

dos Aços Resistentes ao Calor.

#### Classificação

A classificação mais usual e prática dos aços inoxidáveis é a baseada na microestrutura que eles apresentam em temperatura ambiente, a saber:

Aços inoxidáveis ferríticos (não temperáveis)

Aços inoxidáveis martensíticos (temperáveis)

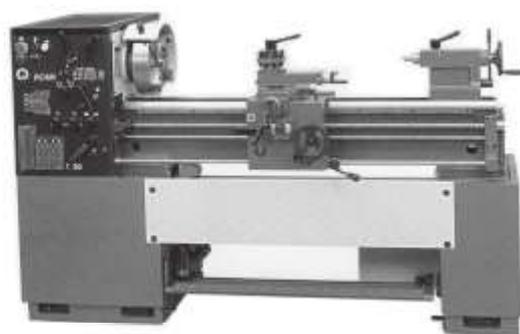
Aços inoxidáveis austeníticos

Os aços dos dois primeiros grupos são ligados com cromo e eventualmente com até 2,5% de níquel podendo conter ainda molibdênio até cerca de 1,5%.

Os aços do terceiro grupo são ligados com cromo e níquel podendo contar ainda molibdênio e em alguns casos titânio ou nióbio e tântalo.



# **NOÇÕES DE TORNEARIA**



# Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia e tendo como consequência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI/RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

A unidade curricular Noções de Tornearia objetiva levá-lo a usar peças de baixa complexidade em tornos mecânicos convencionais, utilizando acessórios, ferramentas e instrumentos adequados.

A unidade foi estruturada de forma a conduzi-lo ao entendimento do processo de torneamento, dos tipos e ângulos das ferramentas, principais parâmetros de corte e principalmente, o delineamento e a prática na oficina.

Então vamos em frente!!!

## Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que nós temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Produzem os bens e serviços necessários e dão acesso a emprego e renda; mas, para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de como

produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que “sobra” de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao redor delas.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. A questão da poluição do ar e da água é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do problema. No entanto, é importante repetir que, quando as indústrias depositam no solo os resíduos, quando lançam efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos de produção desperdiçadores e que produzem subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de “lixo”) são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas que incluam tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Mas já sabemos que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos. As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode se beneficiar de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais

desejáveis e trabalhar com elas.

Infelizmente, tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios – sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

Devemos ainda observar que a mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as conseqüências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção. A redução do número de acidentes só será possível à medida que cada um – trabalhador, patrão e governo – assumam, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.

Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar à melhoria de condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre meio ambiente, saúde e segurança no trabalho, lembrando que, no seu exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: meio ambiente, saúde e segurança no trabalho – o que é que eu tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?

# O processo mecânico de usinagem: torneamento

## Nesta seção...

A importância do torneamento no contexto dos processos mecânicos de usinagem

Movimentos principais

Tipos de tornos

Equipamentos e acessórios

Tipos de ferramentas para tornear

Materiais das ferramentas

Geometria de corte da ferramenta

1

# A importância do torneamento no contexto dos processos mecânicos de Usinagem

Quando estudamos a história do homem, percebemos que os princípios de todos os processos de fabricação são muito antigos. Eles são aplicados desde que o homem começou a fabricar suas ferramentas e utensílios, por mais rudimentares que eles fossem.

Um bom exemplo é o processo mecânico de usinagem de torneamento. Ele se baseia em um dos princípios de fabricação dos mais antigos, usado pelo homem desde a mais remota antiguidade, quando servia para a fabricação de vasilhas de cerâmicas. Esse princípio baseia-se na rotação da peça sobre seu próprio eixo para a produção de superfícies cilíndricas ou cônicas.

Apesar de muito antigo, pode-se dizer que este princípio só foi efetivamente usado para o trabalho de metais no começo do século passado. A partir de então, tornou-se um dos processos mais completos de fabricação mecânica, uma vez que permite conseguir a maioria dos perfis cilíndricos e cônicos necessários aos produtos da indústria mecânica.



*A NBR 6175:1971 classifica torneamento como o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.*

Então, vamos em frente.

Noções de Tornearia - O processo mecânico de usinagem: torneamento

O torneamento, como todos os demais trabalhos executados com máquinas-ferramentas, acontece mediante a retirada progressiva do cavaco da peça a ser trabalhada. O cavaco é cortado por uma ferramenta de um só gume cortante, que deve ter uma dureza superior à do material a ser cortado.

**Cavaco.** Material que é removido da peça pela ferramenta, quando ela está em ação. Tem formatos e tamanhos diferentes, conforme o trabalho e o material utilizado.

**Máquina-ferramenta** é uma máquina que utiliza ferramentas para realizar o corte. É comumente conhecida como máquina operatriz.

Observe a figura 1: a ferramenta penetra na peça que possui somente um tipo de movimento: o rotativo, ou de giro uniforme ao redor do eixo A que permite o corte contínuo e regular do material. A força necessária para retirar o cavaco é feita sobre a peça, enquanto a ferramenta, firmemente presa ao porta-ferramenta, contrabalança à reação dessa força.

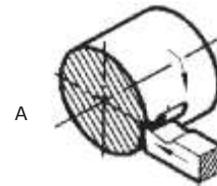


Fig. 1  
torneamento

Para executar o torneamento, são necessários três movimentos relativos (Figura 2) entre a peça e a ferramenta. São eles:

- 1. Movimento de corte:** é o movimento principal que permite cortar o material. O movimento é rotativo e realizado pela peça.
- 2. Movimento de avanço:** é o movimento que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.
- 3. Movimento de penetração:** é o movimento que determina a profundidade de corte ao se empurrar a ferramenta em direção ao interior da peça e assim regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco.



Fig. 2 – Movimentos empregados no torneamento

Vamos, então, estudar melhor tais movimentos.

# Movimentos principais

As formas que a peça recebe são provenientes dos movimentos coordenados e relativos entre peças e ferramenta.

Como dissemos antes, em toda máquina-ferramenta há três movimentos distintos:

- Movimento de corte (ou principal).
- Movimento de avanço.
- Movimento de aproximação e penetração.

## Movimento de corte (ou principal)

O movimento de corte ou principal é realizado pela própria peça no processo de torneamento, através de seu movimento giratório.

A velocidade do movimento de corte ou principal chama-se velocidade de corte ( $V_c$ ) e ela é dada ou medida normalmente em m/min.



*São vários os fatores que influem na velocidade do corte:*

- 1. Material da peça*
  - *material duro – baixa  $V_c$*
  - *material mole – alta  $V_c$*
- 2. Material da ferramenta*
  - *muito resistente – alta  $V_c$*
  - *pouco resistente – baixa  $V_c$*
- 3. Acabamento superficial desejado*
- 4. Tempo de vida da ferramenta*
- 5. Refrigeração*
- 6. Condições da máquina e de fixação*

# Movimento de avanço

No processo de torneamento, esse tipo de movimento é contínuo, mas também pode ser intermitente em seqüência de cortes, como na operação de aplainar.

A espessura do cavaco depende do movimento de avanço e a grandeza, basicamente, das características da ferramenta, e, principalmente, da qualidade exigida da superfície usinada. O movimento de avanço é feito pelo operador, mas pode ser automática também.

# Movimento de aproximação e penetração

O movimento de aproximação e penetração serve para ajustar a profundidade ( $P$ ) de corte, e, juntamente com o movimento de avanço ( $A$ ), para determinar a secção do cavaco a ser retirado, como, no exemplo da figura 3. Esse movimento pode ser realizado manual ou automaticamente e depende da potência da máquina, assim como da qualidade exigida da superfície a ser usinada.

Veja, na figura 3, uma representação desses três movimentos, acompanhando o sentido das setas  $V_c$  (para indicar o movimento de corte),  $a$  (para indicar o movimento de avanço) e  $p$  (para indicar o movimento de penetração).

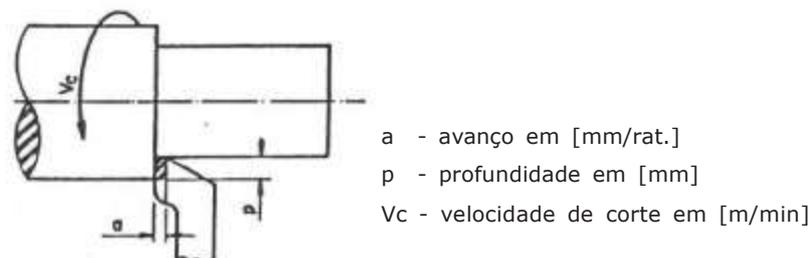


Fig. 3 - Representação dos movimentos principais



*O ajuste da profundidade de corte ( $P$ ) normalmente é medido por meio de uma escala graduada conectada ao fuso (anel graduado).*

Em máquinas modernas, esses movimentos são hidráulicos e/ou eletro-hidráulicos. Em máquinas com comando numérico, todos esses movimentos são comandados por elementos eletrônicos.

Agora que você conheceu os principais movimentos no processo de torneamento, vamos melhor exemplificar as forças neles envolvidas.

## Secção do cavaco

A secção (área) do cavaco ( $S$ ) no processo de usinagem é calculada em função da profundidade ( $P$ ) e do avanço ( $A$ ) (Figura 4).

$$S = A.P \quad \text{em } \text{mm}^2$$

**S = secção (área) do cavaco ( $\text{mm}^2$ )**

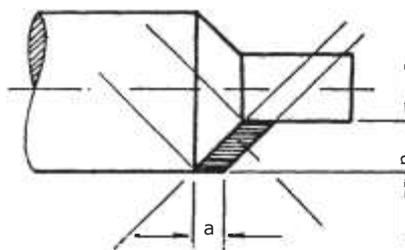


Fig. 4 - Secção de cavaco

## Composição das forças de corte

Durante a formação de cavacos, forças geradas pelo corte atuam tanto na ferramenta quanto na peça.

Tais forças devem ser equilibradas, em direção e sentido, pela peça e pelos dispositivos de fixação da máquina. A figura 5 ilustra a representação espacial dessas forças que podem ser aplicadas a outros processos de usinagem.

$F_c$  = Força de corte – depende do material e dos ângulos da ferramenta.

$F_a$  = Força de avanço.

$F_p$  = Força causada pela penetração.

$F_r$  = Força resultante de  $F_p + F_a$

$F$  = Força total para cortar – é a resultante de  $F_c + F_r$ . Ela influi na fixação da peça e da ferramenta.

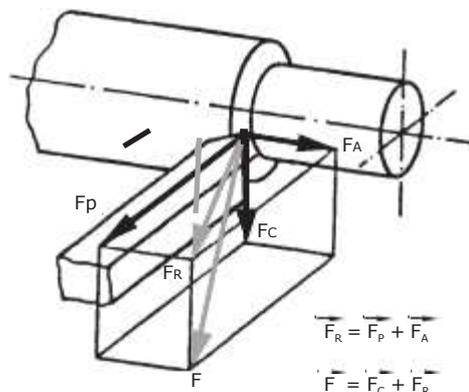


Fig. 5 - Composição das forças

A força de corte  $F_c$  é básica para cálculos de potência e é calculada em função da secção do cavaco e do material a ser utilizado, aplicando  $K_s$ , força específica, à fórmula. Os valores de  $K_s$  de cada material são determinados e tabelados.

$$F_c = S \cdot K_s$$

$F_c$  = força de corte [N]

$S$  = área da secção do cavaco [ $\text{mm}^2$ ]

$K_s$  = força específica de corte do material [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]

Como vimos até então, o processo de usinagem exige um circuito fechado de força entre peça e ferramenta. Por isso, para obter boas superfícies é preciso que este circuito seja o mais rígido possível.

A necessidade de movimentos relativos ferramenta-peça (velocidade de corte, avanço e penetração) preconiza necessidade de máquinas-ferramenta de guiamento robustas que garantam a trajetória desejada e dispositivos de regulagem de folga dos deslocamentos durante a usinagem, entre outros.



*São vários os fatores que influem no acabamento superficial da peça.*

*Veja alguns.*

- 1. Processo de usinagem*
- 2. Aspecto construtivo da máquina*
- 3. Velocidade de corte*
- 4. Ferramenta (material, ângulos, afiação, etc.)*
- 5. Refrigeração e suas propriedades (resfriar, lubrificar, transportar cavacos etc.)*

Mais a frente, estudaremos os principais parâmetros de corte. Nesse momento, será detalhado o cálculo da secção de corte e as forças envolvidas no processo.

A máquina-ferramenta que estamos discutindo neste material denomina-se torno. Daí falamos em processo de torneamento



*A origem da palavra torno é latina: tornus. Este termo designava a máquina para toronar marfim, madeira etc., originando o sentido de "forma arredondada", "movimento circular". É esta a idéia presente em expressões como: em torno de (ao redor de) e letra bem torneada (= bem feita).*

Vejamos, então, os tipos de torno e suas aplicações.

# Tipos de torno

Dependendo da peça a ser usinada, das operações requeridas nesse processo e do tipo de peça, se específica ou seriada, escolhe-se o torno mais adequado. Apresentamos, a seguir, os principais tipos de tornos e os princípios a eles relacionados. Mostraremos, primeiramente, o torno universal, suas partes e seu funcionamento, que são básicos para a compreensão dos demais tipos de tornos.



*Torno é uma máquina-ferramenta no qual geralmente são usadas ferramentas monocortantes.*

## Torno mecânico universal

Embora possua grande versatilidade, este tipo de torno não oferece grandes possibilidades de fabricação em série, devido à dificuldade que apresenta com as mudanças ou troca de ferramentas. Ele pode executar operações que normalmente são feitas por outras máquinas como a furadeira, a fresadora e a retificadora, com adaptações relativamente simples.

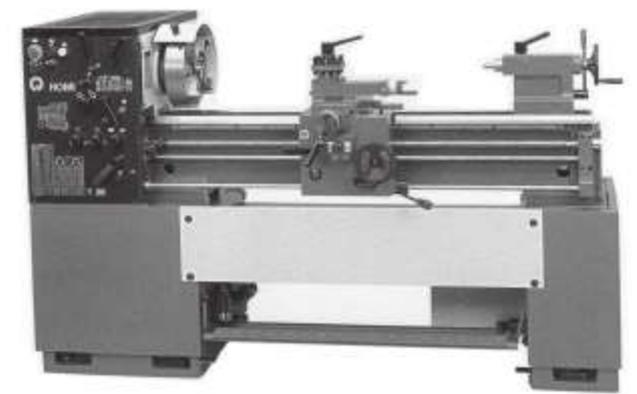


Fig. 6

O torno universal (Figura 6) é o tipo mais simples que existe. Estudando seu funcionamento, é possível entender o funcionamento de todos os outros, por mais sofisticados que sejam. Esse torno possui eixo e barramento horizontal e tem capacidade de realizar todas as operações: faceamento; torneamento externo e interno; broqueamento; furação; corte.

Assim, basicamente, todos os tornos, respeitadas suas variações de dispositivos ou dimensões exigidas em cada caso, apresentam as seguintes partes principais; no que se denomina corpo de máquina: barramento (Figura 7), cabeçote fixo ou árvore (Figura 8) e móvel, caixas de mudança de velocidade.

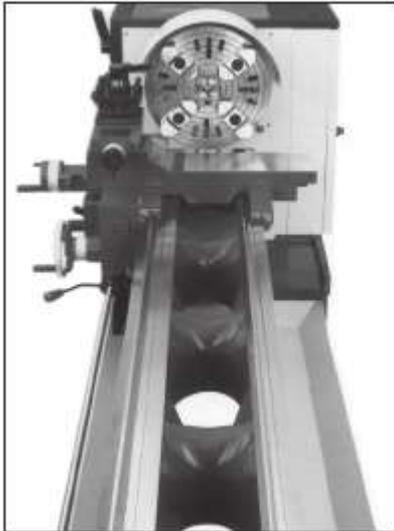


Fig.7



Fig.8

As partes que compõem o corpo da máquina e as demais que fazem parte do torno são as responsáveis pelo desenvolvimento dos seguintes sistemas:

- **Sistema de transmissão de movimento do eixo:** motor, polia, engrenagens, redutores.
- **Sistema de deslocamento da ferramenta e de movimentação da peça em diferentes velocidades:** engrenagens, caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos, vara etc.
- **Sistema de fixação da ferramenta** (Figura 9): torre, carro porta-ferramenta, carro transversal, carro principal ou longitudinal.
- **Sistema de fixação da peça: placas e cabeçote móvel.**
- **Sistema de comandos dos movimentos e das velocidades:** manivelas e alavancas.
- **Sistema de frenagem** (Figura 10)

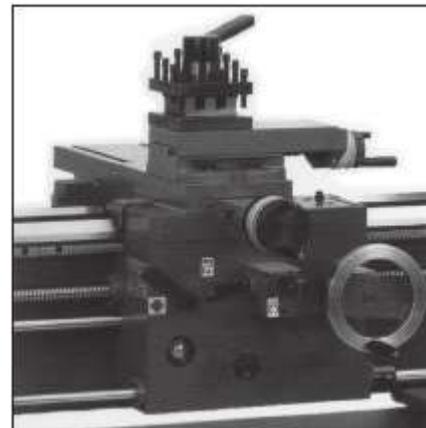


Fig. 9



Fig. 10

## Detalhando algumas partes do torno

A figura 11 detalha as principais partes de um torno mecânico horizontal.

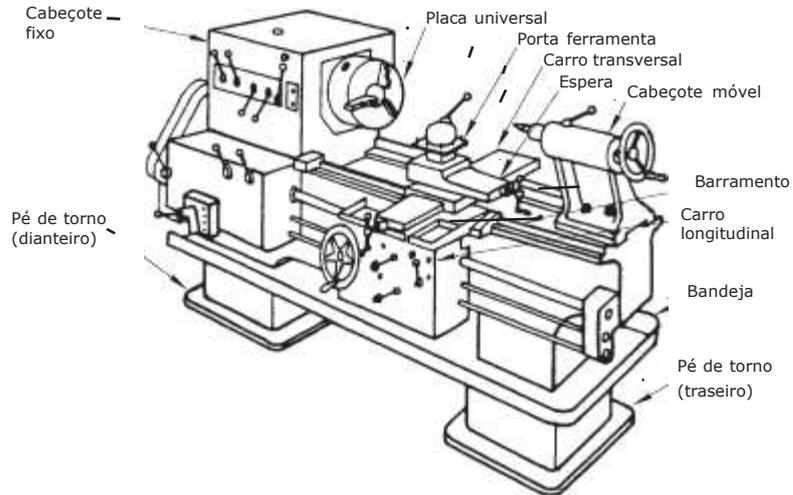


Fig. 11 - Torno horizontal

### Placa universal

Serve para fixar as peças cilíndricas ou com número de lados múltiplo de três.

