

1. Máquinas-ferramenta

Princípio de funcionamento de: Rebarbadoras, Serrotes, Prensas, Guilhotinas, Quinadeiras, Furadoras, Tornos, Fresadoras e Retificadoras



Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1

1. Máquinas-ferramenta

▪ Rebarbadoras

A rebarbadora é uma máquina-ferramenta, alimentada por um motor elétrico ou motor pneumático, portátil utilizada para trabalhos onde é necessário cortar, rebarbar ou polir.



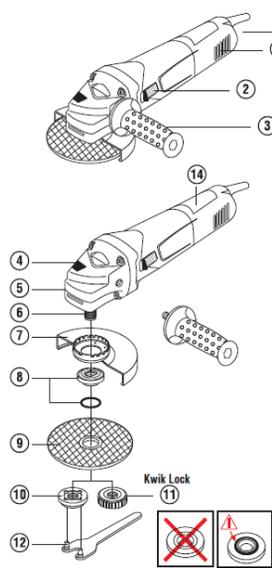
Figura 1.1 – Tipos de rebarbadoras, (a) elétrica, (b) pneumática, (c) sem fios (Bosch, s.d.; Anon., 2017)

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

2

1. Máquinas-ferramenta



Legenda:

- ① Saídas de ar
- ② Interruptor on/off
- ③ Punho auxiliar com amortecedor de vibração
- ④ Botão de bloqueio do veio
- ⑤ Botão de destravamento do resguardo
- ⑥ Veio
- ⑦ Resguardo do disco
- ⑧ Falange de aperto com O-ring
- ⑨ Disco (corte ou rebarbar)
- ⑩ Porca tensora
- ⑪ Porca de aperto rápido "Kwik-Lock" (opcional)
- ⑫ Chave de aperto
- ⑬ Roda de ajuste para pré-selecção da velocidade (DAG 125-SE)
- ⑭ Superfície antideslizante do punho

Figura 1.2 – Comandos operativos e componentes de uma a rebarbadora angular, HILTI DCG 125-S/ DAG 125-S/ DAG 125-SE (Corporation, 2013)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

3

1. Máquinas-ferramenta

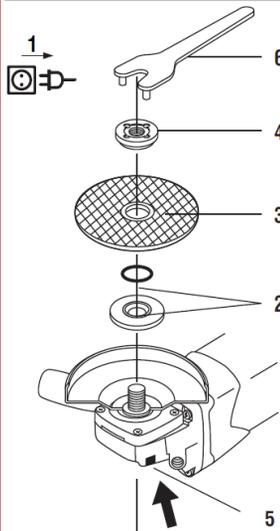


Figura 1.3 – Sequência de operações para montagem de discos numa rebarbadora (Corporation, 2013)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

4

▪ Procedimento para montagem do disco

- Desligar cabo de alimentação da corrente elétrica (1);
- Limpar cada uma das flanges (apoio e de aperto). A flange de apoio (2) e o parafuso de fixação devem ter o mesmo diâmetro;
- Apertar a flange de fixação (4) com uma chave de pinos (6). A utilização de um dispositivo de travamento (5) do veio simplifica a operação. Alguns modelos têm um sistema de fixação rápida.

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações com rebarbadoras – Regras de segurança

1. Fixar a peça a cortar, rebarbar ou polir, sobre uma bancada estável, para evitar qualquer flexão ou vibração;
2. Verificar o aperto do disco de corte assim como a fixação do aro de proteção antes de iniciar qualquer operação com a máquina-ferramenta;
3. Respeitar a velocidade máxima de rotação para o disco de corte;
4. Usar EPI (luvas, óculos, protetores auriculares, calçado apropriado, avental de couro, máscara de proteção conta poeiras;
5. Esperar que o disco deixe de rodar e desligar o cabo de alimentação para substituir o disco ou fazer qualquer intervenção no equipamento.

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

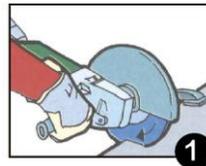
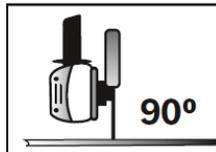
5

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações com rebarbadoras

Corte chapa metálica

- Ângulo de trabalho 90°;
- Certificar-se de que o disco ultrapassa o plano inferior em cerca de 5 a 10mm;
- Avançar com um movimento regular e sem pressão excessiva;
- Trabalhar numa passagem única, orientar o aro de proteção e se necessário mudar a posição do punho.



Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

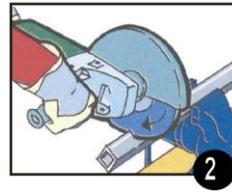
6

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações com rebarbadoras

Corte de perfis metálicos

- Ângulo de trabalho 90° ;
- Colocar a peça de modo a obter uma secção constante;
- Para cortar uma peça de grande secção, fazer o corte sucessivamente de cada um dos lados;
- Orientar o aro de proteção e se necessário mudar a posição do punho.



Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

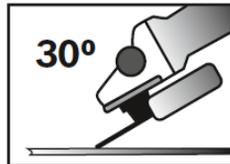
7

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações com rebarbadoras

Rebarbar

- Ângulo de trabalho $\pm 30^{\circ}$ para obter um rendimento máximo do disco;
- Certificar-se de que o cabo de alimentação está recolhido e afastado da zona de trabalho;
- Fazer movimentos de vai e vem constantes e regulares para evitar desbastar demasiado a superfícies e evitar riscos de aquecimento;
- Nunca utilizar um disco de corte para trabalhos de rebarbar. Evitar trabalhar com a superfície lateral do disco.



Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

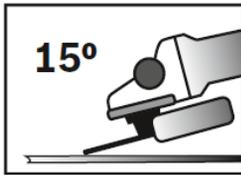
8

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações com rebarbadoras

Polir/Lixar

- Ângulo de trabalho $\pm 15^\circ$;
- Para limpar a ferrugem de uma estrutura metálica utilizar um suporte para lixar, equipado com um disco para lixar metais.



Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

9

1. Máquinas-ferramenta

▪ Discos para rebarbadoras

Os discos são constituídos por uma mistura homogênea de abrasivos, normalmente óxidos de alumínio fundido ou carboneto de silício e resinas sintética reforçada por fibra de vidro.



Corindo normal



Corindo semi-nobre



Corindo nobre, rosa



Corindo nobre, branco



Corindo especial



Carboneto de silício SIC



Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

11

1. Máquinas-ferramenta

Discos para rebarbadoras

Discos de corte



Diâmetro D [mm]	Diâmetro furo d [mm]	Espessura b [mm]
115	22.23	0.8 – 1.0 – 1.5 – 2.5
125	22.23	0.8 – 1.0 – 1.5 – 2.5
180	22.23	1.6 – 2.5
230	22.23	1.9 – 2.5

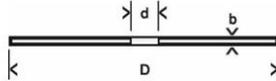


Figura 1.7 – Dados técnicos para discos de corte Best for Inox (Bosch, s.d.)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

12

1. Máquinas-ferramenta

Discos para rebarbadoras

Discos de rebarbar



Diâmetro D [mm]	Diâmetro furo d [mm]	Espessura b [mm]
115	22.23	7
125	22.23	7
180	22.23	7
230	22.23	7

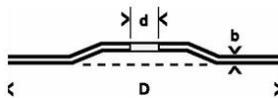


Figura 1.8 - Dados técnicos para Discos de rebarbar Best for Metal (Bosch, s.d.)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

13

1. Máquinas-ferramenta

Discos para rebarbadoras

Discos de polir/lixar com lamelas



Diâmetro D [mm]	Diâmetro furo d [mm]	Grão
115	22.23	40 – 60 – 80 - 120
125	22.23	40 – 60 – 80 - 120
180	22.23	40 – 60 – 80 - 120
230	22.23	40 – 60 – 80 - 120

Figura 1.9 - Dados técnicos para discos de lixa em lamelas X431, Standard for Metal, modelo cônico - EN 13743 (Bosch, s.d.)

Financiado por:



1. Máquinas-ferramenta

Rotações máximas da rebarbadora por minuto dependentes da velocidade periférica em m/s e do diâmetro dos discos

Travessa, vermelha = 80 m/s

Nota sobre campo de aplicação:
Azul = Metal
Verde = Pedra
Preto = Inox

Termo de garantia:
o disco pode ser usado sem limitações até à data indicada, por exemplo: VSU2013 = 1ª travessa @ 2013
VW42013 = 2ª travessa @ 2013
VW12013 = 3ª travessa @ 2013
VW52013 = 4ª travessa @ 2013

Limitação da utilização:
▶ Não usar discos partidos

N.º de rot*
▶ Fabricado segundo as directivas da norma Europeia 12413

Diâmetro dos discos - mm
▶ Diâmetro dos discos - polegadas

Legotipo oSA
▶ Segurança no trabalho

▶ Não contém ferro, cromo nem zinco

▶ A = Óxido de alumínio (corrido rodo) para o trabalho em metal
▶ C = Carbonato de silício (SiC) para o trabalho em pedra
▶ 30 = Grão da mistura dos discos
24 - 30 = grosso médio (Ø do grão de acordo com norma FEPA)
4 - 24 = 40 até 1,0mm, 30 - 40 = 45 até 0,8mm
S = Dureza dos discos (DIN ISO 5293)
L a O = média, P a S = duro, T a W = muito duro
BF = Liga de baquelite (resina sintética) e reforçada a fibra de vidro

(oSA) - Organization for the Safety of Abrasives
Organização para a Segurança de Ferramentas Abrasivas

Financiado por:



1. Máquinas-ferramenta

▪ Exemplos de acessórios para rebarbadoras



Tampas de aspiração para lixar



Discos de metal duro



Mós cerâmicas cónicas – metal, ferro fundido



Catrabuchas de arame



Cofinanciado por:

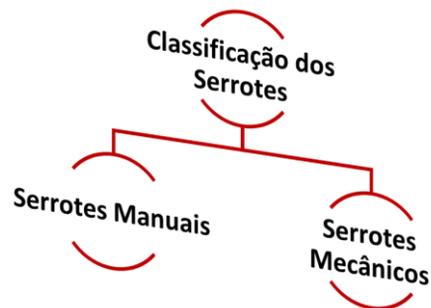
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

16

1. Máquinas-ferramenta

▪ Serrotes e sua classificação

Os serrotes são equipamentos muito utilizados em operações de corte de materiais metálicos e não metálicos, visto que esses materiais encontram-se normalmente com dimensões superiores às exigidas para as peças que se pretendem produzir.



Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

17

1. Máquinas-ferramenta

▪ Serrotes manuais

O serrote manual é uma equipamento portátil ideal para efetuar pequenos cortes, quando não justifique a serragem mecânica, de forma rápida em diversos materiais tais como plástico, aço, cobre, latão, tubos para água, etc.

A ferramenta de corte é designada por folha de serrote.



Figura 2.1 - Serrote manual, adaptado de (Euroed, 2016)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

18

1. Máquinas-ferramenta

▪ Folha de serrote manual

As folhas de serrote são lâminas de aço de 250 a 300 mm de comprimento, cerca de 13 mm de largura e uma espessura de 0,65 mm, com uma linha de dentes. Nas extremidades da folha de serrote existem dois furos para prender na armação em arco do serrote.

Os dentes estão inclinados para um e outro lado da folha, esta inclinação é designada por trava do serrote. A folha do serrote coloca-se na armação com os dentes virados para a frente.

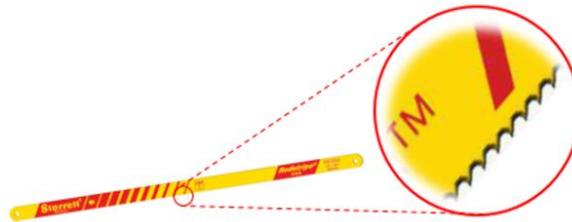


Figura 2.2 – Folha de serra manual, adaptado de (Starrett, 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

19

1. Máquinas-ferramenta

▪ Folha de serrote manual

Para cortar materiais com secção transversal mais grossa usa-se folhas de serra com um número de dentes por polegada (TPI) pequeno, e para cortar secções mais finas usar um número maior de dentes por polegada (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Seleção do passo de dentes para folhas de serra manuais (Starrett, 2017)

Comp. x Larg. x Esp. mm	Larg. x Esp. polegadas	Dentes por Polegada	Seção Transversal a ser Cortada
		18	5 - 13mm
300 x 13 x 0,60	12 x 1/2 x 0.024	24	3 - 11mm
		32	2,5 - 8mm

Co-financiado por:



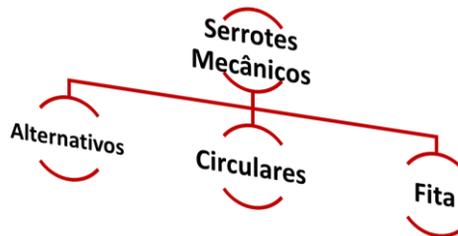
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

20

1. Máquinas-ferramenta

▪ Serrotes mecânicos

Os serrotes mecânicos, também designado por máquina de serrar, são máquinas-ferramenta usados para trabalhos em série, no qual a ferramenta (serra) está dotada de movimento contínuo ou alternativo.



Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

21

1. Máquinas-ferramenta

▪ Serrote mecânico alternativo

Os serrotes alternativos são constituídos por uma armação em arco presa a uma biela que, por sua vez, é acionada por um volante. Quando este roda, a armação em arco é animada de movimento vaivém semelhante ao movimento da serragem manual.



Figura 2.3 - Serrote alternativo (Laboratório Tecnologia Oficial – DEM/ISEC)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

22

1. Máquinas-ferramenta

▪ Folha para serrote mecânico alternativo

As folhas de serra para este tipo de serrote são semelhantes às folhas de serra manual, mas de maiores dimensões.

LINHA MÉTRICA		
Dimensões em milímetros (A x B x C x D)	Dentes por Polegada (25,4mm)	Nº Catálogo
300 x 34 x 2,00 x 8,50	6	BS300-6
	10	BS300-10
350 x 34 x 2,00 x 8,50	6	BS350-6
	10	BS350-10
400 x 34 x 2,00 x 8,50	4	BS400-4
	6	BS400-6
400 x 34 x 2,00 x 8,50	10	BS400-10
	450 x 41 x 2,00 x 8,50	4
6		BS450-6
450 x 41 x 2,00 x 8,50	10	BS450-10

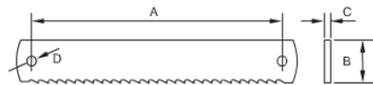


Figura 2.4 – Dimensões das folhas de serra Bi-metalica, linha métrica (Starrett, 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

23

1. Máquinas-ferramenta

Tabela 2.2 - Velocidade de corte para folhas de serrote mecânico (Starrett, 2014)

Material a ser cortado	Espessura do Material				Velocidades do Arco em Golpes por minuto**
	Até 20mm (3/4")	De 20mm a 40mm (De 3/4" a 1.1/2")	De 40mm a 90mm (De 1.1/2" a 3.1/2")	Acima de 90mm (Acima de 3.1/2")	
	Dentição*				
Aço Baixo Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	70 - 90
Aço Médio Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	60 - 80
Aço Alto Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	55 - 70
Aço Carbono com Baixa Liga	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 80
Aço Carbono com Alta Liga	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	45 - 60
Aço de Usinagem Fácil	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	80 - 100
Aço Ferramenta	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	55 - 70
Aço Rápido Baixa Liga	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	50 - 60
Aço Rápido Alta Liga	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	45 - 55
Ferro Fundido Classe 20	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	70 - 80
Ferro Fundido Classe 40	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 75
Ferro Fundido Classe 60	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Ferro Fundido Maleável	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 75
Ferro Fundido Austenítico	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Inconel e Monel	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Aços Inoxidáveis	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	50 - 60
Cobre	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	95 - 140
Bronze	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	85 - 105
Latão	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	90 - 110
Alumínio	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	100 - 140

Tensionar corretamente a lâmina.
Das duas dentições sugeridas para cada faixa de espessura, use a mais fina (maior número de dentes) para as menores espessuras e a mais grossa (menor número de dentes) para as maiores espessuras.
**Para materiais com bitola superior a 3", reduza cerca de 20% nas velocidades máximas recomendadas.

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

24

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Serrote de fita**

Os serrotes de fita, que podem ser verticais ou horizontais, são máquinas constituídas por dois volantes sobre os quais é montada a fita de serra.



Figura 2.5 – (a) Serrote de fita horizontal (FVBS350 A) com descida semiautomática, (b) Serrote de fita vertical (vitalícia, s.d.; Starrett, 2017)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

25

1. Máquinas-ferramenta

▪ Terminologia das fitas de serra

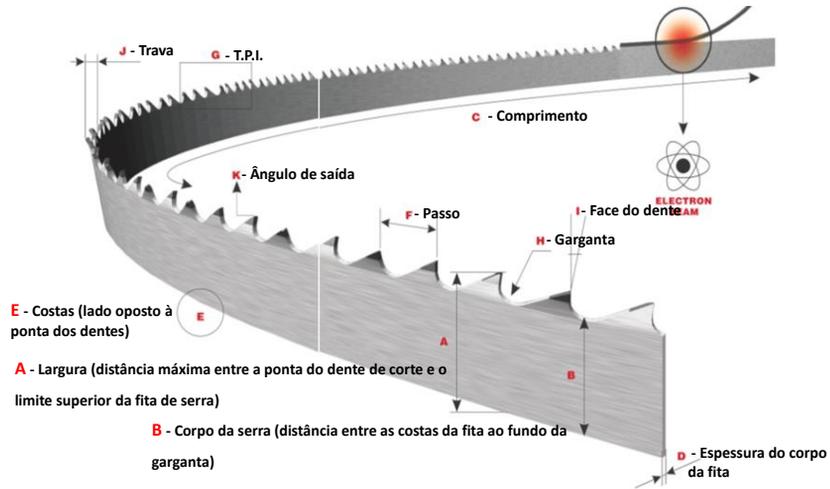


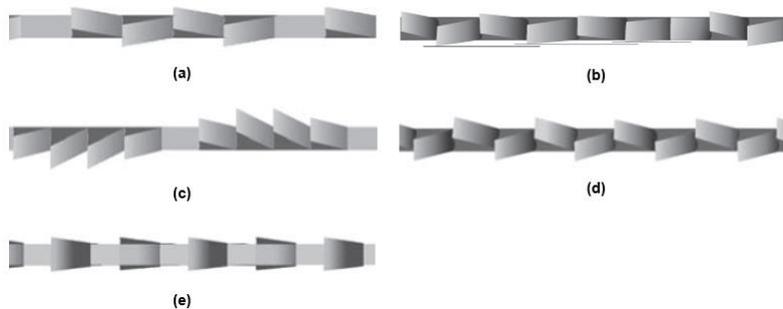
Figura 2.7 – Nomenclatura das fitas de serra (Starrett, 2014)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

▪ Tipologia das fitas de serra



- a) Racker ou regular
- b) Progressiva
- c) Ondulada
- d) Alternada
- e) Trapezoidal

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

▪ Tipologia do passo de dente



- a. Passo constante** - Espaçamento uniforme entre as pontas dos dentes da serra. Normalmente utilizada para cortes em geral. O número de dentes por polegada define o passo da serra. Exemplo: 4 TPI;
- b. Passo variável** - Espaçamento variável entre as pontas dos dentes da serra. O passo dos dentes vai progressivamente de um valor maior para um menor. Exemplo: 4-6 TPI. O tamanho e altura dos dentes variáveis reduzem os níveis de vibração e ruído.

