

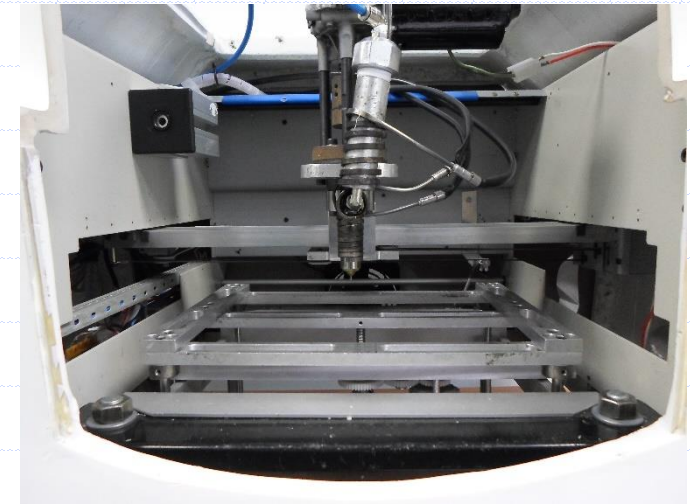
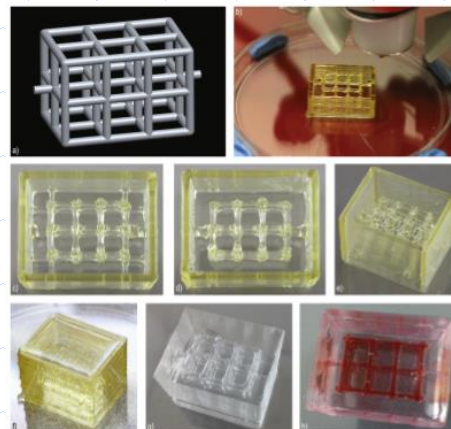
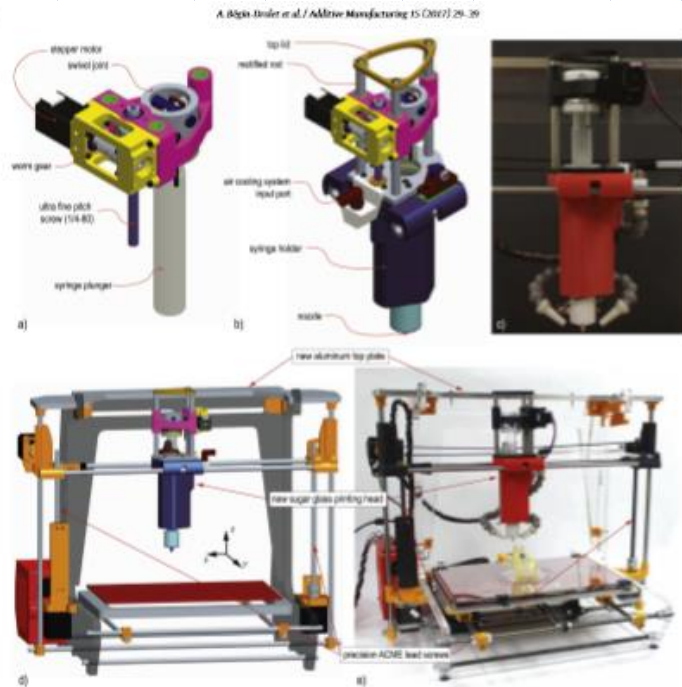
SEM 0347 – Projeto Mecânico

Aula 3 **Elementos básicos de projeto mecânico**

Profa. Zilda de C. Silveira

São Carlos, março de 2019.

A. Máquinas baseadas em extrusão



Fonte: Leiria Institute (Portugal), 2014



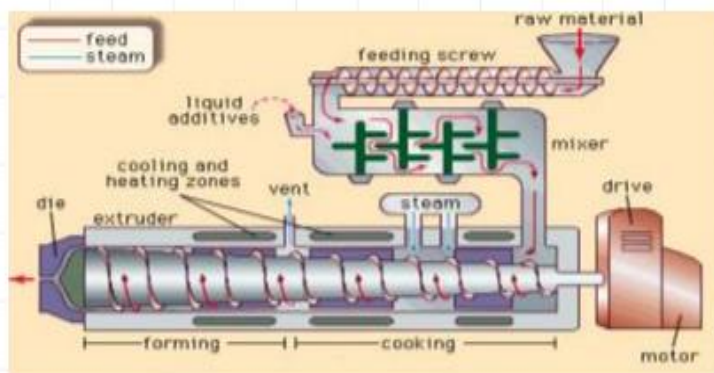
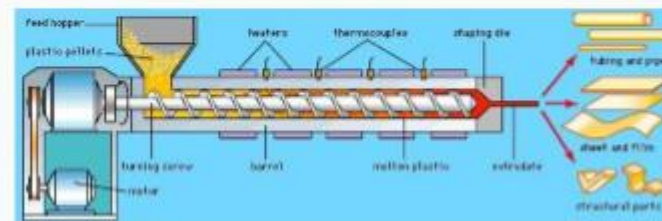
Fonte: Silveira; Inforçatti Neto; Freitas (2013-2017)

A. Máquinas baseadas em extrusão

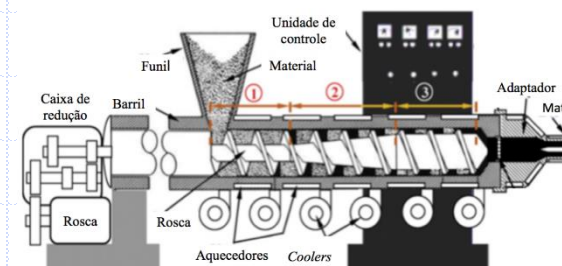


Plastics Fabrication Adhesives E

Fabrication of Plastics.



<http://fish-feed-extruder.com/Application/extruded-aquafeed-and-pelleted-feed.html>



Zonas da rosca: 1 – Alimentação; 2 – Compressão; 3 – Saída

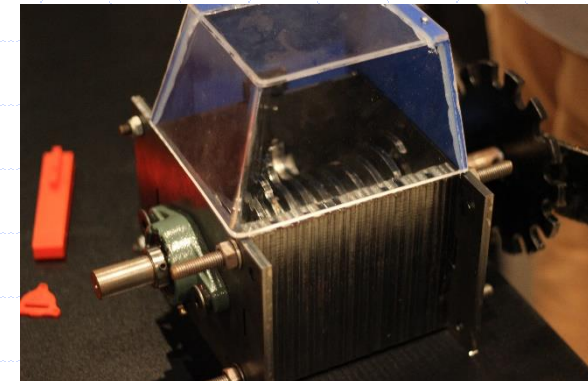
Fonte: Traduzido de Abeykoon et al (2012).

A. Máquinas baseadas em extrusão

- ✓ Extrusoras para indústria alimentícia:
- ✓ snacks , pão de queijo, chocolate,...
- Extrusoras industriais: processamento de polímeros, transporte de grãos, concreto, ..
- ✓ Extrusoras de pesquisa: pellets, processamento de polímeros



Fonte: DeMA, UFscar, 2017.



