



**INSTITUTO FEDERAL**  
**SANTA CATARINA**

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

# Soldagem por Resistência

Processo por pontos, por costura, por projeção, de topo, Aplicações, Vantagens e Desvantagens

**Professor: Anderson Luís Garcia Correia**

**Unidade Curricular de Processos de Soldagem**

**27 de abril de 2017**

# Princípios

A soldagem por resistência elétrica representa uma modalidade da soldagem por pressão na qual as peças a serem soldadas são ligadas entre si em estado pastoso (ou em parte fundidas) sob pressão e sem material de adição suplementar.

Para que possamos soldar uma peça com esse processo, é necessário verificarmos 3 fatores importantes:

- **Aquecimento – Efeito Joule**
- **Tempo**
- **Pressão**

As peças a serem soldadas são pressionadas uma contra outra, por meio de eletrodos não consumíveis, fazendo passar por estes uma alta corrente.

Esta corrente, ocasiona, segundo a Lei de Joule ( $Q = K R I^2 t$ ), uma quantidade de calor proporcional ao tempo, resistência elétrica e intensidade de corrente, que deverá ser suficiente para permitir que a região de contato entre as peças a serem soldadas atinja o ponto de fusão (circuito percorrido pela corrente de soldagem).

# Métodos

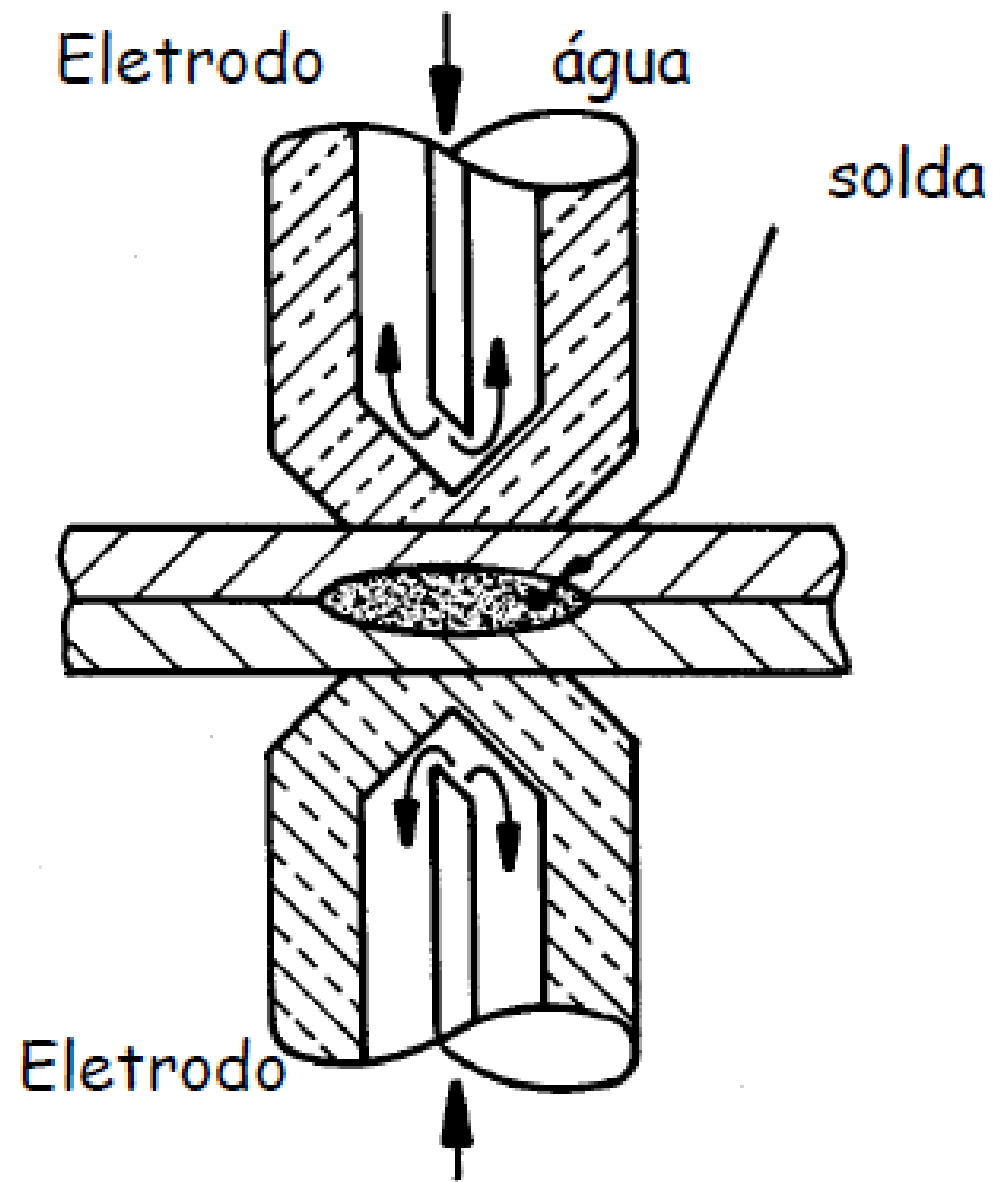
- Soldagem por ponto
- Soldagem por costura
- Soldagem por projeção
- Soldagem de topo

# Soldagem por pontos

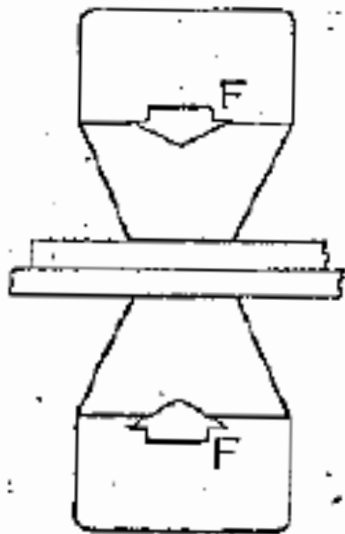
A soldagem por pontos, na qual as superfícies são unidas por um ou mais pontos pelo calor gerado pela resistência à corrente elétrica que passa através das peças mantidas em contato por pressão.

Essa região é aquecida por um reduzido espaço de tempo, enquanto dura a passagem da corrente.

Quando ela cessa, a pressão é mantida enquanto o metal se solidifica. Os eletrodos são afastados da superfície depois que se obtém cada ponto.



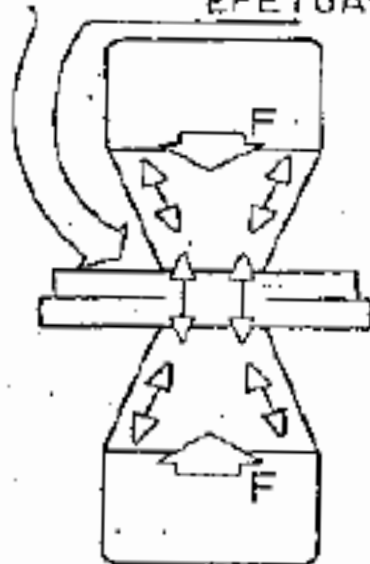
COMPRESSÃO



FORÇA APLICADA

SOLDA

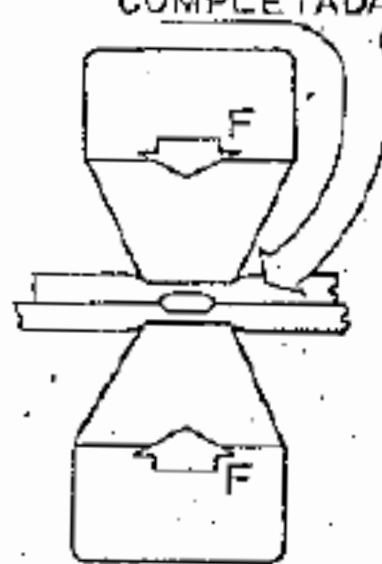
(SOLDA SENDO EFETUADA)



FORÇA APLICADA  
CORRENTE APLICADA

RETENÇÃO

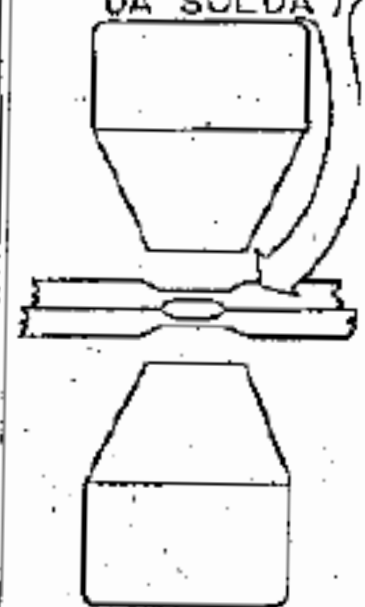
(SOLDA COMPLETADA)



