

**Designação da UFCD:** Construções metalomecânicas – serralharia

**Código:** 6649

**Carga Horária:** 25 horas

---

### **Objetivos**

Identificar e caracterizar as diversas ferramentas manuais, e equipamentos utilizados nas construções metálicas, manipulá-las e operá-las.

Executar peças simples envolvendo operações elementares de serralharia civil (perfis), soldadura e oxicorte, corte e quinagem de chapa.

---

### **Conteúdos**

#### Operações elementares em construção metálica

Introdução

Identificação e caracterização de ferramentas e posto de trabalho

Normas de segurança, precaução e manutenção dos equipamentos

Operações elementares em construção metálica: Traçagem, limagem, corte, furação e roscagem;

Corte com tesoura manual e com tesoura de alavanca; Corte com escopro e buril; Brasagem a estanho; Esmerilagem; Rebarbagem; Serragem de perfilados com topos de ângulos variados;

Rebitagem manual

Noção de processos de ligação de peças

Medição, verificação e controlo das peças

#### Serralharia civil. Perfis e chapas

Identificação e caracterização dos perfis e chapas mais utilizados em construção metálica

Noções dos processos de ligação de peças: por rebites, por parafusos, por soldadura

Traçagens e medições

Tecnologia, técnicas de corte e conformação da chapa: Guilhotinagem de chapas e perfilados;

Corte e quinagem de chapa fina.

Quinagem manual. Quinagem mecânica; Dobragem e encurvamento de chapas e perfilados;

Processos de entalhar chapas e perfilados; Desenvolvimento de chapas. Planificações e interseções simples.

Técnicas de desempenho, de rebarbagem, e limagem

Prática de execução de conjuntos simples com perfilados e chapa

#### Soldadura e oxicorte

Generalidades. Tecnologia da soldadura

Processos e equipamentos

Constituição do posto de trabalho

Máquinas de soldadura: fonte de energia, acessórios, gases utilizados, características das máquinas

Constituição do conjunto oxiacetilénico: maçaricos tipo, manómetros, mangueiras, sistemas de segurança

Cuidados com a manutenção e manuseamento. Normas de segurança

Corte com maçarico

Prática de execução de peças simples envolvendo operações elementares de soldadura e oxicorte

**1 - Ferramentas**

**Alicates** - São ferramentas que permitem realizar, manualmente, uma multiplicidade de operações, tais como apertar, dobrar, prender e cortar peças pequenas em obras onde não há dimensões precisas.

São constituídos por duas hastes com uma articulação comum. Estas hastes têm formas diferentes para cada um dos lados da articulação. Um dos lados tem a forma de pega e permite ao operador exercer a força necessária para executar determinada operação. O outro lado tem formas variadas, conforme o tipo de operações a que o alicate se destina.



Fig. 2A e 2B - Alicates de freios; Fig. 2C - Alicate de pontas curvas.



Fig. 2 D - Alicate de corte; Fig. 2E - Alicate universal; Fig. 2F - Alicate de torno ou de grifes.

Nota 1- O Alicate de grifes também conhecido por alicata, é um alicate de pressão, para fixação de peças durante o tempo necessário. É afinado o aperto a espessura de fixação/força por um parafuso.

Nota 2- O de corte não pode ser usado em materiais de aço duro, caso contrário fica danificado.



Fig. 2G - Alicate ajustável ou extensível; Fig. 2H - Alicate de descarnar fios.

**Buris** - ferramenta de corte tipo escopro mas de pequenas dimensões e com diversas formas.

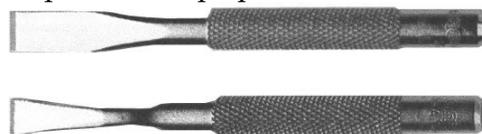


Fig. 3 - buris

**Escopro** - ferramenta utilizada para pequenos cortes por impacto.

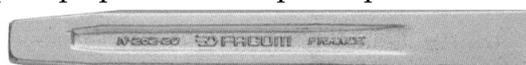


Fig. 4 - escopro

**Chave de canos** – usada para apertar tubos roscados ou porcas de canalizações e de hidráulicos.

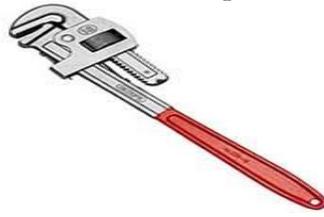


Fig. 5 - Chave de canos

**Esquadro magnético** – usado para alinhamento e fixação das peças



Fig. 6 - Esquadro magnético da marca *BrutaTec*

**Grampos** - usados para fixação das peças



Fig. 7 - Grampos (a imagem do meio é para tubos)

**Limas** - são ferramentas para bancada e cada vez menos utilizadas na produção.

Podemos classificá-las quanto a três aspectos:

- Picagem;
- Forma;
- Dimensão.

Quanto à picagem elas podem ser:

Limas Bastardas - Caracterizam-se por uma picagem grossa, vocacionada para grandes desbastes;

Limas Bastardinhas - Caracterizam-se por uma picagem média vocacionada para pequenos desbastes;

Limas murças - Caracterizam-se por uma picagem fina vocacionada para acabamentos.

Quanto à forma elas podem ser:

Paralelas



Fig. 8 - Lima paralela

Meia-cana

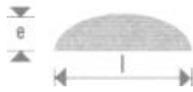


Fig. 9 - Lima meia-cana

Triangulares

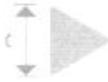


Fig.10 - Lima triangular

Faca

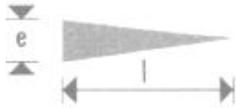


Fig.11 - Lima tipo faca

Chata



Fig 12 - Lima chata

Redondas



Fig 13 - Lima redonda

Quadradas



Fig 14 - Lima quadrada

**Mandris** - são ferramentas em aço rápido (HSS), destinadas a conferir aos furos um bom acabamento, que não se consegue com as brocas, para além de se conseguir um grau de precisão dimensional que não é possível com as referidas brocas. Existem variados modelos de mandris, cada um com a sua especificidade.



Fig 15 - tipos de mandris

**Martelos** - Os martelos mais vulgarizados são os seguintes:

- Martelo de orelhas (A);
- Martelo de bola (B);
- Martelo de pena reta (C);
- Martelo de pena cruzada (D);

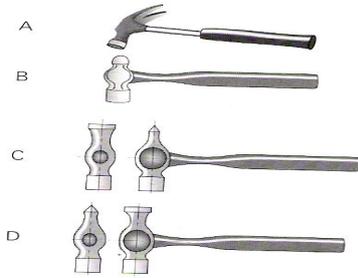


Fig. 16 - Martelos.



Fig. 17 - Maneira errada (A) e certa (B) de como empunhar o martelo ao bater.

Os martelos devem ser empunhados perto da extremidade do cabo, não junto à cabeça, a fim de reduzir a força muscular necessária ao choque e em caso de desvio pode bater-se na mão.

As superfícies dos martelos de aço devem ser conservadas limpas, livres de poeiras e óleo, quando em uso, para evitar mossas na obra e para prevenir resvalamento.

Para trabalhos mais pesados podem ser usadas as marretas e malhos.

**Notas de segurança** - ao martelar por vezes são produzidos estilhaços que podem cortar, pelo que se deve usar óculos para prevenir acidentes, a fig. 17 ilustra o caso em que o martelo pode estilhaçar.

Para reduzir o barulho da bancada após a pancada mantém-se o martelo encostado.

O barulho faz mal à saúde, tira tempo de vida (fonte OMS) e muito ruído pode originar acidentes, por não se ouvir o que se passa em nosso redor.

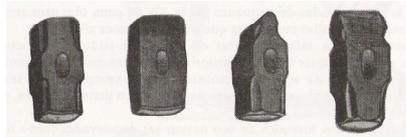


Fig. 18 - Marretas e malhos para trabalhos pesados

Existe ainda um tipo de martelo cuja designação genérica é martelo macio ou maço. A cabeça é de metal macio ou de outro material, como madeira, plástico, borracha, etc. Estes martelos são utilizados para dar golpes em peças trabalhadas, mas sem produzir danos nas superfícies acabadas.

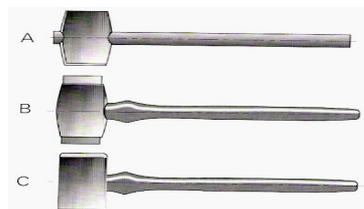


Fig19A - Martelo de metal macio (Chumbo); Fig19B - Maço c/ inserções de cobre/fibra; Fig19C - Maço de madeira ou plástico.

**Punção de bico** - É um utensílio de forma pontiaguda feito em aço fundido, temperado e endurecido, que é utilizado para efetuar orifícios em materiais de pouca dureza, geralmente é utilizado na marcação de furos, previamente definidos por traçagem.

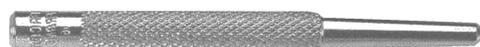


Fig. 20 - Punção de bico

**Rascadores** - ferramenta que tem como função principal a rascagem de superfícies e das esquinas dos cortes.



Fig. 21 - Rascador de 2 gumes

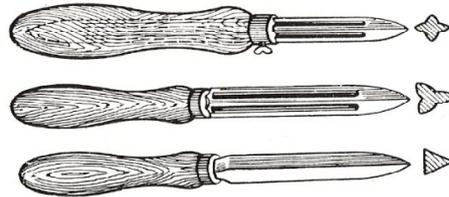


Fig. 22 - 3 Tipos de Rascadores

**Serrote manual** - ferramenta utilizada para corte manual de metais. O dente da folha da serra deve estar voltado para a frente. A porca de orelhas afina a tensão da folha ao estica-la.

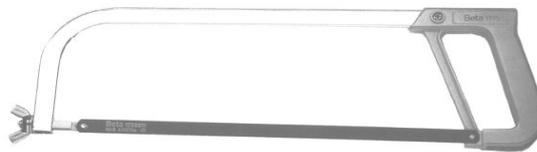


Fig. 23 - Serrote manual.

**Serra tico-tico** - também conhecida como serra de vaivém ou serra de recortes é um tipo de ferramenta eléctrica que, efetuando movimentos de vaivém com pequenas serras, proporciona ao utilizador condições de realizar cortes detalhados e em curva. Pode ser de bancada (fixa) ou manual (livre) e cortar materiais diversos como madeira, plástico ou metais (alumínio, chapas de aço, etc.).



Fig. 24 - Serra tico-tico

**Talhadeira** - é uma ferramenta de corte feita de um corpo de aço, de secção circular, retangular, hexagonal ou octogonal, com um extremo forjado, provido de cunha, temperado e afiado convenientemente, e outro chanfrado denominado cabeça. Os tamanhos destas ferramentas são entre 150 e 180 mm. A cabeça da talhadeira é chanfrada e temperada brandamente para evitar formação de rebarbas ou quebras. Servem para cortar chapas, retirar excesso de material e abrir rasgos. Esta operação pode ser executada a frio ou a quente.



Fig. 25 - Talhadeira

**Tesoura manual** - ferramenta para corte de chapa até 1mm de espessura.



Fig. 26 - Tesouras manuais

## 2 -Traçagem plana em chapa

São operações que normalmente precedem as operações. Trata-se de marcação de curvas, retas ou pontos sobre a chapa para visualização dos locais a serem cortados, furados, dobrados, etc.

Os equipamentos e instrumentos de traçagem mais utilizados são: bancada de trabalho, riscador, compasso, punção, régua, esquadro, graminho, transferidor e suta.

Os instrumentos de traçagem devem ser guardados em local adequado, sempre limpos e nunca em contato com o aço carbono. Quando em uso, nunca devem estar espalhados sobre a chapa a ser traçada, para evitar acidentes e riscos desnecessários da chapa inox para acabamento final.

### 2.1 - Ferramentas para traçagem

Riscadores e compassos -Devem ser de aço inox temperado ou no mínimo ter a ponta em aço inox. Em traçagens que não necessitem de precisão, podem ser substituídos por lápis.



Fig. 27 - Riscador - ferramenta para riscar (efetuar marcações).



Fig. 28 - Compasso de bicos - ferramenta utilizada na traçagem de circunferências.



Fig. 29 - Compasso de perna e bico - utilizado na traçagem de paralelas.

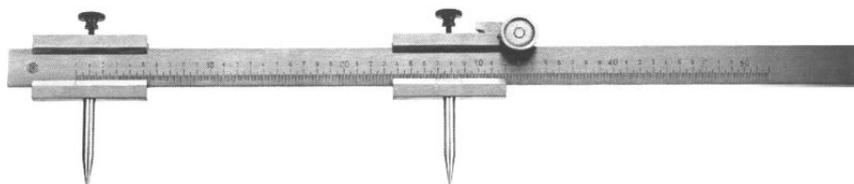


Fig. 30 - Cintel de traçagem - ferramenta utilizada na traçagem de circunferências de grandes dimensões



Fig. 31 - Graminho simples - utilizado na traçagem em diversas situações.

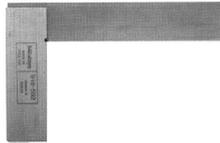


Fig. 32 - Esquadro de ceppo - utilizado para traçagem de perpendiculares.

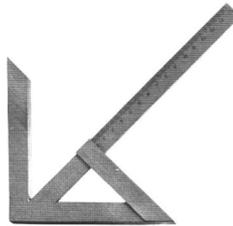


Fig. 33 - Esquadro de centros - utilizado na traçagem de linhas ao centro de um cilindro.

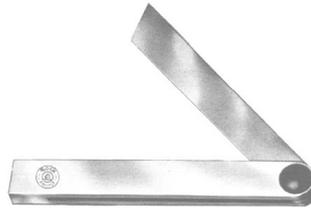


Fig. 34 - Suta simples - utilizada na traçagem de ângulos

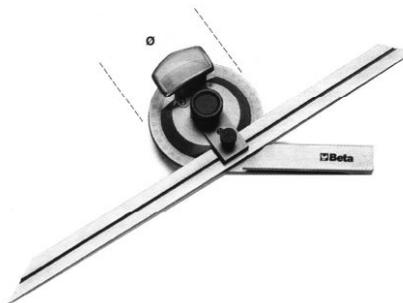


Fig. 35 - Suta graduada - utilizada na traçagem de ângulos com auxílio de escala graduada.

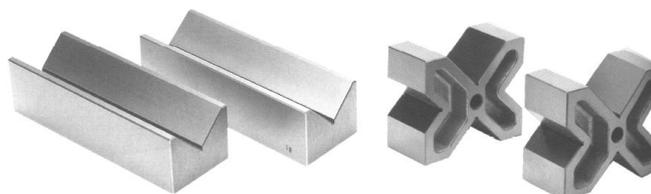


Fig. 36 - Cavedais ou prismas em V - utilizados para o apoio de peças na traçagem e em outras operações.

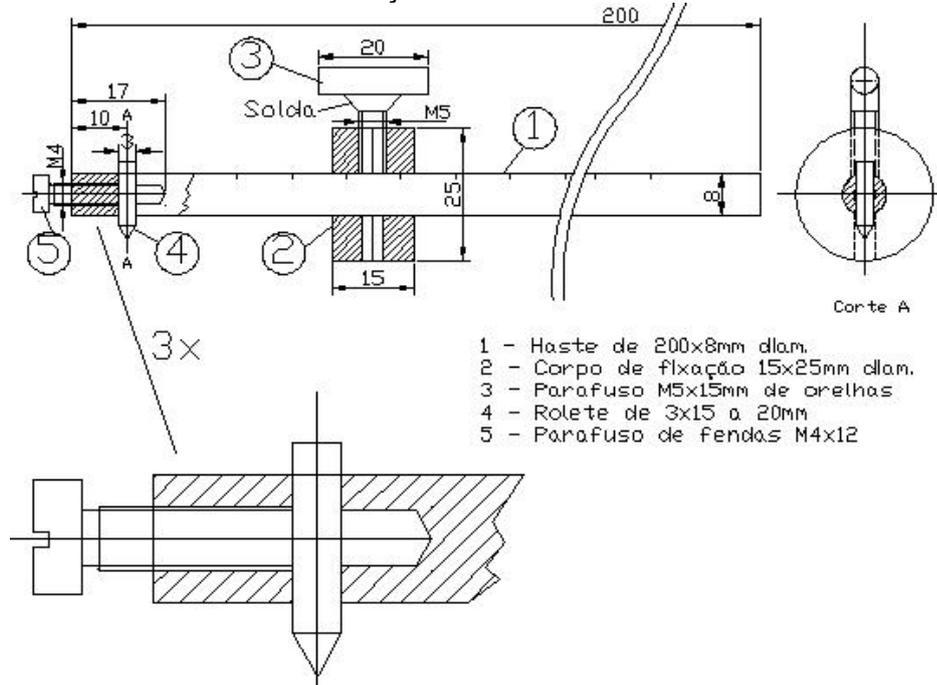


Fig. 37 - Traçador para os alunos dos cursos PMI fazerem desde 2008, Mário loureiro, 2013

### 3 - Processos de corte

Basicamente, os processos de corte são operações que envolvem:

Cisalhamento ou tensão tangencial, ou ainda tensão de corte ou tensão cortante - guilhotinas, tesouras e discos rotativos de vários tipos;

Abrasão - discos de corte, serras de vários tipos e corte por jacto de água;

Fusão - plasma e corte a laser.

#### 3.1 - Corte por cisalhamento

O corte por cisalhamento é executado colocando-se a chapa e/ou o material a ser cortado entre duas facas de corte de aço especial. A faca inferior é fixa e a superior é dotada de movimento ascendente/descendente. O esforço cortante é produzido pelo movimento descendente da faca superior que, ao penetrar no material a ser cortado, cria:

- Uma zona de deformação;
- O corte por cisalhamento;
- Uma região fraturada com rutura por tração;
- Uma rebarba.

A profundidade de penetração depende da ductilidade e espessura do material a ser cortado.

Quanto mais dúctil o metal a ser cortado, maior a penetração da faca. Contudo, metais dúcteis e muito macios (especialmente chapas finas) tendem a curvar-se na operação de corte por cisalhamento resultando em grande volume de rebarba.



Fig. 38 - Imagem do topo cortado e do corte ao ser efetuado

A qualidade do corte por cisalhamento depende fundamentalmente da qualidade das facas de corte e da regulação das folgas entre as facas. É importante observar:

**3.1.1 - Tesouras** - Há vários tipos de tesouras para o corte da chapa ou perfis finos. Para bancada há uma tesoura de alavanca que é apresentada na figura seguinte.



Fig 39 - Tesoura de alavanca

Cuidados a ter com a tesoura – não se pode cortar aços duros como HSS nem terem muita espessura.

**Aços das facas das tesouras/guilhotinas**

O aço das facas tem de ser resistente à operação de corte em especial no corte de inox.

Tipo de Serviço	Faca	Dureza (Rockwell C)
Corte em material fino (até 4,8 mm)	Aço AISI D-2	60
Corte em material médio (entre 4,8 e 6,4 mm)	Aço AISI A-2	60
Serviços pesados	Aço AISI S-5	57

Tabela 1 - Tabela do aço em função da espessura ou serviço pesado

**Tipos de tesouras**

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Capacidades</b>
Manual	Ferramenta manual que executa os mesmos movimentos de uma tesoura de costura. Largamente empregada em caldeirarias e serralherias, na execução de corte em chapas finas ( $e \leq 1,2$ mm) e de pequenas dimensões (até 300 mm). Para se evitar a formação excessiva de rebarbas deve-se sempre manter ajustada a folga entre as facas de corte (3% da espessura da chapa). Executa corte retilíneo com acabamento uniforme, com tempo e custo de operação reduzidos. Não deve ser utilizada em corte de barras e tubos.	Espessuras inferiores a 1,20 mm
Vibratória manual	Ferramenta elétrica ou pneumática manual que executa os mesmos movimentos de uma tesoura de costura. É adequada a cortes de chapas finas ( $e \leq 1,2$ mm) de pequenas dimensões (até 300 mm). É uma máquina versátil, podendo cortar peças planas em vários formatos, permitindo a execução de peças especiais. Ela não exige esforço físico do operador, sendo necessários cuidado e habilidade para não sair fora do traçado.	Espessuras inferiores a 1,20 mm
Vibratória universal	Máquina tipo "pescoço de cisne" para cortes em chapas finas ( $e \leq 3,0$ mm). Corta de maneira semelhante à tesoura de uso doméstico, com movimentos alternativos automáticos de vai e vem da faca superior. Executa cortes pequenos ou grandes, circulares ou retilíneos em qualquer ponto da chapa.	Espessuras inferiores ou iguais a 3,0 mm

Tabela 2 - tabela de tipos de tesoura

**3.1.2 - Guilhotinas**

**Guilhotina manual** - Para corte de chapa macia até 1m de largura, como cobre, plástico, fibra de vidro, latão fino, alumínio até 2 mm ou pequenas peças em chapa de aço até 1 mm de espessura, e de pequena produção, há máquinas manuais como a seguinte, que servem para esta função. Esta máquina tem 1 m de comprimento e faz ainda de quinadeira e calandra, mas não consegue cortar chapa inox de 1 mm.