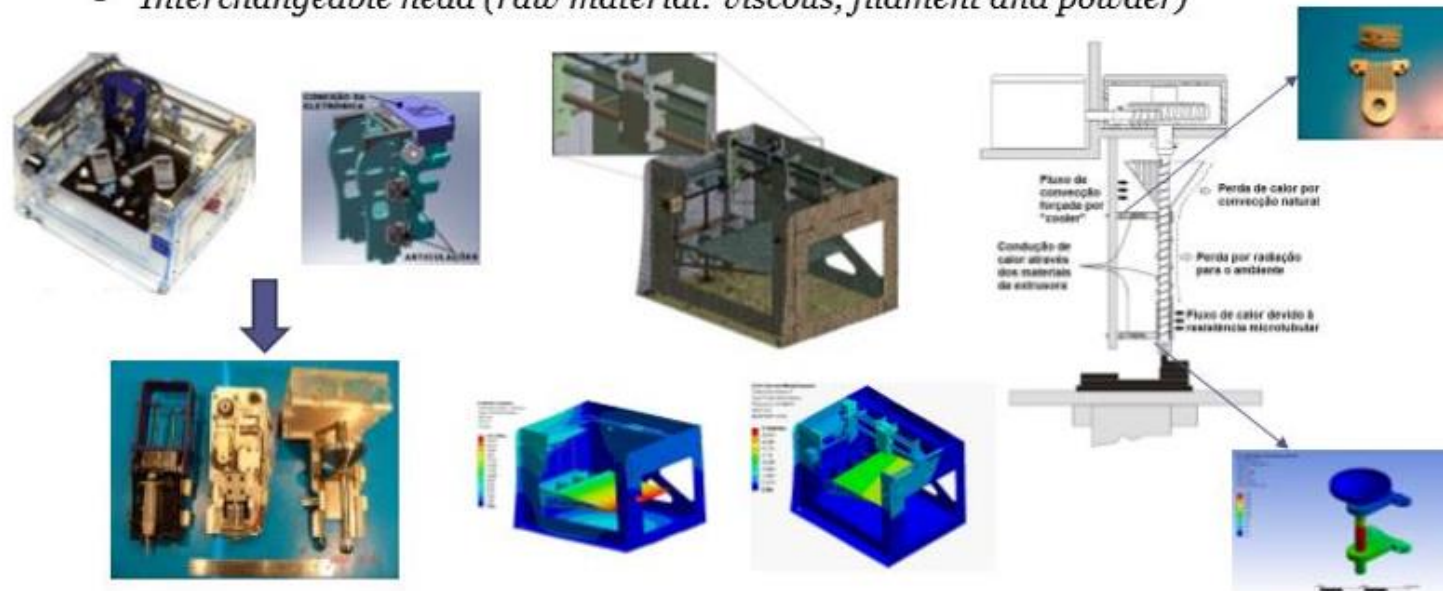
A. Máquinas baseadas em extrusão

Design for Additive Manufacturing Research

A) Design development, mock-up and functional prototype of a single screw mini head based on FDM technique applied to na experimental 3-D printer.

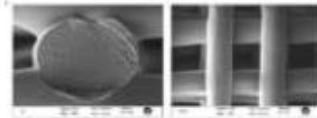
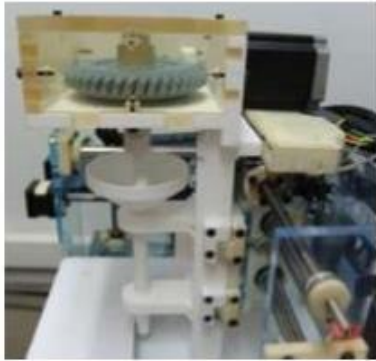
Objectives

- Processing small quantities of polymeric materials (up to 200g)
- *Re-use of powder material (industrial SLS)*
- *Better process control PCL and Polyamide (variable section of screw)*
- *Interchangeable head (raw material: viscous, filament and powder)*

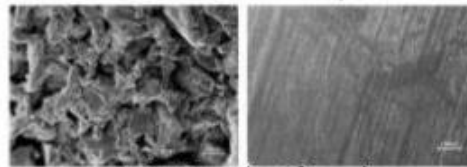
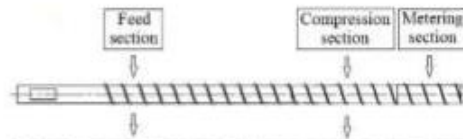


Fonte: Silveira, 2018.

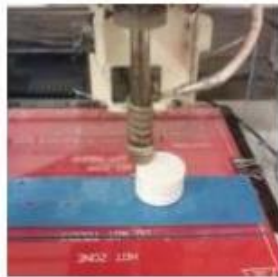
A. Máquinas baseadas em extrusão



Filaments generated from Polyamide (Nylon® 12).



SEM (Scanning Electronic Micrographs) for ϵ -PCL showing the material state and morphological aspects in feed and compression sections



Alumina and Polyamide.



Fonte: Silveira, 2018.

A. Máquinas para processamento de materiais e de ultraprecisão



Fonte: nhsmaquinas.com.br



Fonte: Vibramax



Fonte: Vibramax



Fonte: dicing-grinding.com



1280 x 720

Custom CNC Subplate Machining
kataengineeringinc.com



Desktop CNC Machines - Canadian Wood...
canadianwoodworking.com

1. Elementos básicos de uma máquina ferramenta e de processamento

1.1 Eixos (*shafts/coupling*)

✓ Elemento de máquina relativamente longo (L/D) de seção transversal circular, que gira e transmite potência.

→ Componentes são fixados aos eixos através de: pinos, chavetas, anéis de pressão, cavilhas...



Combinações de cargas (estáticas ou flutuantes): torcionais axiais e de flexão .



Eixo transmitindo potência: torque constante com carga de flexão alternada (tensão de flexão alternada)

1. Elementos básicos de uma máquina ferramenta e de processamento

1.1 Eixos (*shafts/coupling*)

Os materiais mais utilizados na fabricação de eixos e eixos-árvores são (DIN 1611 e DIN17210):

Aços-carbono: ABNT 1025 (St42,11) – 1035 (St50,11) ABNT 1045 (St60,11) – 1060 (St70,11)

Aço-liga: ABNT 4120 (20 Mn Cr4) – 4130 (25 Mo Cr4) – 6150 (50 Cr V4)

1.1 Eixos e acoplamentos (*shafts/coupling*)

a) Critérios de resistência (estático e de fadiga);

b) Verificação dos deslocamentos:

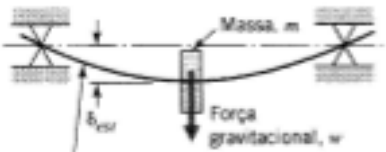
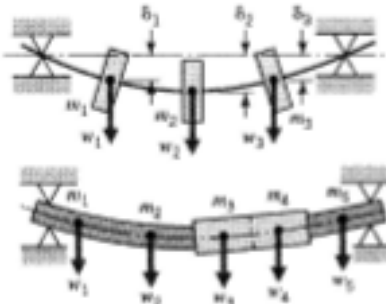
- *Deslocamento lateral* (Ruídos: Exemplo: par de engrenagens);

- *Deslocamento angular* (Deformações em mancais sem auto-alinhamento, afetar precisão de mecanismos)

✓ Maior flexibilidade (lateral ou torsional) menor velocidade crítica!!

1.1 Eixos e acoplamentos (*shafts/coupling*)

c) Verificação da velocidade crítica (rotações elevadas)

Configuração	Equação da Velocidade Crítica
(a) Uma única massa  Rigidez do eixo $k = w/\delta_{est}$	$\omega_c = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{kg}{w}} = \sqrt{\frac{g}{\delta_{est}}} \quad (17.1)$ $n_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{kg}{w}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_{est}}} \quad (17.1a)$
(b) Múltiplas massas 	$\left. \begin{aligned} n_c &\approx \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g(w_1\delta_1 + w_2\delta_2 + \dots)}{w_1\delta_1^2 + w_2\delta_2^2 + \dots}} \\ n_c &\approx \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sum w\delta}{\sum w\delta^2}} \end{aligned} \right\} \quad (17.2)$
(c) Apenas a massa do eixo 	$\omega_c \approx \sqrt{\frac{5g}{4\delta_{est}}} \quad (17.3)$

✓ Evita-se faixas operacionais em velocidades críticas do conjunto;

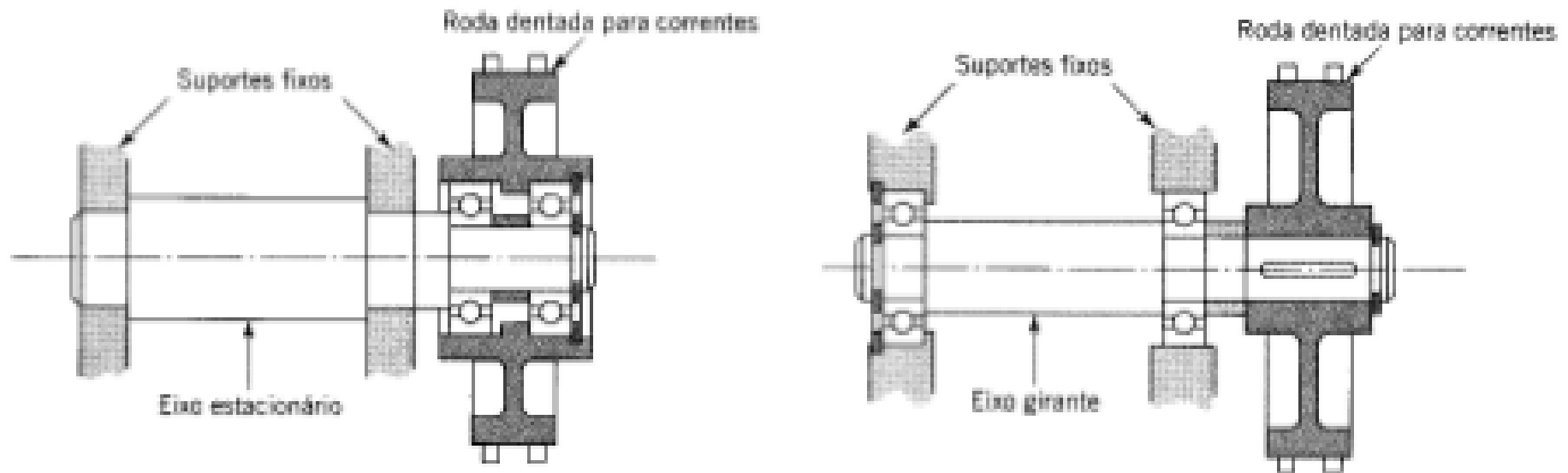
✓ Rigidez (lateral) e amortecimento – (Centro de massa do sistema em rotação diferente do centro de rotação: Forças centrífugas curvam o eixo (fletido) em altas rotações, e em baixas rotações as forças elásticas e centrífugas equilibram um deslocamento finito do eixo.

