

## **O arco elétrico entra em ação**

---

Diferentemente da soldagem oxi-gas, a soldagem ao arco elétrico com todas as suas variações é um processo muito empregado em praticamente todos os tipos de indústria que usam a soldagem como processo de fabricação.

Veremos nesta aula o processo ao **arco elétrico** com eletrodo revestido, que tem grande versatilidade e permite a soldagem de um grande número de materiais que vão desde o aço-carbono, os aços-liga e os aços inoxidáveis, passando pelos ferros fundidos, até os metais não-ferrosos, como o alumínio, o cobre, o níquel e suas ligas.

Seu emprego na fabricação, montagem e manutenção de equipamentos e estruturas é indicado tanto dentro da fábrica quanto em campo e em operações que exigem soldagem nas mais diversas posições.

Isso compensa as desvantagens de ser um processo manual, com baixa velocidade de produção, estreitamente dependente da habilidade do soldador. Além disso, o processo exige cuidados especiais com os eletrodos e produz um grande volume de gases e fumos de soldagem.

Apesar disso, a soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos é, ainda hoje, o processo mais comum de soldagem ao arco em uso. E ele é o assunto desta aula. Fique ligado.

**Arco elétrico**, ou arco voltaico, é formado pela passagem de uma corrente elétrica através de um gás, transformando energia elétrica em calor.

### **Soldagem ao arco elétrico**

Soldagem ao arco elétrico é um processo de soldagem por fusão em que a fonte de calor é gerada por um arco elétrico formado entre um eletrodo e a peça a ser soldada.

### **Recordar é aprender**

Toda a matéria é constituída de átomos que são formados de partículas carregadas eletricamente: os **prótons** com carga positiva e os elétrons com carga **negativa**. Os elétrons estão sempre se movimentando em torno do núcleo do átomo. Nos materiais metálicos, os elétrons mais distantes do núcleo podem “escapar” e se deslocar entre os átomos vizinhos. Quando em presença de uma tensão elétrica, esses elétrons, chamados de elétrons livres, assumem um movimento ordenado ao qual se dá o nome de **corrente elétrica**.

Por isso, os metais são bons condutores de eletricidade.

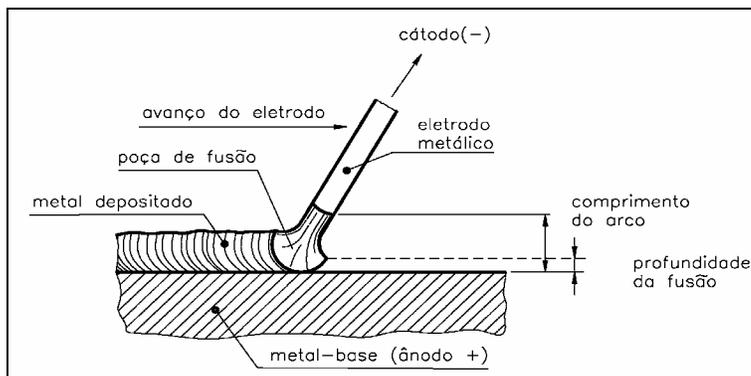
Quando o movimento dessas cargas se dá sempre no **mesmo** sentido, tem-se a **corrente contínua** como a fornecida pela bateria de um automóvel. Quando o movimento dos elétrons acontece alternadamente em um sentido e outro, tem-se a **corrente alternada**, que é aquela fornecida para nossas casas.

A corrente elétrica é medida por meio de amperímetros e sua unidade de medida é o **ampère**.

A **tensão elétrica**, que indica a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito elétrico, é medida por meio do voltímetro e sua unidade de medida é o **volt**.

O arco de soldagem é formado quando uma corrente elétrica passa entre uma barra de metal, que é o **eletrodo** e que pode

corresponder ao pólo negativo (ou **cátodo**) e o metal de base, que pode corresponder ao pólo positivo (ou **ânodo**).



Os elétrons livres que formam a corrente elétrica percorrem o espaço de ar entre a peça e o eletrodo a uma velocidade tal que acontece um choque violento entre os elétrons e os íons. Este choque ioniza o ar, facilitando a passagem da corrente elétrica, e produz o arco elétrico.