Fig. 40 - Guilhotina manual Quantum modelo SAR 3:1 10000

**Guilhotinas hidráulicas** - Para produção de trabalhos de serralharia, são as máquinas indicadas para cortar chapas inclusive de inox. O tipo GH da Adira, com fábrica em Vila Nova de Gaia, corta chapa de 2 a 6 m de comprimento, com a espessura de 13 mm, ver figura seguinte.



Fig. 41 – Guilhotina hidráulica. Fonte - <https://adira.pt>

### 3.1.3 - Corte dos cantos em chapas

Há máquinas manuais de cortar os cantos das chapas, mas para grande produção são hidráulicas. São usadas para fabricar caixas metálicas ou peças em chapa.



Fig. 42 e 43 - Máquina de corte de cantos da *Stilcrum*, ESAB. Fig. 44 - chapa cortada

## 3.2 - Corte por abrasão

O corte por abrasão é executado pela fricção de uma ferramenta de corte no material a ser cortado.

Neste tipo de corte, são arrancadas partículas do material a ser cortado (“cavacos”) com consequente aumento de temperatura da zona cortada.

Quando a espessura da peça a ser cortada é muito grande, existe a necessidade de serem utilizados fluidos de refrigeração. Este tipo de corte pode ser executado por dois tipos de equipamentos: Serras e discos abrasivos.

### 3.2.1 - Corte por serras

Os aços podem ser cortados por todos os tipos de serras, manuais e mecanizadas. Recomenda-se o uso de lâminas de corte de aço - rápido para qualquer tipo de equipamento. O corte é efectuado em movimentos de vai e vem com amplitude e velocidade adequadas, com o retorno em vazio para evitar um rápido endurecimento da superfície a ser cortada. Recomenda-se o uso de lubrificante (óleo para

UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia  
serviços pesados solúvel em água, dentre outros) para qualquer tipo de serra utilizada, excepto para o caso de serra de fita de fricção de alta velocidade.

Tipo	Descrição
Serra manual	Utilizada para corte de peças finas e serviços não repetitivos. Recomenda-se lâminas de 32 dentes por polegada para peças com até 1,60 mm de espessura e de 24 dentes por polegada para material com espessura compreendida ente 1,60 e 6,35 mm de espessura. Para espessuras maiores, recomenda-se utilizar lâminas de dentes grossos para facilitar a remoção dos cavacos e prevenir entupimento. Para um corte suave é necessário manter pelo menos dois dentes em contato constante com a peça a ser cortada.
Serra mecânica	Utilizada para cortes de seções relativamente grossas em trabalhos repetitivos ou não. O emprego de equipamento motorizado permite cortes mais profundos por amplitude de curso e requer o emprego de lâminas com dentes mais largos, usualmente de 8 a 12 dentes por polegada. A velocidade de corte varia de 15 a 30 m/min, dependendo da potência disponível e do tipo de lâmina. A lâmina deve ser resfriada por mistura de óleos para serviços pesados solúveis em água.
Serra de fita	Largamente utilizada para corte de aços inoxidáveis austeníticos. Executa cortes retos ou com contorno irregular tanto em chapas quanto em barras e tubos. O emprego de lâminas de aços rápidos possibilita maior durabilidade e a utilização de velocidades de corte maiores. Nos modelos mais recentes, operam-se velocidades de corte de 18 a 30 m/min para materiais acima de 1,60 mm de espessura e de 30 a 58 m/min para materiais mais finos. O corte em materiais trabalhados a frio, deverá ser executado em velocidades menores.

Tabela 3 – tabela de tipos de serra

### 3.2.1.1 - Serra de fita

Serra de fita é uma máquina ferramenta cuja fita de serra se movimenta continuamente, pela rotação de volantes e polias acionadas por um motor eléctrico.

A serra fita tem uma versatilidade de trabalho muito grande, podendo realizar quaisquer tipos de cortes retos ou irregulares, tais como círculos ou ondulações. Também pode ser utilizada para o corte de materiais muito espessos, difíceis de serem cortados na serra circular.

A máquina serra fita pode ser de dois tipos: horizontal e vertical.

O corte de perfis de grande espessura é aconselhável a ser feito com serrote de fita.

A serra aliada ao arrefecimento e lubrificação através da emulsão de água e óleo solúvel apresenta um baixo custo e boa produtividade.



Fig. 44 – Serra de fita vertical

### 3.2.1.2 - Serra de fita horizontal

**Regras de utilização** - A regra básica é que a espessura dos perfis a cortar, incluindo tubos têm de ser maiores que o passo do dente da serra, caso contrário os dentes da serra podem partir-se. Procedimentos de utilização do serrote, ver imagem seguinte:

- 1º - Fecha-se previamente a torneira (fica na perpendicular ao hidráulico de elevação) e fecha-se a válvula resistor.
- 2º - Eleva-se o corpo da serra
- 3º - Acerta-se a posição do perfil a cortar
- 4º - Fixa-se a peça
- 5º - Liga-se o motor
- 6º - Abre-se a torneira do fluido de corte
- 7º - Após o fluido começar a sair regula-se o débito para não cair fluido no chão
- 8º - Abre-se a torneira do hidráulico, metendo-a alinhada com o hidráulico, e só a seguir é que se abre suavemente a válvula resistor para que a serra não desça rapidamente podendo até partir a fita ou faça demasiado esforço na fita.



Fig. 45 - Serrote de fita (horizontal) Optimum

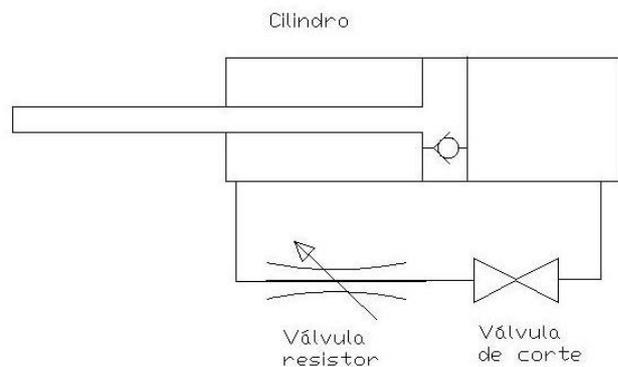


Fig. 46 - Circuito hidráulico de descida, Mário Loureiro, 2013

#### Cuidados de segurança e utilização de serras de fita:

- 1 - Instalar a máquina num local nivelado;
- 2 - Verificar a velocidade de corte da máquina e ajustar a velocidade dependendo do tipo de material a empregar;
- 3 - Em cada corte realizado, utilizar sempre o lubrificante (mistura de água e óleo solúvel);
- 4 - Limpeza da máquina;
- 5 - Ter muita atenção ao cortar sem desviar os olhos da fita e manter os dedos afastados da fita para não se cortar.
- 6 - Tem botão de paragem de emergência;

### 3.3 - Corte por discos abrasivos

Para a seleção do disco de corte mais adequado, deve-se considerar o tipo de material a ser cortado, a secção do corte, o acabamento desejado e os equipamentos de corte disponíveis (corte refrigerado ou a seco). De uma maneira geral, os parâmetros que devem ser analisados são:

Material do disco vs Material a ser cortado	Como regra geral, especifica-se para o corte de materiais macios, discos duros ou de grãos grossos e, para materiais duros, discos moles ou de grãos mais finos. Discos fabricados com carbetto de silício (Sic) apresentam maior rendimento em materiais de baixa resistência à tração (ferro fundido cinzento, materiais não ferrosos ou não metálicos). Para os aços, especificam-se discos fabricados em óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) reforçados por duas telas laterais.
Arco de contato disco/peça	O arco de contato entre peça e disco de corte determina o comprimento do cavaco produzido. Cavacos grandes obstruem o caminho dos grãos abrasivos na periferia do disco e reduzem a ação de corte.
Pressão de corte	Em peças de paredes finas a pressão unitária de corte aumenta, acarretando o desprendimento prematuro dos grãos abrasivos e acelerando o desgaste das faces do disco. Por este motivo, recomenda-se usar discos de durezas elevadas. Inversamente, em peças de paredes mais grossas, onde o arco de contato aumenta, a pressão unitária resultante será mais baixa, recomendando-se discos de durezas mais baixas.
Acabamento	As características de corte livre dependem do tamanho do grão abrasivo e do grau de dureza do disco, determinando a geração de calor e a rebarba produzida. Quanto mais elevado o calor gerado, mais rebarba é produzida pelo corte. Quanto mais fino é o disco, menor índice de rebarba ele produz, pela menor quantidade de material removido pelo corte e, conseqüentemente, menor geração de calor.
Potência da máquina de corte	Quanto maior a potência disponível, maior poderá ser a pressão exercida, podendo-se empregar com êxito, discos de dureza mais altas com maior economia.

Tabela 4 - Tabela dos parâmetros de corte

A máquina ideal para cortar tubos funciona por disco, ver figura seguinte.



Fig. 47 - Máquina de corte de tubos por disco, fonte - [www.rems.de](http://www.rems.de)



Fig. 48 - Máquina de corte por disco de 355 mm, fonte [www.makita.pt/product/lw1400.html](http://www.makita.pt/product/lw1400.html)

### 3.4 - Furacão

Os processos de furação consistem em operações que envolvem os mesmos conceitos básicos dos processos de corte:

- a) Cisalhamento - puncionadeiras
- b) Maquinação - furadoras de brocas
- c) Fusão - plasma, laser
- e) Oxicorte - o oxigénio oxida o aço
- f) Jato abrasivo - jato de água

A escolha de um determinado processo está diretamente relacionada a:

- a) volume de produção (seriada ou artesanal);
- b) repetitividade desejada;
- c) forma e dimensão da peça;
- d) disponibilidade de recursos.

#### 3.4.1 - Furação por cisalhamento

O mecanismo de furação por cisalhamento é idêntico ao do corte por cisalhamento, substituindo-se a faca superior por um punção com o formato do furo que se quer produzir e a faca inferior por uma matriz fixa.

As folgas entre punção e matriz não devem superar 10% da espessura (5% por face) para impedir um escoamento excessivo do material para dentro da matriz. Para espessuras abaixo de 1,00 mm a folga deve estar situada ente 0,03 e 0,04 mm por face.

Com o objetivo de se reduzir a força de cisalhamento necessária ao corte usa-se o artifício de maquinar, no punção, uma inclinação em um ângulo tal que a distância entre a ponta do punção e a sua parte reta seja próxima da espessura da chapa.

Esta inclinação no punção tem também a finalidade de concentrar a região de deformação na parte que vai ser descartada (parte central), mantendo a parte externa sem deformação.

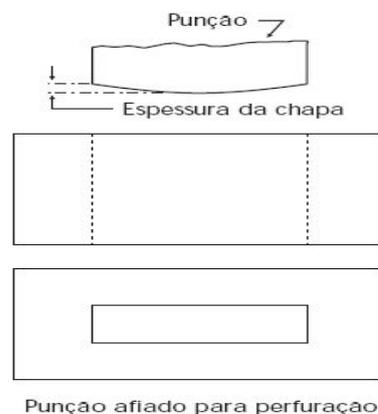


Fig. 49 - Vistas da matriz e punção de corte

A geometria da superfície furada varia de acordo com as folgas entre a matriz e o punção.

Com o aumento das folgas, aumenta-se o ângulo de fratura e a rebarba formada pelo corte, e diminui a parte polida (cisalhada).

### 3.4.2 - Furação por maquinação

Processo mecânico de maquinação destinado à obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e simultaneamente a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina. A furação subdivide-se nas operações:

3.4.2.1 - Furação em cheio - *Processo* de furação destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material compreendido no volume do furo final, na forma de cavaco (fig. 19 da tabela seguinte). No caso de furos de grande profundidade há necessidade de ferramenta especial (fig. 23).

3.4.2.2 - Escareamento - Processo de furação destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça pré-furada (fig. 20).

3.4.2.3 - Furação escalonada - Processo de furação destinado à obtenção de um furo com dois ou mais diâmetros, simultaneamente (fig. 21).

3.4.2.4 - Furação de centros - Processo de furação destinado à obtenção de furos de centro, visando uma operação posterior na peça (fig. 22), este processo é feito no torno.

3.4.2.5 - Trepanação - Processo de furação em que apenas uma parte de material compreendido no volume do furo final é reduzida a cavaco, permanecendo um núcleo maciço (fig. 24).

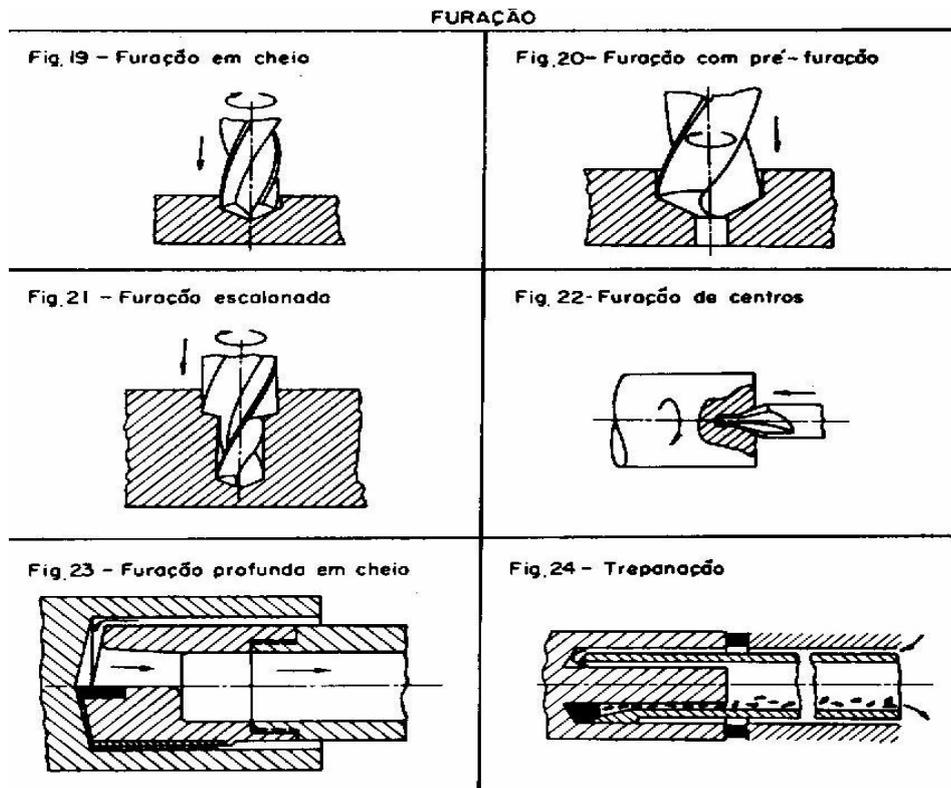


Tabela 5 - tipos de furação

**3.4.3 - Furação por brocas** - o processo apresenta vantagem de baixo investimento e custo operacional compatível em serviços limitados e de pequena repetitividade onde não se justifica o desenvolvimento das ferramentas. Ideal para pequenas empresas e artesãos. Para a execução de um furo perfeito:

- a) O puncionamento do furo deverá ser feito com punção de ponta piramidal e não muito profundo para evitar endurecimento desnecessário da parte a ser furada;
- b) É preferível usar guias de furação dotadas de folga suficiente entre o embuchamento (da guia) e a peça a ser furada (mínimo uma vez o diâmetro do furo) de modo a não impedir o fluxo de cavacos;
- b) A furadeira deverá trabalhar a baixas rotações e deve-se utilizar brocas de aço ferramenta (HSS) com ponta de carboneto;
- c) O avanço deve ser suficiente para penetrar em baixo da superfície endurecida a frio. Se for necessário, reduza a velocidade e aumente o avanço;
- d) A furação deve ser iniciada e realizada sem nenhuma pausa. Entrada e reentrada após saída, devem ser feitas em velocidade e avanço plenos;
- e) Brocas com ângulo de hélice maior, melhoram o fluxo de cavacos;
- f) A lubrificação da ferramenta deve ser feita com óleos minerais sulfurizados ou óleos emulsionados.

**3.4.3.1 - Brocas** - são ferramentas destinadas á abertura de furos.

Fabricadas em aço com diversas composições químicas, em função das diferentes necessidades. Existe ainda uma vasta gama de tipos de brocas para os mais variados fins. Vamos fazer referência às mais utilizadas na metalomecânica.

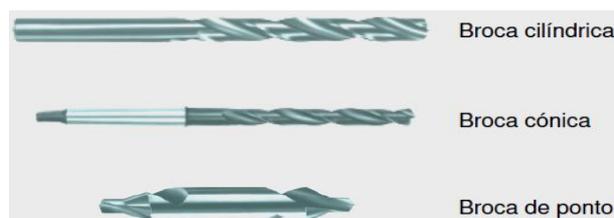


Fig 50 - tipos de brocas



Fig 51 - Brocas cranianas

### 3.4.3.2 - Afição das brocas

Como orientação geral para furar inox, sugerem-se as afiações de broca, a seguir:

Diâmetro do furo	Afição da broca
$\varnothing 7 < \text{mm}$	convencional (ângulo de aresta de corte de $135^\circ$ )
$7 \leq \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	especial (broca de 3 pontas)
$\varnothing > 25 \text{ mm}$	serra tipo copo

Tabela 6 - tabela de afiação em função do diâmetro de furo para inox



Fig. 52 - Afiar broca ao rebolo

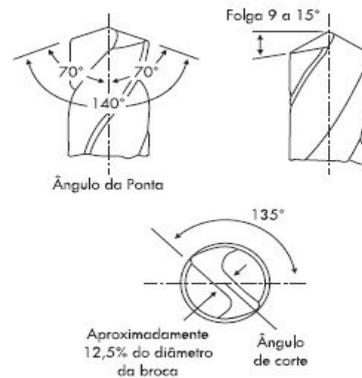


Fig. 58- Ângulos de afiação das brocas

**3.4.4 - Puncionadeiras** - As puncionadeira puncionam por força hidráulica e cortam usando cunhos, macho e fêmea, podendo estes até moldar a chapa. São apresentadas de seguida duas diferentes.



Fig. 50 - Puncionadeira hidráulica.



Fig. 51 Puncionadeira de Mário Loureiro, 2013

**3.4.4.1 - Puncionadeiras automáticas** - Há ainda puncionadeiras que cortam por pancada as chapas, fazem furos dos mais vários formatos, usando muitas vezes cunhos mais pequenos, que só cortam parcialmente. Estas chegam a dar mais de 1000 cortes por minuto, e até dobram sem ter de haver moldes feitos por encomenda. Usam portas ferramentas rotativos com dezenas de ferramentas diferentes, que mudam automaticamente em frações de segundo, tanto por cima como por debaixo da chapa, conforme o furo ou corte.