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

Tabela 2.3 – Recomendações da tipologia e do passo para corte de materiais de secção maciça (Starrett, 2014)

Secção a ser cortada (mm)	MACIÇOS	
	Passo Constante (DPP)	Passo Variável
4 a 10	32 ou 24	14-18
6 a 13	18 ou 14	10-14
13 a 19	14 ou 10	8-12
19 a 25	10 ou 8	6-10
25 a 38	8 ou 6	5-8
38 a 88	6 ou 4	4-6
88 a 180	4 ou 3	3-4
180 a 250	3	2-3
250 a 400	–	1.4-2
350 a 500	1.3	1-2
400 a 800	1.3	1-1.2
Acima de 750	1	.8-1.3 / .9-1.1



Financiado por:

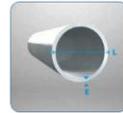
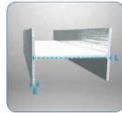


CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

Tabela 2.4 - Valores de passo em função do diâmetro, ou comprimento máximo do perfil, e a espessura da parede (Starrett, 2014)

TUBOS E PERFIS													
Espessura da parede (mm)	Diâmetro externo do tubo ou comprimento máximo do perfil (mm)												
	10	20	40	60	80	100	120	150	200	300	400	500	600
2	14-18	14-18	10-14	10-14	10-14	10-14	8-12	8-12	8-12	8-12	6-10	6-10	5-8
3	10-14	10-14	10-14	10-14	10-14	8-12	8-12	8-12	6-10	6-10	6-10	5-8	5-8
4		8-12	8-12	8-12	8-12	6-10	6-10	6-10	5-8	5-8	4-6	4-6	4-6
5		6-10	6-10	6-10	6-10	5-8	5-8	5-8	5-8	4-6	4-6	4-6	4-6
6		5-8	5-8	5-8	5-8	5-8	5-8	5-8	4-6	4-6	4-6	4-6	3-4
8			4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	3-4	3-4	3-4
10			4-6	4-6	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3
12			4-6	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3
15			4-6	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3
20			4-6	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3
25				3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3	1-4-2	1-4-2
30				3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3	1-4-2	1-4-2
40					3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	2-3	1-4-2	1-4-2
50						3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	1-4-2	1-4-2	1-1-2
60									2-3	2-3	1-4-2	1-4-2	1-1-2



Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

32

1. Máquinas-ferramenta

Tabela 2.5 - Velocidade de corte para fitas de serra (Bahco, 2014)

Bi-metal	Material	Metros por minuto a Ø mm				Refrigerante
		10-65	100-300	400-800	>1000	
1	Aços estruturais, aços maquinados	100	85-95	60-75	40-60	6%
2	Aços estruturais, aços arrefecidos e temperados	80	70-80	60-68	40-50	6%
3	Invólucro endurecido -, aços mola, aços arrefecidos e temperados	75-100	60-80	45-65	30-40	8%
4	Ferramenta sem ser de ligas, aço de rolamentos	60-65	55-60	35-45	25-35	8%
5	Aço de alta velocidade HSS	45-50	40-45	30-35	20-25	8%
6	Ferramenta de aço de trabalho a frio	30-35	25-30	20-25	15-20	SECA
7	Ferramentas aço, ligas	45-65	45-60	40-60	20-40	8%
8	Aços nitrosos, aços de alta liga e temperatura	40-45	35-40	25-30	20-25	8%
9	Ferro fundido	50-60	45-50	30-40	25-30	SECA
10	Aços resistentes à ferrugem e aço (leve)	40-45	40-45	35-40	30-40	10%
11	Aços resistentes à ferrugem e aço (pesado)	35-40	30-35	20-30	19-22	10%
12	Duplex e aços resistentes ao calor	25-30	20-25	15-20	14-16	10%
13	Ligas de níquel e níquel-cobalto	15-20	13-15	10-12	10	10%
14	Titânio, titânio ligas; alumínio bronze	30-35	25-30	20-25	16-18	10%
15	Máquinas horizontais, alumínio, ligas de alumínio	120	120	120	120	25%
16	Máquinas verticais, alumínio, ligas de alumínio	3000	2100-2500	1250-2000	500-1200	25%
17	Latão	120	120	90-120	80-100	4%
18	Cobre	120	110	80-100	60-80	15%

Quanto maior o tamanho, menor a velocidade

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

33

1. Máquinas-ferramenta

▪ Serrote mecânico circular

Estes serrotes tem grande capacidade de corte, no entanto são pouco usados nas oficinas mecânicas visto que não há necessidade de fazer muitos cortes.



Figura 2.11 - Serrote circular manual- modelo CUT 250 (vitalícia, s.d.)

Financiado por:

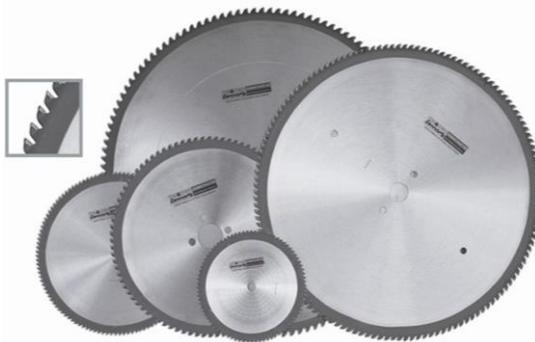


CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

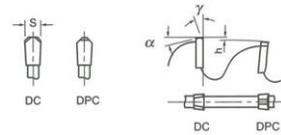
1. Máquinas-ferramenta

▪ Serras de disco

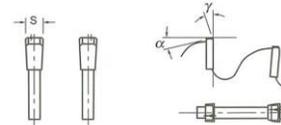
As serras de disco para os serrotes circulares podem apresentar diferentes diâmetros (200 a 2000 mm) e espessuras, assim como diferentes composições e revestimentos das mesmas.



Geometria dos Dentes para Corte de Aço (Maciço)



Dentes Sulcados para Corte de Aço (Tubo)



DPC - Dente Pré-Cortador
DC - Dente Cortador
 γ - Ângulo de Corte
 α - Ângulo de Saída
h - Altura do Pré-Cortador

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

35

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fixação dos materiais para serrar

A peça a cortar deve ser fixada convenientemente para evitar torção da serra de modo a evitar a sua quebra. A figura 2.13 apresenta alguns exemplos de como fixar algumas peças utilizando serrotes de fita e alternativos.



Figura 2.13 – Exemplos de como fixar peças para a serragem (Starrett, 2014)

Financiado por:

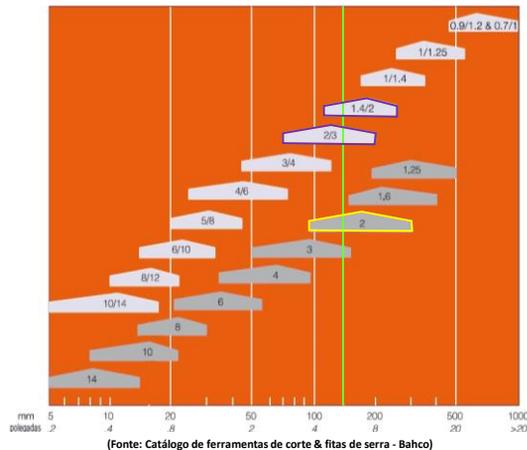


CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

36

1. Máquinas-ferramenta

Exemplo 1 - Seleção da dimensão dos dentes, da fita de serra, para cortar peças maciças com 150 mm de secção.



Solução:

Utilize um passo de 2/3 ou 1.4/2 TPI, se optar pelo passo variável, ou 2 TPI, se escolher passo constante.

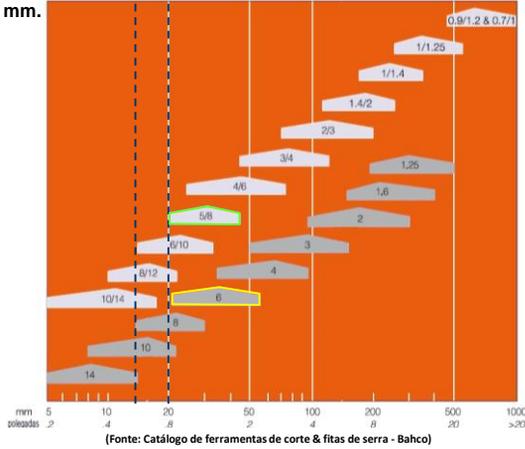
Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

Exemplo 2 - Seleção da dimensão dos dentes, da fita de serra, para cortar peças de **alumínio** de secção entre 13-20 mm.



Solução:

Utilize um passo de 5/8TPI, se optar pelo passo variável, ou 6TPI, se optar pelo passo constante.

(Nota – Para materiais macios o fabricante recomenda que a escolha ideal será o dente maior, ou seja, com número do TPI abaixo do recomendado)

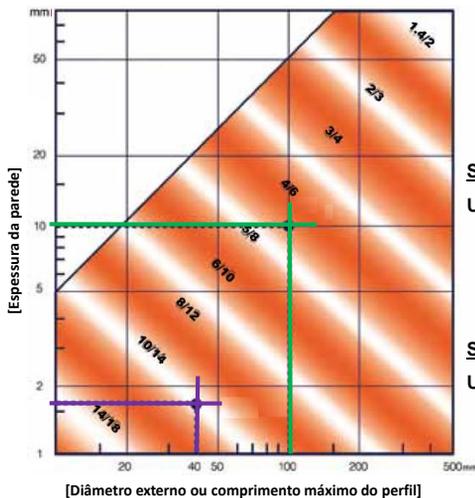
Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

Exemplo 3 - Seleção da dimensão dos dentes, da fita de serra, para cortar perfil com 100 x 10 mm e um tubo com 40 mm de diâmetro e 1.6 mm de espessura.



(Fonte: Adaptado do catálogo de ferramentas de corte & fitas de serra - Bahco)

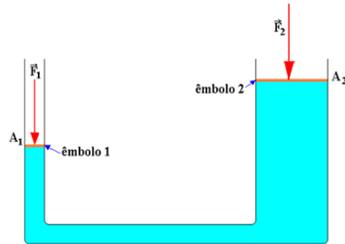
Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

▪ Prensa hidráulica



O funcionamento da prensa hidráulica baseia-se no princípio de Pascal, em que a pressão aplicada em qualquer ponto de um fluido, fechado num recipiente, é transmitida igualmente em todas as direções.

Uma prensa hidráulica consiste num dispositivo no qual uma força (F_1) aplicada num êmbolo pequeno (A_1) cria uma pressão que é transmitida de através de um fluido até um êmbolo grande (A_2), originando uma força grande (F_2).

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

40

1. Máquinas-ferramenta

▪ Prensa hidráulica

Este princípio de funcionamento é amplamente utilizado em macacos de elevação, travões de veículos e prensas que usam geralmente óleo como fluido.

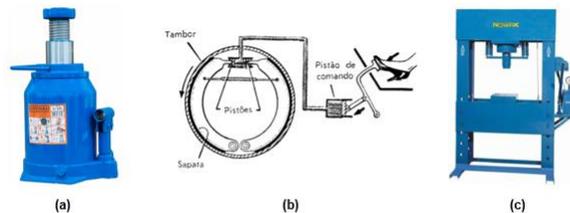


Figura 3.2 – Aplicações baseadas no princípio de funcionamento da prensa hidráulica, (a) macaco, (b) travões, (c) prensa (Nowak, 2016; Infoescola, 2017)

Co-financiado por:



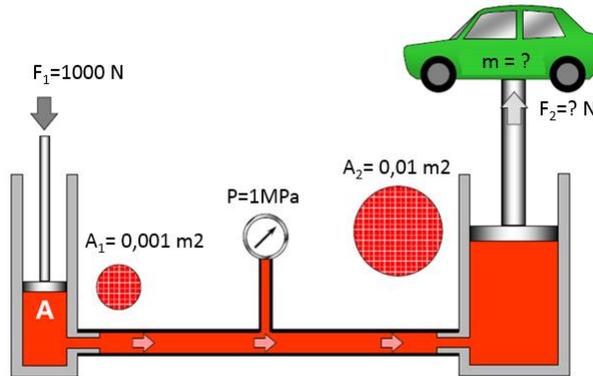
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

41

1. Máquinas-ferramenta

Exercício 1 - De acordo com a figura seguinte determine:

- A força F_2 necessária para elevar o automóvel.
- A massa do automóvel.



