

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO À ENGENHARIA MECÂNICA

Aula prática laboratorial

**REDUTOR
DE
PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA**

José António Almacinha

Departamento de Engenharia Mecânica

2016

As 1ª ed. (1997), 2ª ed. (1998) e 3ª ed. (2002) deste texto foram utilizadas no apoio às aulas práticas-laboratoriais de “Desmontagem, análise e montagem de sistemas mecânicos” da unidade curricular de Desenho Técnico (1º ano, 1º sem.) da Licenciatura em Engenharia Mecânica (LEM), nos anos letivos de 1997/98 a 2005/06, e posteriormente do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) da FEUP, nos anos letivos de 2007/08 a 2012/13.

As 4ª ed. (2013) e 5ª ed. (2016) deste texto são utilizadas no apoio a aulas práticas da unidade curricular de Introdução à Engenharia Mecânica (IEM) do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) da FEUP.

1 – Funções e Campos de Aplicação

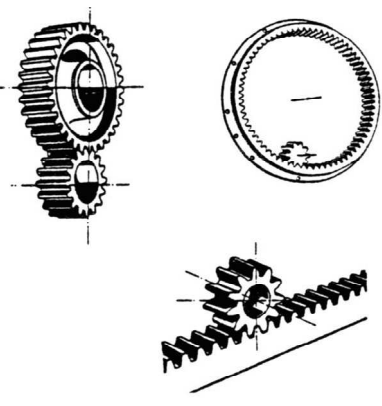
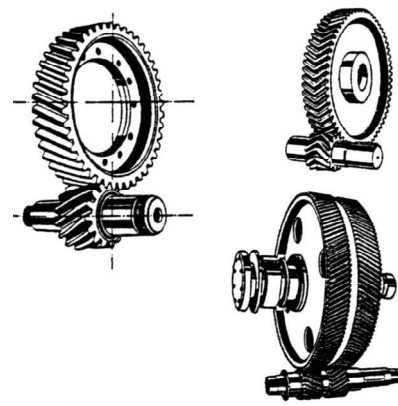
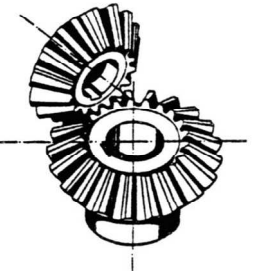
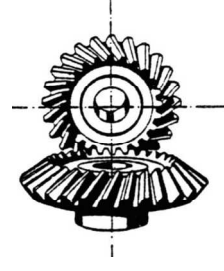
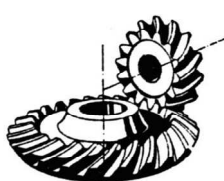


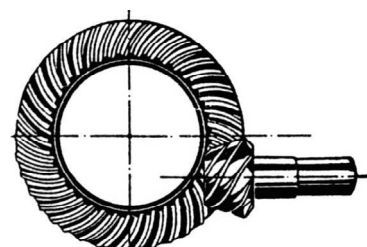
O fornecimento de energia mecânica à generalidade dos **sistemas de produção**, utilizados nos mais diversos tipos de indústrias, é efetuado, normalmente, sob a forma de um binário motor M_t [kN·m] e de um movimento de rotação (velocidade angular ω [s⁻¹]), isto é a Potência: $P = M_t \cdot \omega = M_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / 60$ [kW]. O acionamento dos sistemas de produção pode ser realizado por intermédio de diferentes tipos de **máquinas motrizes** (motores elétricos, de combustão interna, turbomáquinas), tornando-se, geralmente, necessário intercalar uma **transmissão mecânica** que permita modificar as características dinâmicas da energia motriz disponibilizada, de modo a que, no final, se obtenham as forças e os movimentos necessários (força e deslocamento linear ou momento tursor e deslocamento angular) à efetivação das operações requeridas nos diferentes processos de transformação dos produtos.

A transmissão de potência mecânica entre veios, com uma disposição não coaxial, pode ser materializada através de mecanismos de transmissão por correias, por cabos, por correntes, por rodas de atrito ou por engrenagens. Uma definição geral dos campos preferenciais de utilização de cada um daqueles dispositivos encontra-se disponível na literatura técnica da especialidade, [1, 2].

As transmissões mecânicas por **engrenagens** (“*gear pairs*” – pares de rodas dentadas) constituem a solução técnica com um carácter mais universal, podendo ser aplicadas entre veios paralelos, veios concorrentes ou veios não coplanares. Os sistemas de engrenamento podem transmitir toda a gama de potências, desde micropotências, próprias de aparelhos de medição, por exemplo, até elevadas potências, tais como as instaladas nos grandes navios, trabalhando, também, com frequências de rotação e **razões de transmissão** (“*transmission ratios*” – ω_1/ω_2 – quociente da velocidade angular da roda mandante pela velocidade angular da roda mandada) que podem atingir valores muito significativos. Distinguem-se, ainda, por possuírem uma baixa relação peso / potência, pela transmissão de forças sem escorregamento relativo dos perfis dentados, no ponto de tangência dos respetivos círculos primitivos (razão de transmissão constante e independente do carregamento), garantindo assim uma boa exatidão dos movimentos de rotação, pela sua durabilidade e segurança de funcionamento, pela sua resistência às sobrecargas e diminuta manutenção, pelo seu reduzido atravancamento e elevado rendimento, embora, se registe, também, a existência de algumas exceções. Por outro lado, deve assinalar-se o seu custo mais elevado, bem como, um maior nível sonoro de funcionamento e uma transmissão relativamente mais rígida, quando comparados com outros dispositivos de transmissão.

Com base na posição relativa dos eixos das **rodas dentadas** (“*toothed gears*”) conjugadas, as diferentes engrenagens existentes são classificadas, normalmente, em três tipos principais: **engrenagens paralelas** (ou cilíndricas – “*parallel gears*”), **concorrentes** (ou cónicas – “*bevel gears*”) e **esquerdas** (“*crossed gears*”). No quadro 1, apresenta-se um resumo, não exaustivo, dos diferentes tipos de engrenagens, indicando-se, adicionalmente, valores limite nominais de algumas das suas principais características de funcionamento.

Quadro 1 – Diferentes tipos de engrenagens (“gear pairs”)

ENGRENAGENS PARALELAS OU CILÍNDRICAS (EIXOS PARALELOS)				
DENTADO RETO		DENTADO HELICOIDAL		OBSERVAÇÕES
				<p>Para mecanismos com um ou mais andares de transmissão e com as seguintes características limites nominais:</p> <p>Razões de transmissão até 8:1 (10:1), por andar.</p> <p>Potências até 15 000 kW a 22 400 kW.</p> <p>Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 150 a 200 m·s⁻¹.</p> <p>O rendimento, por andar, situa-se entre 95 % e 99 % (98 %).</p>
ENGRENAGENS CONCORRENTES OU CÓNICAS (EIXOS CONCORRENTES)				
DENTADO RETO	DENTADO INCLINADO	DENTADO ESPIRAL	OBSERVAÇÕES	
			<p>Para razões de transmissão até 6:1 (8:1). Potências até 370 (reto) a 740 kW (inclinado). Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento, até 50 a 75 (150) m·s⁻¹.</p> <p>Para aumentar a capacidade de carga (até 3 700 kW) e o rendimento, diminuindo o ruído, utilizam-se dentes espirais.</p> <p>O rendimento é idêntico ao das engrenagens cilíndricas (97 % a 99 %).</p>	
ENGRENAGENS ESQUERDAS (EIXOS NÃO COMPLANARES)				
DENTADO HELICOIDAL	PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA	DENTADO HIPÓIDE		
				
<p>OBSERVAÇÕES: Razões de transmissão até 5:1 e pequenos entre-eixos, mas também (20:1 a 100:1). Para a transmissão de baixas potências (até 75 kW), pois o contacto entre dentes inicial é do tipo pontual. Veloc. tangenciais no primitivo de funcionamento até 25 a 50 m·s⁻¹. Os rendimentos aproximam-se dos registados nas engrenagens cilíndricas helicoidais (até 95 %).</p>	<p>Razões de transmissão de 10:1 até 60:1 (100:1). Potências até 560 a 750 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 60 a 70 m·s⁻¹. O rendimento situa-se entre 45 % e 95 %, sendo superior para menores razões de transmissão. Baixos níveis de ruído e de vibrações.</p>	<p>Razões de transmissão até 10:1, (20:1 a 100:1), pois o número de dentes do pinhão pode descer até 5. Para pequenas distâncias entre eixos, com uma redução de ruído. Potências até 740 kW. Veloc. tang. no prim. de func. até 40 a 75 m·s⁻¹. Rendimentos ligeiramente inferiores aos registados nas engrenagens cônicas, desde (60 %) até 85 % a 95 % e um aquecimento um pouco mais elevado.</p>		

Assinala-se, no entanto, a existência de muitos casos de aplicação em que as condições de operação não permitem atingir os limites indicados e de alguns outros que, por sua vez, funcionam com valores substancialmente superiores, [1, 3, 4, 5, 6 e 7].

As **engrenagens de parafuso sem-fim / roda de coroa** (“*worm gear pairs*”) (ver também o livro de Simões Morais, Desenho Técnico Básico – DTB-3, pp. 299 [8]), objeto de análise neste trabalho, são utilizadas entre eixos não complanares, para transmissões de **um só andar de redução** (“*single-stage*”, isto é, com uma só engrenagem), com razões de transmissão até $i \approx 60:1$ (em casos extremos, até **100:1**), embora o limite económico da razão de transmissão se situe para $i \approx 50:1$, valor acima do qual se aconselha a utilização de **dois andares de redução** (“*two-stage*”, isto é, com duas engrenagens). O **rendimento** de cada andar de redução situa-se, normalmente, entre **95 % e 45 %**, diminuindo com o aumento da razão de transmissão e com a diminuição da velocidade de escorregamento. São mais silenciosas e amortecem melhor as vibrações do que qualquer outro tipo de transmissão por engrenagens e, comparativamente às engrenagens cilíndricas de eixos paralelos, são, em geral, mais pequenas e mais fáceis de fabricar e, para grandes razões de transmissão, são, também, mais baratas. Por outro lado, relativamente às engrenagens cónicas descentradas (ex: hipóides), têm um maior comprimento da linha de contacto. Em relação às engrenagens esquerdas de dentado helicoidal, possuem maior resistência mecânica e maior rendimento, uma vez que o contacto entre os seus dentes é do tipo linear e o daquelas é apenas do tipo pontual. Este tipo de engrenagens podem ser dimensionadas para **potências nominais** até, aproximadamente, **$P = 750$ a 1050 kW**, com a roda de coroa, com diâmetros que podem ser mesmo superiores a **2 m**, submetida a um momento torsor até **$M_t = 25 \times 10^4$ (e mesmo 70×10^4) N·m** e a uma força nominal tangencial de **8×10^5 N**; as frequências de rotação do parafuso sem-fim podem atingir as **40 000 rpm** ou $\text{rot}\cdot\text{min}^{-1}$, com velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até **70 m·s⁻¹**.

Os **redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa** (“*worm gear speed reducers*”) são sistemas conversores de binário, baseados neste tipo de engrenagens, que trabalham quase sempre como redutores de velocidade e multiplicadores de binário. As suas características mais importantes são as seguintes:

- Os eixos são não complanares fazendo entre si, normalmente, um ângulo de 90°.
- O escorregamento entre os flancos dos dentes, por um lado, contribui para a suavidade do funcionamento e para o abaixamento do nível de ruído mas, por outro, obriga a cuidados especiais relativamente ao estado de superfície dos flancos dos dentes e à sua lubrificação, para limitar a potência perdida e o desgaste.
- O funcionamento do conversor como multiplicador de velocidade (acionamento a partir da **roda de coroa** – “*wormwheel*”) está sujeito a restrições geométricas que podem mesmo originar a irreversibilidade do sistema.
- A gama muito larga de razões de transmissão **$i = 1:1$ até $100:1$ (em redução) e $i = 1:1$ até $\approx 15:1$ (em multiplicação)**.

- Um rendimento elevado (**até 98 %**) só é atingido em condições especiais. Diminui fortemente com ângulos de inclinação da hélice do parafuso baixos, quando o conversor trabalha como multiplicador, bem como para velocidades de escorregamento baixas e configurações reduzidas (**abaixo de 50 %**).
- A carga nominal total transmitida é elevada, devido ao contacto linear entre os flancos dos dentes e à existência de vários pares de dentes simultaneamente em contacto (geralmente entre dois e quatro).