CORRENTE DESLIGADA  
FORÇA AINDA APLICADA

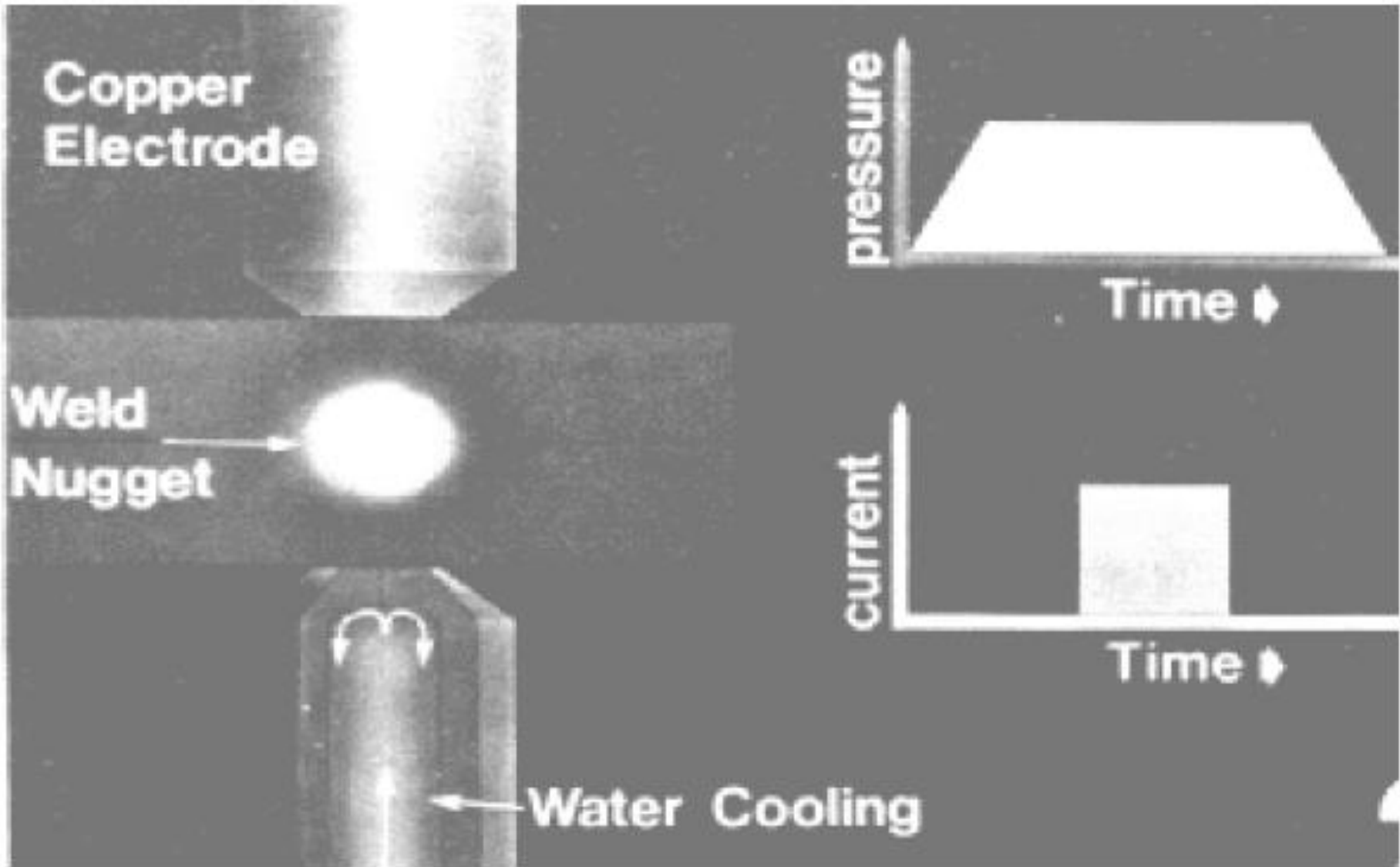
PAUSA


(ESFRIAMENTO DA SOLDA)



SEM FORÇA

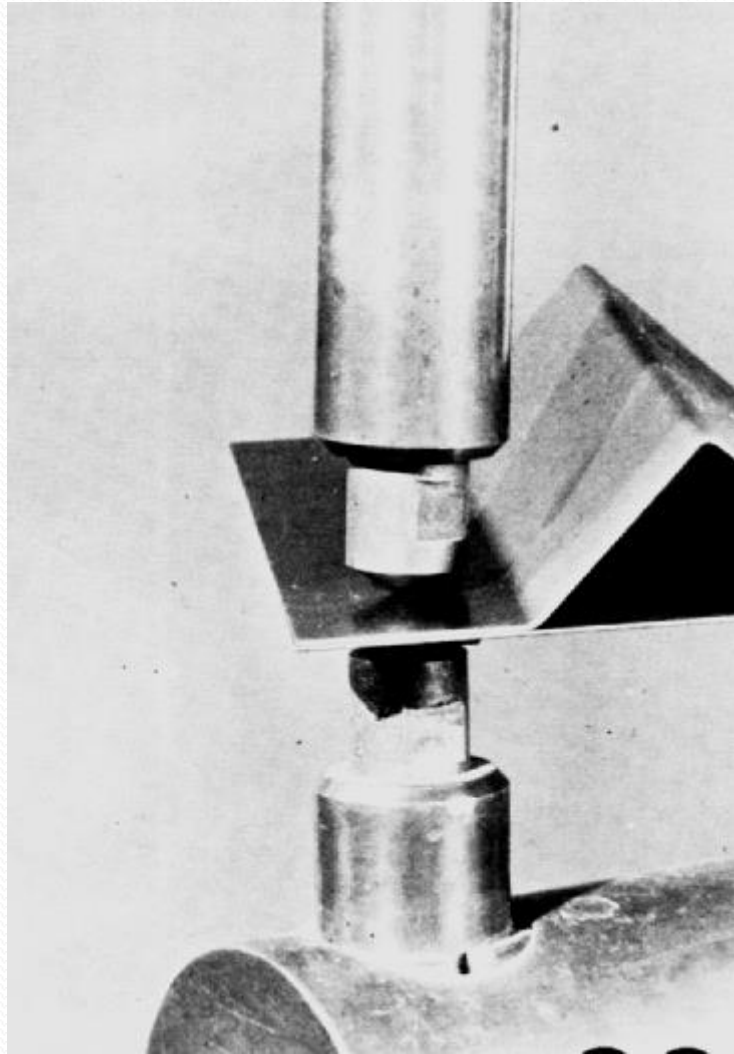






Para efetuar uma boa solda é necessário que as peças façam um bom contato metal - metal.

Todos os elementos (peças e eletrodos) devem ser concebidos de tal maneira que permitam a corrente de soldagem chegar ao ponto desejado pelo caminho mais curto.



## VANTAGENS

- Adaptabilidade para automação em montagens de chapas em linhas de fabricação – robotização
- Alta velocidade
- Econômico
- Precisão dimensional

## DESVANTAGENS

- Dificuldade para manutenção e reparo
- Geralmente o equipamento é mais caro que o equipamento para soldagem a arco
- Demanda mais energia da rede elétrica
- Baixa resistência a tração e a fadiga

# Eletrodos

São as partes mais importantes do processo.

Por trabalharem em condições extremamente desfavoráveis, devem possuir:

- Condutibilidade elétrica e térmica elevadas
- Resistência mecânica elevada
- Fraca tendência para formar ligas com o material a soldar
- Resfriamento absolutamente seguro das pontas dos eletrodos

Existem eletrodos de:

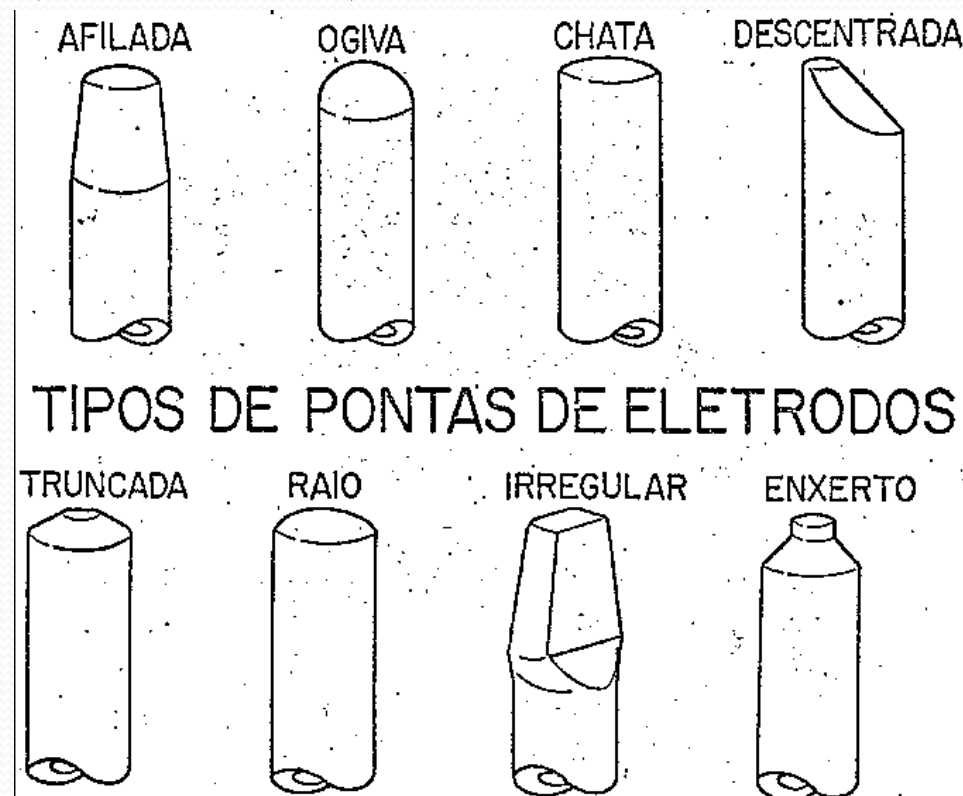
- Cobre – Cromo
- Cobre - Cromo – zircônio
- Cobre – Cádmio
- Cobre – Berílio

## **Refrigeração dos eletrodos**

A água deve ser levada tão perto quanto possível da ponta dos eletrodos, aproximadamente 12 mm da ponta.

# Tipos de eletrodos

Eletrodos retos, curvos, ambos com ponta achatada, arredondada, inclinada, excêntrica e outras formas.



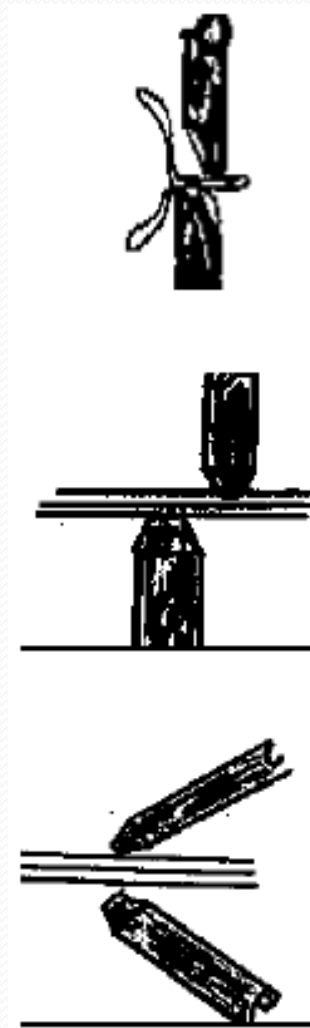


## **Problemas mais comuns com eletrodo**

- Área de contato muito grande
- Eletrodos com partículas de chapa encravadas
- Eletrodos com depressão no centro, indicando o fim de vida
- Mudança de cor da superfície de contato do eletrodo

## Erros mais comuns na montagem dos eletrodos

- Eletrodos assimétricos virados
- Eletrodos desalinhados
- Eletrodo inclinados.



## Características para a solda ponto

ESPESSURA DA CHAPA	DIÂMETRO DO ELETRODO	DIÂMETRO DO PONTO FUNDIDO	ESPAÇAMENTO MÍNIMO ENTRE OS PONTOS DE SOLDA
.036"	1/4"	.18"	3/4"
.040"	1/4"	.19"	1"
.048"	1/4"	.22"	1"
.060"	1/4"	.25"	1"
.075"	5/16"	.29"	1. 1/4"
.080"	5/16"	.31"	1. 1/2"

# Aplicações

Com o processo solda-se:

- Aço, incluindo aço galvanizado
- Ligas de zinco
- Ligas de cobre
- Ligas de alumínio

Só se podem soldar entre si metais de natureza diferentes quando suscetíveis a formar uma liga ou quando se introduz entre eles um material intermediário que pode ligar-se aos metais base.

**Materiais que prejudicam a soldagem são:**

Ferrugem, verniz, óleo, graxa e gordura

# Soldabilidade

Soldagem por pontos

$$W = \frac{R}{F \cdot k_t} \cdot 100$$

Onde:

R = Resistividade

F = ponto de fusão

kt = Condutividade térmica

$$k_t = \frac{k_{material}}{k_{cobre\ puro}}$$

$W < 0,25$

$0,25 < W < 0,75$

$0,75 < W < 2$

$2 < W$

péssima

ruim

boa

Excelente



Aço carbono -  $W > 10$

Alumínio -  $W \sim 1-2$

# Qualidade da solda

Fatores que influenciam diretamente na qualidade da solda:

- Espaçamento entre eletrodos
- Condições dos materiais
- Uniformidade dos pontos de solda
- Rebarbas e ondulações
- Aquecimento
- Tempo
- Pressão
- Resistência mecânica.



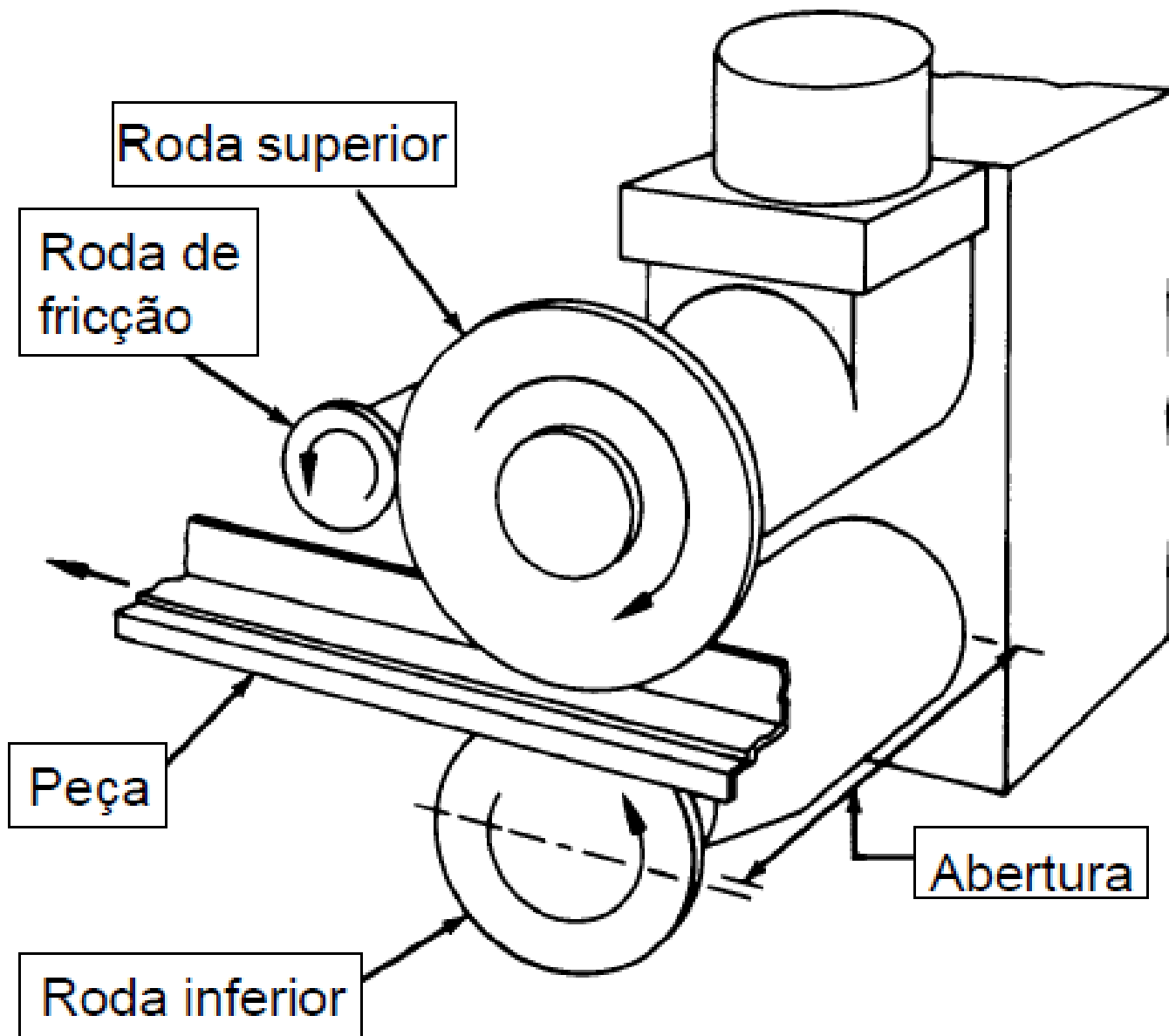
## O equipamento deve ser constituído de:

- Chave geral e botão de comando
- Transformador
- Cabos secundários
- Controle eletrônico dos intervalos de tempo
- Pinça de solda acionada por sistema mecânico (alavanca com mola), cilindro pneumático ou hidráulico
- Sistema pneumático ou hidráulico
- Eletrodos de solda

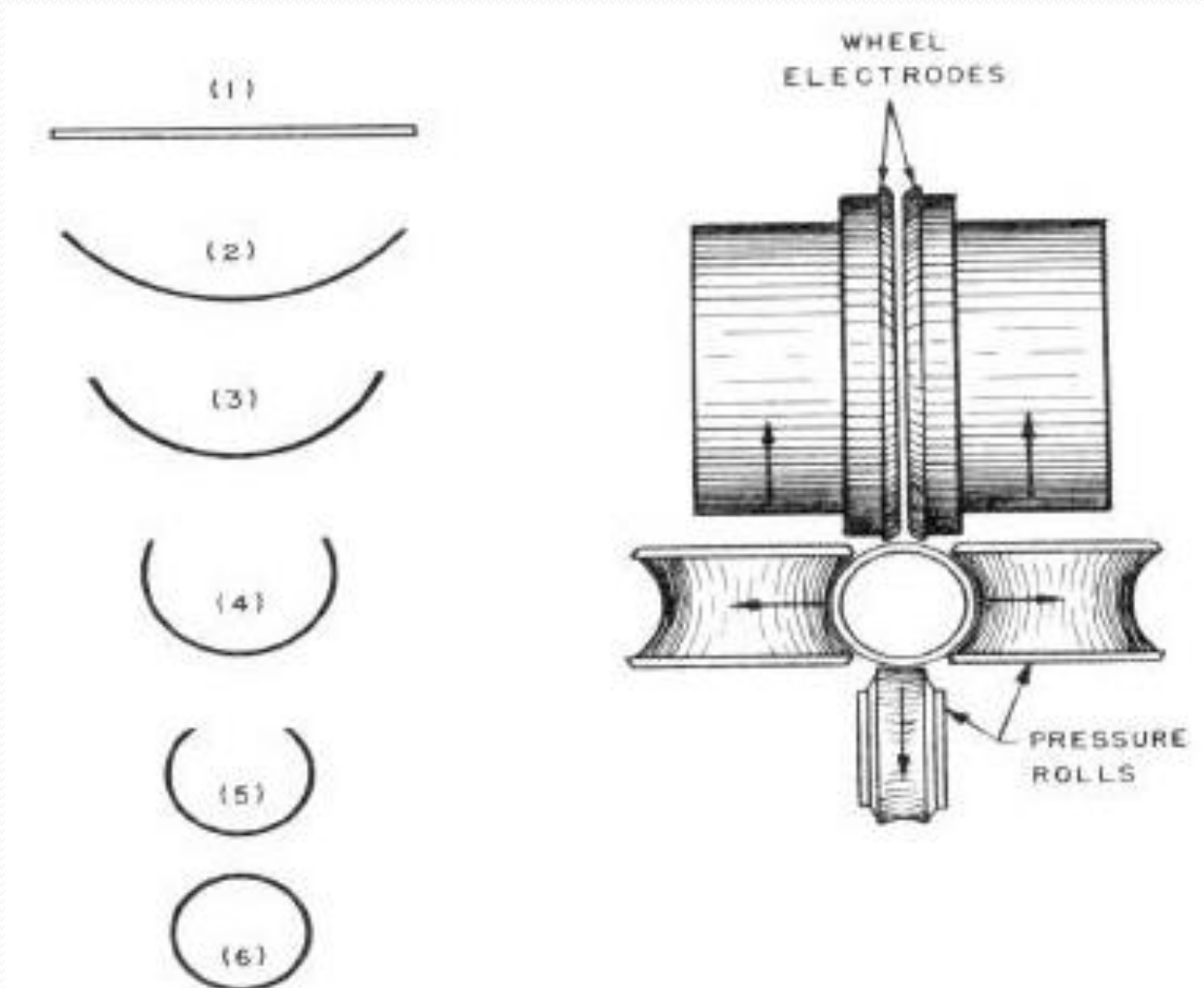
# Soldagem por costura

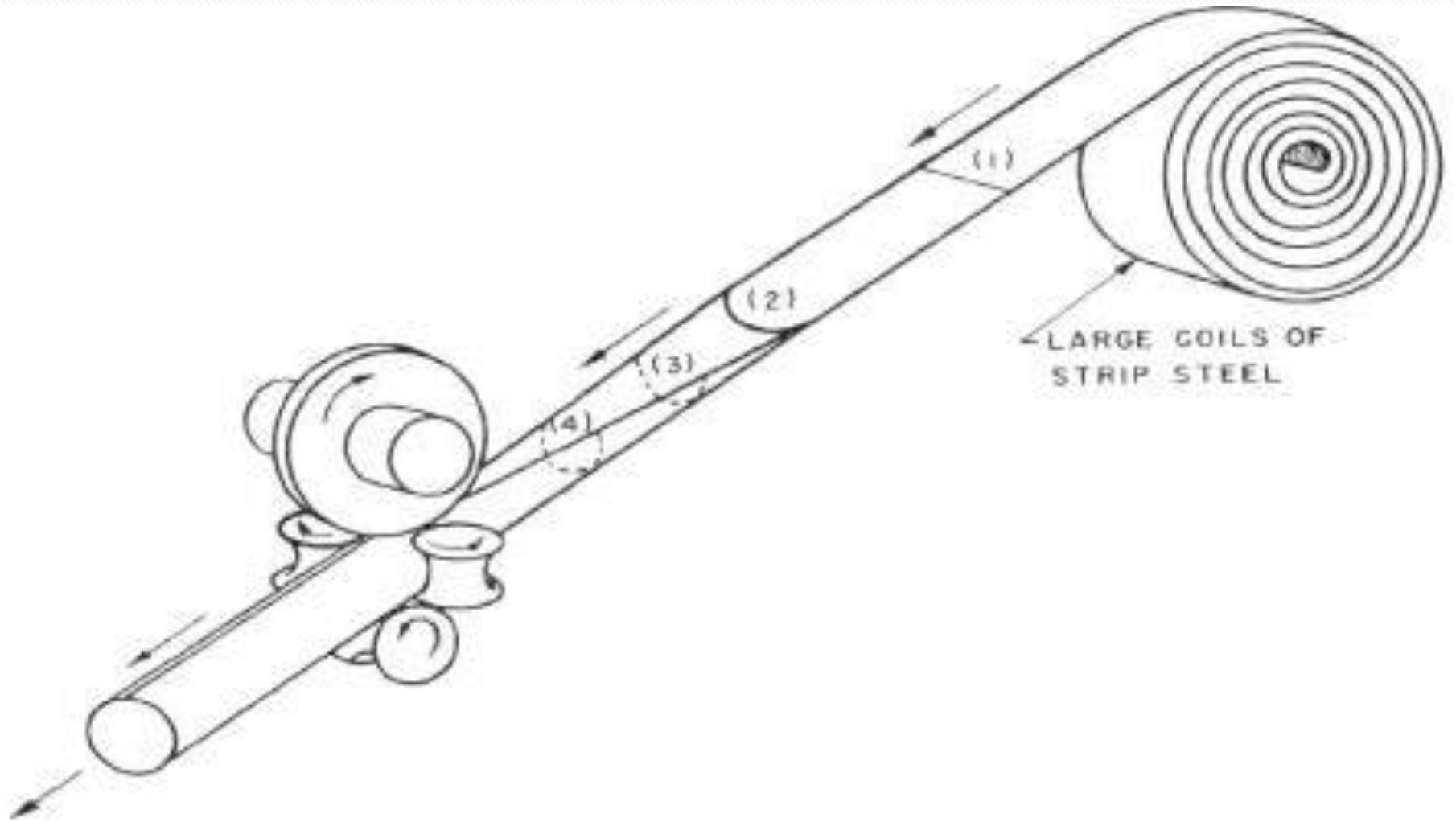
A soldagem por costura, na qual dois eletrodos circulares, ou um eletrodo circular e outro em barra transmitem a corrente combinada com a pressão e produzem a costura de solda que, por sua vez, consiste em uma série de pontamentos sobrepostos.

A série de pontos de solda é obtida sem a retirada dos eletrodos, embora também seja possível avançar os eletrodos de forma intermitente.

