

# Soldagem por Resistência I

Rodrigo A. L Satyro – E-mail: [rodrigo\\_satyro@hotmail.com](mailto:rodrigo_satyro@hotmail.com)

Rogério Veiga – E-mail: [rogerio.veiga@pirelli.com](mailto:rogerio.veiga@pirelli.com)

Santiago Moreira – E-mail: [smbiscaino@yahoo.com.br](mailto:smbiscaino@yahoo.com.br)

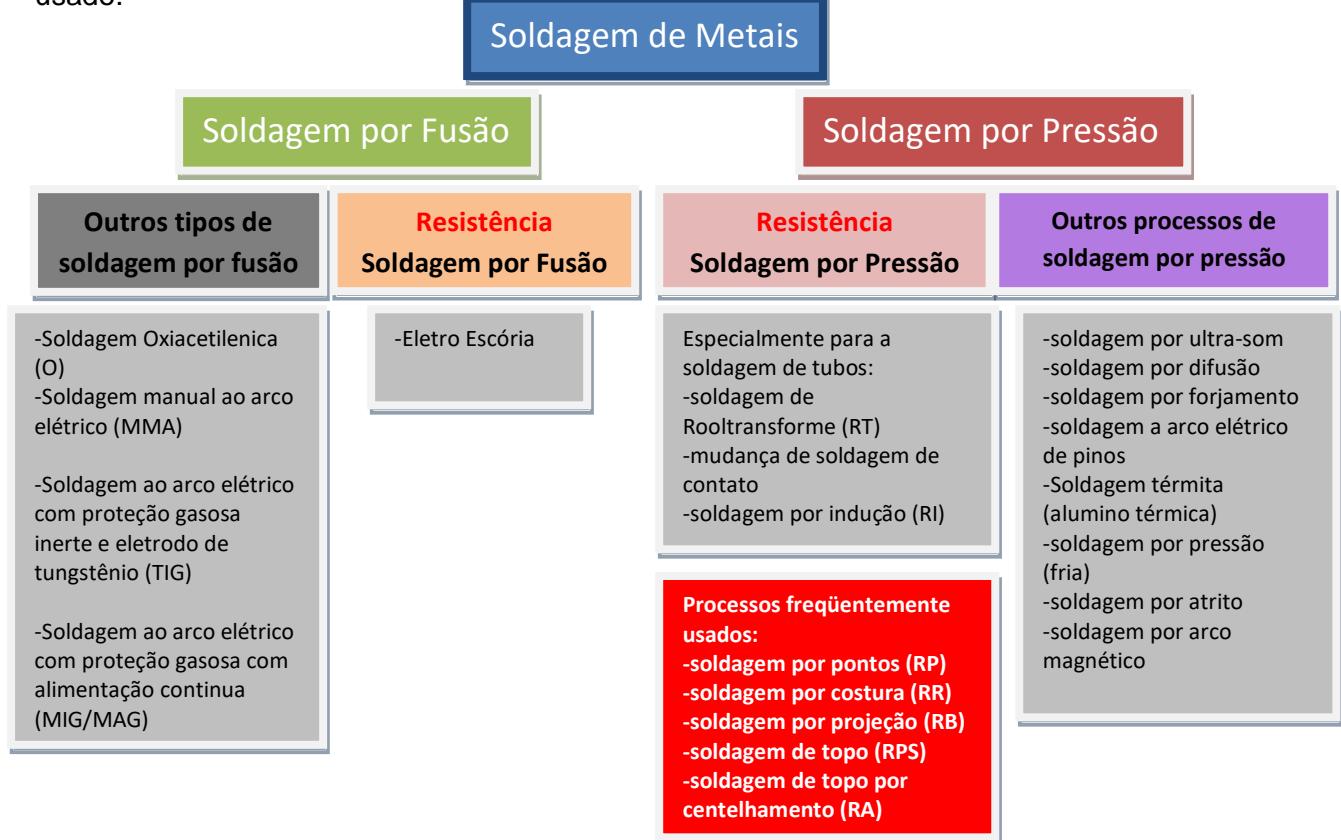
Moacir Santos – E-mail: [moskitows@gmail.com](mailto:moskitows@gmail.com)

## Soldagem por Resistência I

### 1. Processos de Soldagem por Resistência.

Diferentemente da maioria dos outros processos de soldagem, a maioria dos processos de solda por resistência é necessária a aplicação de uma força entre os eletrodos, assim, uma pressão sobre a peça de trabalho. É por isso que estes processos são muitas vezes referidos como "Processos de Soldagem por Resistência à Pressão".