O ajuste ou perfeito encaixe da peça na placa universal é feito com uma chave encaixada no parafuso de aperto da placa (Figura 12).

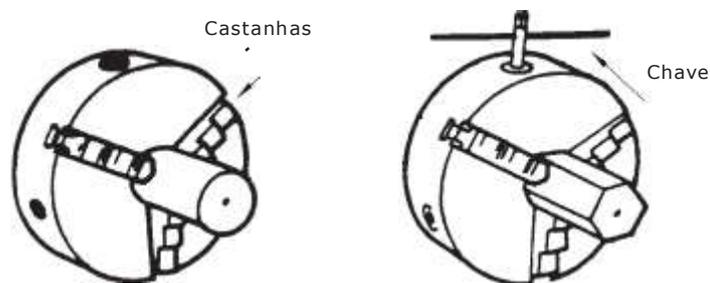
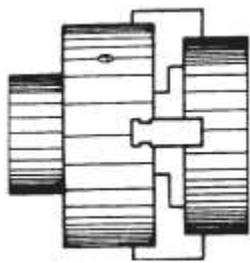
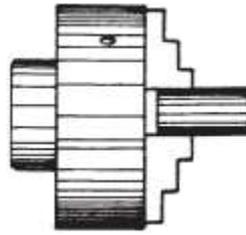


Fig. 12

As placas universais possuem dois tipos de castanhas. Veja-as na figura 13.



Castanha invertida  
(para prender peças  
de grande diâmetro)



Castanha comum  
(para prender peças  
de diâmetro menor)



*Castanha. É a  
parte da placa  
usada para fixar a peça  
a ser trabalhada.*

Fig. 13 – Tipos de castanhas

As castanhas são numeradas e devem ser montadas na placa pela ordem de numeração correspondente (Figura 14).



Fig. 14

## Porta-ferramenta

É a parte na qual onde se fixa a ferramenta de corte (Figura 15).

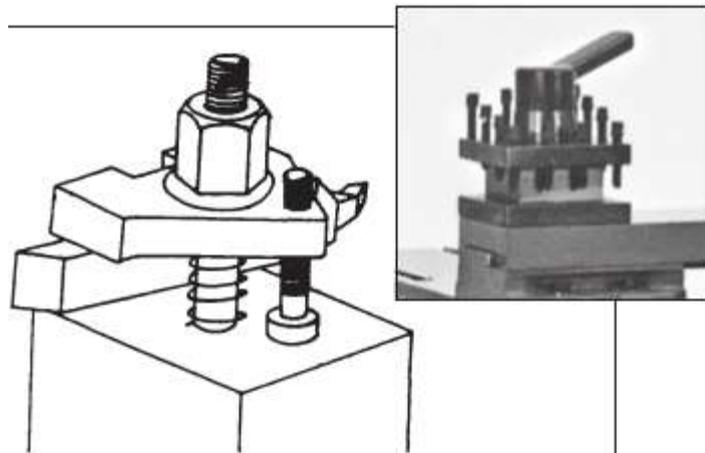


Fig. 15

## Cabeçote Móvel

Esta parte serve para prender a contraponta, a broca de haste cônica, os mandris etc. O cabeçote móvel deve trabalhar alinhado com a placa. O alinhamento é feito com um parafuso em sua base. Veja estes itens nas figuras 16 e 17.



Fig. 16

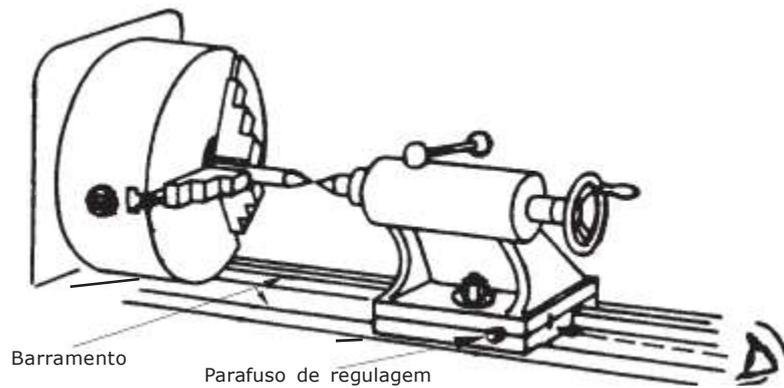


Fig. 17

## Barramento

Suporta as partes principais do torno e está situado sobre os pés da máquina-ferramenta. O carro longitudinal e o cabeçote móvel se deslocam sobre ele. O barramento serve de referência para indicar os movimentos longitudinal e transversal (Figura 18).

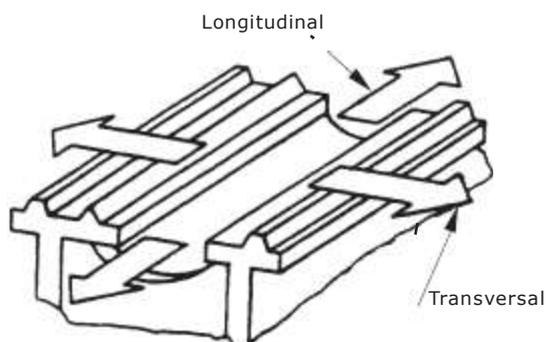


Fig. 18

## Cabeçote fixo

Esta parte possui, no seu interior, conjuntos de engrenagens que servem para a mudança de velocidade e o avanço automático do carro longitudinal.

A mudança da velocidade é feita pelas alavancas externas. O cabeçote fixo recebe movimento de um motor elétrico, através da transmissão do movimento, feito por polias e correias.

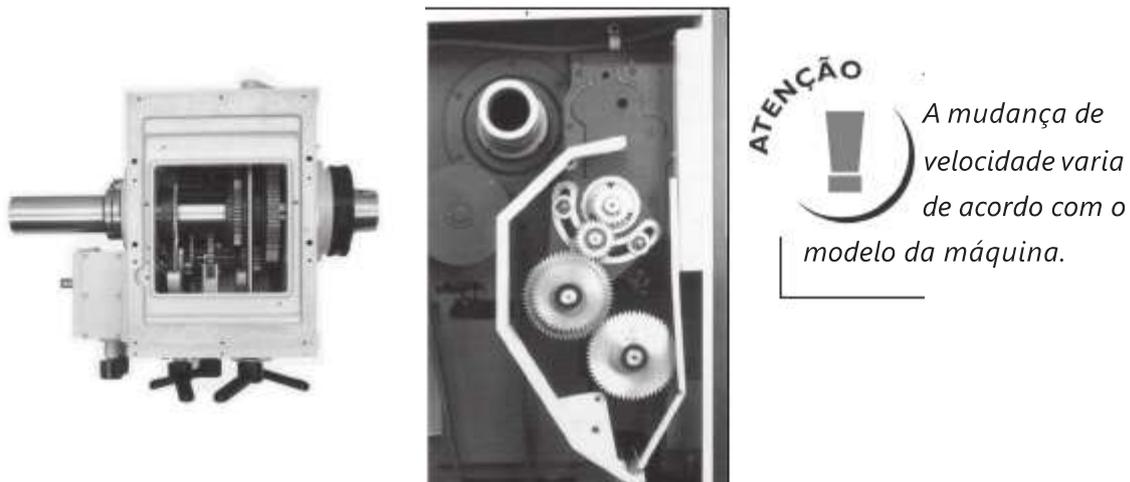


Fig. 19

## Carro longitudinal

Esta parte trabalha ao longo do barramento (Figura 20). Seu movimento pode ser feito manualmente, por meio do volante, ou automaticamente.

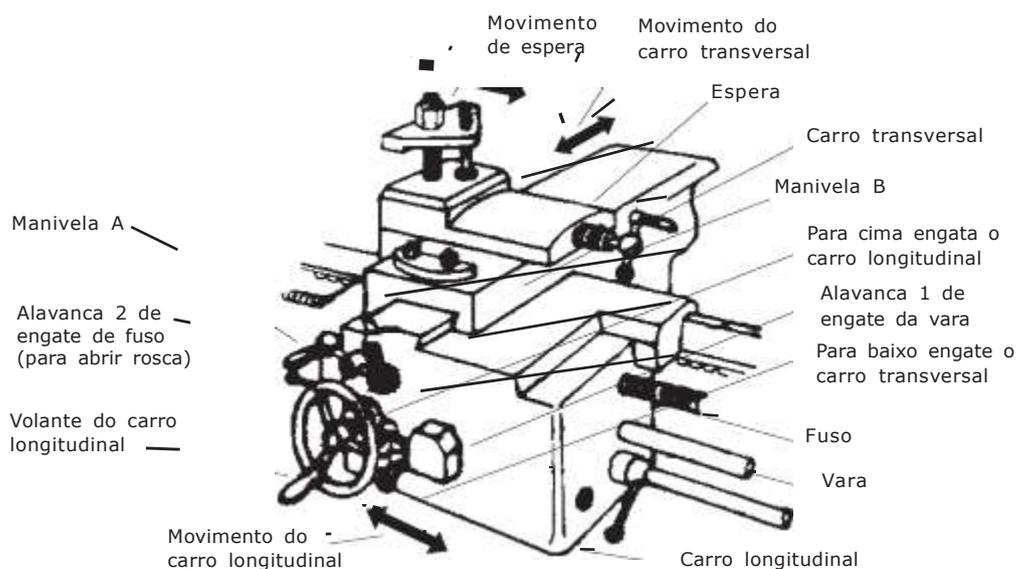


Fig. 20

## Fuso

Tem por função controlar o movimento do carro longitudinal. É usado para abertura de rosca.

## Vara

Esta parte movimenta o carro longitudinal e transversal para desbastar a peça.

## Carro transversal

Trabalha transversalmente ao barramento, sobre o carro longitudinal. Seu movimento pode ser manual, por meio de manivela "A", ou automático, engatando-se a alavanca 1 (para baixo). Estas partes são visíveis na figura 20. É usado para dar profundidade de corte no torneamento longitudinal ou para facear.

## Espera

Trabalha sobre o carro transversal. Sobre ela está o porta-ferramenta. Seu movimento é feito por meio da manivela "B" (ver Figura 20). É usada para dar profundidade de corte, manualmente, principalmente no faceamento de peças, ou para o torneamento cônico de peças pequenas, através da inclinação da espera.



*A espera não deverá ser recuada além do seu barramento (Figura 21).*

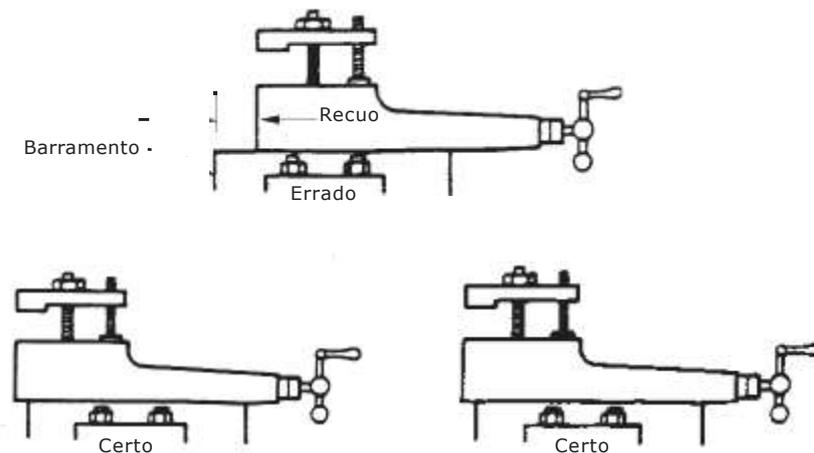


Fig. 21

## Suporte de ferramenta

Esta parte é destinada a prender ferramentas de corte (Figura 22).

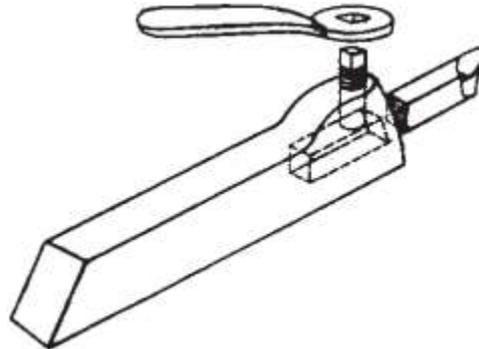


Fig. 22

## Anel graduado

Esta parte tem como função controlar o movimento dos carros. Para remover certa espessura de material, ou seja, "dar um passe", o torneiro necessita fazer avançar a ferramenta contra a peça, na medida determinada. A fim de que o trabalho se execute de modo preciso, a medida da espessura a ser removida deve ser fixada e garantida por um mecanismo que, além de produzir o avanço, permita o exato e cuidadoso controle desse avanço.

O torno mecânico possui, em dois lugares diferentes, mecanismos que atendem a tais condições:

- 1º) No carro transversal, cujo deslocamento é sempre perpendicular ao eixo da peça ou à linha de centros do torno (Figura 23);
- 2º) Na espera, onde se situa o porta-ferramenta; ela pode ser inclinada a qualquer ângulo, pois sua base é rotativa e dispõe de graduação angular.

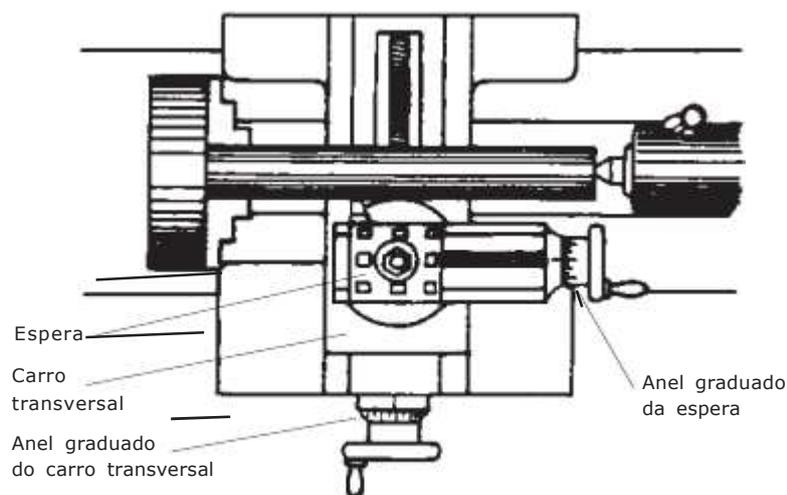


Fig. 23

Os dois mecanismos possibilitam o avanço de ferramenta por meio de um sistema parafuso-porca. O parafuso gira entre buchas fixas, pela rotação de um volante ou de uma manivela. Com o giro do parafuso, a porca (que é presa à base do carro) desloca-se e arrasta o carro, fazendo-o avançar ou recuar, conforme o sentido do parafuso.

O controle dos avanços, em ambos os carros, se faz por meio de graduações circulares existentes em torno de buchas ou anéis cilíndricos, solidários com os eixos dos parafusos de movimento, e junto aos volantes ou às manivelas.

Os anéis graduados, também chamados “colares micrométricos”, são os dispositivos circulares que determinam e controlam as medidas em que se devem avançar os carros, mesmo que os avanços tenham de ser muitos pequenos.



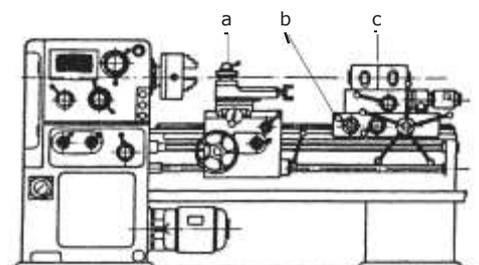
*Alguns tornos mecânicos possuem colares micrométricos no volante do carro longitudinal, facilitando o controle de deslocamento longitudinal.*

Agora que você conhece as principais partes do torno mecânico universal, que são comuns a todos os tornos, passaremos a novos tipos de tornos mecânicos, nos quais o diferencial é a capacidade de produção (se é automático ou não); o tipo de comando (manual, hidráulico, eletrônico, por computador etc.).

Nesse grupo se enquadram os tornos revólver, copiadores, automáticos ou por comando numérico computadorizado.

## Torno revólver

A característica fundamental do torno revólver é o emprego de várias ferramentas, convenientemente dispostas e preparadas, para executar as operações de forma ordenada e sucessiva. (Figura 24)



a - torre anterior  
b - carro revólver  
c - torre revólver

Fig. 24 – Torno revólver

As ferramentas adicionais são fixadas em um dispositivo chamado torre revólver (Figura 25). Essas ferramentas devem ser montadas da forma sequencial e racionalizada para que se alcance o objetivo visado.

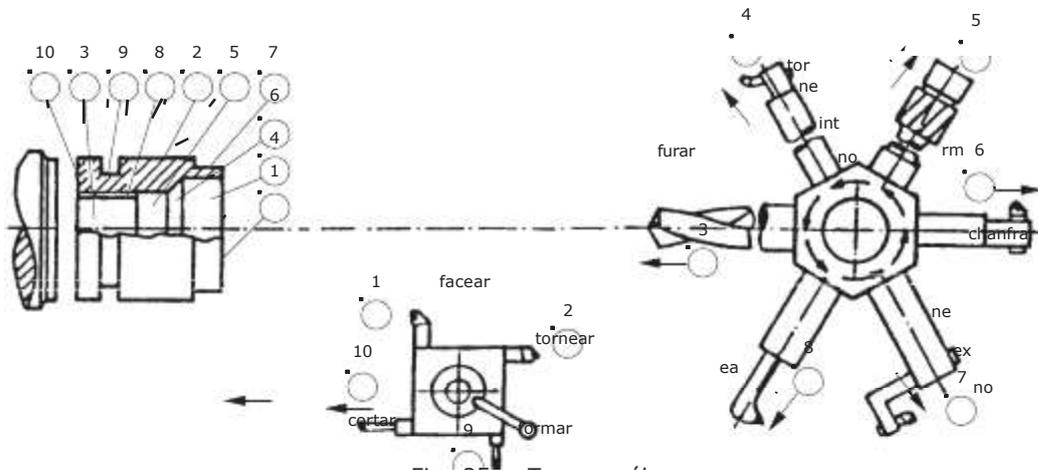


Fig. 25 – Torre revólver

A torre normalmente é hexagonal, podendo receber até seis ferramentas; porém, se for necessário uma variedade maior, a troca de equipamentos se processa de forma rápida.

