

A soldagem está intimamente ligada às mais importantes atividades industriais que existem no mundo moderno: construção naval, ferroviária, aeronáutica e automobilística, caldeiraria, construção civil metálica, indústria metalúrgica, mecânica e elétrica. Na verdade, é rara, se é que existe, a indústria que pode prescindir da soldagem como processo de produção ou de manutenção.

A soldagem como técnica e o conhecimento tecnológico a ela relacionado estão estreitamente ligados ao avanço das ciências como a física, a química, a eletricidade e a eletrônica. Avanços na metalurgia também obrigam a soldagem a procurar novas técnicas e materiais que sejam compatíveis com as novas ligas criadas. Portanto, é um processo que, apesar de importantíssimo, teve seu maior avanço nos últimos 100 anos.

Então, ter conhecimento profundo sobre soldagem implica em ter conhecimentos sobre diversas áreas como a metalurgia, a mecânica, a eletrotécnica, a eletrônica, a resistência dos materiais e ciências como a física e a química, que já citamos.

Não, caro aluno, não se assuste! As aulas de soldagem deste curso não têm o objetivo de ir assim tão fundo. Aqui, vamos abordar os principais processos, seus materiais e técnicas, de modo que você possa ter uma boa idéia da importância deles no contexto de indústria metal-mecânica.

Serão nove aulas que desafiarão sua curiosidade e inteligência. Se você gostar e quiser saber mais, o primeiro empurrão já terá sido dado. O resto, é com você!

## O que é soldagem?

Na verdade, existem muitas definições de soldagem. Poderíamos apresentar várias delas aqui, mas os autores sempre acabam discordando entre si em um ponto ou outro. Por isso, escolhemos apenas uma: aquela que achamos a mais abrangente (ou ampla) de todas. É a definição da Associação Americana de Soldagem (American Welding Society - AWS), segundo a qual, **soldagem** é o “processo de união de materiais usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição” (in **Tecnologia da soldagem** de Paulo Villani Marques, pág 352).

Está difícil? Vamos explicar. Com a soldagem, você pode unir dois pedaços de material, usando calor com ou sem pressão. Nesse processo, você pode (ou não) ter a ajuda de um terceiro material, que vai funcionar como uma espécie de “cola”, que chamamos o material de adição. Fácil, não?

“Que vantagem! Eu posso unir dois materiais parafusando, rebitando, colando!” Se você está pensando assim, tem até razão. Em parte... Esses métodos realmente servem para unir materiais. Porém, a grande “sacada” da soldagem é a possibilidade de obter uma união em que os materiais têm uma continuidade não só na aparência externa, mas também nas suas características e propriedades mecânicas e químicas, relacionadas à sua estrutura interna.

Embora se possa empregar técnicas de soldagem para vidro e plástico, por exemplo, vamos manter nossa atenção voltada para os processos de soldagem das ligas metálicas, já que o foco de nosso estudo consiste nos processos de fabricação para a indústria metal-mecânica. E porque lidamos com metais, é necessário lembrar que há condições imprescindíveis para se obter uma solda: **calor** e/ou **pressão**.

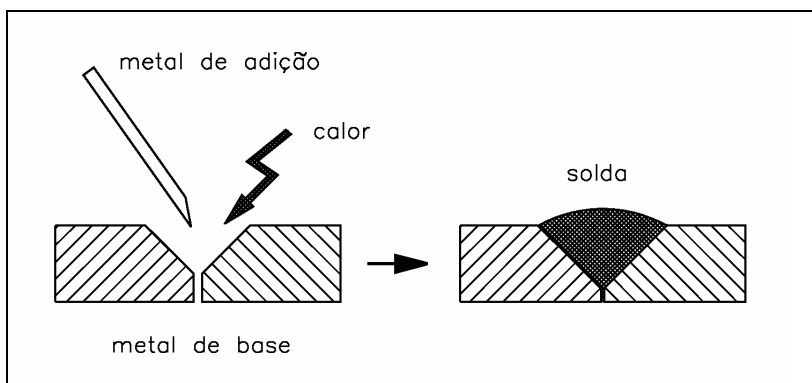
O calor é necessário porque grande parte dos processos de soldagem envolve a **fusão** dos materiais, ou do material de adição,

no local da solda. Mesmo quando se usa **pressão** e, às vezes, o ponto de fusão não é atingido, o aquecimento facilita a plasticidade do metal e favorece a ação da pressão para a união dos metais.