Atualmente, os **redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa** utilizam-se, mesmo, para o campo de razões de transmissão de $i = 1:1$ a $5:1$ (em redução), que permite a transmissão de grandes potências com um elevado rendimento, podendo associar-se várias destas engrenagens em série ou acoplar-se, antes ou depois, engrenagens cilíndricas, para atingir maiores razões de transmissão com rendimentos elevados [1] (ver exemplos na figura 1).

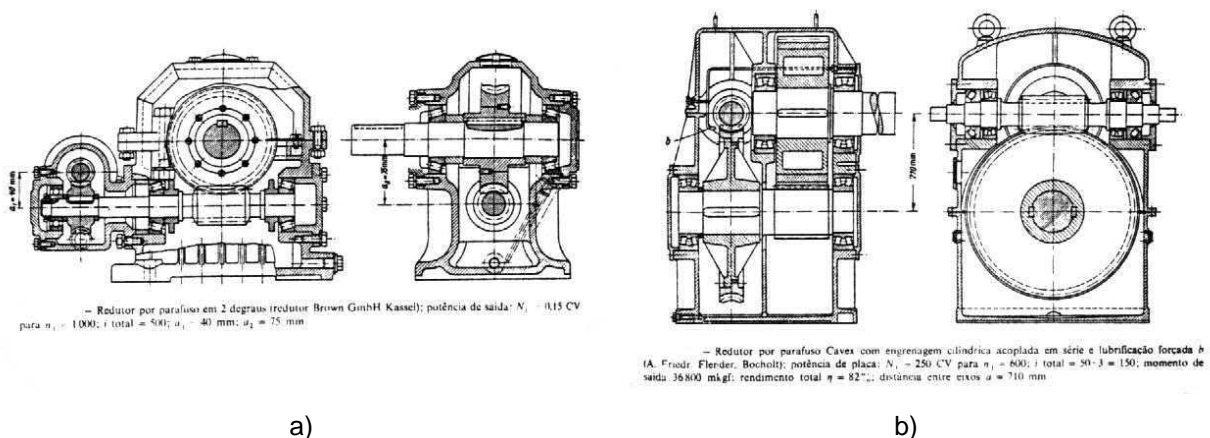


Figura 1 – Exemplos de redutores: a) de parafuso sem-fim / roda de coroa, com 2 andares; b) com parafuso sem-fim / roda de coroa e uma engrenagem cilíndrica (2 andares) [1]

Com vista a reduzir o número de ferramentas de fabricação e facilitar as considerações relativas à otimização do projeto de uma engrenagem eficiente, existem diferentes normas (ex.: DIN 3976) que especificam um pequeno número de **parafusos sem-fim** (“worms”) com grandes capacidades de carga e com pré-requisitos de fabricação que substituem com vantagem uma multiplicidade de concepções, cobrindo um largo campo de razões de transmissão e de entre-eixos. Os **entre-eixos** (“centre-distances”) normalizados (ISO 10347) estão compreendidos entre $a = 25$ e 500 (**série de números normais R10** para $a \leq 125$ e **série R20** para valores superiores). As razões de transmissão correntes situam-se entre **5:1 e 100:1**. O **número de dentes** (“number of teeth”) da **roda de coroa** (“wormwheel”) z_2 não deve ser inferior a **20**, estando limitado superiormente pelo valor da razão de transmissão máxima admissível. Por sua vez, os **módulos** (“modules”) (módulo axial do parafuso m_{x1} = módulo transversal da roda m_{t2}) $m = p / \pi$ (ver livro DTB-3, p. 299) são escolhidos entre os números da série **R10**, enquanto os **diâmetros primitivos** (“reference diameters”) d dos parafusos são da série **R40**.

O parafuso sem-fim e a roda de coroa têm o mesmo sentido da hélice. Quando o **ângulo de inclinação da hélice do parafuso** (“*lead angle of worm*”) $\gamma_1 < 5^\circ$ ($\beta_1 > 85^\circ$), a **engrenagem é praticamente irreversível (estaticamente)**, ou seja, não pode funcionar como multiplicadora com o acionamento realizado através da roda mas, no entanto, em termos dinâmicos, deve verificar-se a condição de $\tan \gamma_1 < \mu$, sendo μ o coeficiente de atrito (“*friction coefficient*”) entre os materiais do parafuso e da roda, para garantir uma irreversibilidade efetiva [3, 4 e 9] (ver figura 2).

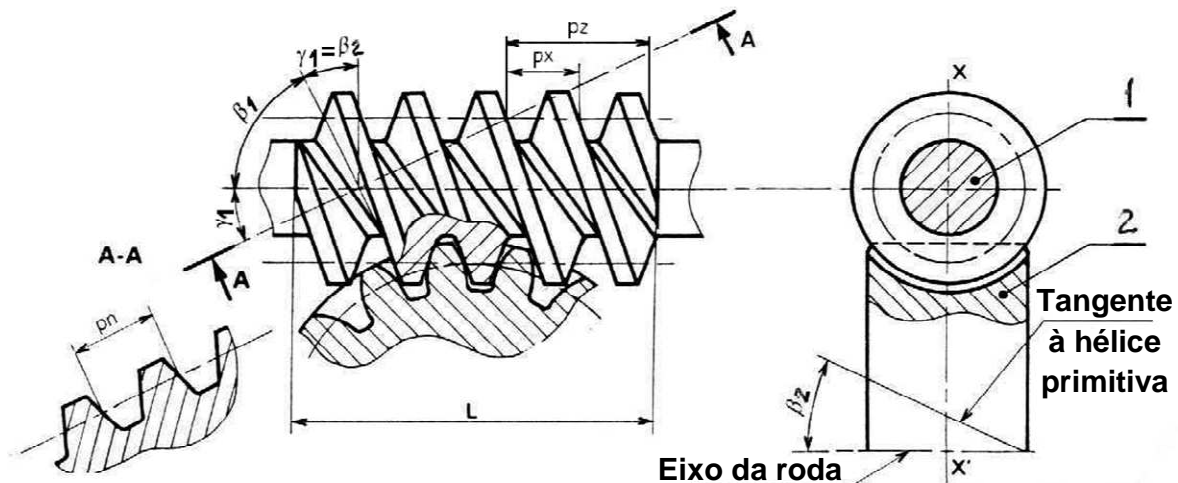


Figura 2 – Parâmetros caracterizadores de uma engrenagem de parafuso sem-fim / roda de coroa [9]

As **hélices** (ou **filetes** – “*threads*”) do parafuso podem ter várias formas, sendo, no entanto, o **perfil trapezoidal** o mais corrente (ver figura 2). O parafuso pode ter uma ou várias **entradas (hélices)**, normalmente $z_1 = 1$ a **5**, embora possa atingir 10 ou mais. Quanto menor for a razão de transmissão $i = z_2 / z_1 = n_1 / n_2$ requerida, maior deve ser o número de entradas especificado [2 e 4].

Em **redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa**, são possíveis vários tipos de associação de rodas [1] (ver figura 3):

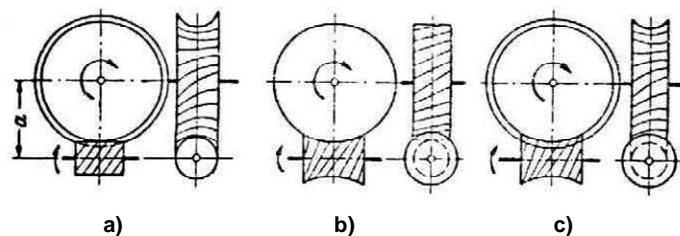


Figura 3 – Tipos de associações das rodas de engrenagens de parafuso sem-fim / roda de coroa [1]

- a) **Parafuso cilíndrico** (“*cylindrical worm*” – o mais utilizado) associado a uma **roda de coroa de envolvimento simples** (“*single enveloping wormwheel*” – hélice descrita sobre uma superfície toroidal), constituindo uma “*single enveloping worm gear pair*”.
- b) **Parafuso toroidal** (ou globoso) (“*enveloping worm*” ou “*vis globique*”) associado a uma **roda cilíndrica** (“*cylindrical wormwheel*”), constituindo uma “*single enveloping worm gear pair*”.

- c) **Parafuso toroidal** (ou globoso) (“*enveloping worm*” ou “*vis globique*”) associado a uma **roda de coroa de envolvimento duplo** (“*double-enveloping wormwheel*”), constituindo uma “(*double-enveloping*) worm gear pair”.

Os **parafusos toroidais** (ou globosos) (“*enveloping worms*”) [ver figuras 3 b) e c)] permitem transmitir esforços importantes, devido ao maior número de filetes simultaneamente engrenados, mas isso dá origem a um atrito mais intenso, com a redução do rendimento da engrenagem.

O **dimensionamento de um redutor de parafuso sem-fim / roda de coroa** pode ser realizado a partir da especificação de um entre-eixo e de uma razão de transmissão, a partir das características conhecidas de um parafuso sem-fim adotado ou a partir das condições de funcionamento impostas (potência transmitida, frequências de rotação de entrada e de saída, vida provável, etc.) [1].

Entre os vários **domínios de aplicação**, dos redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa, podem citar-se: transportadores contínuos, elevadores, guinchos e guindastes, pórticos e pontes rolantes, máquinas têxteis, sistemas de comando de direção de navios, bombas centrífugas, máquinas-ferramenta, vários sistemas de veículos, etc. [1].

2 – Descrição Funcional

Acompanhe a leitura deste capítulo com a consulta do desenho nº RSF-1, RSF-2, RSF-3, RSF-4, RSF-5, RSF-6, RSF-7, RSF-8, RSF-9 ou RSF-10, conforme o caso em análise, fornecidos em anexo.

Este tipo de conversores de binário é, basicamente, constituído por um corpo (cárter) (6) que aloja e suporta uma engrenagem (ou mais) de parafuso sem-fim (4), (5, no **RSF-10**), e roda de coroa (19), (12, no **RSF-3** ou 14, no **RSF-10**), com o parafuso e o **veio** (“*shaft*”) (13) da roda apoiados em **rolamentos** (“*rolling bearings*”) de esferas de contacto angular ou de rolos cónicos, quando os esforços radiais e axiais transmitidos são significativos, ou em rolamentos de esferas rígidos e **casquilhos** (“*bushings*”), quando os esforços são reduzidos, e que, por sua vez, em ambos os casos, podem estar alojados em furos existentes no corpo ou em **tampas** (“*covers*”), que encaixam ajustadas no corpo, sendo fixadas a este por intermédio de **parafusos** (“*screws*”). Estas tampas, que obturam as aberturas por onde são introduzidos os vários componentes no interior do corpo, servem também de posicionadores axiais dos rolamentos. O cubo da roda de coroa está solidarizado em rotação com o veio (13), através de uma **chaveta paralela** (“*parallel key*”) [ou **pino elástico** (“*spring-type straight pin*”) (14), no **RSF-3**].

A maioria destes conversores trabalham como redutores de velocidade e multiplicadores de binário, sendo, portanto, o acionamento efetuado a partir da ponta de veio do parafuso sem-fim. Alguns deles estão preparados (vários tipos de patas e respetivas furações no cárter) para poderem ser montados em diferentes posições (entrada e saída horizontais, entrada horizontal e saída vertical, entrada vertical e saída horizontal).

O **corpo** tem, também, como função servir de **reservatório de óleo lubrificante** (massa lubrificante, para velocidades baixas), estando equipado com **tacos** (“*plugs*”), também designados por **bujões** ou **tampões** (parafusos com ou sem cabeça apropriados), de enchimento (com respiro), de purga e de nível de óleo. De acordo com o tipo de montagem adotado, deve utilizar-se um posicionamento apropriado para o taco com respiro. O **arrefecimento** necessário deste equipamento, em virtude do calor gerado pelas perdas de energia por atrito entre os vários componentes móveis, é incrementado pela existência de **alhetas** no cárter (em alguns dos casos em análise) que permitem aumentar a superfície de transferência de calor com o exterior (por radiação), podendo essas trocas serem forçadas (por convexão) pela existência de uma **ventoinha** montada na extremidade não operacional do parafuso.

3 – Instruções de Desmontagem

Siga cuidadosamente as instruções seguintes, de modo a garantir a integridade dos diferentes componentes do conjunto e retire as notas que achar necessárias para permitir efetuar, posteriormente, uma correta sequência de montagem.