Financiado por:

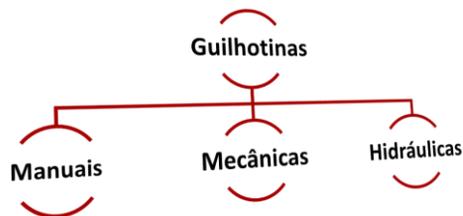


CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

1. Máquinas-ferramenta

▪ Guilhotinas

É uma máquina-ferramenta usada para cortar chapas de metal (alumínio, aço, latão, bronze e cobre).



Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

43

1. Máquinas-ferramenta

▪ Guilhotinas manuais



Figura 4.1 – Guilhotinas manuais ERMAKSAN (Mecalux, 2000-2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

44

1. Máquinas-ferramenta

▪ Guilhotinas mecânicas



Figura 4.2 – Guilhotina mecânica HILALSAN RGM 2050-3: (a) vista frontal, (b) vista posterior (Mecalux, 2000-2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

45

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Guilhotinas hidráulicas**

Figura 4.3 – Guilhotina hidráulica RICO HGR de corte vertical: (a) vista frontal, (b) vista lateral (RICO, 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

47

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Quinadeiras/Viradeiras**

A quinadeira/viradeira é uma máquina-ferramenta (manual ou hidráulica), que pode ser considerada um tipo especial de prensa, usada para dobrar chapas através da aplicação de pressão.

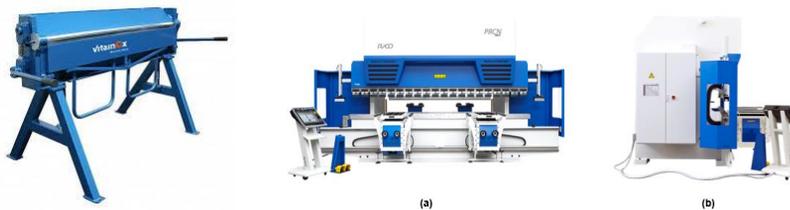


Figura 5.1 – Viradeira manual

Figura 5.1 – Quinadeira hidráulica RICO PRCN C-LINE: (a) Vista frontal, (b) vista lateral (RICO, 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

48

1. Máquinas-ferramenta

▪ Quinadeiras/Viradeiras

A quinagem é um processo de deformação plástica que consiste basicamente na obtenção de uma dobra linear pela ação de uma ferramenta, com uma determinada forma, composta por um punção e uma matriz aberta geralmente em forma de “V” (Figura 5.2).

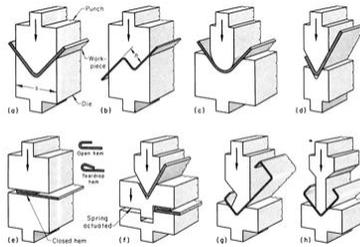


Figura 5.2 – Exemplos de formas obtidas por quinagem de chapa (Anon., s.d.)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

49

1. Máquinas-ferramenta

▪ Furadoras

As máquinas-ferramenta de furar, também conhecidas por furadoras, são máquinas que têm como função principal executar operações de furação em diferentes tipos de materiais, através de uma ferramenta designada de broca. O movimento de rotação é transmitido à ferramenta, que é responsável pelo corte do material.

Existem no mercado diferentes tipos e modelos de furadoras, entre as quais se destacam:

- Furadora portátil (elétrica ou pneumática);
- Furadora de coluna (de bancada e de piso);
- Furadora radial.

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

52

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Furadora portátil**

Figura 6.1 – Furadoras portáteis: (a) e (b) elétricas, (c) pneumáticas

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

53

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Furadora de coluna**

As furadoras de coluna (Figura 6.2) caracterizam-se por apresentarem uma coluna de ligação entre a base e o sistema de transmissão de movimento à árvore.

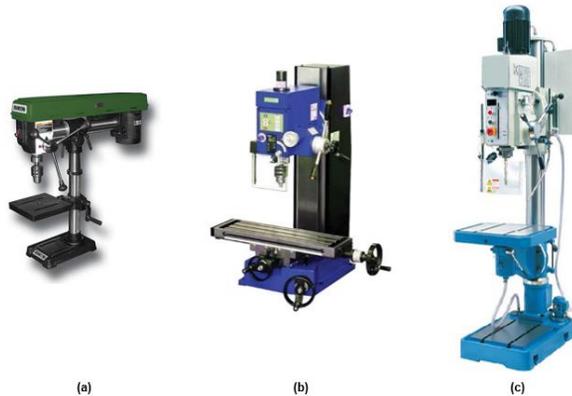


Figura 6.2 – Furadoras de coluna: (a) e (b) modelos para bancada, (c) modelo para piso (Wess, s.d.)

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

54

1. Máquinas-ferramenta

▪ Furadora radial

As furadoras radiais possuem um braço horizontal robusto, capaz de girar em torno da coluna possuindo também movimento vertical. Recomendada para abrir furos em peças de grandes dimensões, pesadas ou difíceis de alinhar.



Figura 6.4 – Furadora radial - MR450 Manrod (Sintec, 2017)

Co-financiado por:



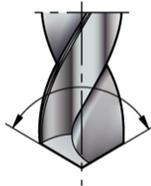
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

55

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas

O ângulo de ponta, que corresponde ao ângulo formado pelas arestas cortantes da broca, pode variar entre 80 a 150° aproximadamente, de acordo com a dureza do material a furar, sendo o ângulo 118° o mais comum.



Ângulo de ponta	Aplicações
80°	Materiais prensados, Nylon, PVC
118°	Ferro fundido, Aço macio, Latão, Bronze e Níquel
130°	Aços com alto teor em carbono, Alumínio, Cobre, Zinco, Madeira e Plástico
140°	Aços de alta liga

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

56

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas helicoidais

As brocas helicoidais (Figura 6.5) possuem de dois até quatro arestas de corte, responsáveis pelo corte do material, e sulcos helicoidais por onde saem as aparas resultantes da furação.

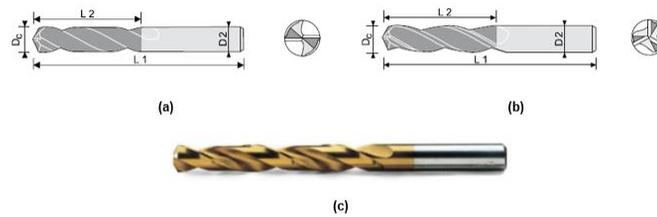


Figura 6.5 - Representação de brocas helicoidais (a) e (b) com dois e três gumes de corte respetivamente, e (c) ilustração de broca revestida (Cerin, 2016)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

57

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas helicoidais

A broca helicoidal (Figura 6.6) fixa-se à máquina pela haste, que pode ter forma cilíndrica ou cónica. Possuem de dois até quatro arestas de corte, responsáveis pelo corte do material, e sulcos helicoidais por onde saem as aparas resultantes da furação.

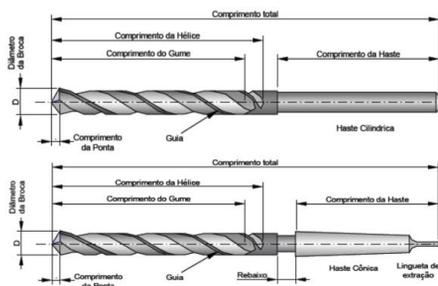


Figura 6.6 – Terminologia da broca helicoidal (Anon., s.d.)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

58

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas helicoidais com pastilhas intercambiáveis

Estas brocas são bastante utilizadas para elevadas produções e em máquinas CNC devido à rapidez com que executam a furação mantendo o gume de corte afiado durante mais tempo.



Figura 6.8 – (a) Broca com ponta intercambiável CoroDrill® 870, (b) Broca com pastilha intercambiável CoroDrill® 880 (Sandvik, 2010)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

59

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas de ponto

São usadas para iniciar um furo que servirá de guia para um furo posterior ou para fazer pontos de centragem em veios que vão ser torneados, fresados ou retificados permitindo que a peça seja fixada entre pontos. Além de furar esta broca faz simultaneamente chanfros ou boleados na superfície da peça.

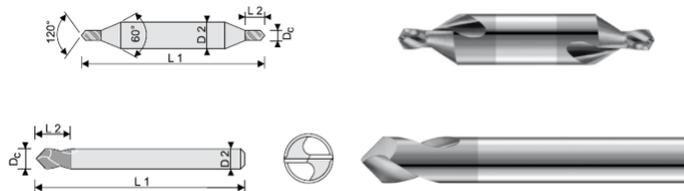


Figura 6.9 – Esquemática e representação de brocas de ponto (Cerin, 2016)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

60

1. Máquinas-ferramenta

▪ Brocas escalonadas

São utilizadas para executar furos e rebaixos, numa única operação, para alojar por exemplo a cabeça dos parafusos.

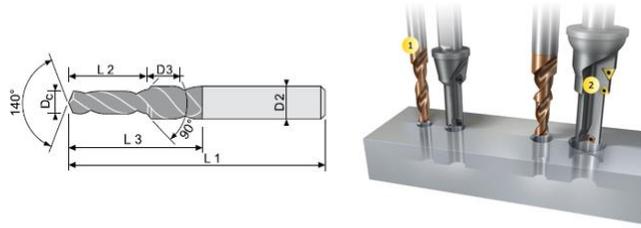


Figura 6.10 - Esquematização e representação de brocas escalonadas (Cerin, 2016; Sandvik, 2010)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

61

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação

A furação é o termo utilizado para descrever o processo mecânico utilizado para a execução de diferentes tipos de furos, geralmente cilíndricos, em peças usando para o efeito ferramentas multicortantes (brocas) que vão removendo o material na forma de apana.

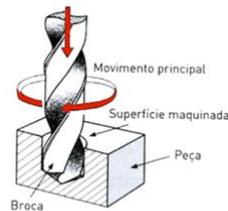


Figura 6.11 – Representação dos movimentos em furação

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

62

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação - «escalonada»

A furação escalonada destina-se para executar furos com dois ou mais diâmetros simultaneamente, onde é utilizada uma broca com diferentes diâmetros.