## Torno de placa ou platô

O torno de placa ou platô é amplamente utilizado nas empresas que executam trabalhos de mecânica e caldeiraria pesada. É adotada para torneamento de peças de grande diâmetro, como polias, volantes, flanges etc. (Figura 26).

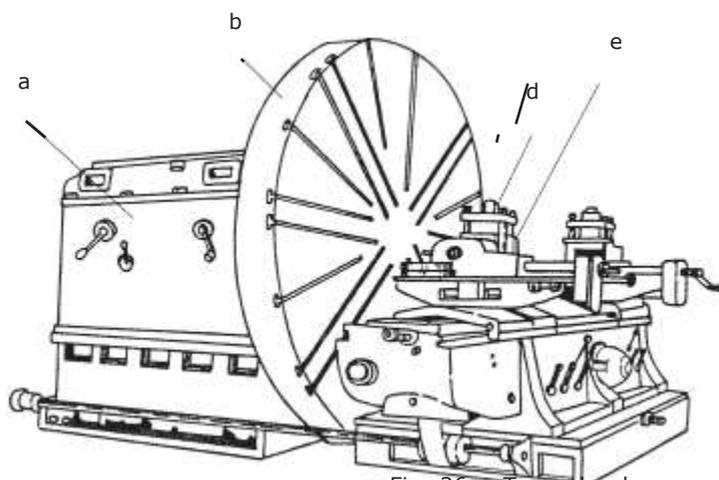


Fig. 26 – Torno de placa ou platô

- a - cabeçote
- b - placa
- c - sela
- d - porta-ferramenta
- e - carros

# Torno vertical

Esse tipo de torno possui o eixo de rotação vertical e é empregado no torneamento de peças de grandes dimensões, como volantes, polias, rodas dentadas etc. que, devido ao peso, podem ser montadas mais facilmente sobre uma plataforma horizontal do que sobre uma plataforma vertical (Figura 27).

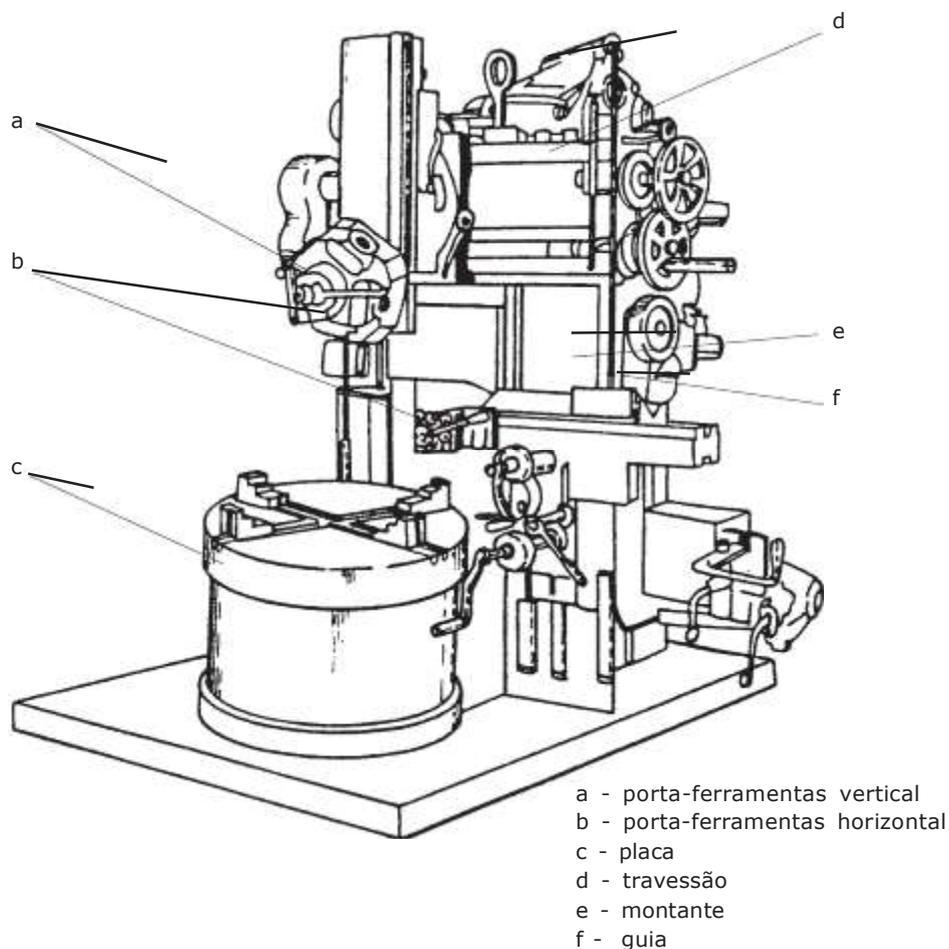


Fig. 27 – Torno vertical

# Torno copiador

Neste torno, os movimentos que definem a geometria da peça são comandados por mecanismos que copiam o contorno de um modelo ou chapelona.

No copiador hidráulico, um apalpador, em contato com o modelo, transmite o movimento através de um amplificador hidráulico que movimenta o carro porta-ferramentas (Figura 28).

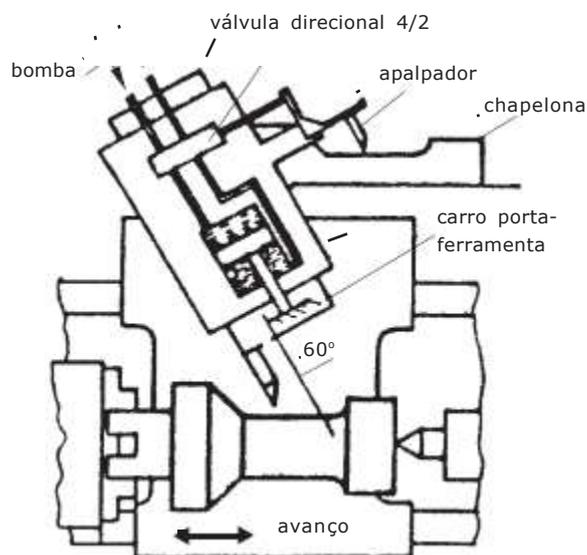


Fig. 28 – Detalhe do torno copiador

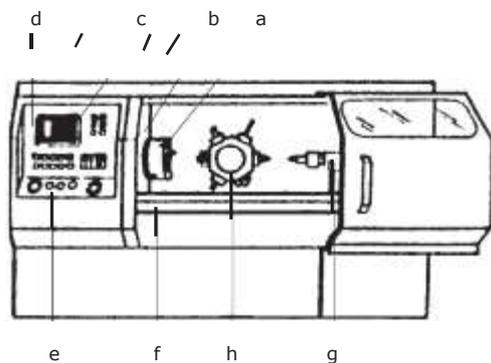
O torno copiador tem grande aplicabilidade e não deve ser utilizado em produções de peças pequenas, por ser antieconômico.

## Torno CNC

Os tornos automáticos, muito utilizados na fabricação de grandes séries de peças, são comandados por meio de cames, excêntricos e fim de curso. O seu alto tempo de preparação e ajuste, para início de nova série de peças, faz com que ele não seja viável para médios e pequenos lotes, daí o surgimento das máquinas CNC (comando numérico computadorizado) (Figuras 29 e 30).



*Cames, excêntricos e fim de curso, são peças que fazem parte do sistema de controle dos movimentos rotativos e retilíneos da máquina.*



- a - placa
- b - cabeçote principal
- c - vídeo display
- d - programação
- e - painel de operação
- f - barramento
- g - cabeçote móvel
- h - torre porta-ferramenta

Fig. 29 - Torno CNC



Fig. 30

Fig. 30



*A tecnologia avança a passos largos. Hoje, já são comercializados tornos CNC com múltiplas funções, que podem ser usados tanto como tornos convencionais ou como torno CNC tradicional (Figura 31).*



Fig. 31

Há uma série de equipamentos que são adotados para uso com o torno. Vejamos alguns deles.

# Equipamentos e acessórios

Apresentaremos o detalhamento dos equipamentos e acessórios que são considerados os principais.

## Contraponto (fixo) e ponto rotativo

Utilizados nas operações de torneamento que requerem fixação entre pontos de torno (Figura 32). O ponto rotativo é fixado no cabeçote móvel, assim como o contraponto. A diferença é que o contraponto fixo é usado para torneamento em baixas rotações e com lubrificantes. Atualmente nos trabalhos de usinagem é mais usado o ponto rotativo.

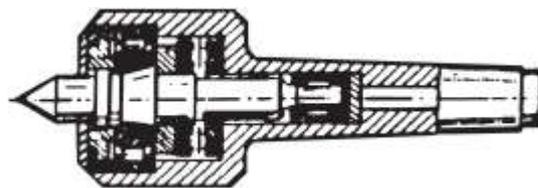


Fig. 32 – Ponto rotativo

## Placa universal

Apesar de ser uma parte do torno, a placa universal é um equipamento muito comum e importante nos trabalhos de torneamento, sendo a mais utilizada das placas. Daí, a elencamos aqui entre os equipamentos. Possui três castanhas que efetuam o aperto da peça simultaneamente e sua conseqüente centralização. Pode efetuar fixação em diâmetros internos e externos (Figura 33).

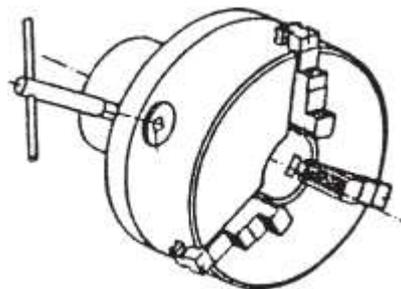


Fig. 33 – Placa universal

## Placa de arraste

Este equipamento é usado no torneamento de peças fixadas entre pontas, em que se pretende manter a maior concentricidade no comprimento total torneado (Figura 34).

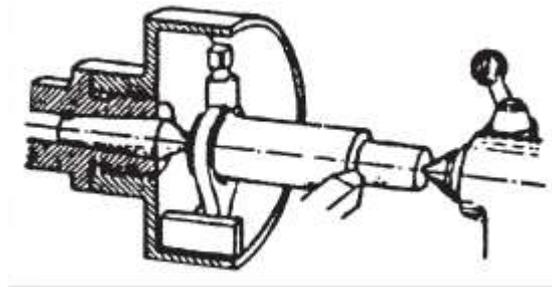


Fig. 34 – Placa de arraste

## Placa de quatro castanhas

Utilizada na fixação de peças de perfis irregulares, pois suas castanhas de aperto podem ser acionadas separadamente, oferecendo condições de centragem da região que se pretende usinar (Figura 35).



Fig. 35 – Placa de quatro castanhas

## Placa plana

Utilizada na fixação de peças irregulares com auxílio de alguns dispositivos. Como vemos na figura 36, a placa plana amplia as possibilidades de fixação de peças de formato irregular que necessitam ser torneadas.

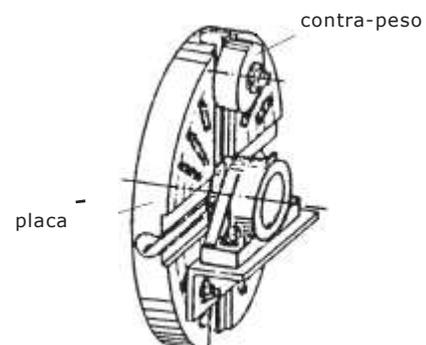


Fig. 36 – Placa plana

# Luneta fixa

Este acessório tem grande utilidade quando pretendemos tornear eixos longos de pequenos diâmetros, pois atua como mancal, evitando que a peça saia de centro ou vibre com a ação da ferramenta (Figura 37).

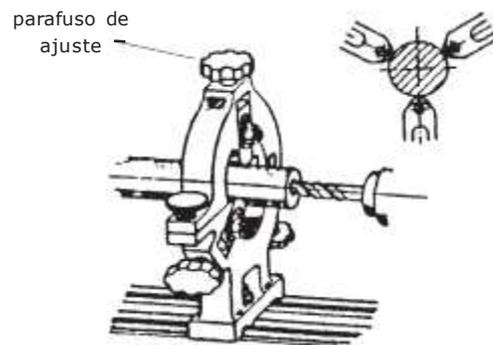


Fig. 37 - Luneta fixa

# Luneta móvel

A luneta móvel é utilizada em eixos de pequenos diâmetros, os quais são sujeitos a flexões e vibrações na usinagem (Figura 38). Ela também funciona como mancal e deve ser montada sempre junto da ferramenta, para evitar vibrações e flexões, pois tais movimentos anulam as forças de penetração da ferramenta.

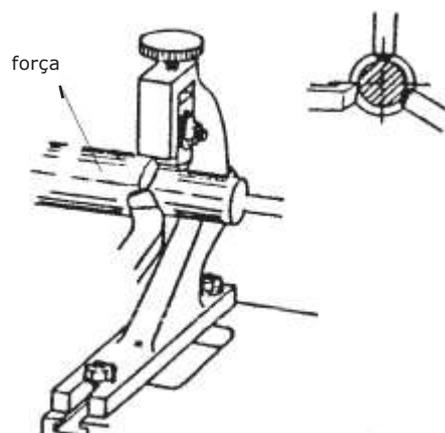


Fig. 38 - Luneta móvel

## Mandril pinça

Este acessório de fixação é amplamente utilizado quando se pretende torneiar eixos de diâmetros pequenos, por oferecer grande precisão na concentricidade. Ele permite rápidas trocas de peças e é comumente encontrado em tornos automáticos (Figura 39).

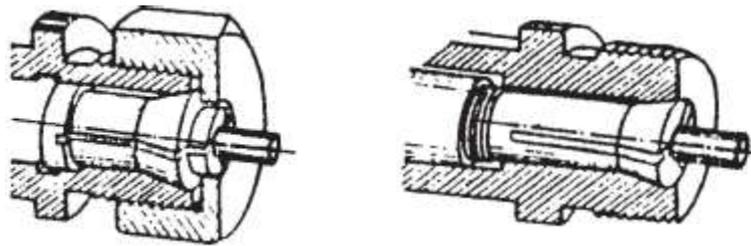


Fig. 39 – Mandril pinça

## Mandril expansivo

É utilizado na fixação de peças que terão seu diâmetro externo totalmente torneado, visando manter uniformidade na superfície (Figura 40).

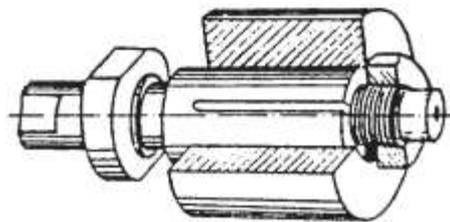


Fig. 40 - Mandril expansivo

## Mandril paralelo de aperto com porca

É utilizado na fixação de uma ou várias peças por vez (Figura 41).

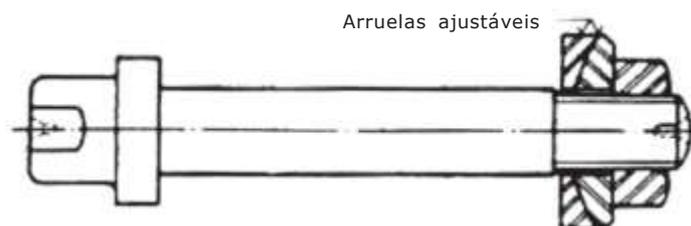
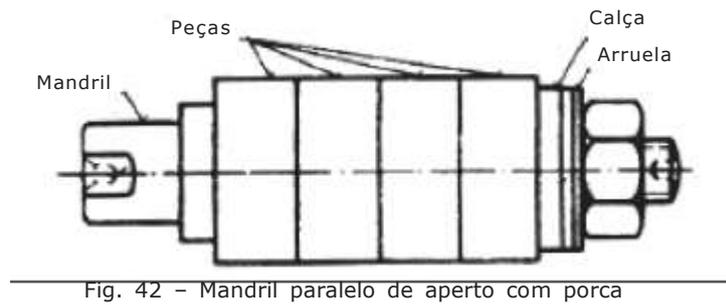


Fig. 41



## Mandril porta-broca

É utilizado para fixar brocas no trabalho de furação. Ele é fixado, geralmente, no cabeçote móvel. Até este ponto, você teve contato com os diferentes tipos de torno e as suas partes e acessórios principais.

Passaremos a outro tópico importante: as ferramentas utilizadas no torno para se efetuar o torneamento.

## Tipos de ferramentas para torneiar

As ferramentas utilizadas no processo de torneamento podem ser classificadas em dois grandes grupos: usadas no torneamento externo e no torneamento interno.

## Torneamento externo

Há diversos tipos de ferramentas para torneiar externamente. As suas formas, os ângulos, os tipos de operações que executam e o sentido de corte são os fatores que as caracterizam e as diferenciam entre si.



É considerado sentido à direita quando a ferramenta se deslocar em direção à árvore (cabecote fixo) (Figura 43).