- 1 - Retire, com o auxílio de um alicate e de uma chave de fenda, as **chavetas** (“*keys*”), eventualmente existentes nas **pontas de veio** (“*shaft ends*”), ou qualquer outro componente de transmissão aí acoplado.
- 2 - Desaperte os vários **parafusos** (“*screws*”) que permitem fixar as diferentes tampas dos furos dos alojamentos dos **veios** (“*shafts*”) ou (conforme o exemplar) quaisquer outros elementos de posicionamento axial das rodas.
- 3 - Conforme o exemplar em análise e após a retirada de uma das tampas, pressione uma das extremidades dos veios do parafuso ou da roda, com o auxílio de umas pancadas dadas com o maço, para libertar os **rolamentos** (“*rolling bearings*”) dos apoios. Atendendo a que este trabalho é didático, os diferentes conjuntos foram preparados de forma a que, pelo menos, um rolamento de cada tipo possa ser total e facilmente desmontado.
- 4 - Retire, a roda de coroa (**19**) (**12**, no **RSF-3**, ou **14**, no **RSF-10**) e o parafuso sem-fim (**4**) do interior do corpo (**6**).
- 5 - Se possível, desmonte a roda de coroa do seu veio de apoio (**13**).

Nota: Neste trabalho, quando existam **retentores** (“*rotary shaft seals*”) (**5**) nas tampas de saída das pontas de veio, não devem ser daí desmontados, para evitar a sua danificação, uma vez a sua montagem foi realizada sob alguma pressão. Por outro lado, deve ter-se em conta que alguns ajustamentos entre peças foram aliviados para permitir uma desmontagem mais fácil desses componentes.

4 – Análise das soluções construtivas e de alguns componentes

Em primeiro lugar, aproveite a desmontagem dos componentes do conjunto para identificar e observar as soluções construtivas utilizadas.

4.1 – Perfil das hélices do parafuso sem-fim

O perfil mais corrente das hélices dos parafusos sem-fim é o trapezoidal, bastante adequado para órgãos de transmissão de movimento [1 e 4]. Em aplicações para a transmissão de cargas muito baixas encontram-se, por vezes, parafusos com hélices de perfil triangular. Esta solução é pobre, pois este tipo de perfil origina um fraco rendimento da engrenagem, resultante da ação das reações de atrito atuantes [11].

4.2 – Apoios dos veios

Nas caixas redutores para transmissão de potências que induzam forças de engrenamento com componentes radiais e axiais significativas, utilizam-se, geralmente, rolamentos de rolos cónicos e de esferas com contacto angular para o apoio dos veios (ver figura 4).

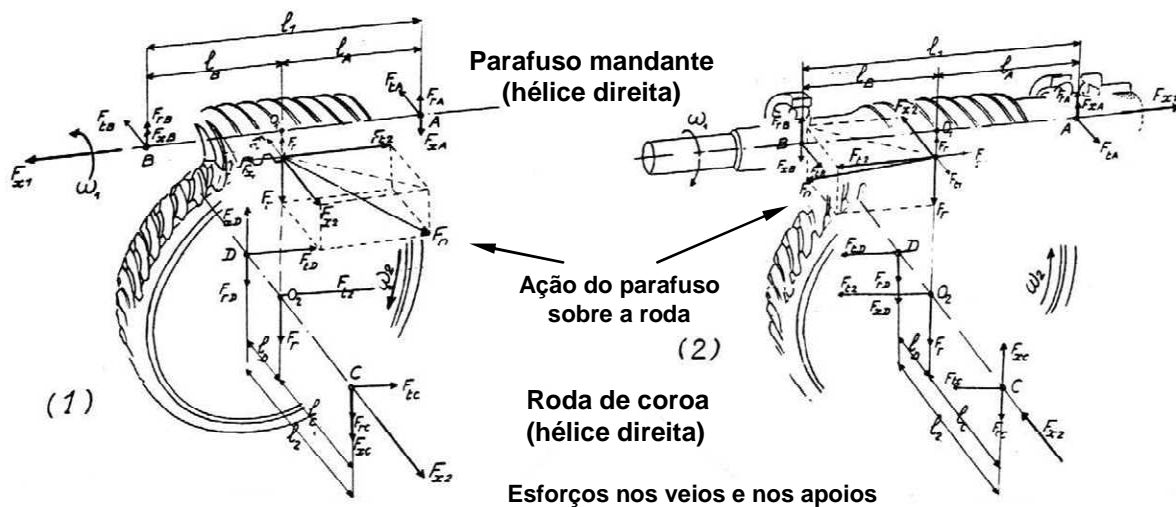


Figura 4 – Esforços nos veios e nos apoios de uma engrenagem de parafuso sem-fim / roda de coroa [4]

4.3 – Ajustamentos entre peças

Observe como elementos geométricos, de peças distintas, com as mesmas dimensões nominais têm ligações diretas entre si, com características distintas, em resultado de uma escolha criteriosa das tolerâncias especificadas para a dimensões dos elementos-furo e dos elementos-veio (ex: **ajustamento deslizante justo** entre os ressaltos das tampas e os furos do corpo e **ajustamento (ligeiramente) preso** entre os anéis exteriores dos rolamentos e os seus furos alojadores; **ajustamentos fortemente presos** entre os anéis interiores dos rolamentos e os tramos de veio respetivos e entre o cubo da roda de coroa e o veio [8].

4.4 – Elementos de vedação

Os **retentores** (“*rotary shaft seals*”) (**16**) e (**23**) (nos casos em que se aplicam) são juntas de vedação de atrito radial constituídas por um material elastómero, uma armadura e uma mola de aço. As condições limite de funcionamento correntes são: pressão máxima de 1 a 10 bar (0,1 a 1 MPa); temperaturas entre -35 °C e +120 °C; velocidade circunferencial máxima na zona de atrito: 8 m·s⁻¹ [2 e 9].

4.5 – Materiais

O **parafuso sem-fim** é, normalmente, construído em **aço de liga** (cementado, temperado e retificado), enquanto a **roda de coroa** é de **bronze**, por vezes montada num canhão (de ferro fundido ou de aço). A escolha destes materiais prende-se com o facto do coeficiente de atrito de escorregamento entre eles ($\mu \approx 0,074$, sem rodagem e $\mu \approx 0,070$, com rodagem) ser menor do que o verificado em combinações de outros materiais diferentes [4]. O parafuso sem-fim é construído num material mais resistente do que o utilizado na roda, devido às razões de transmissão elevadas geralmente utilizadas.

O **cárter** é de **ferro fundido** (ou de **alumínio**, quando os esforços transmitidos são reduzidos) garantindo uma robustez e uma suavidade do funcionamento, nomeadamente por possuir boas características de amortecimento de vibrações e ruído.

4.6 – Lubrificação

Para pequenas velocidades tangenciais do parafuso, $v_{t1} \leq 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pode utilizar-se massa lubrificante. **Nas aplicações correntes, a lubrificação faz-se por chapinagem de óleo**, com o parafuso banhado no óleo, por debaixo da roda de coroa. No entanto, quando $v_{t1} \geq 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, deve preferir-se uma lubrificação por imersão da roda de coroa. O órgão dentado inferior fica banhado no óleo, depositado no fundo do corpo (**cárter**), até ao limite do indicador de nível, se este existir (ou até cerca de três vezes o valor da altura do seu dentado, quando em movimento), sendo o óleo arrastado por ele até à zona de engrenamento. A velocidade tangencial do órgão dentado banhado não deve ser muito elevada (no máximo, **10 a 15 m·s⁻¹**, utilizando-se lubrificação forçada, por injeção, para valores superiores), de modo a evitar a expulsão do óleo para o exterior, por ação da força centrífuga, e o seu aquecimento por agitação, com uma consequente diminuição da sua viscosidade e das correspondentes propriedades lubrificantes. São estes factos que determinam a mudança do parafuso de uma posição inferior para uma superior [1 e 10].

4.7 – Produção dos dentados do parafuso e da roda de coroa

Os parafusos sem-fim podem ser abertos no torno mecânico, talhados com uma **fresa de disco**, ou talhados por geração com um **buril-pinhão**. Por sua vez, as rodas de coroa são talhadas por geração com uma **fresa-mãe** [10 e 11].

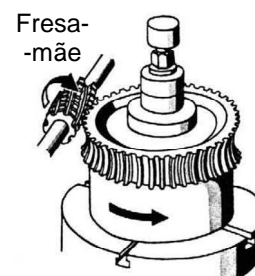


Figura 5 – Exemplo de talhagem de uma roda de coroa com uma fresa-mãe [11]

5 – Instruções de Montagem

Efetue a montagem do redutor de parafuso sem-fim/roda de coroa, em estudo, tendo em conta as anotações retiradas durante a desmontagem.

6 – Referências

- [1] – NIEMANN, G. – *Elementos de Máquinas*. S. Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltd, 1971.
- [2] – MANFÈ, G.; POZZA, R.; SCARATO, G. – *Desenho Técnico Mecânico*. S. Paulo: Hemus-Livraria Edit. Ltda, vol.3, 1977.
- [3] – BINDER, S.; KINGSTON, L. – *Tipos Funcionales de Engranajes*. In "Manual de Engranajes". Edit. D.W. Dudley. México: Comp. Edit. Continental S.A., 1973, cap. 2, p. 47-59.
- [4] – HENRIOT, G. – *Traité Théorique et Pratique des Engrenages*. 6ª ed. Paris: Dunod,1979, tome I.
- [5] – STIPKOVIC FILHO, M. – *Engrenagens: geometria, dimensionamento, controle, geração, ensaios*. Rio de Janeiro: Edit. Guanabara S.A.,1983.
- [6] – DUDLEY, D. W. – *Disposicion de los Engranajes*. In "Manual de Engranajes". Edit. D.W. Dudley. México: Comp. Edit. Continental S.A., 1973, cap. 3, p. 61-99.
- [7] – DRAGO, R. J. – *Fundamentals of Gear Design*. USA: Butterworths,1988.
- [8] – SIMÕES MORAIS, J. – *Desenho Técnico Básico - DTB -3*. Porto: Porto Editora, 2006.
- [9] – CHEVALIER, A. – *Guide du Dessinateur Industriel*. Paris: HACHETTE Technique,1998.
- [10] – HENRIOT, G. – *Traité Théorique et Pratique des Engrenages*. 5ª ed. Paris: Dunod,1983, tome II.
- [11] – GERLING, H. – *Alrededor de las Maquinas - Herramientas*. Espana: Ed. Reverté S.A., 1975.