1.1 Eixos e acoplamentos (*shafts/coupling*)

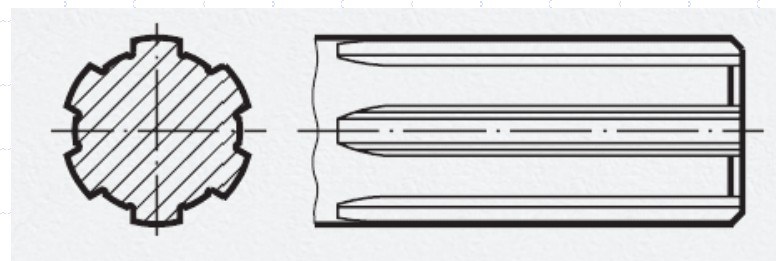
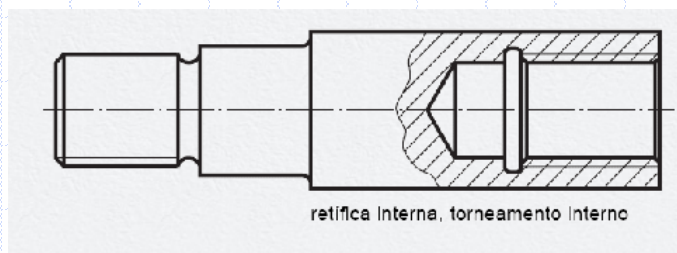
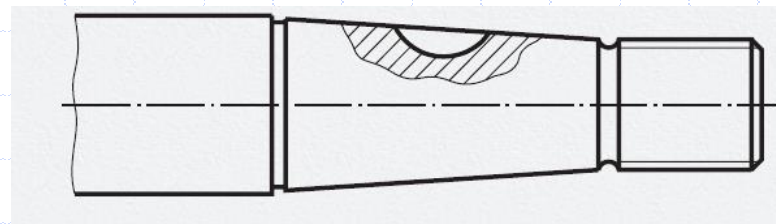
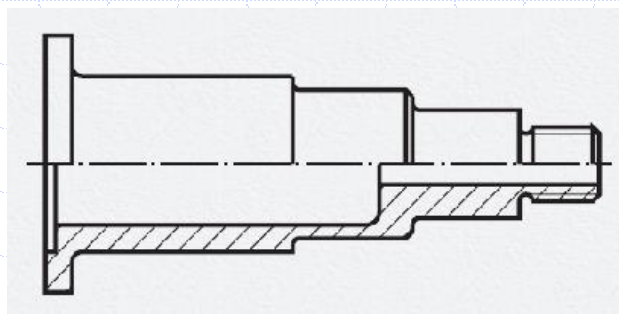
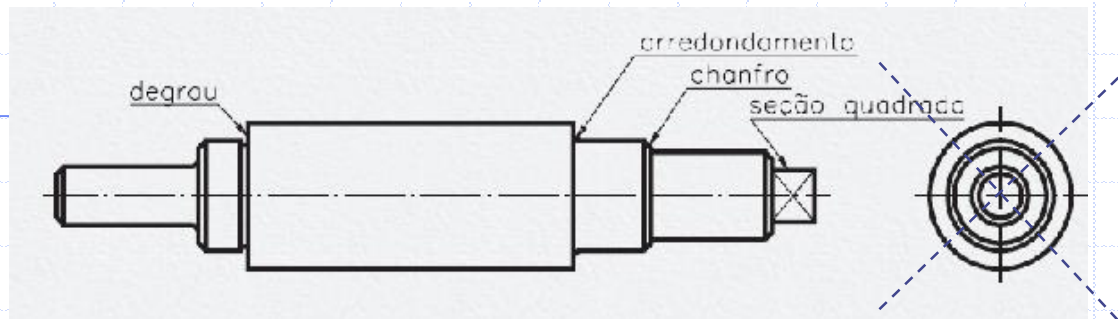
Considerações sobre o projeto de eixos em máquinas:

- Os eixos devem ser o mais curtos possíveis, com os mancais próximos das cargas aplicadas (reduzindo os deslocamentos e os momentos devido à flexão: aumentando as velocidades críticas);
- Distanciar concentradores de tensão (rasgos de chaveta, furos, rebaixos,...) das regiões do eixo com elevadas tensões;
Deve-se considerar a aplicação de processos que aumente a resistência local (jateamento e laminação a frio);
- Utilizar aços mais baratos, quando as deformações são críticas (mesmo E);
- Redução de massa (eixos vazados): relação peso-rigidez-velocidade crítica.

- Quais as diferenças entre as duas soluções de projeto, em relação aos esforços e acesso para manutenção?

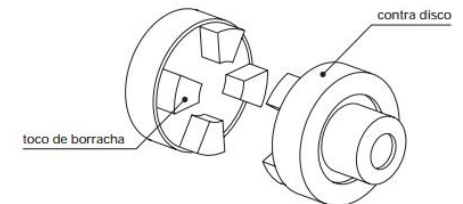
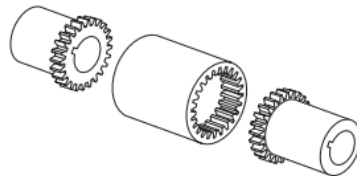
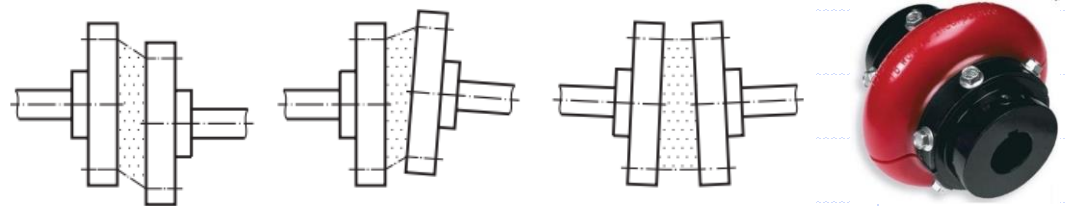
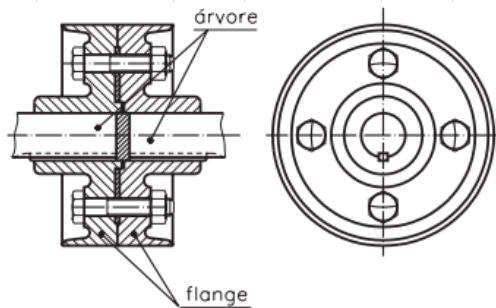
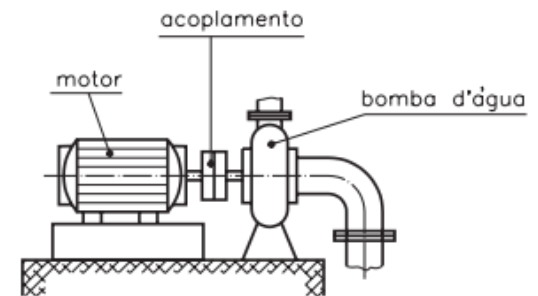


1.1 Eixos e acoplamentos (*shafts/coupling*)



1.1 Eixos e acoplamentos (*shafts/coupling*)

Conjunto mecânico que transmite movimento entre duas peças (eixos).