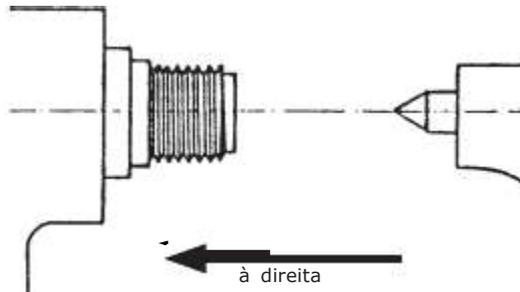
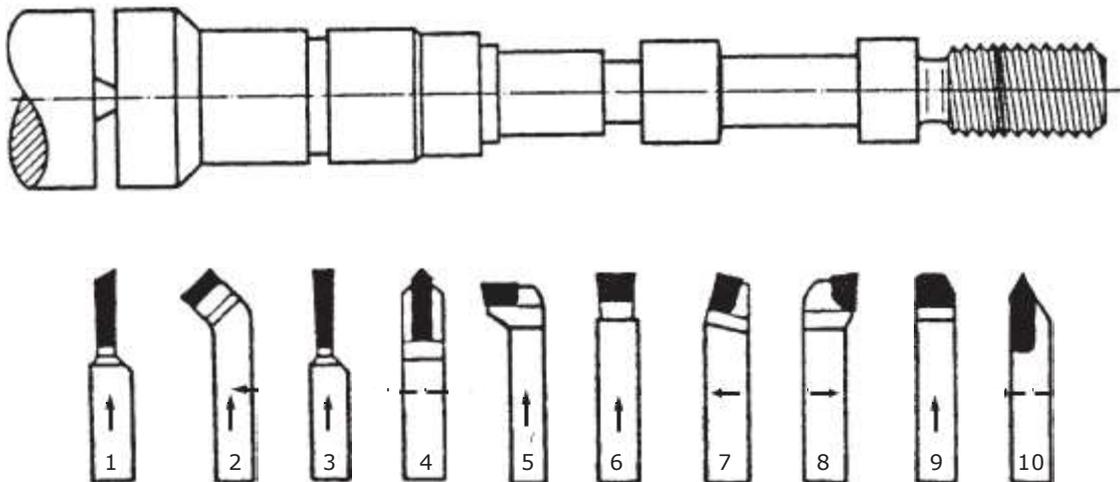


Fig. 43 – Sentido de corte

A figura 44 ilustra algumas ferramentas para torneamento externo, com setas indicando o sentido do movimento.



- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. Cortar              | 6. Sangrar à direita             |
| 2. Cilindrar à direita | 7. Desbastar à direita           |
| 3. Sangrar             | 8. Cilindrar e facear à esquerda |
| 4. Alisar              | 9. Formar                        |
| 5. Facear à direita    | 10. roscar                       |

Fig. 44 – Peças para torneamento externo

# Torneamento interno

As ferramentas utilizadas para torneiar internamente podem ser de corpo único, com pontas montadas ou com insertos. Podemos adotá-las nas operações de desbaste ou de acabamento, variando os ângulos de corte e a forma da ponta (Figura 45). Elas recebem o nome de bedame.

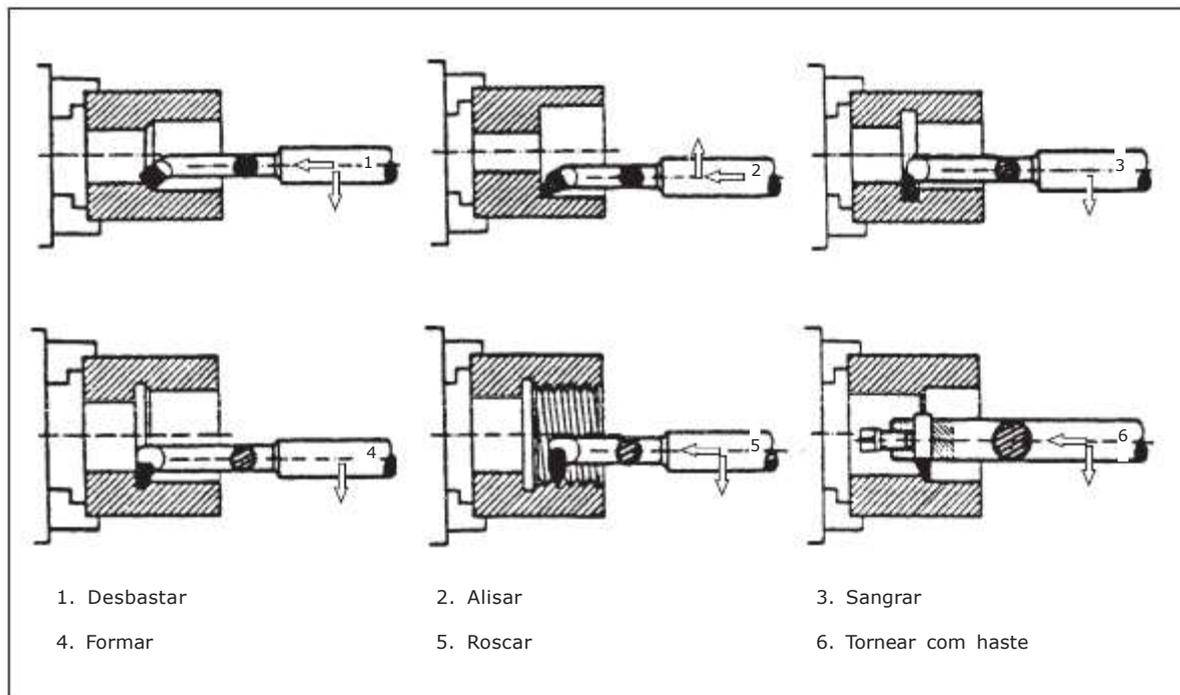


Fig. 45 - Ângulos do bedame

# Materiais das ferramentas

Os materiais dos quais as ferramentas de corte são feitas são os responsáveis pelo seu desempenho e conferem-lhes características físicas e propriedades mecânicas.

Os materiais mais comuns são: aço-carbono, aço rápido, metal duro, cerâmica.

# Aço-carbono

O aço-carbono possui teores que variam de 0,7 a 1,5% de carbono e é usado em ferramentas para usinagens manuais ou em máquinas-ferramenta.

Trata-se de um material utilizado para pequenas quantidades de peças, não sendo adequado para altas produções. É pouco resistente a temperaturas de corte superiores à 250°C, daí a desvantagem de usarmos baixas velocidades de corte.

# Aço rápido

O aço rápido possui, além do carbono, outros elementos de liga, tais como: tungstênio, cobalto, cromo, vanádio, molibdênio, boro etc., que são os responsáveis pela excelente propriedade de resistência ao desgaste.

Os elementos desta liga, além de conferirem maior resistência ao desgaste, aumentam a resistência de corte a quente (550°C) e possibilitam maior velocidade de corte.

Tipos de aço rápido:

Comum: 3%W, 1%Va

Superior: 6%W, 5%Mo, 2%Va

Extra-superior: 12%W, 4%Mo, 3%Va e Co até 10%

Extra-rápido: 18W2Cr, 2Va e 5%Co



*Como exemplo de ferramentas feitas em aço rápido, podemos destacar brocas, alargadores, ferramenta de torno, fresas de topo, fresas circulares etc.*

# Metal duro

O metal duro é comumente chamado carboneto metálico e compõe as ferramentas de corte mais utilizadas na usinagem dos materiais na mecânica (Figura 46).

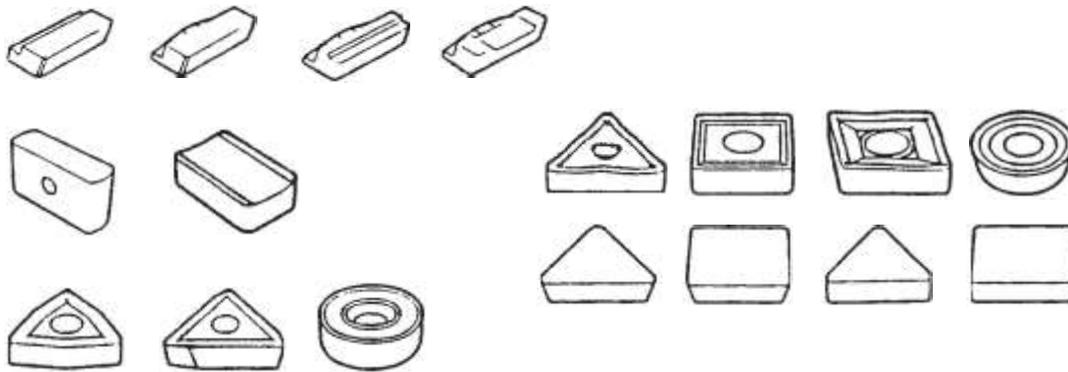
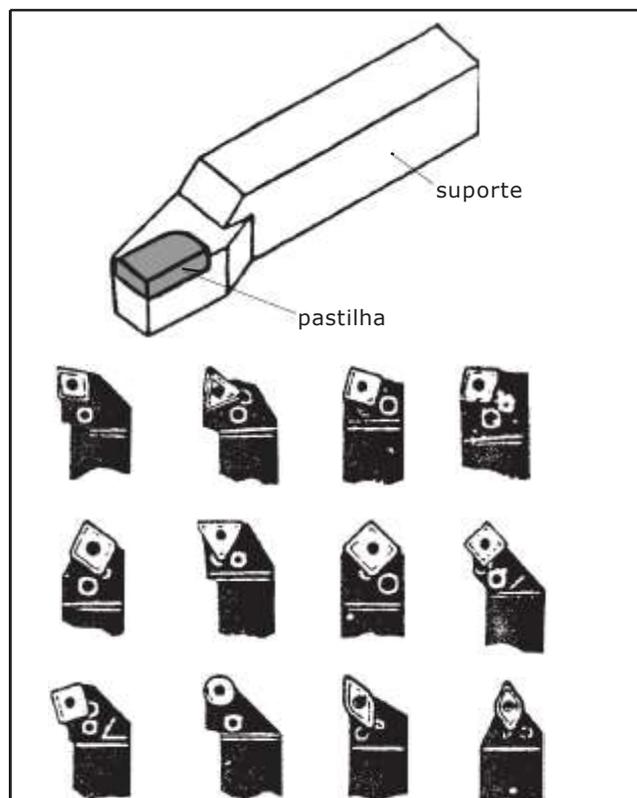


Fig. 46 – Pastilhas de metal duro

Os elementos mais importantes de sua composição são o tungstênio, o tântalo, o titânio e o molibdênio, além do cobalto e do níquel como aglutinantes. O carboneto metálico possui grande resistência ao desgaste, e apresenta as seguintes vantagens:

- Alta resistência ao corte a quente, mantendo uma dureza de 70HRC até 800°C.
- Alta velocidade de corte ( $\pm 50$  a 300m/min), isto é, até 10 vezes mais que a velocidade do aço rápido. Isso favorece um maior volume de cavaco por usinagem.
- Maior vida útil para a ferramenta, exigindo, porém, máquinas e suportes mais robustos para evitar vibrações, que são críticas para os metais duros.
- As pastilhas de metal duro podem ser de dois tipos: aquelas fixadas com solda (Figura 47) e aquelas que são intercambiáveis.

*Aglutinante – material ou elemento que dá liga em uma mistura.*



Suportes compastilhas intercambiáveis

Fig. 47 – Fixação de pastilhas



*A intercambialidade elimina os tempos de parada da máquina para afiação.*

Há muitos tipos de modelos de suportes existentes no mercado; também são vários os sistemas de fixação da pastilha no suporte. A escolha está vinculada à operação e aos ângulos de corte desejados, pois estes são resultantes da combinação entre os ângulos da pastilha e a inclinação de seu assento no suporte (Figura 48).

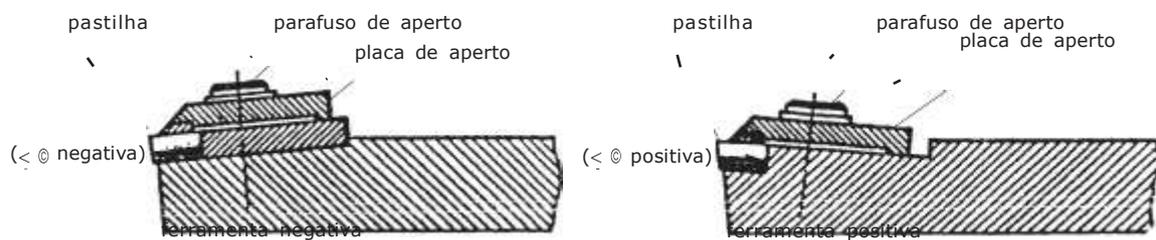


Fig. 48 – Definição de ângulos de corte



*A escolha da pastilha em função da aplicação é feita através de consulta a tabelas específicas.*

## Cerâmica

As ferramentas de cerâmica são constituídas de pastilhas sinterizadas com aproximadamente 98% a 100% de óxido de alumínio.

Possuem dureza maior que a de metal duro, e possuem uma velocidade de corte de 5 a 10 vezes maior (Figura 49).

O seu gume de corte pode resistir ao desgaste em uma temperatura de até 1.200°C, o que favorece a aplicação na usinagem de materiais como ferro fundido, ligas de aço etc.

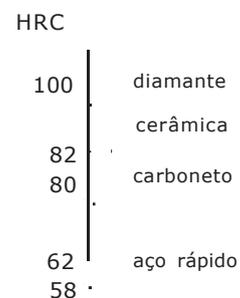


Fig. 49 – Escala de dureza

As pastilhas de cerâmica também podem ser intercambiáveis, porém, em função da sua alta dureza, possuem pouca tenacidade e necessitam de suportes robustos que evitem vibrações (Figura 50) e máquinas operatrizes que ofereçam boas condições de rigidez.

O volume de cavaco por tempo é muito superior ao do metal duro, em função de suas altas velocidades de corte.



*Tenacidade é a qualidade do material que é tenaz, ou seja, resiste à ruptura, apresentando deformação permanente, em virtude da consistência do material que compõe o seu interior.*

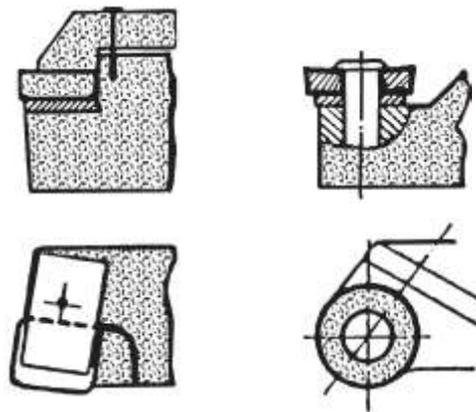


Fig. 50 – Suportes

Nos próximos tópicos vamos avançar na questão do corte e dos ângulos das ferramentas.

## Geometria de corte da ferramenta

O estudo das condições de formação de calor e sua transmissão, em função de diferentes fatores de corte, permite que se determinem as dimensões e as formas mais convenientes das ferramentas, além de um melhor regime de trabalho e durabilidade da aresta de corte da ferramenta.

No que se refere à geometria de corte da ferramenta, a definição depende de onde se encontra a aresta de corte principal: se está à esquerda ou à direita, conforme figura 51.

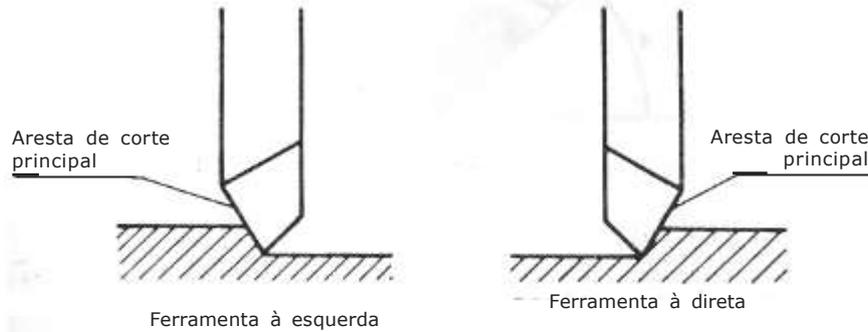


Fig. 51 – Ferramenta esquerda e direita

A geometria de corte da ferramenta é influenciada, na usinagem, pelas variáveis a seguir:

- ângulo de corte
- forma da ferramenta

A segunda variável já foi vista ao longo do material até aqui. Passemos, então, à primeira.

## Ângulo da ferramenta de tornear

Os ângulos e superfícies da geometria de corte das ferramentas são de grande importância e constituem elementos fundamentais no rendimento e durabilidade dos equipamentos.

A figura 52 apresenta os ângulos representados espacialmente e a figura 53 apresenta os ângulos no plano.

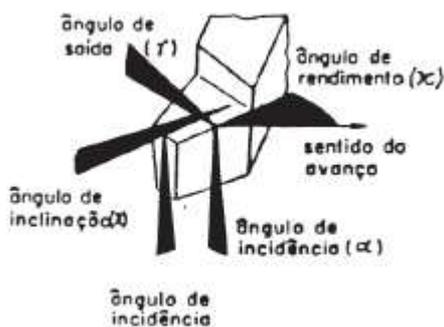


Fig. 52 – Ângulos no espaço

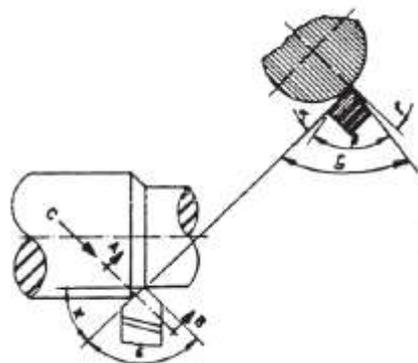


Fig. 53 – Ângulos no plano

Os ângulos da ferramenta de torneiar são os seguintes:

- Ângulo de incidência ( $\phi$ ), compreendido entre a peça e a ferramenta. Varia de 5 a 12°.
- Ângulo de cunha ( $\theta$ ) formado pelas faces de incidência e de saída, deve ser determinado em função do material.

Materiais moles  $\theta=40$  a 50° (alumínio)

Materiais tenazes  $\theta=55$  a 75° (aço)

Materiais duros  $\theta=75$  a 85°

- Ângulo de saída ( $\psi$ ) formado pelas faces de ataque e pelo plano da superfície de saída, é determinado em função do material.

Materiais moles  $\psi=15$  a 40°

Materiais tenazes  $\psi=14$ °

Materiais duros  $\psi=0$  a 8°

- Ângulo de corte ( $\tau$ ), que varia em função do material da peça, resultando:  $\tau = \phi + \theta$

- Ângulo de ponta ( $\Sigma$ ) formado pelas arestas cortantes. Conforme o avanço, temos:

Avanço até 1mm/volta ângulo de  $\Sigma = 90$ °

Avanço maior que 1mm/volta ângulo  $\Sigma > 90$ °

- Ângulo de rendimento ( $\lambda$ ) é formado pela aresta cortante e a superfície da peça trabalhada. Ao se determinar o ângulo  $\lambda$  de uma ferramenta de corte para torneiar, deve-se levar em consideração as forças de corte que dele dependem. Vejamos como.

