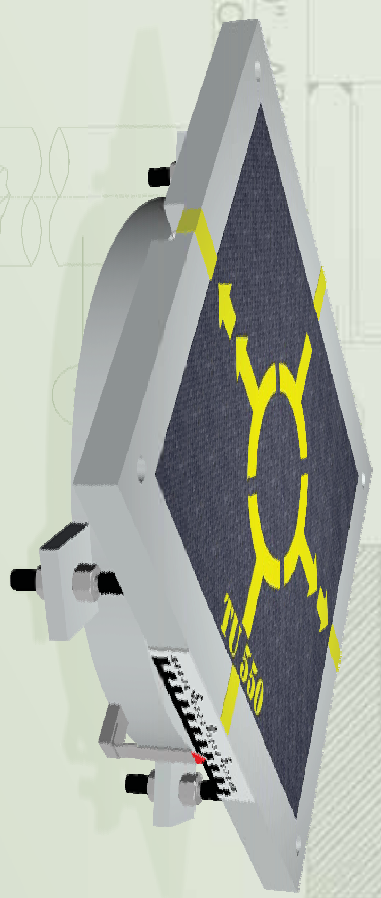
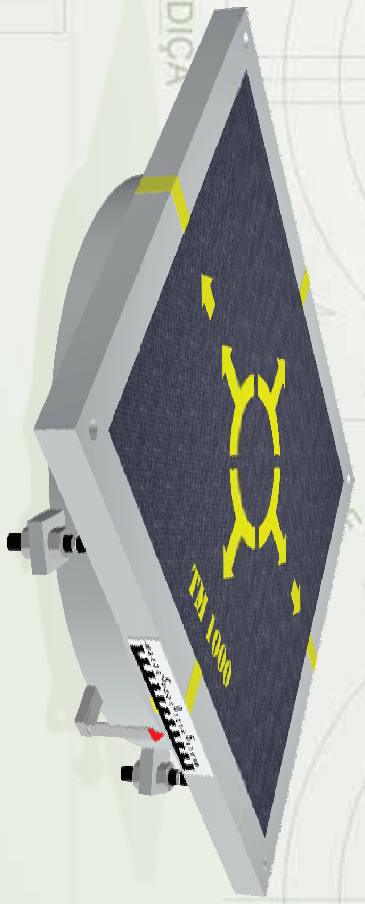






APARELHOS DE APOIO METÁLICOS ELASTOMÉRICOS



Imagem Aérea da Empresa



Pátio Fabril Usinagem



Horta Comunitária



Pátio Fabril Engenharia



Cursos In Company ministrados pelo SENAI

Rudloff: Tradição, Agilidade e Experiência

A **Rudloff** foi fundada em 1960, como indústria de materiais para a construção civil, com especialização em concreto protendido. Ao longo de mais de 50 anos, a empresa se desenvolveu em diversos campos de atuação, capacitando-se para fornecer soluções de engenharia diferenciadas e serviços especializados. Atualmente, entre os produtos e serviços oferecidos pela **Rudloff** destacam-se principalmente:

- Aparelhos de apoio metálicos;
- Protensão de estruturas;
- Emendas para barras de aço CA-50;
- Pontes executadas por segmentos empurrados;
- Movimentação de cargas pesadas;
- Usinagem mecânica.

Em cada área onde atua, a **Rudloff** tem a preocupação constante de oferecer aos clientes uma solução técnica e economicamente interessante, através de soluções personalizadas. A empresa trabalha obedecendo elevados padrões de qualidade, normas técnicas e exigências do mercado globalizado. É pioneira e a única brasileira com Sistema de Gestão da Qualidade certificada pela ISO 9001:2008 como fornecedora de componentes de concreto protendido, entre outros produtos.

A preocupação da empresa em atingir excelência tecnológica, de serviços e produtos, respeitando o meio ambiente, o homem e a sociedade onde se insere lhe permite buscar uma atuação voltada para a sustentabilidade. Com o objetivo de se desenvolver neste sentido, a **Rudloff** é associada do Instituto Ethos, afirmando seu compromisso em adotar práticas sociais e responsáveis, contribuindo para a construção de um cenário mais promissor para todos.

Visite nosso site e saiba mais!
www.rudloff.com.br

POR QUE USAR ESTE CATÁLOGO

Este catálogo é recomendado para fins didáticos e práticos sobre o uso de aparelhos de apoio em estruturas, principalmente para os profissionais envolvidos no projeto e/ou execução destas estruturas.

Seu conteúdo envolve a apresentação de informações genéricas sobre aparelhos de apoio, assim como as principais características dos Aparelhos de Apoio Metálicos Elastoméricos Rudloff, com o objetivo de oferecer aos profissionais os dados necessários à escolha e à instalação destes aparelhos.

Aqui não serão tratados casos especiais, mas aplicações convencionais genéricas dos Aparelhos de Apoio Metálicos Elastoméricos Rudloff, conforme a sua linha padrão de produção. Porém, projetos especiais podem ser desenvolvidos em casos específicos, conforme a necessidade do cliente. Informações a este respeito devem ser solicitadas ao departamento técnico da Rudloff.

POR QUE USAR APARELHOS RUDLOFF?

Aparelhos de apoio são elementos fundamentais à movimentação natural existente em algumas estruturas. São necessários para atender às condições de estabilidade e movimentação previstas em projetos ao longo de toda vida útil destas estruturas.

Devido à sua relevância, estes aparelhos são peças que requerem uma fabricação cuidadosa e precisa, que possa garantir o seu correto funcionamento e durabilidade.

Os aparelhos de apoio Rudloff são projetadas de acordo com normas europeias, incorporando tecnologia avançada de projeto e fabricação, com materiais de alta qualidade, visando a garantia de sua longa vida útil e de sua resistência.

A Rudloff desenvolve suas atividades a partir de um sistema de gestão certificado pela Norma NBR ISO 9001:2008, com a preocupação constante de oferecer produtos e serviços com elevado padrão de qualidade. Seus fornecedores são cuidadosamente selecionados e homologados, e sua produção é identificada e inspecionada periodicamente, desde o recebimento da matéria-prima, até a entrega do produto final. Isso possibilita o acompanhamento de todo o processo produtivo pelo Controle da Qualidade e permite o registro do histórico da produção.

O USO DE APARELHOS DE APOIO

A necessidade do uso de aparelhos de apoio ocorre porque quando duas peças estruturais se apoiam uma sobre a outra, elas podem girar (rotação) ou deslizar (translação) uma em relação à outra. Estes movimentos de rotação e translação nem sempre podem ser absorvidos por alguma das duas peças, sendo necessário, para isso, um elemento intermediário entre elas, que é o aparelho de apoio.

Os aparelhos de apoio são desenvolvidos de forma a transferir esforços para o apoio de uma estrutura, respeitando as condições de estabilidade e movimentação previstas em seu projeto. Seu uso mais comum é para o apoio de superestruturas de pontes e viadutos, onde o uso dos aparelhos entre vigas e pilares possibilita a movimentação natural existente entre estes dois elementos, absorvendo os esforços horizontais e de rotações e transmitindo aos pilares os esforços verticais.



Imagem 01: Aparelho tipo TM aplicado

FORÇAS ATUANTES

Consideram-se como os principais fatores causadores de forças e momentos sobre os aparelhos de apoio:

- Esforços verticais: peso próprio da estrutura, carga móvel, componente vertical do vento.
- Esforços horizontais: frenagem, atrito, vento, força centrífuga em pontes curvas, forças corretivas decorrentes de deformação lenta; retração, protensão e dilatação térmica.
- Momentos decorrentes da excentricidade dos esforços verticais, momentos devido à protensão.

A grandeza destas forças, bem como a movimentação desejada em um apoio, condicionam o tipo de aparelho de apoio a ser usado na estrutura.

PRINCÍPIOS BÁSICOS

Aparelhos de apoio devem poder oferecer a uma estrutura fixação horizontal, para mantê-lo no lugar, ou deslocamento horizontal, para permitir à ela movimentos de expansão e contração. Assim, os aparelhos em geral podem ser fixos ou móveis, dependendo das suas funções estática e cinemática.

Quanto ao material utilizado, podem ser:

- De concreto (articulação de concreto);
- Elastoméricos;
- Metálicos, que podem ser constituídos de elastômero junto com o aço.

