



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

Soldagem a Arco Elétrico

Processo, Tipos , Técnicas, Defeitos e Causas

Professor: Anderson Luís Garcia Correia

01 de março de 2017

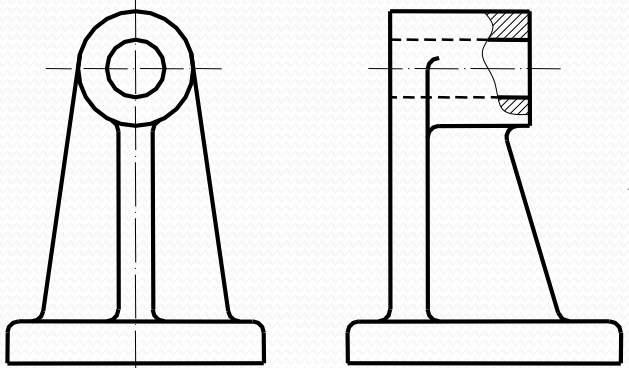
A solda é a união de materiais, obtida por fusão das partes adjacentes. As construções em aço onde a solda é utilizada exigem que o operário (soldador) seja especializado.

1 - Tecnologia de execução

Para se obter uma união soldada eficaz deve-se observar:

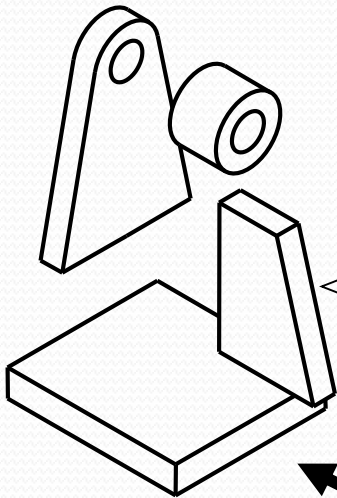
- 1- A forma correta do entalhe, conforme indicado no desenho;
- 2 - Homogeneidade do metal depositado;
- 3 - Perfeição entre o metal depositado e o metal base.

Exemplo de utilização de Soldas para substituir uma peça fundida

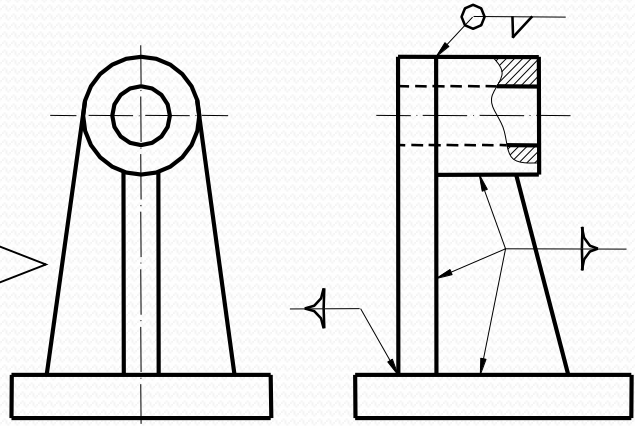


Peça obtida por fundição.

As soldas são representadas por símbolos próprios



Peça similar obtida por soldagem



A partir de chapas e tarugos de aço construímos as partes que serão soldadas.

Para que a solda seja de qualidade deve-se:

- 1 - Empregar soldadores qualificados;
- 2 - Utilizar eletrodos de qualidade;
- 3 - Trabalhar com materiais perfeitamente soldáveis;
- 4 - Controle das soldas executadas através de raio-X e ultra-som.

Para um maior controle de qualidade das ligações soldadas deve-se, quando possível, utilizá-las apenas na fábrica, onde tem-se melhores mecanismos de controle e utilizar em campo (na obra) apenas ligações parafusadas.

2 - Tipos de solda

Pode-se ter os seguintes tipos de solda:

- a) **Entalhe** (Solda de chanfro)
 - Penetração Total (Fig. 9.1)
 - Penetração Parcial (Fig. 9.2)

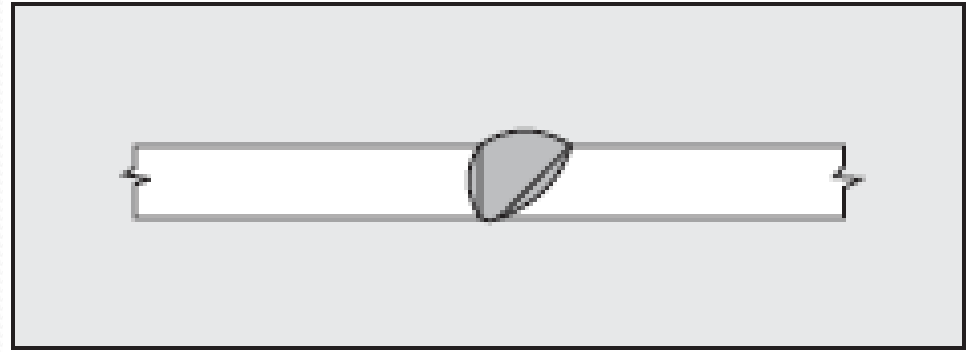


Figura 9.1

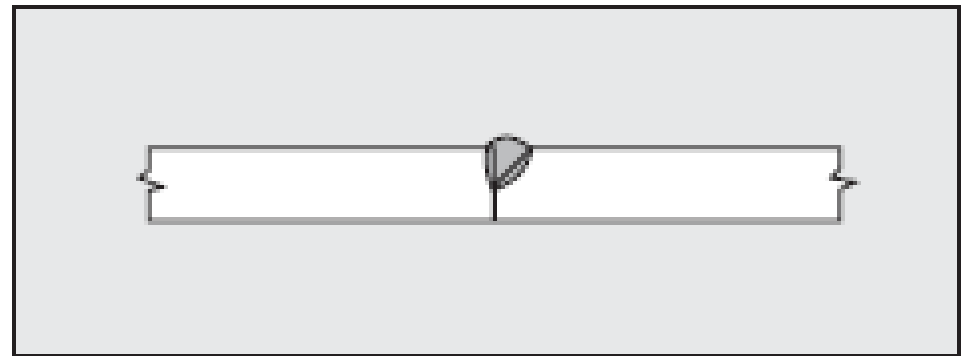


Figura 9.2

b) **Filete (Cordão)** (Fig. 9.3)

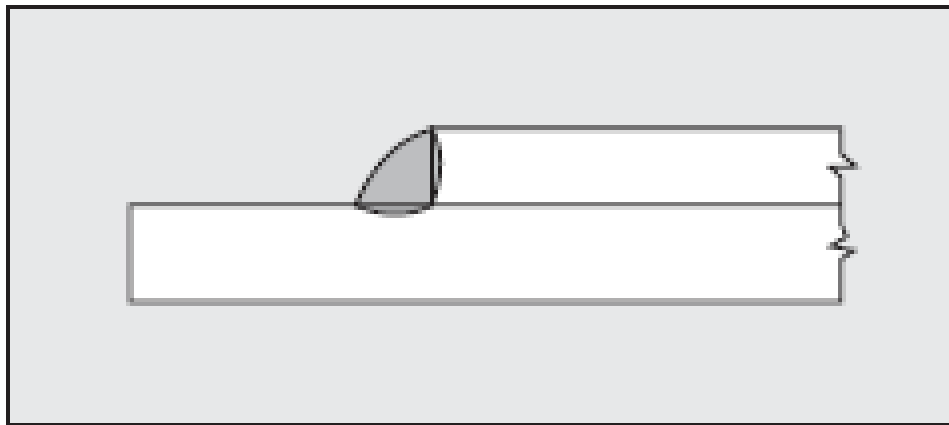


Figura 9.3

c) Tampão

Em furos (Fig. 9.4)

Em rasgos (Fig. 9.5)

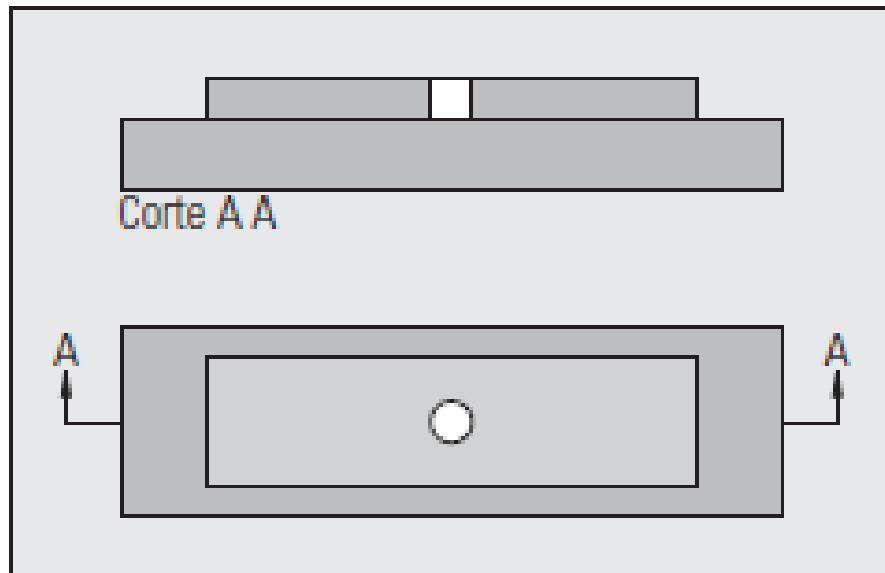


Figura 9.4

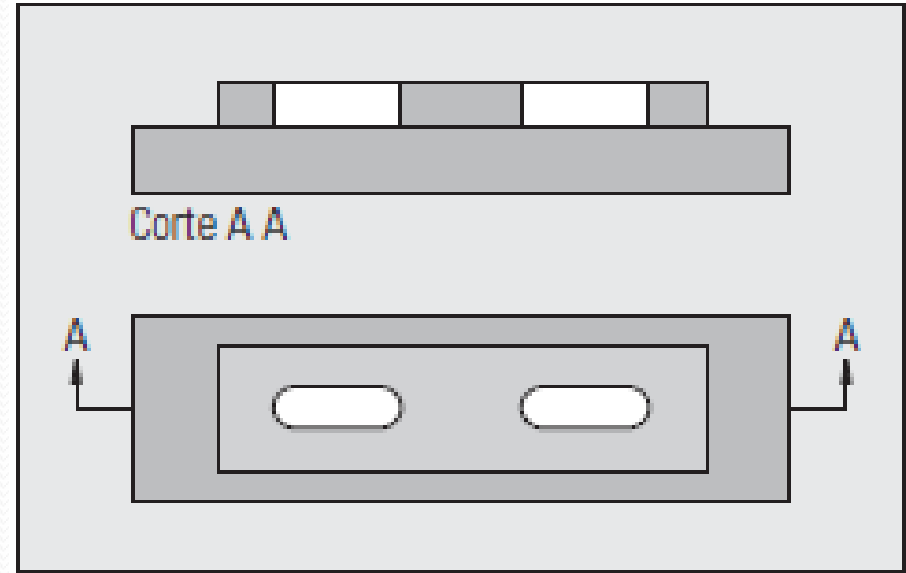
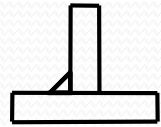


Figura 9.5

Tipos de Juntas Soldadas



Topo



Ângulo



Canto



Aresta



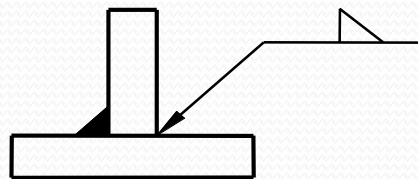
Sobreposta

Simbologia de soldagem

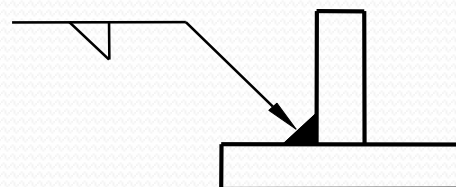
A simbologia mais utilizada é a da AWS (American Welding Society)

Linha de seta

Linha de referência



Se o símbolo estiver acima da linha de referência, a solda será feita no lado oposto à seta.