### Ângulo $\lambda > 45$ °

Pequena parte da aresta cortante tem contato com o material, resultando no seu rápido desgaste (Figura 54).

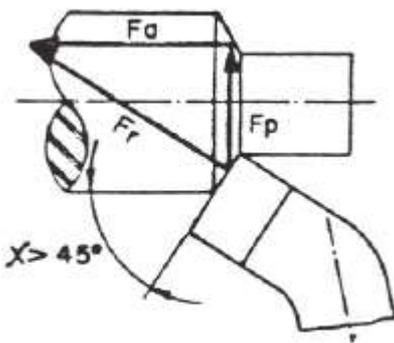


Fig. 54 - Ângulo  $\lambda > 45$ °

Esse ângulo é usado no torneamento de peças compridas e de diâmetros pequenos, porque proporciona pouco esforço radial ( $F_p$ ).

### Ângulo $\lambda = 45^\circ$

A fixação ideal da ferramenta para cilindrar uma peça é posicionar o corpo da ferramenta a  $90^\circ$  em relação ao eixo de simetria da peça e com ângulo de rendimento  $\lambda = 45^\circ$ , salvo em casos especiais (Figura 55).

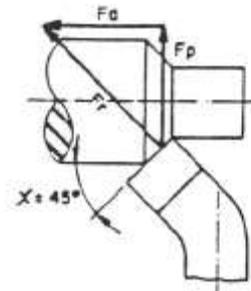


Fig. 55 - Ângulo  $\lambda = 45^\circ$

### Ângulo $\lambda < 45^\circ$

Neste caso, a aresta de corte tem bastante contato com o material (Figura 56). Por isso, o seu desgaste é menor, mas ocasiona grande esforço radial ( $F_p$ ).

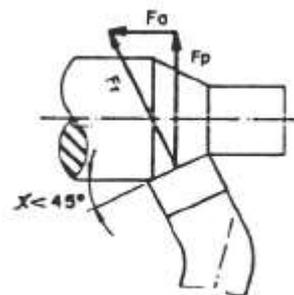


Fig. 56 - Ângulo  $\lambda < 45^\circ$

- ângulo de inclinação de aresta constante ( $\lambda$ ) tem por finalidade controlar a direção de escoamento do cavaco e o consumo de potência, além de proteger a ponta das ferramentas de corte e aumentar seu tempo de vida útil (Figura 57). O ângulo de inclinação pode variar de  $\lambda = -10^\circ$  a  $\lambda = +10^\circ$ .

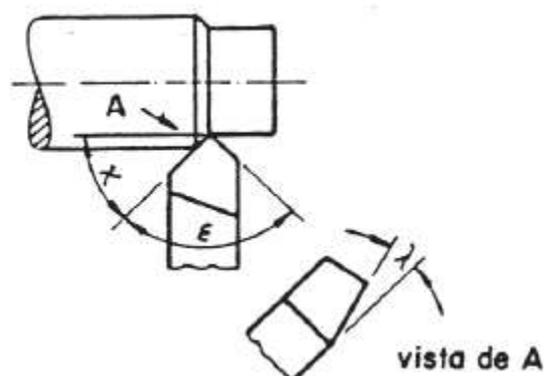


Fig. 57 - Ângulo de inclinação

O ângulo de inclinação pode ser negativo, positivo e neutro.

### Ângulo negativo

Quando a ponta de ferramenta for a parte mais baixa em relação à aresta de corte. É usado nos trabalhos de desbaste e em cortes interrompidos (peças quadradas, com rasgos ou com ressaltos) em materiais duros (Figura 58).

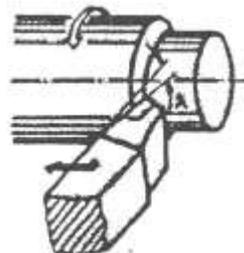


Fig. 58 - Ângulo de negativo

### Ângulo positivo

Dizemos que  $\angle$  é positivo quando a ponta da ferramenta em relação à aresta de corte for a parte mais alta. É usada na usinagem de materiais macios, de baixa dureza (Figura 59).

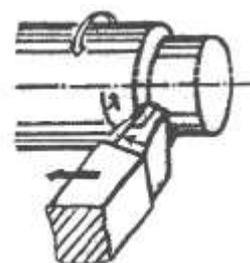


Fig. 59 - Ângulo positivo

### Ângulo neutro

Dizemos que  $\angle$  é neutro quando a ponta da ferramenta está na mesma altura da aresta de corte. É usado na usinagem de matérias duros e exige menor potencia do que  $\angle$  positivo ou negativo (Figura 60).

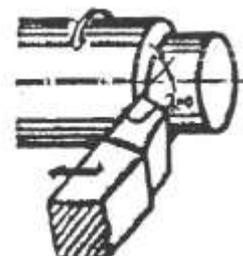


Fig. 60 - Ângulo neutro

## Ângulo em função do material

O fenômeno de corte é realizado pelo ataque da cunha da ferramenta. Nele o rendimento depende dos valores dos ângulos da cunha, pois é esta que corrompe as forças de coesão do material da peça. Experimentalmente, determinaram-se os valores desses ângulos para cada tipo de material da peça.

A tabela 1 nos fornece os valores para os materiais mais comuns.

Tabela 1 - Ângulos recomendados em função do material

Material	Ângulos			
	⟨	®	©	
Aço 1020 até 45N/mm <sup>2</sup>	8	55	27	0 a -4
Aço 1045 até 70N/mm <sup>2</sup>	8	62	20	0 a -4
Aço 1060 acima de 70N/mm <sup>2</sup>	8	68	14	-4
Aço ferramenta 0,9%C	6 a 8	72 a 78	14 a 18	-4
Aço inox	8 a 10	62 a 68	14 a 18	-4
FoFo brinell até 250HB	8	76 a 82	0 a 6	0 a -4
FoFo maleável ferrítico brinell até 150HB	8	64 a 68	14 a 18	0 a -4
FoFo maleável perlítico brinell 160HB a até 240HB	8	72	10	0 a -4
Cobre, latão, bronze (macio)	8	55	27	+4
Latão e bronze (quebradiço)	8	79 a 82	0 a 3	+4
Bronze para bucha	8	75	7	0 a +4
Alumínio	10 a 12	30 a 35	45 a 48	+4
Duralumínio	8 a 10	35 a 45	37 a 45	0 a +4
Duraplástico				
Celeron, baquelite	10	80 a 90	5	+4
Ebonite	15	75	0	+4
Fibra	10	55	25	+4
Termoplásticos				
PVC	10	75	5	+4
Acrílico	10	80 a 90	0	0
Teflon	8	82	0	+4
Nylon	12	75	3	+4



Para saber mais sobre ferramentas de corte para usinagem, consulte a ABNT TB-388:1990

Terminada esta unidade, você já tem condições de conceber o tipo de trabalho realizado na usinagem de torneamento e os equipamentos envolvidos.

Vamos, a seguir, a outro ponto importante: a questão da geração de calor no processo de usinagem e como resolvê-la.



# Ação de lubrificação e refrigeração na usinagem

**Nesta seção...**

A importância da refrigeração no processo de usinagem

2



# A importância da refrigeração no processo de usinagem

A usinagem de um metal produz sempre calor, que resulta do atrito entre ferramenta, cavaco e peça.

As principais fontes de calor no processo de formação de cavaco são decorrentes (Figura 1):

- a) da formação plástica do cavaco na região de cisalhamento;
- b) do atrito do cavaco com a superfície de saída da ferramenta;
- c) do atrito da peça com a superfície de incidência da ferramenta.

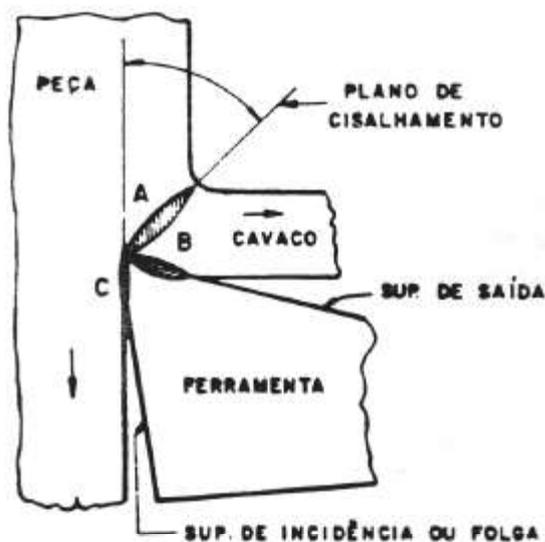


Fig. 1 - Fontes de calor na formação do cavaco

Como as deformações e as forças de atrito se distribuem irregularmente, o calor produzido também se distribui de forma irregular, como representado na figura 2.

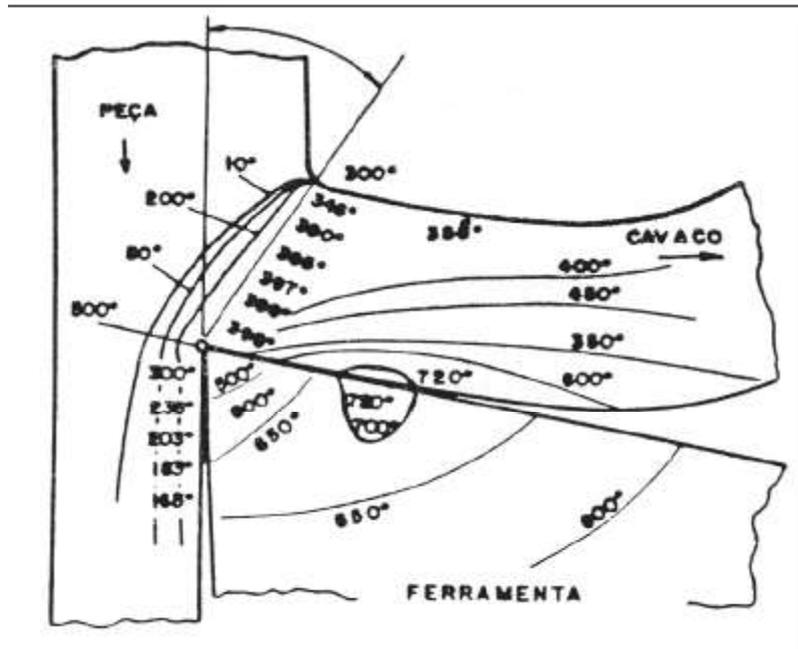


Fig. 2 – Representação da distribuição do calor

A quantidade de calor produzida por essas fontes energéticas é dissipada através do cavaco, da peça, da ferramenta e do ambiente.

O calor assim produzido apresenta dois inconvenientes:

- aumenta a temperatura da parte da ferramenta, o que pode alterar suas propriedades;
- aumenta a temperatura da peça, provocando dilatação, erros de medida, deformações etc.

Para evitar esses inconvenientes, utilizam-se, nas oficinas mecânicas, os fluidos de corte.

## Fluido de corte

Fluido de corte é um líquido composto por várias substâncias que têm a função de introduzir uma melhoria no processo de usinagem dos metais.

A melhoria poderá ser de caráter funcional ou de caráter econômico.

Melhorias de caráter funcional são aquelas que facilitam o processo de usinagem, conferindo-lhe melhor desempenho. São elas:

- redução do coeficiente de atrito entre a ferramenta e o cavaco;
- refrigeração da ferramenta;
- refrigeração da peça em usinagem;
- melhor acabamento superficial da peça em usinagem;
- refrigeração da máquina-ferramenta.

Melhorias de caráter econômico são aquelas que levam a um processo de usinagem mais econômico:

- redução do consumo de energia de corte;
- redução do custo da ferramenta na operação (maior vida útil);
- proteção contra a corrosão da peça em usinagem.

O uso dos fluidos de corte na usinagem dos metais concorre para maior produção, melhor acabamento e maior conservação da ferramenta e da máquina.

## Funções dos fluidos de corte

Os fluidos de corte têm três funções essenciais num processo de usinagem. Lubrificante, refrigerante e anti-soldante.

**Função lubrificante** – durante o corte, o óleo forma uma película entre a ferramenta e o material, impedindo quase que totalmente o contato direto entre eles (Figura 3).

**Função refrigerante** – como o calor passa de uma substância mais quente para outra mais fria, ele é absorvido pelo fluido. Por essa razão, o óleo deve fluir constantemente sobre o corte (Figura 4).

Se o fluido for usado na quantidade e velocidade adequadas, o calor será eliminado quase que imediatamente e as temperaturas da ferramenta e da peça serão mantidas em níveis razoáveis.

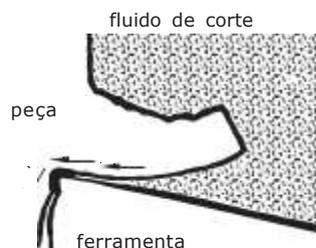


Fig. 3 – Ação lubrificante



Fig. 4 – Ação refrigerante

**Função anti-soldante** – algum contato, de metal com metal, sempre existe em áreas reduzidas. Em vista da alta temperatura nestas áreas, as partículas de metal podem soldar-se à peça ou ferramenta, prejudicando o seu corte.



*Para evitar a solda, enxofre, cloro ou outros produtos químicos podem ser adicionados ao fluido.*

## Tipos de fluidos de corte

As denominações dadas às funções de fluido de corte designam, também, os tipos de fluido. Daí eles serem classificados em fluidos refrigerantes, fluido lubrificante e fluidos refrigerantes lubrificantes.

Como fluidos refrigerantes usam-se, de preferência:

- ar insuflado ou ar comprimido, mais usado nos trabalhos de rebolos;
- água pura ou misturada com sabão comum, mais usada na afiação de ferramentas, nas esmerilhadoras.



*Rebolo é uma ferramenta usada no processo de retificação*



*Não é recomendável o uso de água na função de refrigerante nas máquinas-ferramentas por causa da oxidação das peças.*

Como fluidos lubrificantes, os mais usados são os óleos. São aplicados, geralmente, quando se deseja dar passes pesados e profundos, em que a ação da ferramenta contra a peça produz calor.

Como fluido refrigerante lubrificante, o mais utilizado é uma mistura de aspecto leitoso contendo água (como refrigerante) e de 5 a 10% de óleo solúvel (como lubrificante). Esses fluidos são, ao mesmo tempo, lubrificantes e refrigerantes, agindo, porém, muito mais como refrigerantes, em vista de conterem grande proporção de água. São usados de preferência em trabalhos leves.

A tabela 1 contém os fluidos de corte recomendados de acordo com o trabalho a ser executado.

Tabela 1 – Fluidos de corte

MATERIAIS	DUREZA BRINELL	FLUIDOS
<b>AÇOS</b>		
Aço para cementação	100-140	Óleo solúvel 5% ou óleo de corte
Aço para construção sem liga	100-225	
Aço para construção com liga	220-265	
Aço fundido	250	
Aço para ferramenta sem liga	180-210	
Aço para ferramenta com liga	220-240	
Aço para máquinas automáticas	140-180	
Aço para mola	290	Óleo de corte
Aço inoxidável	150-200	Óleo de corte sulfurado
<b>FUNDIDOS</b>		
Ferro fundido	125-290	A seco ou óleo solúvel 2,5%
Ferro nodular	100-125	Óleo de corte ou solúvel 5%
<b>NÃO-FERROSOS</b>		
Cobre com 1% de chumbo Liga: cobre 70% + níquel 30%		A seco ou óleo solúvel 2,5%
Latão para máquinas automáticas		
Latão comum		
Bronze ao chumbo		
Bronze fosforoso		
Bronze comum		
Alumínio puro Silumino (alumínio duro) Duralumínio Outras ligas de alumínio		Óleo de corte com 50% de querosene
Magnésio e ligas		A seco

Vamos, na próxima unidade, aprofundar questões relacionadas ao trabalho com a peça, ou seja, ao processo de torneamento, envolvendo diferentes cálculos relacionados ao corte.



# Parâmetros de corte

Principais parâmetros de corte para  
o processo de torneamento

Tempo de fabricação

3



# Principais parâmetros de corte para o processo de torneamento

Parâmetros de corte são grandezas numéricas que definem, na usinagem, os diferentes esforços, velocidades, etc. a serem empregados. Eles nos auxiliam na obtenção de uma perfeita usinabilidade dos materiais, com a utilização racional dos recursos oferecidos por uma determinada máquina-ferramenta.

No quadro 1 estão os parâmetros de corte utilizados para as operações de torneamento.

Parâmetro	Símbolo
Avanço	A
Profundidade de corte	P
Área de corte	S
Tensão de ruptura	Tr
Pressão específica de corte	Ks
Força de corte	Fc
Velocidade de corte	Vc
Potência de corte	Pc

Quadro 1 – Parâmetros de corte

---

*Na maioria dos livros que tratam do assunto "usinagem", o símbolo para a força de corte é  $F_c$  e para a potência de corte é  $N_c$ . Adotamos, porém, a simbologia acima para efeito didático.*

---

Vejamos, então, cada parâmetro de corte separadamente e sua respectiva utilização nas operações de torneamento.

# Avanço (A)

O avanço, por definição, é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em cada volta de 360° de uma peça (avanço em mm/rotação), conforme figura 01, ou por unidade de tempo (avanço em mm/minuto), conforme figura 02.