Na definição do sistema de apoios de uma estrutura, devem ser observados os seguintes princípios:

- Aparelhos de apoio de qualquer tipo ou marca sofrem desgastes e devem poder ser substituídos. É então necessário se prever um acesso aos aparelhos instalados, para sua eventual manutenção ou substituição, incluindo o espaço para a colocação de macacos de suspensão na estrutura.
- O sistema de apoios de uma estrutura deve respeitar suas características geométricas e cinemáticas, sem gerar nela tensões inesperadas.
- As deformações da estrutura em serviço devem ser respeitadas, pois realmente ocorrem.
- Recomenda-se que o posicionamento de aparelhos de apoio seja feito de modo a evitar que eles sejam atingidos por água e que se acumule sujeira ao seu redor.

ATENÇÃO!

A responsabilidade dos aparelhos de apoio em uma estrutura é grande, porém seu custo é normalmente muito baixo em relação ao custo da estrutura como um todo. Contudo, isso só poderá realmente acontecer se os aparelhos forem adequadamente escolhidos e sua instalação for bem executada, garantindo assim o correto funcionamento e a durabilidade das peças. Aparelhos de apoio só funcionam adequadamente e com durabilidade quando corretamente instalados.

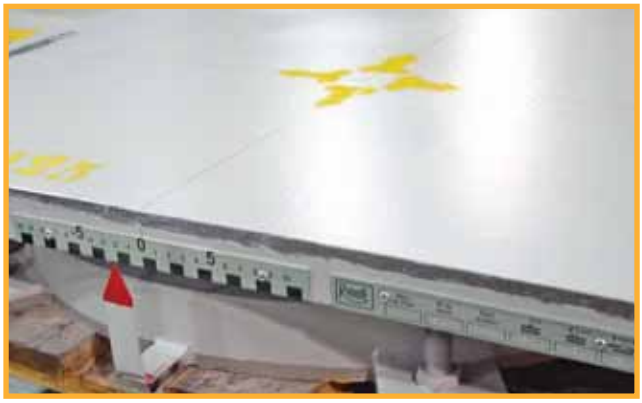


Imagem 02: Aparelho de apoio tipo TM

OS APARELHOS RUDLOFF

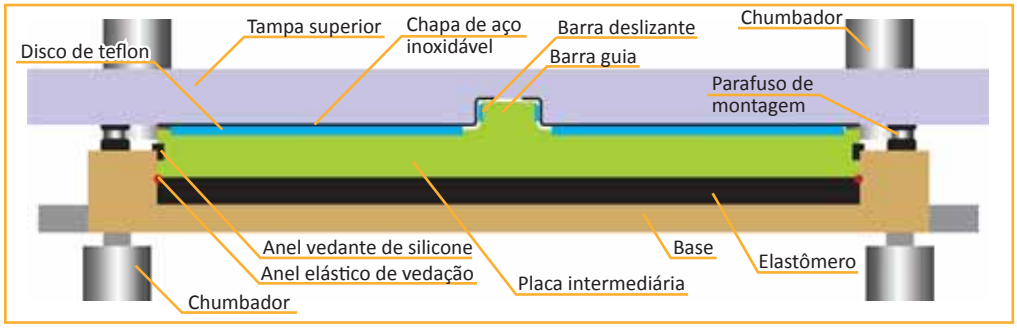


Imagem 03: Corte transversal de um Aparelho Metálico Elastomérico Rudloff tipo Unidirecional-TU (fora de escala)

ELASTÔMERO

A peça central dos aparelhos de apoio é um elastômero que fica confinado dentro da base de cada aparelho e acompanha a sua rotação, como se fosse um fluído viscoso.

Para garantir o funcionamento adequado do elastômero, há um anel elástico de vedação preso no próprio elastômero. O anel, feito de plástico duro, se desliza na parede interna da base do aparelho sem se desgastar e se adapta facilmente a eventuais deformações. Além disso, elimina o atrito gerado pelo contato de metal com metal, prejudicial à durabilidade do aparelho de apoio.

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA NO APARELHO DE APOIO RUDLOFF

É necessário um isolamento totalmente seguro nos espaços que se formam entre a placa intermediária e a base, devido ao movimento do aparelho. Este isolamento é proporcionado por um anel de silicone, que protege o interior do aparelho contra a infiltração de umidade, evitando danos por oxidação interna dos seus componentes.

Para todos os componentes de aço do aparelho que ficam expostos, é adotado a seguinte sistemática de proteção:

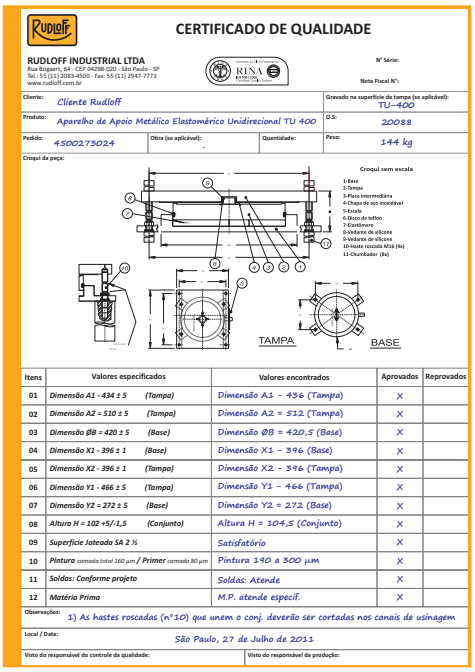
- Limpeza por jateamento;
- Aplicação de Epóxi Primer anticorrosivo de zinco;
- Aplicação de duas camadas de revestimento com pintura epóxica de alta dureza.

As superfícies deslizantes são engraxadas com graxa à base de silicone. As superfícies de contato com o concreto não recebem nenhum tipo de material viscoso ou de graxa.

CERTIFICADO DE QUALIDADE RUDLOFF

As matérias-primas, os componentes e os processos produtivos utilizados pela Rudloff Industrial Ltda. na fabricação dos aparelhos de apoio são controlados e inspecionados por sistema de qualidade certificado pela Norma NBR ISO 9001:2008.

Cada aparelho de apoio Rudloff é acompanhada de um Certificado de Qualidade, onde consta a aprovação de suas propriedades, de acordo com os dados de projeto.



CERTIFICADO DE QUALIDADE

RUDLOFF INDUSTRIAL LTDA
Rua Bogaert, 64 - CEP 04298-020 - São Paulo - SP
Tel.: 55 (11) 2083-4500 - Fax: 55 (11) 2947-7773
www.rudloff.com.br

Nº Série:
Nota Fiscal Nº:

Cliente: Cliente Rudloff			Gravado na superfície da tampa (se aplicável): TU-400
Produto: Aparelho de Apoio Metálico Elastomérico Unidirecional TU 400			O.S.: 20088
Pedido: 4500273024	Obra (se aplicável): -	Quantidade: -	Peso: 144 kg

Croqui da peça:

Croqui sem escala

1-Base
2-Tampa
3-Placa Intermediária
4-Chapa de aço Inoxidável
5-Escala
6-Disco de teflon
7-Elastômero
8-Vedante de silicone
9-Vedante de silicone
10-Haste roscada M16 (4x)
11-Chumbador (8x)

TAMPA BASE

Itens	Valores especificados	Valores encontrados	Aprovados	Reprovados
01	Dimensão A1 - 434 ± 5 (Tampa)	Dimensão A1 - 436 (Tampa)	X	
02	Dimensão A2 = 510 ± 5 (Tampa)	Dimensão A2 = 512 (Tampa)	X	
03	Dimensão ØB = 420 ± 5 (Base)	Dimensão ØB = 420,5 (Base)	X	
04	Dimensão X1 - 396 ± 1 (Base)	Dimensão X1 - 396 (Base)	X	
05	Dimensão X2 - 396 ± 1 (Tampa)	Dimensão X2 - 396 (Tampa)	X	
06	Dimensão Y1 - 466 ± 5 (Tampa)	Dimensão Y1 - 466 (Tampa)	X	
07	Dimensão Y2 = 272 ± 5 (Base)	Dimensão Y2 = 272 (Base)	X	
08	Altura H = 102 +5/-1,5 (Conjunto)	Altura H = 104,5 (Conjunto)	X	
09	Superfície Jateada SA 2 ½	Satisfatório	X	
10	Pintura camada total 160 µm / Primer camada 80 µm	Pintura 140 a 300 µm	X	
11	Soldas: Conforme projeto	Soldas: Atende	X	
12	Matéria Prima	M.P. atende especif.	X	

Observações: 1) As hastes roscadas (nº10) que unem o conj. deverão ser cortadas nos canais de usinagem

Local / Data: São Paulo, 27 de Julho de 2011

Visto do responsável do controle de qualidade: Visto do responsável da produção:

Imagem 04: Exemplo de um Certificado de Qualidade

TIPOS DE APARELHOS RUDLOFF

Os Aparelhos de Apoio Metálicos Elastoméricos Rudloff podem permitir à estrutura mobilidade por translação, segundo um ou dois eixos ortogonais entre si e por rotação em torno de um, dois ou três eixos.