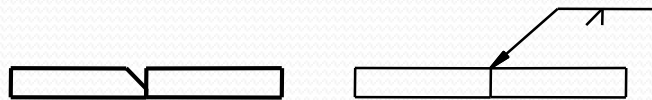
Se o símbolo estiver abaixo da linha de referência, a solda será feita no próprio lado da seta.

Simbologia de Soldagem

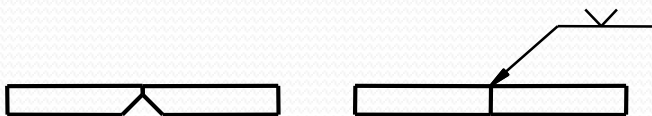
Chanfros para solda de topo



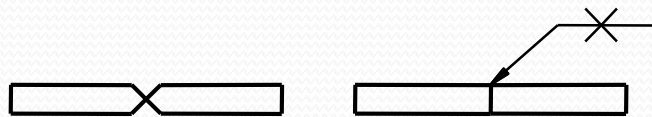
reto



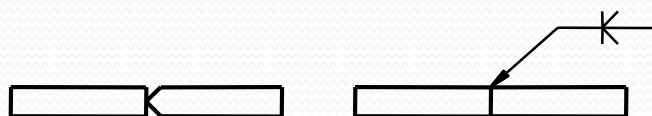
em meio V



em V



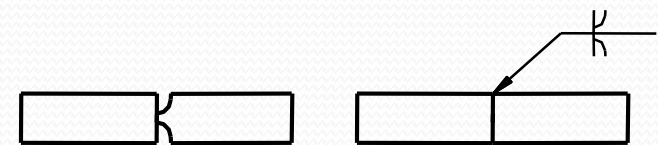
em X



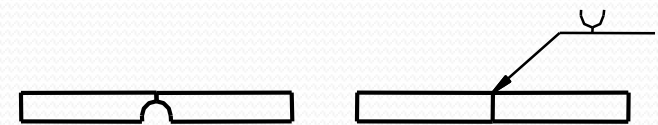
em K



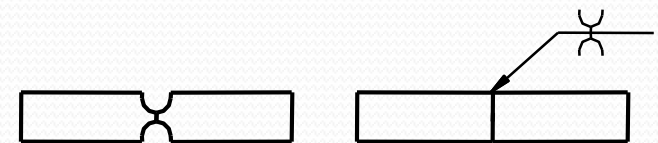
em J



em duplo J



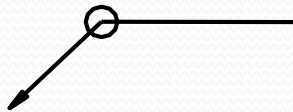
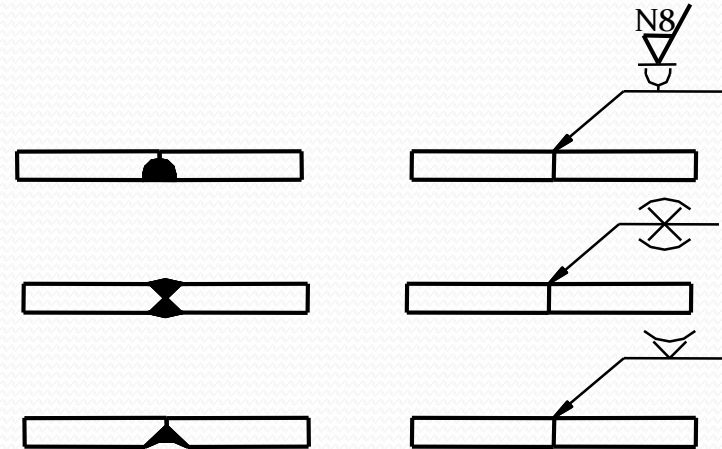
em U



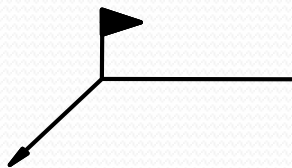
em duplo U

Simbologia de Soldagem

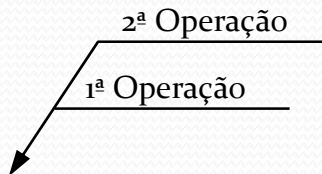
| Acabamento do cordão de solda | | |
|-------------------------------|---------|---------|
| — | ⌒ | ⌒ |
| Reto | Convexo | Côncavo |



Quando se tratar de elementos circulares e a solda for em todo o contorno, a indicação é feita com a colocação de uma circunferência na interseção da linha de referência.



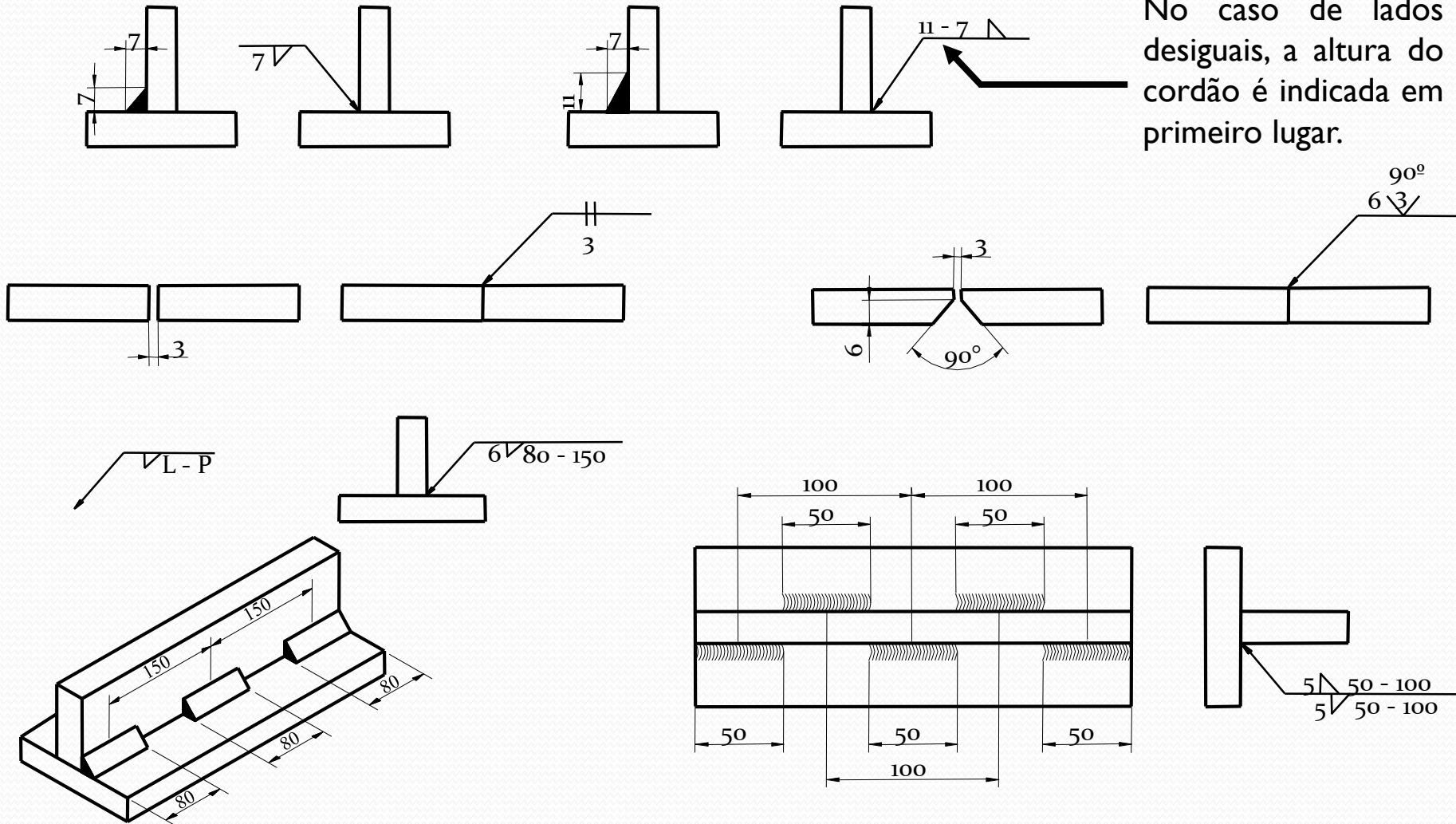
As soldas de campo, executadas no canteiro de obra ou na hora da montagem, são indicadas por uma bandeira colocada na interseção da linha de referência.