**Íon** é um átomo que perdeu ou ganhou elétrons.

Para dar origem ao arco, é necessário que exista uma diferença de potencial entre o eletrodo e a peça: para corrente contínua de 40 a 50 volts, e para corrente alternada, de 50 a 60 volts. É necessário também que o eletrodo toque a peça, para que a corrente elétrica possa fluir. Depois que o arco é estabelecido, a tensão cai, de modo que um arco estável pode ser mantido entre um eletrodo metálico e a peça com uma tensão entre 15 e 30 volts.

O metal fundido do eletrodo é transferido para a peça formando uma poça de fusão. Esta é protegida da atmosfera por gases formados pela combustão do revestimento do eletrodo.

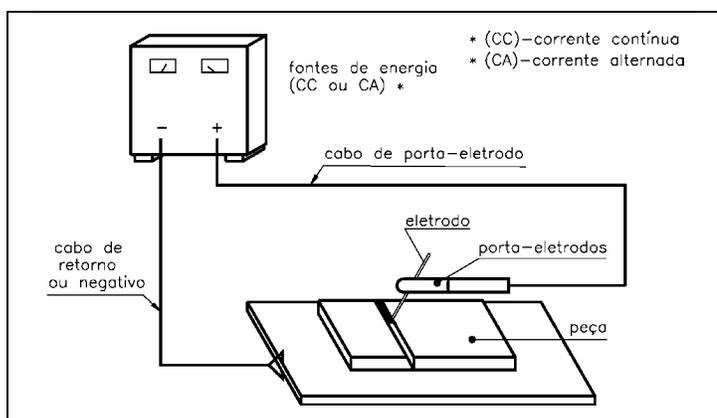
Atualmente o processo de soldagem ao arco elétrico por eletrodo revestido é usado nas indústrias naval, ferroviária, automobilística, metal-mecânica e de construção civil. É um processo predominantemente manual adaptado a materiais de diversas espessuras em qualquer posição de soldagem.

### Fontes de energia para soldagem.

O processo de soldagem ao arco necessita de fontes de energia que forneçam os valores de tensão e corrente adequados a sua formação.

Para isso, essas fontes devem apresentar algumas características:

- transformar a energia da rede que é de alta tensão e baixa intensidade de corrente em energia de soldagem caracterizada por baixa tensão e alta intensidade de corrente;
- oferecer uma corrente de soldagem estável;
- possibilitar a regulagem da tensão e da corrente;
- permitir a fusão de todos os diâmetros de eletrodos compatíveis com o equipamento usado.



Três tipos de fontes se enquadram nessas características: os **transformadores** que fornecem corrente alternada e os **transformadores-retificadores** e os geradores que fornecem corrente contínua.

Quando se usa corrente contínua na soldagem a arco, tem-se:

1. a **polaridade direta** na qual a peça é o **pólo positivo** e o eletrodo é o **pólo negativo**.
2. ou a **polaridade inversa** quando a peça é o **pólo negativo** e o eletrodo é o **pólo positivo**.

A escolha da polaridade se dá em função do tipo do revestimento do eletrodo.

A maioria das soldagens ao arco é feita com corrente contínua porque ela é mais flexível, gera um arco estável e se ajusta a todas as situações de trabalho.

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

#### **Exercício**

1. Assinale a alternativa correta:

a) A soldagem ao arco elétrico é um processo de soldagem *por*:

1. ( ) Pressão
2. ( ) Resistência elétrica
3. ( ) Fusão
4. ( ) Pontos

b) O arco elétrico de soldagem é formado quando:

1. ( ) a corrente elétrica passa entre o eletrodo e o metal base.
2. ( ) a tensão elétrica passa entre o eletrodo e o cátodo.
3. ( ) a corrente elétrica passa entre o metal base e a peça.
4. ( ) a tensão elétrica passa entre o eletrodo (pólo positivo) e o metal base (pólo negativo)

c) As fontes de energia adequadas à formação do arco para soldagem devem, entre outras coisas:

1. ( ) transformar a energia da rede que é de baixa tensão e baixa intensidade em corrente caracterizada por alta tensão e alta intensidade.
2. ( ) transformar a energia da rede que é de baixa tensão e alta intensidade em corrente caracterizada por baixa tensão e baixa intensidade.
3. ( ) transformar a energia da rede que é de alta tensão e alta intensidade em corrente caracterizada por baixa tensão e alta intensidade.
4. ( ) transformar a energia da rede que é de alta tensão e baixa intensidade de corrente em energia caracterizada por baixa tensão e alta intensidade de corrente.