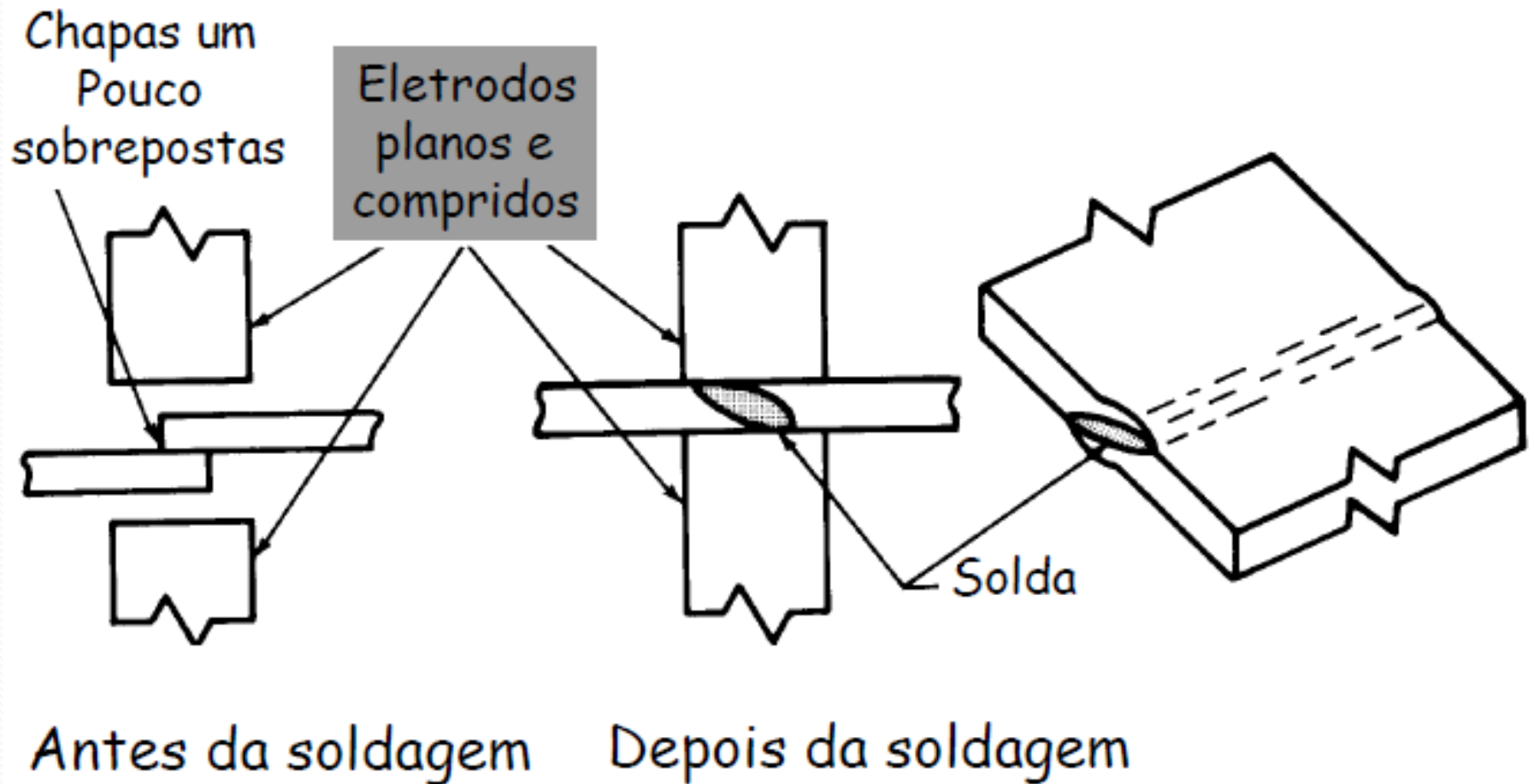


# Soldagem de tubos com costura





# Soldagem por costura por amassamento



## VANTAGENS

- Menor largura da solda e menor sobreposição em relação à soldagem por pontos ou por projeção.

## DESVANTAGENS

- As soldas devem ser retas ou com curvaturas constantes
- Menor resistência à fadiga

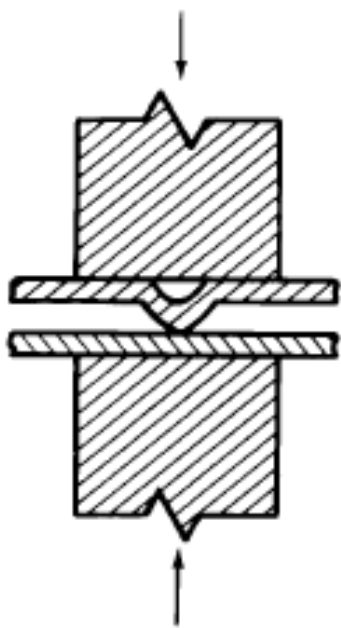


# Soldagem por projeção

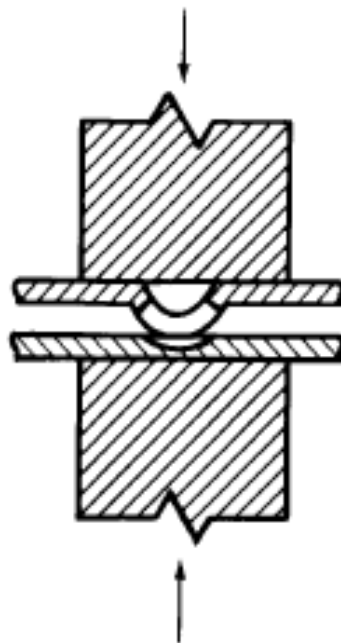
A soldagem por projeção, que é semelhante à soldagem por pontos, ocorre em uma parte de uma das peças, na qual existe uma projeção ou saliência obtida por meio de estampagem ou forjamento.

Esse processo é empregado em chapas finas (entre 0,5 e 3,2 mm)

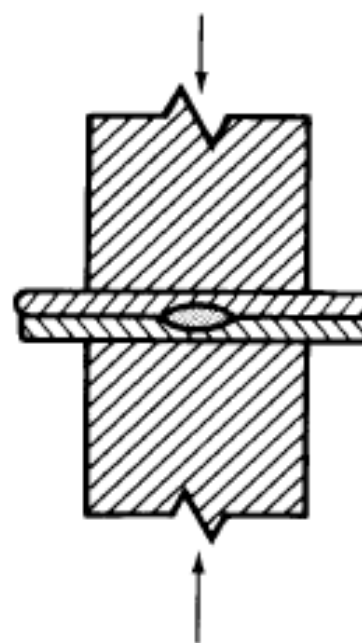
# Princípios



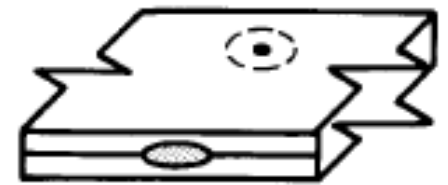
Aproximação das partes



Aplicação de corrente

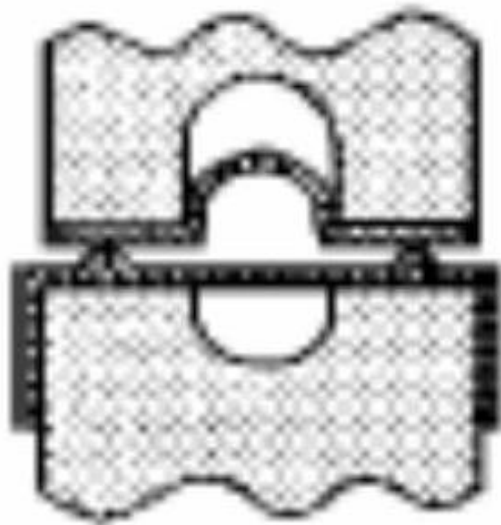


Formação da solda

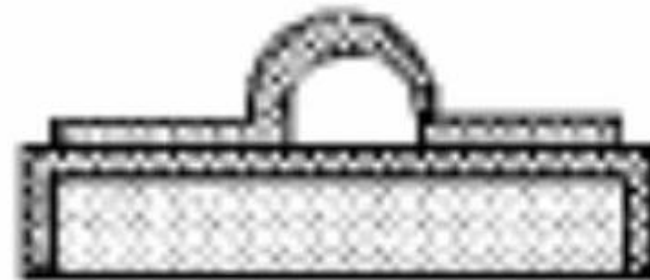
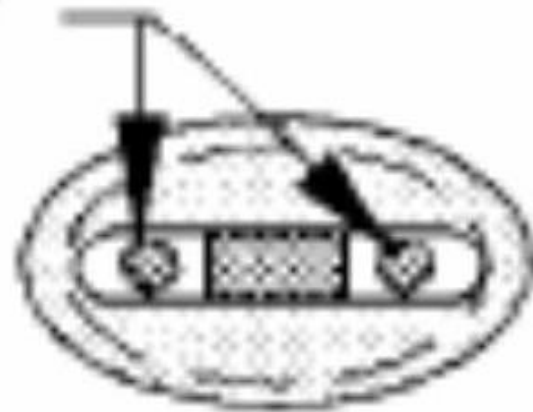