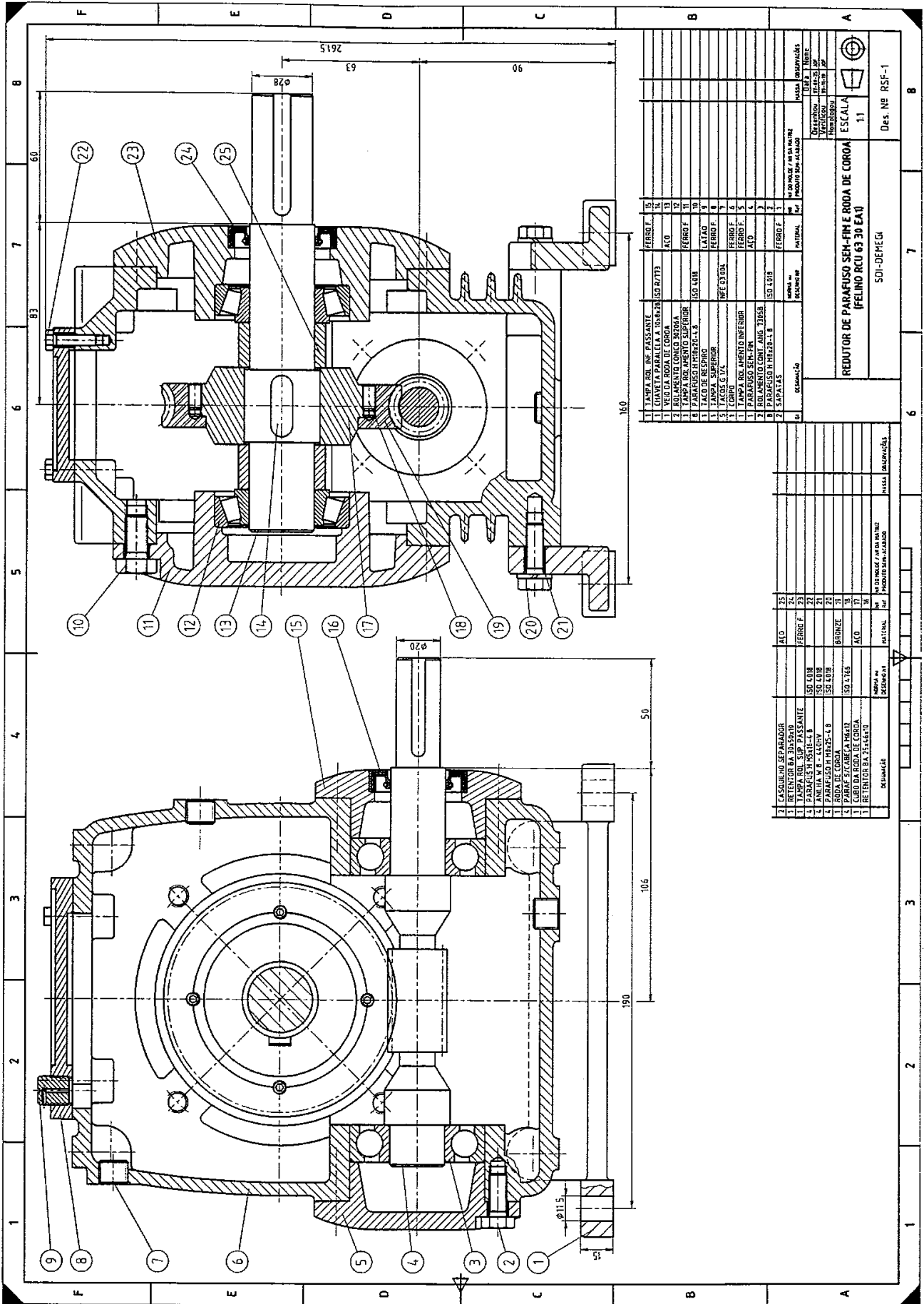
7 – Normalização

- ISO 1122-2: 1999 – Vocabulary of gear terms – Part 2: Definitions related to worm gear geometry. ISO.
- ISO 2203: 1973 – Dessins techniques – Representation conventionnelle des engrenages. ISO.
- ISO 10347: 1999 – Worm gears – Geometry of worms -- Name plates, centre distances, information to be supplied to gear manufacturer. ISO.
- ISO/TR 10828: 1997– Geometry of profiles for worm gears. ISO.
- ISO/TR 14521:2010 – Gears -- Calculation of load capacity of wormgears. ISO.
- DIN 780-2: 1977 – Series of Modules for Gears; Modules for cylindrical worm gear transmissions. DIN.
- DIN 3976: 1980 – Cylindrical Worms; Dimensions, Correlation of shaft Centre Distances and Gear Ratios of Worm Gear Drives. DIN.

8 – Anexos

Desenhos de redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa nºs RSF-1, RSF-2, RSF-3, RSF-4, RSF-5, RSF-6, RSF-7, RSF-8, RSF-9 e RSF-10 (elaborados por J. O. Fonseca).

Algumas páginas de catálogos relativos a alguns dos exemplares de redutores de parafuso sem-fim / roda de coroa em estudo.



Redutores FELINO

SELECÇÃO DO REDUTOR

As tabelas das páginas 7 a 9 fornecem para cada uma das relações de transmissão, e para diferentes velocidades de entrada, as potências transmissíveis pelos redutores.

Os valores constantes dos quadros foram estabelecidos com base numa duração normal de 26.000 horas, em funcionamento uniforme sem choque, durante 12 horas/dia e para uma temperatura de óleo não superior a 93°C (200°F).

Como na prática não se observam, em geral, estas condições de funcionamento, é conveniente no cálculo do redutor, entrar com um factor correctivo, que é dado pela tabela abaixo. A potência do redutor a escolher será então igual ao produto da potência efectivamente necessária pelo factor de serviço.

Factor de serviço

	TIPO DE CARGA	FUNCIONAMENTO DIÁRIO (HORAS)			
		2	6	12	24
		ACCIONAMENTO POR MOTOR ELÉCTRICO	S/CHOQUE	0.8	0.85
CHOQUE MODERADO	1		1.05	1.25	1.5
CHOQUE ELEVADO	1.25		1.47	1.75	2.0
ACCIONAMENTO POR MOTOR DE COMBUSTÃO	S/CHOQUE	0.95	1	1.2	1.5
	CHOQUE MODERADO	1.2	1.25	1.5	1.85
	CHOQUE ELEVADO	1.5	1.75	2.1	2.4

Sobrecarga momentânea

Os nossos redutores permitem uma sobrecarga de 100% durante períodos muito curtos, não excedendo 15 segundos.

Duração de funcionamento

Como atrás foi referido, as potências constantes das tabelas foram obtidas para uma duração de 26.000 horas. Se por qualquer motivo houver necessidade de dimensionar o redutor para uma duração diferente, quer com base em critérios de ruptura, quer com base em critérios de desgaste, devem multiplicar-se as potências indicadas nas tabelas pelo coeficiente de duração do quadro abaixo.

DURACÃO FUNCIONAMENTO (HORAS)	COEFICIENTE DE DURAÇÃO	
	A RUPTURA	AO DESGASTE
50.000	0,9	0,8
40.000	0,93	0,86
30.000	0,98	0,95
26.000	1	1
20.000	1,02	1,1
15.000	1,07	1,2
10.000	1,14	1,35
7.500	1,2	1,47
5.000	1,27	1,65

Carga sem choque: É o caso da carga que praticamente não varia.

Ex.: Bombas centrífugas e de engrenagens, agitadores para líquidos de densidade constante, ventiladores centrífugos, guinchos e elevadores, transportadores de correia uniformemente carregados, etc..

Choque moderado: Quando há vibrações, ou cargas flutuantes, ou arranques e paragens da ordem de 5/hora.

Ex.: Calandras e misturadores para borracha, misturadores e agitadores para líquidos de densidade variável, bombas reversíveis com vários cilindros, teares para a indústria têxtil, transportadores de correia para materiais rugosos ou não uniformemente carregados.

Choque elevado: Sempre que há uma solicitação idêntica à anterior, mas com valores mais elevados. Equivalente a uma frequência de arranque da ordem de 20/hora.

Ex.: Moínhos de bolas e martelos ascensores e guindastes, bombas reversíveis de 1 ou 2 cilindros, accionamento por biela/manivela, peneiros vibradores, trituradores de pedra, transportadores de correia alternativos, etc..

RELAÇÃO 7,5:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	2,94	5,05	10,14	17,19	31,95	52,93	88,1
	Momento à saída (kg.m)	5,05	8,73	16,77	28,65	54,61	93,31	152
	RPM à saída	391	391	414	414	405	395	405
1.500	Potência à entrada (cv)	2,1	3,53	7,20	12,34	22,62	37,83	63,26
	Momento à saída (kg.m)	6,99	11,86	23,29	40,02	76,0	131,29	215,3
	RPM à saída	196	196	207	207	203	197	203
1.000	Potência à entrada (cv)	1,67	2,83	5,68	9,61	17,96	30,37	50,9
	Momento à saída (kg.m)	8,13	13,95	27,10	46,37	89,30	156,38	257,26
	RPM à saída	130	130	138	138	135	132	135
750	Potência à entrada (cv)	1,44	2,42	4,86	8,28	15,20	25,0	42,42
	Momento à saída (kg.m)	9,14	15,59	30,39	52,55	99,57	170,0	283,3
	RPM à saída	98	98	103	103	101	99	101
500	Potência à entrada (cv)	1,13	1,89	3,81	6,46	11,84	19,97	33,31
	Momento à saída (kg.m)	10,32	17,68	34,89	60,13	114,05	170,0	329,0
	RPM à saída	55	65	69	69	68	66	68

RELAÇÃO 10:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	2,47	4,51	8,45	14,87	23,9	46,81	77,26
	Momento à saída (kg.m)	5,69	9,74	18,44	32,65	56,49	110,58	183,33
	RPM à saída	286	310	310	310	290	293	293
1.500	Potência à entrada (cv)	1,7	3,13	6,11	10,49	16,75	32,97	53,70
	Momento à saída (kg.m)	7,52	13,11	25,94	44,91	77,51	152,99	250,87
	RPM à saída	143	155	155	155	145	146	146
1.000	Potência à entrada (cv)	1,37	2,53	4,68	8,42	13,32	25,54	42,18
	Momento à saída (kg.m)	8,72	15,44	29,18	53,03	90,88	175,23	291,88
	RPM à saída	95	103	103	103	97	98	98
750	Potência à entrada (cv)	1,18	2,16	3,98	7,12	11,09	21,93	36,35
	Momento à saída (kg.m)	9,78	17,17	32,49	58,8	99,37	198,21	331,62
	RPM à saída	71	78	78	78	73	73	73
500	Potência à entrada (cv)	0,95	1,74	2,87	5,59	7,86	17,14	27,92
	Momento à saída (kg.m)	11,28	19,94	34,0	67,29	103,0	227,43	375,0
	RPM à saída	48	52	52	52	48	49	49

RELAÇÃO 12,5:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	2,01	3,66	7,06	11,84	21,78	37,76	65,29
	Momento à saída (kg.m)	5,48	10,06	19,67	33,18	61,13	106,13	191,73
	RPM à saída	240	240	240	240	243	245	235
1.500	Potência à entrada (cv)	1,42	2,55	4,87	8,62	15,28	26,22	44,93
	Momento à saída (kg.m)	7,38	13,45	26,24	46,85	83,68	144,41	259,09
	RPM à saída	120	120	120	120	122	122	118
1.000	Potência à entrada (cv)	1,13	2,04	3,87	6,80	11,94	20,69	34,81
	Momento à saída (kg.m)	8,57	15,67	30,44	54,07	96,19	168,36	296,68
	RPM à saída	80	80	80	80	81	82	78
750	Potência à entrada (cv)	0,96	1,74	3,32	5,79	10,12	17,49	30,20
	Momento à saída (kg.m)	9,28	17,31	34,11	60,16	106,94	187,05	338,96
	RPM à saída	60	60	60	60	61	61	59
500	Potência à entrada (cv)	0,76	1,38	2,36	4,55	7,14	13,71	21,85
	Momento à saída (kg.m)	10,55	19,52	35,0	68,39	110,0	214,77	360,0
	RPM à saída	40	40	40	40	41	41	39

RELAÇÃO 15:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	1,67	3,21	6,13	11,02	18,46	28,7	56,71
	Momento à saída (kg.m)	5,51	10,11	19,63	35,72	60,06	100,61	190,55
	RPM à saída	194	207	207	207	207	194	205
1.500	Potência à entrada (cv)	1,16	2,27	4,21	7,43	12,84	20,22	39,26
	Momento à saída (kg.m)	7,33	13,71	25,96	46,59	81,0	138,03	258,33
	RPM à saída	97	103	103	103	103	97	102
1.000	Potência à entrada (cv)	0,92	1,82	3,34	5,96	10,15	16,89	30,37
	Momento à saída (kg.m)	8,33	15,89	29,91	54,73	93,78	169,29	294,85
	RPM à saída	65	69	69	69	69	65	68
750	Potência à entrada (cv)	0,78	1,53	2,89	5,11	8,67	13,59	25,95
	Momento à saída (kg.m)	9,18	17,31	33,79	61,06	104,54	178,36	331,23
	RPM à saída	48	52	52	52	52	48	51
500	Potência à entrada (cv)	0,64	1,22	2,23	3,97	6,76	10,73	20,64
	Momento à saída (kg.m)	10,44	19,63	37,39	68,54	118,18	204,70	385,72
	RPM à saída	32	34	34	34	34	32	34

RELAÇÃO 20:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	1,55	2,23	4,48	7,26	14,1	25,04	43,09
	Momento à saída (kg.m)	6,62	9,22	18,95	31,0	60,98	115,01	199,58
	RPM à saída	143	154	154	154	154	146	146
1.500	Potência à entrada (cv)	1,08	1,54	2,99	5,04	9,58	17,79	30,05
	Momento à saída (kg.m)	8,52	12,10	24,12	41,25	80,26	158,47	270,84
	RPM à saída	71	77	77	77	77	73	73
1.000	Potência à entrada (cv)	0,87	1,24	2,39	4,01	7,63	13,66	23,21
	Momento à saída (kg.m)	9,78	13,95	27,93	47,64	93,43	178,09	307,0
	RPM à saída	48	51	51	51	51	49	49
750	Potência à entrada (cv)	0,76	1,04	2,03	3,38	6,51	11,76	20,20
	Momento à saída (kg.m)	10,91	15,08	30,54	52,06	103,72	200,07	349,83
	RPM à saída	36	38	38	38	38	37	37
500	Potência à entrada (cv)	0,62	0,86	1,62	2,70	4,57	9,32	15,64
	Momento à saída (kg.m)	12,33	17,54	34,64	59,49	105,0	229,33	393,77
	RPM à saída	24	26	26	26	26	24	24