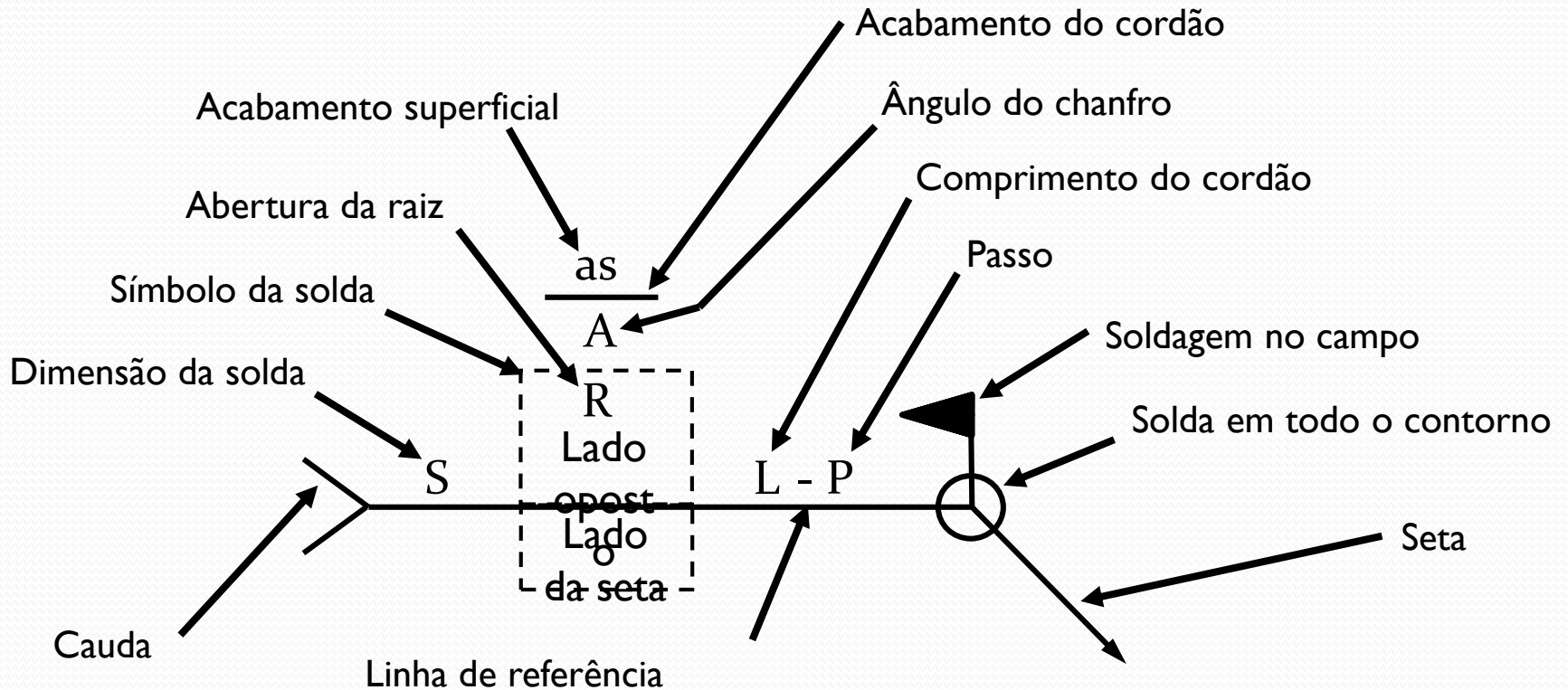
As soldas que devem ser executadas em operações sucessivas são indicadas em linhas de referência paralelas. A primeira operação é aquela que está indicada mais próxima da seta.

Dimensionamento da Solda

No caso de lados desiguais, a altura do cordão é indicada em primeiro lugar.



Simbologia de Soldagem



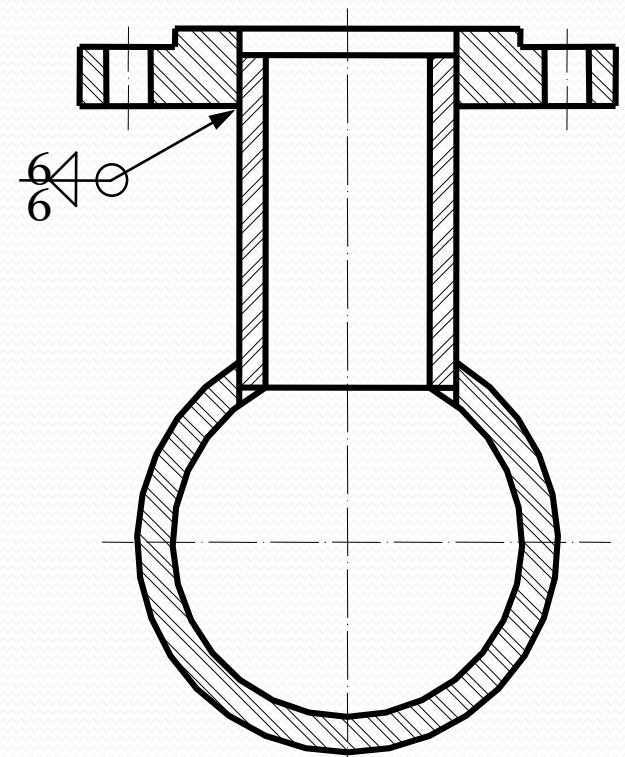
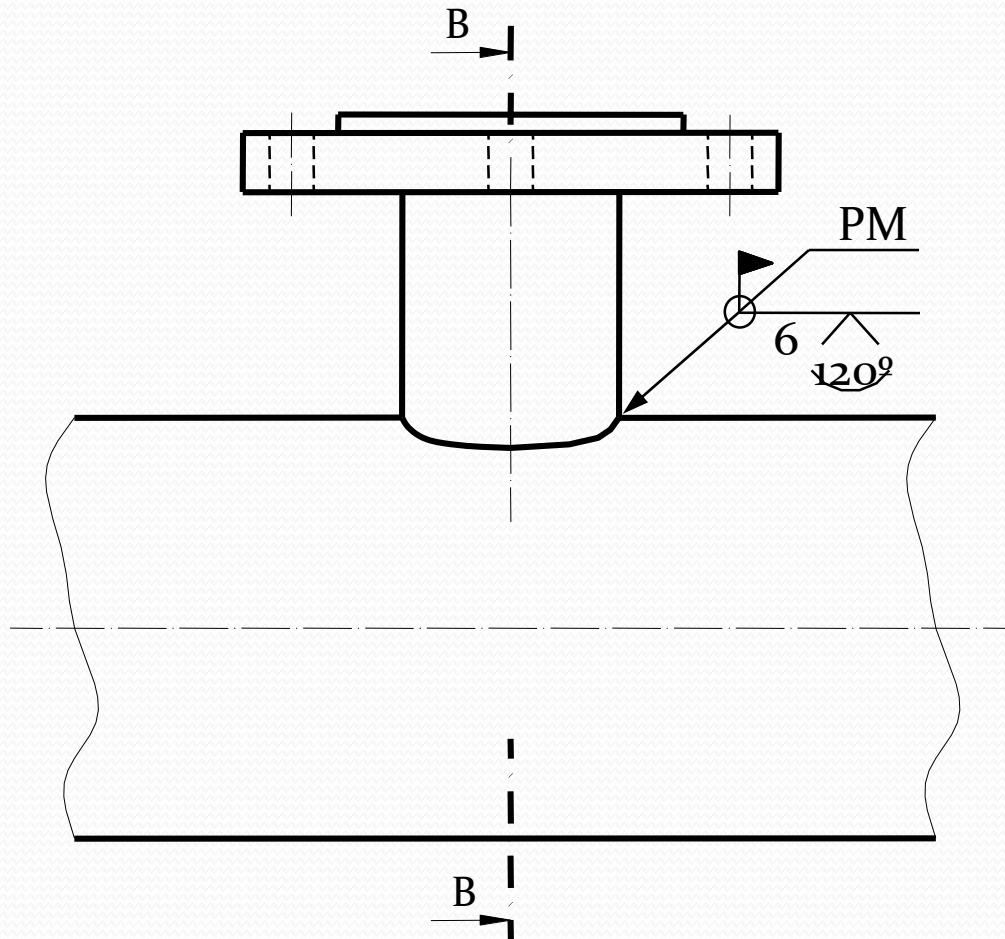
Obs.: A cauda só é desenhada quando for necessário especificar normas ou processos estabelecidos por normas de soldagem.

Símbolos de Ensaio Não Destrutivos

A representação dos ensaios não destrutivos é feita por letras e seguem as regras da simbologia das soldas.

| Ensaio Não Destrutivos - Simbologia | | |
|--|------------|------------------|
| | AWS | PETROBRÁS |
| Radiografia | RT | RAD |
| Ultrassom | UT | US |
| Partículas Magnéticas | MT | PM |
| Líquido Penetrante | PT | LP |
| Teste de Estanqueidade | LT | ES |
| Inspeção Visual/Dimensional | VT | EV |

Exemplo de Aplicação da Simbologia de Solda



Corte - BB

2.1 - Classificação das ligações soldadas quanto à sua continuidade

Podemos ter:

a) **Soldas contínuas** - têm o comprimento ininterrupto (Fig. 9.6).

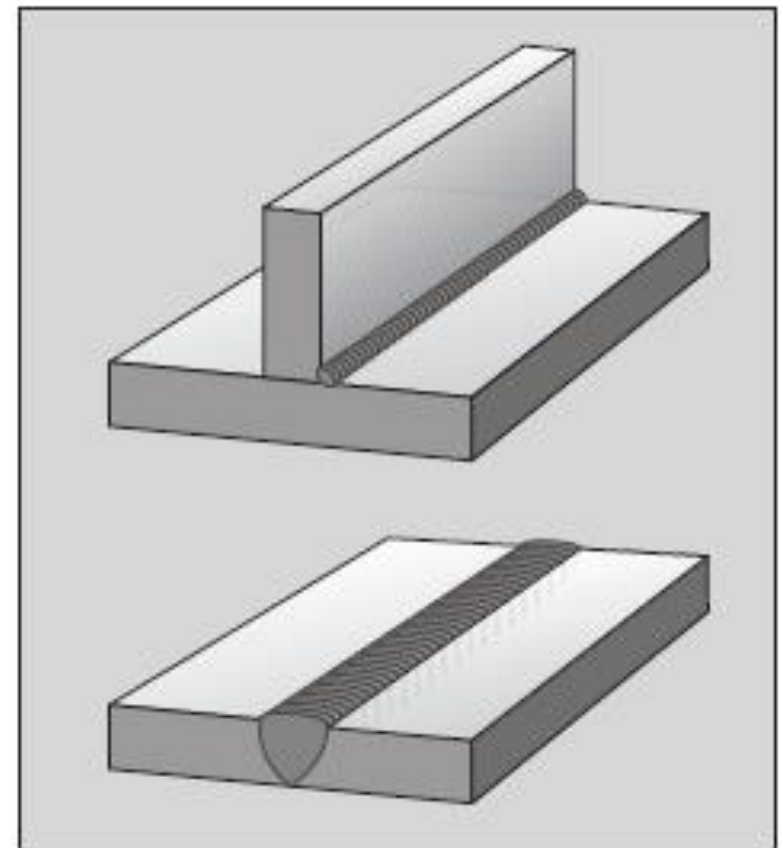


Figura 9.6 — Solda contínua

b) **Soldas intermitentes** - são descontínuas ao longo de sua extensão (Fig. 9.7).