Conforme a sua capacidade de translação e rotação, são classificados em:

- *Aparelhos de Apoio Fixos – TF*: transmitem os esforços em todas as direções e não permitem movimentos de translação.
- *Aparelhos de Apoio Unidirecionais – TU*: se movimentam em uma só direção e podem transmitir esforços na direção perpendicular ao eixo de movimento.
- *Aparelhos de Apoio Multidirecionais – TM*: se movimentam nas direções longitudinal e transversal.

A definição do tipo de especificação do aparelho a ser usado em uma estrutura pode ser feita a partir dos seguintes elementos:

- Máximo carregamento vertical;
- Mínimo carregamento vertical;
- Carregamento horizontal nas direções transversal e longitudinal;
- Pior combinação de carregamentos resultante do máximo carregamento horizontal e do mínimo carregamento vertical;

- Deslocamento nas direções longitudinal e transversal;
- Rotação prevista para o aparelho;
- Máxima tensão de compressão permitida no concreto dos pilares e vigas;
- Informações diversas sobre a construção da estrutura onde serão instalados os aparelhos, tais como:
    - Tipo da estrutura (de concreto ou aço);
    - Layout dos apoios;
    - Espaço disponível para os apoios, etc.

TENSÃO ADMISSÍVEL NO CONCRETO

As superfícies de apoio dos aparelhos devem ter dimensões tais que as cargas concentradas sejam distribuídas em áreas suficientes para que não seja provocado o esmagamento do concreto na região dos apoios.

A tensão admissível no concreto depende das dimensões da área de suporte do aparelho de apoio e das características do próprio concreto. Para os aparelhos padronizados, detalhados neste catálogo a tensão transmitida ao concreto aproxima-se de 29 N/mm², com carga de trabalho, máxima no **Estado Limite de Serviço**.

O ATRITO INTERNO NOS APARELHOS

A resistência ao deslizamento dos aparelhos de apoio internamente é uma fração da carga vertical (V) aplicada. Para os aparelhos padrão detalhados neste catálogo, admite-se o atrito como sendo 4% de V, no caso de aparelhos tipo TU, e 3% de V, no caso de aparelhos tipo TM. O coeficiente de atrito exato entre o aço inoxidável e o teflon é determinado de acordo com a norma BS 5400. Estas reações são resistência dos aparelhos ao movimento, válidas para temperaturas de até -35 °C. Devem ser levadas em conta no projeto estático da estrutura.

ESFORÇOS, TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO ADMISSÍVEIS

Os aparelhos de apoio padrão detalhados neste catálogo são projetados para resistir aos valores máximos de cargas verticais estabelecidos nas Tabelas 4, 6 e 8 e cargas horizontais de, no máximo, 10% das verticais. Devem ser respeitados os seguintes movimentos admissíveis máximos:

TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO ADMISSÍVEIS NOS APARELHOS			
	TRANSLAÇÃO TOTAL		ROTAÇÃO AO REDOR DE QUALQUER EIXO
	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	
TF	0 (zero)	0 (zero)	± 0,015 rad = ± 0,86°
TU	+/- 50mm	0 (zero)	± 0,015 rad = ± 0,86°
TM	+/- 50mm	+/- 20mm	± 0,015 rad = ± 0,86°

Tabela 01: Translação e rotação admissíveis nos aparelhos

A IDENTIFICAÇÃO DOS APARELHOS
MARCAÇÃO NAS TAMPAS

A marcação da tampa superior de cada aparelho de apoio fornece informações sobre o seu tipo e dados necessários à sua instalação.

- Setas: indicam direções de deslocamentos horizontais permitidos no aparelho.
- Setas duplas: indicam a direção de instalação do aparelho, a qual deve coincidir com o eixo longitudinal da estrutura.
- Traço reto: indica a ausência de movimento horizontal na direção do traço.
- Anotações específicas em planta: fornecem dados adicionais variáveis, tais como a denominação dos aparelhos, sua posição e seu pré-deslocamento, entre outros. Todas as anotações são importantes e devem ser cuidadosamente checadas com o projeto, durante a instalação.

TF 250		TU 1000		TM 400	
TF	Aparelho tipo fixo	TU	Aparelho tipo unidirecional	TM	Aparelho tipo multidirecional
250	Máx. carga vertical admissível (ton)	1000	Máx. carga vertical admissível (ton)	400	Máx. carga vertical admissível (ton)

Tabela 02: Marcação nas tampas dos aparelhos

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

A placa de identificação traz as principais características do aparelho de apoio. Sua integridade deve ser garantida durante toda a vida útil do aparelho.

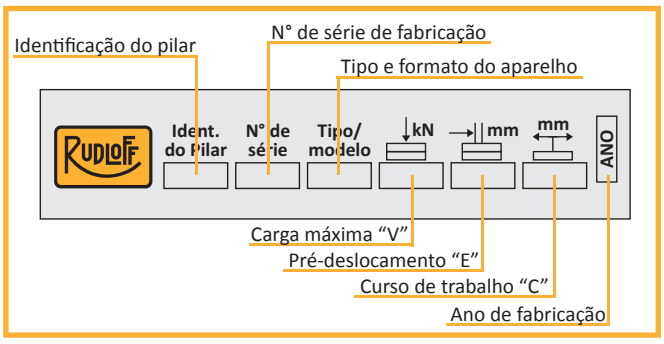


Imagem 05: Placa de identificação dos aparelhos

ESCALA DE TRABALHO

Todos os aparelhos de apoio Rudloff unidirecionais ou multidirecionais apresentam uma escala de trabalho na tampa deslizante, que fornece em centímetros informações sobre o deslocamento horizontal do aparelho. Os aparelhos padrão são fornecidos com uma escala de aparência similar à figura 4 abaixo, que ilustra uma situação de aparelho sem qualquer deslocamento.

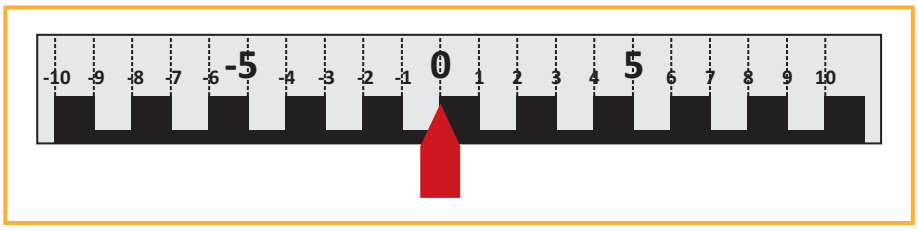


Imagem 06: Escala de trabalho de um aparelho sem pré-deslocamento

A escala de trabalho possibilita a leitura do deslocamento real do aparelho em uso. Pode também identificar um pré-deslocamento no aparelho, aplicado em fábrica conforme projeto estrutural, para compensar deslocamentos fixos que incidirão sobre o aparelho, independentes do seu curso de trabalho.

Nestes casos, sua aparência é similar ao exemplo da figura 5, onde:

- C = curso de trabalho total do aparelho. No caso dos aparelhos padronizados neste catálogo, este valor é a soma dos deslocamentos possíveis para cada lado (+/-50mm), ou seja, 100mm.
- E = pré-deslocamento horizontal do aparelho de fábrica. Após aplicados na estrutura os esforços responsáveis pela sua deformação definitiva de valor “E”, o aparelho funciona normalmente, como na figura 4.

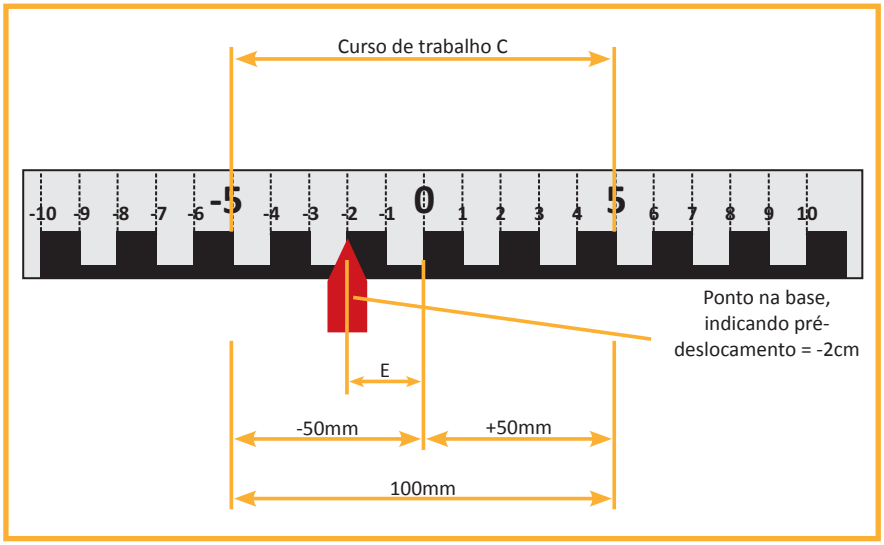


Imagem 07: Escala de trabalho de aparelhos com pré-deslocamento “E”. A identificação dos elementos não existe na escala real.