<http://www.vulkan.com.br/>

A. Atributos envolvidos no projeto x materiais de engenharia



A. Atributos envolvidos no projeto x materiais de engenharia

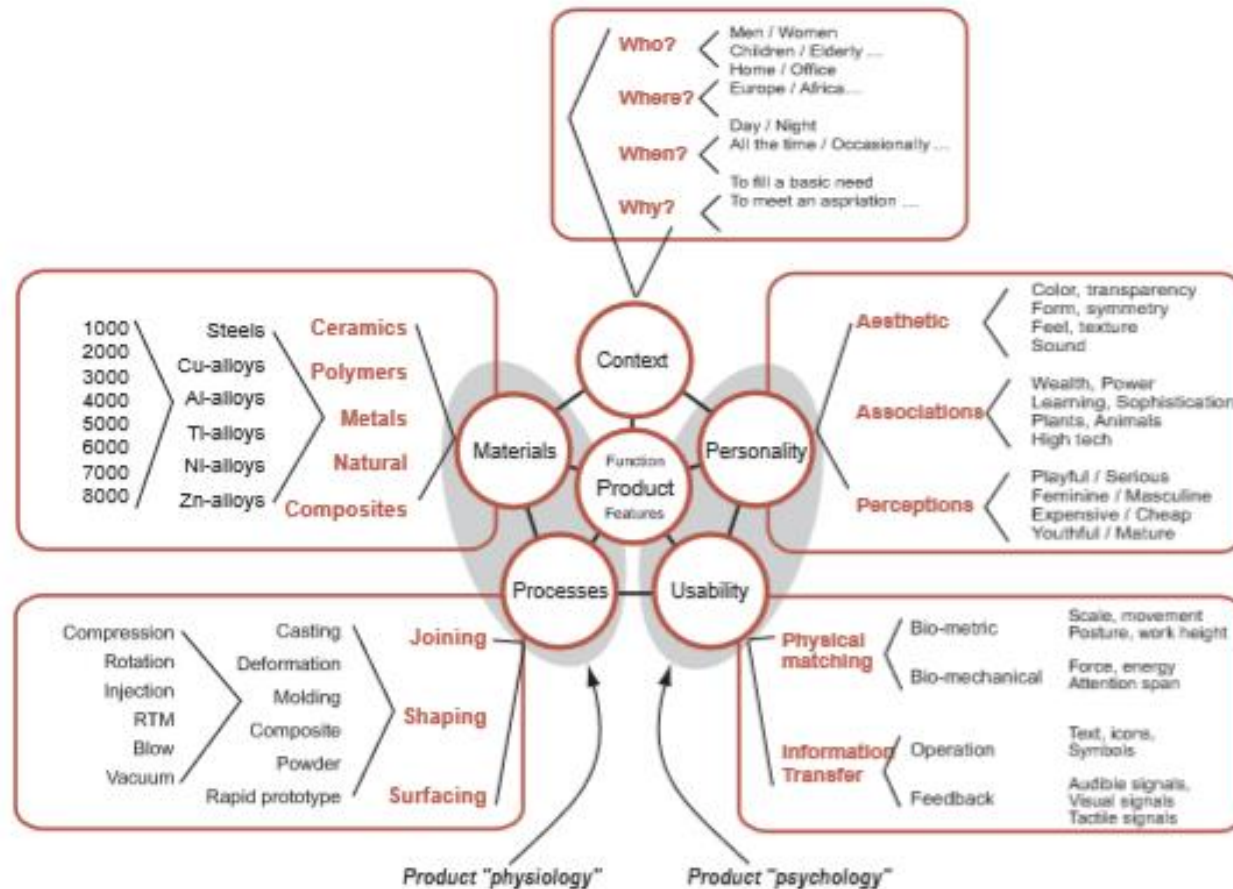
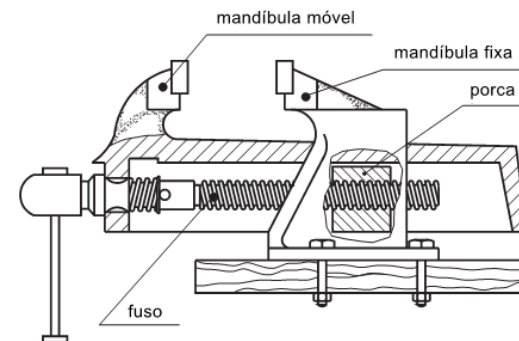
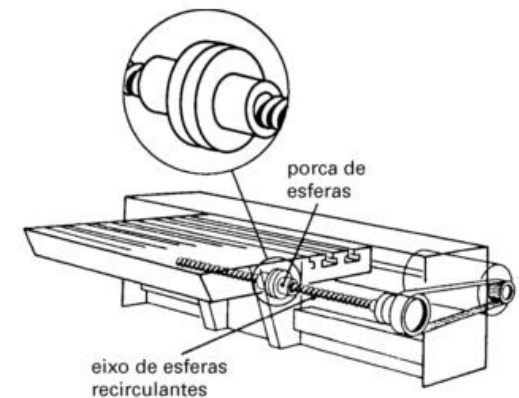
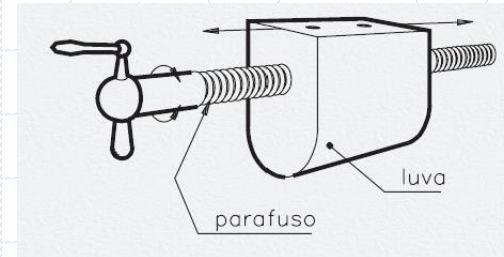
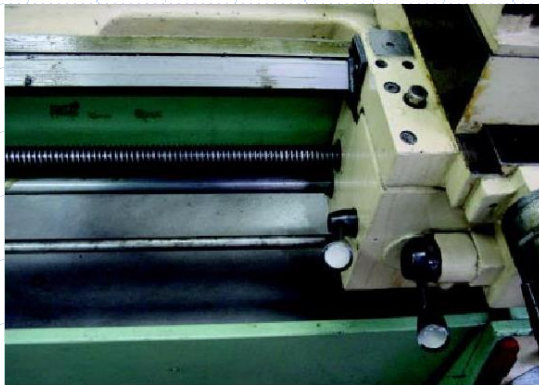


Figure 17.3 The dissection of product character. Context defines the intentions or "mood"; materials and processes create the flesh and bones; the interface with the user determines usability, and the aesthetics, associations and perceptions of the product create its personality. These terms are explained more fully in the text.

1.2 Parafusos de movimento (*leadscrew/powerscrew/ballscrew*)

✓ Dispositivos utilizados para converter movimento de rotação (porca ou parafuso) em um movimento relativamente lento, componente acoplado ao eixo do parafuso.



1.2 Parafusos de movimento (*leadscrew/powerscrew/ballscrew*)

A) Funções do elementos "parafuso de potência":

- fornecer grande aproveitamento na operação de elevação de uma carga. Ex: macacos mecânicos.
- exercer forças de valor elevado. Ex: prensas e máquinas de ensaio de tração, compactadores de lixo residenciais;
- fornecer posicionamento axial preciso, para componente com movimento axial. Ex: micrômetros, guias.

* Fluidos de potência, fusos, *powertrains*,...

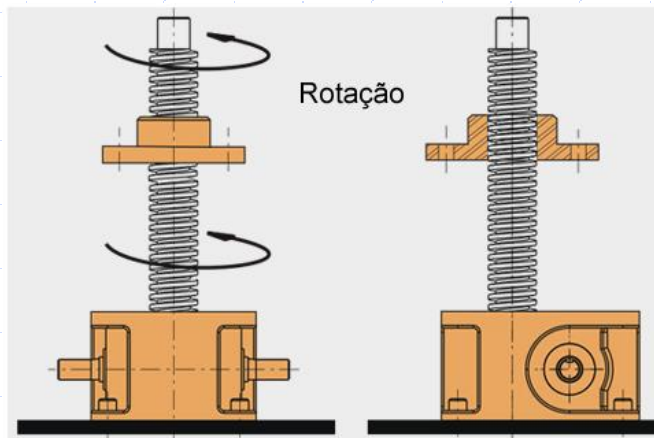
1.2 Parafusos de movimento (*leadscrew/powerscrew/ballscrew*)

B) Materiais utilizados no conjunto

Fusos: aço-carbono ou aço-liga;

Porcas: bronze, FoFo, sinterizados;