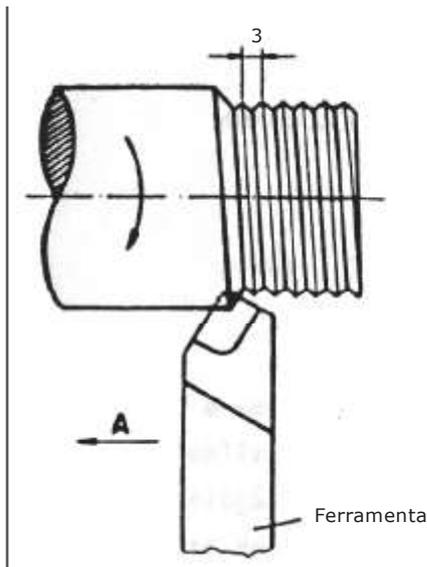


Fig. 1 - Avanço em mm/rotação  
A = 3mm/rot. (A cada volta de 360° da peça, a ferramenta se desloca 3mm)

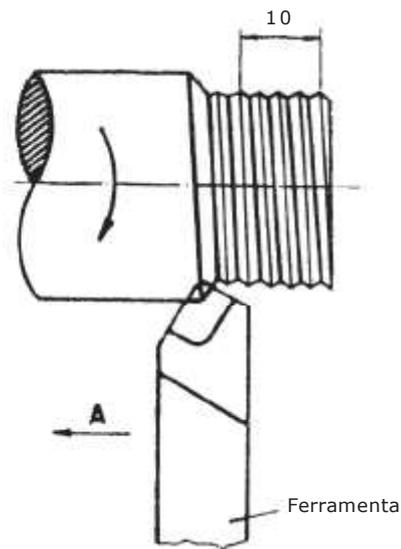


Fig. 2 - Avanço em mm/min  
A = 10mm/min. (A cada minuto de usinagem, a ferramenta se desloca 10mm)

A escolha do avanço adequado deve ser feita levando-se em consideração o material, a ferramenta e a operação que será executada na usinagem. Os fabricantes de ferramentas trazem em seus catálogos os avanços adequados, já levando em consideração as variáveis acima citadas, testadas em laboratório.

Quando tem-se a unidade de avanço em mm/rot. e se deseja passar para mm/min. (ou vice e versa), utiliza-se a seguinte relação:

$$\text{Avanço (mm/min.)} = \text{Rotação por minutos} \times \text{Avanço (mm/rot.)}$$

Ilustrativamente, apresentaremos alguns valores na tabela 1, que foi confeccionada em laboratório, após vários testes realizados, e leva em consideração o grau de rugosidade em relação ao avanço e raio da ponta da ferramenta, facilitando o estabelecimento do avanço adequado nas operações de torneamento.

Tabela 1- Grau de rugosidade x avanço x raio da ponta da ferramenta

RAIO DA CURVATURA DA PONTA DA FERRAMENTA (mm)	Acabamento fino			CLASSES DE OPERAÇÕES			SISTEMA DE LEITURA Aparelho Senai	
	0,4	1,6	6,3	3,2	6,3	12,5	Ra (CLA)	MICRONS - mm
0,10	0,03	0,07	0,09	0,09	0,11	0,14	Rt	MICRONS - INCHES
0,15	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	Rt	
0,20	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	Rt	
0,25	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	Rt	
0,40	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	Rt	
0,50	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	Rt	
0,60	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	Rt	
0,80	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	Rt	
1,00	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	Rt	
1,20	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	Rt	
1,50	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	Rt	
2,00	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	Rt	
2,40	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	Rt	
4,50	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56	Rt	

FÓRMULAS	
Rugosidade em (H-R-Rt)	$R = \frac{S_2}{4}$
Avanço em mm	$S = \sqrt[4]{R}$
em mm	

- Dados de fabricação

## Profundidade de corte (P)

Trata-se da grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, possibilitando a remoção de certa quantidade de cavaco (Figura 3).

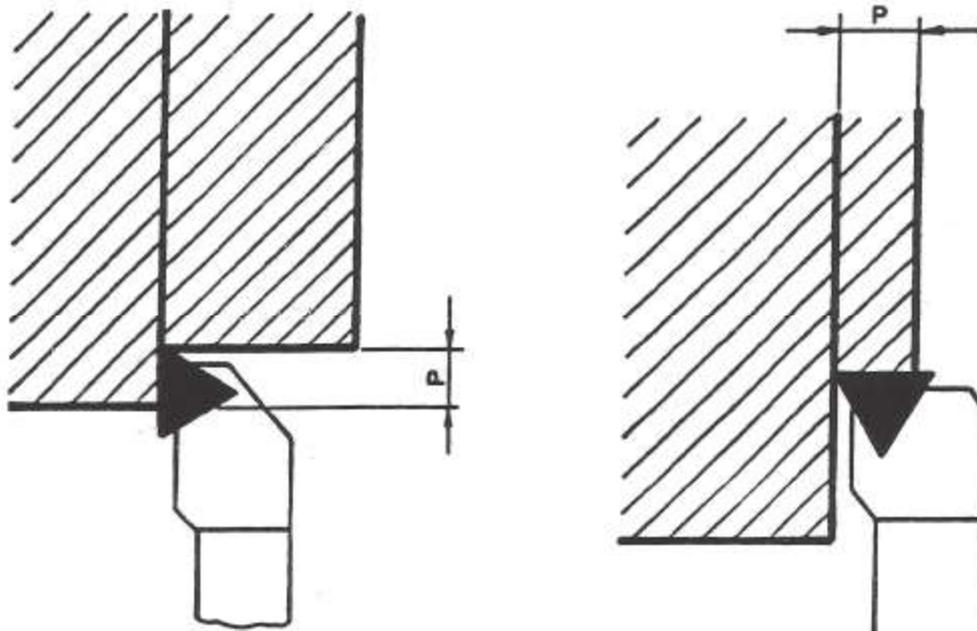


Fig. 3 - Profundidade de corte (P)

## Área de corte (S)

Constitui a área calculada da secção do cavaco que será retirada, definida como o produto da profundidade de corte (P) com o avanço (A) (Figura 4).

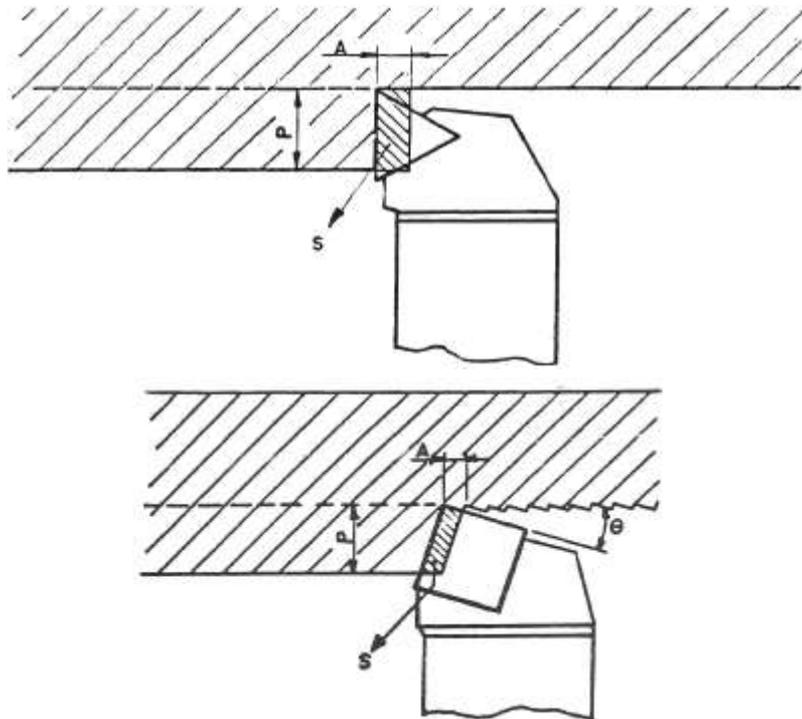


Fig. 4 - Área de corte (S)

Onde:

P = mm

A = mm/rot.

Então:

$$S = P \times A$$

## Tabela de tensão de ruptura (Tr)

É a máxima tensão (força) aplicada em um determinado material, antes do seu completo rompimento, tensão esta que é medida em laboratório, com aparelhos especiais. A unidade de tensão de ruptura é o kg/mm<sup>2</sup>.

Apresentamos, a seguir, a tabela 2 com os principais materiais comumente utilizados em usinagem e suas respectivas tensões de ruptura. Ela serve para consultas constantes em nosso estudo.

Tabela 2- Tabela de tensão de ruptura (Tr)

<b>Material que será usado</b>	<b>Tensão de Ruptura (kg/mm<sup>2</sup>)</b>
Alumínio-bronze (fundido)	46 a 56
Alumínio	42
Bronze-manganês	42-49
Bronze-fósforo	35
Inconel	42
Metal (Monel) (Fundido)	53
Nicrome	46
Ferro Fundido Especial	28 a 46
Ferro Maleável (Fundido)	39
Aço sem liga	49
Aço-liga fundido	63-41
Aço-carbono:	
SAE 1010 (laminado ou forjado)	40
SAE 1020 (laminado ou forjado)	46
SAE 1030 (laminado ou forjado)	53
SAE 1040 (laminado ou forjado)	60
SAE 1060 (laminado ou forjado)	74
SAE 1095 (laminado ou forjado)	102
Aço-carbono de corte fácil:	
SAE 1112 (laminado ou forjado)	50
SAE 1120 (laminado ou forjado)	49
Aço-manganês:	
SAE 1315 (laminado ou forjado)	51
SAE 1340 (laminado ou forjado)	77
SAE 1350 (laminado ou forjado)	84
Aço-níquel:	
SAE 2315 (laminado ou forjado)	60
SAE 2330 (laminado ou forjado)	67
SAE 2340 (laminado ou forjado)	77
SAE 2350 (laminado ou forjado)	92
Aço-cromo-níquel:	
SAE 3115 (laminado ou forjado)	53
SAE 3135 (laminado ou forjado)	74
SAE 3145 (laminado ou forjado)	81
SAE 3240 (laminado ou forjado)	102
Aço-molibdênio:	
SAE (laminado ou forjado)	54
SAE 4140 (laminado ou forjado)	92
SAE 4340 (laminado ou forjado)	194
SAE 4615 (laminado ou forjado)	58
SAE 4640 (laminado ou forjado)	84
Aço-cromo:	
SAE 5120 (laminado ou forjado)	70
SAE 5140 (laminado ou forjado)	81
SAE 52100 (laminado ou forjado)	106
Aço-cromo-vanádio:	
SAE 6115 (laminado ou forjado)	58
SAE 6140 (laminado ou forjado)	93
Aço-silício-manganês:	
SAE 9255 (laminado ou forjado)	94
Aço inoxidável	84-159

# Pressão específica de corte (Ks)

É, por definição, a força de corte para a unidade de área de seção de corte (S). Também é uma variável medida em laboratório, obtida mediante várias experiências, onde se verificou que a pressão específica de corte depende dos seguintes fatores: material empregado (resistência); seção de corte; geometria da ferramenta; afiação da ferramenta; velocidade de corte; fluido de corte e rigidez da ferramenta.

Na prática, utilizam-se tabelas e diagramas que simplificam o cálculo desse parâmetro de corte. Apresentamos, a seguir, uma tabela, na figura 5, para a obtenção direta da pressão específica de corte (Ks), em função da resistência (tensão de ruptura) dos principais materiais e dos avanços empregados comumente nas operações de torneamento, bem como para ângulo de posição da ferramenta de 90°. Para diferentes ângulos de posição da ferramenta, não há necessidade de correção do valor de Ks, pois as diferenças não são significativas.

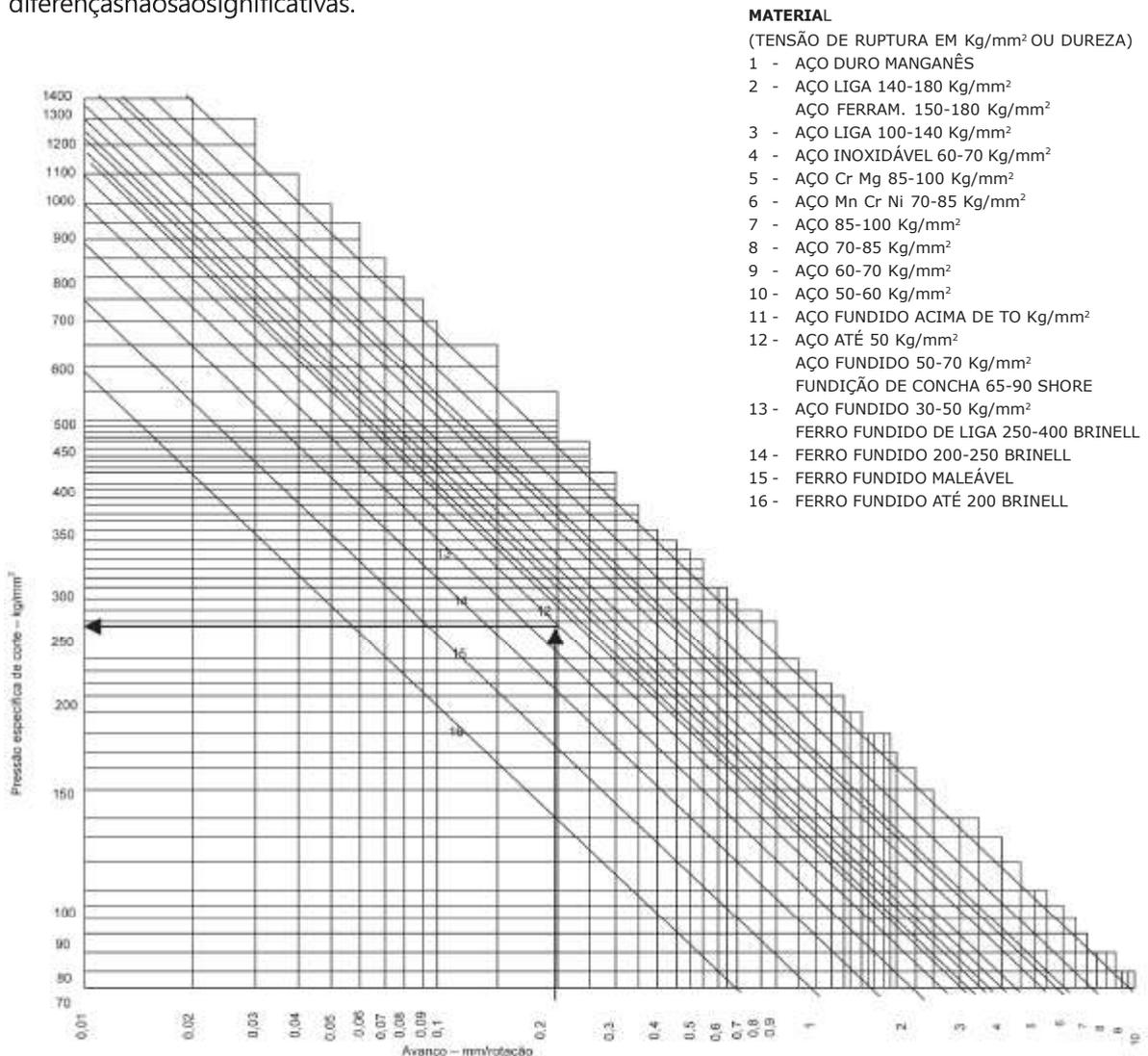


Fig. 5 - Diagrama de obtenção pressão específica de corte (Ks)

## Como utilizar a tabela

- a) Definir o material que se quer usar.
- b) Definir o avanço em mm/rot para a usinagem.
- c) Definir tensão de ruptura ( $Tr$ ) do material a ser usinado, utilizando tabela específica. (Tabela 2)
- d) Aplicar o valor da tensão de ruptura achado, na relação de material na tabela da pressão específica de corte ( $Ks$ ) (Figura 5), determinado-se assim uma das 16 retas do gráfico.
- e) Procurar o avanço empregado em mm/rot. no eixo das abscissas.
- f) Traçar uma linha até interceptar a reta determinada no item (d) e passar uma perpendicular até o eixo das ordenadas, determinado-se assim o  $Ks$  em  $Kg/mm^2$ .

Exemplo:

Usinar uma peça cujo material é aço SAE 1020, forjado, com um avanço de 0,2 mm/rot. Vamos até à tabela da tensão de ruptura e localizamos o material e sua respectiva  $Tr$ .

Aço-carbono:

SAE 1010 (laminado ou forjado)	40
<b>SAE 1020 (laminado ou forjado)</b>	<b>46</b>
SAE 1030 (laminado ou forjado)	53
SAE 1040 (laminado ou forjado)	60
SAE 1060 (laminado ou forjado)	74
SAE 1095 (laminado ou forjado)	102

Para aços SAE 1020, forjado  $\square Tr = 46 \text{ kg/mm}^2$

Com o valor de  $Tr = 46 \text{ kg/mm}^2$  (resistência), vamos até a tabela de  $Ks$  e determinamos a reta do material empregado.

Para isso, devemos verificar na legenda o número da reta indicada para o material com  $Tr = 46 \text{ Kg/mm}^2$ .

## Material

(Tensão de ruptura em  $Kg/mm^2$  ou dureza)

1 – AÇO DURO-MANGANÊS

2 – AÇO-LIGA 140-180  $kg/mm^2$

AÇO-FERRAM. 150-180  $kg/mm^2$

3 – AÇO-LIGA 100-140  $kg/mm^2$

- 4 – AÇO-INOXIDÁVEL 60-70 kg/mm<sup>2</sup>
- 5 – AÇO-Cr. –Mo. 95-100 kg/mm<sup>2</sup>
- 6 – AÇO-Mn. – Cr. 70-85 kg/mm<sup>2</sup>
- 7 – AÇO 85-100 kg/mm<sup>2</sup>
- 8 – AÇO 70-85 kg/mm<sup>2</sup>
- 9 – AÇO 60-70 kg/mm<sup>2</sup>
- 10 – AÇO 50-60 kg/mm<sup>2</sup>
- 11 – AÇO FUNDIDO ACIMA DE 70 kg/mm<sup>2</sup>

**12 – AÇO ATÉ 50 kg/mm<sup>2</sup>**

- AÇO FUNDIDO 50-70 kg/mm<sup>2</sup>
- FUNDIDO DE CONCHA 65-90 SHORE
- 13 – AÇO FUNDIDO 30-50 kg/mm<sup>2</sup>
- FERRO FUNDIDO DE LIGA 250-400 BRINELL
- 14 – FERRO FUNDIDO 200-250 BRINELL
- 15 – FERRO FUNDIDO MALEÁVEL
- 16 – FERRO FUNDIDO ATÉ 200 BRINELL

**Então, para aços até 50 kg/mm<sup>2</sup>, temos a reta número 12. O avanço já foi dado = 0,2mm/rot.**

Finalmente entramos com esses valores no gráfico de Ks. A partir da abscissa (eixo denominado Avanço – mm/rotação) traçamos uma reta vertical até atingirmos a reta diagonal com número 12 (obtido anteriormente). Nesse ponto de intersecção, seguir com uma reta horizontal e paralela ao eixo das abscissas até tocar um ponto no eixo das coordenadas (Pressão específica de corte). A reta tocou no valor 250, o que significa que temos um Ks = 250 Kg/mm<sup>2</sup>.