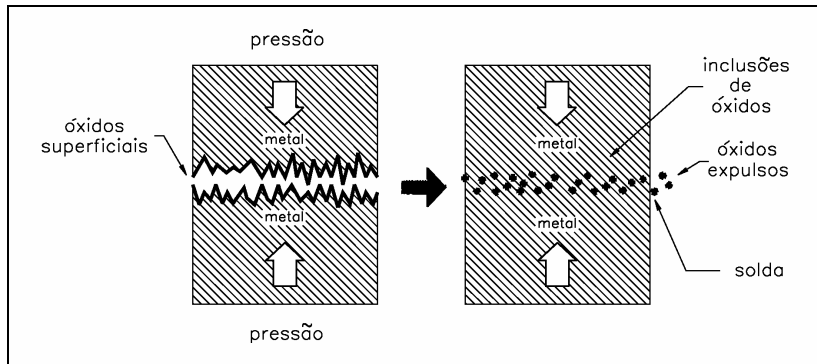
O primeiro processo de soldagem por fusão com aplicação prática foi patenteado nos Estados Unidos em 1885. Ele utilizava o calor gerado por um arco estabelecido entre um eletrodo de carvão e a peça. O calor do arco fundia o metal no local da junta e quando o arco era retirado, o calor fluía para as zonas adjacentes e provocava a solidificação do banho de fusão.

Uma nova e significativa evolução aconteceu nesse processo alguns anos mais tarde, quando o eletrodo de carvão foi substituído por um eletrodo metálico. O processo de aquecimento passou, então, a ser acompanhado da deposição do metal fundido do eletrodo metálico na peça.

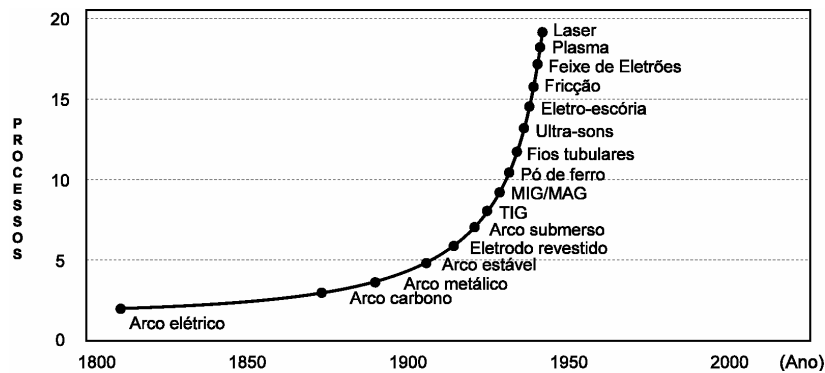
A utilização do oxigênio e de um gás combustível permitiu a obtenção de chama de elevada temperatura que permitiu a fusão localizada de determinados metais e a formação de um banho de fusão que, ao solidificar, forma a “ponte” entre as peças a serem unidas. A soldagem por fusão inclui a maioria dos processos mais versáteis usados atualmente. Veja representação esquemática desse processo na ilustração ao lado.



Outros processos se baseiam na aplicação de pressões elevadas na região a ser soldada. O aquecimento das peças a serem unidas facilita a ligação entre as partes.



A evolução desses processos está ilustrada a seguir.



Adaptado de: Processos de Soldadura por J. F. Oliveira Santos, Lisboa, Edições Técnicas do Instituto de Soldadura e Qualidade, 1993

Hoje a soldagem é o método mais importante para a união permanente de metais. Neste módulo, você vai estudar **os princípios básicos** de alguns dos processos. O aprofundamento desse conhecimento vai depender do seu grau de interesse. Se você quiser saber mais, é só consultar a bibliografia que está no final deste livro.

**Solução sólida** é a mistura completa dos átomos de dois metais, ou de um metal e um não-metal, que acontece quando os metais estão no estado líquido e continua a existir quando eles se solidificam.

## **Pare! Estude! Responda!**

### **Exercício**

1. Responda às seguintes perguntas.
  - a) Diga, com suas palavras, o que você entende por soldagem.
  - b) De acordo com o que você leu nesta primeira parte da lição, cite ao menos duas vantagens da soldagem.
  - c) Observe as coisas ao seu redor e dê o nome de ao menos três produtos que você usa diariamente e que sejam soldados.

### **Soldabilidade**

Para obter a solda, não basta apenas colocar duas peças metálicas próximas, aplicar calor com ou sem pressão. Para que a soldagem realmente se realize, os metais a serem unidos devem ter uma propriedade imprescindível: a **soldabilidade**.

Soldabilidade é a facilidade que os materiais têm de se unirem por meio de soldagem e de formarem uma série contínua de soluções sólidas coesas, mantendo as propriedades mecânicas dos materiais originais.

O principal fator que afeta a soldabilidade dos materiais é a sua composição química. Outro fator importante é a capacidade de formar a série contínua de soluções sólidas entre um metal e outro. Assim, devemos saber como as diferentes ligas metálicas se comportam diante dos diversos processos de soldagem.