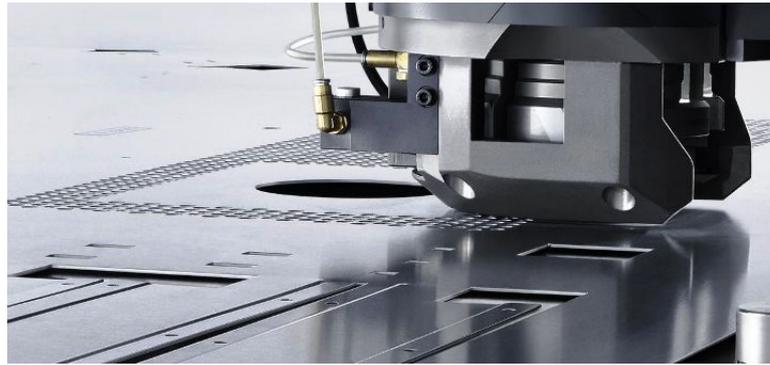


Fig. 52 - Puncionadeira automática. Fonte - <https://www.trumpf.com/pt>



Fig. 53 - Puncionadeira TruPunch 5000. Fonte - <https://www.trumpf.com/pt>

### 3.4.5 - Equipamentos e ferramentas que furam por abrasão

Tipo	Descrição	Capacidades
Furadeira portátil	Apresenta alta velocidade de corte. Não é indicada para furos acima de 7 mm de diâmetro em aços inoxidáveis.	Motor $\leq$ 1400W
Furadeira de bancada	Máquina utilizada para furação de peças pequenas com furos de até 16 mm de diâmetro e com curso de até 75 mm, dependendo do fabricante.	Motor $\leq$ 2100W
Furadeira de coluna	Empregada para execução de furos de tamanho médio com até 25 mm de diâmetro, com curso de até 250 mm, dependendo do fabricante, com até 9 velocidades diferentes.	Motor $\leq$ 3500W
Furadeira radial	Para peças de grande porte com furos de até 100 mm de diâmetro, com curso de até 500 mm, com mais de 9 velocidades diferentes e com avanço automático da broca.	Motor $\leq$ 15000 W

Tabela 7 - Tabela de tipos de furadeira

#### 3.4.5.1 - Berbequim (furadeira portátil)

Aparelho elétrico ou manual munido de uma broca giratória, usado para fazer furos conhecido por furadeira. Tem de ser ter cuidado em furar na perpendicular. Quando se usa brocas com menos de 6

mm para ela não partir por empeno e quando se está a terminar de furar a chapa ou peça a broca ao passar pelo furo se bater em algum obstáculo parte.



Fig. 54 - Berbequim eléctrico Bosch

### 3.4.5.2 - Furadeiras

Máquinas fixas de furar indicadas para oficina ou industria.



Fig. 55 - Tipos de furadeiras

### Segurança ao furar

A máquina tem que ter um botão de paragem de emergência. Quando se está a furar peças duras ou com broca de grande diâmetro temos que furar a baixa rotação para não danificar a broca. A furadeira tem que ser limpa regularmente,

É uma máquina em que o utilizador tem que usar óculos de protecção devido a aparas que saltam quando se está a furar.

Quando são peças pequenas têm de ser seguras com alicate ou prensa pois podem prender à broca e ficar a rolar, podendo cortar ou aleijar o operador.

### 3.5 - Corte por fusão:

- a) Oxicorte;
- b) Plasma, recomendado para pequena produção;
- c) Laser, recomendado para grande produção devido ao elevado custo inicial;

### 3.5.1 - Oxi-corte

O processo de oxicorte, de grande aplicação industrial, constitui etapa fundamental no corte de chapas e perfis metálicos, e na preparação de chanfros para juntas de solda.

O oxicorte é uma operação onde um metal (liga de ferro) é aquecido à temperatura de ignição ou queima (abaixo do ponto de fusão) por uma chama oxi-combustível (chama de pré-aquecimento). A seguir, o metal é rapidamente oxidado por um jacto de oxigénio (oxigénio de corte).

O óxido formado, como também uma pequena região circunvizinha não oxidada, funde e flui, sendo expelida pela ação do jacto de oxigénio, expondo a este jacto mais metal, para continuidade da reacção. A operação prossegue auto-sustentada, pois a reacção química entre o ferro e o oxigénio se dá com forte desprendimento de calor (reacção exotérmica).

O calor libertado mantém a condição necessária para a combustão, ajudado por uma menor parcela de calor proveniente da chama de pré-aquecimento. Se combinarmos um movimento no sentido desejado, manteremos a reacção e, por conseguinte, teremos a abertura de um sulco no material, denominado corte ou sangria.

Neste processo um gás combustível qualquer é usado, acetileno, hidrogénio, propano.

Todo o maçarico de corte requer de duas canalizações: um para o gás da chama ou gás de aquecimento (acetileno, GLP ou outro) e um para o gás de corte (oxigénio).

O maçarico do oxicorte aquece a superfície superior do aço com seu combustível da chama, e à abertura da válvula do oxigénio causa uma reacção química de oxidação com o ferro da zona afetada, e o transforma no óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que derrete a uma temperatura da fusão inferior ao do aço carbono. Por se tratar de uma reacção química de oxidação, o oxicorte não corta aço inox por ser um aço com características antioxidação.

O aço inox é cortado por outros processos de corte como: corte por plasma, corte por jacto de água, corte mecânico por atrito e abrasão ou laser.

O processo de oxicorte pode ser manual com o bico do maçarico fazendo  $90^\circ$  com o seu comprimento, ou mecanizado com o  $180^\circ$  entre bico e comprimento.



Fig. 56 - OxiCorte, fonte - [www.acoliga.com/oxicorte](http://www.acoliga.com/oxicorte)

### 3.5.2 - Corte a plasma

No processo de corte a plasma, o material base é fundido e, parcialmente vaporizado, antes de ser removido para fora da área de corte pela força do jacto plasma. Um arco plasma é utilizado como fonte de calor a exemplo da solda a plasma.

O corte a plasma em arco produz cortes de alta qualidade, sendo extremamente produtivo em materiais como o aço inoxidável, alumínio, cobre, aço carbono e baixa liga. As vantagens do plasma são: maior velocidade de corte, quando cortadas chapas metálicas finas, comparativamente ao Oxigénio, permite cortar espessuras de chapa de 0,8 a 150 mm, obtém-se superfícies perfeitas para soldadura, superfície de borda lisa. Tem entrada média de calor, excelente velocidade de corte.



Fig. 57 - Corte a plasma, fonte - [www.esab.com.pt](http://www.esab.com.pt)

**3.5.3 - Corte por Laser** - O corte a laser é um processo rápido e silencioso, ideal para chapas finas de metal ou outros materiais, tais como, madeira, plástico, vidro e cerâmica, com um mínimo de desperdício e sem distorções. Ao utilizar o laser, tem-se um corte de elevado nível de precisão. A luz do laser pode ser direcionada entre 0,2 a 50 mm, e a radiação do laser é de alta energia, sendo a densidade da potência muito alta, permitindo obter uma qualidade do corte alta, superfícies metalúrgicas perfeitas.

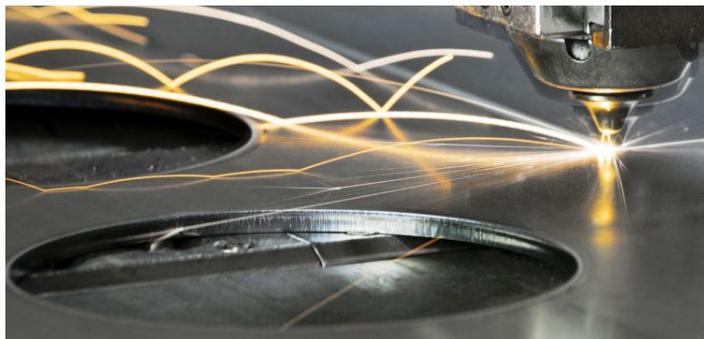


Fig. 58- corte a laser, fonte - [www.lasindustria.pt](http://www.lasindustria.pt)

### 3.5.4 - Corte por jato de água

O corte por jato de água abrasivo (AWJ) é um método alternativo ao corte térmico. O corte por jato de água pode ser executado com resultados muito bons. Uma vez que no jato de água não se aplica calor durante o corte, o risco de fendas por hidrogénio é muito baixo. O corte por jato de água no pode ser realizado com os mesmos parâmetros que o corte de aços doces, não necessitando de pré-aquecimento ou pós-aquecimento. Vantagens em utilizar o corte a jato de água:

- Precisão no corte
- Ausência de deformação térmica
- Corte de espessuras até 200 mm
- Maximização do aproveitamento da matéria-prima
- Cortes complexos com elevado grau de acabamento
- Abrangência de materiais (incluindo aço inoxidável, ferro/aço carbono/macio, ligas de alumínio e duralumínio, cobre, cerâmica, vidro temperado, esponja, mármore, pedra, paredes de betão, compósitos entre outros)
- Pode ser utilizado em: tetos falsos, estruturas de serralharia pesada, rodas dentadas para engrenagens, esculturas de metal, peças para fabrico de máquinas de várias indústrias (automóvel, hoteleira...).



Fig. 59 – Corte a jato de água, fonte - [www.lasindustria.pt/corte-a-jato-de-agua](http://www.lasindustria.pt/corte-a-jato-de-agua)

#### 4 - Dobragem de chapa (quinagem)

O dobramento é uma operação onde ocorre uma deformação por flexão. Quando um metal é dobrado, a sua superfície externa fica tracionada e a interna comprimida.

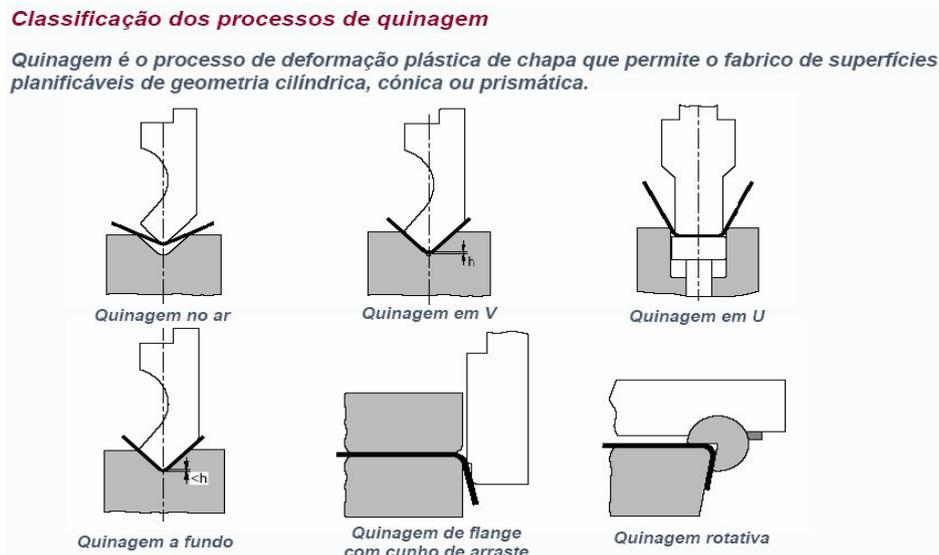


Tabela 8 – Classificação dos processos de quinagens

Há máquinas manuais para dobrar chapa, e há para quinar chapa, mas para trabalho profissional são hidráulicas, todavia já existem máquinas eléctricas.

A *Blue Bender* da *Adira*, empresa portuguesa é uma quinadora equipada com a estrutura *Hexa-C*, que garante a precisão do guiamento do avental móvel, esta máquina é 100% eléctrica e é capaz de realizar as quinagens mais rápidas e ao mesmo tempo, ter economia na operação ao poupar energia.



Fig. 60 - Quinadora hidráulica da ESAB



Fig. 61 - Quinadora eléctrica Adira - Blue Bender

### 5 - Roscagem (abertura de roscas, roscamento no Brasil)

Roscagem é um processo mecânico de maquinação destinado à obtenção de filetes, por meio da abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme, em superfícies cilíndricas ou cónicas de revolução. Para tanto, a peça ou a ferramenta gira e uma delas se desloca simultaneamente segundo uma trajetória retilínea paralela ou inclinada ao eixo de rotação. A Roscagem pode ser interna ou externa:

- a) Roscagem interna - Processo de abertura de rosca executado em superfícies internas cilíndricas ou cónicas de revolução (fig. 57 a 60 da tabela seguinte).
- b) Roscagem externa - Processo de abertura de rosca executado em superfícies externas cilíndricas ou cónicas de revolução (fig. 61 a 66).

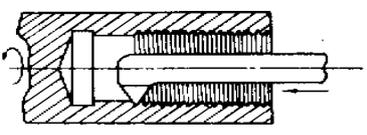
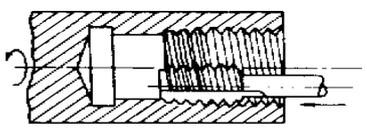
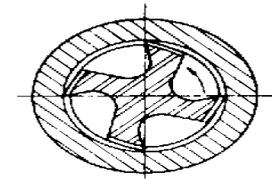
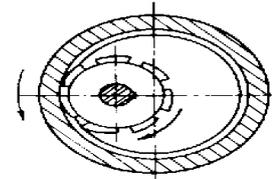
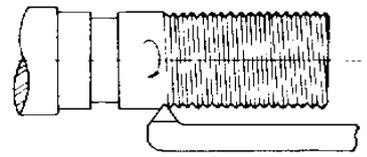
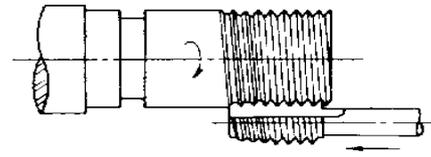
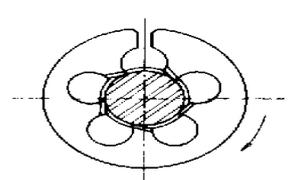
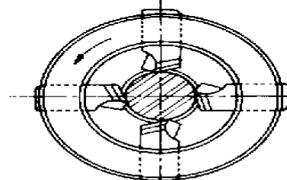
ROSCAMENTO	
<p>Fig. 57 - Roscamento interno com ferramenta de perfil único</p> 	<p>Fig. 58 - Roscamento interno com ferramenta de perfil múltiplo</p> 
<p>Fig. 59 - Roscamento interno com macho</p> 	<p>Fig. 60 - Roscamento interno com fresa</p> 
<p>Fig. 61 - Roscamento externo com ferramenta de perfil único</p> 	<p>Fig. 62 - Roscamento externo com ferramenta de perfil múltiplo</p> 
<p>Fig. 63 - Roscamento externo com cossinete</p> 	<p>Fig. 64 - Roscamento externo com jogo de pentes</p> 

Tabela 9 - tipos de roscagem

### 5.1 - Furação para abertura de rosca

Na abertura de furos para execução de rosca interna com o uso de machos de roscar devemos obedecer a diâmetros de furos apropriados como mostra a tabela a seguir.

Nominal	Diâmetro de Broca		Nominal	Diâmetro de Broca		Nominal	Diâmetro de Broca	
	HSS	Metal Duro		HSS	Metal Duro		HSS	Metal Duro
M1 ×0.25	0.75	0.75	M4 ×0.7	3.3	3.4	M22 ×2.5	19.5	19.7
M1.1×0.25	0.85	0.85	M4.5×0.75	3.8	3.9	M24 ×3.0	21.0	—
M1.2×0.25	0.95	0.95	M5 ×0.8	4.2	4.3	M27 ×3.0	24.0	—
M1.4×0.3	1.10	1.10	M6 ×1.0	5.0	5.1	M30 ×3.5	26.5	—
M1.6×0.35	1.25	1.30	M7 ×1.0	6.0	6.1	M33 ×3.5	29.5	—
M1.7×0.35	1.35	1.40	M8 ×1.25	6.8	6.9	M36 ×4.0	32.0	—
M1.8×0.35	1.45	1.50	M9 ×1.25	7.8	7.9	M39 ×4.0	35.0	—
M2 ×0.4	1.60	1.65	M10 ×1.5	8.5	8.7	M42 ×4.5	37.5	—
M2.2×0.45	1.75	1.80	M11 ×1.5	9.5	9.7	M45 ×4.5	40.5	—
M2.3×0.4	1.90	1.95	M12 ×1.75	10.3	10.5	M48 ×5.0	43.0	—
M2.5×0.45	2.10	2.15	M14 ×2.0	12.0	12.2			
M2.6×0.45	2.15	2.20	M16 ×2.0	14.0	14.2			
M3 ×0.5	2.50	2.55	M18 ×2.5	15.5	15.7			
M3.5×0.6	2.90	2.95	M20 ×2.5	17.5	17.7			

Tabela 10 – tabela de furos para roscas, fonte [www.mitsubishicarbide.net](http://www.mitsubishicarbide.net)

Os filetes das roscas apresentam vários perfis. Esses perfis, sempre uniformes, dão nome as roscas e condicionam sua aplicação. Temos os seguintes perfis das roscas:

- Triangular - Parafusos e porcas de fixação na união de peças. Ex.: Fixação da roda do carro.
- Trapezoidal Parafusos que transmitem movimento suave e uniforme. Ex.: Fusos de máquinas.
- Redonda - Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços. Ex.: Equipamentos ferroviários.
- Quadrada - Parafusos que sofrem grandes esforços e choques. Ex.: Prensas e morsas, tornos, macacos de carros, elevadores de automóveis.

### Medição de roscas



Fig. 62- Escantilhão de roscas para medir passos de rosca, fonte - alunos de curso EFA

Procedimento de roscagem manual - A abertura manual de roscas interiores efetua-se por meio de machos. Os machos vendem-se em conjuntos de três, que são diferentes entre eles:

**Macho cônico** - Também denominado de ponta. É cônico em dois terços do seu comprimento, sendo utilizado para iniciar a abertura de uma rosca. Este macho é o único necessário, tratando-se de chapa fina, pois o terço superior do macho executa a rosca com o seu diâmetro definitivo.



Fig. 63 – Macho de ponta

**Macho intermédio** - É cónico em somente um terço do seu comprimento e destina-se a avivar a rosca iniciada pelo macho cónico.



Fig. 64 - Macho intermédio

**Macho direito, ou de acabamento** -É direito em todo o seu comprimento, com exceção de uma pequena ponta chanfrada. Utiliza-se para acabamento da rosca. É indispensável para roscar furos sem saída



Fig. 65 - Macho de acabamento

A abertura manual de roscas com machos é um trabalho que deve ser feito com o maior cuidado para não os partir. Há machos para máquina e são melhores mas mais caros. Abaixo seguem os passos que devem ser dados para executar o processo de abertura de rosca com a maior precisão.

### **Desandador para machos**

Há vários tipos de desandador, destinados a receber o encabadouro do macho e a rodá-lo para abertura da rosca. Procedimentos segundo um aluno do autor, de curso EFA:

- 1 - Marque com um punção o centro do furo pretendido. Escolha um macho de diâmetro e rosca idênticos aos do parafuso que vai ser introduzido no furo.
- 2 - Abra o furo com uma broca apropriada. O diâmetro da broca a utilizar para abrir o furo deve ser inferior ao do macho, sendo este igual ao do parafuso. A diferença, que é variável conforme o tipo de rosca, é normalmente dada por tabelas.
- 3 - Para abrir furos sem saída, isto é, furos que não atravessam completamente a peça, broque até uma profundidade superior à da rosca pretendida, para impedir que as pontas dos machos se encravem no fundo.
- 4 - Introduza o macho no desandador, perpendicularmente a este, de modo que fique bem firme.
- 5 - Introduza o macho cónico, ou de ponta, no furo, verticalmente, e exerça ligeira pressão para baixo sobre o macho, rodando-o no sentido dos ponteiros do relógio (para uma rosca direita). Assim que o macho abra as primeiras espiras da rosca, alivie a pressão, pois ele continuará a abrir a rosca só com o movimento de rotação; os intervalos regulares, rode o macho para trás cerca de um quarto de volta para quebrar as rebarbas.
- 6 - Depois de utilizar o macho cónico em todo o seu comprimento, continue a abertura da rosca com o macho intermédio.
- 7 - Para terminar a abertura da rosca, utilize o macho direito, ou de acabamento. No caso de um furo sem saída, é necessário retirar completamente o macho, a intervalos, para quebrar e extrair

UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia  
as rebarbas. Ao chegar perto do fundo do furo, proceda com cuidado, para não partir o macho. Para a abertura de roscas em latão ou ferro fundido, não é necessário lubrificar o macho, ao contrário do que sucede quando se trata de alumínio, aço, cobre ou bronze. Use petróleo para o alumínio e óleo para os restantes matérias.