APARELHO FIXO TIPO TF

Os apoios fixos, série TF, transmitem os esforços em todas as direções. Para os apoios padronizados neste catálogo, devem ser usados os valores máximos tabelados abaixo:

TIPO DE MOVIMENTO	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	ROTAÇÃO
VALOR DO MOVIMENTO, PARA APARELHOS TIPO TF	0mm	0mm	± 0,015 rad (± 0,86°)

Tabela 03: Movimentos admissíveis no aparelho TF



Imagem 08: Aparelho de apoio Rudloff tipo TF

APARELHO MONTADO



Imagem 09: Seção transversal do aparelho tipo TF

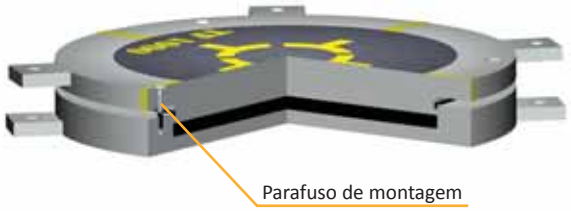


Imagem 10: Seção transversal do aparelho tipo TF

TAMPA SUPERIOR

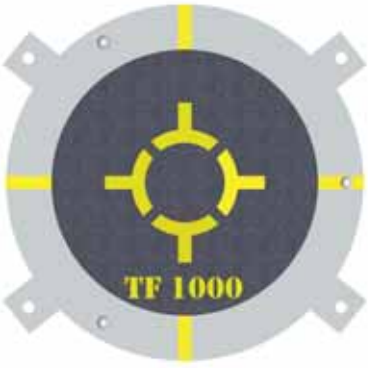


Imagem 11: Vista superior da tampa do aparelho tipo TF



Imagem 12: Vista da tampa do aparelho tipo TF

BASE

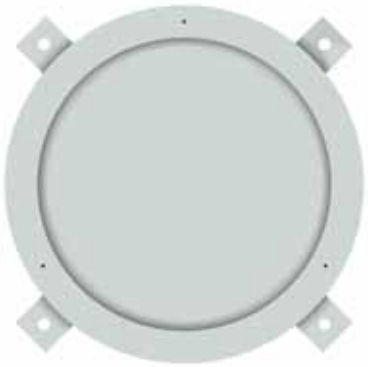


Imagem 13: Vista superior da base do aparelho tipo TF



Imagem 14: Vista da base do aparelho Rudloff tipo TF

APARELHO FIXO TIPO TF

TIPO E TAMANHO	ESTADO LIMITE DE SERVIÇO	ESTADO LIMITE ÚLTIMO	DIMENSÕES DOS APARELHOS DE APOIO						PESO (Kg)	TIPO DE CHUMBADOR
	VERTICAL (kN)	VERTICAL (kN)	A (mm)	B (mm)	H (mm)	s (mm)	t (mm)	u (mm)		
TF-70	700	940	200	200	72	176	214	130	26	M12
TF-150	1500	2010	270	270	72	226	264	182	38	M12
TF-250	2500	3360	340	340	72	282	328	228	64	M16
TF-400	4000	5240	420	420	77	340	386	286	92	M16
TF-550	5500	7390	500	500	85	396	444	342	132	M16
TF-750	7500	10010	580	580	95	452	500	400	190	M16
TF-1000	10000	12800	670	670	100	523	586	468	240	M16
TF-1200	12000	16240	760	760	109	587	652	531	340	M16
TF-1500	15000	20160	840	840	117	643	708	589	440	M20
TF-1800	18000	24190	920	920	126	700	764	647	560	M20
TF-2100	21000	28640	1010	1010	141	764	835	701	740	M20
TF-2500	25000	32260	1090	1090	150	820	893	758	940	M20
TF-2900	29000	38980	1180	1180	159	884	956	821	1170	M20
TF-3300	33000	44360	1260	1260	167	940	1014	877	1390	M20
TF-3800	38000	51080	1330	1330	175	990	1062	926	1630	M20
TF-4300	43000	57800	1420	1420	184	1054	1128	991	1940	M20
TF-4800	48000	64520	1500	1500	198	1110	1184	1047	2340	M20
TF-5300	53000	71240	1590	1590	212	1174	1247	1110	2830	M20
TF-5900	59000	79310	1670	1670	221	1230	1305	1168	3240	M20
TF-6500	65000	87370	1760	1760	229	1294	1368	1231	3730	M20

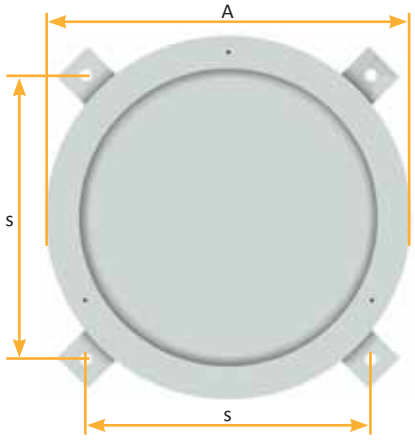


Imagem 15: Dimensões da base do aparelho TF

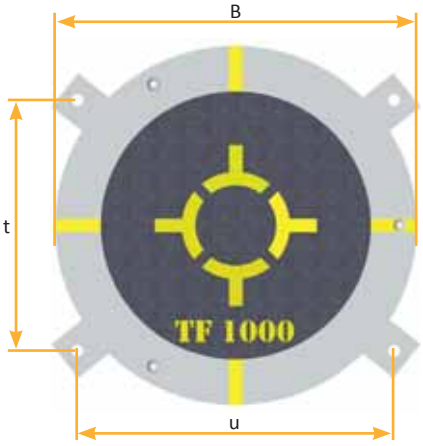


Imagem 17: Dimensões da tampa do aparelho TF

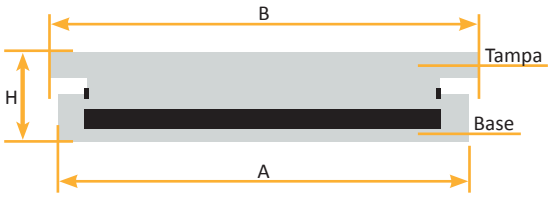


Imagem 16: Dimensões do aparelho TF em corte transversal

Tabela 04: Características dos aparelhos de apoio metálicos elastoméricos Rudloff, tipo TF

APARELHO UNIDIRECIONAL TIPO TU

Os apoios unidirecionais, série TU, permitem o movimento em uma única direção e podem transmitir esforços na direção perpendicular ao seu deslocamento. São fabricados ou com uma barra guia central ou duas laterais, dependendo do seu tamanho.

Para os apoios padronizados neste catálogo, devem ser usados os valores máximos tabelados abaixo.

TIPO DE MOVIMENTO	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	ROTAÇÃO
VALOR DO MOVIMENTO, PARA APARELHOS TIPO TU	+/- 50mm	0mm	± 0,015 rad (± 0,86°)