Resultado

# soldas de projeção



Antes



Depois

## VANTAGENS

- Um grande número de soldas pode ser feito em um ciclo de soldagem
- Menor sobreposição e menor espaçamento é possível
- Melhor aparência do lado sem projeção
- Menor desgaste do eletrodo
- Óleo, ferrugem, graxa e revestimento são menos problemáticos que na soldagem por pontos

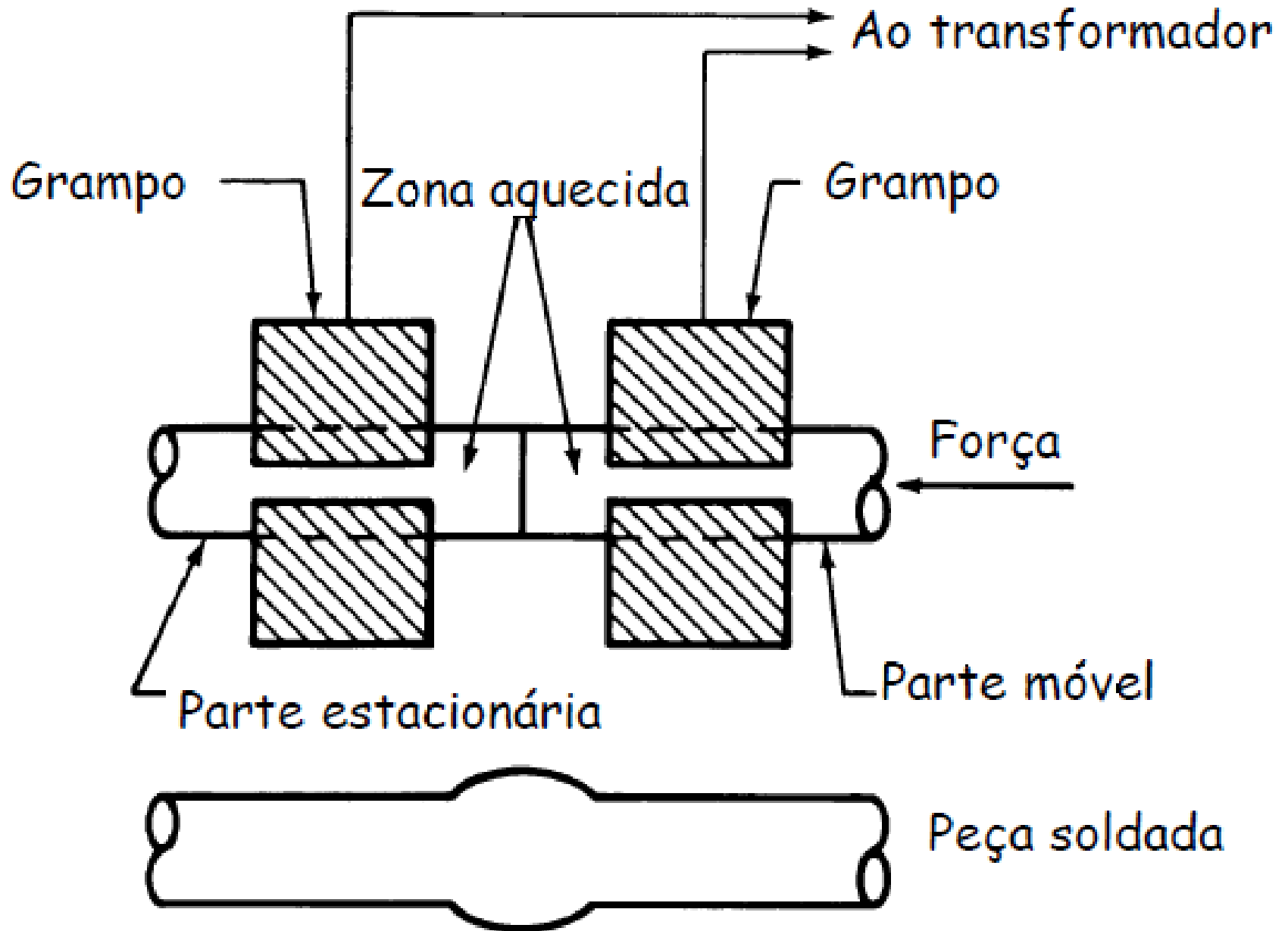
## DESVANTAGENS

- Requer uma operação adicional para formar a projeção
- Em soldagem de múltiplas soldas, um controle preciso da altura da projeção e do alinhamento das pinças deve ser realizado
- A espessura das chapas é limitante
- Requer um equipamento com maior capacidade que o para soldagem por pontos

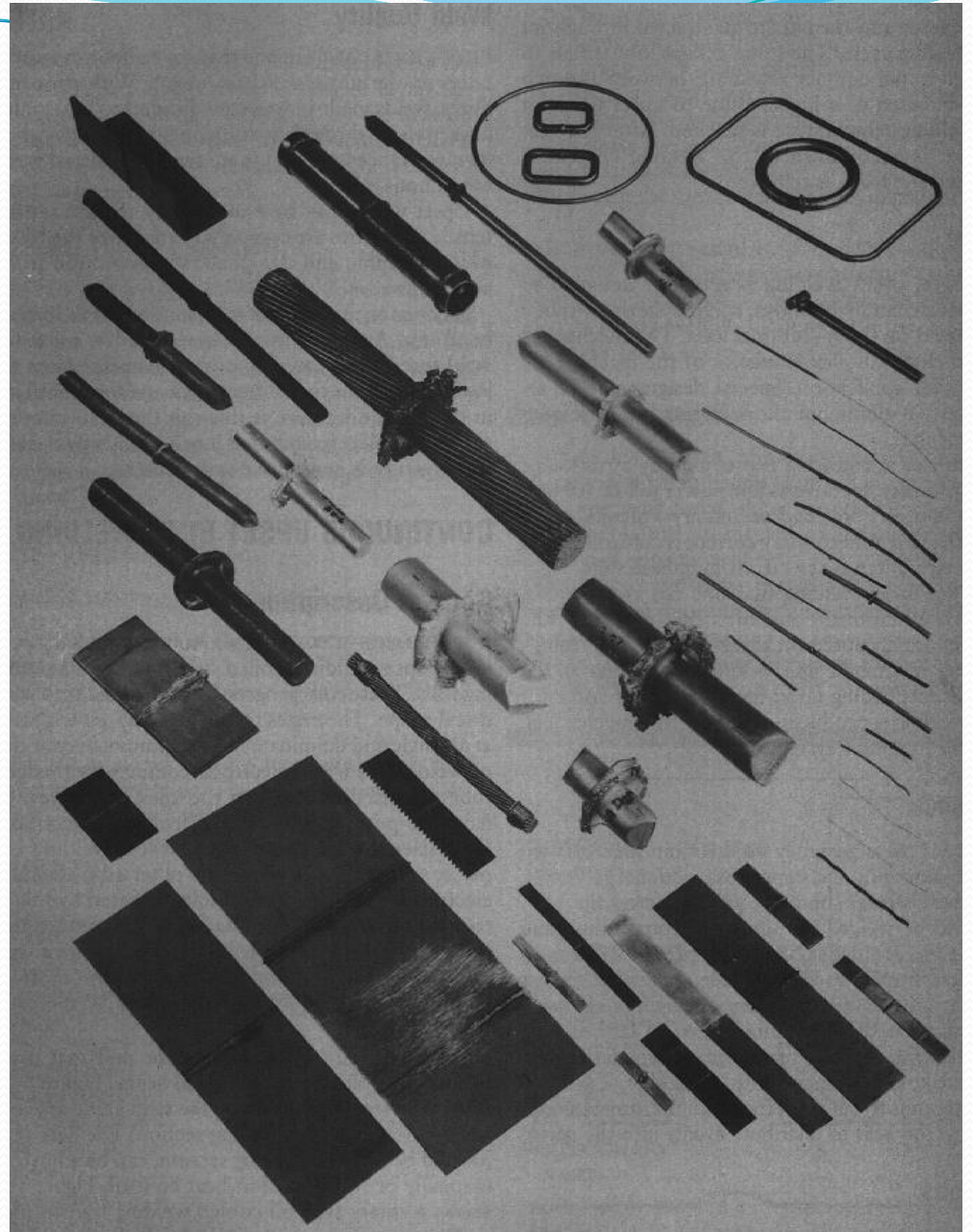
# Soldagem de topo

Na soldagem de topo por resistência, a união é produzida em toda a área de contato das partes a serem soldadas.