Fusos e porcas de esferas recirculantes: aço-liga



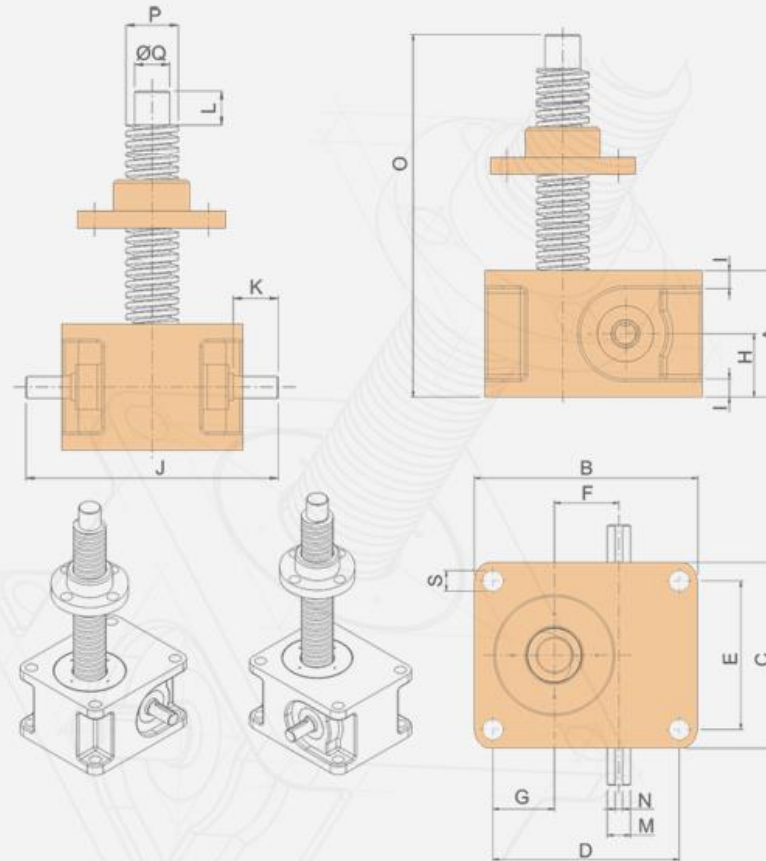
	0,5/1,0	2,5	5,0	10/15	20	25/30
Capacidade (ton)	1,0	2,5	5,0	15	20	30
Diâmetro do fuso (mm)	20	30	40	58	65	90
Passo do fuso (mm)	4	6	7	12	12	16
Distância entre centros (mm)	27	45,2	56,2	66,8	72,5	97,0
Redução	20:1 10:1	24:1 6:1	24:1 6:1	24:1 8:1	24:1 8:1	32:1 10½:1
Deslocamento por giro no sem-fim (mm)	0,2 0,4	0,25 1,0	0,29 1,16	0,5 1,5	0,5 1,5	0,5 1,5
RPM máxima	1800	1800	1800	1800	1800	1200

Fonte: <http://proff.com.br/index.php>

1.2 Parafusos de movimento (*leadscrew/powerscrew/ballscrew*)

Tabela de
Medidas
Porca

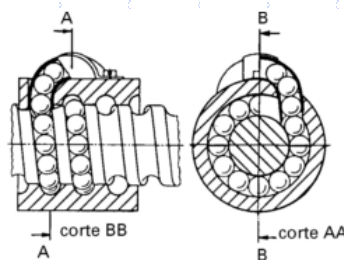
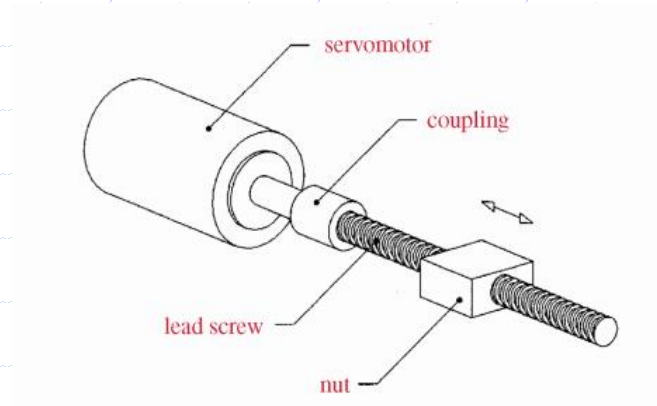
Tabela de Medidas LMR:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	ØM ^{h6}	N	O	P	ØQ ^{h6}	ØS
0,5/1,0	64	120	90	100	70	27	35	32	8	120	20	20	12	3X3X18	CURSO + 134	TR20X4	12	11
2,5	90	165	120	135	90	45,2	50	45	15	190	40	29	16	5X5X36	CURSO + 199	TR30X6	20	14
5,0	123	215	155	168	114	56,2	58	61,5	18	228	45	39	20	6X6X40	CURSO + 253	TR40X7	30	18
10/15	140	240	200	190	155	66,8	63,5	70	20	280	50	49	25	8X7X45	CURSO + 314	TR58X12	40	22
20	174	300	220	240	160	72,5	95	87	22	320	55	59	28	8X7X50	CURSO + 373	TR65X12	50	30
25/30	204	350	260	290	200	97	100	102	25	350	65	63	34	10X8X60	CURSO + 447	TR90X16	65	35

1.2.2 Fusos de esferas recirculantes (*Ballscrew*)

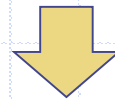
O fuso de esferas é responsável pela conversão de energia de rotação (gerada por um motor AC, motor de passo, servomotor.)



Fabricantes: NSK, Thomson Industries, Warner Electric, THK, Nook Industries.

1.3 Estrutura da máquina: bases, quadros e carcaças

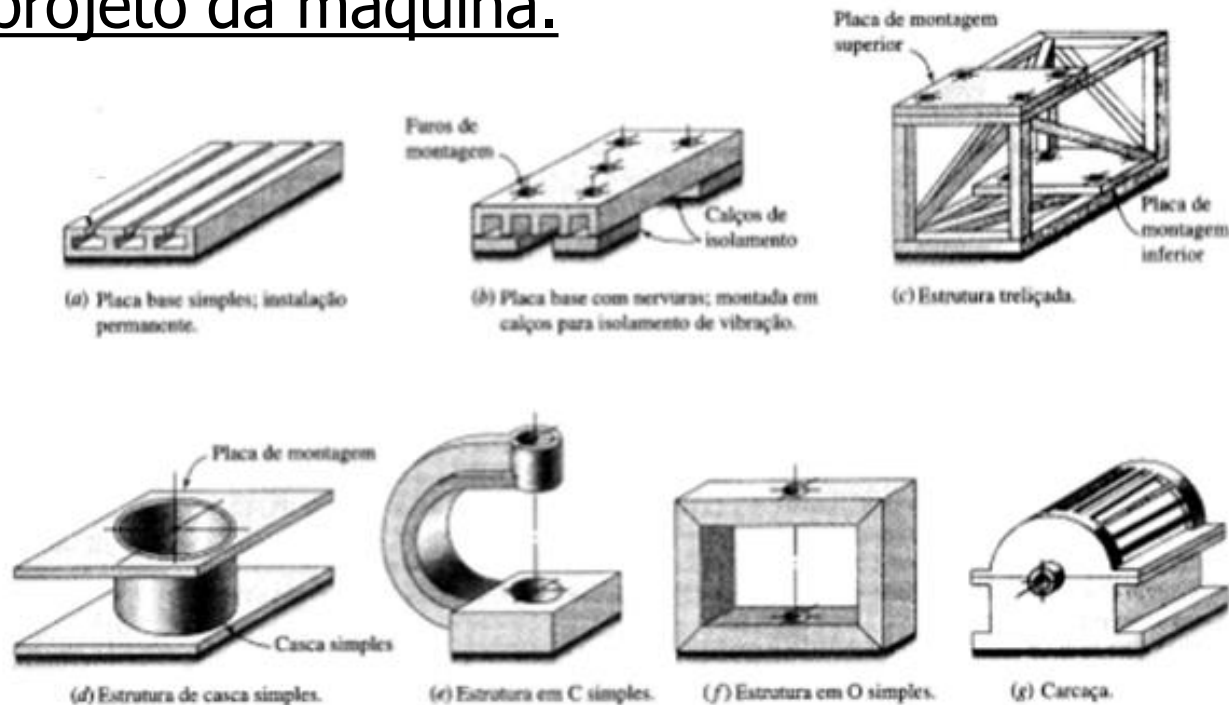
- ✓ Como os E.M, uma base (estrutura de sustentação) de máquina deve ser projetada, considerando-se as forças e momentos transferidos para essas estruturas de suporte, pelos componentes montados (condição estática e operacional).



- ✓ Considerar (ou não) o peso dos elementos;
- ✓ Modos prováveis de falha;
- ✓ Selecionar os materiais apropriados;
- ✓ Estabelecer a geometria apropriada.

1.3 Estrutura da máquina: bases, quadros e carcaças

✓ Atributos da geometria: manter a precisão das relações espaciais requeridas entre os componentes montados e fornecer um componente de suporte às falhas, durante a vida útil do projeto da máquina.