É preciso saber que, em se tratando de soldagem, cada tipo de material exige maior ou menor cuidado para que se obtenha um solda de boa qualidade.

Se o material a ser soldado exigir muitos cuidados, tais como controle de temperatura de aquecimento e de interpasse, ou tratamento térmico após soldagem, por exemplo, dizemos que

o material tem baixa soldabilidade. Por outro lado, se o material exigir poucos cuidados, dizemos que o material tem boa soldabilidade. O quadro a seguir resume o grau de soldabilidade de alguns dos materiais metálicos mais usados na indústria mecânica.

Materiais	Soldabilidade			
	Ótima	Boa	Regular	Difícil
Aço baixo carbono	X			
Aço médio carbono		X	X	
Aço alto carbono				X
Aço inox	X	X		
Aços-liga			X	
Ferro fundido cinzento			X	
Ferro fundido maleável e nodular			X	
Ferro fundido branco				X
Liga de alumínio		X		
Liga de cobre		X		

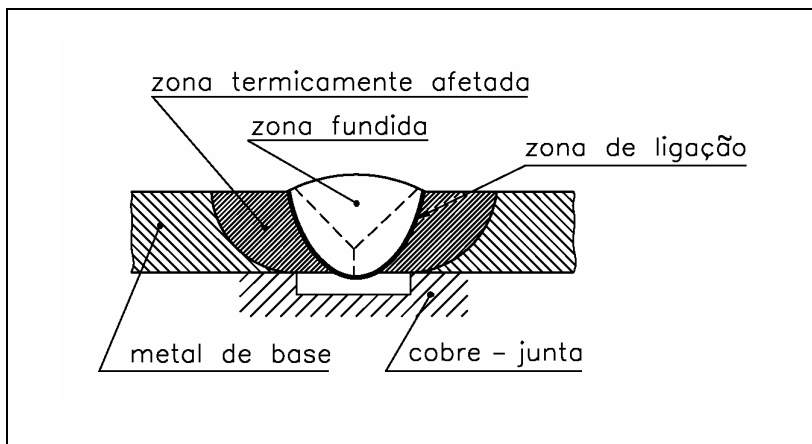
Como se vê, a soldabilidade mútua dos metais varia de um material metálico para outro, de modo que as juntas soldadas nem sempre apresentam as características mecânicas desejáveis para determinada aplicação.

### **Metalurgia da solda**

O simples fato de se usar calor nos processos de soldagem implica em alterações na microestrutura do material metálico. Na verdade, na maioria dos casos, a soldagem reproduz no local da solda os mesmos fenômenos que ocorrem durante um processo de fundição. Ou seja, do ponto de vista da estrutura metalográfica, o material apresenta características de metal fundido.

Por isso, não podemos nos esquecer de que, às vezes, o metal após sofrer aquecimento, tem suas características mecânicas afetadas. Assim, a junta soldada pode se tornar relativamente frágil. Na zona afetada termicamente, a estrutura do metal pode ser modificada pelo aquecimento e rápido resfriamento durante o processo de soldagem. A composição química fica, entretanto, praticamente inalterada.

Dependendo do processo de soldagem que se use, e da natureza dos metais que estão sendo soldados, teremos um maior ou menor tamanho da zona afetada termicamente. Por exemplo, na soldagem manual ao arco com eletrodos revestidos finos, a zona afetada termicamente é menor do que na soldagem a gás. É nessa zona que uma série de fenômenos metalúrgicos ocorrem.



Na região próxima à junta soldada, está a **zona de ligação**, na qual se observa uma transição entre a estrutura do metal fundido e a do metal de base.

Próximo a essa faixa, está a **zona afetada termicamente** na qual o metal é superaquecido de modo que haja um aumento do tamanho do grão e, portanto, uma alteração das propriedades do material. Essa faixa é normalmente a mais frágil da junta soldada.

À medida que aumenta a distância da zona fundida, praticamente não há diferenças na estrutura do material porque as temperaturas são menores.

## Pare! Estude! Responda!

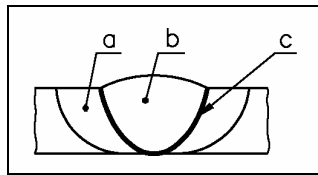
### Exercício

2. Assinale as alternativas corretas.

a) Para realizar uma boa soldagem, deve-se:

1. ( ) Colocar as peças juntas e aplicar calor.
2. ( ) Usinar o material antes de soldar.
3. ( ) Verificar a soldabilidade dos materiais antes de realizar a solda.
4. ( ) Pintar os locais a serem soldados.

b) Na ilustração a seguir, as regiões assinaladas são:



1. ( ) zona de ligação (a), zona fundida (b), zona afetada termicamente (c)
2. ( ) zona afetada termicamente (a), zona do metal base (b), zona de união (c)
3. ( ) zona de adição (a), zona de solda (b), zona de metal base (c).
4. ( ) zona afetada termicamente (a), zona fundida (b), zona de ligação (c).