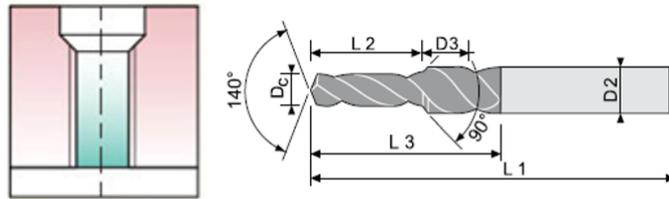


Figura 6.13 – Representação de furo e broca escalonada (Cerin, 2016)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

63

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação - «escarear»

Escarear é uma operação utilizada para fazer um rebaixo cónico num furo previamente aberto, através de uma ferramenta de corte (escareador).

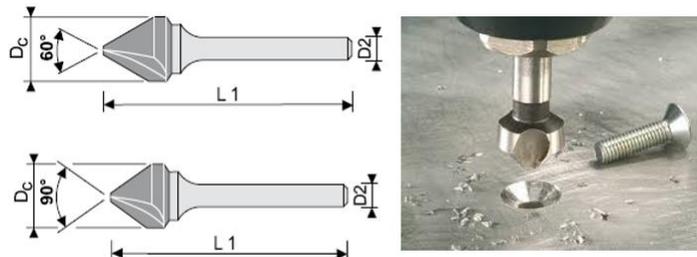


Figura 6.14 – Representação de escareadores e aplicação (Cerin, 2016; Henrique, 2017)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

64

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação - «rebaixar»

Operação para fazer caixas de diferentes formas, através de uma ferramenta de corte, para alojar por exemplo a cabeça dos parafusos.

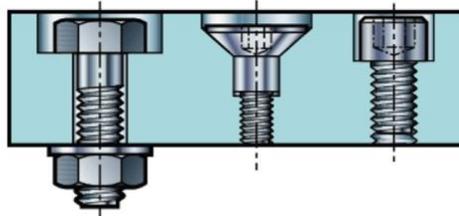


Figura 6.15 – Representação de rebaixes para parafusos (Sandvik, 2010)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

65

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação - «mandrilar»

Variante da furação que consiste no alargamento de furos, através de uma ferramenta similar à broca (mandril), porém com múltiplos gumes de corte que remove material de um furo aumentando o seu diâmetro e simultaneamente confere-lhe um alto grau de acabamento.

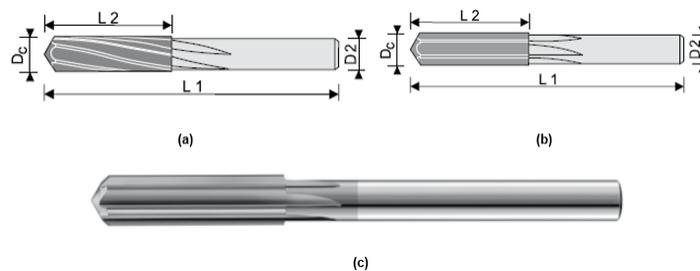


Figura 6.16 – Representação de mandril lâminas helicoidais (a) e direitas (b), e (c) ilustração de mandril (Cerin, 2016)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

66

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações de furação - «roscagem manual com macho»

A execução de uma rosca interna pelo processo manual é obtida normalmente por um jogo de machos, constituído por três unidades (Figura 6.17). O primeiro macho é de desbaste, o segundo de pré acabamento e o terceiro é de acabamento.



Figura 6.17 – Jogo de machos manuais para roscagem interior

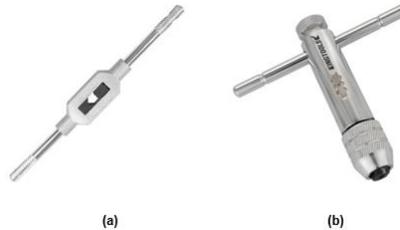


Figura 6.18 – (a) Desandador universal para machos, (b) Desandador em T (Anon., 2000-2017)

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

67

1. Máquinas-ferramenta

▪ Roscagem manual com caçonete

Para fazer roscas externas pode usar-se um caçonete, em função do tipo e da medida da rosca pretendida (Figura 6.20).



Figura 6.20 – Caçonete métrico (M8) para roscagem exterior



Figura 6.21 – Desandador para caçonete

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

68

1. Máquinas-ferramenta

▪ Tornos mecânicos

O torno mecânico (Figura 7.1) é a mais antiga e a mais importante das máquinas-ferramenta. Esta máquina, extremamente versátil, é utilizada para executar praticamente todo o tipo de superfícies de revolução mediante diversos processos de torneamento.

Classificação :

Tornos paralelos ou horizontais;

Tornos de faces ou de cabeçote;
 Tornos verticais;
 Tornos revolver;
 Tornos copiadores;
 Tornos de produção;
 Tornos semiautomáticos;
 Tornos automáticos.

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
 [Maquinagem]

69

1. Máquinas-ferramenta

▪ Principais componentes do torno mecânico paralelo

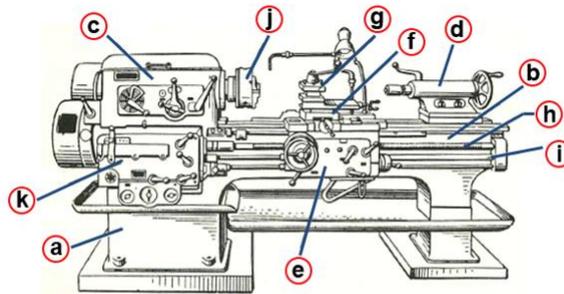


Figura 7.12 - Partes principais do torno mecânico paralelo, adaptado de (Freire, 1979): (a) base, (b) barramento, (c) cabeçote móvel, (d) cabeçote fixo, (e) carro principal, (f) carro transversal, (g) espera longitudinal com porta-ferramentas, (h) fuso, (i) vara, (j) bucha, (k) caixa de avanços

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
 [Maquinagem]

70

1. Máquinas-ferramenta

(b) - Barramento

O barramento do torno mecânico paralelo é uma peça normalmente de ferro fundido de grande resistência que suporta todos os elementos fixos e móveis do torno. Na parte superior do barramento estão duas guias que pode ter a forma plana retangular ou prismática, sobre o qual se desloca o carro principal e o cabeçote móvel.

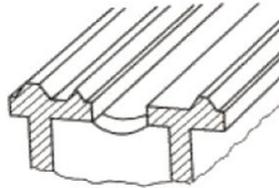


Figura 7.13 – Representação do barramento com guias prismáticas (Gerling, 1967)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

71

1. Máquinas-ferramenta

(c) - Cabeçote fixo

Cabeçote fixo é uma estrutura de ferro fundido, colocada na extremidade esquerda do barramento onde está montada a caixa de velocidades e a árvore, por meio da qual a peça recebe o movimento de rotação.

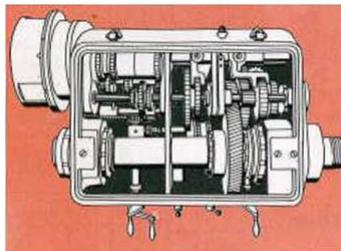


Figura 7.14 - Cabeçote fixo com o mecanismo de engrenagens (Gerling, 1967)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

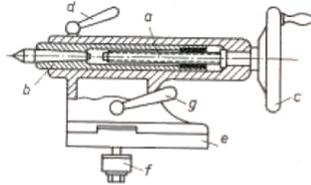
72

1. Máquinas-ferramenta

(d) - Cabeçote móvel

No cabeçote móvel ou contraponto pode observar-se o fuso (a); a manga (b), com abertura cónica na extremidade esquerda. A manga pode mover-se longitudinalmente através do volante de manobra (c) e fixar-se com o manípulo de trava (d).

O cabeçote móvel pode deslocar-se sobre as guias do barramento e fixar-se na posição desejada com o manípulo de fixação (g).

**Legenda:**

- a) Fuso
- b) Manga do cabeçote móvel
- c) Volante de manobra
- d) Trava
- e) Placa do barramento
- f) Ponte
- g) Manipulo de fixação

Figura 7.16 - Cabeçote móvel (Gerling, 1967)

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

73

1. Máquinas-ferramenta

(e) - Carro principal

De forma simplificada podemos resumir a quatro elementos principais: (a) carro principal com avental; (b) carro transversal, que se move transversalmente ao barramento; (c) carro superior, mais conhecido por espera longitudinal, sobre o qual está montado o porta-ferramentas; (d) porta-ferramenta, usado para fixar a ferramenta de corte.

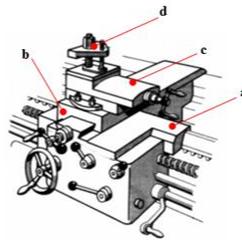


Figura 7.18 – Elementos principais do carro ou carruagem, adaptado de (Gerling, 1967)

Co-financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

74

1. Máquinas-ferramenta

(g) - Espera longitudinal e porta ferramentas

A espera longitudinal (Figura 7.19), montada sobre o carro transversal, possui uma base giratória graduada, que permite inclina-la com um determinado ângulo para efetuar torneamento cônico. Sobre esta está montado o porta-ferramentas.

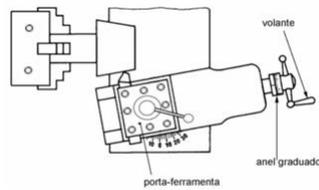


Figura 7.19 – Representação da espera longitudinal com inclinação

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

75

1. Máquinas-ferramenta

(h) - Fuso

O fuso serve apenas para a abertura de roscas. Possui quase sempre rosca trapezoidal e recebe da árvore principal o movimento de rotação. A transformação do movimento de rotação do fuso no movimento de avanço do carro principal é realizada por uma porca bipartida, montada no interior do avental, que é engrenada e desengrenada do fuso por intermédio de uma alavanca (Figura 7.21).

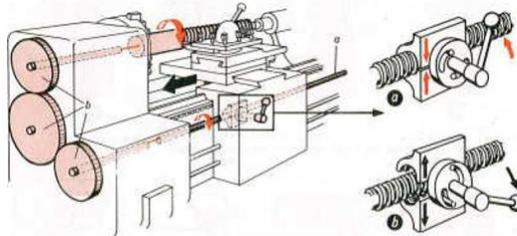


Figura 7.21 – Representação do mecanismo de avanço através do fuso (Gerling, 1967)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

76

1. Máquinas-ferramenta

(i) - Vara

O mecanismo de engrenagens incorporado no avental (Figura 7.20) tem sobretudo a missão de transformar o movimento de rotação da vara no movimento longitudinal e transversal do carro principal e da espera transversal respetivamente.