RELAÇÃO 25:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	1,25	2,22	4,48	7,67	13,40	19,46	35,82
	Momento à saída (kg.m)	6,23	11,34	23,52	40,70	72,75	105,92	197,17
	RPM à saída	120	120	120	120	120	122	122
1.500	Potência à entrada (cv)	0,87	1,55	3,01	5,24	9,02	13,11	24,48
	Momento à saída (kg.m)	8,01	14,80	29,84	52,64	91,79	137,68	261,60
	RPM à saída	60	60	60	60	60	61	61
1.000	Potência à entrada (cv)	0,70	1,24	2,44	4,19	7,27	10,61	19,22
	Momento à saída (kg.m)	9,0	16,74	34,56	60,52	109,17	162,60	300,80
	RPM à saída	40	40	40	40	40	41	41
750	Potência à entrada (cv)	0,61	1,08	2,09	3,57	6,10	9,02	16,28
	Momento à saída (kg.m)	10,03	18,53	37,96	66,13	116,26	179,90	333,0
	RPM à saída	30	30	30	30	30	31	31
500	Potência à entrada (cv)	0,49	0,88	1,56	2,89	4,88	7,09	11,54
	Momento à saída (kg.m)	11,42	20,94	40,0	75,56	135,0	203,89	348,0
	RPM à saída	20	20	20	20	20	20	20

Redutor FELINO RCU 63 30 EA1 (Desenho nº RSF-1)



RELAÇÃO 30:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	1,09	1,89	3,59	6,70	10,88	16,58	34,03
	Momento à saída (kg.m)	6,23	11,00	21,46	40,99	69,47	110,86	225,2
	RPM à saída	103	103	103	103	100	97	100
1.500	Potência à entrada (cv)	0,83	1,35	2,54	4,59	7,55	11,84	23,55
	Momento à saída (kg.m)	8,72	14,54	28,39	53,03	91,24	150,83	299,45
	RPM à saída	52	52	52	52	50	48	50
1.000	Potência à entrada (cv)	0,61	1,13	2,02	3,61	6,04	9,35	18,66
	Momento à saída (kg.m)	9,14	16,36	32,03	59,82	105,07	171,85	345,92
	RPM à saída	34	34	34	34	33	32	33
750	Potência à entrada (cv)	0,54	0,94	1,74	3,19	5,21	7,98	15,84
	Momento à saída (kg.m)	9,97	18,0	35,4	67,85	116,88	189,46	381,59
	RPM à saída	26	26	26	26	25	24	25
500	Potência à entrada (cv)	0,44	0,76	1,41	2,49	4,12	6,40	11,12
	Momento à saída (kg.m)	11,22	20,11	40,09	74,36	130,63	216,25	385,0
	RPM à saída	17	17	17	17	17	16	17

RELAÇÃO 40:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	0,76	1,34	2,58	4,30	8,23	14,38	26,02
	Momento à saída (kg.m)	5,59	10,04	20,02	33,98	67,13	124,89	230,02
	RPM à saída	77	77	77	77	77	73	73
1.500	Potência à entrada (cv)	0,54	0,93	1,80	2,96	5,59	9,89	18,03
	Momento à saída (kg.m)	7,08	12,66	25,70	43,39	85,66	162,29	303,62
	RPM à saída	38	38	38	38	38	37	37
1.000	Potência à entrada (cv)	0,44	0,76	1,47	2,40	4,55	7,84	13,85
	Momento à saída (kg.m)	8,10	14,52	29,89	49,99	99,72	184,70	336,81
	RPM à saída	26	26	26	26	26	24	24
750	Potência à entrada (cv)	0,38	0,66	1,23	2,04	3,81	6,32	11,15
	Momento à saída (kg.m)	8,94	15,64	31,28	54,0	107,26	191,45	350,0
	RPM à saída	19	19	19	19	19	18	18
500	Potência à entrada (cv)	0,32	0,50	1,00	1,66	3,08	5,09	7,80
	Momento à saída (kg.m)	10,06	17,43	35,19	60,89	121,22	217,29	348,0
	RPM à saída	13	13	13	13	13	12	12

RELAÇÃO 50:1

RPM entrada		ENTRE-EIXO (mm)						
		50	63	80	100	125	160	200
3.000	Potência à entrada (cv)	0,59	1,00	1,87	3,29	5,89	11,18	20,17
	Momento à saída (kg.m)	5,15	9,31	17,78	32,05	59,0	114,05	210,33
	RPM à saída	61	60	61	61	61	61	61
1.500	Potência à entrada (cv)	0,41	0,71	1,32	2,32	4,23	7,70	13,72
	Momento à saída (kg.m)	6,55	11,69	22,93	41,64	78,61	147,39	271,2
	RPM à saída	31	30	31	31	31	31	31
1.000	Potência à entrada (cv)	0,34	0,58	1,08	1,88	3,40	6,20	11,09
	Momento à saída (kg.m)	7,37	13,25	25,97	47,37	89,84	169,50	315,14
	RPM à saída	20	20	20	20	20	20	20
750	Potência à entrada (cv)	0,30	0,50	0,91	1,60	2,85	5,25	9,43
	Momento à saída (kg.m)	7,95	14,32	27,61	51,0	95,89	183,89	344,86
	RPM à saída	15	15	15	15	15	15	15
500	Potência à entrada (cv)	0,24	0,41	0,74	1,29	2,30	4,21	7,38
	Momento à saída (kg.m)	8,42	15,76	30,88	56,85	108,09	206,35	381,10
	RPM à saída	10	10	10	10	10	10	10

DESIGNAÇÃO TIPOS DE MONTAGEM ATRAVANCAMENTOS

Um "design" muito cuidadoso do carter confere aos redutores do tipo CU uma grande versatilidade quanto às posições de montagem.

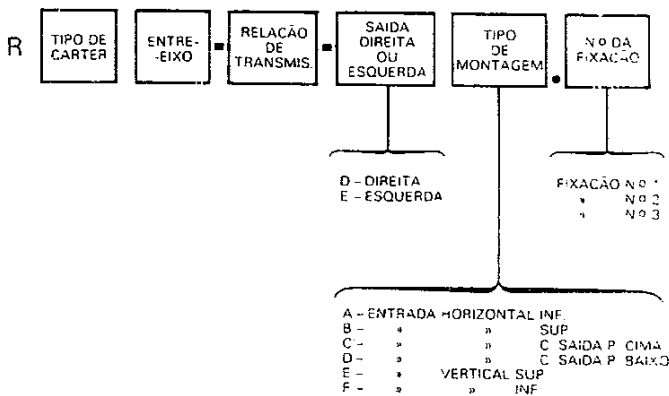
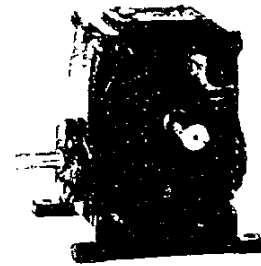
Três tipos de patas para fixação, permitem responder às mais variadas necessidades.

Uma designação racional para cada redutor, facilita a sua encomenda e evita possíveis confusões.

Assim, a designação dum redutor é estabelecida tendo em conta:

REDUTOR TIPO

CU

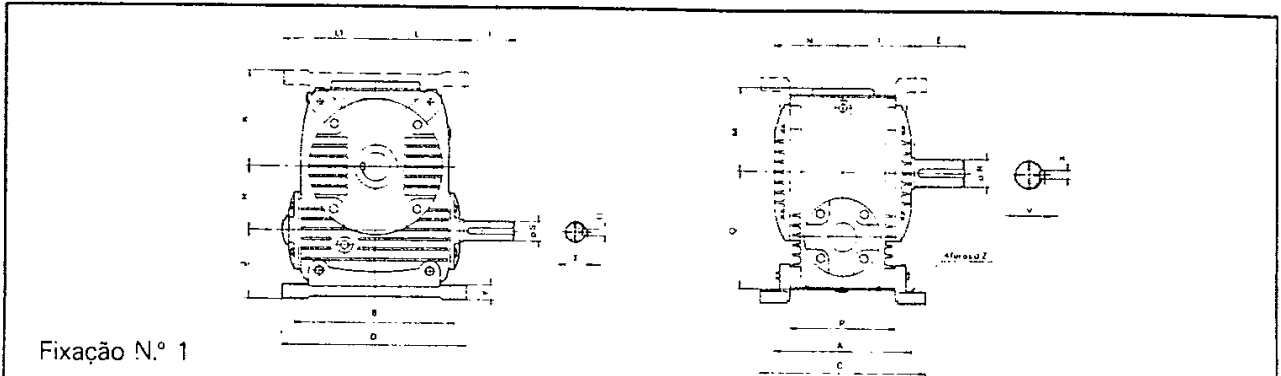


Ex.: Redutor RCU 100-30-EA.1
 Trata-se dum redutor de carter tipo CU, de entre-eixo 100, redução 30:1, saída à esquerda com entrada horizontal inferior e com fixação n.º 1.

TIPOS DE MONTAGEM		D	E
ENTRADA HORIZONTAL E SAIDA HORIZONTAL	Entrada inferior	DA	EA
	Entrada superior	DB	EB
ENTRADA HORIZONTAL E SAIDA VERTICAL	Saída para cima	DC	EC
	Saída para baixo	DD	ED
ENTRADA VERTICAL E SAIDA HORIZONTAL	Entrada superior	DE	EE
	Entrada inferior	DF	EF

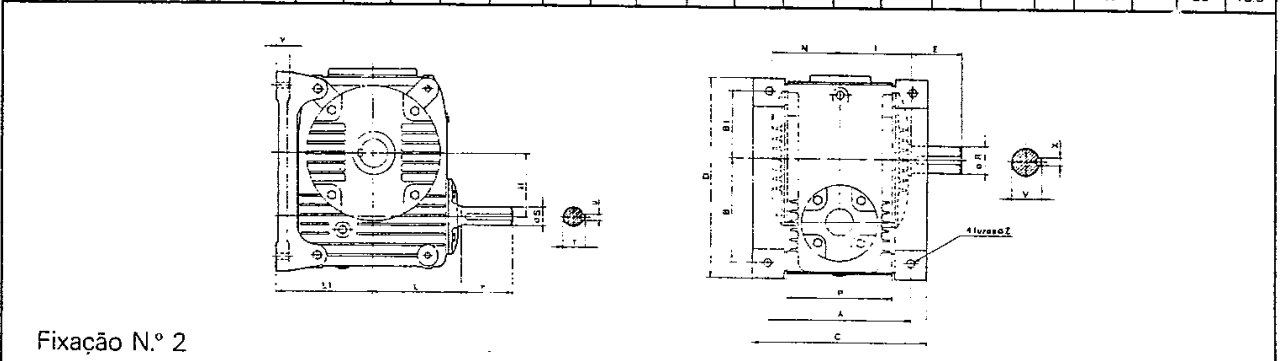
Redutor FELINO RCU 63 30 EA1 (Desenho n° RSF-1)

REDUTOR RCU – Atravancamentos



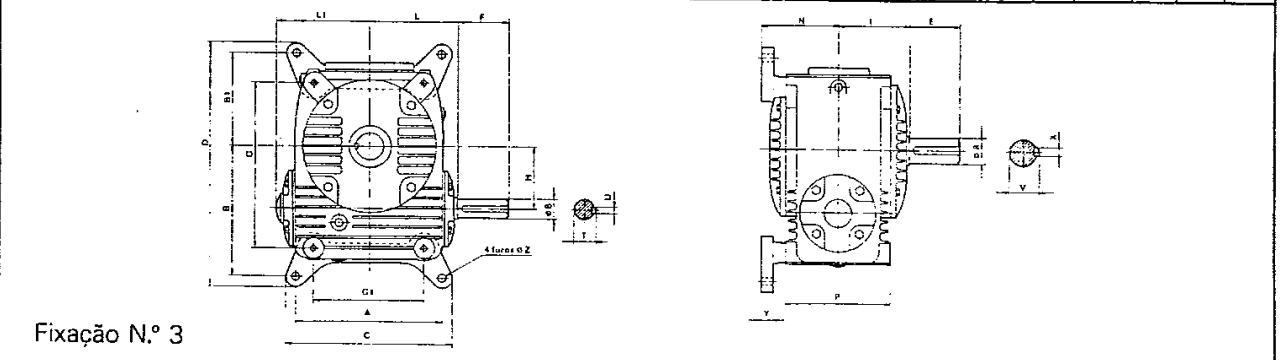
Fixação N.º 1

Tipo	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	L ₁	M	N	P	Q	R*	S*	T	U	V	X	Y	Z
RCU 50	125	125	150	149	60	40	50	61	63	85	77	86	72	60	90	95	25	16	18,1	5	27,9	8	15	9,5
RCU 63	160	190	190	220	60	50	63	83	90	120	107	115	105	82	126	128	28	20	22,5	6	30,9	8	15	11,5
RCU 80	190	241	225	280	80	60	80	94	100	135	128	136	122	93	145	155	32	25	27,9	8	35,3	10	20	11,5
RCU 100	216	254	270	300	82	80	100	115	112	152	140	148	137	110	170	185	45	32	35,3	10	48,5	14	25	13,5