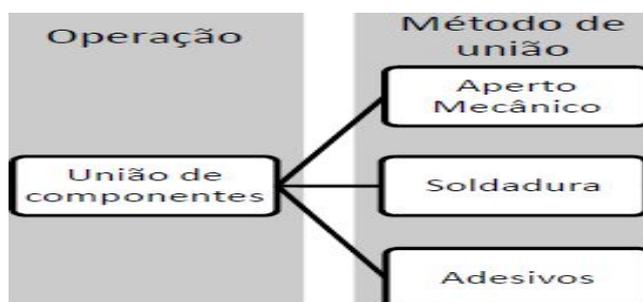
Fig. 66 - Abertura da rosca por machos de 8 mm, aluno de curso EFA

**Caçonetes e tarrachas** - tal como os machos é uma ferramenta em aço rápido (HSS), dura e frágil, podendo então pensar-se que, tal como com os machos são precisos três caçonetes para abertura de uma rosca, mas não é verdade, já que estando o caçonete perfeitamente apoiado no desandador este não corre o risco de fratura, pelo que um único caçonete abre a rosca de uma só vez.



Fig. 67 - Caçonete e desandador

## 6 - Ligação dos materiais (união)



Organograma 1 - tipos de ligação, fonte - Guilherme Nunes

### 6.1 - Classificação das ligações dos materiais

Junção (ligação) – é o processo de ligação de duas ou mais peças para produzir uma única peça.

As ligações podem ser permanentes ou desmontáveis:

- Ligação por Parafuso – desmontável, (ver UFCD 6596 - Desenho técnico)
- Pinos e chavetas – desmontável (utilizada sobretudo na transmissão do movimento rotativo)
- Junção por conformação
- Colagem (colas e adesivos)
- Rebitagem
- Soldadura

### 6.2 - Junção por conformação

O processo de junção de chapas por conformação é usado preferencialmente na junção de chapas metálicas. Aplicações em veículos, fabrico de radiadores, aplicação das ralas nos motores,...

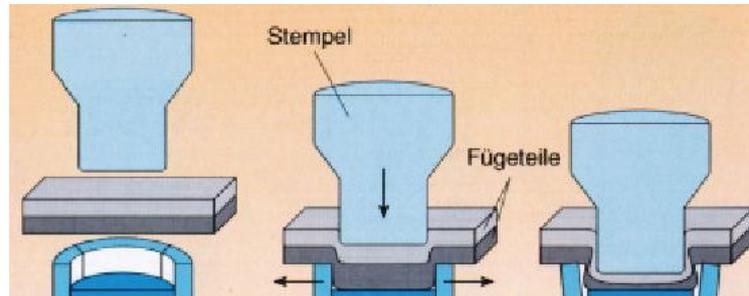


Fig. 68 - Introdução a Manufatura Mecânica Gilmar Ferreira Batalha 2003

### 6.3 - Colagem (colas e adesivos)

Adesivo - material polimérico que quando aplicado em superfícies pode ligá-las e resistir à separação.

Tabela 2.2: Vantagens e limitações das juntas coladas [Tong e Steven (1999)].

Vantagens	Limitações
Capacidade de obter estruturas mais leves e rígidas	As peças não podem ser separadas posteriormente
Capacidade de unir materiais distintos (por exemplo, metais com compósitos)	Podem ocorrer tensões residuais resultantes dos diferentes coeficientes de expansão térmica
Capacidade de unir eficientemente materiais de espessuras finas	Sensibilidade a tensões de tracção segundo a espessura
Melhor distribuição das tensões	Fraca resistência à temperatura e à humidade
Melhores propriedades à fadiga devido à melhor distribuição de tensões	Susceptíveis a degradação ambiental e incerteza relativamente à sua durabilidade a longo prazo em condições de serviço severas
Melhor resistência à corrosão	Problemas de toxicidade e inflamabilidade
Melhor aparência superficial (sem cabeças de parafusos, sem marcas de soldadura, etc)	Dificuldade ao nível das inspecções
Fabrico de formas complexas	-
Boa capacidade de vedação	-

Tabela 11 - vantagens e limitações do uso de colas, fonte - Filipe Chaves

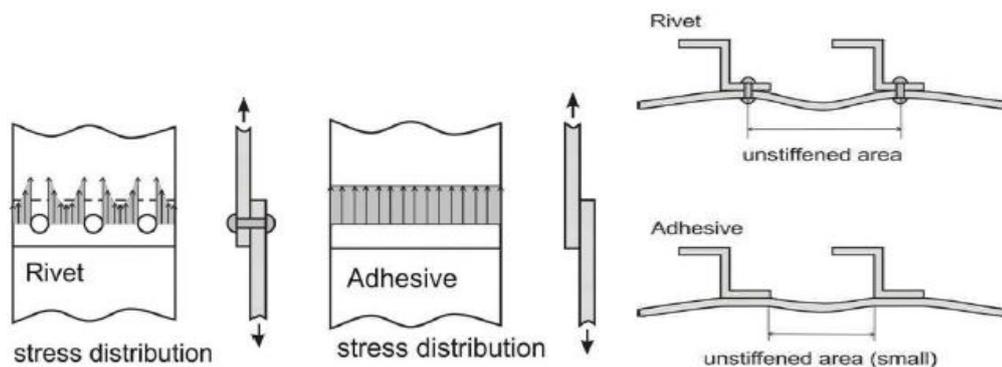


Fig. 69 - Maior distribuição da tensão e menor área a ser deformada, fonte - Filipe Chaves

Os adesivos estão a ser utilizados para substituir tecnologias de soldadura bastantes exigentes para materiais como o alumínio, em estruturas como os chassis do *Lotus Evora*, *Morgan Supersportse Aston Martin DB9*. Hoje em dia os adesivos e colas estão presentes nos aviões, motas, barcos, automóveis, edifícios e em medicina.

**6.4 - Rebitagem** - A rebitagem é a união de peças metálicas por meio de rebites. Consiste, basicamente, em percutir ou pressionar fortemente a cabeça do rebite fazendo com que este se encaixe e forme uma nova cabeça na outra extremidade, para a qual se aplica uma contramatriz ou contra-estampo. Isto é, realiza-se um recalçamento com a finalidade de unir com forte pressão várias peças metálicas, aprisionando-as entre a cabeça primitiva do rebite e a nova cabeça que se origina.

As rebitagens podem efetuar-se a frio ou a quente. Se é a quente, introduz-se no orifício o rebite aquecido ao rubro. Uma vez rebitado, arrefece, produzindo-se uma contração, a qual provoca um forte aperto sobre as peças ligadas, aumentando assim a resistência ao deslizamento destas.

Para adquirir os rebites adequados é necessário conhecer:

- a) de que material é feito;
- b) o tipo de sua cabeça;
- c) o diâmetro do seu corpo;
- d) o seu comprimento útil.

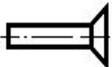
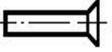
TIPOS DE REBITE	FORMATO DA CABEÇA	EMPREGO	TIPOS DE REBITE	FORMATO DA CABEÇA	EMPREGO
	Cabeça redonda larga	Largamente utilizados devido à resistência que oferecem.		Cabeça escareada chata larga	Empregados em uniões que não admitem saliências.
	Cabeça redonda estreita			Cabeça escareada chata estreita	
	Cabeça escareada com calota	Empregados em uniões que admitem pequenas saliências.			
	Cabeça tipo panela			Cabeça cilíndrica	Usados nas uniões de chapas com espessura máxima de 7 mm.

Fig. 70 - tipos de rebites



Fig. 71 - Rebites de alumínio



Fig. 72 - Rebites de aço roscados



Fig. 73 - Rebites cónicos de cobres

### 6.4.1 - Tipos de ligações com rebites

- a)-Ligações Resistentes
- b)-Ligações Estantes
- c)-Ligações Resistentes e Estantes

Ligações Resistentes - O objetivo é conseguir que as duas peças ligadas transmitam os esforços e lhes resistam como se fossem uma única, ex: nas estruturas metálicas de edifícios, pontes etc.

Ligações Estantes - Quando se pretende que as juntas da ligação impeçam a passagem de gases ou líquidos, ex: depósitos

Ligações Resistentes e Estantes - Quando se pretende que tenham simultaneamente as características dos dois tipos anteriores. ex: construção naval, caldeiras, etc.

### 6.4.2 - Materiais dos rebites

Os rebites devem ser de material resistente e dúctil.

Os materiais mais utilizados nos rebites são o aço, cobre, alumínio e latão.

### 6.4.3 - Rebitagem manual, sequência:

- 1- Compressão das superfícies a serem unidas
- 2- O rebite é martelado até encorpar, isto é, dilatar e preencher totalmente o furo.
- 3- Com o martelo de bola, o rebite é "boleado", ou seja, é martelado até começar a se arredondar.
- 4- Formato da segunda cabeça é feito por meio de outra ferramenta chamada estampo.

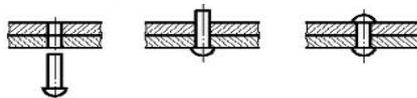


Fig. 74 - Sequência da rebitagem

### Rebitadeiras manuais



Fig. 75 e 76 - Rebitadeira manual e de tesoura

**Rebitadeiras Hidráulicas e Pneumáticas** - Funcionam por meio de pressão contínua.



Fig. 77 - Pneumática - recomenda-se para rebites com furo de 5 mm de diâmetro

## 6.5 - Classificação dos processos de soldadura

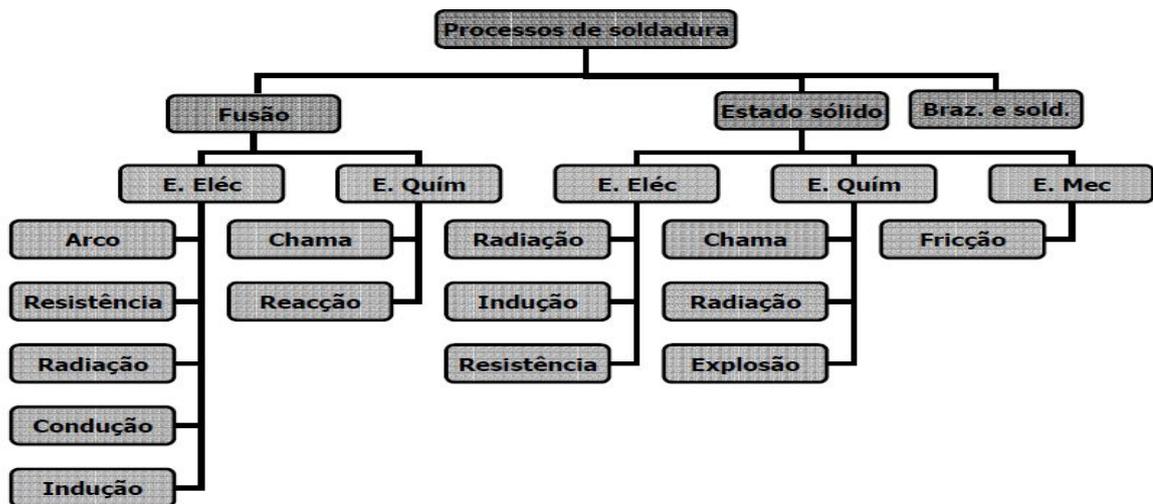
A soldadura que aqui se apresenta é um resumo do manual UFCD 898 - Soldadura e soldobrasagem.

Disponível em [www.marioloureiro.net/ensino/manuais/UFCD898-Soldadura-e-soldobrasagem.pdf](http://www.marioloureiro.net/ensino/manuais/UFCD898-Soldadura-e-soldobrasagem.pdf).

### 6.5.1 - Processos de soldadura

Os processos de soldadura podem ser divididos em três classes fundamentais:

- Soldadura por fusão
- Soldadura no estado sólido
- Brasagem e soldobrasagem



Organograma 2 - Processo de soldadura. Fonte - Altino Loureiro

**6.5.0.1 - Soldadura por fusão** - engloba os processos de soldadura nos quais a fusão dos materiais base a soldar é essencial para a realização da soldadura. O metal base (MB) e o metal de adição (MA), caso exista, encontram-se no estado líquido.

**6.5.0.2 - Soldadura no estado sólido** - agrupa os processos de soldadura nos quais a ligação de peças ocorre a temperaturas muito inferiores à de fusão dos materiais (MB), nalguns casos mesmo próximo da temperatura ambiente, e sem uso de metais de adição (MA).

**6.5.0.3 - Brasagem e Soldobrasagem** - englobam os processos de soldadura em que a ligação dos metais a soldar (MB) é conseguida aquecendo-os até uma temperatura inferior à de *solidus* e em que se utiliza um material de adição (MA) com uma temperatura *liquidus* inferior à *T solidus* dos materiais de base.

## 6.6 - Soldadura por arco eléctrico

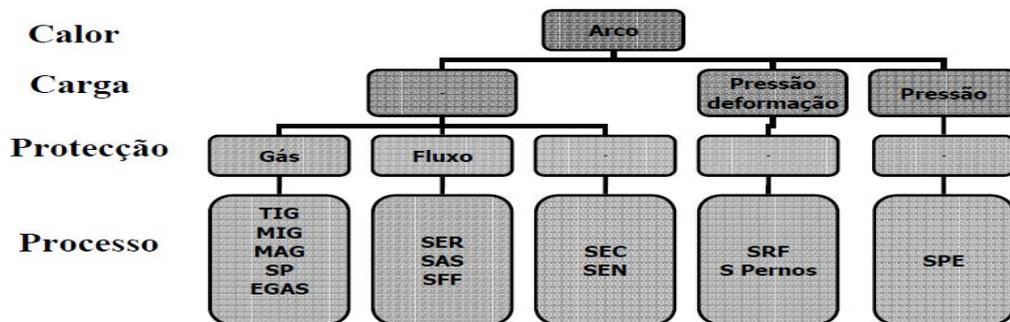
Dentro da soldadura por fusão temos a soldadura por arco eléctrico que é a mais utilizada na indústria.

A soldadura envolve geralmente a aplicação de uma determinada quantidade de calor na zona que se pretende ligar.

O arco eléctrico pode ser considerado um condutor gasoso que transforma energia eléctrica em calorífica. É a fonte de calor utilizada em muitos dos principais processos de soldadura.

O arco eléctrico é estabelecido através de uma descarga eléctrica entre os eléctrodos, a qual é mantida devido ao desenvolvimento de um meio condutor gasoso.

O eléctrodo negativo, a partir do qual são emitidos os electrões que passam através do gás, é chamado cátodo. O eléctrodo positivo é conhecido como ânodo.



SP – soldadura plasma; EGAS – electro-gas; SER – eléctrodo revestido; SAS – arco submerso; SFF – fio fluxado; SEC – eléctrodo de carvão; SEN – eléctrodo nu; SRF – faiscamento; SPE - percussão

Organograma 3 - soldadura por arco. Fonte - Altino Loureiro

### 6.6.1 - Escorvamento do arco eléctrico

Formas de escorvamento do arco eléctrico (ignição do arco):

- a) Escorvamento por curto-circuito
- b) Escorvamento por ignitor de alta frequência

**6.6.0.1 - Curto-circuito** - consiste em tocar com o eléctrodo na peça provocando um curto-circuito, ao qual estão associados uma corrente eléctrica de muito alta intensidade e uma elevada resistência de contacto, que vão provocar uma elevada libertação de calor no ponto de contacto com conseqüente fusão e alguma vaporização de metal. Nessa altura afasta-se o eléctrodo da peça o que vai dar origem a uma ponte de metal em fusão entre o eléctrodo e a peça, a qual devido à elevada intensidade de curto-circuito e ao afastamento vai romper aparecendo então um arco eléctrico transitório. Se a tensão em vazio da fonte de potência for suficiente estabelecer-se-á um verdadeiro arco eléctrico.

**6.6.0.2 - Ignitor de alta frequência** - Consiste na aplicação aos terminais da fonte de potência, de uma tensão muito elevada (pode ser maior que 10 kV) e de alta frequência, a qual é suficiente para provocar uma faísca eléctrica entre o eléctrodo e a peça afastados um do outro. Logo que esta faísca ocorre, verifica-se um rápido abaixamento da tensão e a intensidade de corrente começa a aumentar, atingindo-

se cerca de 1 ms, depois as condições são correspondentes a um arco eléctrico estável. Em corrente alterna o ignitor permanece ligado para estabilidade do arco.

## 6.7 - Soldadura por eléctrodo revestido (ER)

Princípios de Funcionamento:

- Processo de Soldadura por Fusão.
- A Fusão do material de adição e do material de base é obtida através do calor desenvolvido por um arco eléctrico. **Nota - Este arco deve ter um comprimento menor que a alma.**
- A protecção do banho em fusão e das gotas de material de adição é obtida através de uma protecção gasosa, através da decomposição do revestimento.

**Processo mais versátil**

**Solda espessuras de a 100 mm ou +**

**Todas as posições**

**Pessoal muito qualificado**

**Taxa de depósito reduzida (2 a 3 Kg/dia)**

**Equipamento barato**

**Processo manual**

**Difícilmente automatizável**

**Trabalha em CC ou CA**

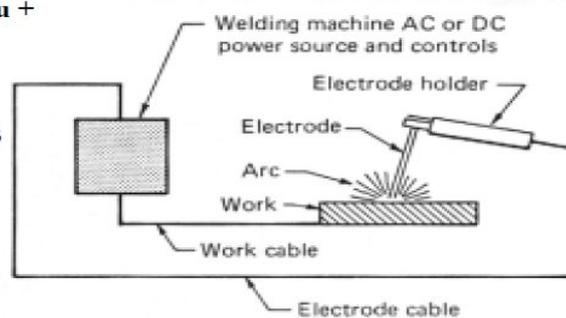


Fig. 78 - soldadura a ER. Fonte - Altino Loureiro



Fig. 79 - soldadura a ER. Fonte - ISQ

### 6.7.1 - Equipamentos de soldadura a ER:

Fonte AC ou DC;

Cabos de corrente em cobre flexíveis, geralmente com a secção de 50 mm<sup>2</sup> ou mais;

Porta eléctrodo e garra de terra;

Máscara de UV e EPIs ver no final do manual;

Escova de aço;

Martelo de soldadura, para picar a escória (Picadeira para Soldadura);

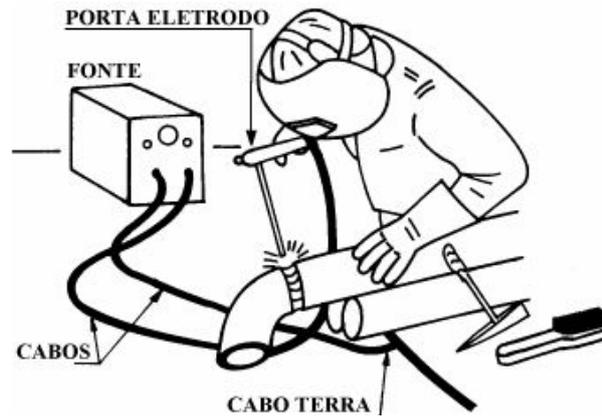


Fig. 80 – Equipamento para soldadura a ER. Fonte - Paulo Modenesi et al

### 6.7.2 - Parâmetros de soldadura a ER

Os parâmetros de soldadura seguintes são variáveis essenciais:

- 1 - Intensidade de soldadura (corrente eléctrica) [A] (Ampére);
- 2 - Tensão do arco eléctrico (voltagem) [V] (volt);
- 3 - Velocidade de soldadura [m/s];
- 4 - Tipo de eléctrodo e seu diâmetro (da alma metálica) [mm];

#### **Intensidade:**

- Determina a taxa de Depósito
- Profundidade da Penetração
- Volume de metal Fundido
- I ↑ ↑ ⇒ Implicam Bordos queimados, cordões “altos” e estreitos
- I ↓ ↓ ⇒ Arcos Instáveis

#### **Tensão:**

- Determina a largura e a convexidade do Cordão
- Melhora a resistência à porosidade (óleos e humidade)
- V ↑ ↑ ⇒ Cordões muito largos (2 x a penetração) pode originar fissuração
- V ↓ ↓ ⇒ Dificil remoção da escória, aumento exagerado de elementos liga no depósito podendo originar fissuração

#### **Velocidade de Soldadura Excessiva:**

- Diminui o efeito de molhagem, aumenta a convexidade
- Aumenta a probabilidade de bordos queimados
- Aumenta a probabilidade da porosidade e da fissuração

#### **Velocidade de Soldadura muito Baixa:**

- Aumenta a probabilidade de fissuração pelo efeito de aumentar a largura do cordão
- Aumenta a probabilidade de inclusões de escória devido a volumes de material fundido muito grandes e baixa velocidade
- Morfologia do cordão muito rugosa

Eletrodo	AWS	Diâmetro (mm)	Corrente (A)	Valor ótimo (A)	TX. dep. (kg/h)	Ef. dep. (%)
OK 22.45P OK 22.50	E6010	2,5	60 – 80	75	0,7	72
		3,2	80 – 140	100 / 130	0,9 / 1,0	76 / 69
		4,0	90 – 180	140 / 170	1,3 / 1,3	74 / 64
		5,0	120 – 250	160 / 190	1,5 / 1,6	75 / 70
OK 22.65P	E6011	2,5	40 – 75	75	0,6	61
		3,2	60 – 125	120	1,0	71
		4,0	80 – 180	150	1,7	77
		5,0	120 – 230	180	1,9	73
OK 46.00 OK 46.13 OK 43.32	E6013	2,0	50 – 70	50	0,6	73
		2,5	60 – 100	85	0,7	73
		3,2	80 – 150	125	1,0	73
		4,0	105 – 205	140 / 160 / 180	1,2 / 1,4 / 1,6	76 / 74 / 71
		5,0	155 – 300	180 / 200 / 220	1,5 / 1,7 / 1,9	74 / 71 / 73
OK 33.80	E7024	3,2	130 – 170	140 / 180	1,9 / 2,3	72 / 71
		4,0	140 – 230	180 / 210 / 240	2,4 / 2,9 / 3,3	71 / 73 / 69
		5,0	210 – 350	245 / 270 / 290	3,4 / 3,8 / 4,1	69 / 71 / 68
		6,0	270 – 430	320 / 360	4,3 / 5,3	72 / 69
OK 48.04	E7018	2,5	65 – 105	90	0,8	66
OK 48.06	E7018	3,2	100 – 150	120 / 140	1,2 / 1,2	72 / 71
OK 48.07	E7018-1	4,0	130 – 200	140 / 170	1,4 / 1,7	75 / 74
OK 55.00	E7018-1	5,0	185 – 270	200 / 250	2,2 / 2,4	76 / 75

Tabela 12 - Diâmetro e corrente em função do eléctrodo. Fonte - ESAB

### 6.7.3 - Classificação dos eléctrodos

Norma AWS A5.1-91 - Aços não ligados. Tipo de posição de soldadura, corrente de soldadura e revestimento.