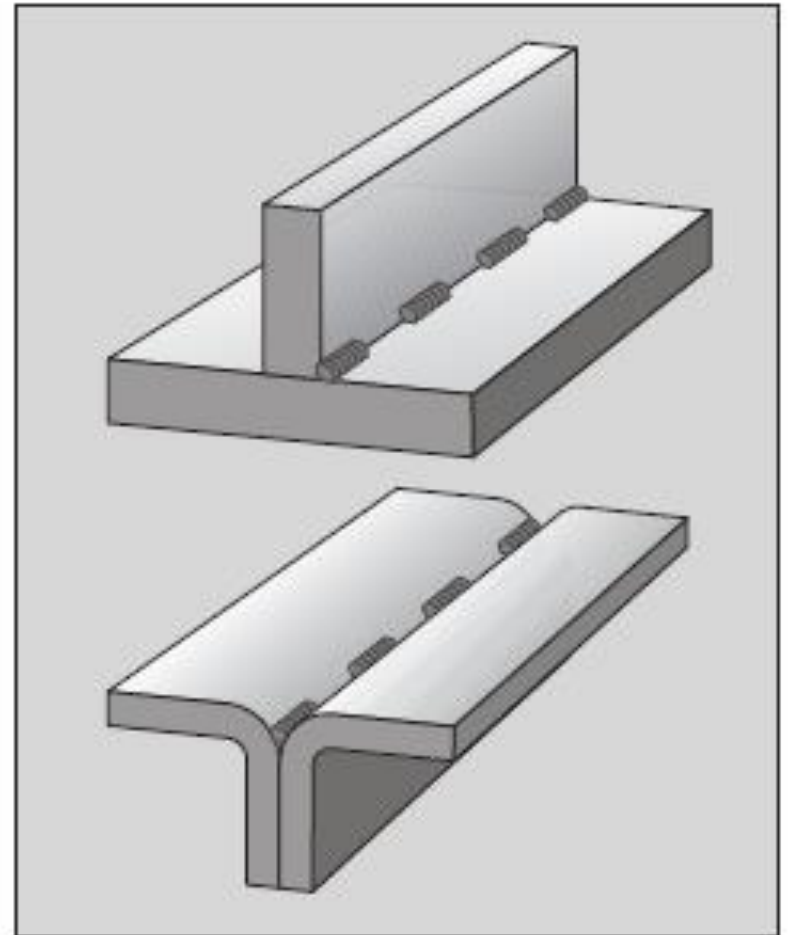


Figura 9.7 — Solda intermitente

c) **Soldas ponteadas** - não são estruturais. servem para manter os componentes em alinhamento até a solda definitiva (Fig. 9.8).

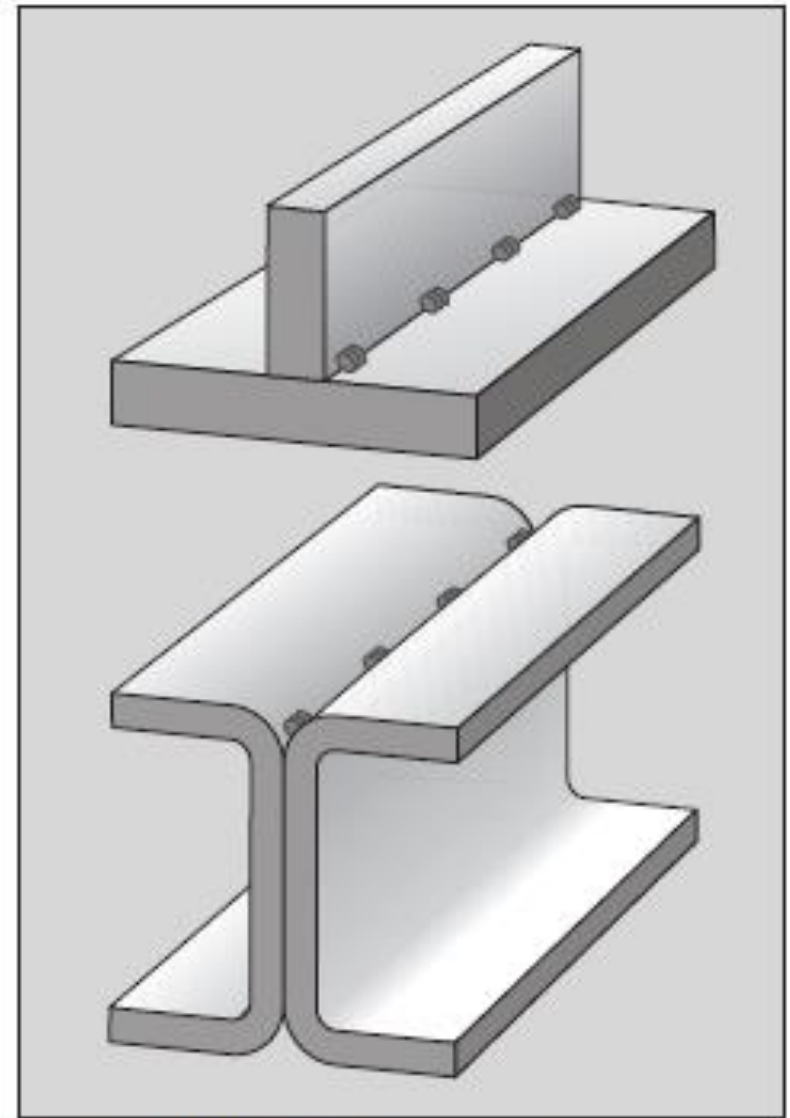


Figura 9.8 — Solda ponteada

2.2 - Classificação das ligações soldadas quanto à posição de soldagem

Pode ser:

a) Plana (Fig. 9.9)

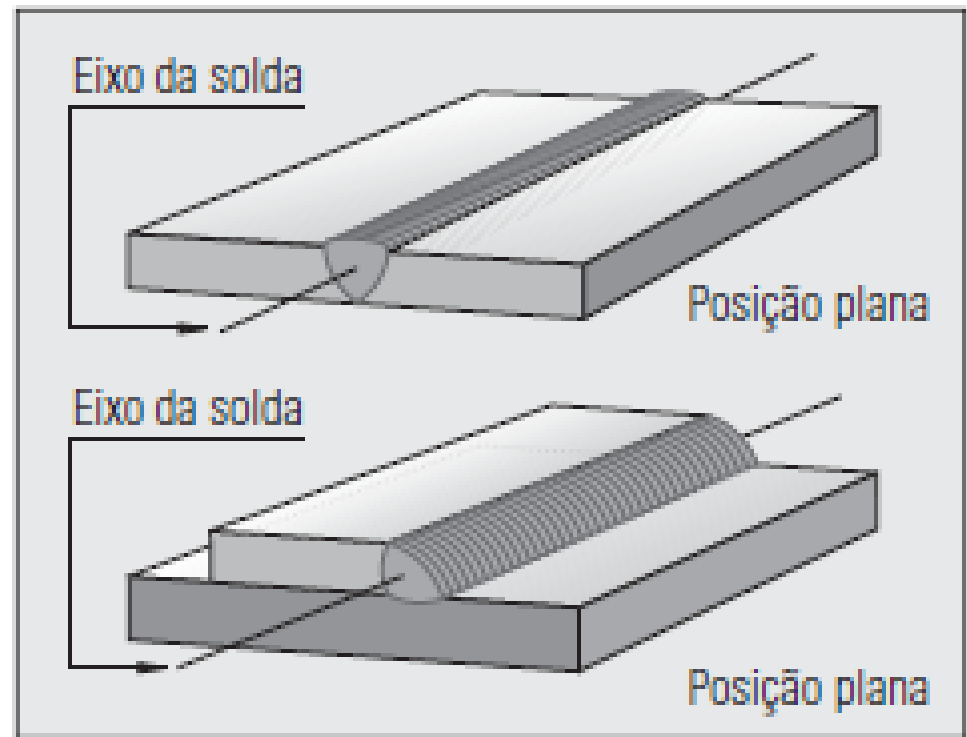


Figura 9.9

b) Horizontal (Fig. 9.10)

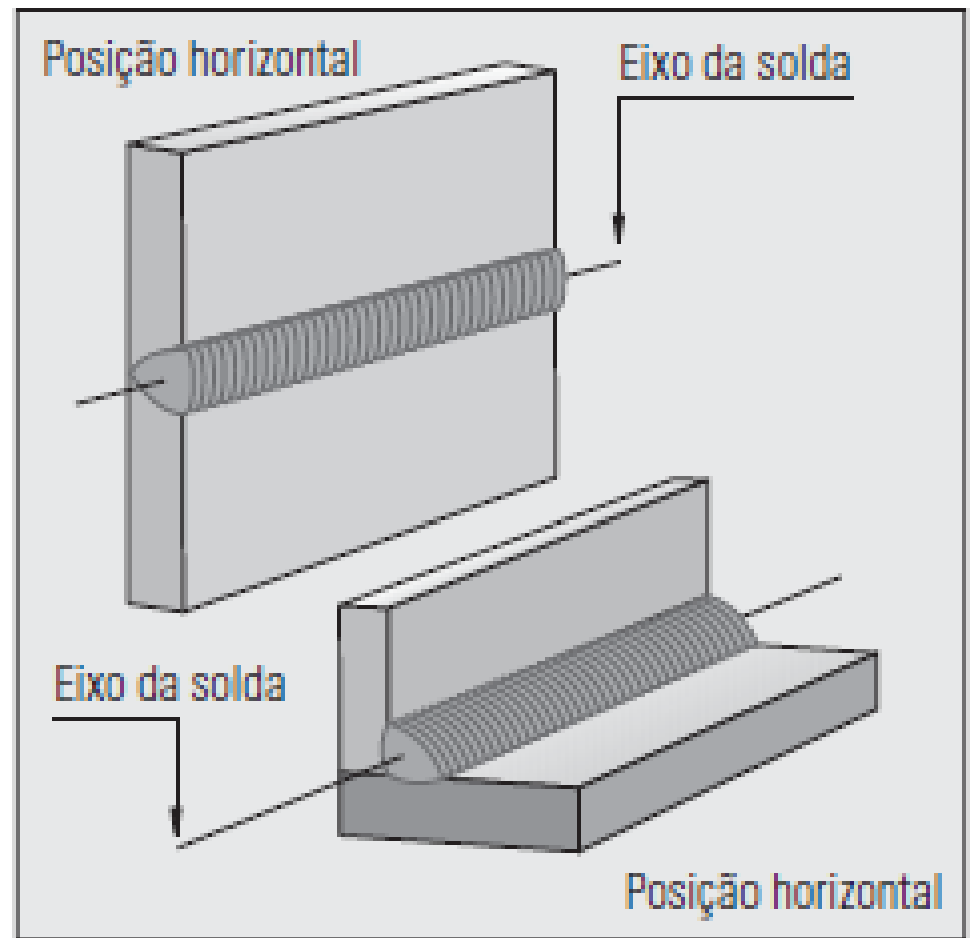


Figura 9.10

c) **Vertical** (Fig. 9.11)