Fixação N.º 2

Tipo	A	B	B ₁	C	D	E	F	H	I	J	K	L	L ₁	M	N	P	R*	S*	T	U	V	X	Y	Z
RCU 50	140	94	66	170	184	60	40	50	61	-	-	77	97	-	60	90	25	16	18,1	5	27,9	8	15	9,5
RCU 63	190	125	92	220	246	60	50	63	83	-	-	107	120	-	82	126	28	20	22,5	6	30,9	8	15	11,5
RCU 80	216	150	104	245	295	80	60	80	94	-	-	128	140	-	93	145	32	25	27,9	8	35,3	10	20	11,5
RCU 100	254	170	109	288	320	82	80	100	115	-	-	140	155	-	110	170	45	32	35,3	10	48,5	14	25	13,5



Fixação N.º 3

Tipo	A	B	B ₁	C	D	E	F	G	G ₁	H	I	L	L ₁	M	N	P	R*	S*	T	U	V	X	Y	Z
RCU 50	119	107	79	139	206	60	40	136	88	50	61	77	86	-	73	90	25	16	18,1	5	27,9	8	13	9,5
RCU 63	190	143	110	215	278	60	50	193	140	63	83	107	115	-	100	126	28	20	22,5	6	30,9	8	17	11,5
RCU 80	216	161	116	245	305	80	60	231	170	80	94	128	136	-	112	145	32	25	27,9	8	35,3	10	20	11,5
RCU 100	254	208	148	286	390	82	80	270	180	100	115	140	148	-	124	170	45	32	35,3	10	48,5	14	20	13,5

* Tolerâncias ISO: 16j6 $\begin{pmatrix} +0,008 \\ -0,003 \end{pmatrix}$; 20, 25, 28j6 $\begin{pmatrix} +0,009 \\ -0,004 \end{pmatrix}$; 32, 45k6 $\begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix}$

LUBRIFICAÇÃO

Os redutores e motoredutores são sempre expedidos sem óleo, pelo que é indispensável proceder ao seu enchimento, antes da entrada em funcionamento.

Periodicamente deve verificar-se o nível do óleo, procedendo-se à sua reposição se necessário. Se a quantidade a acrescentar for elevada, dever-se-á detectar a fuga, provavelmente existente.

Nos carteres dos redutores "CU" e "CF", existe um tacho de nível de óleo e um tacho de enchimento, este com respiro. Quando da montagem é indispensável verificar se o posicionamento do tacho com respiro é o correcto.

Os tipos de óleos aconselhados, bem como as quantidades necessárias, são os que constam dos quadros:

Capacidade em óleo (Litros)

TIPOS DE MONTAGEM	ENTRE-EIXO (mm)						
	50	63	80	100	125	160	200
DA, EA	0,25	0,57	1,13	1,4	2,5		
DB, EB	0,25	0,63	1,25	1,5	2,75		
DC, EC, DD, ED	0,28	1,13	2	2,5			
DE, EE, DF, EF	0,25	0,5	1,25	1,5			

Óleos Recomendados

FORNECEDOR	LUBRIFICANTE
PETRUGAL	TRANSGEAR 460
BP	ENERGOL GR-XP 320
MOBIL	MOBILGEAR 634
SHELL	OMALA OIL 460
CASTROL	ALPHA SP 460
ESSO	SPARTAN EP 220

PESO DOS REDUTORES

ENTRE-EIXO (mm)						
50	63	80	100	125	160	200
11	23	34	55	95	135	200

- Pesos em Kg.
- Para os redutores tipo "CU" os pesos indicados incluem um par de patas n.º 1.

SOBRECARGA EXTERIOR

Sempre que no veio de saída do redutor se montar uma engrenagem, polia ou carreto para uma corrente de elos, é necessário verificar se a força radial resultante, não vai provocar uma sobrecarga excessiva, quer para a rigidez do veio, quer para os rolamentos.

Assim, em cada caso, é necessário calcular a força radial equivalente e a força axial e compará-las com os valores dos quadros.

a) Força Radial Equivalente (F_e)

A força radial equivalente é calculada à distância D do centro da roda, pela fórmula:

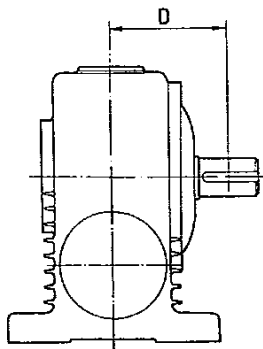
$$F_e = 716200 \cdot \frac{P \cdot K}{N \cdot R}$$

F_e – força radial equivalente (kg)
 P – potência de entrada (cv)
 K – coeficiente de aplicação
 N – rpm saída
 R – raio primitivo (mm)

O valor assim obtido deve ser inferior ao valor do quadro.

FORÇA RADIAL EQUIVALENTE MÁXIMA

RELAÇÃO NOMINAL	ENTRE-EIXO (mm)						
	50	63	80	100	125	160	200
7,5	348	428	601	1120	1206	1583	1959
10	381	584	654	1200	1361	1656	2147
12,5	409	635	715	1295	1439	1855	2349
15	442	666	759	1380	1516	1990	2563
20	474	746	846	1545	1700	2130	2783
25	510	790	892	1612	1795	2360	3049
30	530	830	942	1707	1920	2498	3178
40	601	935	1059	1935	2120	2678	3355
50	648	1016	1154	2093	2307	2923	3819



ENTRE EIXO	D
50	90,75
63	113,25
80	133,75
100	155,75
125	165,25
160	196,25
200	215,25

Como valores de "K" usar:

K = 1 – carretos para correntes
 K = 1,25 – engrenagens
 K = 1,5 – polias para correias V
 K = 3 – polias para correias planas

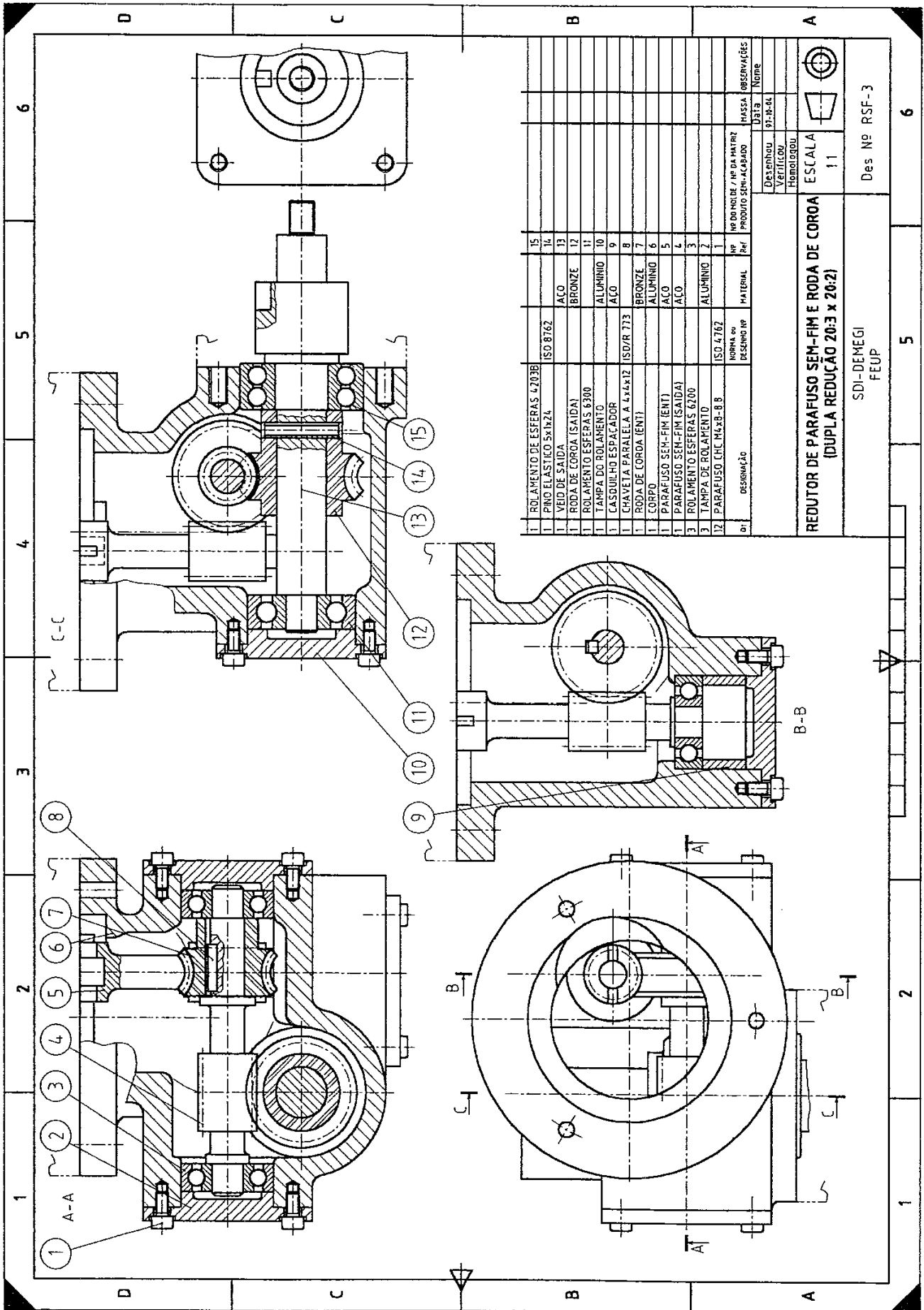
B) Força axial

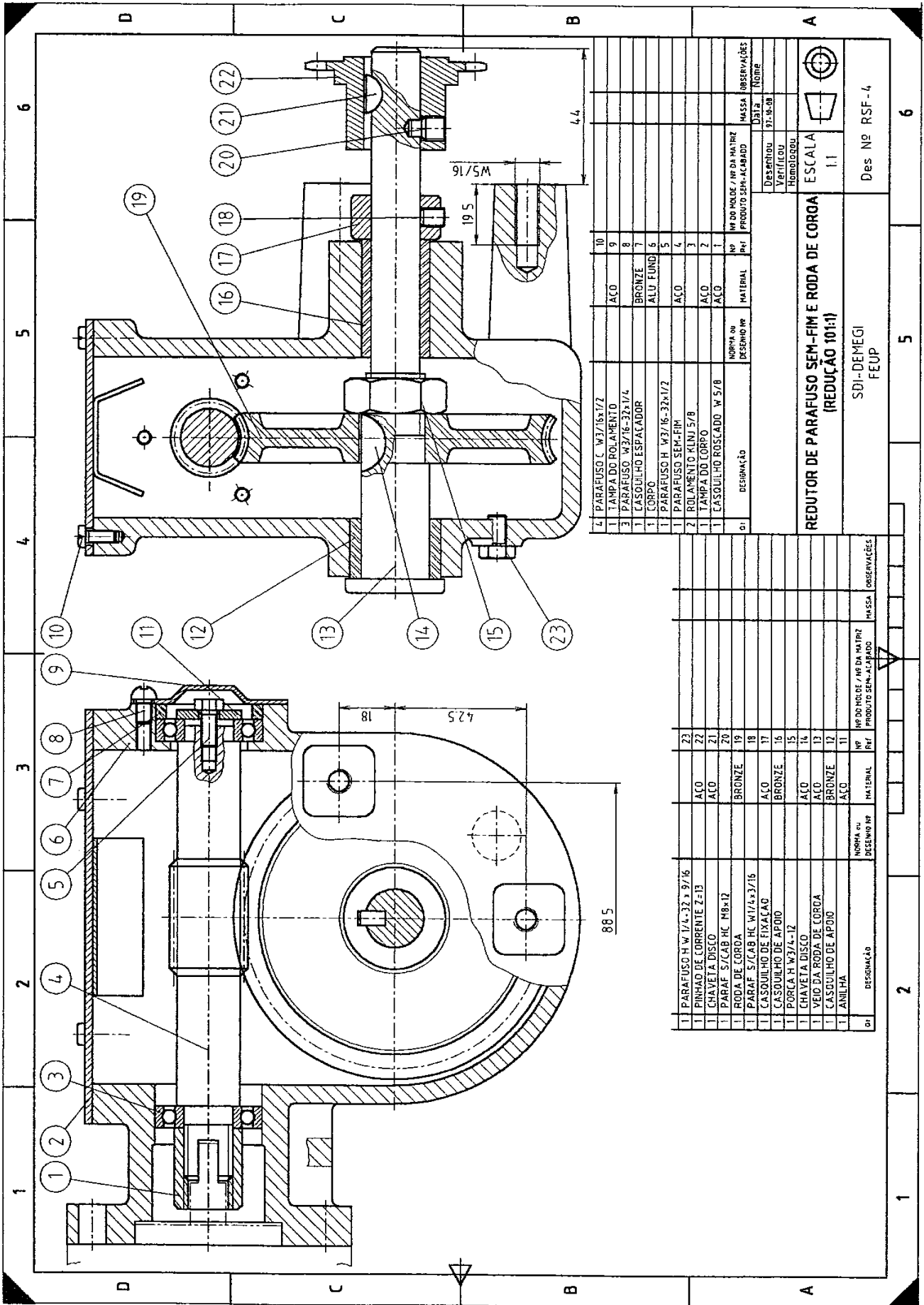
O valor da força axial introduzida exteriormente deve ser inferior aos valores do quadro abaixo.