Tabela 05: Movimentos admissíveis no aparelho TU

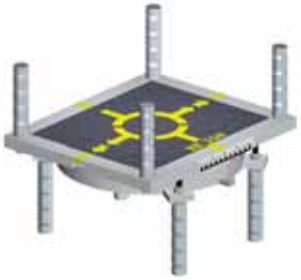


Imagem 18: Aparelho de apoio Rudloff tipo TU

APARELHO MONTADO



Imagem 19: Seção transversal do aparelho tipo TU



Imagem 20: Seção transversal do aparelho tipo TU

TAMPA SUPERIOR

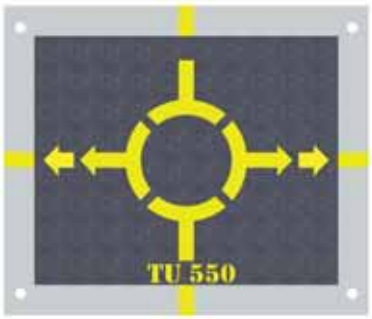


Imagem 21: Vista superior da tampa do aparelho tipo TU

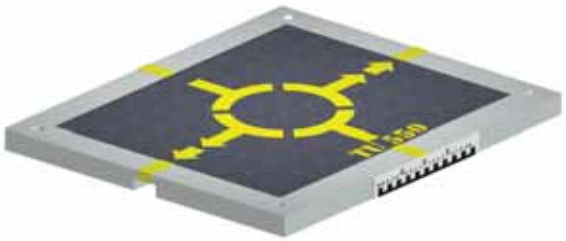


Imagem 22: Vista da tampa do aparelho tipo TU

BASE



Imagem 23: Vista superior da base do aparelho tipo TU



Imagem 24: Vista da base do aparelho Rudloff tipo TU

APARELHO UNIDIRECIONAL TIPO TU

TIPO E TAMA-NHO	ESTADO LIMITE DE SERVIÇO	ESTADO LIMITE ÚLTIMO	DIMENSÕES DOS APARELHOS DE APOIO								PESO (Kg)	TIPO DE CHUM-BADOR
	VERTICAL (kN)	VERTICAL (kN)	A (mm)	B (mm)	L (mm)	H (mm)	r (mm)	s (mm)	t (mm)	u (mm)		
TU-70	700	940	200	237	330	92	152	198	298	198	42	M12
TU-150	1500	2010	270	300	360	92	184	262	324	262	60	M12
TU-250	2500	3360	340	367	440	102	230	328	396	328	104	M16
TU-400	4000	5240	420	434	510	102	272	396	466	396	140	M16
TU-550	5500	7390	500	510	600	95	314	464	546	438	170	M16
TU-750	7500	10010	580	590	680	105	350	536	626	518	244	M16
TU-1000	10000	12800	660	670	760	125	413	590	706	598	360	M16
TU-1200	12000	16240	740	750	840	143	459	655	786	678	510	M16
TU-1500	15000	20160	820	830	920	157	445	771	854	742	680	M16
TU-1800	18000	24190	910	920	1010	157	490	849	944	832	820	M16
TU-2100	21000	28640	980	990	1080	176	525	909	1014	902	1070	M20
TU-2500	25000	32260	1060	1070	1160	199	565	979	1094	982	1400	M20
TU-2900	29000	38980	1140	1150	1240	199	605	1048	1174	1062	1610	M20
TU-3300	33000	44360	1220	1230	1320	205	645	1117	1254	1142	1860	M20
TU-3800	38000	51080	1300	1310	1400	205	685	1186	1334	1222	2090	M20
TU-4300	43000	57800	1380	1390	1480	205	725	1256	1414	1302	2330	M20
TU-4800	48000	64520	1450	1460	1550	218	760	1315	1464	1372	2740	M20
TU-5300	53000	71240	1530	1540	1630	218	800	1386	1564	1452	3030	M20
TU-5900	59000	79310	1600	1610	1700	233	835	1446	1634	1522	3540	M20
TU-6500	65000	87370	1690	1700	1790	238	880	1524	1724	1612	4050	M20

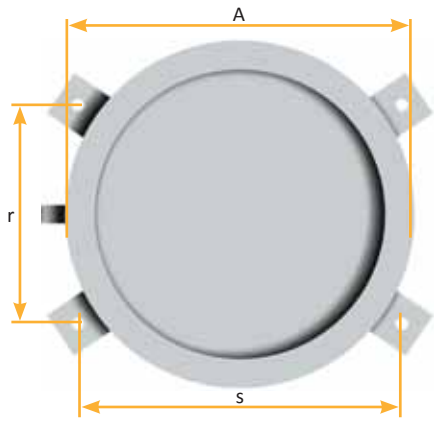


Imagem 25: Dimensões da base do aparelho TU

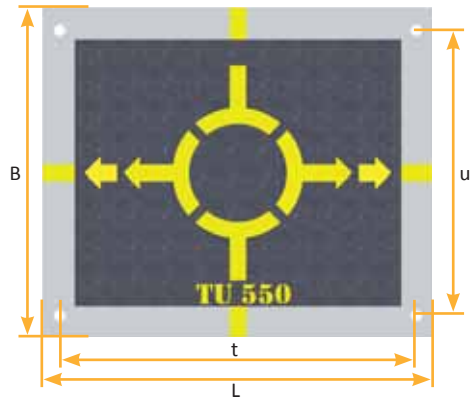


Imagem 27: Dimensões da tampa do aparelho TU

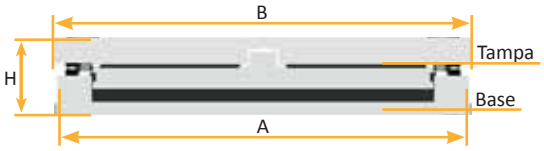


Imagem 26: Dimensões do aparelho TU em corte transversal

Tabela 06: Características dos aparelhos de apoio metálicos elastoméricos Rudloff, tipo TU

APARELHO MULTIDIRECIONAL TIPO TM

Os apoios multidirecionais, série TM, permitem o movimento em todas as direções, ou seja, não transmitem esforços além das cargas verticais.

Para os apoios padronizados neste catálogo, devem ser usados os valores máximos tabelados abaixo.

TIPO DE MOVIMENTO	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	ROTAÇÃO
VALOR DO MOVIMENTO, PARA APARELHOS TIPO TM	+/- 50mm	+/- 20mm	± 0,015 rad (± 0,86°)

Tabela 07: Movimentos admissíveis no aparelho TM



Imagem 28: Aparelho de apoio Rudloff tipo TM

APARELHO MONTADO



Imagem 29: Seção transversal do aparelho tipo TM



Imagem 30: Seção transversal do aparelho tipo TM

TAMPA SUPERIOR

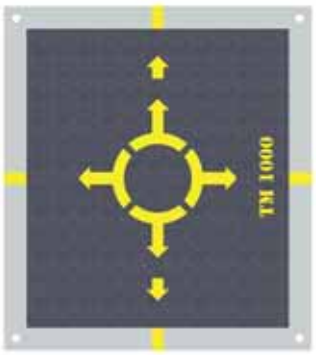


Imagem 31: Vista superior da tampa do aparelho tipo TM

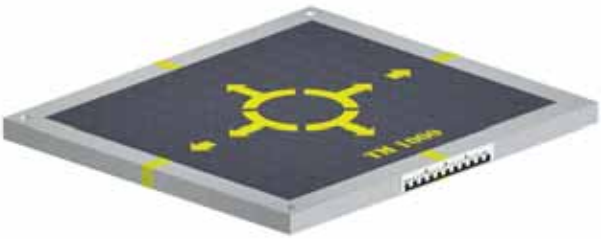


Imagem 32: Vista da tampa do aparelho tipo TM

BASE



Imagem 33: Vista superior da base do aparelho tipo TM



Imagem 34: Vista da base do aparelho Rudloff tipo TM

APARELHO MULTIDIRECIONAL TIPO TM

TIPO E TAMA-NHO	ESTADO LIMITE DE SERVIÇO	ESTADO LIMITE ÚLTIMO	DIMENSÕES DOS APARELHOS DE APOIO								PESO (Kg)	TIPO DE CHUM-BADOR
	VERTICAL (kN)	VERTICAL (kN)	A (mm)	B (mm)	L (mm)	H (mm)	r (mm)	s (mm)	t (mm)	u (mm)		
TM-70	750	940	200	240	320	74	152	198	278	198	28	M12
TM-150	1530	2010	270	300	370	76	184	262	328	258	44	M12
TM-250	2550	3360	340	370	440	81	210	328	398	328	68	M16
TM-400	4040	5240	420	440	520	81	254	396	478	398	98	M16
TM-550	5510	7390	500	520	600	95	296	464	558	478	158	M16
TM-750	7560	10010	580	600	680	105	350	536	626	546	238	M16
TM-1000	10040	12800	660	680	760	108	413	590	706	626	280	M16
TM-1200	12200	16240	740	760	840	115	459	655	786	706	390	M16
TM-1500	15050	20160	820	840	920	121	505	721	866	786	510	M16
TM-1800	18200	24190	910	930	1010	124	562	803	956	876	610	M16
TM-2100	21500	28640	980	1000	1080	137	525	909	1014	934	810	M20
TM-2500	25060	32260	1060	1080	1160	150	565	979	1094	1014	1000	M20
TM-2900	29300	38980	1130	1150	1230	145	600	1039	1164	1084	1140	M20
TM-3300	33000	44360	1210	1230	1310	155	640	1109	1244	1164	1360	M20
TM-3800	38000	51080	1290	1310	1390	165	680	1178	1324	1244	1670	M20
TM-4300	43000	57800	1370	1390	1470	178	720	1247	1404	1324	2020	M20
TM-4800	48000	64520	1450	1470	1550	196	760	1316	1484	1404	2480	M20
TM-5300	53000	71240	1530	1570	1630	201	800	1386	1564	1484	2800	M20
TM-5900	59000	79310	1610	1650	1710	209	840	1455	1644	1564	3240	M20
TM-6500	65000	87370	1690	1730	1790	219	880	1524	1724	1644	3750	M20