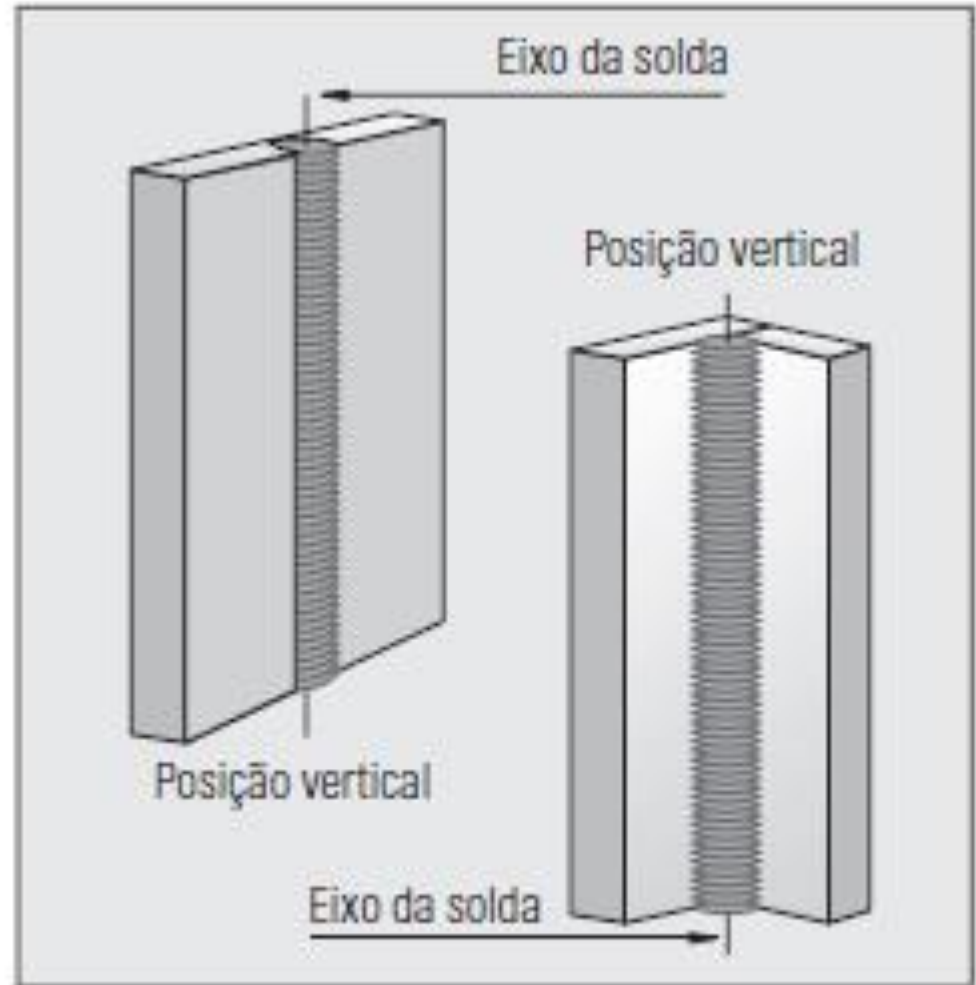


Figura 9.11

d) Sobrecabeça (Fig. 9.12)

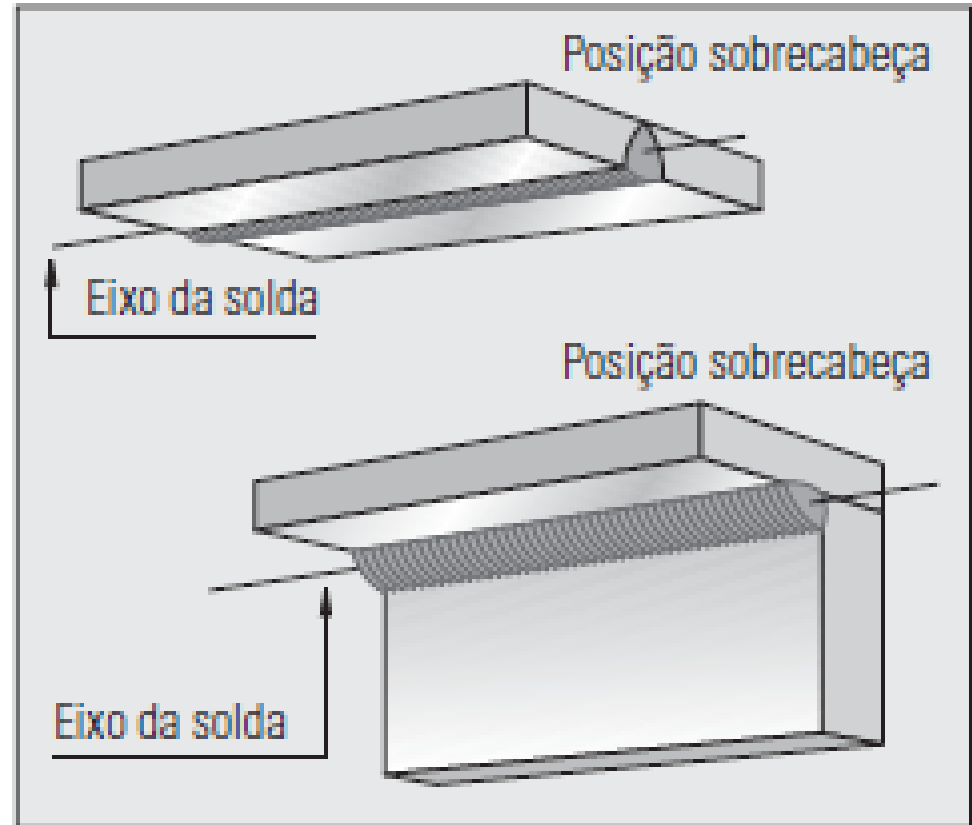


Figura 9.12

Geralmente o custo da operação de soldagem segue o apresentado na Fig. 9.13.

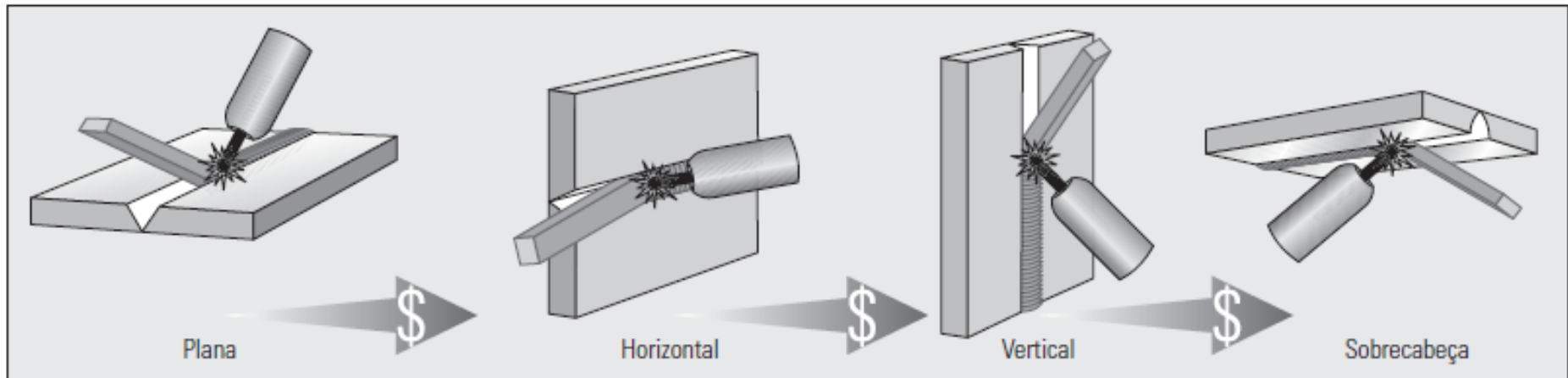


Figura 9.13 — Seqüência crescente de custo

3 - Principais processos de soldagem

Para a união de peças metálicas por meio de soldagem pode-se ter os seguintes métodos:

a) **SMAW** (Shielded Metal Arc Welding) - Solda ao arco elétrico com eletrodo revestido.

Neste processo tem-se gases desprendidos do revestimento do eletrodo provenientes de sua fusão. A finalidade dos gases é criar uma atmosfera inerte de proteção para evitar a porosidade (introdução de O_2 do ar atmosférico no material de solda), a fragilidade (introdução do N_2 do ar atmosférico no material de solda) e dar estabilidade ao arco e portanto uma maior penetração à solda (Fig. 9.14).

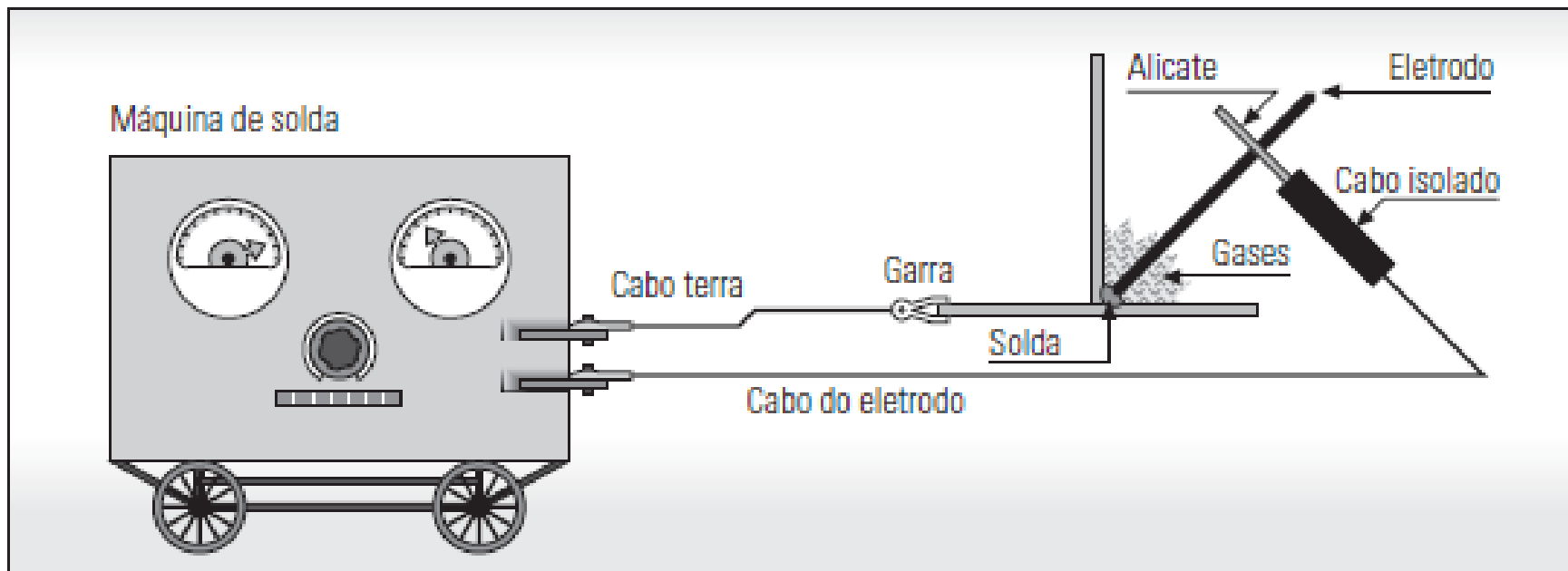


Figura 9.14

b) **SAW** (Submerged Arc Welding) - Solda ao arco submerso.

São utilizados um eletrodo nu e um tubo de fluxo com material granulado, que funciona como isolante térmico, o que garante proteção contra os efeitos da atmosfera.

