abaixo segue o resumo das características desta bomba hidráulica:

- Potência: 5.5 kW
- Peso: 110 kg
- Controlo: botoneira
- Funções: tensionamento-cravação-retorno
- Max. pressão de tensionamento: 620 bar.
- Max. pressão de cravação: 150 bar.
- Max. pressão de retorno: 150 bar.
- Dimensões: 1350x740x1060 mm
- Mangueiras Hidráulicas: três

BOMBA DE INJEÇÃO

Para a injeção a FERCA dispõe da **Häny IC 310**. Este equipamento é uma central compacta de injeção (grouting) do fabricante suíço Häny AG, que integra num único conjunto misturador, agitador e bomba — preparando e bombeando caldas de cimento (ou suspensões de bentonite) para injeção de ancoragens, pregagens, cabos de pré-esforço e aplicações afins, atingindo até 100 bar de pressão e cerca de 2 m³/h de caudal.



Características	UN.	Modelo Häny IC310E
Peso	kg	625
Dimensões	mm	1600x780x1600
Misturadora	l	100
Tempo mistura	seg	40"
Agitador	l	150
Máx. Pressão de injeção	Bar	100
Max. grouting capacity	m³/h	2.0
Potência Misturadora	kW	10.5