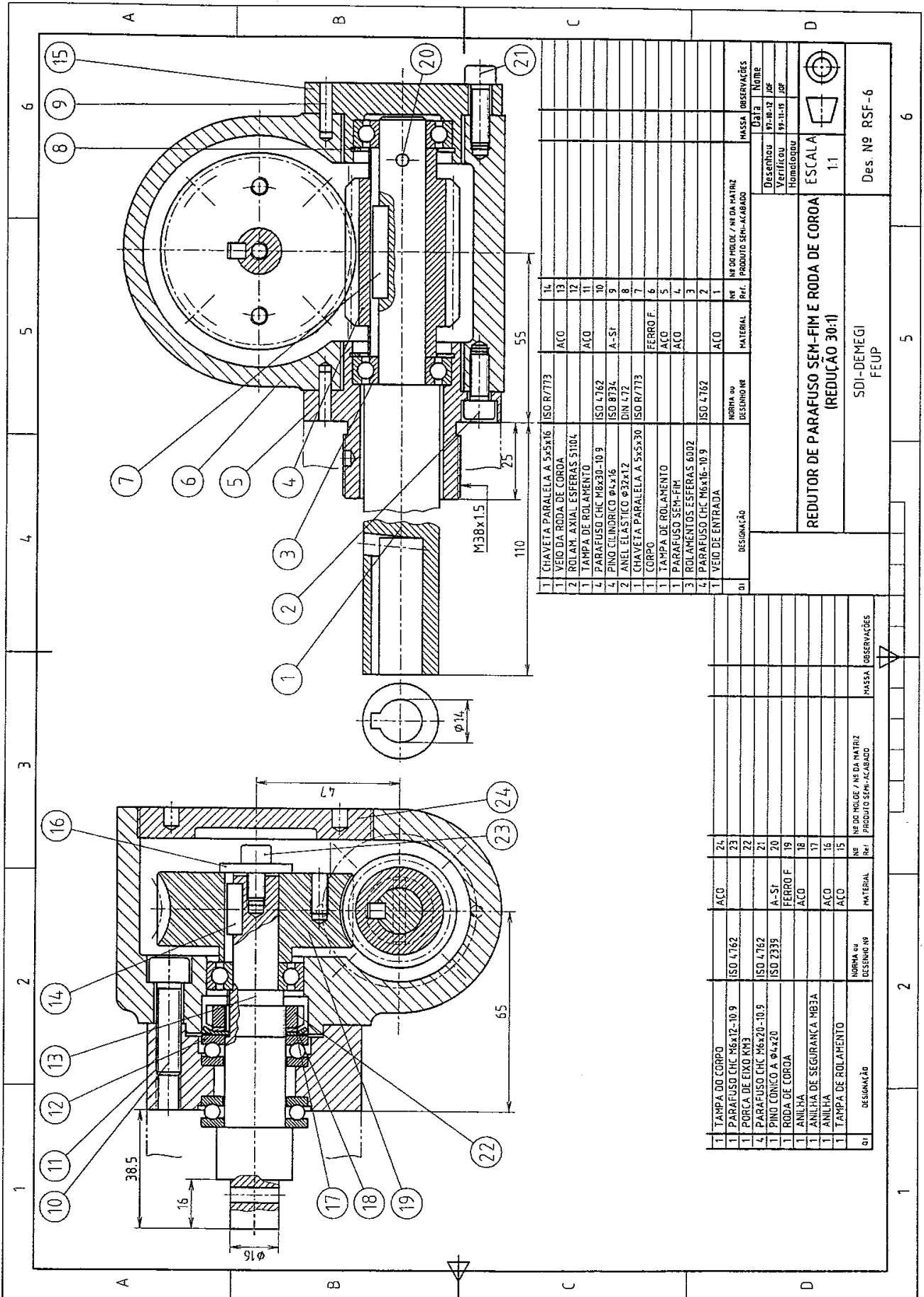
FORÇA AXIAL MÁXIMA

RELAÇÃO NOMINAL	ENTRE-EIXO (mm)						
	50	63	80	100	125	160	200
7,5	179	206	258	515	554	686	994
10	225	318	330	643	765	895	1237
12,5	245	573	409	754	842	1059	1476
15	273	400	461	808	990	1344	1726
20	315	462	530	950	1118	1474	2029
25	337	509	585	1041	1259	1664	2256
30	354	539	625	1098	1367	1855	2476
40	401	607	711	1253	1509	2002	2738
50	433	660	770	1345	1666	2184	3011

NOTA: Os valores máximos dos quadros foram obtidos para uma velocidade de entrada de 1500 RPM.





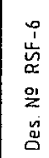


Q1	DESIGNAÇÃO	NORMA ou DESENHO 08	MATERIAL	NO. DO MODE / Nº DA MATRIZ / PRODUTO SEM-ACABADO	MASSA	OBSERVAÇÕES
DI	DESIGNAÇÃO	NORMA ou DESENHO 08	MATERIAL	NO. DO MODE / Nº DA MATRIZ / PRODUTO SEM-ACABADO	MASSA	OBSERVAÇÕES
1	TAMPA DO CORPO	ISO 4762	AÇO	24		
1	PARAFUSO CHC M6x12-10.9	ISO 4762	AÇO	23		
1	PORÇA DE EIXO RM3			22		
4	PARAFUSO CHC M6x20-10.9	ISO 4762	A-SI	21		
1	PINO CÔNICO A Ø4x20	ISO 2339	FERRO F	20		
1	RODA DE COROA		AÇO	19		
1	ANILHA		AÇO	18		
1	ANILHA DE SEGURANÇA MB3A		AÇO	17		
1	ANILHA		AÇO	16		
1	TAMPA DE ROLAMENTO		AÇO	15		
1	PARAFUSO CHC M6x16-10.9	ISO 4762	AÇO	14		
1	ROLAMENTOS ESFERAS 6002			13		
1	PARAFUSO SEM-FIM		AÇO	12		
1	TAMPA DE ROLAMENTO		FERRO F	11		
1	CHAVETA PARALELA A 5x5x30	ISO R/773	AÇO	10		
2	ANEL ELÁSTICO Ø32x12	DIN L72	A-SI	9		
4	PINO CILÍNDRICO Ø4x16	ISO 8734	A-SI	8		
4	PARAFUSO CHC M6x30-10.9	ISO 4762	AÇO	7		
1	TAMPA DE ROLAMENTO		AÇO	6		
1	ROLAM. AXIAL ESFERAS 5104		AÇO	5		
1	VEIO DA RODA DE COROA	ISO R/773	AÇO	4		
1	CHAVETA PARALELA A 5x5x16	ISO R/773	AÇO	3		
1	VEIO DE ENTRADA	ISO 4762	AÇO	2		
1	VEIO DE SAÍDA			1		

Q1	DESIGNAÇÃO	NORMA ou DESENHO 08	MATERIAL	NO. DO MODE / Nº DA MATRIZ / PRODUTO SEM-ACABADO	MASSA	OBSERVAÇÕES
1	VEIO DA RODA DE COROA	ISO R/773	AÇO	14		
1	ROLAM. AXIAL ESFERAS 5104		AÇO	13		
1	TAMPA DE ROLAMENTO		AÇO	12		
1	PARAFUSO CHC M6x30-10.9	ISO 4762	A-SI	11		
4	PARAFUSO CHC M6x30-10.9	ISO 4762	A-SI	10		
2	ANEL ELÁSTICO Ø32x12	DIN L72	A-SI	9		
1	CHAVETA PARALELA A 5x5x30	ISO R/773	FERRO F	8		
1	CORPO		FERRO F	7		
1	TAMPA DE ROLAMENTO		AÇO	6		
1	PARAFUSO SEM-FIM		AÇO	5		
3	ROLAMENTOS ESFERAS 6002		AÇO	4		
4	PARAFUSO CHC M6x16-10.9	ISO 4762	AÇO	3		
1	VEIO DE ENTRADA	ISO 4762	AÇO	2		
DI	DESIGNAÇÃO	NORMA ou DESENHO 08	MATERIAL	NO. DO MODE / Nº DA MATRIZ / PRODUTO SEM-ACABADO	MASSA	OBSERVAÇÕES
24	TAMPA DO CORPO	ISO 4762	AÇO	24		
23	PARAFUSO CHC M6x12-10.9	ISO 4762	AÇO	23		
22	PORÇA DE EIXO RM3			22		
21	PARAFUSO CHC M6x20-10.9	ISO 4762	A-SI	21		
20	PINO CÔNICO A Ø4x20	ISO 2339	FERRO F	20		
19	RODA DE COROA		FERRO F	19		
18	ANILHA		AÇO	18		
17	ANILHA DE SEGURANÇA MB3A		AÇO	17		
16	ANILHA		AÇO	16		
15	TAMPA DE ROLAMENTO		AÇO	15		
14	PARAFUSO CHC M6x16-10.9	ISO 4762	AÇO	14		
13	ROLAMENTOS ESFERAS 6002			13		
12	PARAFUSO SEM-FIM			12		
11	TAMPA DE ROLAMENTO			11		
10	CHAVETA PARALELA A 5x5x30	ISO R/773		10		
9	ANEL ELÁSTICO Ø32x12	DIN L72		9		
8	PINO CILÍNDRICO Ø4x16	ISO 8734		8		
7	PARAFUSO CHC M6x30-10.9	ISO 4762		7		
6	TAMPA DE ROLAMENTO			6		
5	ROLAM. AXIAL ESFERAS 5104			5		
4	VEIO DA RODA DE COROA	ISO R/773		4		
3	CHAVETA PARALELA A 5x5x16	ISO R/773		3		
2	VEIO DE ENTRADA	ISO 4762		2		
1	VEIO DE SAÍDA			1		