A seguir, mesmo que não seja completamente correto, "soldagem de resistência" só é usado.

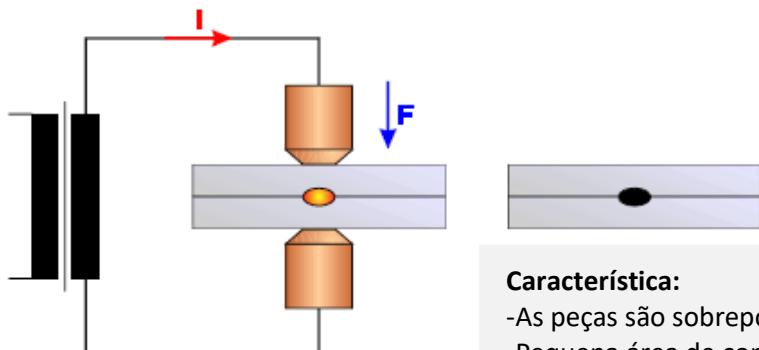


Processos de soldagem de acordo com a norma DIN 1910.

#### 1.1 Visão geral sobre os processos usados com freqüência

As fotos a seguir fornecem uma breve descrição dos processos de soldagem por resistência usados com freqüência. Características e campo de aplicação são dados:

### 1.1.1 Soldagem por Pontos, processo 21 (RP)



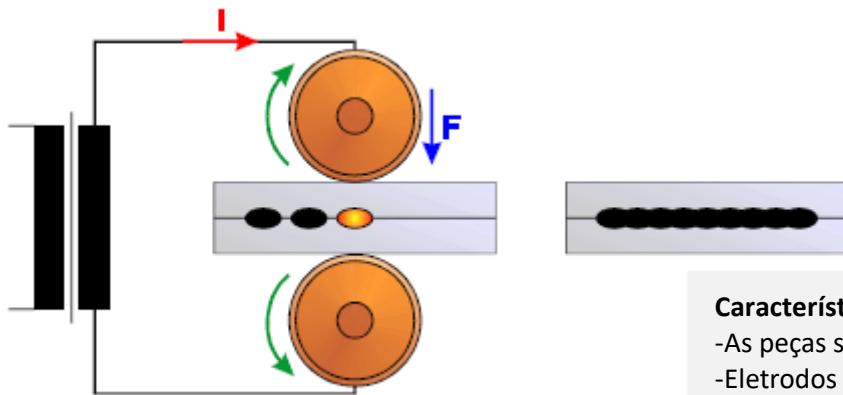
#### Característica:

- As peças são sobrepostas;
- Pequena área de contato dos eletrodos;
- Pepita de solda em forma de lentilha;
- Uma junta por solda;

#### Aplicações:

- Aço de 0,5... 3,0 mm (0,05... 30 mm);
- Al 0,5... 2,0 mm (0,1... 8 mm);

### 1.1.2. Soldagem por Costura, Processo 22 (RR)



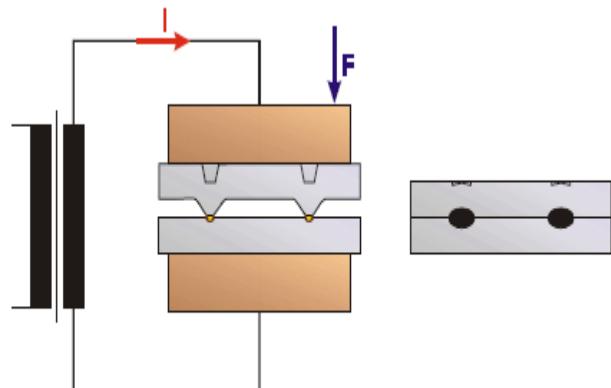
#### Característica:

- As peças são sobrepostas (solda de topo possível);
- Eletrodos circulares (movimento ativo e passivo);
- Pepita de solda em forma de lentilha;
- Rolo de costura ou rolo de solda ponto;

#### Aplicações:

- Aço de 0,5... 3,0 mm (0,05... 30 mm);
- Al 0,5... 2,0 mm (0,1... 8 mm);

### 1.1.3 Soldagem por Projeção, processo 23 (RB)



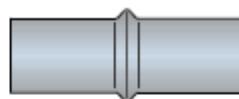
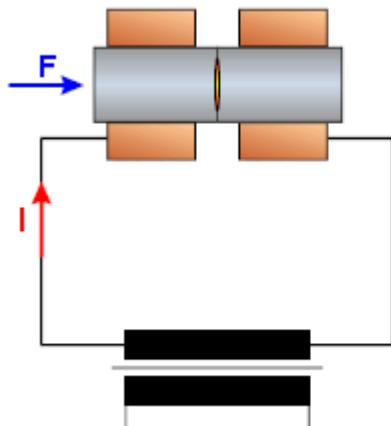
#### Característica:

- As peças são sobrepostas;
- Densidade de corrente localizada na projeção da peça.
- Normalmente pepita de solda em forma de lentilha;
- Eletrodos com grande área de contato;
- up to 50 joints per weld;

#### Aplicações:

- Aços: 0,8... 3,0 mm (0,05... 8 mm);
  - Al : 1,0... 2,0 mm (0,4... 3 mm);
- Somente as ligas duras

#### 1.1.4 Soldagem de topo recalcado, processo 25 (RPS)



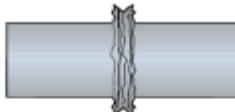
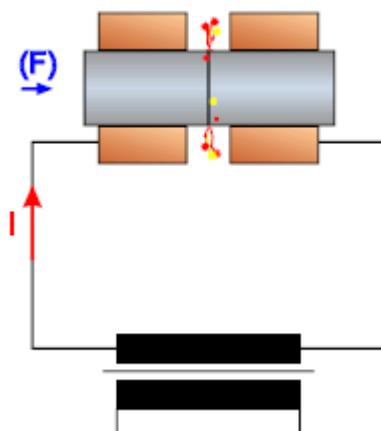
##### Característica:

- Solda de topo;
- Caldeamento sob pressão;
- Preparação: paralela, rugosidade baixa, limpeza;
- Deformação suave na zona de solda;

##### Aplicações:

- Aço:  $\varnothing 0,5 \dots 30 \text{ mm}$ , máx.  $600 \text{ mm}^2$
- Al: somente de pequeno porte (Oxydes!)

#### 1.1.5 Soldagem de topo por centelhamento, processo 24 (RA)



##### Característica:

- Junta de topo;
- Caldeamento sob pressão;
- Preparação: corte grosso é suficiente;
- Possível pré-aquecimento se necessário;
- Seqüência: faiscamento e recalcamiento;
- Extruda material em torno da zona da solda;

##### Aplicações:

- Aço:  $\varnothing 1,5 \dots 300 \text{ mm}$ , máx.  $100 \text{ mm}^2$
- Al: acima de  $12000 \text{ mm}^2$

### 1.2 Princípio e Geração de Calor

Para produzir uma lente de solda, um aumento de temperatura no material a ser soldado é necessário. A temperatura que é alcançada a seguinte fórmula:

$$\Delta t = Q / (m \cdot c)$$

$\Delta t$  = diferença de temperatura,  $Q$  = calor;  $m$  = massa do material a ser aquecida;  $c$  = spec. Térmico do material [ $J / (KGK)$ ]).