As duas partes são pressionadas uma contra a outra até que o calor gerado pela passagem da corrente seja suficiente para que a união ocorra.

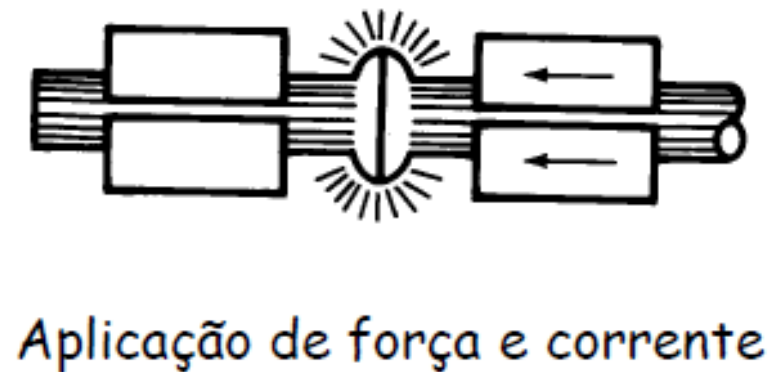
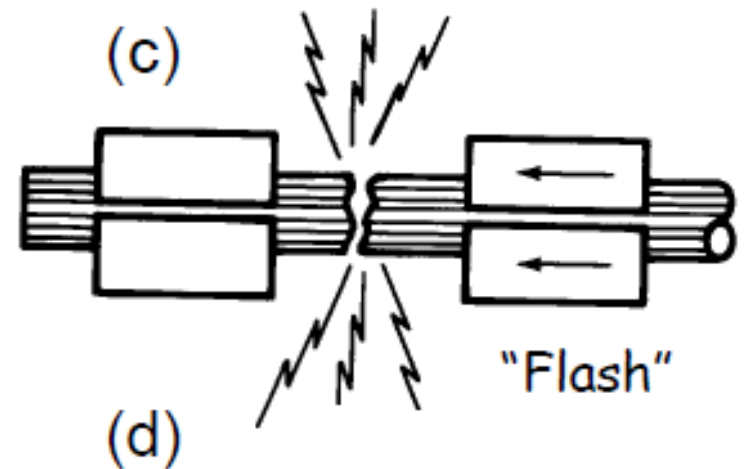
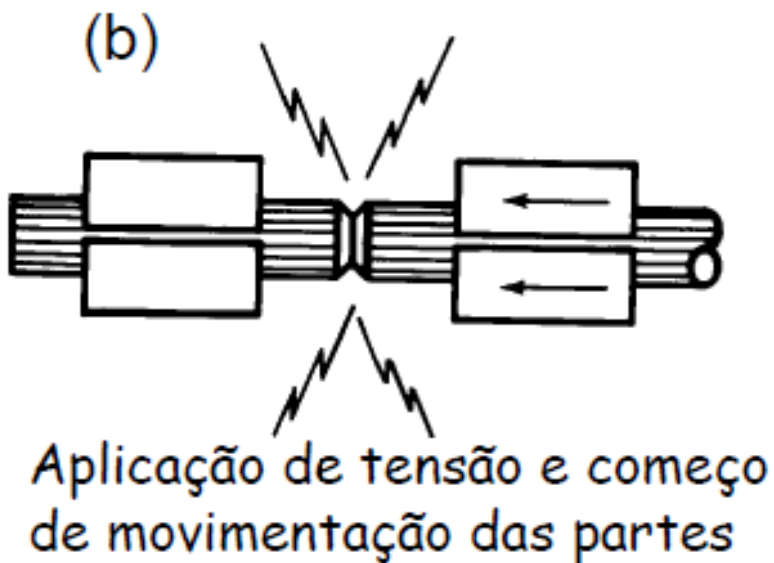
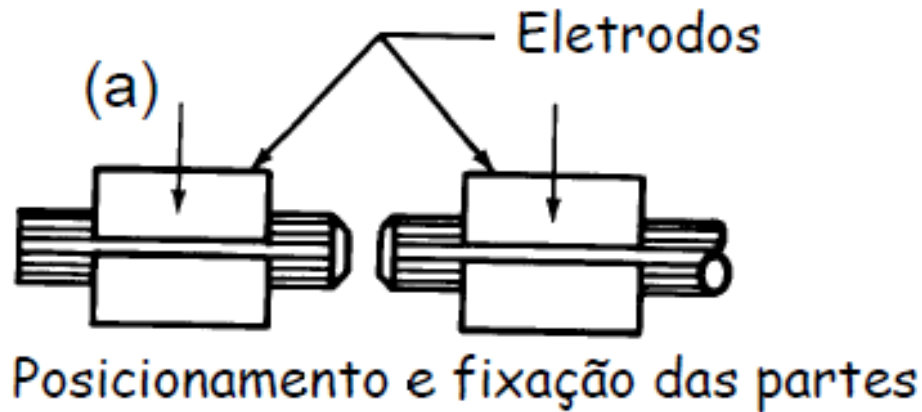


# Exemplo de peças soldadas



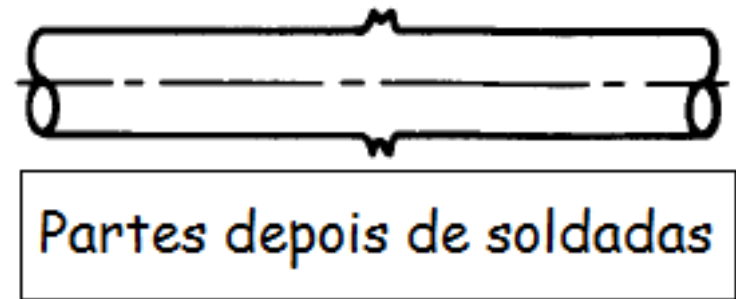
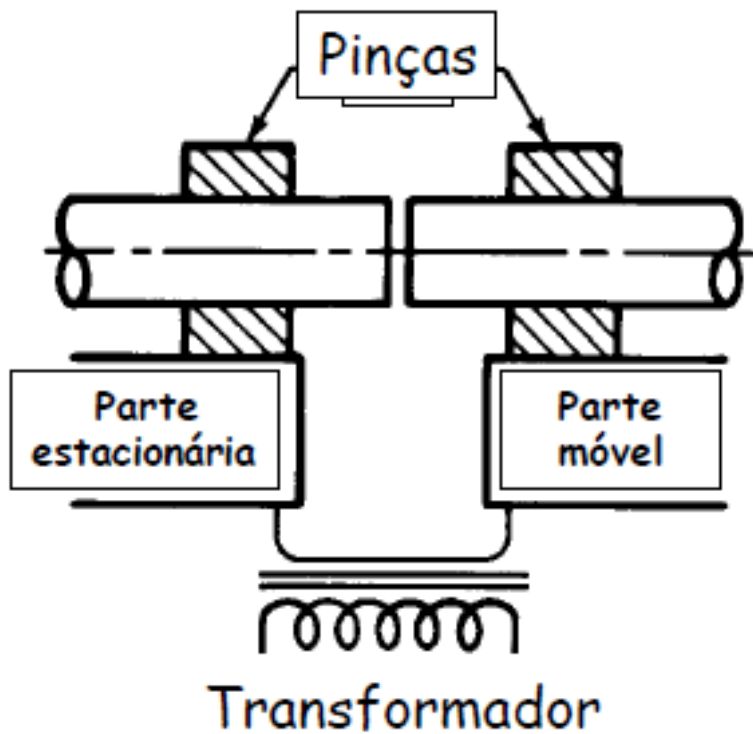