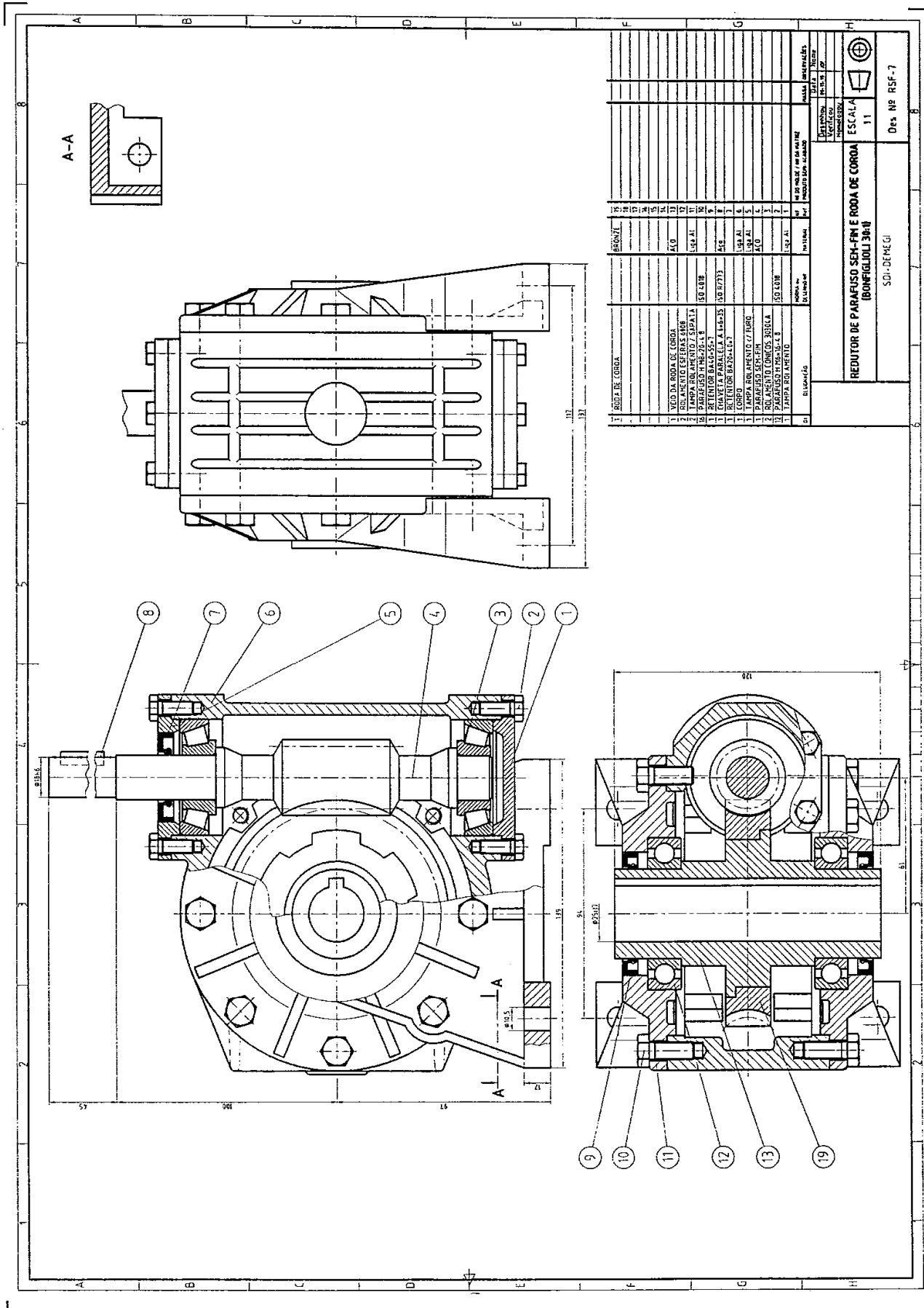
ESCALA 1:1

REDUTOR DE PARAFUSO SEM-FIM E RODA DE COROA
 (REDUÇÃO 30:1)



Des. Nº RSF-6

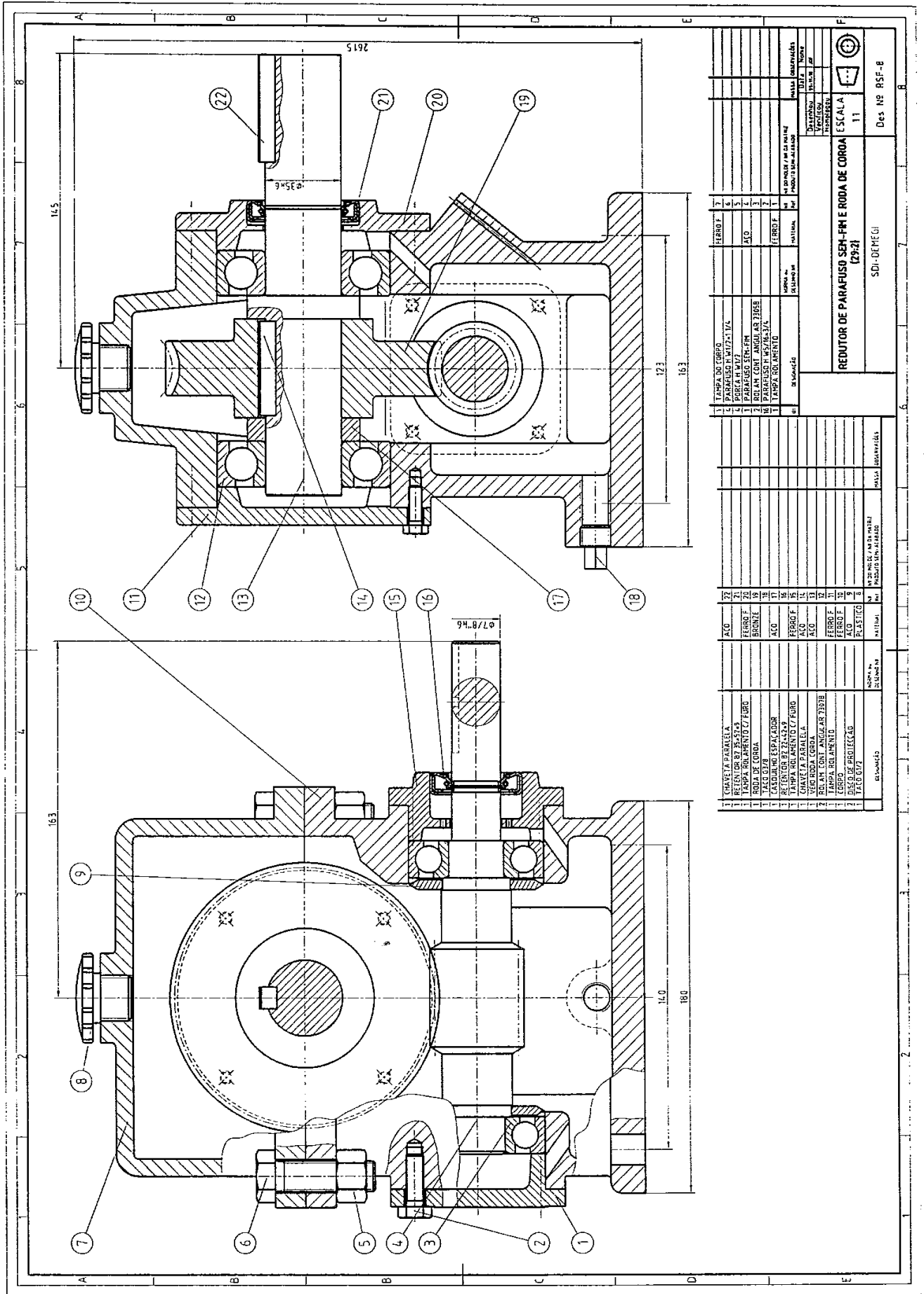
SOI-DEMEGI
 FEUP

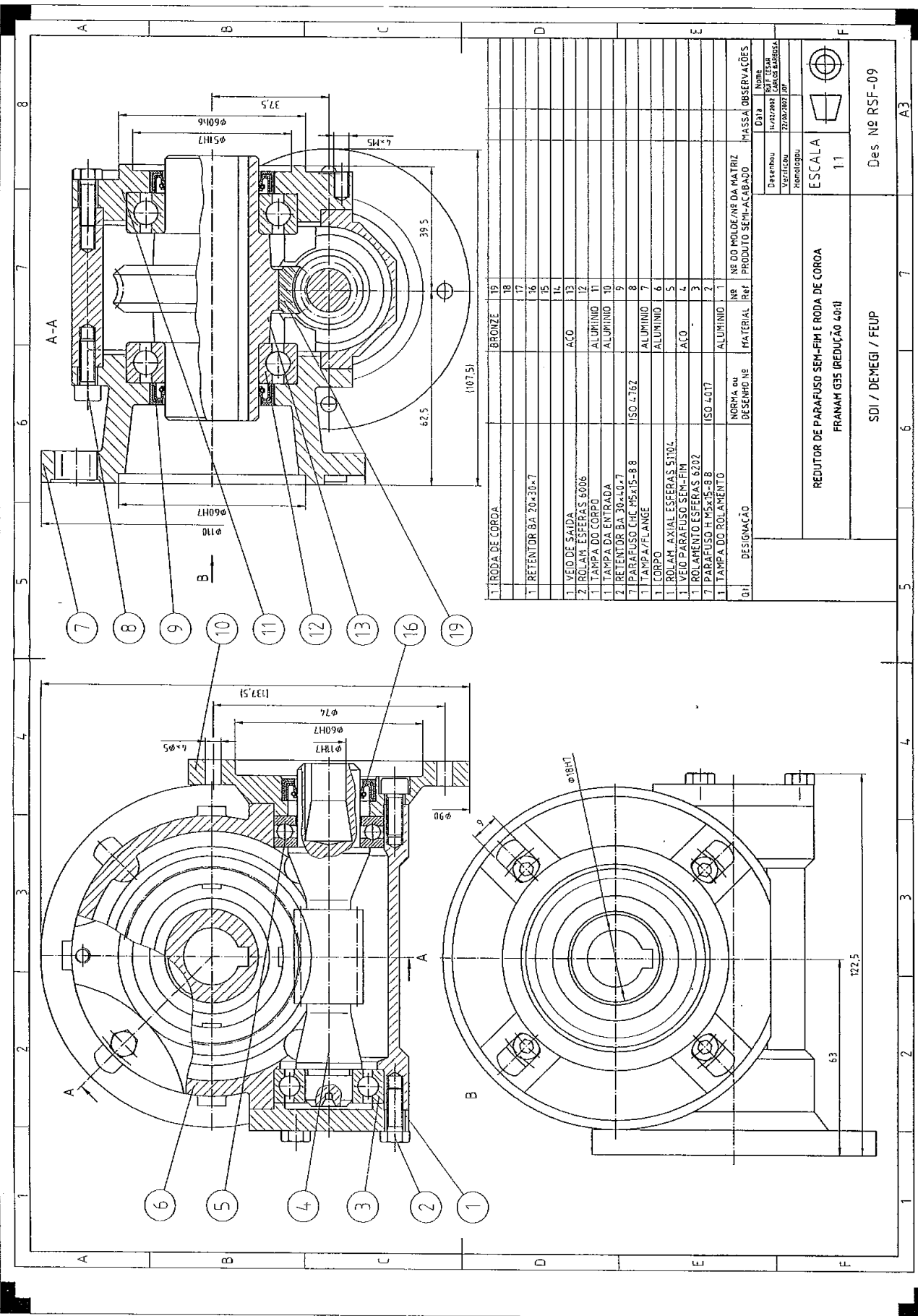


QTD	DESCRIÇÃO	UNID	PRODOTO EM PORTUGAL	PRODOTO EM ESTRANGEIRO
1	RODA DE CODA	BRONZE		
2	ALVO DA RODA DE CODA	AI 0		
3	ALVO DA RODA DE CODA	AI 0		
4	PARAFUSO H 18x20x1,8	ISO 4018		
5	QUAVETA PARALELA A 1,6x3,5	ISO 8773		
6	RELEVO BASTANTE	AI 0		
7	RELEVO BASTANTE	AI 0		
8	RELEVO BASTANTE	AI 0		
9	RELEVO BASTANTE	AI 0		
10	RELEVO BASTANTE	AI 0		
11	RELEVO BASTANTE	AI 0		
12	RELEVO BASTANTE	AI 0		
13	RELEVO BASTANTE	AI 0		
14	RELEVO BASTANTE	AI 0		
15	RELEVO BASTANTE	AI 0		
16	RELEVO BASTANTE	AI 0		
17	RELEVO BASTANTE	AI 0		
18	RELEVO BASTANTE	AI 0		
19	RELEVO BASTANTE	AI 0		

ESCALA	1:1
DESIGNAÇÃO	REDUTOR DE PARAFUSO SEM-FIM E RODA DE CODA (DONTIGLIDU 30-8)
PROJETO	S.D. DE MELO
REVISÃO	
APROVADO	
FECHA	
LOCAL	

Des Nº RSF-7





Desenhou	14/02/2017	13/07/2017	13/07/2017
Verificou			
Homenageou			
ESCALA			
1:1			

REDUTOR DE PARAFUSO SEM-FIM E RODA DE COROA
 FRANAM G35 (REDUÇÃO 40:1)

Des. Nº RSF-09