#### 6.7.3.1 - Tipo de posições de soldadura e inclinações

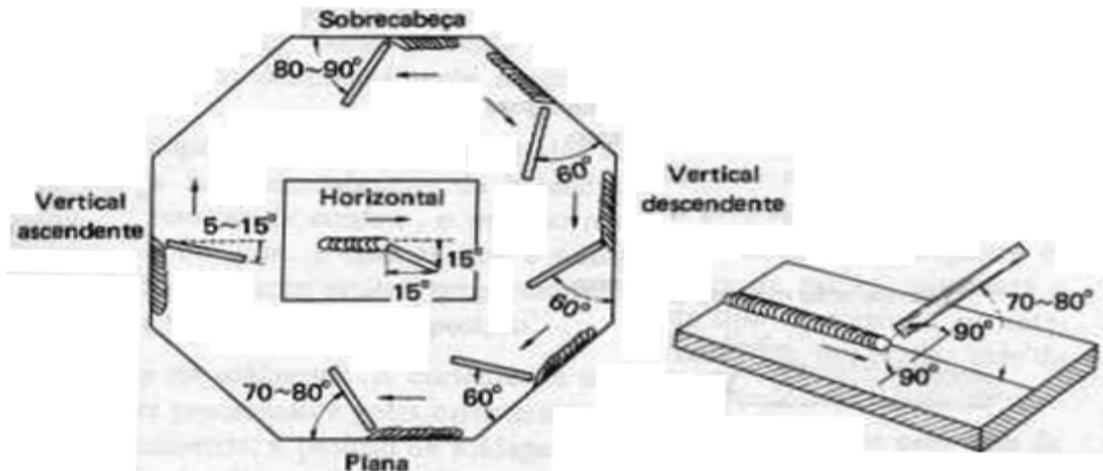
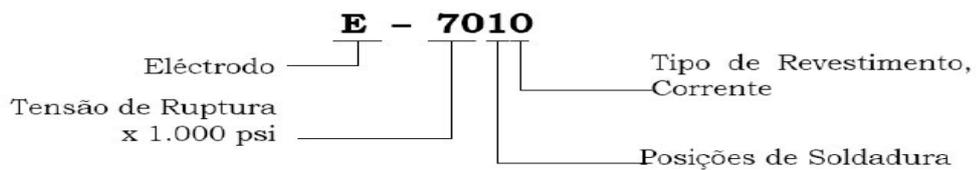


Fig. 81 - Inclinações na soldadura a ER. Fonte - Lucas Berti



#### Posições de Soldadura

1	Baixo; Horizontal; Vertical; Tecto
2	Baixo e Horizontal
4	Baixo; Horizontal; Vertical descendente; Tecto

Tabela 13 - Classificação dos eléctrodos. Fonte - ISEC

### 6.7.4 - Tipos de corrente eléctrica

A fonte de alimentação pode ser de corrente alternada (AC) ou contínua (CC) e nesta qual a polaridade. O eléctrodo escolhido funcionará apenas com a fonte apropriada. A Tabela seguinte relaciona o tipo de corrente para o qual cada eléctrodo foi desenvolvido.

Classificação AWS	Corrente
EXX10-X	CC+
EXX11-X	CA ou CC+
EXX13-X	CA ou CC+ ou CC
EXX15-X	CC+
EXX16-X	CA ou CC+
EXX18-X	CA ou CC+
EXX20-X	CA ou CC- (horizontal em ângulo) CA ou CC+ ou CC- (plana)
EXX27-X	CA ou CC- (horizontal em ângulo) CA ou CC+ ou CC- (plana)

Tabela 14 - Tipos de corrente (fonte de alimentação). Fonte - ESAB

### 6.7.5 - Tipos de revestimento

Digito	Revestimento	Corrente de Soldadura
0	Celulósico de Sódio	DCEP
1	Celulósico de Potássio	AC; DCEP e DCEN
2	Titania de Sódio	AC e DCEN
3	Titania de Potássio	AC e DCEP
4	Titania com pó de ferro	AC; DCEP e DCEN
5	Básico de Sódio	DCEP
6	Básico de Potássio	AC e DCEP
7	Ácido com pó de ferro	AC; DCEP e DCEN
8	Básico com pó de ferro	AC e DCEP
E6020	Ácido de Sódio	AC e DCEP

Tabela 15 - Tipo de revestimento e corrente de soldadura. Fonte - ISEC

#### Tipos de eléctrodos:

Oxidantes (óxidos de Fe, Mn, Si)

Ácidos (óxidos e silicatos)

Básico (carbonato de cálcio e fluoretos)

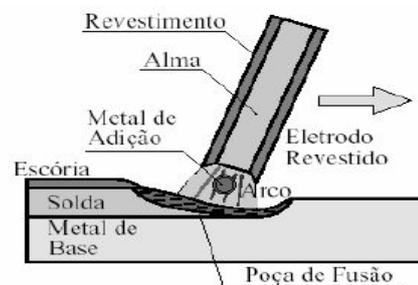
Rutilo (TiO<sub>2</sub>)

Celulósico (produtos orgânicos)

#### Dimensões:

Diâmetro - 1.6; 2; 2.5; 3.25; 4;  
5; 6 e 8

Comprimento – 300 a 500 mm



#### Critério de selecção

A resistência mecânica do metal depositado deve ser igual ou superior à do metal de base e composição química idêntica.

Fig. 82 - Resumo da soldadura a ER. Fonte - Altino Loureiro

### 6.7.6 – Armazenagem de ER

Todos os eléctrodos de baixo hidrogénio absorverão alguma humidade do ar após a abertura da lata ou embalagem plástica. Por isso, os eléctrodos que não forem consumidos dentro de um determinado intervalo de tempo, devem ser armazenados em uma estufa e mantidos a temperatura constante.

Devem ser tomadas certas precauções na armazenagem dos eléctrodos revestidos, principalmente os eléctrodos básicos de baixo teor de hidrogénio, que são muito higroscópicos e necessitam de cuidados especiais para que suas características não sejam afetadas.

Um eléctrodo húmido poderá causar inúmeros defeitos na solda: porosidade no início ou mesmo em todo o cordão de solda, fendas ao lado e sob o cordão, porosidade vermiforme, arco instável, respingos abundantes e acabamento ruim.

	Umidade relativa	Temperatura
<b>Celulósicos</b>	70% máx.	+18 °C a +50 °C
<b>Demais tipos</b>	50% máx.	+18 °C mín.

Tabela 16 - Condições de armazenagem dos eléctrodos revestidos. Fonte - ESAB Br

Tipo de eletrodo	Temperatura efetiva no pacote de eletrodos ( °C)	Tempo real à temperatura efetiva (h)
<b>Básicos</b>	325 ± 25	1,5 ± 0,5
<b>Altíssimo Rendimento</b>	275 ± 25	1,5 ± 0,5
<b>Rutilicos</b>	80 ± 10	1,5 ± 0,5
<b>Ferro Fundido</b>	80 ± 10	1,5 ± 0,5
<b>Inoxidáveis Rutilicos</b>	275 ± 25	1,5 ± 0,5
<b>Inoxidáveis Básicos</b>	225 ± 25	1,5 ± 0,5

Tabela 17 - Secagem dos eléctrodos revestidos. Fonte - ESAB Br

Tipo de eletrodo	Temperatura efetiva na estufa de manutenção ( °C)
<b>Básicos</b>	125 ± 25
<b>Altíssimo Rendimento</b>	110 ± 10
<b>Rutilicos</b>	60 ± 10
<b>Ferro Fundido</b>	60 ± 10
<b>Inoxidáveis</b>	110 ± 10

Tabela 18 - temperatura da estufa para eléctrodos revestidos. Fonte - ESAB Br

Vantagens e limitações	Aplicações
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento simples, portátil e barato.</li> <li>• Não necessita fluxos ou gases externos.</li> <li>• Pouco sensível à presença de correntes de ar (trabalho no campo).</li> <li>• Processo muito versátil em termos de materiais soldáveis.</li> <li>• Facilidade para atingir áreas de acesso restrito.</li> <li>• Aplicação difícil para materiais reativos.</li> <li>• Produtividade relativamente baixa.</li> <li>• Exige limpeza após cada passe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem de produção, manutenção e em montagens no campo.</li> <li>• Soldagem de aços carbono e ligado.</li> <li>• Soldagem de ferro fundido.</li> <li>• Soldagem de alumínio, níquel e suas ligas.</li> </ul>

Tabela 19 - Vantagens, limitações e aplicações da soldadura a ER. Fonte - Paulo Modenesi et al

**Martelamento** - trabalho mecânico, aplicado à zona fundida da solda por meio de impactos, destinado a controlar deformações da junta soldada.

Nota - Na soldadura de ferro fundido é necessário o martelamento.

### 6.7.7 - Fontes de energia

A soldadura com eléctrodos revestidos pode empregar tanto corrente alternada (CA) quanto corrente contínua (CC), porém em qualquer caso a fonte selecionada deve ser do tipo corrente constante. Esse tipo de fonte fornecerá uma corrente de soldadura relativamente constante independentemente das variações do comprimento do arco causadas pelas oscilações da mão do soldador. A corrente de soldadura determina a quantidade de calor proveniente do arco eléctrico e, desde que ele permaneça relativamente constante, os cordões de solda serão uniformes em tamanho e em forma.

Tensão em vazio (fontes CA) - A tensão em vazio do equipamento de soldadura deve ficar preferencialmente na faixa de 50 V a 100 V. Quanto maior for a tensão em vazio, maior será a facilidade de abertura do arco.

Tipos de corrente - A corrente contínua confere melhor estabilidade ao arco. CC+ significa polaridade reversa, isto é, o eléctrodo é ligado ao polo positivo e a peça ao negativo. CC- é polaridade direta, isto é, o eléctrodo é ligado ao polo negativo e a peça ao positivo.

Na corrente alternada não existe polaridade definida. Há uma tendência a maior instabilidade do arco e a perda nos cabos é menor.

#### 6.7.7.1 - Tipos de fontes

Os transformadores fornecem somente corrente alternada. A máquina mais fraca tanto em potência como qualidade é a monofásica de regulação por entreferro, tem uma manivela que quando afasta o entreferro do meio do transformador, reduz a intensidade eléctrica. Será melhor se for bifásica (funciona a 400VAC) e ainda será melhor se for de regulação por seletor rotativo.



Fig. 83 - Máquina de soldar a ER com regulação por entreferro. Fonte - [www.soldaeletrica.com.br](http://www.soldaeletrica.com.br)

Os retificadores transformam a corrente alternada da rede em corrente contínua disponível para a soldadura. Os geradores (rotativos) podem fornecer corrente contínua ou corrente alternada.

Os inversores fornecem corrente contínua e podem ser portáteis. Tem as vantagens de serem muito eficientes, leves e poder regular a intensidade. Há modelos acessíveis como o seguinte a 135 €.



Fig. 84 - Inverter, S-ARC 180. Fonte - [www.expondo.pt](http://www.expondo.pt)

## 6.8 - Soldadura MIG/MAG

A Soldadura a Arco Gás-Metal (Gas Metal Arc Welding - GMAW) é um processo de soldadura a arco que produz a união dos metais pelo seu aquecimento com um arco elétrico estabelecido entre um eléctrodo metálico contínuo (e consumível) e a peça.

A proteção do arco e poça de fusão é obtida por um gás ou mistura de gases. Se este gás é inerte (Ar/He), o processo é também chamado MIG (Metal Inert Gas). Por outro lado, se o gás for ativo ( $\text{CO}_2$  ou misturas Ar/ $\text{O}_2$ / $\text{CO}_2$ ), o processo é chamado MAG (Metal Active Gas). Gases inertes puros são, em geral, usados na soldadura de metais e ligas não ferrosas, misturas de gases inertes com pequenas quantidade de gases ativos são usadas, em geral, com aços ligados, nas misturas mais ricas em gases ativos ou  $\text{CO}_2$  puro são usados na soldadura de aços carbono.

O equipamento básico para a soldadura consiste de fonte de energia, tocha de soldadura, fonte de gás e alimentador de arame. A fonte de energia tem, em geral, uma saída de tensão constante, regulável entre 15 e 50 V, que é usada em conjunto com um alimentador de arame de velocidade regulável entre cerca de 1 e 20 m/min. Este sistema ajusta automaticamente o comprimento do arco através de variações da corrente, sendo mais simples do que sistemas alternativos. Na soldadura utiliza-se, em praticamente todas as aplicações, corrente contínua com o eléctrodo ligado ao polo positivo (CC+). Recentemente, o processo tem sido utilizado com corrente alternada (CA) para a soldadura de juntas de pequena espessura de alumínio.

- Eléctrodo consumível
- Processo semi-automático ou automático
- Taxa de depósito elevada (até 5 Kg/h)
- Solda todos os materiais
- Espessura 2 a 100 mm
- Aprendizagem simples
- Investimento reduzido
- Sensível ao ambiente (vento)
- Acessibilidade pior que ER

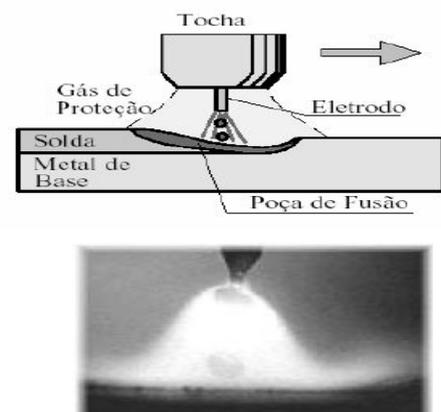


Fig. 85 - Resumo de soldadura MIG/MAG. Fonte - Altino Loureiro

A velocidade de avanço do arame tem no mínimo de ser aquela que o arame não recue até ao bico aquando a soldadura. Nota - Quando a velocidade está boa, o zumbido da soldadura é constante.

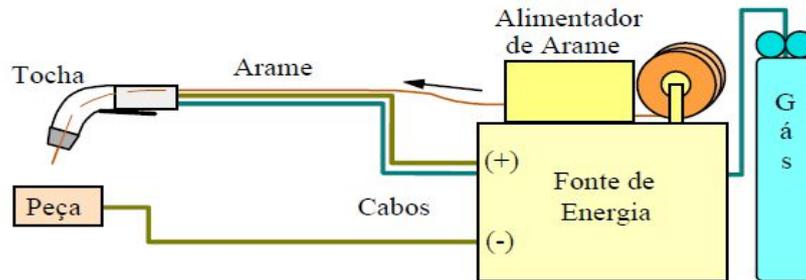


Fig. 86 - Equipamento MIG/MAG - Fonte - Paulo Modenesi et al



Fig. 87 - Máquina MIG, Stamos Basic, S-MIG 250 (não inclui garrafa) - Fonte - [www.expondo.pt](http://www.expondo.pt)

### 6.8.1 - Fontes de alimentação

As fontes de alimentação de máquinas portáteis são por tecnologia inverter. Retificam a alimentação da rede eléctrica, 230 VAC, e depois geram impulsos a alta frequência, cerca de 100 kHz, para transformador de núcleo em ferrite, assim tem a vantagem de ter grande eficiência e ser leve em comparação com um transformador de chapa Fe-Si, mas avariam com facilidade e é difícil a sua reparação, pois a avaria é geralmente no circuito electrónico feito com componentes SMD (Surface Mounted Device).

Há ainda fontes que podem ser feitas com tirístores comandados o que permite controlar a tensão de saída a ter um valor constante, como acontece nas máquinas de soldadura por resistência.

As fontes de alimentação de máquinas com rodas são por transformador trifásico e com retificação por 6 díodos, o que permite ter uma tensão constante.

**6.8.2 - Funcionamento**

Quando se pressiona o botão da tocha que opera a tensão reduzida, esta liga a válvula de gás (K61), o relé de potência (K77) e o motor (K53) que empurra o arame de aço cobreado.

Vantagens e limitações	Aplicações
Processo com eletrodo contínuo. Permite soldagem em qualquer posição. Elevada taxa de deposição de metal. Elevada penetração. Pode soldar diferentes ligas metálicas. Exige pouca limpeza após soldagem. Equipamento relativamente caro e complexo. Pode apresentar dificuldade para soldar juntas de acesso restrito. Proteção do arco é sensível a correntes de ar. Pode gerar elevada quantidade de respingos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem de ligas ferrosas e não ferrosas.</li> <li>• Soldagem de carrocerias e estruturas de veículos.</li> <li>• Soldagem de tubulações, etc.</li> </ul>

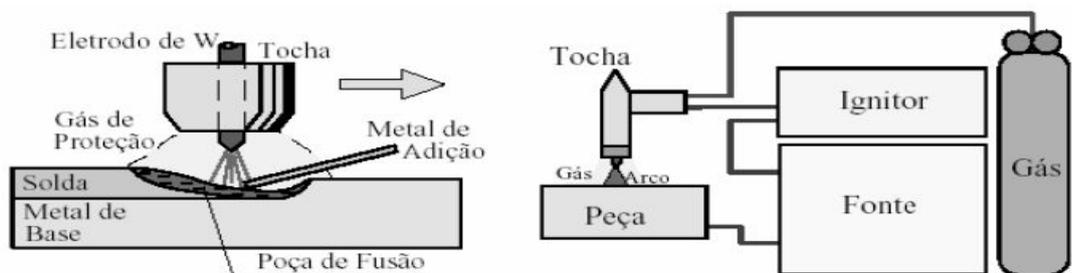
Tabela 20 – Vantagens, limitações e aplicações. Fonte - Paulo Modenesi et al

Nota - A manga da tocha com o tempo é normal ficar com fugas de gás, pelo que a melhor solução é comprar uma tocha nova, recomendação do autor e de Frederico Ferreira, gerente da Consistente Lda.