- d) A maioria das soldagens ao arco elétrico é feita com corrente contínua porque
1. ( ) tem penetração pouco profunda no metal de base e gera um arco estável.
  2. ( ) é mais flexível e tem grande capacidade térmica.
  3. ( ) gera um arco mais estável.
  4. ( ) tem penetração pouco profunda e grande capacidade térmica.

### Soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos

Existem vários processos que usam arco elétrico para a realização da soldagem. Os mais comuns são:

- soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido;
- processo TIG, do inglês “Tungsten Inert Gas”, que quer dizer (eletrodo de) tungstênio e gás (de proteção) inerte;
- processos MIG/MAG, respectivamente do inglês “Metal Inert Gas” e “Metal Activ Gas”, ou seja, metal e (proteção de) gás inerte, e metal e (proteção de) gás ativo;
- arco submerso;
- arco plasma.

Como já vimos na outra parte desta aula, todos os processos de soldagem por arco elétrico usam um eletrodo para auxiliar na criação do arco. Isso acontece com todos os processos que acabamos de listar.

O que você ainda não sabe é que esse eletrodo ao se fundir, precisa de algum tipo de proteção para evitar a contaminação da poça de fusão pela atmosfera. Essa contaminação, que pode ser, por exemplo, pelo oxigênio e pelo nitrogênio que existem no ar, faz com que a junta soldada apresente propriedades físicas e químicas prejudicadas.

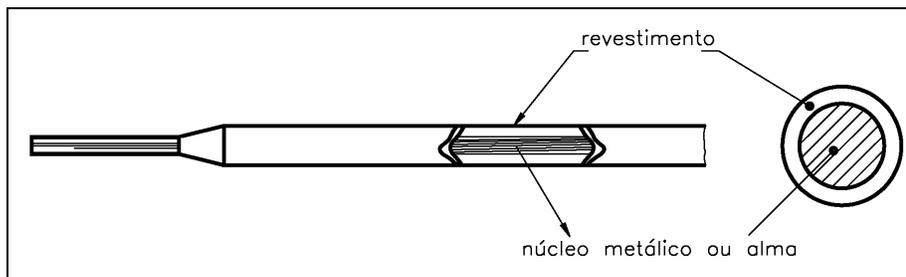


E como essa proteção atua em cada um dos processos que listamos na página anterior? Bem, vamos começar pela soldagem a arco com eletrodo revestido, e ver como isso funciona.

## O eletrodo

O eletrodo revestido é constituído de um núcleo metálico chamado alma, que pode ser ou não da mesma natureza do metal-base porque o revestimento pode, entre outras coisas, complementar sua composição química. Desse modo, se o material a soldar é um aço de baixo carbono e baixa liga, a alma será de aço com carbono (aço efervescente). Se o material for aço inoxidável, a alma será de aço de baixo carbono (efervescente) ou aço inoxidável. Se for necessário soldar ferro fundido, a alma será de níquel puro ou liga de ferro-níquel, de ferro fundido, de aço.

O revestimento é composto de elementos de liga e desoxidantes (tais como ferro-silício, ferro-manganês), estabilizadores de arco, formadores de escória, materiais fundentes (tais como óxido de ferro e óxido de manganês) e de materiais que formam a atmosfera protetora (tais como dextrina, carbonatos, celulose).



Além de proteção contra a contaminação atmosférica, o revestimento tem as seguintes funções:

1. Reduzir a velocidade de solidificação, por meio da escória.
2. Proteger contra a ação da atmosfera e permitir a desgaseificação do metal de solda por meio de escória.
3. Facilitar a abertura do arco, além de estabilizá-lo.
4. Introduzir elementos de liga no depósito e desoxidar o metal.
5. Facilitar a soldagem em diversas posições de trabalho.
6. Guiar as gotas em fusão na direção da poça de fusão.
7. Isolar eletricamente na soldagem de chanfros estreitos de difícil acesso, a fim de evitar a abertura do arco em pontos indesejáveis.

O quadro a seguir resume as principais informações sobre os diversos tipos de eletrodos revestidos.