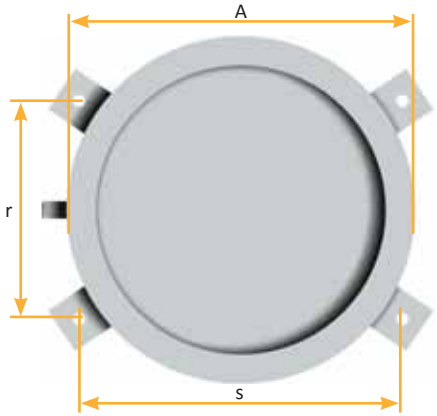


Imagem 35: Dimensões da base do aparelho TM

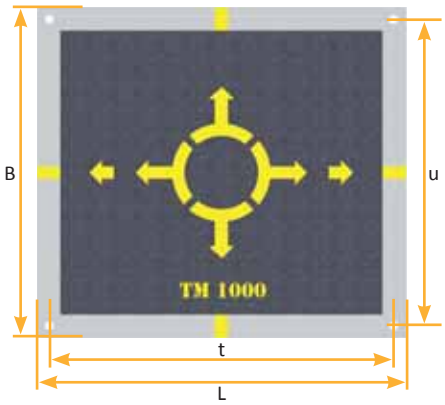


Imagem 37: Dimensões da tampa do aparelho TM

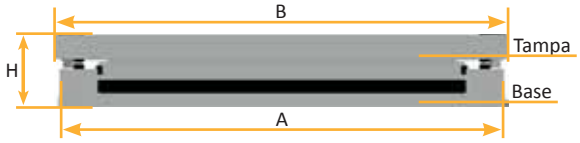


Imagem 36: Dimensões do aparelho TM em corte transversal

Tabela 08: Características dos aparelhos de apoio metálicos elastoméricos Rudloff, tipo TM

TRANSPORTE DOS APARELHOS

Os aparelhos de apoio são compostos por peças de precisão que devem ser manuseadas com cuidado para garantir o seu bom funcionamento. Em todas as etapas do seu transporte, deve ser providenciada a máxima proteção possível, para impedir que eles sejam atingidos por materiais que possam danificá-los. O levantamento dos aparelhos deve ser realizado com o uso de fitas de lona ou empilhadeiras.

RECEBIMENTO DOS APARELHOS

Os aparelhos de apoio saem da fábrica devidamente montados e nivelados, após vistoria e liberação pelo Controle de Qualidade Rudloff. Porém, podem ocorrer danos às peças durante seu transporte, justificando uma vistoria pelo cliente em todas as unidades, na sua chegada ao local da obra.

Qualquer irregularidade apresentada pelos aparelhos recebidos em obra deve ser registrada e comunicada à Rudloff no prazo máximo de três dias após sua entrega, para que sejam tomadas as providências necessárias. A princípio, aparelhos danificados devem ser devolvidos à fábrica para retificação. Eventuais correções em peças no próprio local da obra somente são permitidas quando autorizadas e orientadas por técnicos da Rudloff.

PREPARAÇÃO PARA A INSTALAÇÃO

Cabe à empresa construtora providenciar ferramentas, andaimes e equipamentos necessários para o transporte dos aparelhos no seu local de instalação.

Recomenda-se a disponibilidade dos seguintes elementos:

- Equipamento de movimentação de cargas (empilhadeira, munck, grua, guindaste), para descarregar e posicionar os aparelhos em seu local definitivo;
- Níveis para ajuste horizontal dos aparelhos;
- Ferramentas manuais como martelos, chaves, alicates etc;
- Equipamento de solda;
- Esmeril;
- Madeira para assentamento dos aparelhos durante a instalação;
- Iluminação adequada.

ARMAZENAMENTO DOS APARELHOS

Os aparelhos de apoio devem ser armazenados atendendo-se aos seguintes requisitos:

- Preparar o local de armazenamento dos aparelhos, de forma a deixa-lo limpo, seco e capaz de possibilitar aos aparelhos total proteção contra qualquer avaria;
- Providenciar paletes de madeira em bom estado de conservação para armazenar os aparelhos;
- Verificar se os aparelhos estão limpos e sem danos externos que comprometam a sua proteção anticorrosiva;
- Verificar se os aparelhos estão com suas placas de identificação e sinalização correspondentes;
- Conferir se a escala de trabalho está de acordo com a configuração dos aparelhos.

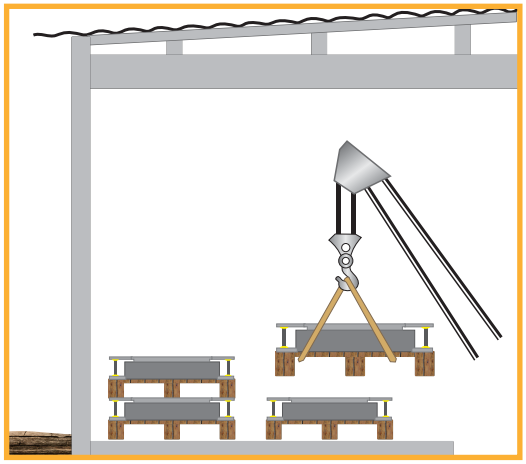


Imagem 38: Manuseio e estocagem adequados aos aparelhos de apoio

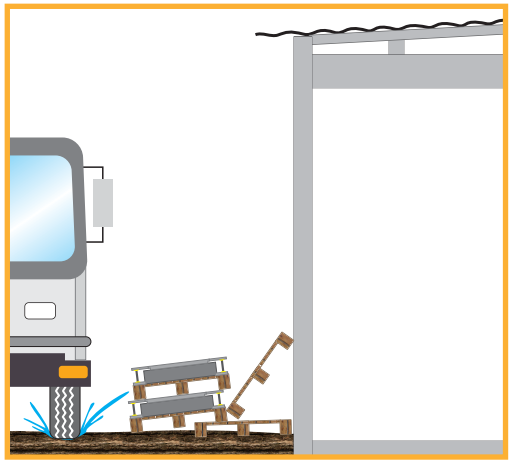


Imagem 39: Estocagem incorreta dos aparelhos de apoio

INSTALAÇÃO
AJUSTE PRÉVIO DOS APARELHOS DE APOIO

Para estruturas com grandes movimentos irreversíveis, devidos a protensões, retrações ou deformações, recomenda-se analisar a possibilidade dos aparelhos de apoio serem fabricados com um pré-deslocamento horizontal equivalente a estes movimentos. Depois de aplicados na estrutura os esforços responsáveis por estes deslocamentos, os aparelhos se deslocam para o valor zero na escala de trabalho e inicia o seu funcionamento convencional.

Para a aplicação do pré-deslocamento em aparelhos de apoio, a Rudloff deve ser informada dos valores exatos dos movimentos, definidos pelo projetista da estrutura. Ajustes de deslocamentos nos aparelhos somente podem ser executados pela própria Rudloff, em suas dependências.

POSICIONAMENTO E FIXAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

• A superfície de acomodação dos aparelhos deve ser plana e nivelada conforme projeto.

• Devem ser observadas todas as marcações referentes ao posicionamento dos aparelhos indicadas em suas tampas e no projeto estrutural.

• Com exceção dos aparelhos fixos, os demais têm um único sentido correto para a sua instalação, pois apresentam translação longitudinal e transversal diferentes entre si (ver Tabela 01).

• As direções dos eixos dos aparelhos (determinadas em projeto estrutural) devem ser marcadas na superfície da infra-estrutura de concreto, previamente ao posicionamento dos aparelhos.

• No posicionamento dos aparelhos, as marcas centrais dos eixos, pintadas nas suas tampas devem coincidir com a marcação dos eixos assinalada previamente no concreto.

• Aparelhos pequenos podem ser apoiados diretamente sobre a superfície de acomodação. Para aparelhos grandes recomenda-se apoiá-los primeiramente em tocos de madeira e depois injetar o grout, para garantir o seu nivelamento sem danificá-los.

• A espessura do grout de suporte deve seguir a planta da construção.