Fonte: (Collins, 2008)

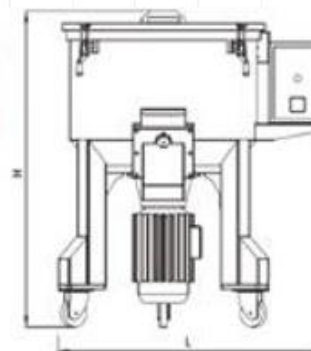
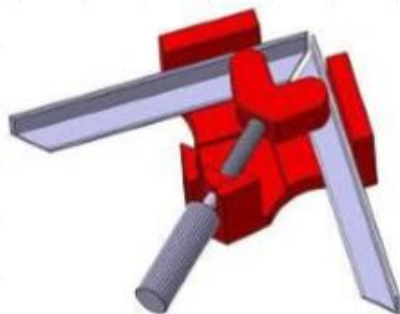
1.3 Estrutura da máquina: bases, quadros e carcaças



<http://www.tubonasa.com.br/produtos/metalo/?gclid=CJO1lavX7NICFQ0JkQodC0QD7A>



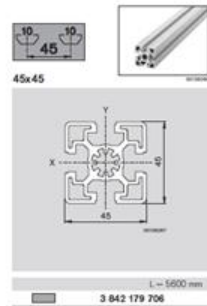
<http://www.equinotec.com/news-detail/nova-versao-do-catalogo-de-perfil-de-aluminio-bosch-rexroth/>



1.3 Estrutura da máquina: elementos de “prateleira”



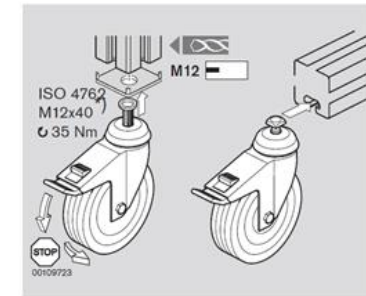
(a)



(b)



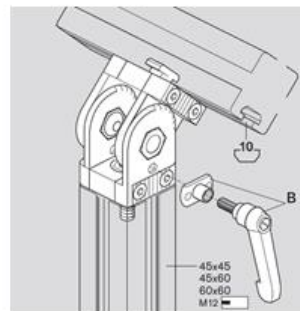
(a)



(b)



(a)



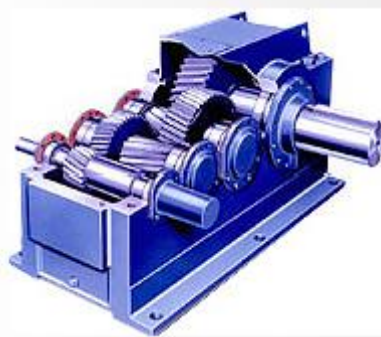
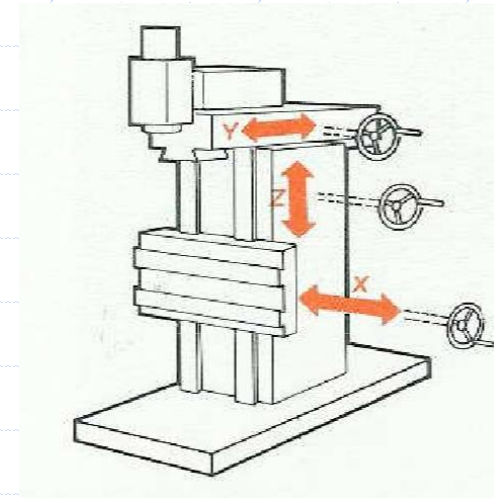
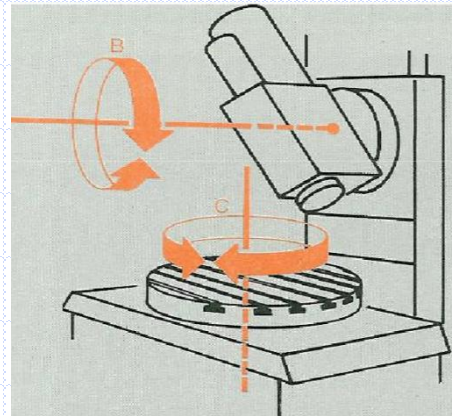
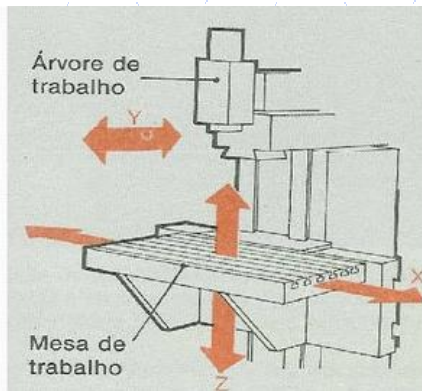
(b)



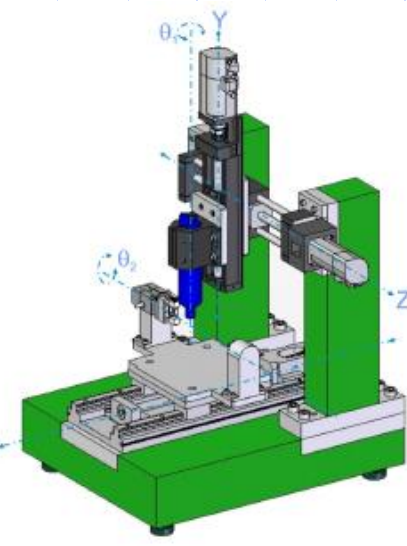
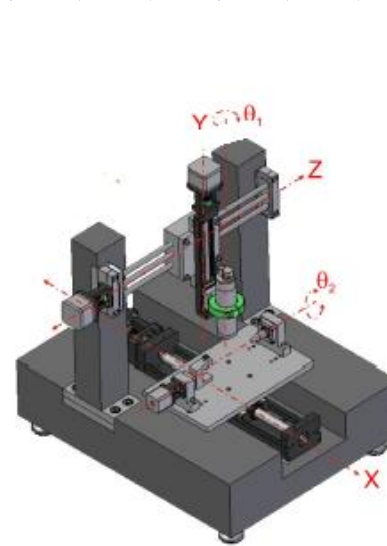
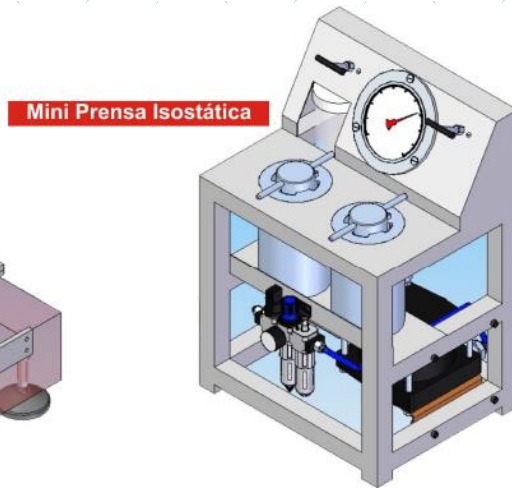
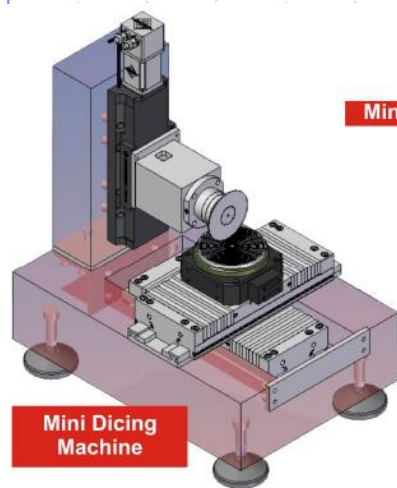
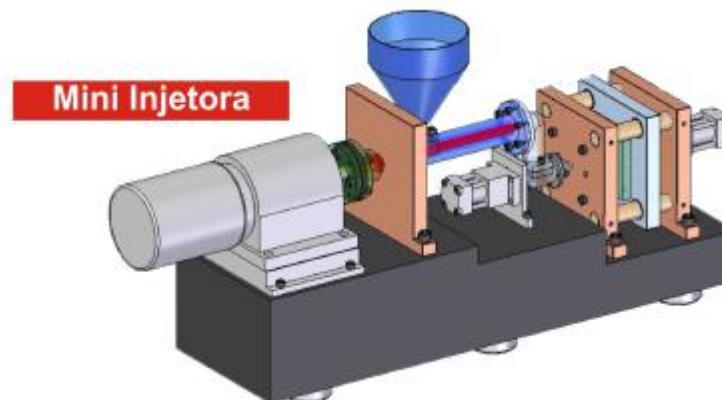
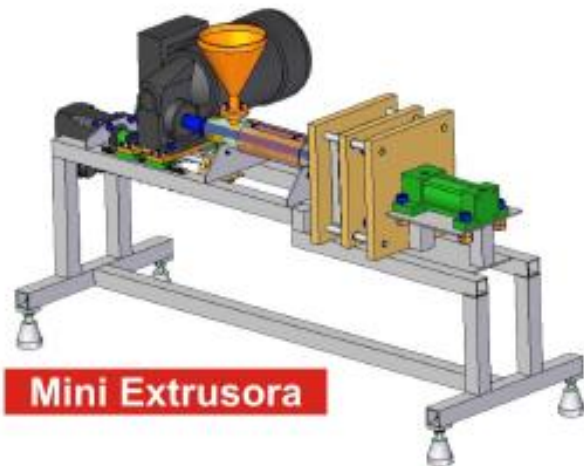
<http://www.boschrexroth.com/pt/br/produtos/grupos-de-produtos/tecnologia-de-acionamento-linear/menu>

1.3 Estrutura da máquina: bases, quadros e carcaças

Função: fornecer suporte estrutural para montar os diversos componentes operacionais nas posições pré-estabelecidas e mantê-los juntos.