## Etapas básicas

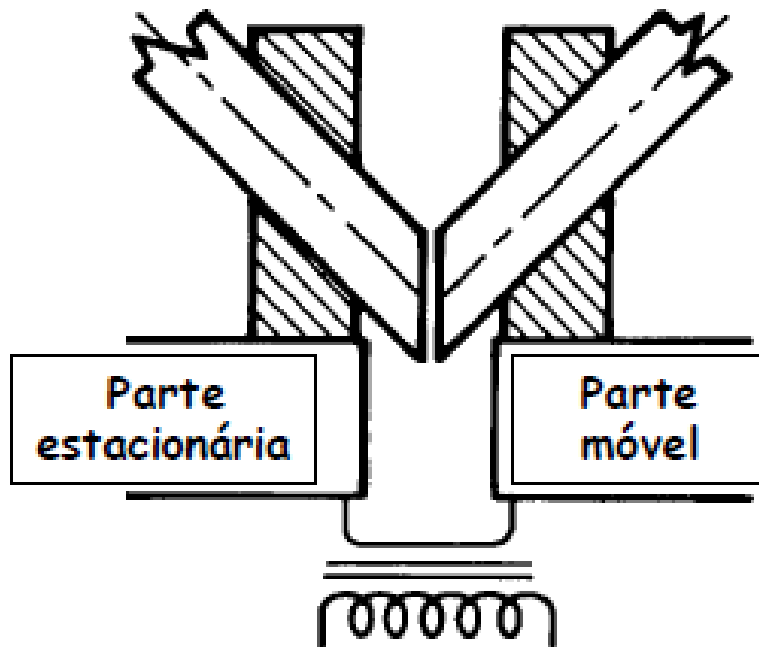


# Exemplos de juntas

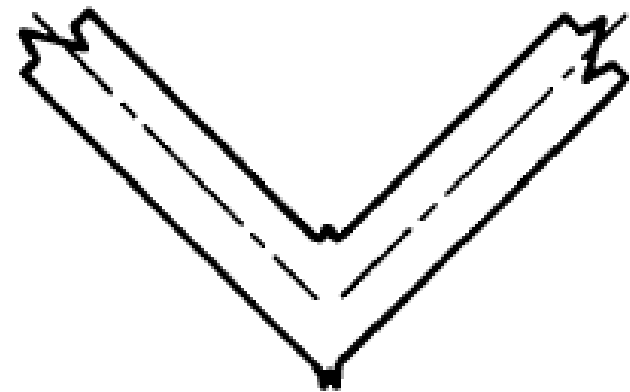
## Soldagem com alinhamento axial



## Soldagem de canto

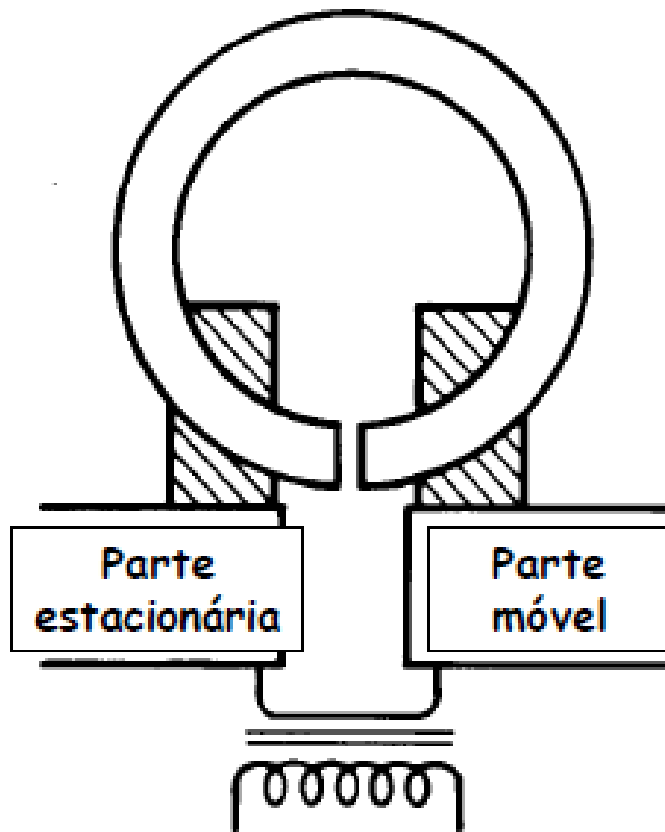


Transformador

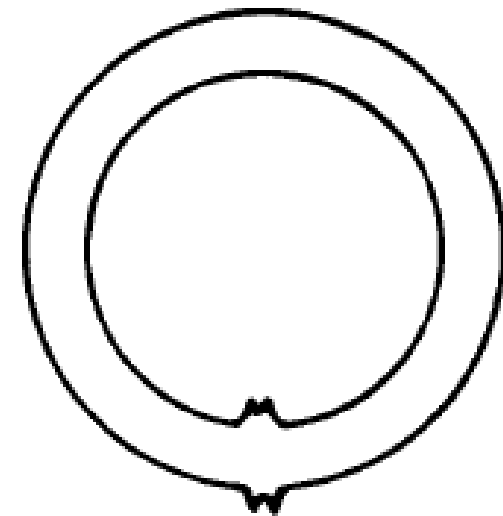


Partes depois de soldadas

## Soldagem de anel



Transformador



Partes depois de soldadas

## VANTAGENS

- Flexível para qualquer forma de seção, principalmente quando são similares
- A preparação da superfície não é crítica, a não ser para peças grandes
- Pode soldar anéis

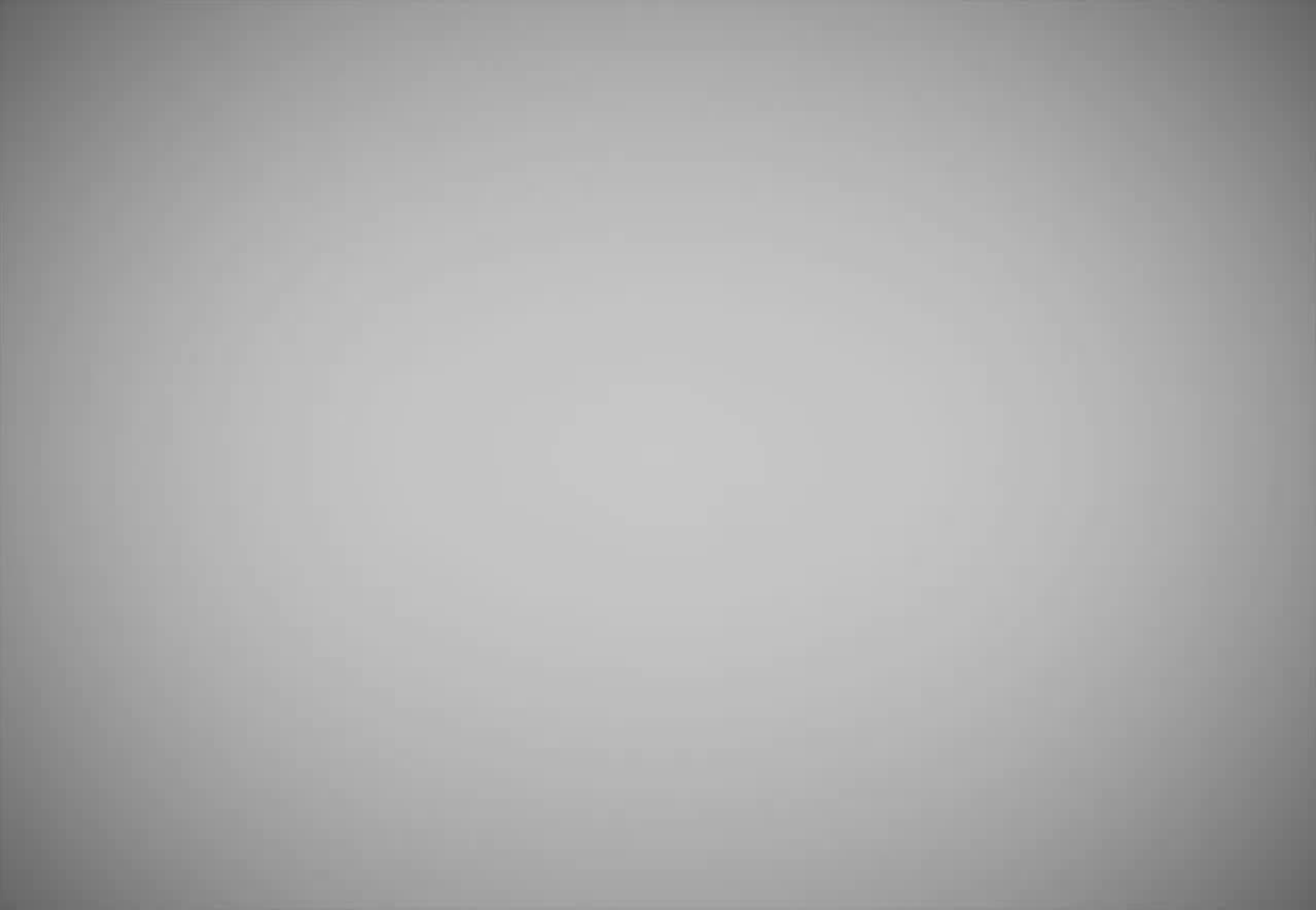
## DESVANTAGENS

- Produz uma sobrecarga na rede
- Perigo de incêndio com as fagulhas
- Requer equipamento especial para remover rebarba
- Dificuldade de alinhamento para peças com área de seção pequena
- Requer mesma área de seção para as partes a serem soldadas









# Questionário

- 1- No que consiste o processo de soldagem por resistência?
- 2- Quais os principais métodos de soldagem por resistência e as vantagens e desvantagens de cada um?
- 3- Quais são os fatores importantes para que se possa efetuar a soldagem por resistência?