Na soldagem por resistência, o calor é gerado dentro do material pela passagem de uma corrente elétrica. O calor gerado é:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

$Q$  = calor [ $J$ ],  $I$  = corrente;  $R$  = resistência;  $t$  = tempo

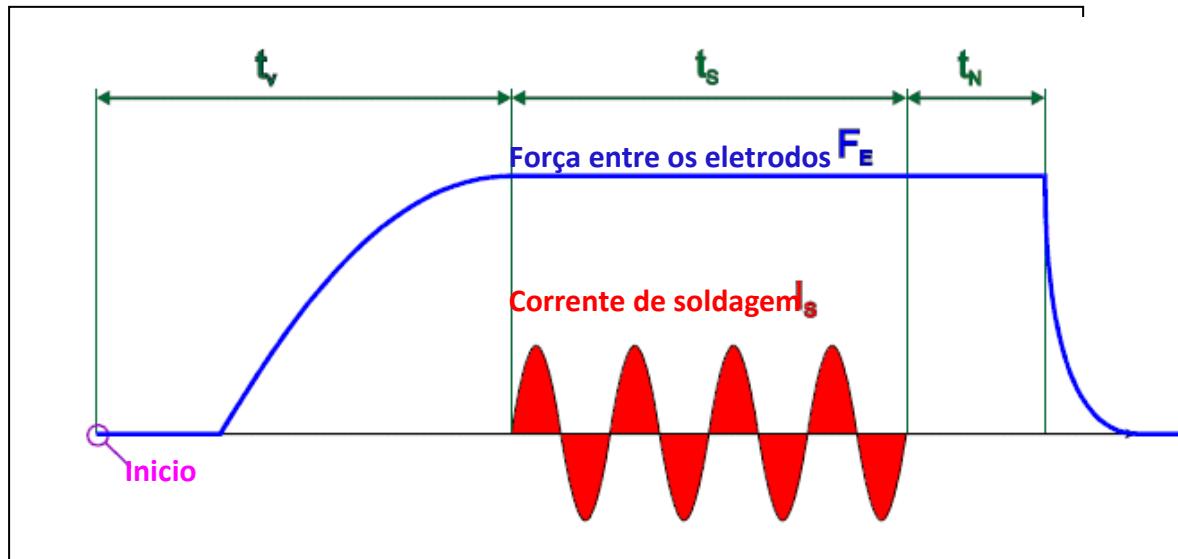
Esta fórmula, que descreve a formação de calor elétrica é também referida como "Lei de Joule".

### 1.3 Processo de Soldagem por Pontos

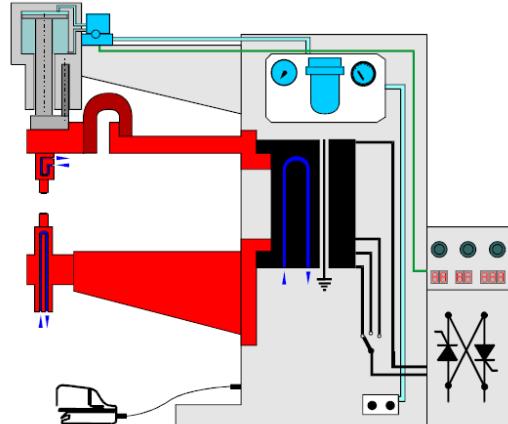
Uma simples seqüência de soldagem por pontos consiste dos seguintes parâmetros:

- Intervalo entre a aplicação da pressão e a ligação da corrente elétrica,
- Tempo de soldagem,
- Tempo de pressão,
- Corrente de soldagem,
- Força entre os eletrodos,

Sequência típica de soldagem por pontos;



que vem. Os elementos de todas as máquinas são comparáveis; como um exemplo de um tipo de solda ponto estacionária é mostrado.