1.3 Estrutura da máquina: bases, quadros e carcaças



Fonte: Purquerio, 2010

1.4 Amortecedores de impacto

PROJETO DE MÁQUINAS

Informações para o Projeto

Amortecedores de Impactos para Máquinas

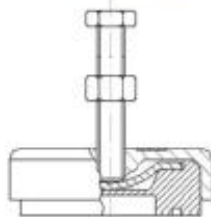


MAC

Carga estática por peça 200 kg
Carga dinâmica por peça 800 kg
Diâmetro externo 62 mm
Diâmetro da borracha 52 mm
Altura regulável 25 - 30 mm
Dureza da borracha 55 shores A
Deflexão 2,1 mm / 200 kg
Parafusos de ajustes 1/4"x2"1/2" , 5/16"x2"1/2"

MINI

Carga estática por peça 500 kg
Carga dinâmica por peça 2 000 kg
Diâmetro externo 90 mm
Diâmetro da borracha 80 mm
Altura regulável 40 - 50 mm
Dureza da borracha 60 shores A
Deflexão 3,9 mm / 500 kg
Parafusos de ajustes 3/8"x3" , 1/2"x3"

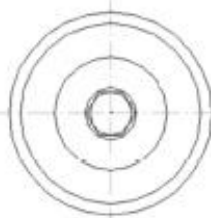


STANDARD

Carga estática por peça 1 500 kg
Carga dinâmica por peça 6 000 kg
Diâmetro externo 115 mm
Diâmetro da borracha 105 mm
Altura regulável 45 - 60 mm
Dureza da borracha 70 shores A
Deflexão 4,1 mm / 1500 kg
Parafusos de ajustes 1/2"x4" , 5/8"x4" , 3/4" x5"

INTERMEDIÁRIO

Carga estática por peça 5 000 kg
Carga dinâmica por peça 20 000 kg
Diâmetro externo 150 mm
Diâmetro da borracha 135 mm
Altura regulável 50 - 70 mm
Dureza da borracha 75 shores A
Deflexão 5,9 mm / 5 000 kg
Parafusos de ajustes 5/8"x4" , 3/4"x5" , 1"x6"



SUPER

Carga estática por peça 10 000 kg
Carga dinâmica por peça 40 000 kg
Diâmetro externo 190 mm
Diâmetro da borracha 170 mm
Altura regulável 65 - 85 mm
Dureza da borracha 80 shores A
Deflexão 7,0 mm / 10 000kg
Parafusos de ajustes 5/8"x4" , 3/4"x5" , 1"x6"



Fonte: www.screwcenterbrooklin.com.br

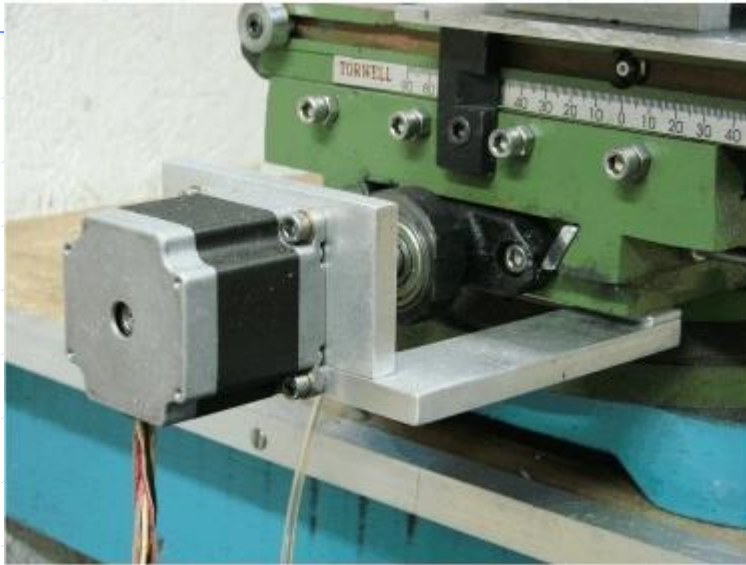
1.5 Motores elétricos



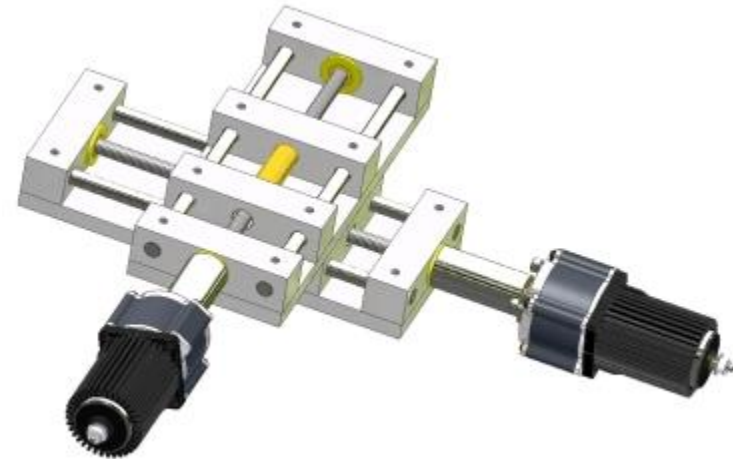
$$N_n \geq \frac{N_A + N_R}{2,0} \quad \text{Motores de anéis: } C_p = 2 \times C_n \quad N_n \geq \frac{N_A + N_R}{1,7} \quad \text{Motores série: } C_p = 1,7 \times C_n$$