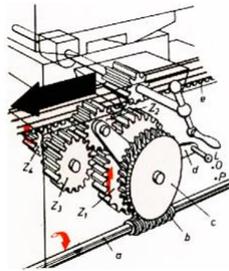


Figura 7.20 – Representação do mecanismo de avanço automático (Gerling, 1967)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

77

1. Máquinas-ferramenta

(k) - Caixa Norton

A caixa Norton ou de avanços (Figura 7.22) é formada por uma caixa de engrenagens com dois eixos nos quais estão montadas diversas rodas dentadas. Pelo manuseamento de alavancas ou volantes externos, estas engrenagens combinam-se entre si produzindo diferentes valores de avanço.

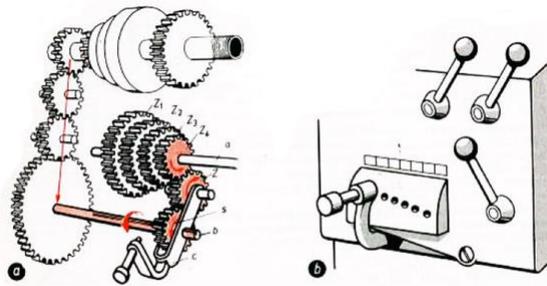


Figura 7.22 – Mecanismo de avanço Norton: (a) caixa de engrenagens, (b) conjunto de alavancas (Gerling, 1967)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

78

1. Máquinas-ferramenta

() Mecanismo de inversão

De modo a alterar o sentido do deslocamento do carro principal e do carro transversal, sem modificar o sentido de rotação da árvore, é necessário poder inverter o sentido de rotação do fuso e da vara. Esta operação é realizada pelo mecanismo de inversão (Figura 7.13), que é provocada pela introdução de mais uma roda dentada em funcionamento.

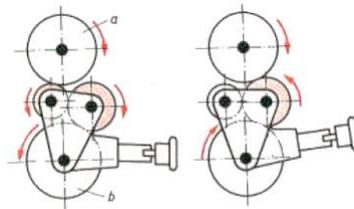


Figura 7.13 - Mecanismo de inversão (Gerling, 1967)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

79

1. Máquinas-ferramenta

▪ Acessórios para torno - Bucha universal

A bucha universal, suportada pela árvore do torno, pode ter três ou quatro grampos (Figura 7.22). Estas buchas servem para fixar peças de secção circular ou poligonais regulares. São equipadas com dois jogos de grampos, um para aperto externo e outro para aperto interno. Os grampos movem-se simultaneamente pela rotação da chave introduzida num dos orifícios existentes.



Figura 7.22 - Buchas universais autocentrantes para torno: (a) de três grampos, (b) quatro grampos (vitalicia, s.d.)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

80

1. Máquinas-ferramenta

- **Acessórios para torno - Bucha de grampos independentes**

É outro tipo de bucha muito comum, pode ter três ou quatro grampos (Figura 7.23). Os grampos independentes ajustam-se por meio de chave, que aciona um parafuso sem fim que comanda o seu deslocamento. Este tipo de bucha permite fixar peças de qualquer forma e centrar qualquer ponto da peça. Os grampos podem ser retirados e colocados em posição invertida.



Figura 7.23 - Bucha de quatro grampos independentes (Anon., 2014)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

81

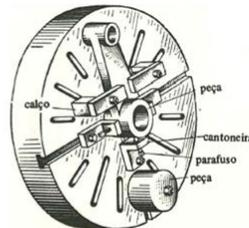
1. Máquinas-ferramenta

- **Acessórios para torno - Prato liso**

O prato liso (Figura 7.24) é montado na extremidade da árvore do torno, possui várias ranhuras que permite, por exemplo, fixar peças com formas irregulares através da utilização de parafusos.



(a)



(b)

Figura 7.24 – Prato liso: (a) sem montagem, (b) com montagem (Anon., 2014; Freire, 1979)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

82

1. Máquinas-ferramenta

- **Acessórios para torno - Prato de cavaleiro ou de arrasto**

O prato de cavaleiro, atarraxado na rosca da árvore, é mais um acessório usado no torno mecânico. Tem como função transmitir o movimento de rotação da árvore principal às peças que são torneadas entre pontos. Os pratos podem ser com ranhura, com pino ou com resguardo (Figura 7.25). Em todos eles usa-se o cavaleiro que torna a peça solidária com a árvore de trabalho.

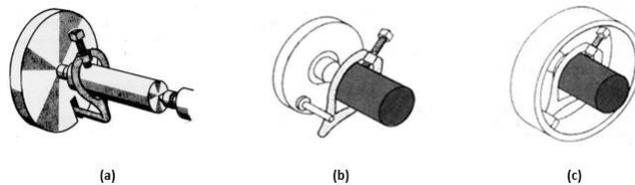


Figura 7.25 - Exemplos de pratos de cavaleiro: (a) com ranhura, (b) com pino e (c) com resguardo

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

83

1. Máquinas-ferramenta

- **Acessórios para torno - Luneta fixa**

A luneta fixa é montada diretamente sobre o barramento do torno (Figura 7.26), possui três pontos de apoios reguláveis por parafusos, para suportar a peça a toronar.

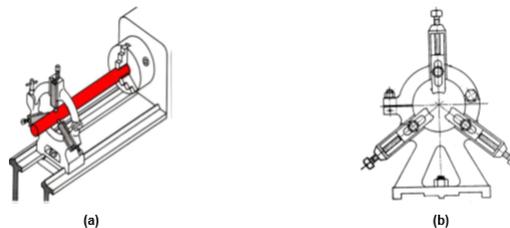


Figura 7.26 – (a) Representação da montagem com luneta fixa, (b) Vista lateral da luneta fixa (Freire, 1979)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

84

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Acessórios para torno - Luneta móvel**

A luneta de acompanhamento, ou móvel, é montada no carro transversal (Figura 7.27) deslocando-se assim com o mesmo. Possui geralmente dois apoios para suporte da peça, sendo a ferramenta o terceiro ponto de apoio.

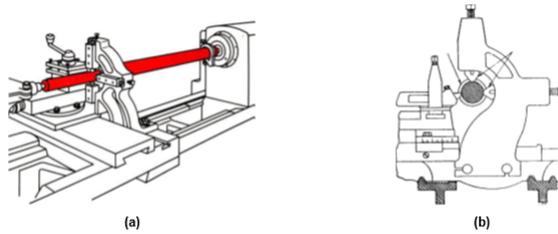


Figura 7.27 – (a) Representação da montagem com luneta de acompanhamento, (b) Vista lateral da luneta de acompanhamento (Freire, 1979)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

85

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Acessórios para torno - Pontos fixos**

Os pontos são cones duplos retificados de aço temperado cujas extremidades se adaptam ao centro da peça a ser torneada. O ponto fixo, representado pela Figura 7.28 é montado na árvore do torno para suportar a peça através dos furos de centro ou pontos de centragem.

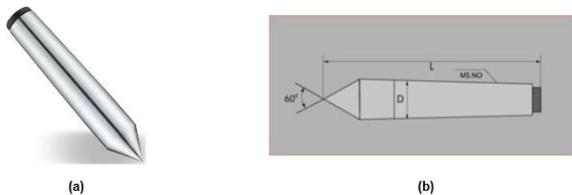


Figura 7.28 – (a) Ponto fixo, (b) Desenho técnico (Anon., 2014)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

86

1. Máquinas-ferramenta

▪ Acessórios para torno - Pontos rotativos

O ponto rotativo (Figura 7.29), desempenha a mesma função que o ponto fixo, e é montado na manga do cabeçote móvel.

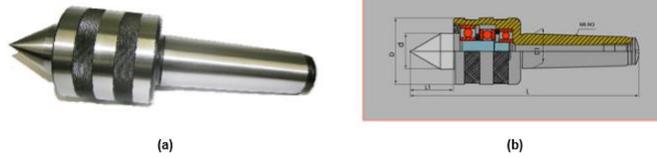


Figura 7.29 – (a) Ponto rotativo, (b) Desenho técnico (Anon., 2014)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

87

1. Máquinas-ferramenta

▪ Acessórios para torno - Bucha

As buchas (Figura 7.30), também conhecidos por mandris, são usadas para fixar brocas, machos, escareadores, etc. São montadas na manga do cabeçote móvel através da haste cônica. Além das buchas convencionais de aperto com chave, existem também as buchas de aperto rápido, que são apertadas com a própria mão sem o uso de chaves.



Figura 7.30 – (a) Bucha convencional, (b) Bucha de aperto rápido (Anon., 2014)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

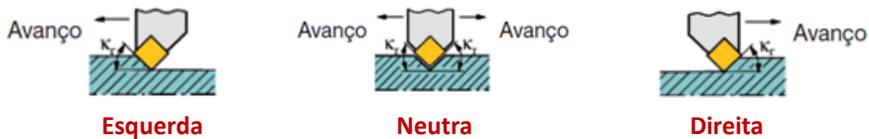
88

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferramentas para torneamento

As ferramentas de torneamento podem ser direitas, esquerdas ou neutras. Para fazer a distinção de forma prática, entre ferramentas de corte à esquerda e corte à direita pode proceder da seguinte forma:

- Pegar na ferramenta com a ponta virada para nós, e com a face de ataque voltada para cima. Se a aresta principal de corte estiver à nossa direita, trata-se de uma ferramenta de corte à direita, se estiver à esquerda, trata-se de uma ferramenta de corte à esquerda.



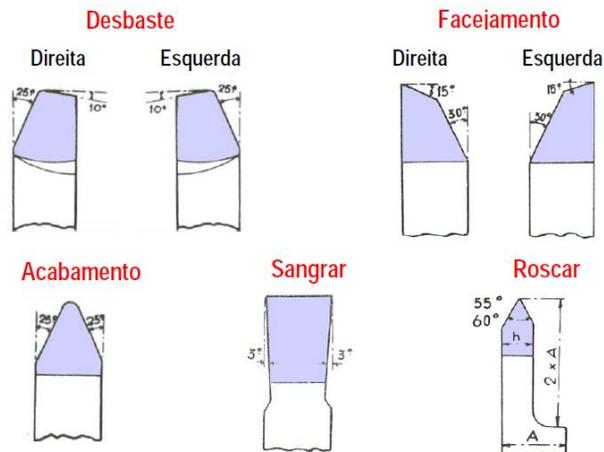
Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

89

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferramentas de torneamento exterior - formas e ângulos



Financiado por:

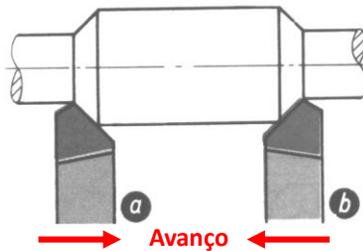
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

90

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferramenta de desbastar

O desbaste consiste em cortar grande quantidade de material por passagem, ou seja, a profundidade de corte é elevada. Por essa razão a ferramenta deve ser robusta e apresenta uma configuração semelhante à representada na figura seguinte.