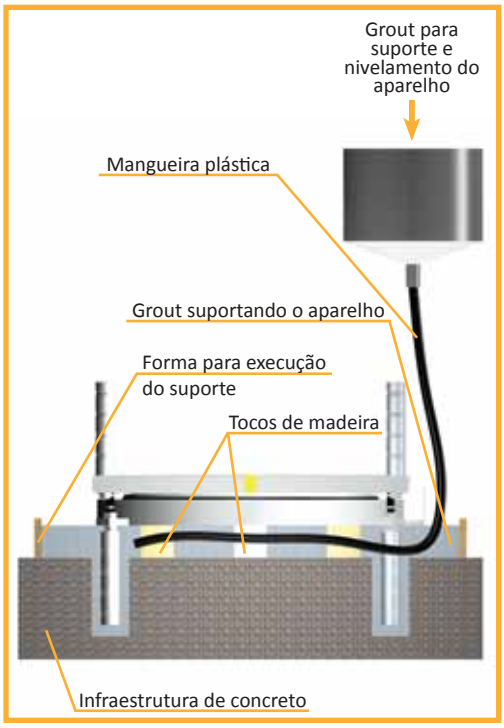


Imagem 40: Enchimento do suporte de argamassa

LIGAÇÃO COM SUPERESTRUTURAS DE CONCRETO

Na ligação dos aparelhos de apoio as superestruturas de concreto, as seguintes etapas devem ser executadas com muita cautela, para prevenir danos aos aparelhos e às estruturas:

• É necessário cuidado especial para evitar que a argamassa líquida atinja as faces dos aparelhos de apoio. Se a argamassa respingar nos aparelhos, deverá ser imediatamente removida.

• Quando os aparelhos já estiverem instalados, após a cura do grout e antes da aplicação de qualquer tensionamento na estrutura, é necessário cortar os parafusos de montagem de cada aparelho. Estes parafusos têm a função de fixar os aparelhos somente durante o seu transporte e devem ser cortados para possibilitar o funcionamento correto dos aparelhos. O corte deve ser feito nos canais de usinagem dos parafusos.

• Após a remoção das fôrmas, os aparelhos de apoio devem ser limpos e qualquer falta de proteção anticorrosiva deve ser reparada.

ROTEIRO DE INSTALAÇÃO

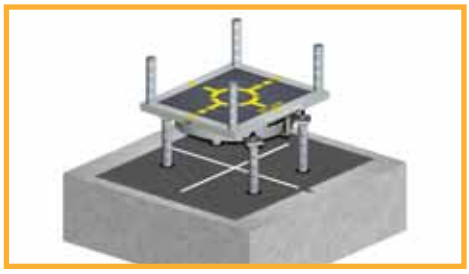


Imagem 41: Preparação da base e posicionamento do aparelho

PREPARAÇÃO DA BASE DE CONCRETO

- Verificar se o aparelho está preso por parafusos provisórios;
- Verificar se a base de concreto onde será apoiado o aparelho é rígida, plana e nivelada, de forma a suportar por igual toda a base do aparelho;
- Verificar se a base de concreto onde será apoiado o aparelho está de acordo com o projeto estrutural e apresenta reentrâncias para o posicionamento dos chumbadores, se necessário.

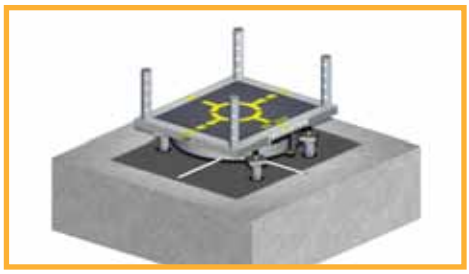


Imagem 42: Posicionamento do aparelho

POSICIONAMENTO DO APARELHO

- Marcar na infraestrutura de concreto a posição correta do aparelho;
- Posicionar o aparelho em seu local exato de instalação, conforme as marcações em sua tampa. O aparelho deve ser alinhado com a direção de deslocamento da estrutura, indicada em projeto estrutural.
- Proteger os aparelhos de danos e sujeiras durante toda a sua fase de instalação, até sua liberação de uso.

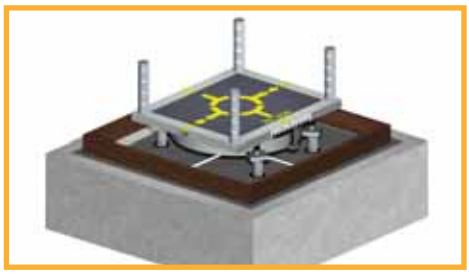


Imagem 43: Suporte do aparelho

SUPORTE DO APARELHO

- Quando necessário, montar uma forma ao redor da base do aparelho, para se fazer o grouteamento da região entre o aparelho e a infraestrutura.
- Antes do grouteamento, preencher os nichos que foram abertos para o posicionamento dos chumbadores, preferencialmente com concreto. Recomenda-se o concreto, pois com o grout pode haver maior retração.

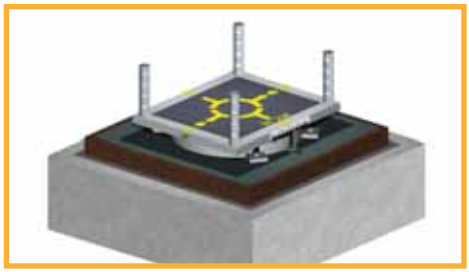


Imagem 44: Grouteamento da região de suporte

GROUTEAMENTO

- Preencher a área entre o aparelho de apoio e a infraestrutura com grout, tomando-se cuidado especial para que o grouteamento preencha todos os vazios da região inferior ao aparelho.
- Limpar qualquer eventual respingo de grout das faces do aparelho.
- Manter os aparelhos estáveis e presos com seus parafusos provisórios durante todo o período de cura do grout.



Imagem 45: Remoção da fixação

CONCRETAGEM DA PARTE SUPERIOR E REMOÇÃO DA FIXAÇÃO

- Executar a montagem / concretagem da parte superior da estrutura.
- Antes da aplicação de tensões na superestrutura (como protensão ou carregamentos móveis), cortar os quatro parafusos de montagem de cada aparelho.
- Preencher e arquivar o registro de instalação dos aparelhos (ver Imagem 46).

PROTOCOLO DE INSTALAÇÃO

Recomenda-se registrar a instalação de todos os aparelhos de apoio. Trata-se de uma medida importante para auxiliar casos de eventuais manutenções futuras nos apoios das estruturas.

A Rudloff disponibiliza aos clientes um formulário para este registro. O seu preenchimento e guarda são de responsabilidade da empresa construtora responsável pela instalação dos aparelhos.

ATENÇÃO!

Não é permitido na instalação dos aparelhos de apoio Rudloff:
- Desmontar aparelhos no local da sua instalação;
- Modificar configurações dos aparelhos sem aprovações técnicas da Rudloff e/ou do projetista da estrutura;
- Instalar aparelhos sem a presença de profissional técnico responsável, da construtora.

PROTOCOLO DE INSTALAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO

IDENTIFICAÇÃO DE CLIENTE, OBRA, CONSTRUTORA

Nome do projeto: Ponte em concreto sobre o Rio Tietê	Cliente: Cliente xxxx
Construtora responsável: Construtora XXX	Responsável técnico (Construtora): Eng. Fulano de Tal
Data de entrega dos aparelhos na obra: 02/02/2007	Tipo de estrutura (concreto ou aço): Concreto
Projeto estrutural - nº do desenho de localização dos aparelhos de apoio: Desenho nº 12/33 Est.	Data e hora do rebaixamento da superestrutura sobre os aparelhos: 28/02/2007, 11h

REGISTRO DE INSTALAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

Item	Aparelho 1		Aparelho 2		Aparelho 3		Aparelho 4		Aparelho 5	
Nº de Identificação do aparelho	Apoio 15A		Apoio 15B		Apoio 15C		Apoio 16A		Apoio 16C	
Tipo do aparelho	TF-550		TU-550		TU-550		TF-550		TU-550	
Carga V máxima no aparelho (kN)	5300		5300		5300		5300		5300	
Pré-deslocamento Rudloff indicado na escala de trabalho (mm)	0		0		0		0		0	
Extensão de trabalho do aparelho informada pela Rudloff (mm)	+/- 50mm		+/- 50mm		+/- 50mm		+/- 50mm		+/- 50mm	
Marca e tipo do material de argamassa / grout	Marca / tipo		Marca / tipo		Marca / tipo		Marca / tipo		Marca / tipo	
	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Descarregamento e estocagem	✓		✓		✓		✓		✓	
Placa de identificação do aparelho	✓		✓		✓		✓		✓	
Escala de trabalho do aparelho	✓		✓		✓		✓		✓	
Chumbadores	✓		✓		✓		✓		✓	
Limpeza e proteção anticorrosiva (pintura) das peças	✓		✓		✓		✓		✓	
Nivelamento e limpeza da superfície de contato dos aparelhos	✓		✓		✓		✓		✓	
Posicionamento exato do aparelho	✓		✓		✓		✓		✓	
Concretagem dos buracos dos chumbadores	✓		✓		✓		✓		✓	
Grouteamento da área de suporte do aparelho	✓		✓		✓		✓		✓	
Espessura do grout de suporte (mm)	50mm		50mm		50mm		50mm		50mm	
Data e hora do corte dos parafusos de ajuste	15/02, 15H		15/02, 15H		15/02, 15H		15/02, 15H		15/02, 15H	