**6.9 - Soldadura TIG**

O equipamento básico consiste numa fonte de energia (CC e/ou CA), tocha com eléctrodo de tungsténio (W), fonte de gás de protecção (Ar ou He) e um sistema para a abertura do arco (geralmente um ignitor de alta frequência e > 10 kV). Este ignitor ioniza o meio gasoso, dispensando a necessidade de tocar o eléctrodo na peça para a abertura do arco (o que pode causar a mútua contaminação do eléctrodo e do metal base). A alta frequência é automaticamente desligada imediatamente após o início do arco.

O eléctrodo não é consumível - Tungsténio puro, W+Th (tório), W+Zr (Zircónio).



- Processo grande qualidade
- Solda todos os tipos de materiais
- Com ou sem eléctrodo consumível
- O eléctrodo de W não consumível

- Manual ou automático
- Todas as posições
- Espessuras finas (< 4 mm)
- Lento e investimento reduzido

Fig. 88 – Resumo da soldadura TIG. Fonte - Altino Loureiro



altura da parte esmerilhada duas vezes maior que o diâmetro do eléctrodo, ver imagem seguinte. O eléctrodo é fixado entre 5 - 10 mm da extremidade da tocha.

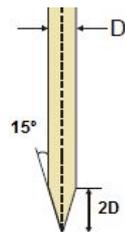


Fig. 91 - Ângulo do bico do eléctrodo

### 6.9.3 - Parâmetros/cuidados

**Limpeza das peças** - Antes de iniciar qualquer procedimento de soldadura, garanta que tudo está livre de impurezas.

**Habilidade do operador** - O processo manual de soldadura TIG é considerado um dos mais difíceis de todos os processos comuns utilizados pela indústria devido à necessidade de habilidade e destreza do operador em manter um pequeno arco eléctrico sem que o eléctrodo encoste à peça de trabalho. A utilização das duas mãos dificulta ainda mais o processo (uma mão segura a tocha de soldadura, a outra, o arame do metal de adição).

**Formação da poça de fusão** - Afim de pré-aquecer o metal e provocar o aparecimento da poça de fusão deve ser efetuado um movimento circular com arco mantido a uma distância média de 2 a 3 mm. Formada a poça de fusão a tocha deve ser posicionada em um ângulo de 15° a 20° obedecendo à direção da soldadura.

**Material de adição** - O material de adição é adicionado, se frio, no início da poça. Deve-se tomar um cuidado especial para manter sempre a ponta do arame de adição dentro do fluxo do gás de proteção. O metal de adição deve ser depositado na borda dianteira da poça de fusão em um ângulo de 15° a 20° em relação à superfície do metal base.

**Comprimento do arco** - O comprimento do arco é definido pela ponta do eléctrodo até o metal de base. Este parâmetro define o perfil do cordão de solda, quanto maior esse comprimento, mais largo será o cordão. Um arco muito curto ou muito largo gera instabilidade, propiciando descontinuidades como porosidade, mordeduras e falta de fusão.

**Inclinação da tocha** - A inclinação da tocha é outra variável que influencia na penetração no cordão. A inclinação da tocha no sentido positivo (puxando a solda) consegue-se maior penetração devido à maior atuação do arco.

No sentido negativo (empurrando a solda), o cordão se torna com menor influência tendo menor penetração. A figura abaixo mostra a diferença no cordão, de acordo com a angulação da inclinação da tocha.

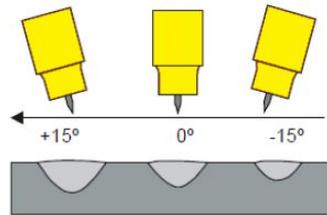


Fig. 91 - influência na inclinação da tocha

Ver exemplo de soldador a TIG em [https://www.youtube.com/watch?v=ogLmng\\_tAEM](https://www.youtube.com/watch?v=ogLmng_tAEM)

Nos modelos mais potentes tem de se afinar o arrefecimento a água.

Vantagens e limitações	Aplicações
<p>Excelente controle da poça de fusão.                      Permite soldagem sem o uso de metal de adição.                      Permite mecanização e automação do processo.                      Usado para soldar a maioria dos metais.                      Produz soldas de alta qualidade e excelente acabamento.                      Gera pouco ou nenhum respingo.                      Exige pouca ou nenhuma limpeza após a soldagem.                      Permite a soldagem em qualquer posição.                      Produtividade relativamente baixa.                      Custo de consumíveis e equipamento é relativamente elevado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem de precisão ou de elevada qualidade.</li> <li>• Soldagem de peças de pequena espessura e tubulações de pequeno diâmetro.</li> <li>• Execução do passe de raiz em tubulações.</li> <li>• Soldagem de ligas especiais, não ferrosas e materiais exóticos.</li> </ul>

Tabela 21 – Vantagens, limitações e aplicações. Fonte - Paulo Modenesi et al

## 6.10 - Brasagem e soldobrasagem

### 6.10.1 - Brasagem

A brasagem é o mais antigo dos processos que utilizam a fusão para ligar peças metálicas.

Nesse processo, há sempre a adição de metal não ferroso, que se funde na região de soldadura, que estará aquecida a uma temperatura conveniente. Assim, a união é feita, aquecendo-se o material base, sem fundi-lo, até temperaturas correspondentes à fluidez do material de adição.

É adicionada uma solda de ponto de fusão mais baixo que os materiais a unir. Permite unir materiais com ponto de fusão diferente.

Dependendo do metal a ser soldado pode ser necessário a utilização de um fluxo que promove a remoção e a dissolução dos óxidos e impurezas superficiais. O fluxo normalmente levado até a região da soldadura com auxílio do arame do material de adição.



Fig. 92 - Exemplo de solda oxiacetilénica

### 6.10.2 - Brasagem forte e fraca:

Brasagem fraca – soldas com ponto de fusão inferior a 450 °C (à base de estanho).

Brasagem forte – soldas com ponto de fusão superior a 450 °C (soldas de prata, cobre e latão).

Utilizações de soldas fracas - Indústria eléctrica, para a soldadura de componentes em placas de circuitos impressos, ligações de terminais eléctricos, solda de radiadores em cobre, etc.

Utilizações de soldas fortes - Tubos de cobre por ligas de prata ou cobre na climatização e refrigeração, tubos de aço de canalizações hidráulicos por ligas de prata. Fixação de pastilhas de corte. Equipamentos para indústria aeronáutica. Equipamentos eléctricos, etc.

**Solda de bronze** - É feita com material de adição sob forma de varetas com liga de cobre e zinco. Estas varetas possuem usualmente a seguinte combinação 60% de cobre e 40% de zinco, podem conter também a adição de estanho, ferro, manganês e silício em proporções menores.

Meio de aquecimento variado (chama, forno, indução, resistência, onda, ...etc)

### 6.10.3 - Soldobrasagem

Nesta soldadura o metal base (MB) funde-se. Por exemplo para soldar antimónio é necessário arranjar uma base que segure o material que vai fundir (cobre junta), este vai passar ao estado líquido, pode ser em cobre ou aço que têm temperaturas de fusão mais elevadas e não ligam ao antimónio.

### 6.11 - Soldadura oxiacetileno ou oxiacetilénica

Este processo foi introduzido industrialmente em 1903.

Soldadura oxi-gás (Oxifuel Welding, OFW) compreende um grupo de processos de soldadura que utilizam o calor produzido por uma chama de combustível gasoso e oxigénio para fundir o metal de base e se usado, o metal de adição.

Diferentes gases combustíveis podem utilizados, mas o mais comum para a soldadura dos aços e de outras ligas metálicas é o acetileno ( $C_2H_2$ ). Durante a operação, a chama resultante da mistura gás-oxigénio na ponta do maçarico é usada para a fusão localizada do metal de base e a formação da poça de

fusão. O soldador movimenta o maçarico ao longo da junta para conseguir a sua fusão uniforme e progressiva, adicionando, se for o caso, metal de adição.

Este processo é mais usado na soldadura de chapas finas (em geral, com uma espessura inferior a 6 mm) e de tubos de pequeno diâmetro e na soldadura de reparo, podendo ser usado para aços, em particular aços carbono, e para ligas não ferrosas. Dependendo do material a ser soldado, é preciso usar um fluxo para garantir a escorificação de impurezas. A qualidade da solda tende a ser inferior à da soldadura a arco devido à menor eficiência da proteção.

A soldadura oxiacetilénica é um processo no qual a união das peças é obtida pela fusão localizada do metal por uma chama gerada pela reação entre o oxigénio e o acetileno.

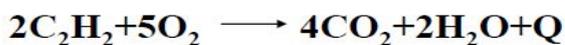
Pode ser necessário a utilização de material de adição, que em forma de arames é aplicado pelo soldador com uma mão, enquanto que com a outra mão ele manipula o maçarico.

A proteção do metal fundido é proporcionada pelos gases resultantes da queima primária em uma chama corretamente ajustada.

As superfícies a serem soldadas são aquecidas pela chama até a fusão das bordas, formando uma poça de fusão, que estabelece a interação entre as duas peças. (autógena)

Conforme a espessura ou as condições de soldadura do material base há a necessidade de adição ao processo de mais material na forma de varetas (material de adição).

### Soldadura oxiacetilénica



Processo antigo

Soldadura de chapa fina

Grande aquecimento das peças

Temperatura da chama na ordem de 3000 °C

Equipamento barato

Soldadura com pouca qualidade

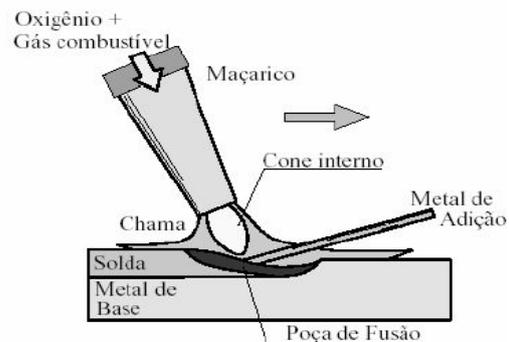


Fig. 93 - Soldadura oxiacetilénica. Fonte - Altino Loureiro

O oxigénio é, em geral, fornecido em cilindros de gás comprimido (200 bar). Em locais onde este gás é muito utilizado, ele pode ser fornecido a partir de instalações centralizadas. O acetileno é fornecido em geral dissolvido em acetona dentro de cilindros próprios.

Geradores de acetileno, onde este é produzido pela reação de carbureto de cálcio e água também podem ser usados mas estão em Portugal estão desuso. Os maçaricos são dispositivos que recebem o oxigénio e o gás combustível, fazem a sua mistura na proporção correta e libertam esta mistura, no seu

bico, com uma velocidade adequada para a sua queima. O equipamento para soldadura OFW é muito versátil, podendo ser utilizado, através de mudanças de regulação ou troca de bicos do maçarico, para corte a oxigénio, tratamento térmico de pequenas peças e para brasagem.

Uma alternativa mais barata ao acetileno é o propano.

Gás combustível	Temperatura de combustão	
	Com oxigénio	Com ar
Acetileno - ( $C_2H_2$ )	3480	2650
Hidrogénio - ( $H_2$ )	2980	2200
Propano - ( $C_3H_8$ )	2925	2090
Butano - ( $C_4H_{10}$ )	2980	2150
Gás natural - ( $CH_4$ e $H_2$ )	2775	2090

Tabela 22 - Gases para soldadura

### 6.11.1 - Acetileno e tipo de chama

O acetileno industrial é um gás incolor, odor picante característico. Ele é mais leve que o ar e se dissolve facilmente em líquidos.

Muito instável, apresenta perigo de explosão quando comprimido a pressões entre 15 e 20 bar.

Devido à sua instabilidade a pressões elevadas, o acetileno é armazenado em cilindros dissolvido em acetona. Esta, para cada aumento de 1 bar de pressão, dissolve um volume de acetileno 25 vezes maior do que o seu.

O cilindro é cheio até uma pressão de cerca de 17,5 kgf/cm<sup>2</sup>.

A vazão de consumo possui um limite acima do qual:

- a) a pressão interna cai rapidamente dando a impressão de que o cilindro está vazio.
- b) o acetileno tende a carregar, misturado consigo, uma certa quantidade de acetona.

Nota - Nunca deve se deitar o cilindro. Nesta situação, a acetona sairá em grande quantidade misturada com acetileno.

A pressão de saída de acetileno não deve exceder 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>.

A reação química da chama oxiacetilénica pode ser ajustada pela variação da relação da mistura do oxigénio / gás combustível, modificando assim as características da chama:

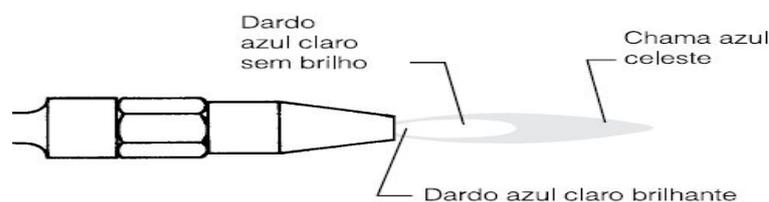


Fig. 94 - Chama Redutora - Fonte -Enbarco

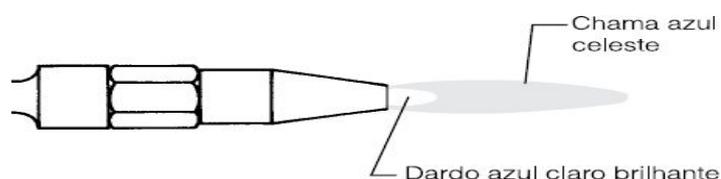


Fig. 95 - Chama Neutra - Fonte -Enbarco



Fig. 96 - CHAMA OXIDANTE - Fonte -Enbarco

### 6.11.2 - Aplicações do tipo de chama:

**Chama neutra** - Soldadura de aços ao carbono e nos materiais não ferrosos assegurando a protecção da oxidação e de ações químicas no metal em fusão;

**Chama oxidante** - Soldadura de cobre, bronzes, níquel e prata, com o fim de proteger o metal em fusão dos efeitos nocivos do hidrogénio;

**Chama redutora** - Soldadura de alumínio, onde a tendência à oxidação é muito grande ou em aços com elementos de liga.

### 6.11.3 - Constituição do conjunto oxiacetilénico

O equipamento básico para soldadura manual consiste de fontes de oxigénio e gás combustível, reguladores de vazão, mangueiras e do maçarico.

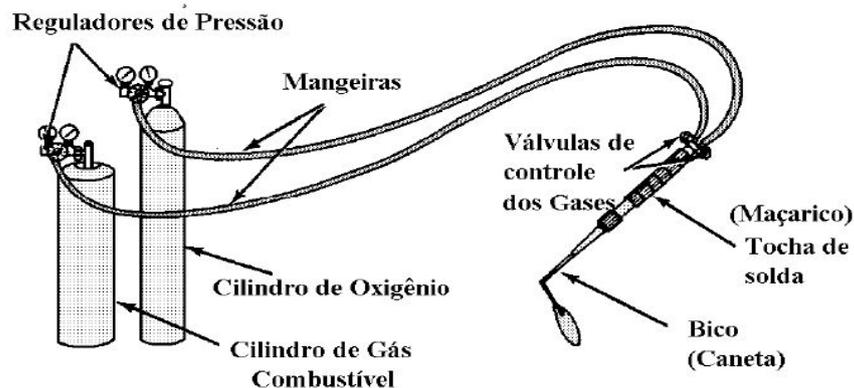


Fig. 97 - conjunto oxiacetilénico. Fonte - UTFPR

### 6.11.4 - REGULADORES DE GÁS

A função principal desses equipamentos é o controlo da pressão do gás. Eles reduzem a pressão alta do gás que vem do cilindro para a pressão de trabalho do maçarico, mantendo-a constante durante toda a operação.

O princípio de construção de reguladores para diferentes gases é o mesmo, isto se deve sempre por causa da pressão que eles são submetidos para controlar diferentes soldagens de gás a gás (150 bar para oxigénio e 17 bar para o acetileno) além do mais eles são designados para manter respetivamente diferentes pressões. Isto ocorre porque um regulador de gás é usado apenas para o gás para o qual ele é designado. Para evitar confusão e perigos, a conexão para gases combustíveis e tubos de oxigénio têm

rosca diferentes e correspondentes ao filetes das válvulas, um tem rosca direita o outro com rosca esquerda.



Fig. 98 - Reguladores

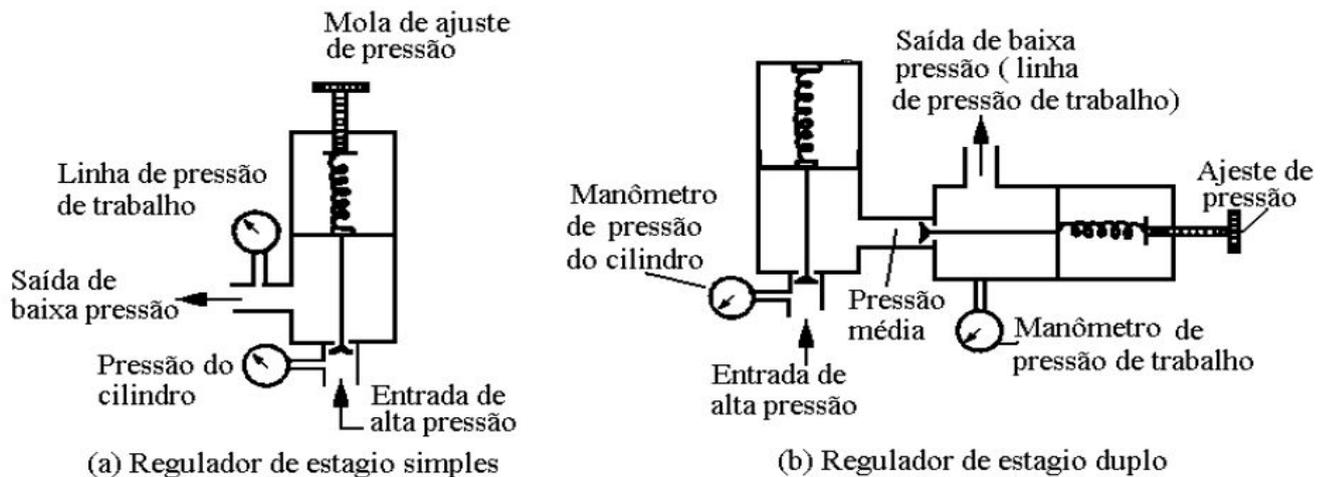


Fig. 99 - Funcionamento dos reguladores. Fonte - UTFPR

### 6.11.5 - Válvulas de retenção ou anti retrocesso

São válvulas colocadas nas linhas de oxigénio e acetileno para evitar o retorno de gás ou o refluxo da chama. Isso pode ocorrer quando a velocidade da chama é maior que a velocidade de fluxo do gás. Neste caso a chama pode atravessar a câmara de mistura em sentido contrário e avançar pela mangueira.



Fig. 100 - Válvulas anti retorno.

### 6.11.6 - Mangueiras

As mangueiras do equipamento oxiacetilénico obedecem a um código fixo de cores:

acetileno -vermelho

oxigénio -verde.

Mangueiras para o acetileno, gás LP, e combustíveis líquidos são projetados para trabalhar a uma pressão até 0.6 MPa e para o oxigênio para uma pressão de trabalho até 1.5 MPa.