## Força de corte (Fc)

A força de corte Fc (também conhecida por força principal de corte) é, por definição, a projeção da força de usinagem sobre a direção de corte, conforme a figura 6.

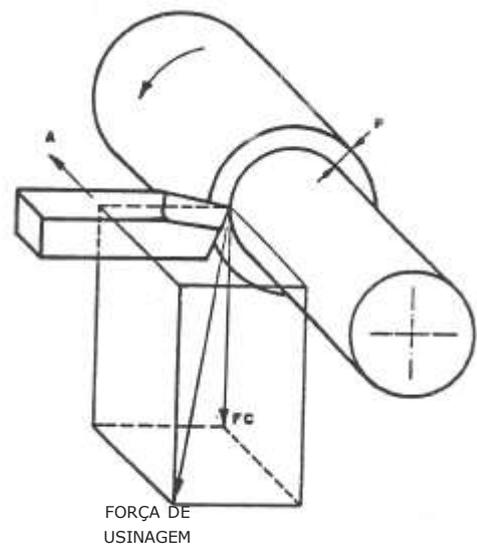


Fig. 6 – Força de corte

Esse parâmetro resulta do produto da pressão específica de corte ( $K_s$ ) com a área de corte ( $S$ ). A unidade é dada em kgf. Então:

$$F_c = K_s \times S \quad \text{ou}$$

$$F_c = K_s \times P \times A \quad (\text{pois } S = P \times A)$$

Lembrando:

$P$  = profundidade de corte (mm)

$A$  = avanço (mm/rot.)

## Velocidade de corte ( $V_c$ )

Por definição, a velocidade de corte ( $V_c$ ) é a velocidade circunferencial ou de rotação da peça. Dizemos, então, que em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme a figura 7.

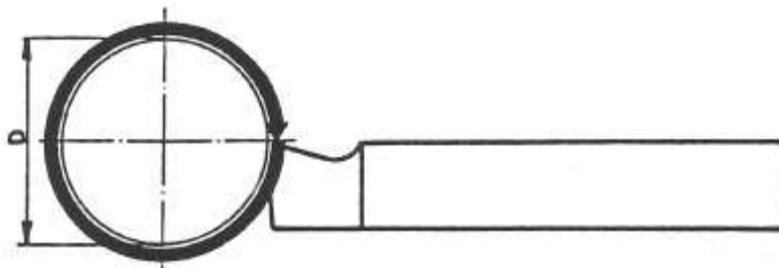


Fig. 7 - Representação do movimento circunferencial

A velocidade de corte é importantíssima no estabelecimento de uma boa usinabilidade do material (quebra de cavaco, grau de rugosidade e vida útil da ferramenta) e varia conforme o tipo de material; classe do inserto; a ferramenta e a operação de usinagem. É uma grandeza numérica diretamente proporcional ao diâmetro da peça e à rotação do eixo-árvore, dada pela fórmula:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

Onde:

Vc = velocidade de corte (metros/minuto)

$\pi$  = constante = 3,1416

D = diâmetro (mm)

N = rotação do eixo-árvore (rpm)

A maioria dos fabricantes de ferramenta informa, em tabela, a Vc em função do material e da classe do inserto utilizado. Nesse caso, calcula-se a rotação do eixo-árvore pela fórmula:

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

Exemplo:

Utilizando-se uma Vc = 160m/min, qual é a rotação do eixo-árvore para a usinagem de uma peça de 60mm de diâmetro?

$$N = \frac{160 \cdot 1000}{\pi \cdot 60}$$

$$N \approx 849 \text{ rpm}$$

Tabelas de velocidades de corte destinadas à usinagem seriada de grandes lotes são tabelas completas que levam em conta todos os fatores que permitem trabalhar com parâmetros muito perto dos valores ideais. Podemos contar também com tabelas que levam em conta apenas o fator mais representativo, ou o mais crítico, possibilitando a determinação dos valores de usinagem de maneira mais simples e rápida (Tabela 3).

Tabela 3 - Velocidades de corte (Vc) para torno (em metros por minuto)

Materiais	Ferramentas de aço rápido			Ferramentas de carboneto-metálico	
	Desbaste	Acabamento	Roscar Recartilhar	Desbaste	Acabamento
Aço 0,35%C	25	30	10	200	300
Aço 0,45%C	15	20	8	120	160
Aço extraduro	12	16	6	40	60
Ferro fundido maleável	20	25	8	70	85
Ferro fundido gris	15	20	8	65	95
Ferro fundido duro	10	15	6	30	50
Bronze	30	40	10-25	300	380
Latão e cobre	40	50	10-25	350	400
Alumínio	60	90	15-35	500	700
Fibra e ebonite	25	40	10-20	120	150

Visando facilitar o trabalho, costuma-se utilizar tabelas relacionando velocidade de corte e diâmetro de material, para a determinação da rotação ideal. Vejamos um tipo na tabela 4.

Tabela 4 – Rotações por minuto (rpm)

V m/min	Diâmetro do material em milímetros											
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
6	318	191	96	64	48	38	32	27	24	21	19	16
9	477	287	144	96	72	57	48	41	36	32	29	24
12	636	382	191	127	96	76	64	54	48	42	38	32
15	794	477	238	159	119	96	80	68	60	53	48	40
19	1108	605	303	202	152	121	101	86	76	67	60	50
21	1114	669	335	223	168	134	112	95	84	74	67	56
24	1272	764	382	255	191	152	128	109	96	85	76	64
28	1483	892	446	297	223	178	149	127	112	99	89	75
30	1588	954	477	318	238	190	159	136	119	106	95	80
36	1908	1146	573	382	286	230	191	164	143	127	115	96
40	2120	1272	636	424	318	254	212	182	159	141	127	106
45	2382	1431	716	477	358	286	239	205	179	159	143	120
50	2650	1590	795	530	398	318	265	227	199	177	159	133
54	2860	1720	860	573	430	344	287	245	215	191	172	144
60	3176	1908	954	636	477	382	318	272	239	212	191	159
65	3440	1070	1035	690	518	414	345	296	259	230	207	173
72	4600	2292	1146	764	573	458	382	327	287	255	229	191
85	4475	2710	1355	903	679	542	452	386	339	301	271	226
120	6352	3816	1908	1272	945	764	636	544	477	424	382	318
243	12900	7750	3875	2583	1938	1550	1292	1105	969	861	775	646

Vamos a um exemplo prático, considerando desbaste e acabamento, tomando as tabelas 3 e 4 e as fórmulas já apresentadas.

Para determinar a N (rpm) necessária para usinar um cilindro de aço 1020, com uma ferramenta de aço rápido, conforme desenho da figura 8, onde o valor de Ø100, "maior", é para desbaste, enquanto o de Ø95, "menor", é para acabamento.

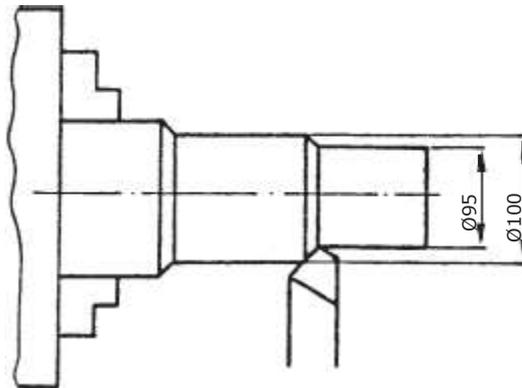


Fig. 8 - Desbaste e acabamento

Reúnem-se todos os dados necessários:

- Para desbaste {
  - Ø de desbaste
  - Vc de desbaste
  
- Para acabamento {
  - Ø de acabamento
  - Vc de acabamento

- A velocidade de corte obtém-se pela tabela.
- Monta-se a fórmula e substituem-se os valores.

### Solução para desbaste

$$D = 100 \text{ mm} \quad (\text{Valor obtido na figura 8})$$

$$V_c = 25 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (\text{Valor obtido na tabela 3 onde para materiais de aço 0,35\%C o desbaste com ferramentas de aço rápido indica } V_c = 25)$$

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000 \text{ mm}}{\pi \text{ mm} \cdot \text{min} \cdot 100} = 80 \frac{\text{l.}}{\text{min}}$$

$n \approx 80 \text{ rpm}$

## Soluções para acabamento

$$D = 95 \text{ mm} \quad (\text{Valor obtido na figura 8})$$

$$V_c = 30 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (\text{Valor obtido na tabela 3})$$

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$N = \frac{30 \cdot 1000 \text{ mm}}{95 \cdot \pi \text{ mm} \cdot \text{min}} = 100 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n = 100 \text{ rpm}$$

## Potência de corte ( $P_c$ )

Potência de corte é a grandeza despendida no eixo-árvore para a realização de uma determinada usinagem. É um parâmetro de corte que nos auxilia a estabelecer o quanto podemos exigir de uma máquina-ferramenta para um máximo rendimento, sem prejuízo dos componentes dessa máquina, obtendo-se assim uma perfeita usinabilidade.

É diretamente proporcional à velocidade de corte ( $V_c$ ) e à força de corte ( $F_c$ ).

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \quad \text{onde:} \quad F_c = K_s \cdot P \cdot A$$

$$P_c = \frac{K_s \cdot P \cdot A \cdot V_c}{\eta \cdot 4500}$$

onde:  $K_s$  = pressão específica de corte ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )  
 $P$  = profundidade de corte (mm)  
 $A$  = avanço (mm/rot.)  
 $V_c$  = velocidade de corte (m/min)  
 $\eta$  = rendimento da máquina (%)  
 $P_c$  = potência de corte (CV)

Note que a  $P_c$  (potência de corte) é dada em CV (cavalo-vapor), utilizando-se corretamente os outros parâmetros em suas unidades mencionadas acima.



### **O rendimento ( $\eta$ )**

*Geralmente, em máquinas novas, tem-se um rendimento entre 70% e 80% (0,7 a 0,8). Em máquinas usadas, um rendimento entre 50% e 60% (0,5 a 0,6).*

*O rendimento é uma grandeza que leva em consideração as perdas de potência da máquina por atrito, transmissão, etc.*

Quando se deseja obter a potência de corte ( $P_c$ ) em kw (quilowatt), basta transformar a unidade (da  $P_c$  que é CV) pela relação:

$$1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kw}$$

O HP é também uma unidade de potência, e podemos considerar que  $1 \text{ HP} = 1 \text{ CV}$ .

Na prática, também é fornecida a potência do motor principal da máquina-ferramenta. Então, no lugar de calcularmos a  $P_c$  (potência de corte) e compararmos o resultado com a potência do motor, aplicamos a fórmula para o cálculo da profundidade de corte ( $P$ ) permitida de acordo com a potência fornecida pela máquina.

$$P = \frac{P_c \cdot \eta \cdot 4500}{K_S \cdot A \cdot V_C}$$

Visando consolidar o entendimento, vamos a um exemplo para cálculo da profundidade de corte ( $P$ ).

Dados:

- potência da máquina: 35kw
- $K_s = 230 \text{ kg/mm}^2$
- $A = 0,3 \text{ mm/rot.}$
- $V_c = 180 \text{ m/min.}$
- $\eta = 0,8$  (máquina nova)

Observe que não é dado o valor da potência de corte ( $P_c$ ), mas já foi indicado que  $P_c$  pode ser dada em cavalo-vapor (CV) que, por sua vez, pode ser transformada em kw e vice-versa.

Então, primeiramente, vamos obter  $P_c$  a partir de kw.

$$1 \text{ CV} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,736 \text{ kw}$$

$$X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 35 \text{ kw}$$

$$X = \frac{35}{0,736} \rightarrow \boxed{X = 47,55 \text{ CV}}$$

Agora, aplicamos todos os valores à fórmula.

$$P = \frac{47,55 \times 0,8 \times 4500}{230 \times 0,3 \times 180}$$

$P = 13,78$

$P = 13 \text{ mm}$

Logo, a máxima profundidade de corte (P) permitida nas condições acima, para uma potência do motor principal da máquina de 35 kw (47,55 CV), é de 13mm.

### Observação

*A fórmula apresentada, na prática, é a mais utilizada, pois sempre é fornecida a potência nominal da máquina.*

## Tempo de fabricação

O tempo de fabricação abarca desde o começo até a entrega do produto de uma tarefa que não tenha sofrido interrupção anormal em nenhuma de suas etapas.

O tempo de fabricação engloba tempos de características diferentes, dentre os quais consta o tempo de usinagem propriamente dito, tecnicamente chamado tempo de corte (Tc).

Senão, vejamos: preparar e desmontar a máquina se faz uma única vez por tarefa; já o corte se repete tantas vezes quantas forem as peças.

Fixar, medir, posicionar resultam em tempo de manobra, operações necessárias, mas sem dar progresso na conformação da peça. Também podemos ter desperdícios de tempo ocasionados por quebra de ferramentas, falta de energia etc.

Vamos então, ao estudo de uma variável importante para a determinação do tempo de fabricação: o tempo de corte (Tc).

# Tempo de corte (Tc)

Também chamado tempo principal, é aquele em que a peça se transforma tanto por conformação (tirar material) como por deformação.

Nesta unidade só trataremos do cálculo do tempo de corte (Tc) em que a unidade usual e adequada é o segundo ou o minuto.

$$T_c = [s; \text{min}]$$

## Cálculo do tempo de corte (Tc)

Inicialmente, antes de vermos o tempo de corte propriamente dito, vamos recordar como se processa o cálculo do tempo em física.

O tempo (t) necessário para que um objeto realize um movimento é o quociente de uma distância S (comprimento) por uma velocidade V.

Se pensarmos no nosso trabalho, especificamente, o tempo para que a ferramenta execute um movimento é  $\frac{S \text{ (comprimento do corte)}}{V \text{ (avanço)}}$ .

### Exemplo

Um comprimento de 60mm deve ser percorrido por uma ferramenta com a velocidade (avanço) de 20mm/min.

Qual o tempo necessário para percorrer essa distância?

### Solução

Fórmula geral  $t = \frac{S}{V}$

$$t = \frac{60\text{mm} \cdot \text{min}}{20\text{mm}} = 3 \text{ min}$$

Vejamos agora, a fórmula do Tc, considerando tais relações entre comprimento e velocidade.

Normalmente, o avanço (a) é caracterizado por milímetros de deslocamento por volta. Através da fórmula do tempo, vemos que velocidade de avanço (Va) pode ser determinada pelo produto do avanço (mm) e da rotação (rpm).

$$V_a = a \cdot n \quad \left[ \frac{\text{mm} \cdot \cancel{\text{r}}}{\cancel{\text{min}}} \right]$$

Portanto, a fórmula para o cálculo do tempo de corte pode ser:

$$T_c = \frac{S}{a \cdot n} \quad [\text{min}]$$

Conforme o desenho e a notação da figura 9, e levando em conta o número de passes (i), podemos ter a fórmula completa:

$$T_c = \frac{L \cdot i}{a \cdot N} \quad [\text{min}]$$

Onde: L = eixo de comprimento  
 i = nº de passes (movimentos)  
 a = avanço  
 N = rotação por minuto

Vejamos um exemplo de aplicação desta fórmula em um processo de torneamento longitudinal.

## Torneamento longitudinal

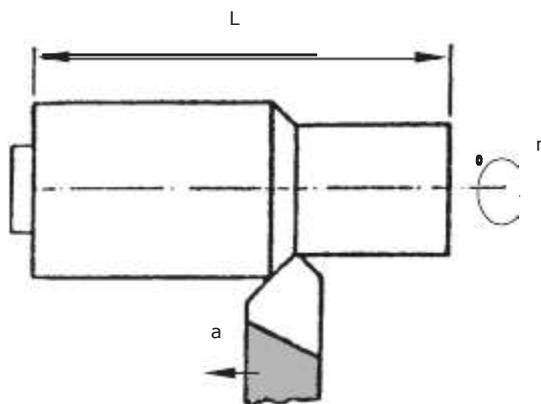


Fig. 9 – Torneamento longitudinal

### Exemplo

Um eixo de comprimento  $L = 1\,350\text{ mm}$ ;  $V_c = 14\text{ m/min}$ ; diâmetro  $\varnothing = 95\text{ mm}$ ; avanço  $a = 2\text{ mm}$ , deve ser torneado longitudinalmente com 3 passes.

Rotações da máquina:

24 – 33,5 – 48 – 67 – 96 – 132/min

Calcule

- a) rpm
- b) Tempo de corte  $T_c$

Solução

1º passo: calcular  $N = \text{rpm}$

$$a) N = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

$$N = \frac{14 \cdot 1000}{95\text{mm} \cdot \pi} = 46,93/\text{min}$$

$$N = 48$$

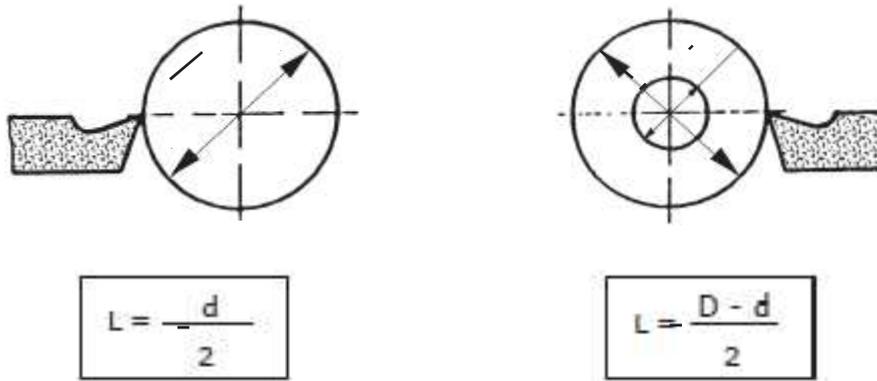
2º passo: calcular o Tempo de corte

$$b) T_c = \frac{L \cdot i}{a \cdot n}$$

$$T_c = \frac{1350\text{ mm} \cdot 3}{2\text{mm} \cdot 48} = 42\text{ min}$$

## Torneamento transversal

O cálculo de  $T_c$  neste tipo de torneamento é o mesmo que para o torneamento longitudinal, sendo que o comprimento  $L$  é calculado em função do diâmetro da peça (Figura 10).