(a) Ferramenta esquerda

(b) Ferramenta direita

Financiado por:

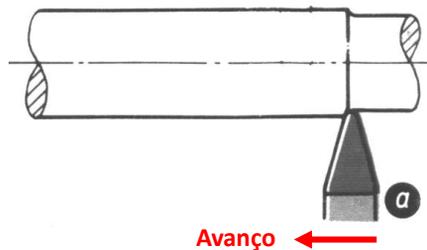
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

91

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferramenta de alisar

A ferramenta de alisar é usada para fazer o acabamento das superfícies de revolução. A profundidade de corte é pequena e o nariz pontiagudo da ferramenta, com o gume arredondado, permite obter peças com bom acabamento superficial.



(a) Ferramenta direita

Financiado por:

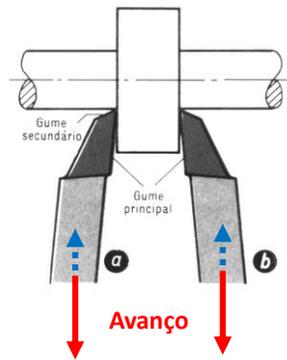
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

92

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferramenta de facejar

A ferramenta de facejar é utilizada para deixar a peça com superfícies planas e perpendiculares à linha de eixo.



(a) Ferramenta esquerda

(b) Ferramenta direita

Financiado por:



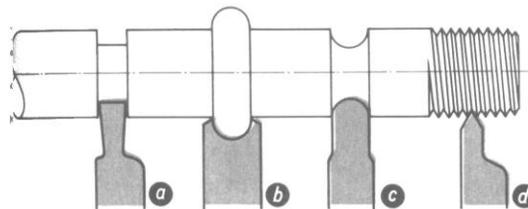
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

93

1. Máquinas-ferramenta

▪ Ferros de forma

No torneamento convencional quando se pretende obter determinadas formas, a solução passa pela construção de ferramentas com o perfil inverso ao pretendido. A figura seguinte mostra alguns desses exemplos.



(a) - Ferramenta de sangrar

(b) - Ferramenta de forma concava

(c) - Ferramenta de forma convexa

(d) - Ferramenta de filetar ou rosca a buril

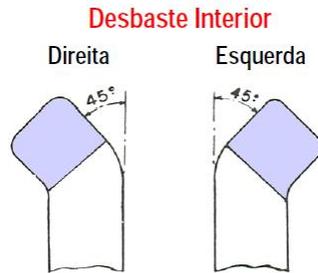
Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

94

1. Máquinas-ferramenta

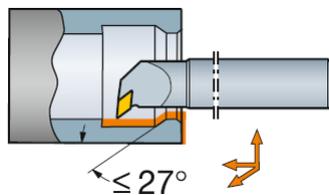
▪ *Torneamento*▪ **Ferramentas utilizadas em torneamento interior - formas e ângulos**

Cofinanciado por:

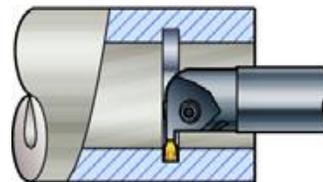
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

95

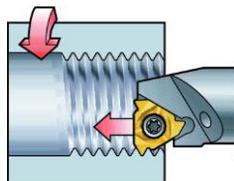
1. Máquinas-ferramenta

▪ **Ferramentas utilizadas em torneamento interior - formas**

Ferramenta de acabamento direita



Ferramenta de sangrar



Ferramenta de filetar (roscar)

Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

96

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte - Velocidade de corte

No caso do torneamento a velocidade de corte (V_c) é igual à velocidade tangencial da peça em rotação, dependendo esta do diâmetro da peça e da velocidade de rotação do torno (Figura 7.43).

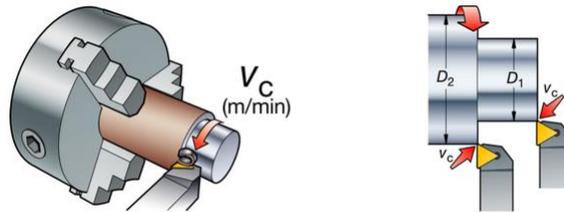


Figura 7.43 – Representação da velocidade tangencial em torneamento (Coromant, 2009)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

97

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte - Velocidade de corte

A velocidade de corte é calculada pela seguinte expressão :

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

Onde:

V_c - Velocidade de corte [m/min]

D – diâmetro da peça a torrear [mm]

n - número de rotações por minuto [RPM]

1000 - fator de conversão de metros para milímetros

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

98

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Parâmetros de corte – Velocidade de corte**

Tabela I - Velocidade de corte para utilização de ferramentas de aço rápido ao cobalto

Material	Classes de trabalho				
	Torneamento	Fresagem	Aplainamento	Roscagem	Fresagem de engrenagens
Aço (40/50 kg/mm ²)	(d) 28	(d) 20	18	16	(d) 18
	(a) 40	(a) 30			(a) 26
Aço (50/70 kg/mm ²)	(d) 22	(d) 18	16	12	(d) 16
	(a) 30	(a) 24			(a) 22
Ligas de alumínio e latão duro	(d) 90	(d) 70	60	--	--
	(a) 120	(a) 98			--
Ferro fundido (18 kg/mm ²)	(d) 20	(d) 16	15	12	(d) 14
	(a) 24	(a) 22			(a) 20

(d) – Desbaste (a) - Alisado

Cofinanciado por:

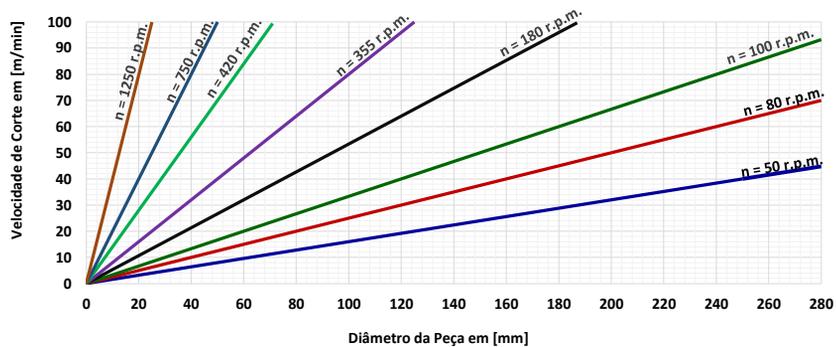
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

99

1. Máquinas-ferramenta

▪ **Parâmetros de corte**

Velocidade de rotação para torneamento



Cofinanciado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

100

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte – Profundidade de corte

A profundidade de corte (a_p), representada na Figura 7.44, é a diferença em milímetros (mm) entre as superfícies bruta e a cortada, medida perpendicularmente em relação à direção do avanço.

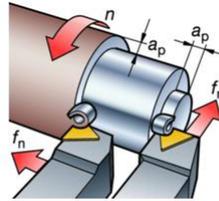


Figura 7.44 – Representação dos parâmetros de corte usados em torneamento (Coromant, 2015)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

101

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte – Avanço

O movimento axial da ferramenta ou radial no torneamento de faces (Figura 7.44) é designado por avanço (f_n) e é medido em milímetros por rotação (mm/r).

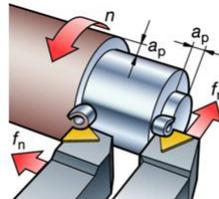


Figura 7.44 – Representação dos parâmetros de corte usados em torneamento (Coromant, 2015)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

102

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fresadora vertical

Esse tipo de fresadora apresenta o eixo da árvore perpendicular à mesa de trabalho (Figura 8.1). É pouco versátil e normalmente trabalha com fresas frontais. No entanto algumas fresadoras deste tipo podem apresentar rotação angular na árvore o que lhe permite maquinar em posições com diferentes ângulos.

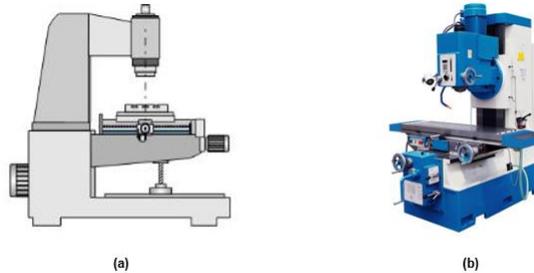


Figura 8.1 – (a) Representação esquemática de uma fresadora vertical e (b) Fresadora vertical - XA7140 (Pinto & Avellar, 2017; Anon., 2017)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

103

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fresadora horizontal

A fresadora horizontal (Figura 8.2) apresenta o eixo da árvore paralelo à mesa de trabalho, movendo-se esta vertical e longitudinalmente. Alguns modelos destas máquinas são semelhantes às fresadoras universais, no entanto não rodam a árvore nem recebem o cabeçote vertical.

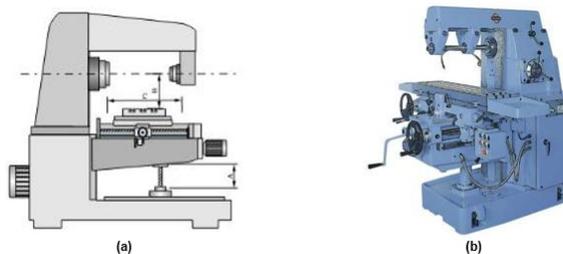


Figura 8.2 - (a) Representação esquemática de uma fresadora horizontal e (b) Fresadora horizontal (Pinto & Avellar, 2017; Anon., 2014)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

104

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fresadora universal

A fresadora universal (Figura 8.3) é uma máquina-ferramenta muito versátil em operações de fresagem uma vez que esta dispõe de dois eixos da árvore, um horizontal e outro vertical. O eixo vertical situa-se no cabeçote, na parte superior da máquina, e o eixo horizontal localiza-se no corpo da máquina.

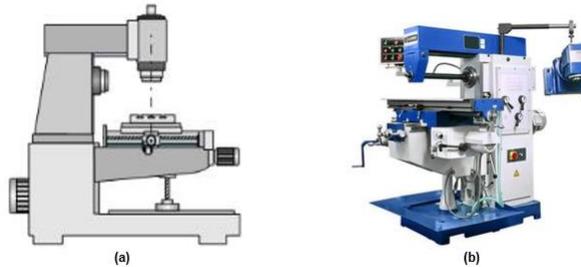


Figura 8.3 - (a) Representação esquemática de uma fresadora universal e (b) Fresadora universal - Clever FH-4 (Pinto

& Avellar, 2017; Anon., 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

105

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fresas

As fresas são ferramentas rotativas, normalmente multicortantes, com os gumes de corte dispostos à volta do seu eixo, cuja função é remover material na forma de aparas.