### 6.11.7 - Maçarico

O equipamento básico é formado por:

- a) Corpo do maçarico
- b) Conexões das mangueiras
- c) Dois tubos separados para passagem dos gases
- d) Válvulas para controlo da vazão dos gases
- e) Câmara de mistura dos gases
- f) Bicos

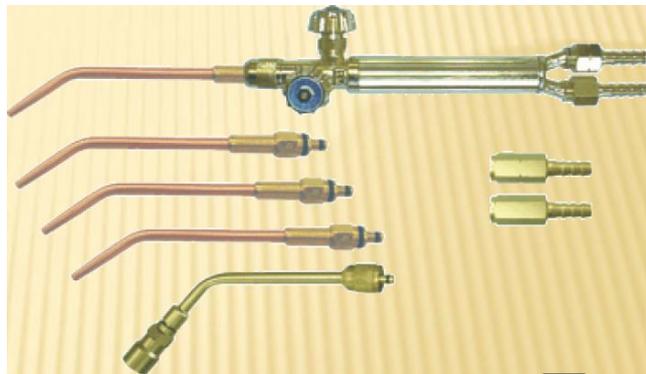


Fig. 101 - maçarico, ponteiros e vários bicos

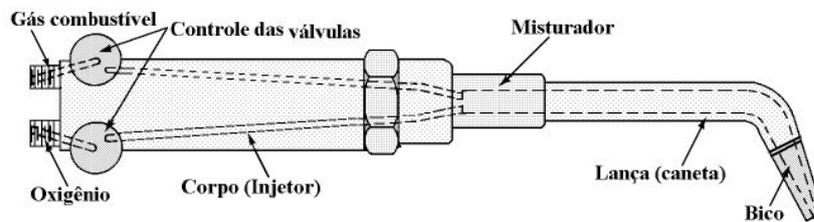


Fig. 102 - Tocha de oxiacetileno. Fonte - UTFPR

Para controlar a chama de oxi-combustível é essencial que o orifício do bico de solda esteja limpo, liso e paralelo. Se este orifício estiver sujo, gasto ou obstruído com salpico de metal etc, a chama será assimétrica e distorcida que pode ser difícil para usar. Se o bico estiver gasto com formato de um sino, será necessário corrigi-lo e se as partículas de metal forem depositadas dentro do orifício as mesmas devem ser removidas com a ajuda de um limpador de bico.

### 6.11.8 - Cuidados a ter no seu manuseamento

As mangueiras, de acetileno e de oxigênio, devem ser purgadas, nesta ordem, antes de acender o maçarico.

O maçarico deve ser aceso inicialmente com o fluxo de acetileno somente, e depois aberto o fluxo de oxigénio.

Nunca deve ser utilizado óleo ou massa nas roscas e nos reguladores, bicos, maçaricos, ou qualquer outro equipamento que entre em contato com o oxigénio.

O oxigénio nunca deve ser utilizado como ar comprimido, para limpeza, por exemplo.

A área de trabalho deve ser mantida livre de qualquer produto combustível.

Devem tomar as devidas precauções de não colocar ou deixar as mangueiras em cima de metais quentes e em temperaturas abaixo de -35 °C, é necessário que mesma seja constituída de borracha resistente para suportar baixas temperaturas.

### 6.11.9 - Materiais utilizados como solda

Metal	Material de adição	Tipo de chama	Fluxo
Alumínio	fósforo	Levemente redutora	Fluxo de alumínio
Latão	Latão amarelo	Levemente oxidante	Fluxo de Bórax
Bronze	Cobre-estanho	Levemente oxidante	Fluxo de Bórax
Cobre	Cobre	Neutra	-
Níquel-cobre	Níquel-cobre	Redutora	-
“inconel” 76%Ni + 15%Cr + 9%Fe	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de flúor
Ferro-fundido	Ferro-fundido	Neutra	Fluxo de bórax
Ferro trabalhado	Aço	Neutra	-
Chumbo	Chumbo	Levemente redutora	-
“Monel” 60-70%Ni, 25-35%Cr, Fe, C	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de Monel
Níquel	Níquel	Levemente redutora	-
Níquel-prata	Níquel-prata	Redutora	-
Aço baixa liga	Aço	Levemente redutora	-
Aço de alto carbono	Aço	Redutora	-
Aço de baixo carbono	Aço	Neutra	-
Aço de médio carbono	Aço	Levemente redutora	-
Aço inoxidável	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de aço inoxidável

Tabela 23 - Metal (em arame) de adição para diferentes materiais. Fonte - UTFPR

### 6.11.10 - Higiene e Segurança em Trabalhos de Soldadura

Devemos ter em atenção que na solda por arco produz UV, assim cumpra os requisitos seguintes:

Boa ventilação, pois os gases da soldadura fazem mal;

Boa iluminação;

Limpeza - Manter limpa a bancada de soldadura e o chão para a prevenção de incêndios, pois o lixo incendeia-se com a prática de soldadura;

Ter meios de extinção nas proximidades como extintores;

Usar os EPIs indicados por tipo de operação:

Luvas de pele (couro), avental de pele para soldadura ou trabalho com peças quentes, para proteção de queimaduras no abdómen por UV e por salpicos de metal incandescente, e usar um par de proteção em couro para o peito dos pés, art.º 15 do Decreto-Lei 50/2005; Solda por gás - usar óculos escuros que levantam e com vidros transparentes, para proteção de salpicos, miniexplosões,...;

Quando temos de soldar por baixo, vamos ter de levantar os braços e só o uso de luvas de soldador, que são em pele e compridas nos protegem de queimaduras nas mãos e braços por respingos (bolas metálicas a elevadas temperaturas emanadas tanto de MIG como de eléctrodo revestido) e ou gotas, pois as mangas ficam arregaçadas podendo assim entrarem respingos ou gotas dentro da manga.

Nota - Na soldadura em automóveis e onde haja risco de incendio, deve haver sempre uma pessoa a auxiliar para detetar qualquer foco de incendio que surja, pois até as tintas pegam fogo.

## 7 - Chapas metálicas

As chapas metálicas com a maior variedade são as de aço, mas há de alumínio, latão, cobre, ... sendo algumas tratadas quimicamente para proteção contra corrosão e ou revestidas para acabamento final.

Lista de chapas mais usadas na serralharia por tipo, material e dimensões:

Chapa *zincor* - chapa electrozincada, a mais usada, aço DC01+ZE25 (de 0,8 a 3 mm).

Chapa acetinada (laminada a frio), aço DC01 ou DC03.

Chapa Galvanizada Lisa (zincada), aço DX51D+Z200 ou Z275 (de 0,4 a 3 mm).

Chapa Perfilada Lacada. Largura de 1.16 a 1,2 m com 5 e 11 ondas e em várias cores.

Chapa Galvanizada Ondulada (zincada), aço DX51D+Z200 ou Z275, largura= 836 mm.

Chapa de aço ou laminada a quente, aço S235JR ou S275JR (de 1.5 a 20 mm)

Chapa de Aço Antiderrapante, aço S235JR ou S275JR, altura do relevo: 1 a 2 mm.

Chapa Perfurada, a de furo redondo é a mais usada.

Chapa de alumínio - há polida, lacada e anodizada, disponível em várias cores.

Chapa de alumínio antiderrapante, 2 a 5 mm, largura 1; 1,25 e 1,5 m, L = 2; 2,5; 3 e 4 m.

Chapa inox lisa - há brilhante, polida, escovada, AISI 304, 304L, 316 e 316L, de 0,4 a 12 mm.

Espessura (mm)	Peso por chapa (kg)		
	2000x1000 (mm <sup>2</sup> )	2500x1250 (mm <sup>2</sup> )	3000x1500 (mm <sup>2</sup> )
0,80	12,58	19,65	28,30
1,00	15,72	24,56	35,37
1,25	19,65	30,70	44,21
1,50	23,58	36,84	53,06
2,00	31,44	49,13	70,74
2,50	39,30	61,41	88,43
3,00	47,16	73,69	106,11

Tabela 24 - Tamanhos e espessura mais utilizadas da chapa *zincor*, fonte - [www.masterferro.pt](http://www.masterferro.pt)

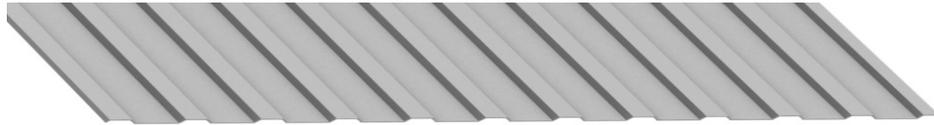
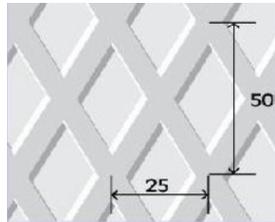
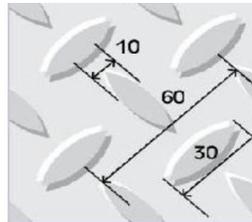


Fig. 103 - Chapa Perfilada Lacada, para fachada, fonte - <https://lineve.pt/pt>



Xadrez



Gotas

Espessura (mm)	Peso por chapa (kg)		
	2000x1000 (mm <sup>2</sup> )	2500x1250 (mm <sup>2</sup> )	3000x1500 (mm <sup>2</sup> )
3,0/5,0	53,00	84,50	124,30
4,0/6,0	67,30	104,30	151,00
5,0/7,0	86,20	129,50	203,00

Fig. 104 Chapa de aço antiderrapante,

tabela 25 - características, fonte - [www.masterferro.pt](http://www.masterferro.pt)



Fig. 105 - Chapa de alumínio antiderrapante, fonte - [www.fms.pt/pt](http://www.fms.pt/pt)

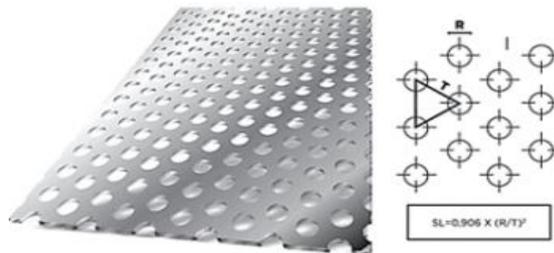


Fig. 106 - Chapa perfurada, fonte - [www.anteroeca.com](http://www.anteroeca.com)

## 8 - Perfis metálicos

Há imensos perfis metálicos de muitos aços, alumínio, latão, bronze, etc, os mais vulgares são de aço macio, alguns para estruturas são mais resistentes. Apresentam-se alguns perfis usados em serralharía.

O autor recomenda o uso de perfis fechados de 2 mm em vez de 1,5 mm, porque são mais resistentes aos esforços e corrosão, e são mais fáceis de soldar.

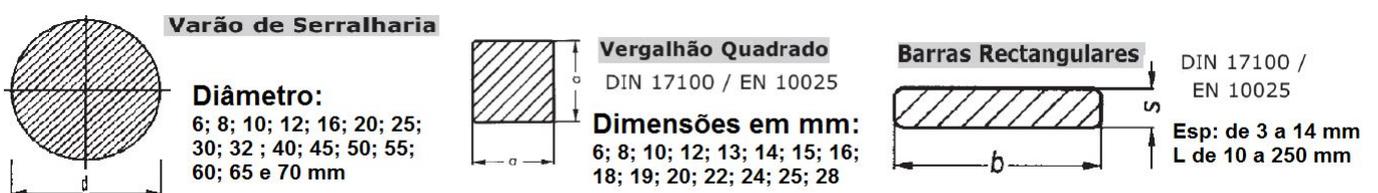


Fig. 107 - Perfis varão, vergalhão quadrado e barra retangular, fonte [www.chagas.pt](http://www.chagas.pt)

UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serrallharia

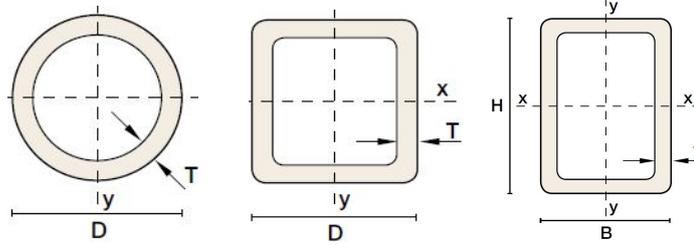


Fig. 108 - Tubo redondo, quadrado e retangular, EN 10305-3/5, fonte - [www.thomazsantos.pt](http://www.thomazsantos.pt)

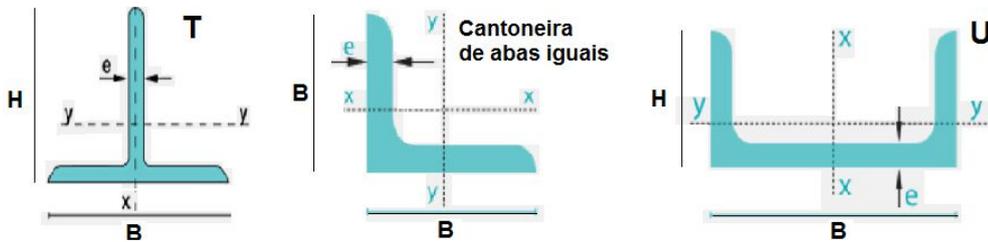


Fig. 109 - Perfis T, L e U, fonte - [www.thomazsantos.pt](http://www.thomazsantos.pt)

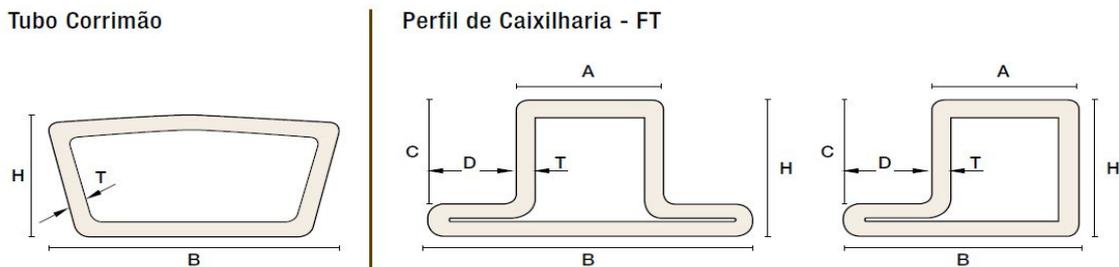


Fig. 110 - Tubo de corrimão e outros perfis - fonte - [www.thomazsantos.pt](http://www.thomazsantos.pt)

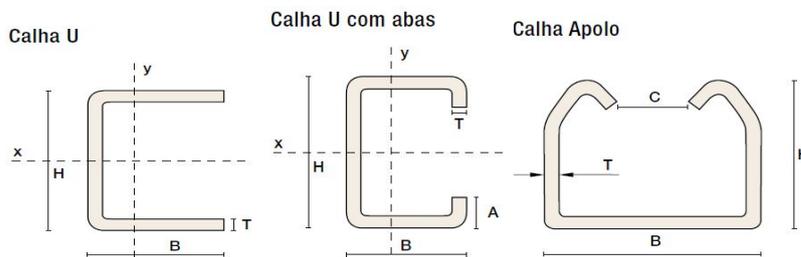


Fig. 111 - Perfis em calha - fonte - [www.thomazsantos.pt](http://www.thomazsantos.pt)

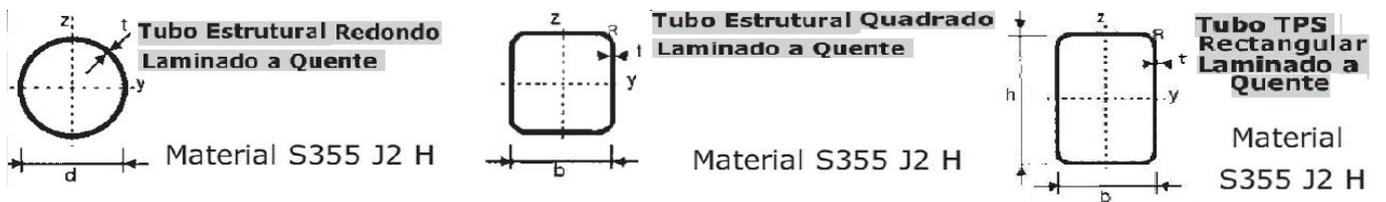


Fig. 112 - Tubos estruturais, fonte [www.chagas.pt](http://www.chagas.pt)

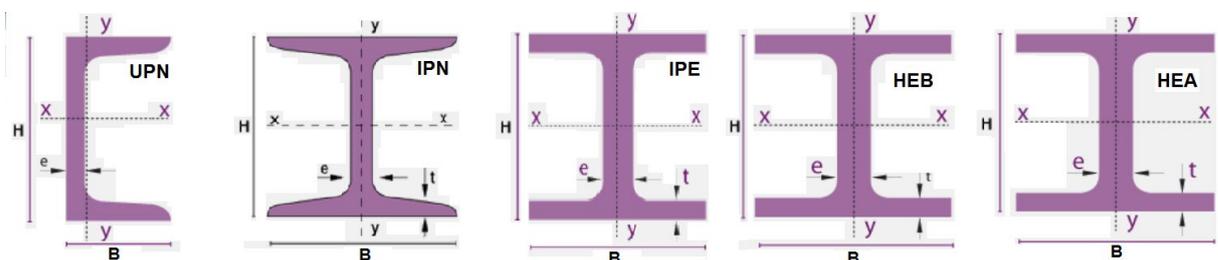


Fig. 113 - Perfis estruturais abertos - fonte - [www.thomazsantos.pt](http://www.thomazsantos.pt)

## 9 - Desempeno de peças ou chapas

### 9.1 - Desempeno por martelamento

Neste tipo de endireitamento o material a endireitar é martelado a quente ou a frio até atingir a forma desejada, este processo é utilizado principalmente em peças únicas em que não justifica a utilização de qualquer outro método de endireitamento. O princípio básico deste tipo de endireitamento é a deformação pontual do material através do fornecimento de energia com o martelamento do material. Este método é o método mais antigo, no entanto, é o método mais lento, requer experiência e habilidade do operador e há ainda o facto de não poder ser empregue a materiais de grandes espessura. Tem as vantagens de não necessitar de equipamento específico e possibilitar realizar alguns endireitamentos, que de outro modo, não são possíveis.

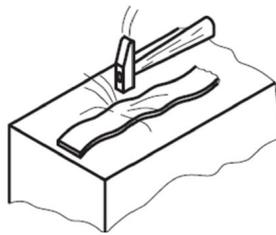


Fig. 114 - Desempeno por martelamento, fonte - Tiago Soares

### 9.2 - Desempeno por estiramento (tração)

Neste tipo de endireitamento o material a endireitar é fixo por mordentes nas extremidades e esticado, sendo regra geral apenas utilizado nas siderurgias. O princípio básico é a deformação de todo o material para além do limite elástico do mesmo, de modo a plastificar o material uniformemente. Este método tem a vantagem do material resultante ter tensões internas uniformes no entanto necessita de um equipamento específico para o efeito e não pode ser aplicado a

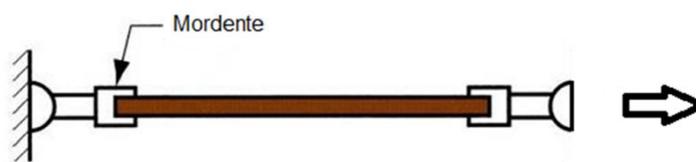


Fig. 115 - Sistema servomotorizado de endireitamento de chapa em banda, fonte - Tiago Soares

### 9.3 - Desempeno térmico

Neste tipo de endireitamento o material a endireitar é sujeito a um aquecimento pontual ou em áreas específicas em que o aquecimento é feito por indução ou através de chama. Este método é geralmente empregue a peças de grande dimensão e a peças soldadas acabadas ou semiacabadas.

O princípio básico deste processo é a formação de tensões internas no material provocados pelo aquecimento e arrefecimento controlado do material. Era o principal método de despenar chapa pelos bate-chapas na reparação de automóveis acidentados, quando a zona está quente martela-se esta de modo que quando arrefeça não haja empeno ou saliência.

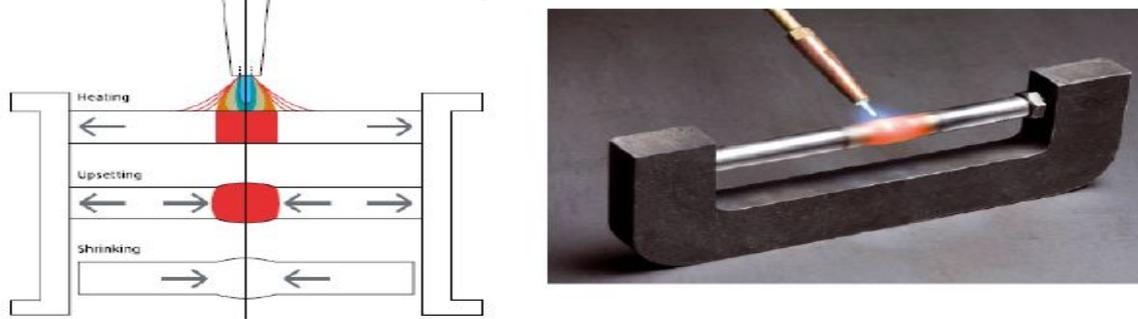


Fig. 116 - Exemplificação de endireitamento de varão por aquecimento, fonte - Tiago Soares

Este método tem como principal vantagem a possibilidade de endireitar materiais de dimensões muito grande e, no caso do aquecimento por chama, não necessitar de equipamento específico para o trabalho. Contudo este processo provoca grandes alterações no comportamento do material e também não pode ser aplicado a materiais de grande condutividade térmica (como, por exemplo, ligas de alumínio).