### Segurança em primeiro lugar

Os principais riscos das operações de soldagem são: incêndios e explosões, queimaduras, choque elétrico, inalação de fumos e gases nocivos e radiação.

Do ponto de vista do soldador que utiliza o equipamento de soldagem, este deve proteger-se contra perigos das queimaduras provocadas por fagulhas, respingos de material fundido e partículas aquecidas. Deve se proteger, também, dos choques elétricos e das radiações de luz visível ou invisível (raios infravermelhos e



ultravioleta) sempre presentes nos diversos processos de soldagem.

Assim, quando estiver operando um equipamento, ou seja, durante a soldagem, o operador deve proteger:

- as mãos, com luvas feitas com raspas de couro;
- o tronco, com um avental de raspa de couro, ou aluminizado;



- os braços e os ombros com mangas e ombreiras também feitas de raspas de couro;
- a cabeça e o pescoço, protegidos por uma touca;
- os pés e as pernas, com botinas de segurança providas de biqueira de aço e perneiras com polainas que, ao cobrir o peito dos pés, protegem contra fagulhas ou respingos que possam entrar pelas aberturas existentes nas botinas.
- dependendo do processo de soldagem, o rosto deve ser protegido com máscaras ou escudos de proteção facial dotados de lentes que filtram as radiações infravermelhas e ultravioleta, além de atenuar a intensidade luminosa. No processo oxiacetilênico, usam-se, para esse mesmo fim, óculos com lentes escuras ao invés de máscara;
- as vias respiratórias, com máscaras providas de filtros, toda a vez que se trabalhar em locais confinados ou com metais que geram vapores tóxicos como o chumbo e o mercúrio.

As roupas do soldador devem ser de tecido não inflamável, e devem estar sempre limpas, secas e isentas de graxa e óleo para evitar que peguem fogo com facilidade.

Além desses cuidados com a proteção individual, o operador deve ficar sempre atento para evitar acidentes que podem ocorrer

no armazenamento, no uso e no manuseio do equipamento. Para isso, algumas precauções devem ser tomadas:

- Manter o local de trabalho sempre limpo.
- Retirar todo o material inflamável do local de trabalho antes de iniciar a soldagem.
- Manter o local de trabalho bem ventilado.
- Restringir o acesso de pessoas estranhas ao local da soldagem, isolando-o por meio de biombos.
- Usar sempre o equipamento de proteção individual.

Finalmente, deve-se também cuidar para que o trabalho do soldador não seja prejudicado pela fadiga. Além de aumentar a possibilidade de haver um acidente, a fadiga causa a baixa qualidade da solda e baixos níveis de produção. Para superar esse fator, as seguintes providências devem ser tomadas:

1. Posicionar a peça a ser soldada de modo que a soldagem seja executada na posição plana, sempre que possível.
2. Usar o menor tamanho possível de maçarico/tocha adequado à junta que se quer soldar.
3. Usar luvas leves e flexíveis.
4. Usar máscaras com lentes adequadas que propiciem boa visibilidade e proteção.
5. Garantir ventilação adequada.
6. Providenciar ajuda adicional para a realização de operações como limpeza e goivagem.
7. Colocar as mesas de trabalho e os gabaritos de modo que o soldador possa se sentar durante a soldagem.

Nossa primeira aula sobre soldagem termina aqui. Foi apenas uma introdução geral ao assunto. Nas próximas aulas, trataremos de processos específicos com mais detalhes. Por enquanto, faça os exercícios a seguir.

## **Pare! Estude! Responda!**

### **Exercício**

3. Responda às seguintes questões.
- a) Com base no que você estudou nesta aula sobre a soldagem, escreva que tipos de riscos de acidentes você imagina que um soldador pode sofrer?
  - b) Com base em sua resposta anterior, justifique o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI).

### **Gabarito**

1. a) É um processo utilizado para unir peças, materiais e elementos de máquinas (metais e não metais) com ou sem material de adição.  
b) Melhor aparência a diversidade de recursos com a possibilidade de se obter uma união em que os materiais não sofram a alteração em sua estrutura.  
c) Lata porta-lápis – compasso externo – estrutura de aço da escrivaninha.
2. a) 3) ( x )      b) 4) ( x )
3. a) Queimaduras, choques elétricos, radiações de luz.  
b) Luvas de couro, avental de raspa de couro ou aluminizado, perneiras com polainas, máscara, ombreiras etc.