APROVAÇÃO DA CONSTRUTORA		APROVAÇÃO DO CLIENTE	
Visto (nome e assinatura): Visto	Data: 02/03/2007	Visto (nome e assinatura): Visto	Data: 05/03/2007

Imagem 46: Protocolo de instalação dos aparelhos de apoio

FIXAÇÃO PADRÃO

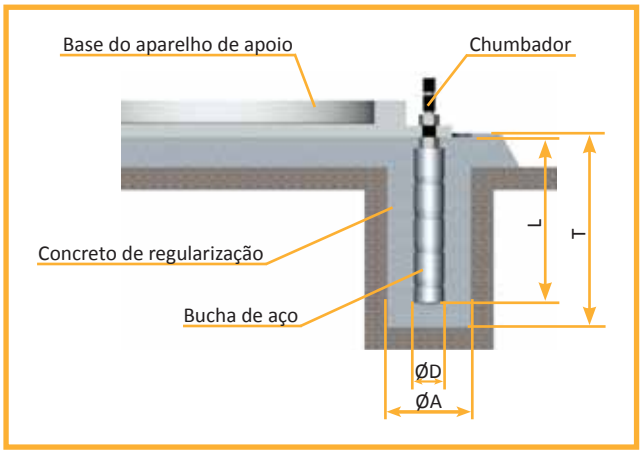


Imagem 47: Fixação padrão de aparelhos de apoio

CHUMBADOR	BUCHA (mm)		FOLGA (mm)	
	ØD	L	ØA	T
M12	30	180	150	250
M16	40	200	150	250
M20	50	250	150	300

Tabela 09: Especificações dos chumbadores

SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO

A verificação de segurança ao deslizamento do aparelho segue o indicado na norma DIN4141:

$$v\ Fxy \leq \mu k\ Fz + D, \text{ onde}$$

- v = coeficiente de segurança = 1,5
- Fxy = resultante das forças horizontais no plano de apoio
- μk = coeficiente de atrito, com os seguintes valores:
  - para aço/aço = 0,2;
  - para aço/concreto = 0,5;
  - para concreto/concreto = 0,5.
- Fz = força de compressão normal ao plano de apoio
- D = esforço cortante absorvido pelas ancoragens do aparelho no concreto.

No caso de cargas dinâmicas com oscilações acentuadas, como por exemplo em pontes ferroviárias, não é permitido levar em conta a parcela proveniente do atrito, ou seja, μk=0.

NECESSIDADE DA FIXAÇÃO

Se houver atrito suficiente para impedir o movimento relativo entre o aparelho de apoio e a estrutura, sob as condições de carregamento mais adversas, a fixação poderá ser dispensada – os parafusos serão necessários somente para a montagem, devendo ser retirados posteriormente.

O parâmetro de referência é o menor valor da relação Fz/Fxy. Não haverá necessidade da fixação quando as forças horizontais forem absorvidas somente pelo atrito, o que ocorrerá se:

- Fz/Fxy ≥ 7,5 para aço/aço;
- Fz/Fxy ≥ 3,0 para aço/concreto.

Caso as relações anteriores não ocorram, os aparelhos deverão ser ancorados na super e na meso estrutura. Deve então ser considerada, na fase de projeto da estrutura, a interferência dos chumbadores na armadura existente na região dos apoios.

Além disso, caso os chumbadores se encontrem a menos de 700mm da borda livre do concreto na direção do esforço e menos de 350mm na direção transversal, faz-se necessária uma armadura, em forma de malha e colocada próxima à superfície, que impeça o arrancamento do concreto que envolve os chumbadores.

CONECTORES METÁLICOS

Para cargas horizontais elevadas, acima de 10% da carga vertical, é necessário o uso de chumbadores metálicos soldados. Estes, podem ter um comprimento de até 200mm.

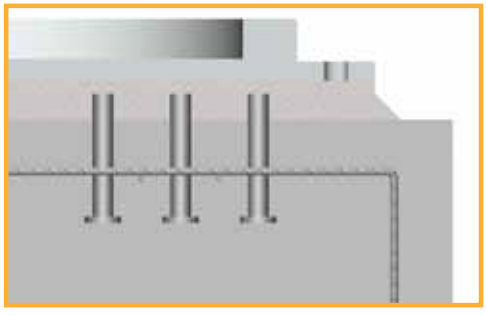


Imagem 48: Conectores metálicos

O QUE MAIS A RUDLOFF FAZ






USINAGEM






EMENDAS MECÂNICAS PARA BARRAS DE AÇO

O QUE MAIS A RUDLOFF FAZ






PROTENSÃO

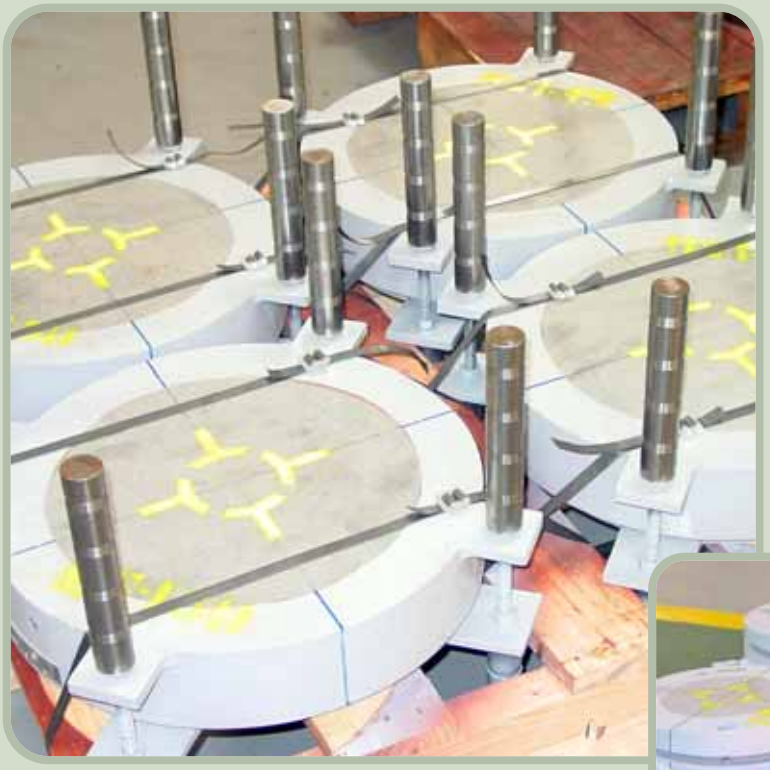




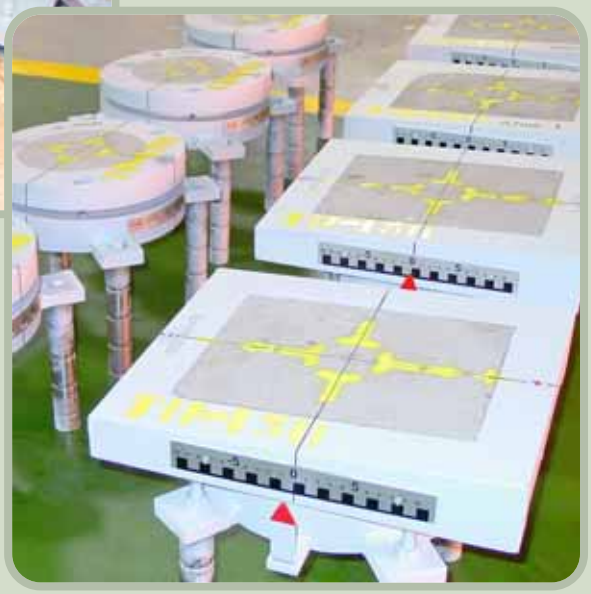




OBRAS DIVERSAS









RUDLOFF

São Paulo - SP:

Rua Bogaert, 64 - Vila Vermelha - CEP 04298-020

TEL.: (11) 2083-4500 - FAX: (11) 2947-7773

Curitiba - PR:

Rua Padre Antônio, 247 - Alto da Glória - CEP 80030-100

TEL. / FAX: (41) 3262-8383 - curitiba@rudloff.com.br