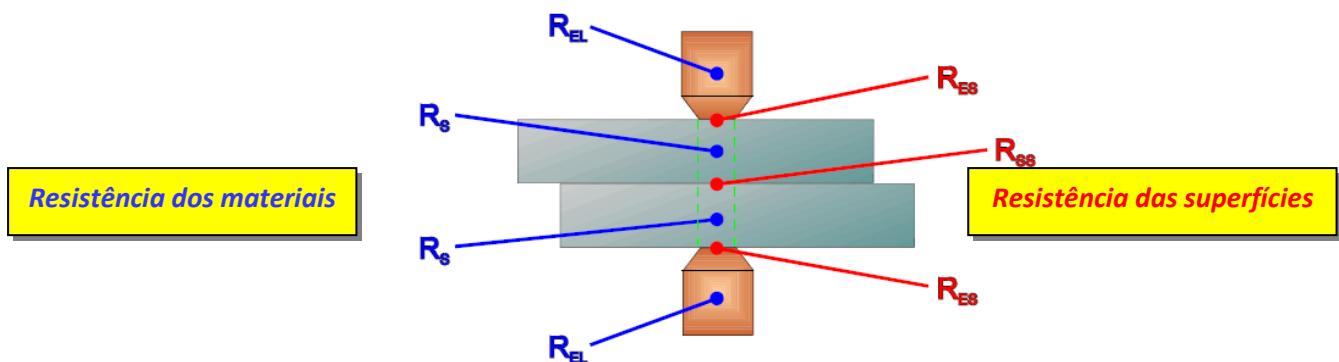


Máquina de soldagem ponto por resistência, pneumática. (Esquemática)

### 1.5 Resistência no circuito de soldagem

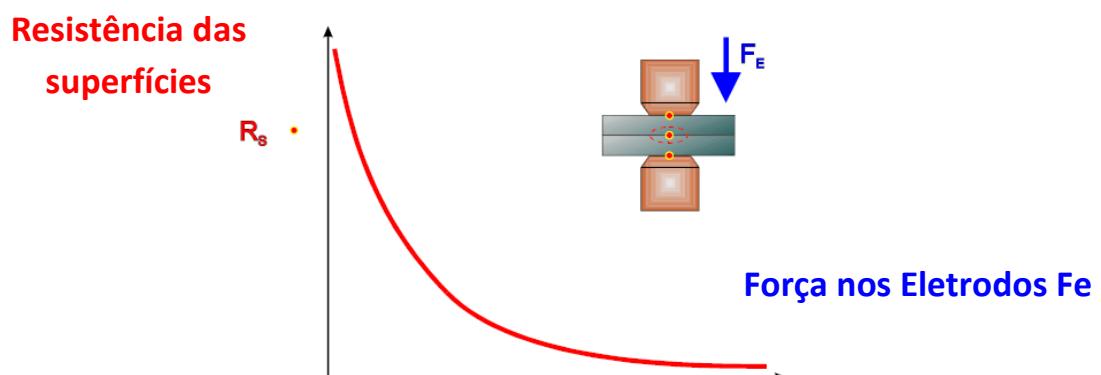
Quanto à lei de Joule, há, aparentemente, apenas uma resistência. Na realidade, há muitas resistências diferentes que precisam ser discutidos. Na área do ponto de solda há dois tipos principais de resistência, a resistência do material e as resistências da superfície.

- Resistência no eletrodo superior e inferior (material);
- Resistência na chapa superior e inferior (material);
- Contato eletrodo superior e inferior (superfície) chapa;
- Contato entre as chapas (superfície)