$$N_n \geq f_r \cdot N_{ep}$$

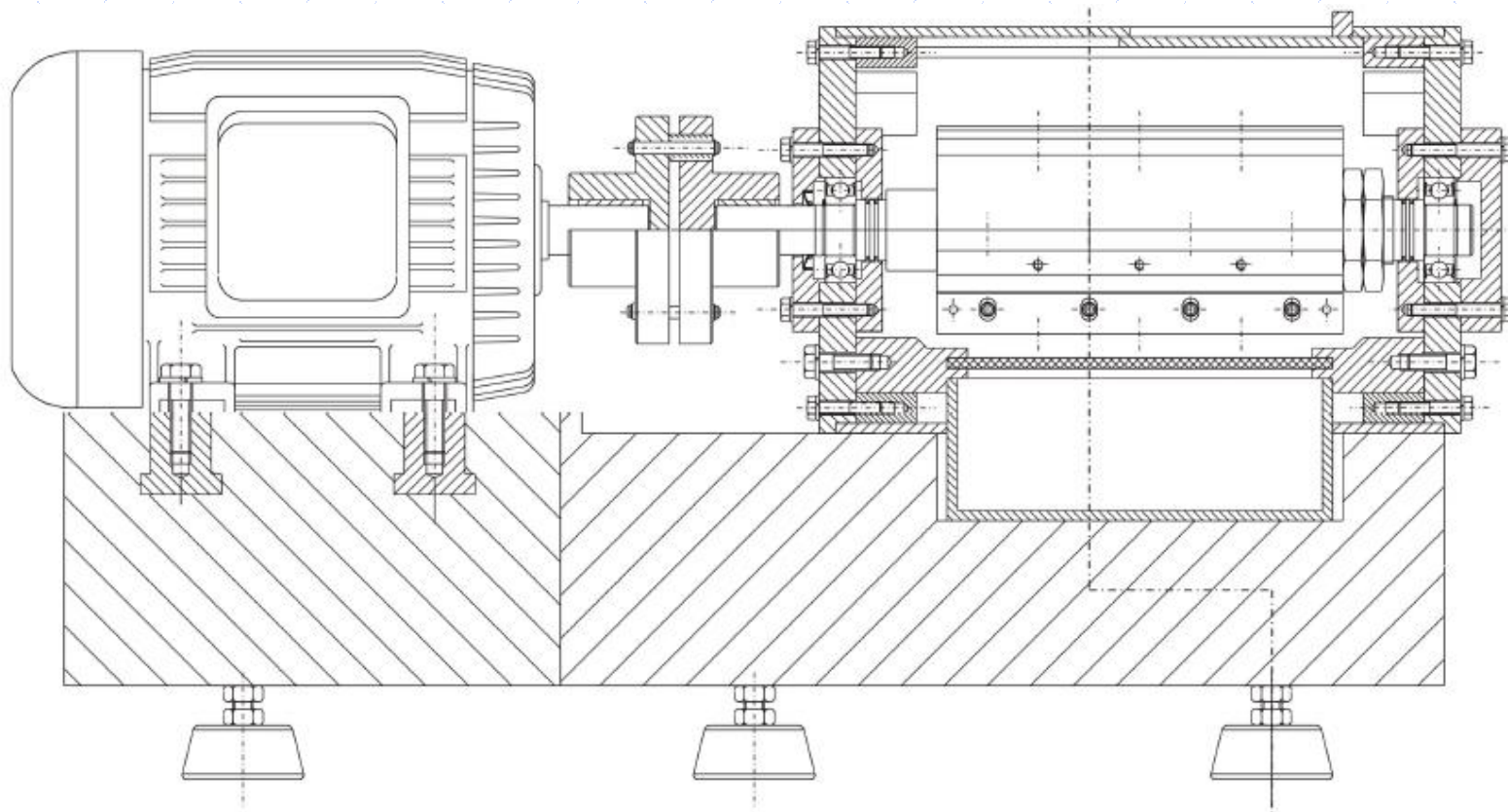
1.4 Motores elétricos



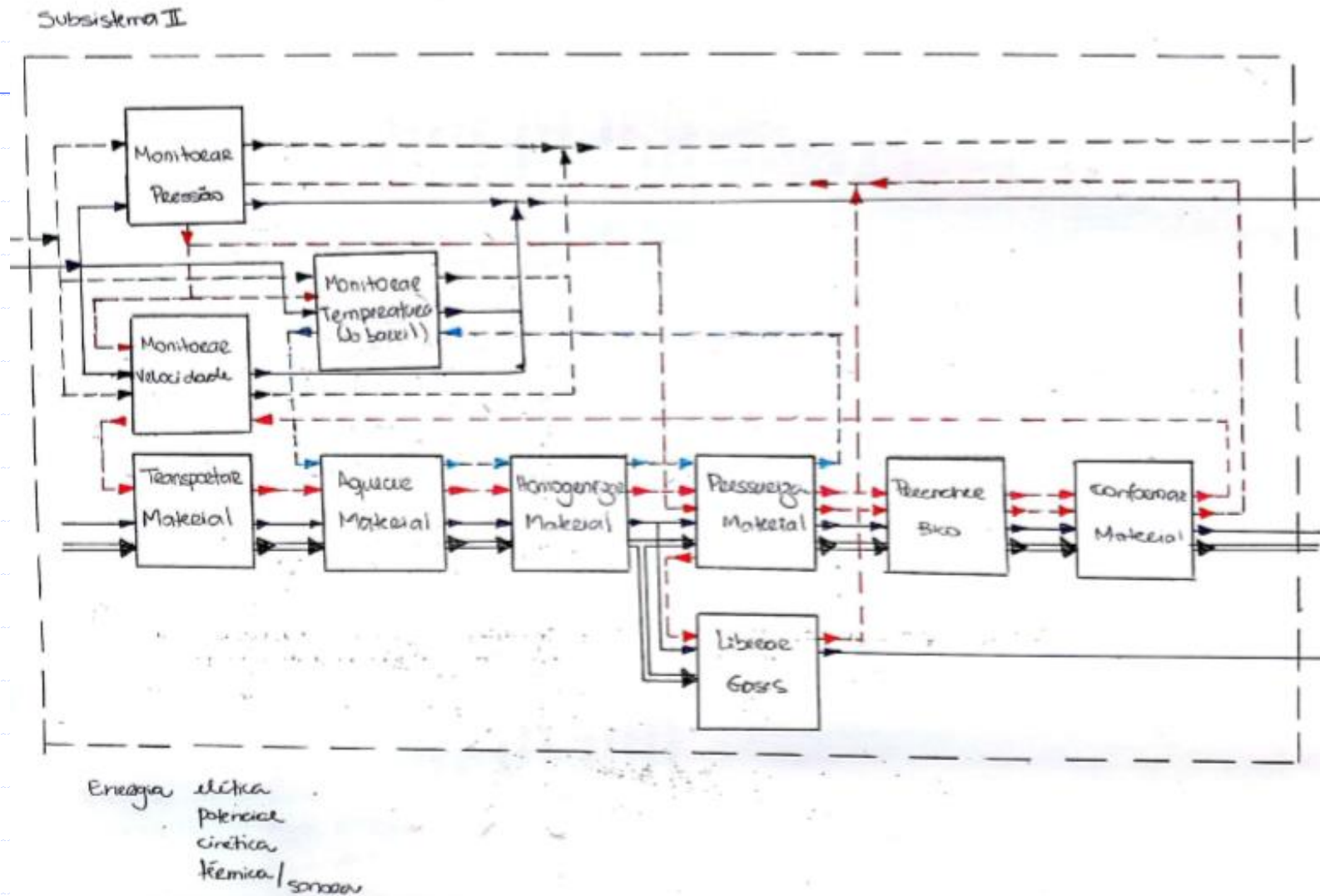
Fonte: <http://perassolibianchi.com.br/empresa.htm>



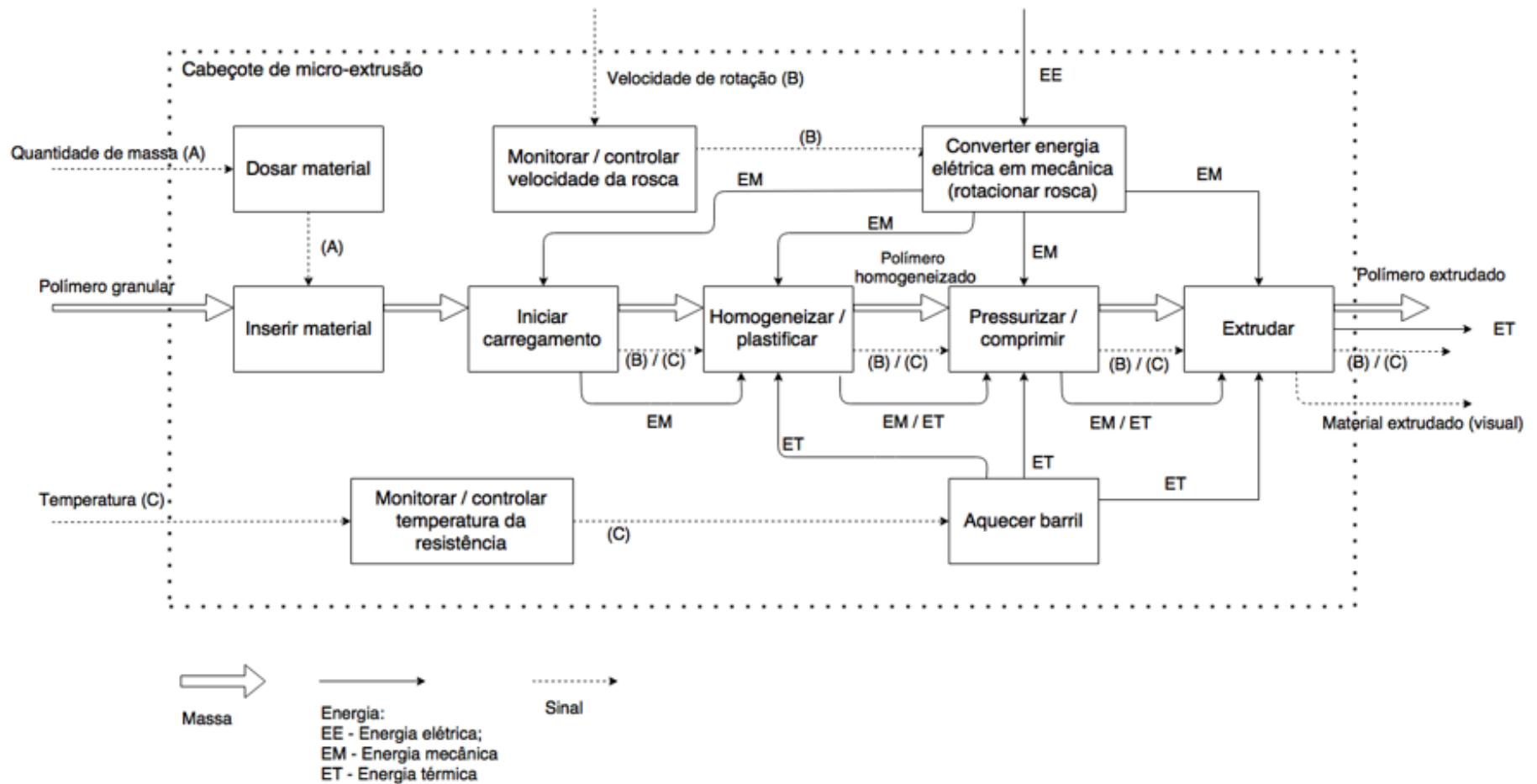
A. Identificação de elementos de máquinas



B. Exemplo MEI (Extrusora processamento material não-metálicos)



B. Exemplo MEI (Impressora 3-D)



2. Exemplo de croqui para uma mini-máquina operatriz