O fluxo granulado funde-se parcialmente, formando uma camada de escória líquida que depois é solidificada.

Pode ser automática ou semi-automática, com grande penetração e muito veloz. Somente executa soldas contínuas e planas (Fig. 9.15).

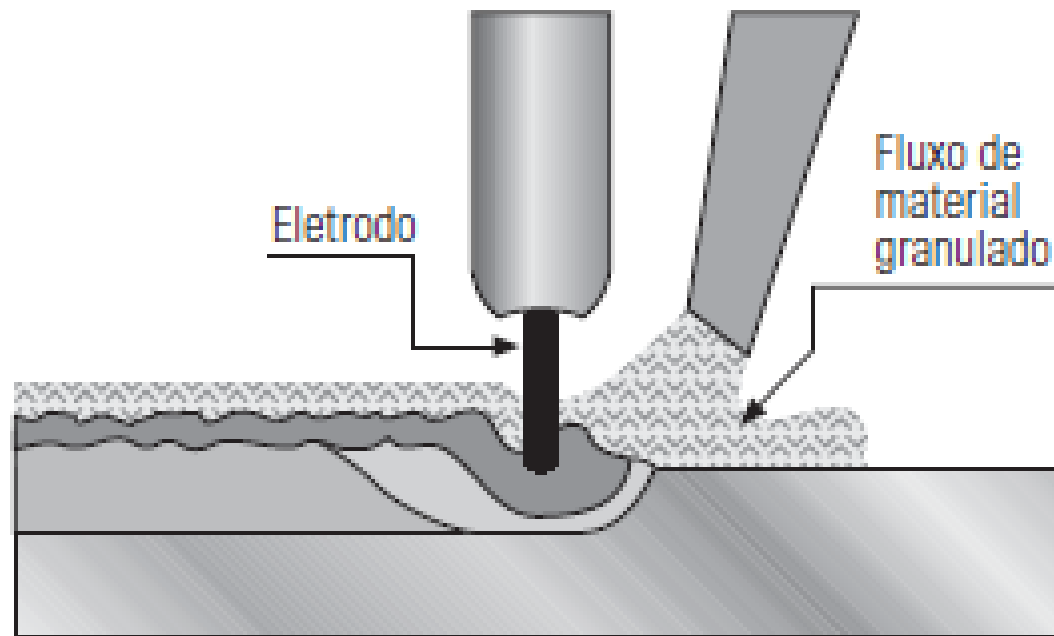


Figura 9.15

c) **GMAW** (Gas Metal Arc Welding) - Solda ao arco elétrico com proteção gasosa.

Pode ser utilizada em todas as posições e permite um controle visual. No caso de solda ao ar livre é necessária a proteção contra o vento. O gás utilizado pode ser o CO_2

Também é chamada solda MIG (Metal Inert Gas) , quando utiliza gases inertes ou mistura deles, ou MAG (Metal Active Gas) quando utiliza gases ativos ou mistura de gases ativos e inertes.

No caso de utilização de eletrodo de tungstênio com um gás inerte, é chamada solda TIG (Tungsten Inert Gas) , sendo, também, conhecido por GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) (Fig. 9.16).

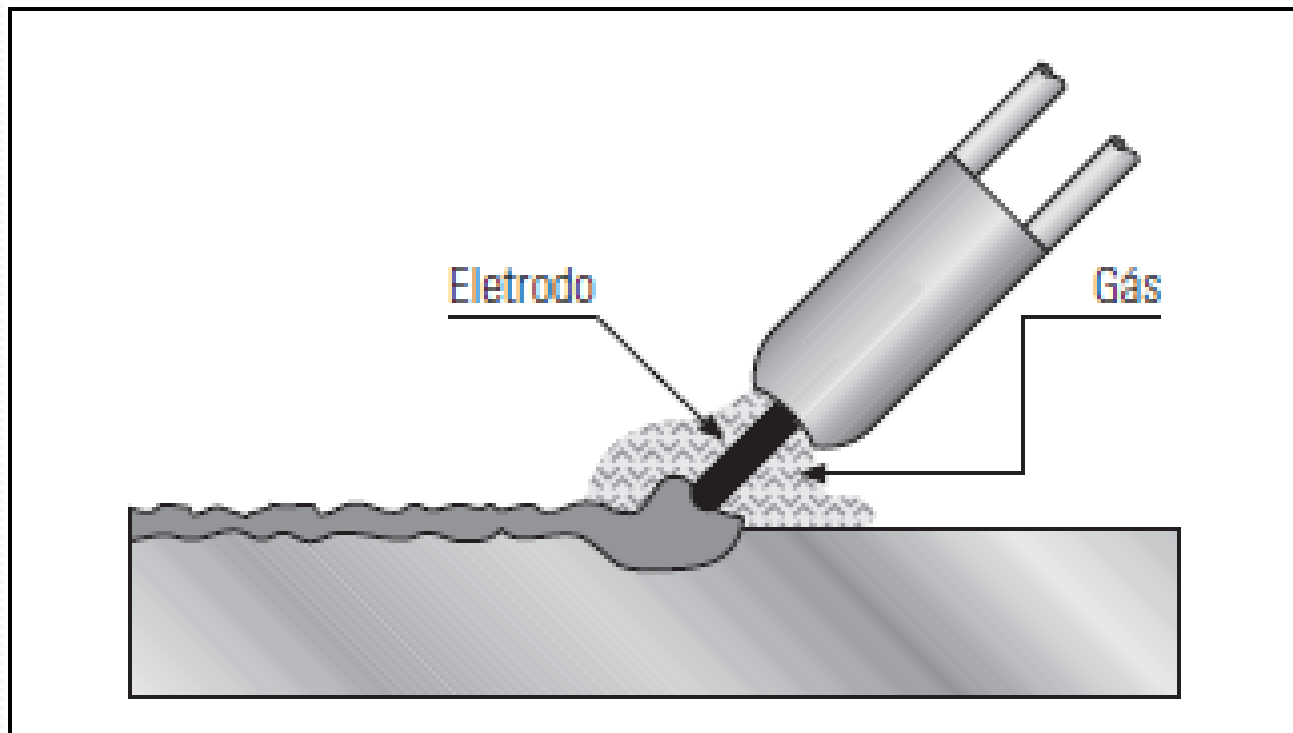


Figura 9.16

d) **FCAW** (Flux Cored Arc Welding) - Solda ao arco elétrico com fluxo no núcleo.

É semelhante ao GMAW (Solda ao arco elétrico com proteção gasosa), só que o eletrodo é tubular e o gás vem internamente ao eletrodo (Fig. 9.17), também, é chamado Processo com Arame Tubular.

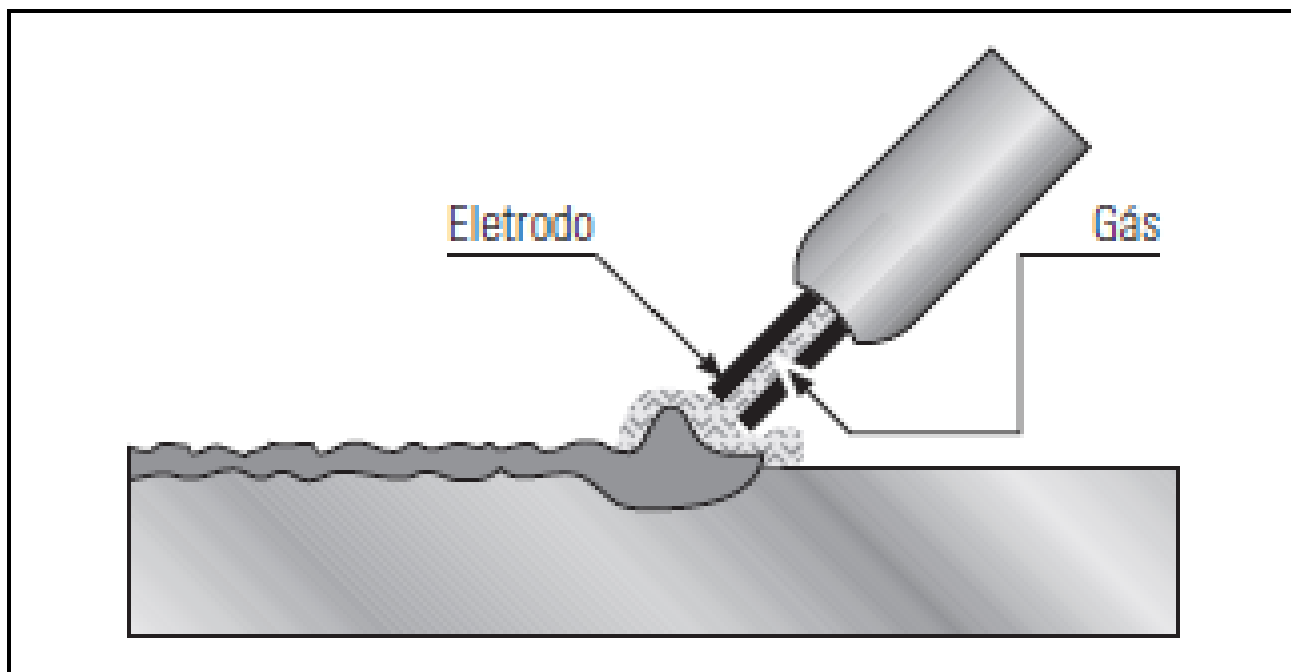


Figura 9.17

e) Solda por resistência elétrica

Este tipo de solda é utilizado para peças pequenas. A união das peças é feita por caldeamento (material ao rubro + pressão). É utilizada na união de barras de concreto armado (CA-25 e CA-50A).