#### 9.4 - Desempeno por prensagem

Neste tipo de endireitamento o material a endireitar é sujeito a aplicações pontuais ou em áreas de tensões através da ferramenta de uma prensa. Este método é utilizado em peças de grande dimensão ou em veios mesmo que pequenos como os dos hidráulicos.

O princípio básico deste processo é a aplicação de deformações controladas na zonas empenadas de modo a equilibrar as tensões residuais internas do material e assim conduzir ao seu endireitamento.

Este método tem como principal vantagem a possibilidade de endireitar materiais de grandes dimensões tendo as desvantagens da necessidade de equipamento específico, dificuldade do controlo do processo e o tempo de execução do endireitamento.



Fig. 117 - Prensa de endireitamento, fonte - Tiago Soares

#### 9.5 - Desempeno por fieiras/ endireitadores automáticos, para tiras de chapas

Um endireitador é constituído geralmente por dois ou quatro rolos de arrasto também conhecidos como *pinch rolls*, montados no mesmo alinhamento vertical, e cinco ou sete rolos de endireitamento, montados

UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia em ziguezague. Três ou quatro dos rolos de endireitamento são bem como os rolos de arrasto motorizados e os restantes conduzidos.

Os rolos conduzidos são os rolos em que é feito o ajuste da profundidade de plastificação, ou seja onde é feita a regulação da profundidade de penetração, aumentando assim a força exercida da chapa e diminuindo o seu raio de curvatura.

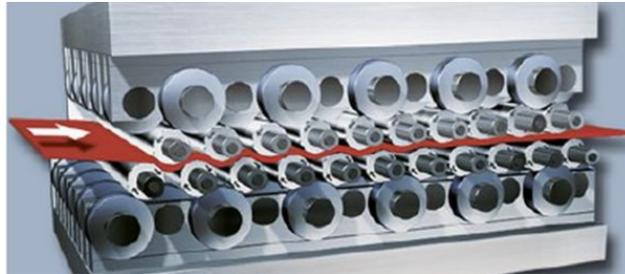


Fig. 118 - Endireitador, fonte - Tiago Soares

## 10 - Ajustamentos de peças e medição

Ao montarmos conjuntos de peças temos de proceder a ajustamentos pois só peças operadas em máquinas CNC é que ficam com os furos no sitio (coordenadas) exatas e com dimensões exatas, pelo que muitas vezes para encaixarmos peças ou apertar conjuntos de peças temos de proceder a correções, assim temos de limar, rebarbar, lixar, rebarbar no rebolo ou com a rebarbadora... para tal há mais ferramentas além das atrás já enunciadas que podem auxiliar nesta tarefa.



Fig. 119 - Esmeriladora de Bancada (rebolo), de 200mm Mader Power Tools, fonte - <https://ruiemendes.pt>

Existem por exemplo aparelhos de limar com qualidade, retificadora reta, como a ar comprimido, ou eléctricas que funcionam a alta rotação, chamados de diprofil ou moto-tubo, ver imagem seguinte.



Fig. 120 - Retificadora reta eléctrica, fonte - <https://www.makita.pt/product/gd0810c.html>



Fig. 121 - alguns tipos de mós usadas, fonte - CENFIM

As peças a encaixarem umas nas outras podem ter que entrarem à pressão, justas ou seja com pouca folga, ou até têm de ter alguma folga, em função das necessidades. Por exemplo um rolamento num eixo de veículo geralmente entra à pressão, para tal usa-se a prensa hidráulica, geralmente para desmontar rolamentos e outras peças de veios usam-se sacas específicas. Se o rolamento entrar solto com folga vai provocar problemas, avarias que têm de se evitar.

Para o acabamento final de uma peça que tenha que funcionar acoplado a outras, podemos lixar e até polir mas só o devemos fazer após verificação das medidas finais.

Para lixar e até polir há máquinas de mesa com disco de lixa rotativo.



Fig. 122 - Máquina de lixar e polir, fonte - Echo-lab, Politouch 1D

Para medição em mecânica usa-se sobretudo o paquímetro, acima de 200 mm usam-se régua metálicas de preferência em inox que mantêm visíveis as suas marcas com o tempo.

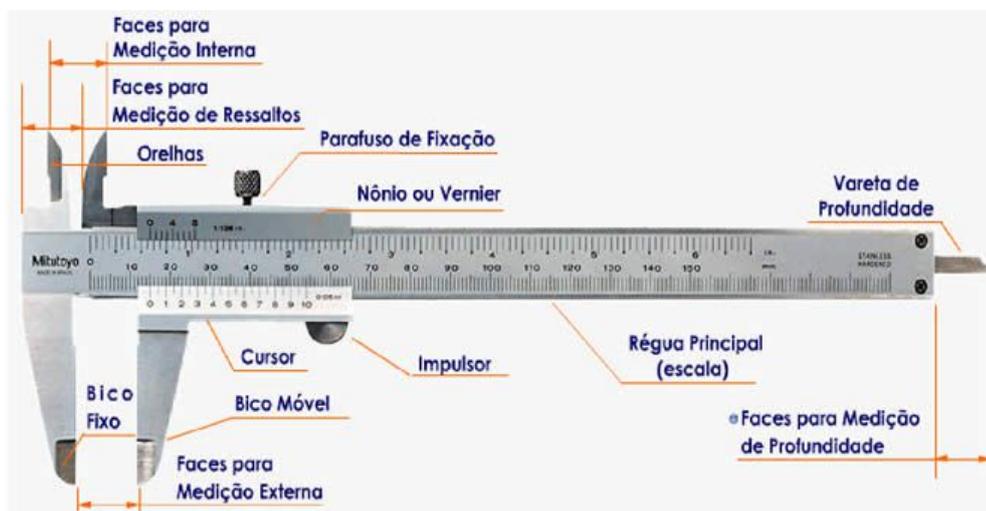


Fig.123 - Paquímetro, fonte - [www.cursosguru.com.br](http://www.cursosguru.com.br)

Para medir estruturas metálicas usam-se fitas métricas metálicas, que têm um erro máximo de 1 mm. Para sabermos se uma estrutura quadrada ou retangular tem os seus vértices à esquadria (90°), devemos medir as diagonais que tem de ser coincidentes no comprimento.

Há comparadores para medição, ver a figura seguinte e a aplicação de verificar a excentricidade.

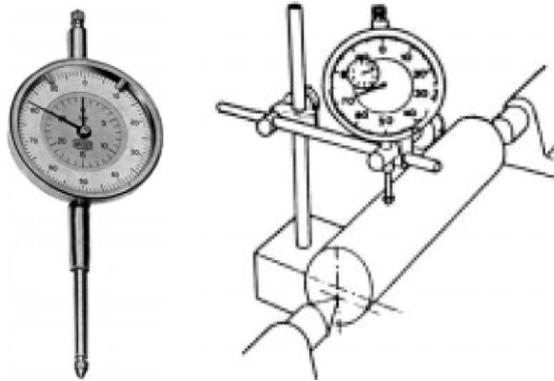


Fig.123 - Comparador e medição de eixo. Fonte - IIEFP - ISQ

### 10.1 - Calibradores

Os calibradores servem basicamente para a técnica de medição e controlo. São instrumentos que estabelecem os limites, máximo e mínimo das dimensões que desejamos comparar. Podem ter formatos especiais, dependendo das aplicações, como, por exemplo, as medidas de roscas, furos e eixos.

**Calibrador de boca** - Este calibrador tem duas bocas para controle: uma passa, com a medida máxima, e a outra não-passa, com a medida mínima.

Ele é indicado para controlar medições de peças em que é exigida precisão.



Fig. 124 - Calibrador de boca, fonte - Adriano Secco

**11 - Segurança no trabalho** - Numa oficina ou estaleiro de trabalho de mecânica devemos ter em atenção os seguintes requisitos:

Boa ventilação;

Boa iluminação;

**Limpeza** - Manter limpas as bancadas, as máquinas e o chão, ter sempre reservatórios para a colocação de resíduos. Além de tornar o local de trabalho mais agradável, evitam-se acidentes;

## UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia

**EPIs** – Usar sempre óculos de protecção em todas as operações que envolvam projecção de partículas;. Luvas de pele na manipulação de peças pesadas, com chapas afiadas como o inox,.. usar capacete onde haja risco de quedas de peças. Soldadura ou trabalho com peças quentes - avental de pele, no caso de soldadura usara ainda luvas de pele compridas e protecção aos pés; Utilizar bata apropriada e justa principalmente com elástico nos punhos, sapatos próprios. Evitar usar roupas largas e adornos para não haver o perigo de prender nas máquinas; Respeitar as regras de utilização de cada ferramenta a fim de evitar acidentes com as mesmas; Antes de se usar uma máquina têm de se conhecer o seu funcionamento, as regras de segurança a verificar, os riscos intrínsecos e consultar o seu manual que é obrigatório; Respeitar as normas de funcionamento e os dispositivos de segurança das máquinas das que utilizamos a fim de evitar acidentes com as mesmas;

### 11.1 - Segurança com máquinas e manutenção

Tal como na generalidade das áreas da Saúde e Segurança do Trabalho, os riscos de acidente com máquinas estão relacionados com:

- O perigo real, medido pela severidade dos danos que possam decorrer do contacto com os componentes da máquina;
- A subjetividade da perceção do risco, com que cada indivíduo identifica os vários perigos e a sua capacidade para os prevenir.

Qualquer estratégia de prevenção dos acidentes relacionados com as máquinas deve, assim, ser dirigida para a **redução do perigo real**, através do uso de máquinas intrinsecamente seguras e para o **incremento da perceção do risco**, proporcionando a cada indivíduo a informação, a formação e o treino adequados à sua prevenção. Em Portugal desde 2019 é obrigatório anualmente por trabalhador 40 h de formação.

A legislação europeia estabelece requisitos de segurança que as máquinas devem cumprir para poderem ser comercializadas e colocadas em serviço no Espaço Económico Europeu.

Esta legislação responsabiliza os fabricantes pela concepção e fabrico de máquinas seguras.

Mas lembre-se que os empregadores (utilizadores), também são legalmente responsáveis por colocar à disposição dos empregados equipamentos de trabalho em boas condições de funcionamento e segurança.

No caso de máquinas e equipamentos de trabalho há a Directiva máquinas, transposta pelo Decreto-Lei 50/2005, em que as máquinas e equipamentos têm de cumprir os requisitos mínimos, caso não os cumpram, têm de ser intervencionados e atualizados, nomeadamente verificar:

- Sistemas de comando, art.º 11;
- Arranque do equipamento, art.º 12;
- Botão de paragem de emergência, art.º13;
- Sinalização de segurança, art.º22;

## UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia

Aviso com as condições de utilização, art.º 8;

Manual de utilização em português;

Manutenção do equipamento (art.º 19):

1 - As operações de manutenção devem poder efetuar-se com o equipamento de trabalho parado ou, não sendo possível, devem poder ser tomadas medidas de protecção adequadas à execução dessas operações ou estas devem poder ser efetuadas fora das áreas perigosas.

2 - Se o equipamento de trabalho dispuser de livrete de manutenção, este deve estar atualizado.

3 - Para efetuar as operações de produção, regulação e manutenção dos equipamentos de trabalho, os trabalhadores devem ter acesso a todos os locais necessários e permanecer neles em segurança.

Nota 1 - Em qualquer local de trabalho é obrigatória a limpeza por motivos de HST. Também em qualquer serviço, quando funciona, é obrigatória a limpeza diária desde 1986;

Nota 2 - Quem não verificar regra de segurança, seja no projeto, execução ou exploração, criando perigo para vida ou integridade física de outros, é punido de 1 a 8 anos de prisão (art.º 277 do Código Penal).

Nota 3 - Para informação complementar sobre segurança consulte o manual *UFCD 349 - Ambiente, Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho - conceitos básicos*.

Este e outros manuais estão disponíveis em [www.marioloureiro.net/EnsinoFormacao.htm](http://www.marioloureiro.net/EnsinoFormacao.htm)

## 12 - Bibliografia

Adriano R. Secco et all, *Metrologia*, telecurso 2000, Brasil;

Bruno Filipe, *Manual de Ferramentas e Equipamentos*, manual de aulas na ESAB, Coimbra, 2006;

Eduardo L. A. Mesquita et all, *Conformação dos aços inoxidáveis*, ACESITA, Itabira, Brasil, 1997;

Filipe Chaves, *Ligações Adesivas*, Workshop, FEUP/ OE;

Gilmar F. Batalha, *Introdução a Manufatura Mecânica*, USP, DEM, Brasil, 2003

Guilherme B. R. Gama Nunes, *Ligação Mecânica Topo a Topo de Componentes Tubulares*, IST, Lisboa, 2014;

IEFP- ISP, *Metrologia e Normalização, Técnicas e instrumentos de medida*, Lisboa, 1999;

Mário Loureiro, *UFCD 1278-Prática de técnicas de fabrico – operações fundamentais*, Coimbra, 2011;

Mário Loureiro, *UFCD 1279-Prática de técnicas de fabrico – operações sobre chapa e tubos*, 2011;

Mário Loureiro, *Invenções, desenhos, ideias e projectos*, e-book, 2013;

Mário Loureiro, *UFCD 4903 - Metrologia dimensional*, Coimbra, 2020;

Mário Loureiro, *UFCD 898 - Soldadura e soldobrasagem*, Coimbra, 2021;

Mário Loureiro, *UFCD 6635 - Conjuntos mecânicos – operações de bancada*, Coimbra, 2021;

Mário Loureiro, *UFCD 349 - Ambiente, Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho - conceitos básicos*, Coimbra, 2021;

Oswaldo L. Agostinho Et all, *Processos de Fabricação e Planeamento de Processos*, UE de Campinas, Brasil, 2004;

Tiago T. M. Soares, *Sistema servomotorizado de endireitamento de chapa em banda*, UA, DEM, Aveiro, 2014;

## Web

<http://almeidaseamaral.pt>

<https://elearning.iefp.pt>

<https://essel.com.br>

[www.lasindustria.pt/corte-a-jato-de-agua](http://www.lasindustria.pt/corte-a-jato-de-agua)

Índice

1 - Ferramentas	2
2 -Traçagem plana em chapa	7
2.1 - Ferramentas para traçagem	7
3 - Processos de corte	9
3.1 - Corte por cisalhamento	9
3.1.1 - Tesouras	10
3.1.2 - Guilhotinas	11
3.1.3 - Corte dos cantos em chapas	12
3.2 - Corte por abrasão	12
3.2.1 - Corte por serras	12
3.2.1.1 - Serra de fita	13
3.2.1.2 - Serra de fita horizontal	14
3.3 - Corte por discos abrasivos	15
3.4 - Furação	16
3.4.1 - Furação por cisalhamento	16
3.4.2 - Furação por maquinação	17
3.4.3 - Furação por brocas	18
3.4.3.1 – Brocas	18
3.4.3.2 - Afiação das brocas	19
3.4.4 - Puncionadeiras	19
3.4.4.1 - Puncionadeiras automáticas	19
3.4.5 - Equipamentos e ferramentas que furam por abrasão	20
3.4.5.1 - Berbequim (furadeira portátil)	20
3.4.5.2 – Furadeiras	21
3.5 - Corte por fusão:	21
3.5.1 - Oxicorte	22
3.5.2 - Corte a plasma	23
3.5.3 - Corte por Laser	23
3.5.4 - Corte por jato de água	23
4 - Dobragem de chapa (quinagem)	24
5 – Roscagem	25
5.1 - Furação para abertura de rosca	26
6 - Ligação dos materiais (união)	28
6.1 - Classificação das ligações dos materiais	28
6.2 - Junção por conformação	29
6.3 – Colagem (colas e adesivos)	29
6.4 – Rebitagem	30
6.4.1 - Tipos de ligações com rebites	31
6.4.2 - Materiais dos rebites	31
6.4.3 - Rebitagem manual, sequência:	31
6.5 - Classificação dos processos de soldadura	32
6.5.1 - Processos de soldadura	32
6.6 - Soldadura por arco eléctrico	32
6.6.1 – Escorvamento do arco eléctrico	33
6.7 - Soldadura por eléctrodo revestido (ER)	34
6.7.1 - Equipamentos de soldadura a ER	34
6.7.2 - Parâmetros de soldadura a ER	35
6.7.3 - Classificação dos eléctrodos	36
6.7.3.1 -Tipo de posições de soldadura e inclinações	36
6.7.4 - Tipos de corrente eléctrica	37
6.7.5 - Tipos de revestimento	37
6.7.6 – Armazenagem de ER	38
6.7.7 - Fontes de energia	39
6.7.7.1 - Tipos de fontes	39
6.8 - Soldadura MIG/MAG	40
6.8.1 - Fontes de alimentação	41

## UFCD 6649 - Construções metalomecânicas – serralharia

6.8.2 - Funcionamento	42
6.9 - Soldadura TIG	42
6.9.1 - Gases de protecção	43
6.9.1.1 - Caudal do gás	43
6.9.2 – Eléctrodo	43
6.9.3 – Parâmetros/cuidados	44
6.10 - Brasagem e soldobrasagem	45
6.10.1 - Brasagem	45
6.10.2 - Brasagem forte e fraca:	46
6.10.3 - Soldobrasagem	46
6.11 - Soldadura oxiacetileno ou oxiacetilénica	46
6.11.1 – Acetileno e tipo de chama	48
11.2 - Aplicações do tipo de chama:	49
6.11.3 - Constituição do conjunto oxiacetilénico	49
6.11.4 - REGULADORES DE GÁS	49
6.11.5 - Válvulas de retenção ou anti retrocesso	50
6.11.6 - Mangueiras	50
6.11.7 - Maçarico	51
6.11.8 - Cuidados a ter no seu manuseamento	51
6.11.9 - Materiais utilizados como solda	52
6.11.10 - Higiene e Segurança em Trabalhos de Soldadura	52
7 - Chapas metálicas	53
8 - Perfis metálicos	58
9 - Desempeno de peças ou chapas	56
9.1 - Desempeno por martelamento	56
9.2 - Desempeno por estiramento (tração)	56
9.3 - Desempeno térmico	56
9.4 - Desempeno por prensagem	57
9.5 - Desempeno por feiras/ endireitadores automáticos, para tiras de chapas	57
10 – Ajustamentos de peças e medição	58
10.1 – Calibradores	60
11 – Segurança no trabalho	60
11.1 – Segurança com máquinas e manutenção	61
12 - Bibliografia	62

### **Mário Loureiro**

Faz manutenção desde 1974 a veículos incluindo pesados, máquinas, hidráulicos, pneumáticos, guias, equipamentos de elevação, geradores, aparelhos electrónicos e de som, automatismos...

Fabrica desde 1980 aparelhos electrónicos, colunas de som, quadros eléctricos, automatismos,...

Instala e faz manutenção a instalações eléctricas/águas, sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, iluminação a LED desde 2013, ...

Curso Secundário Tecnológico de Mecânica, Escola Secundária Avelar Brotero (ESAB) 1979-1982.

Formador externo desde 1996 (FORSIVA) e professor no Ministério da Educação desde 1998.

Inscrito na Ordem dos Engenheiros (OE) desde 20/12/1998.

Licenciatura em Eng.<sup>a</sup> Mecânica pela Universidade de Coimbra (UC), 1997.

Mestre em Eng.<sup>a</sup> Mecânica (pré-Bolonha), pela UC, 2008.

Engenheiro sénior da OE, 2013.

Técnico responsável de instalações eléctricas e geradores, inscrito na DGEG desde 2013.

Aluno do mestrado em Eng.<sup>a</sup> Electrotécnica, UC, de 2015 a 2017, (do 5º ano só falta a dissertação).

Doutorando em Construções Metálicas e Mistas, Eng.<sup>a</sup> Civil, UC, de 2013 a 2017.

Realizou 70 cadeiras do ensino superior, incluindo 5 de doutoramento com média de 15 valores.

Especialista em Engenharia de Segurança da OE, 2021.

Coimbra 22/02/2021