10 - Torneamento transversal

Agora que terminamos a apresentação dos diversos elementos e procedimentos envolvidos no torneamento, vamos à prática.

# **Delineamento e aplicação prática**

**Nesta seção...**

Caso prático

Seqüência lógica para usinagem do eixo

Seqüência lógica para usinagem da luva

# 4



# Caso prático

Chegou a hora de colocar a "mão na massa", com a prática em oficina. Para tanto, vamos ao desafio: tornear o conjunto apresentado na figura 1, o desenho de conjunto 197-operador, que se apresenta de forma mais detalhada na figura 2.

O conjunto é formado por duas peças: eixo e luva.

A prática envolverá diversas operações de torneamento, destacando:

Fixação de peça na placa Universal

Faceamento

Furo de centro

Fixação de peça entre placa e ponta

Fixação de peça entre pontas

Torneamento de canal

Tornear superfície cônica externa

Abrir rosca externa

Furação

Broqueamento

Calibrar furo com alargador

Tornear peça presa em mandril

As operações estão desenvolvidas em seqüências lógicas: 15 seqüências lógicas para o torneamento do eixo e 9 para o da luva.

Tais seqüências são um delineamento detalhado, desenvolvido para cada peça do conjunto (eixo e luva).

Interprete os desenhos técnicos mecânicos nas figuras 1 e 2 e vamos em frente.

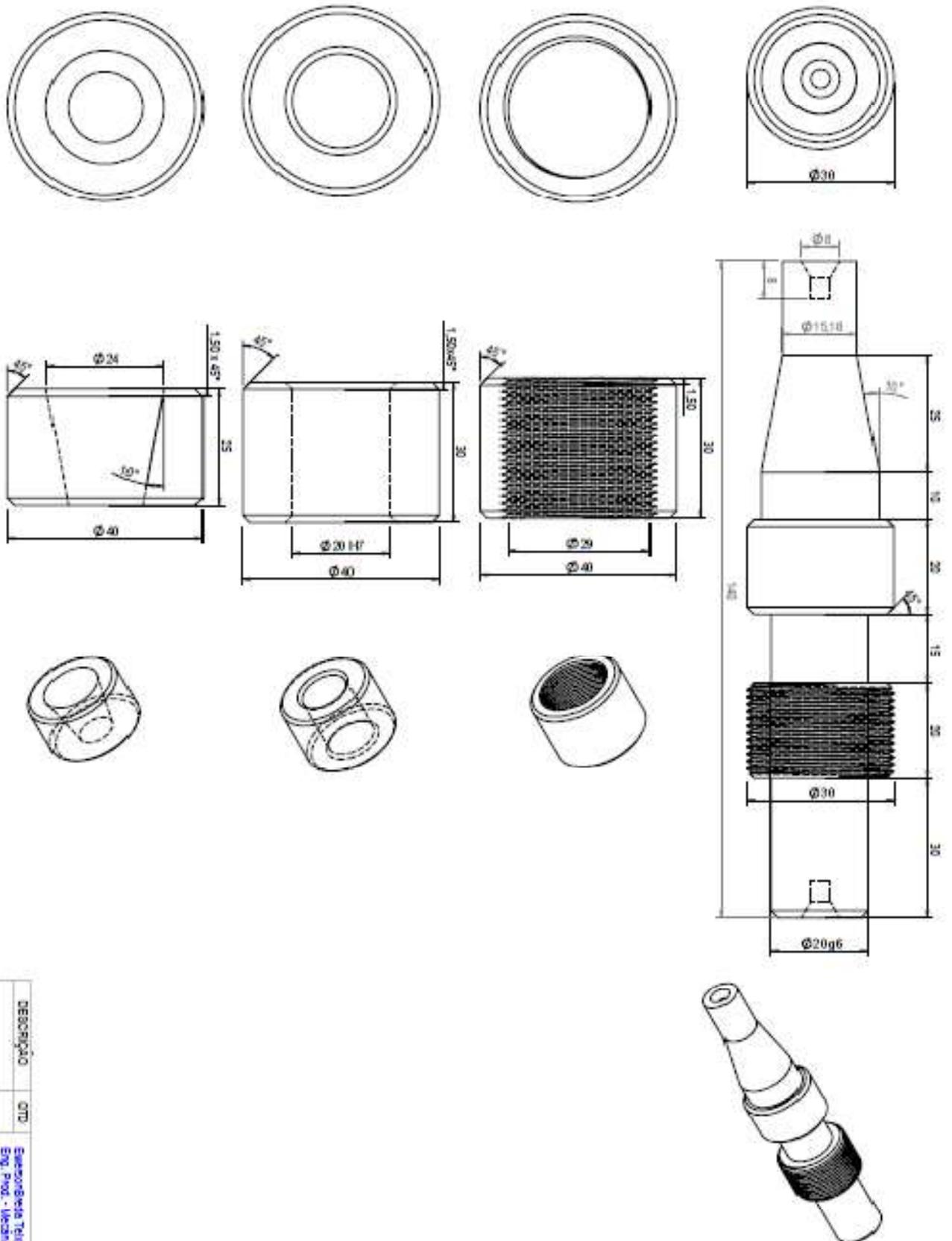


*Analizando as peças, conclui-se que elas serão montadas com ajustes determinados. Assim sugerimos que se inicie a usinagem pela peça nº 01 eixo, visando facilitar o ajuste do furo da peça nº 02 no momento de sua usinagem. Logo, poderemos testar o ajuste, ainda com a luva montada no torno.*

Eixo e luvas

Materiais 1 peça Trefilado aço ABNT 1020  $\phi$  1 1/4" x 145mm

3 peças Trefilado aço ABNT 1020  $\phi$  1 1/4" x 35mm



DESCRIÇÃO	QTD
Engenharia Técnica Eng. Prod. - Mecânica ORELA-OP-503240/177 Registro Nacional: 20.0305-02	

CONSULTADO Cassilas temos a tabela abaixo de ajustes para furo H7

Diâmetro 18 a30 temos a tolerância para furo H7  $\begin{matrix} + 0,021^* \\ 0,000 \end{matrix}$  e eixo g6  $\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,020^* \end{matrix}$  para o ajuste pedido no desenho Fig 2

**\* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA**

DIAMETROS NOMINALES mm.	AGUJERO H7  No pasa · Pasa	EJES  PASA					
		j 6	h 6	g 6	f 7	e 8	d 9
1 a 3	$\begin{matrix} + 0,009^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,006 \\ - 0,001^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,007^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,003 \\ - 0,010^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,016^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,014 \\ - 0,028^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,045^* \end{matrix}$
Más de 3 a 6	$\begin{matrix} + 0,012^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,007 \\ - 0,001^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,008^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,004 \\ - 0,012^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,010 \\ - 0,022^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,038^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,030 \\ - 0,060^* \end{matrix}$
Más de 6 a 10	$\begin{matrix} + 0,015^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,007 \\ - 0,002^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,009^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,005 \\ - 0,014^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,013 \\ - 0,028^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,025 \\ - 0,047^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,040 \\ - 0,076^* \end{matrix}$
Más de 10 a 18	$\begin{matrix} + 0,018^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,008 \\ - 0,003^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,011^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,006 \\ - 0,017^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,016 \\ - 0,034^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,032 \\ - 0,059^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,050 \\ - 0,093^* \end{matrix}$
Más de 18 a 30	$\begin{matrix} + 0,021^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,009 \\ - 0,004^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,013^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,020^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,041^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,040 \\ - 0,073^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,065 \\ - 0,117^* \end{matrix}$

Rosca Whitwort 55°				Rosca BSP (Gás) 55°				Rosca Americana UNC 60°				Rosca Métrica Din 13 60°					
Ø Par	Passo Pol.	Ø Primitivo		Ø Par	Passo Pol.	Ø Primitivo		Ø Par	Passo Pol.	Ø Primitivo 2A		Ø Primitivo 3A		Ø Par	Passo mm	Ø Primitivo	
		Min (mm)	Máx (mm)			Min (mm)	Máx (mm)			Min (mm)	Máx (mm)	Min (mm)	Máx (mm)			Máx (mm)	Min (mm)
1/8	40	2,695	2,769	1/8	28	9,040	9,147	Nr 1	64	1,532	1,582	1,560	1,598	M1	0,25	0,785	0,838
3/16	24	3,995	4,084	1/4	19	12,176	12,301	Nr 2	56	1,821	1,875	1,849	1,890	M 1,1	0,25	0,885	0,938
1/4	20	5,424	5,537	3/8	19	15,679	15,806	Nr 3	48	2,096	2,154	2,129	2,172	M 1,2	0,25	0,985	1,138
5/16	18	6,915	7,034	1/2	14	19,651	19,793	Nr 4	40	2,350	2,413	2,385	2,433	M 1,4	0,3	1,149	1,205
3/8	16	8,362	8,509	5/8	14	21,607	21,749	Nr 5	40	2,677	2,743	2,715	2,764	M 1,6	0,35	1,291	1,354
7/16	14	9,816	9,951	3/4	14	25,137	25,279	Nr 6	32	2,898	2,969	2,936	2,990	M 1,8	0,35	1,491	1,554
1/2	12	11,199	11,345	7/8	14	28,897	29,039	Nr 8	32	3,553	3,627	3,594	3,650	M 2	0,4	1,654	1,721
9/16	12	12,787	12,933	1"	11	31,590	31,770	Nr 10	24	4,028	4,112	4,074	4,138	M 2,2	0,45	1,817	1,888
5/8	11	14,244	14,397	1/8"	11	36,238	36,418	Nr 12	24	4,686	4,773	4,732	4,798	M 2,5	0,45	2,117	2,188
11/16	11	15,837	15,984	1"1/4"	11	40,251	40,431	1/4"	20	5,403	5,497	5,453	5,524	M 3	0,5	2,580	2,655
3/4	10	17,264	17,424	1"3/8"	11	42,664	42,844	5/16"	18	6,888	6,990	6,944	7,021	M 3,5	0,6	3,004	3,089
7/8	9	20,250	20,419	1"1/2"	11	46,144	46,324	3/8"	16	8,349	8,461	8,410	8,494	M 4	0,7	3,433	3,523
1"	8	23,189	23,368	1"3/4"	11	52,087	52,267	7/16"	14	9,779	9,898	9,845	9,934	M 4,5	0,75	3,901	3,991
1"1/8"	7	26,062	26,253	2"	11	57,955	58,135	1/2"	13	11,265	11,392	11,336	11,430	M 5	0,8	4,361	4,456
1"1/4"	7	29,237	29,428	2"1/4"	11	64,014	64,231	9/16"	12	12,741	12,873	12,814	12,913	M 6	1	5,212	5,324
1"3/8"	6	32,008	32,215	2"1/2"	11	73,488	73,705	5/8"	11	14,196	14,336	14,272	14,376	M 7	1	6,212	6,324
1"1/2"	6	35,184	35,391	2"3/4"	11	79,838	80,055	3/4"	10	17,203	17,353	17,287	17,399	M 8	1,25	7,042	7,160
1"5/8"	5	37,797	38,024	3"	11	86,188	86,405	7/8"	9	20,183	20,343	20,272	20,391	M 9	1,25	8,042	8,160
1"3/4"	5	40,972	41,199	3"1/4"	11	92,284	92,501	1"	8	23,114	23,287	23,208	23,338	M 10	1,5	8,862	8,994
1"7/8"	4 1/2	43,773	44,012	3"1/2"	11	98,634	98,851	1"1/8"	7	25,979	26,162	26,081	26,218	M 11	1,5	9,862	9,994
2"	4 1/2	46,948	47,387	3"3/4"	11	104,984	105,201	1"1/4"	7	29,149	29,337	29,253	29,393	M 12	1,75	10,679	10,829
2"1/4"	4	52,833	53,086	4"	11	111,334	111,551	1"3/8"	6	31,910	32,113	32,022	32,174	M 14	2	12,503	12,663
2"1/2"	4	59,183	59,436	4"1/2"	11	124,034	124,251	1"1/2"	6	35,082	35,288	35,194	35,349	M 16	2	14,503	14,663
2"3/4"	3 1/2	64,934	65,205	5"	11	136,734	136,951	1"3/4"	5	40,856	41,082	40,980	41,151	M 18	2,5	16,164	16,334
3"	3 1/2	71,285	71,556	5"1/2"	11	149,434	149,651	2"	4 1/2	46,820	47,061	46,954	47,135	M 20	2,5	18,164	18,334
3"1/4"	3 1/4	77,267	77,548	6"	11	162,134	162,351	2"1/4"	4 1/2	53,165	53,411	53,299	53,485	M 22	2,5	20,164	20,334
3"1/2"	3 1/4	83,618	83,899					2"1/2"	4	59,032	59,296	59,296	59,177	M 24	3	21,803	22,003
3"3/4"	3	89,540	89,832					2"3/4"	4	65,377	65,644	65,524	65,725	M 27	3	24,803	25,003
4"	3	95,890	96,182					3"	4	71,722	71,994	71,872	72,075	M 30	3,5	27,462	27,674
4"1/4"	2 7/8	101,998	102,297					3"1/4"	4	78,064	78,341	78,217	78,425	M 33	3,5	30,462	30,674
4"1/2"	2 7/8	108,348	108,647					3"1/2"	4	84,412	84,691	84,564	84,775	M 36	4	33,118	33,342
4"3/4"	2 3/4	114,435	114,740					3"3/4"	4	90,754	91,039	90,912	91,125	M 39	4	36,118	36,342
5"	2 3/4	120,785	121,090					4"	4	97,102	97,389	97,259	97,475	M 42	4,5	38,778	39,014
5"1/4"	2 5/8	126,846	127,159											M 45	4,5	41,778	42,014
5"1/2"	2 5/8	133,196	133,509											M 48	5	44,431	44,681
5"3/4"	2 1/2	139,229	139,549											M 52	5	48,431	48,681
6"	2 1/2	145,580	145,900											M 56	5,5	52,088	52,353
														M 60	5,5	56,088	56,353
														M 64	6	59,743	60,023
														M 68	6	63,743	64,023

Rosca Cônica NPT				Rosca Americana UNF 60°				TABELA DE CONVERSÃO DE DUREZAS						
Ø Par	Passo mm	Ø Primitivo		Ø Par	Passo Pol	Ø Primitivo		Rockwell C (HRC)	Brinell H.B.	Vickers HV.	Rockwell			Shore
		Min	Max			Máx	Min				A HRA	B HRB	D HRD	
1/16	27	6,888	7,302	Nº 0	80	1,260	1,306	0	152	160	-----	81.7	-----	24
1/8	27	9,238	9,652	Nº 1	72	1,562	1,610	2	158	166	-----	83.5	-----	25
1/4	18	12,126	12,763	Nº 2	64	1,862	1,913	4	165	173	-----	87.1	-----	26
3/8	18	15,545	16,192	Nº 3	56	2,146	2,202	6	171	180	-----	89.5	-----	27
1/2	14	19,264	20,111	Nº 4	48	2,423	2,484	8	179	188	-----	90.7	-----	28
3/4	14	24,579	25,445	Nº 5	44	2,718	2,781	10	187	196	-----	92.3	-----	29
1"	11 ½	30,826	31,910	Nº 6	40	3,007	3,073	12	194	204	-----	93.9	-----	31
1 1/4"	11 ½	39,551	40,673	Nº 8	36	3,617	3,688	14	203	213	-----	95.5	-----	32
1 1/2"	11 ½	45,621	46,769	Nº 10	32	4,211	4,288	16	212	222	-----	96.7	-----	33
2"	11 ½	57,633	58,834	Nº 12	28	4,790	4,872	18	219	230	-----	97.8	-----	31
2 1/2"	8	69,076	70,882	¼	28	5,652	5,735	20	226	238	60.5	98.5	40.1	35
3"	8	84,852	86,757	5/16	24	7,127	7,221	21	231	243	61.0	99	40.9	36
				3/8	24	8,712	8,809	22	237	248	61.5	100	41.6	36
				7/16	20	10,147	10,254	23	243	254	62.0	101	42.1	37
				½	20	11,730	11,841	24	247	260	62.4	101.5	43.1	38
				9/16	18	13,221	13,335	25	263	266	62.8	102.5	43.8	38
				5/8	18	14,803	14,922	26	258	272	63.3	103	44.6	40
				¾	16	17,857	17,981	27	264	279	63.8	104	45.2	41
				7/8	14	20,869	21,006	28	271	286	64.3	104.5	46.1	41
				1"	12	23,830	23,980	29	279	294	64.7	105.5	47.0	42
				1" 1/8	12	27,003	27,155	30	286	302	65.3	106	47.7	43
				1" ¼	12	30,173	30,330	31	294	310	65.8	107	48.4	44
				1" 3/8	12	33,343	33,503	32	301	318	66.3	107.5	49.2	46
				1" ½	12	36,515	36,678	33	311	327	66.8	108	50.0	47
				1" 3/4	12	42,865	43,028	34	319	336	67.4	108.5	50.8	48
								35	327	345	67.9	109	51.5	49
								36	336	354	68.4	-----	52.3	50
								37	344	363	68.9	-----	53.1	51
								38	353	372	69.4	-----	53.8	52
								39	362	382	69.9	-----	54.6	54
								40	371	392	70.4	-----	55.4	55
								41	381	402	70.9	-----	56.2	56
								42	390	412	71.5	-----	56.9	57
								43	400	423	72.0	-----	57.7	58

## **Referencias Bibliográficas**

Senai Rio de Janeiro - Mecânica Leitura e interpretação de desenho técnico

Senai Espirito Santo - Mecânica Metrologia

Senai Rio de Janeiro - Noções de Tornearia

A. L. Casillas - Máquinas

Prof. Marcio Gomes - Tecnologia Mecânica