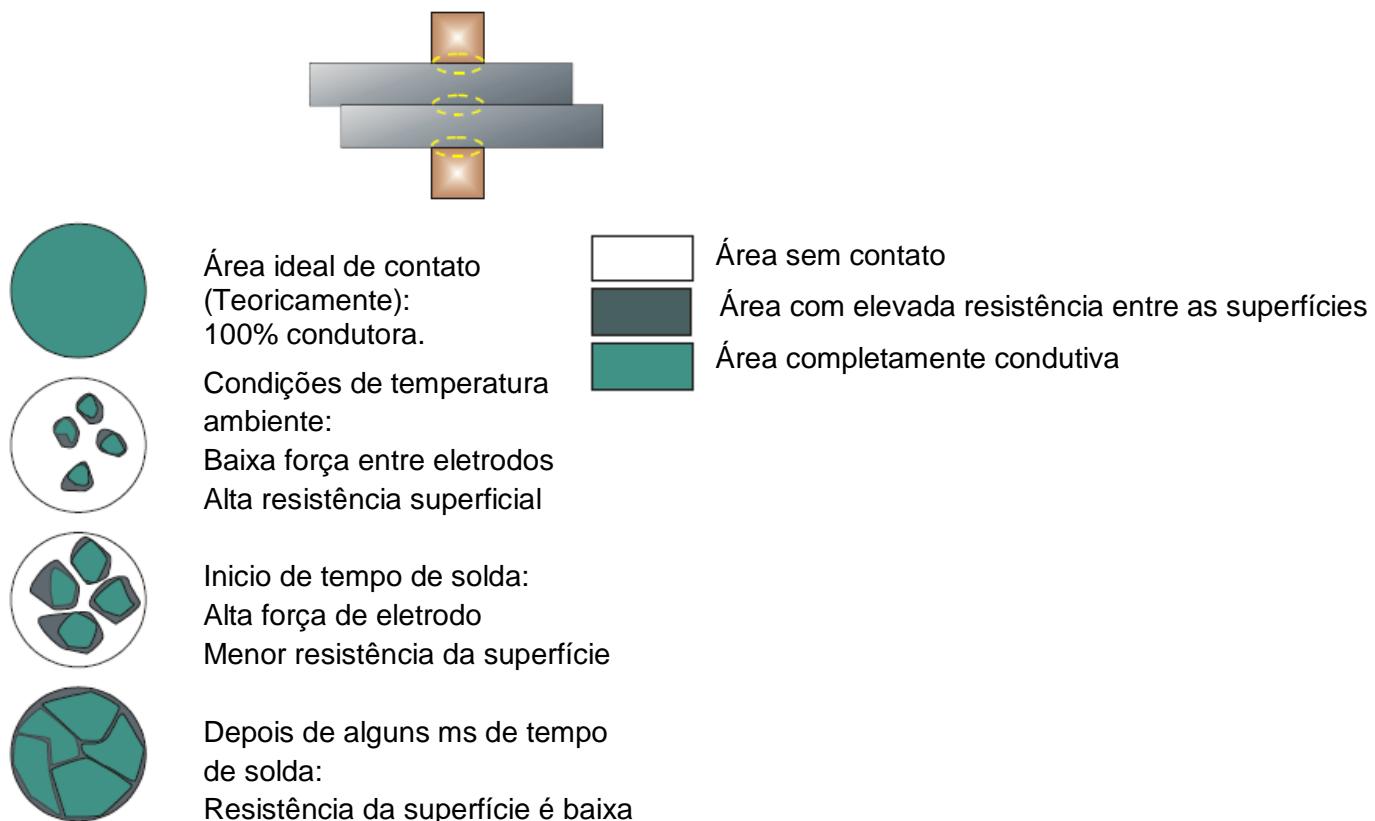


Resistência ao redor do ponto de solda.

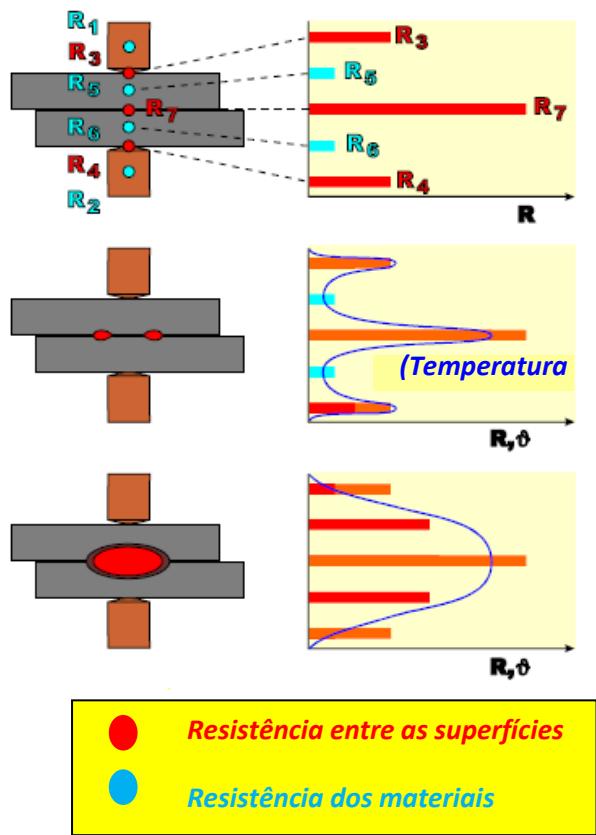
### 1.6 Influências de diferentes parâmetros nos valores da resistência