4 - Anomalias do processo de soldagem

As deformações e falhas oriundas do processo de soldagem devem ser previstas e tomadas as medidas necessárias para evitá-las. Dentre as anomalias na solda, podemos ter:

Externamente

- Sobreposição saliente de passes de solda (saliência do cordão de solda) (Fig. 9.18)

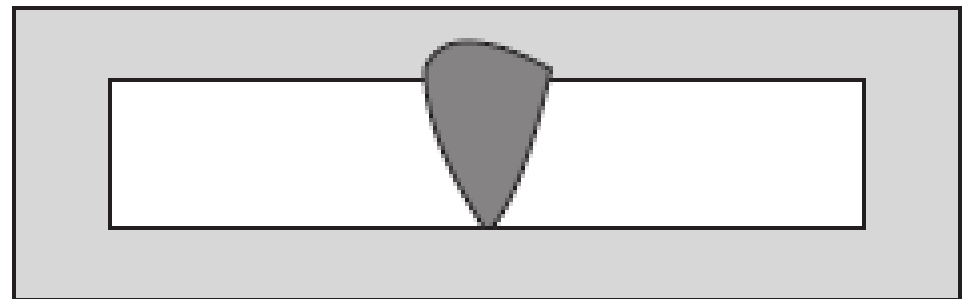


Figura 9.18

- Falta de sobreposição de passes de solda (falta de preenchimento do cordão de solda) (Fig. 9.19)

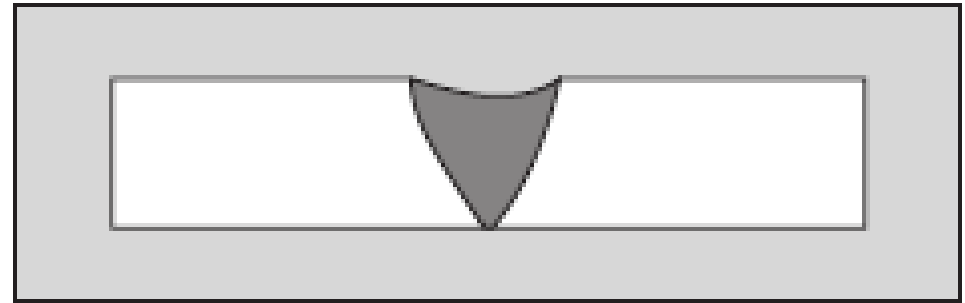


Figura 9.19

- Falta de alinhamento da solda com o metal base (Fig. 9.20)

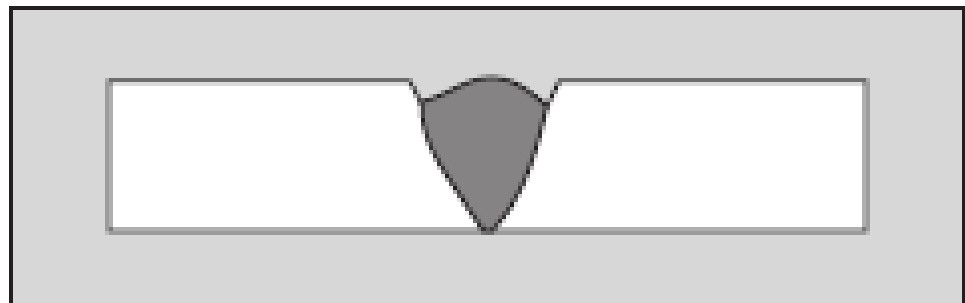


Figura 9.20

- Deslocamento entre as bordas das chapas soldadas (Fig. 9.21)

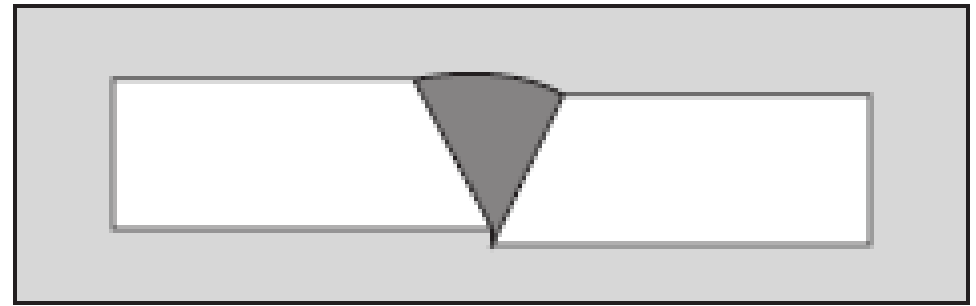


Figura 9.21

Internamente

- Falta de penetração do cordão de solda (Fig. 9.22)

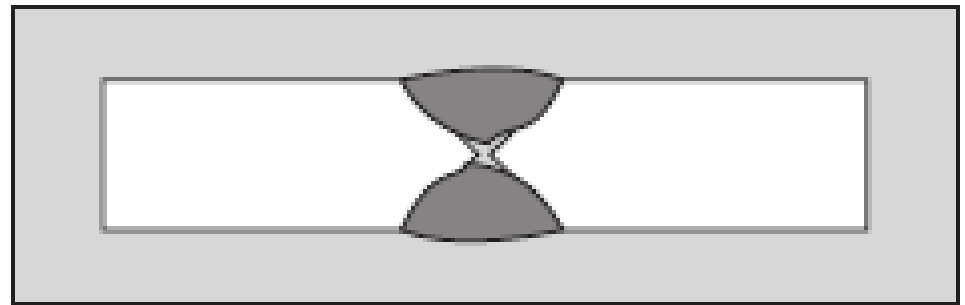


Figura 9.22

- Soldagem com porosidade (Fig. 9.23)

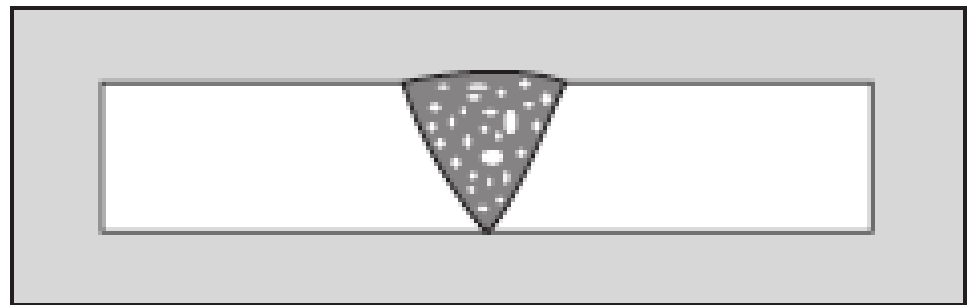


Figura 9.23

- Fissura na solda (Fig. 9.24)

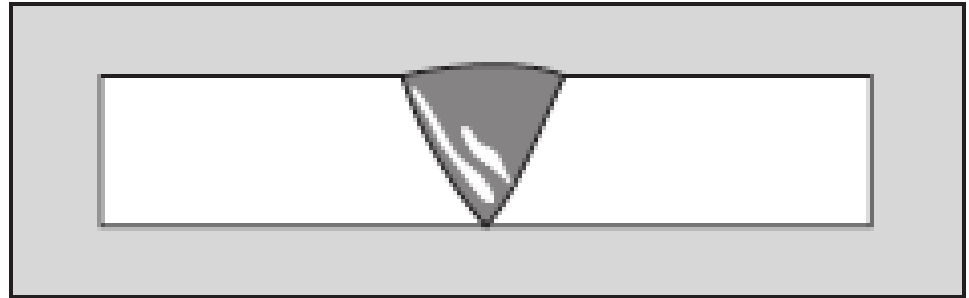


Figura 9.24

- Falta de aderência entre o metal base e a solda (Fig. 9.25)

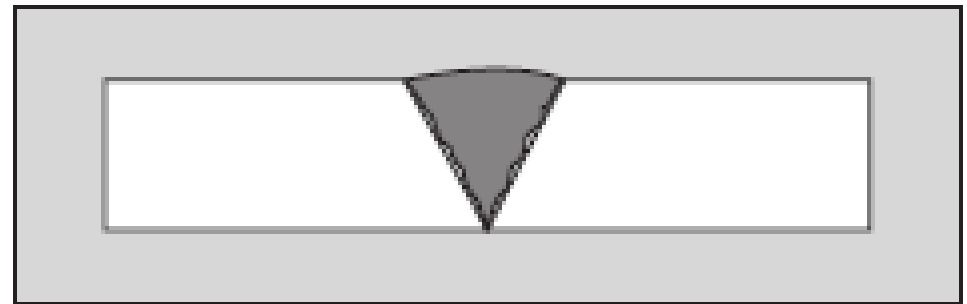



Figura 9.25



Para o metal base é possível ter contrações lineares e distorções angulares (Fig. 9.26). As contrações do metal soldado podem provocar a distorção angular em soldas de entalhe (Fig. 9.27).

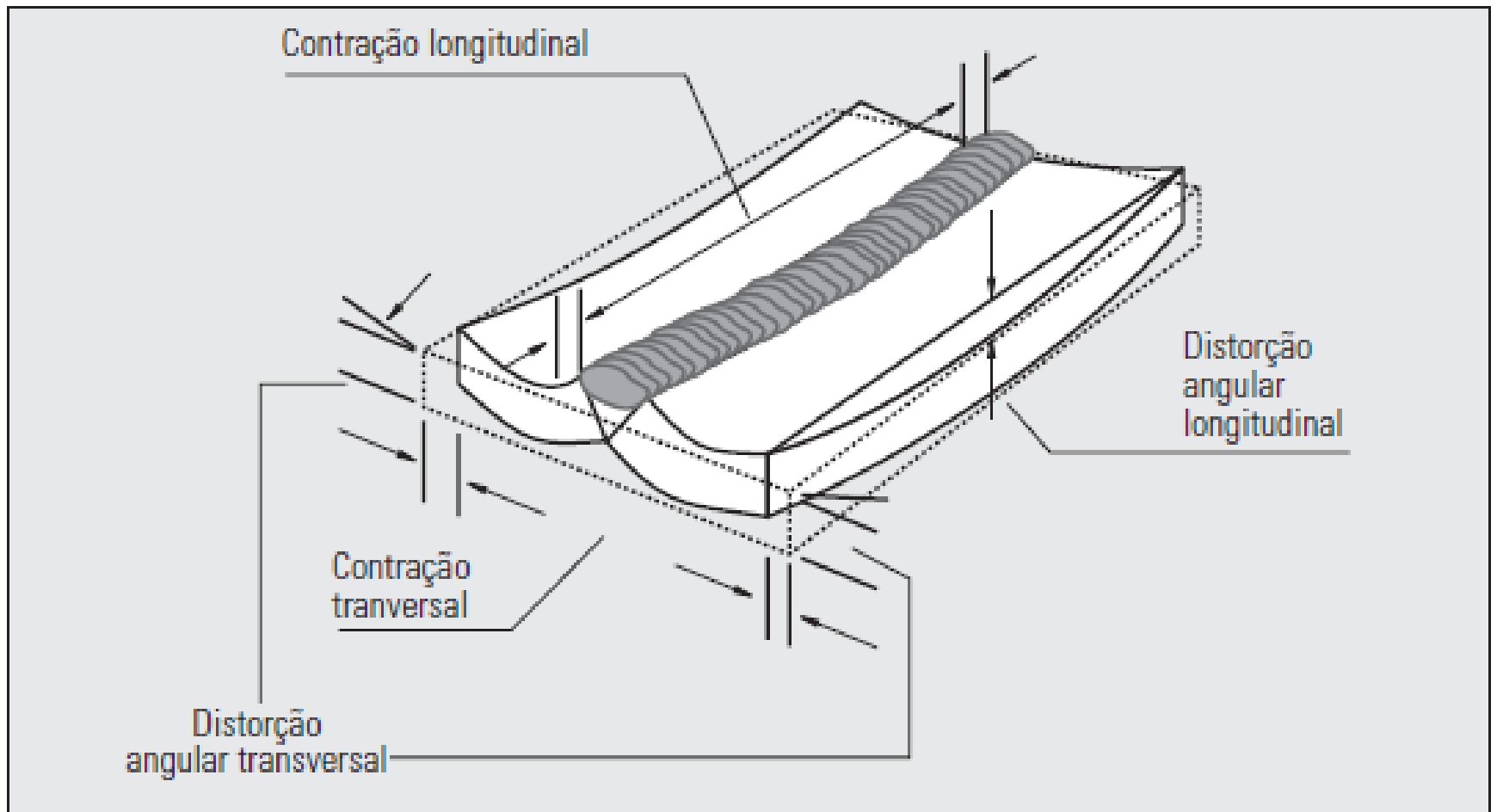
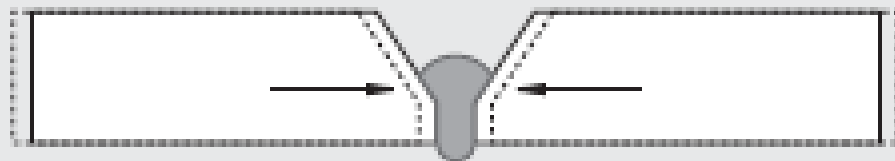