A classificação das fresas pode ser feita segundo vários critérios, entre os quais, se desta apenas a classificação das mesmas tendo em conta a forma geométrica.

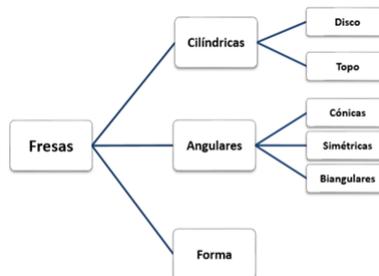


Figura 8.4 – Classificação das fresas segundo o critério da forma geométrica

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

106

1. Máquinas-ferramenta

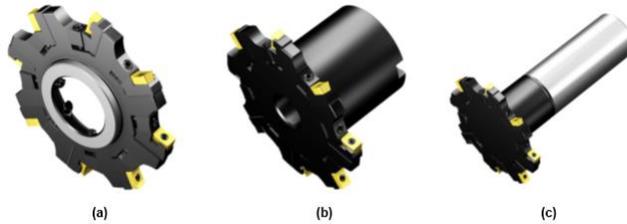
▪ **Fresas de disco**

Figura 8.5 – Fresas de disco CoroMill® 331: (a) furo com rasgo de chaveta, (b) árvore, (c) haste cilíndrica (Coromant, 2015)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

107

1. Máquinas-ferramenta

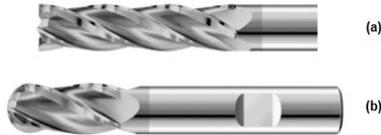
▪ **Fresas de topo integrais**

Figura 8.6 – (a) Topo plano (End Mill), (b) Topo esférico (Ball Nose) (Cerin, 2016)

▪ **Fresas angulares cónicas**

Figura 8.7 – (a) Fresa cauda-de-andorinha com pastilhas intercambiáveis (Euskron, s.d.), (b) Fresa semicircular cónica HSS-Co (Phantom, 2016)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

108

1. Máquinas-ferramenta

▪ Fresas biangulares simétricas



Figura 8.8 – Fresa biangular simétrica HSS-Co (Phantom, 2016)

▪ Fresas de forma

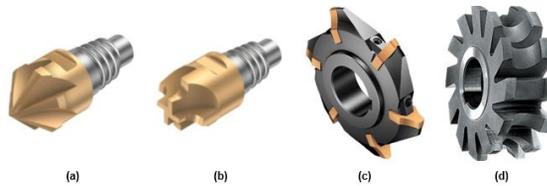


Figura 8.9 – (a) e (b) Fresa de chanfrar CoroMill® 316, (c) Fresas de módulo CoroMill® 176, (d) Fresa concava HSS-Co (Coromant, 2015; Phantom, 2016)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

109

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações básicas de fresagem

A fresagem é um processo tecnológico de corte por arranque de aparas, utilizando-se para o efeito ferramentas multicortantes designadas por fresas. A remoção do material é feita pela conjugação de dois movimentos, o da rotação da ferramenta e o deslocamento desta, ou da peça, segundo uma determinada trajetória com uma velocidade de avanço definida.

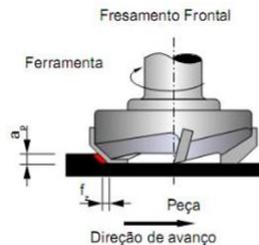


Figura 8.10 – Representação de um método de fresagem (frontal) (Pinto & Avellar, 2017)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

110

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações básicas de fresagem

As fresadoras são máquinas-ferramenta que permitem executar diversos tipos de operações, dependendo de sua configuração, dos acessórios e das ferramentas utilizadas. Entre essas operações podem citar-se:

▶ Fresagem de cantos a 90°



Figura 8.11 – Exemplos da operação de fresagem a 90° (Sandvik, 2010)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

111

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações básicas de fresagem

▶ Facejamento



Figura 8.12 – Facejamento de superfícies com diferentes tipos de fresas (Sandvik, 2010)

▶ Abertura de canais



Figura 8.13 – Exemplos de fresagem de canais (Sandvik, 2010)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

112

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações básicas de fresagem

▶ Abertura de furos



Figura 8.14 – Exemplo de abertura de furos (Sandvik, 2010)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

113

1. Máquinas-ferramenta

▪ Operações básicas de fresagem

▶ Mandrilamento



Figura 8.15 – Mandrilamento de precisão (Sandvik, 2010)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

114

1. Máquinas-ferramenta

Operações básicas de fresagem

Fresagem de engrenagens



Figura 8.16 – Fresagem de engrenagens cilíndricas (Sandvik, 2017)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

115

1. Máquinas-ferramenta

Parâmetros de corte - Velocidade de rotação

Os parâmetros de corte responsáveis pelo movimento da ferramenta são a velocidade de rotação (n) e a velocidade de avanço (V_f) (Figura 8.17).

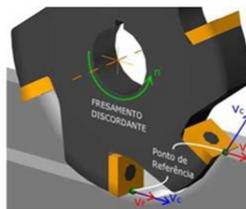


Figura 8.17 – Representação dos parâmetros responsáveis pelo movimento da ferramenta (CIMM, 2013)

Financiado por:

CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

116

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte - Velocidade de rotação

A velocidade de rotação, calculada pela equação (8.1) a partir do valor da velocidade de corte (V_c) e do diâmetro de corte (D_{cap}), indica o número de rotações que a ferramenta faz por minuto.

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_{cap}} \quad (8.1)$$

onde:

n – Velocidade de rotação do fuso [rpm];

V_c – Velocidade de corte [m/min];

D_{cap} – Diâmetro de corte na profundidade de corte efetiva, a_p [mm].

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

117

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte - Velocidade de avanço

A velocidade de avanço (expressa em mm/min) caracteriza o movimento da ferramenta em relação à peça, calculada pela equação (8.2), depende do avanço por dente (f_z) e do número de dentes da fresa (Z_n) (Figura 8.18).

$$V_f = f_z \times n \times Z_n \quad (8.2)$$

onde:

V_f – Velocidade de avanço [mm/min];

f_z – Avanço por dente [mm];

n – Velocidade de rotação do fuso [rpm];

Z_n – Número total de dentes.

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

118

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte - Velocidade de avanço

A velocidade de avanço (expressa em mm/min) caracteriza o movimento da ferramenta em relação à peça, calculada pela equação (8.2), depende do avanço por dente (f_z) e do número de dentes da fresa (Z_n) (Figura 8.18).

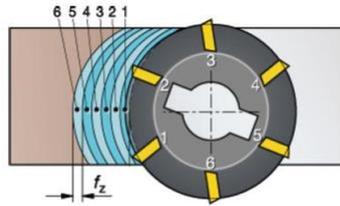


Figura 8.18 – Representação do avanço por dente e do número de dentes (Coromant, 2015)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

119

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte – Taxa de remoção da avara

A taxa de remoção de material (Q) é outro parâmetro a considerar, pois indica-nos o volume de material removido por unidade de tempo (cm^3/min). É calculada pela equação (8.3), a partir dos valores da profundidade de corte (a_p), da largura (a_e) e da velocidade de avanço.

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times V_f}{1000} \quad (8.3)$$

onde:

Q – Taxa de remoção de material [cm^3/min];

a_p – Profundidade de corte [mm];

a_e – Largura de corte [mm];

V_f – Velocidade de avanço [mm/min].

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

120

1. Máquinas-ferramenta

▪ Parâmetros de corte – Taxa de remoção da avara

A taxa de remoção de material (Q) é outro parâmetro a considerar, pois indica-nos o volume de material removido por unidade de tempo (cm^3/min). É calculada pela equação (8.3), a partir dos valores da profundidade de corte (a_p), da largura (a_e) e da velocidade de avanço.

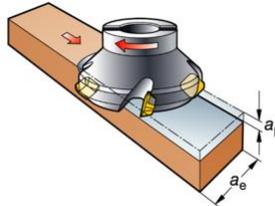


Figura 8.19 – Representação da profundidade e largura de corte na fresagem frontal (Coromant, 2009)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

121

1. Máquinas-ferramenta

▪ Retificadoras

Existem basicamente três tipos de retificadora:

- Plana;
- Cilíndrica universal;
- Cilíndrica sem centros (*center less*).

Quanto ao movimento, em geral as retificadoras podem ser manuais, semiautomáticas e automáticas. No caso da *center less*, esse movimento é automático, pois trata-se de uma máquina utilizada para a produção em série.

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

123

1. Máquinas-ferramenta

▪ Retificadoras planas

As retificadoras planas, representadas pela Figura 9.1, podem ser tangenciais (eixo horizontal) ou de eixo verticais (Anon., 2014-2017; Solimaq, 2006-2010).



Figura 9.1 – Retificadoras de superfícies planas: (a) tangencial, (b) vertical

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

124

1. Máquinas-ferramenta

▪ Retificadoras cilíndricas universais

A retificadora cilíndrica universal é uma máquina-ferramenta utilizada na retificação de superfícies cilíndricas externas ou internas e, em alguns casos, de superfícies planas em eixos que exijam facejamento



Figura 9.2 – Retificadora cilíndrica universal (Calfér, s.d.)

Co-financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

125

1. Máquinas-ferramenta

▪ Retificadoras cilíndricas sem centros (*Centerless Grinding Machine*)

Este tipo de retificadora (Figura 9.3) é muito usado na produção em série, uma vez que a peça é transportada automaticamente através das mós de corte e de arraste.



Figura 9.3 – Retificadora cilíndrica sem centros (*center less*) (Anon., s.d.)

Financiado por:



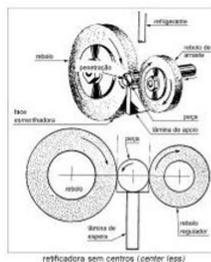
CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

126

1. Máquinas-ferramenta

▪ Retificadoras cilíndricas sem centros (*Centerless Grinding Machine*)

A Figura 9.4 (a) representa esquematicamente o princípio de funcionamento da retificadora cilíndrica sem centros, e na mesma figura (b) mostra um pormenor da retificação de um veio.



(a)



(b)

Figura 9.4 – (a) Representa esquematicamente o princípio de funcionamento da retificadora cilíndrica sem centros, (b) Pormenor da retificação de um veio (Freire, 1979; Anon., 2017)

Financiado por:



CT2 Tecnologia Mecânica
[Maquinagem]

127