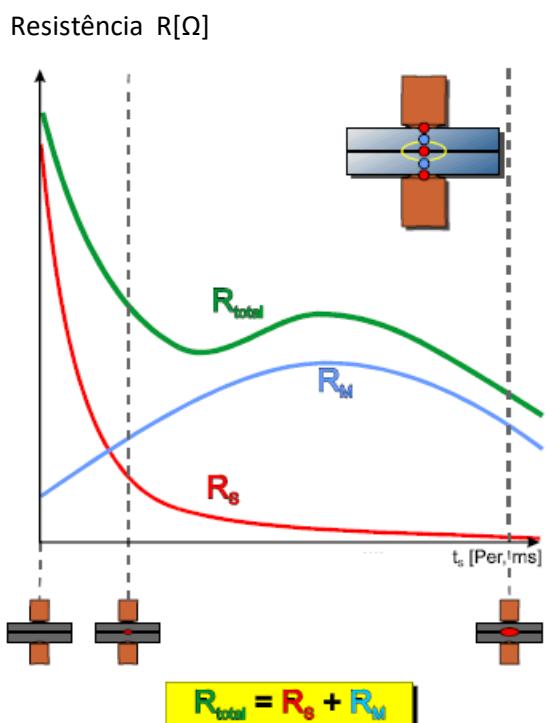
Influência da força dos eletrodos na resistência das superfícies.



Mudança de condição de contato durante o tempo de solda eletrodo, devido à força e calor.



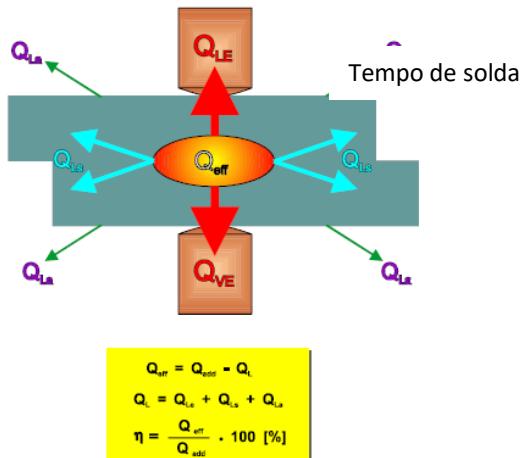
Mudança de resistências e temperatura durante o tempo de solda.



Dinâmica da resistência (aços não revestidos).

## 1.7 A perda de calor durante e após o tempo de solda

$$Q_{\text{add}} = I^2 * R * t$$



Equilíbrio do calor em ponto de solda por resistência.

## 1.8 Recomendações de parâmetros de soldagem

Existem diferentes recomendações para a criação de uma seqüência de solda. Mas é sempre de ser mantido em mente que estes valores são dependentes de uma série de fatores que influenciam, como, forma de eletrodo, material, condições de resfriamento, características da máquina, etc., portanto, os valores a seguir só podem dar uma imagem aproximada da magnitude dos parâmetros a serem configurados.

Material	Aço doce	Aço, quente mergulhado em Zn	CrNi	Al (99%)	Latão
Força nos eletrodos [N]	2000*t	2500*t	4000*t	2500*t	1200*t
Tempo de solda [cyc]	8*t	13*t	5*t	7*t	10*t
Corrente [kA]	9,5 * √t	12,5 * √t	6,5 * √t	30 * √t	15 * √t
Diâmetro da solda [mm]	5,5 * √t	5,5 * √t	5 * √t	7 * √t	7 * √t
Máx. tração de força de cisalhamento [N]	5000*t	6000*t	6500*t	1200*t	3500*t

T= espessura da chapa [mm].

## 1.9 Segurança

Solda ponto por resistência é um processo, em que as forças aplicadas entre os eletrodos são altas. Portanto, as máquinas são para ser usada com cautela. A diferença entre os eletrodos de solda deve ser ajustada tão pequena como exigido pelo trabalho.

As expulsões podem ocorrer durante a soldagem, mesmo que eles devem ser evitados. Para prevenir os olhos, mãos e corpo doendo, óculos de proteção com vidro transparente, luvas e um terno de trabalho adequado deve ser usado.

A energia elétrica não é perigosa, porque a tensão utilizada é menor que 15 V.