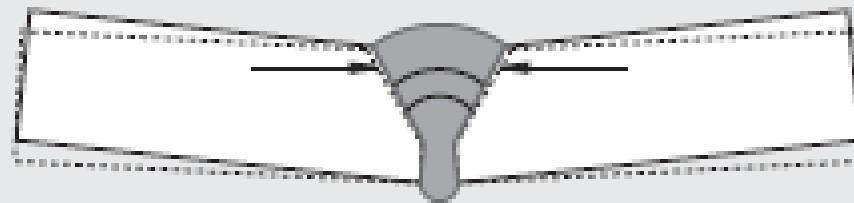
Figura 9.26



O primeiro passe de solda liga as peças e provoca sua contração



O segundo passe de solda provoca uma contração oposta ao primeiro depósito de solda provocando a curvatura



A contração provocada pelo terceiro passe de solda alimenta mais a distorção angular transversal

Figura 9.27

Nesse caso, é observado que quando a soldagem é feita com um número elevado de pequenos passes de solda, a distorção angular das chapas é grande (Fig. 9.28).

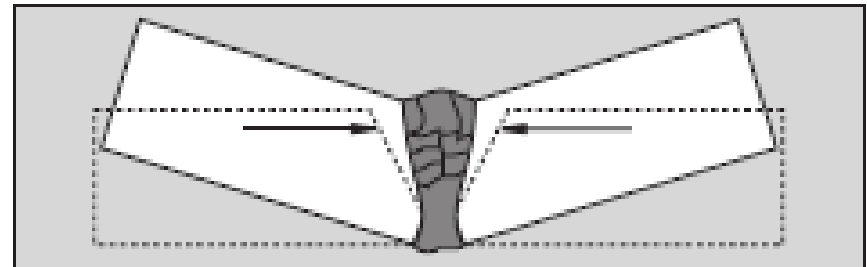


Figura 9.28

Para atenuar a distorção angular transversal, o processo de soldagem deve ser equilibrado, o que conduz à introdução balanceada de calor, que produzirá uma leve contração das chapas (Fig. 9.29).

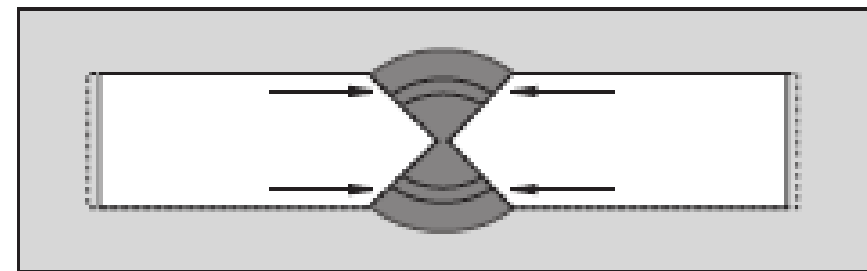


Figura 9.29

No caso da solda de filete, a distorção angular aumenta quando são utilizados vários passes de solda para produzir a dimensão necessária do cordão (Fig. 9.30).

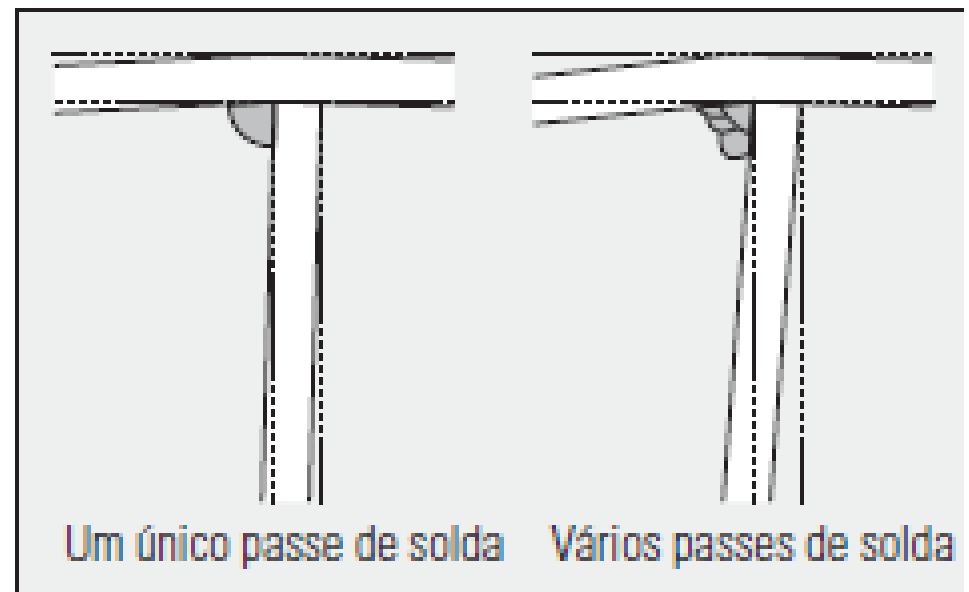


Figura 9.30

Quando são necessários vários passes de solda, deve-se posicionar as peças a serem unidas, visando evitar as deformações ilustradas. A disposição dos cordões de solda é ilustrada na Figura 9.31.

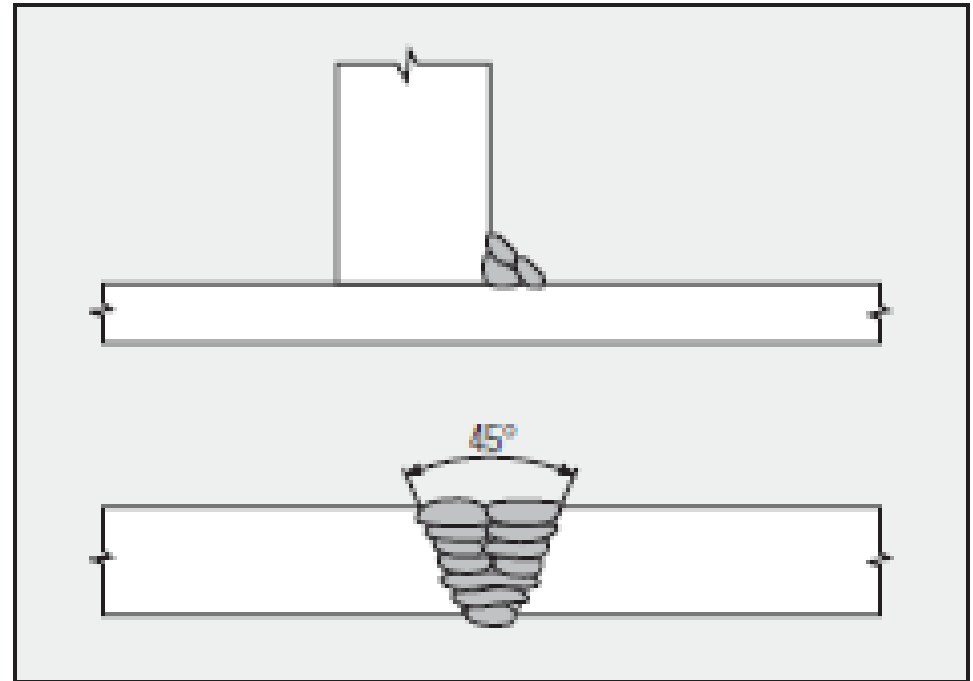


Figura 9.31

É necessário, também, detectar as possíveis fissuras presentes no metal base (Fig. 9.32).

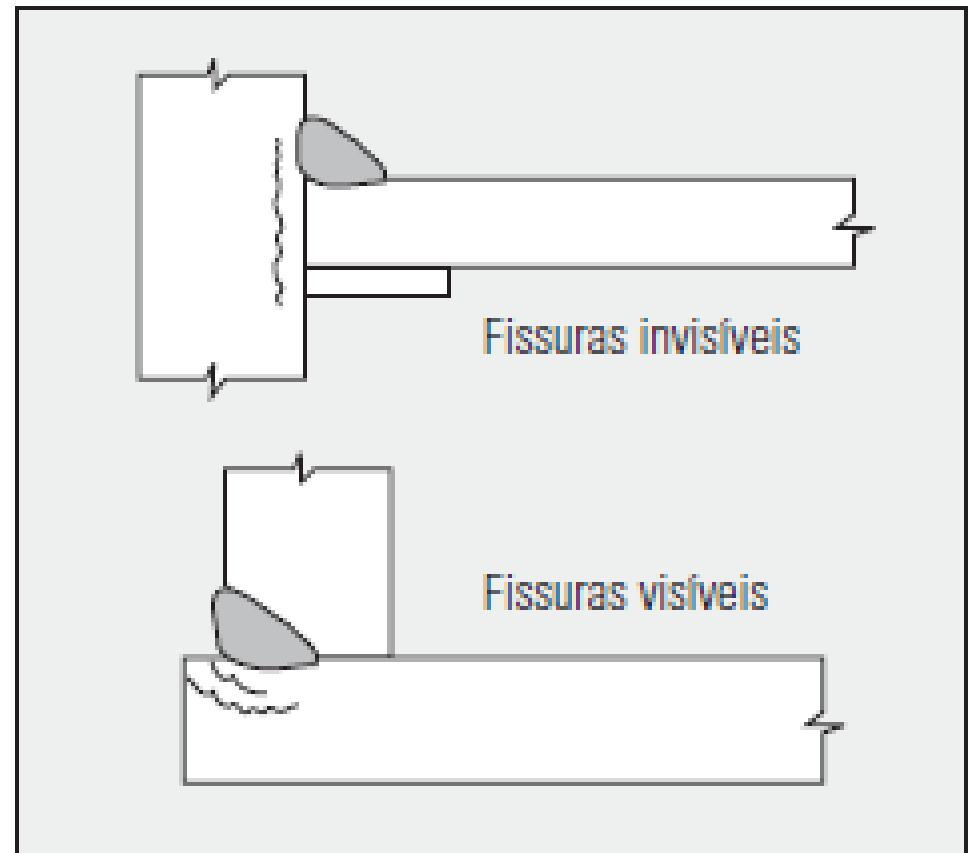


Figura 9.32