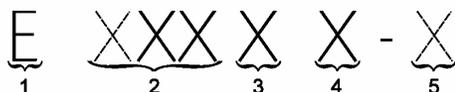
<b>Tipo de eletrodo → Dados técnicos ↓</b>	<b>Rutilico</b>	<b>Básico Baixo hidrogênio</b>	<b>Celulósico</b>
Componentes do revestimento	Rutilo ou compostos derivados de óxidos de titânio.	Carbonato de cálcio, outros carbonatos básicos e flúor.	Materiais orgânicos
Posição de soldagem	Todas	Todas	Todas
Tipo de corrente	CA ou CC (polaridade direta ou inversa).	CA ou CC (polaridade direta)	CA ou CC (polaridade direta)
Propriedades mecânicas de depósito	Razoáveis	Muito boas	Boas
Penetração	Pequena	Média	Grande
Escória	Densa e viscosa, geralmente autodestacável	Compacta e espessa, facilmente destacável	Pouca, de fácil remoção.
Tendência à trinca	Regular	Baixa	Regular

Além dessas informações sobre os principais tipos de eletrodos, é importante também saber como eles são classificados de acordo com as normas técnicas.

A classificação mais simples, aceita em quase todo o mundo, foi criada pela AWS – American Welding Society (Sociedade Americana de Soldagem). Veja quadro a seguir.

<b>Especificação AWS para eletrodos Revestidos</b>	
<b>Ref. AWS</b>	<b>Eletrodos para:</b>
A 5.1	aços carbono
A 5.3	alumínio e suas ligas
A 5.4	aços inoxidáveis
A 5.5	aços de baixa liga
A 5.6	cobre e suas ligas
A 5.11	níquel e suas ligas
A 5.13	revestimentos (alma sólida)
A 5.15	ferros fundidos
A 5.21	revestimento (alma tubular com carboneto de tungstênio)

Os eletrodos são classificados por meio de um conjunto de letras e algarismos, da seguinte maneira:



1. A letra E significa eletrodo para soldagem a arco elétrico.
2. Os dois primeiros dígitos, que também podem ser três, indicam o limite mínimo de resistência à tração que o metal de solda admite. Eles devem ser multiplicados por 1 000 para expressar e resistência em psi.
3. O dígito seguinte indica as posições de soldagem nas quais o eletrodo pode ser empregado com bons resultados:
  1. ⇒ todas as posições
  2. ⇒ posição horizontal (para toda solda em ângulo) e plana;
  3. ⇒ posição vertical descendente, horizontal, plana e sobrecabeça.
4. O dígito que vem em seguida vai de zero a oito e fornece informações sobre:
  - a corrente empregada: CC com polaridade negativa ou positiva, e CA;
  - a penetração do arco;
  - a natureza do revestimento do eletrodo.

**psi**, do inglês “pound per square inch”, que quer dizer libra por polegada quadrada, é uma unidade de medida de pressão equivalente a uma libra-força por polegada quadrada ou a 6,895 Pa.

Esses dados estão resumidos na tabela a seguir.

4º dígito	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de corrente	CC <sup>+</sup>	CC <sup>+</sup> CA	CC <sup>-</sup> CA	CA CC <sup>+</sup> CC <sup>-</sup>	CA CC <sup>+</sup> CC <sup>-</sup>	CC <sup>+</sup>	CA CC <sup>+</sup>	CA CC <sup>-</sup>	CA CC <sup>+</sup>
Tipo do arco	Intenso com salpico	Intenso	Médio sem salpico	Leve	Leve	Médio	Médio	Leve	Leve
	Grande	Grande	Média	Fraca	Média	Média	Média	Grande	Média
Revestimento	XX10 celulósico silicato de sódio XX20-óxido de ferro XX30 óxido de ferro	Celulósico com silicato de potássio	Dióxido de titânio e silicato de sódio	Dióxido de titânio e silicato de potássio	Dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (20%).	Calcário, silicato de sódio.	Dióxido de titânio, calcário, silicato de potássio	Óxido de ferro silicato de sódio, pó de ferro	Calcário, dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (25 a 40%)

Vamos dizer, então, que você tenha um eletrodo E 6013. Esse número indica que se trata de um eletrodo com 60 000 psi, para soldar em todas as posições em CC<sup>+</sup>, CC<sup>-</sup> ou CA

5. Grupo de letras e números (nem sempre utilizados) que podem indicar a composição química do metal de solda.

### **Cuidados com os eletrodos revestidos**

Cuidados especiais devem ser tomados com o manuseio e armazenamento dos eletrodos, pois estes podem ser facilmente danificados. Em caso de choque, queda ou se o eletrodo for dobrado, parte de seu revestimento pode ser quebrada, deixando exposta sua alma. Nesse caso, ele não deve ser usado em trabalhos de responsabilidade.

A absorção de umidade também pode comprometer o desempenho de alguns tipos de eletrodos. Por isso, eles são fornecidos em embalagens fechadas adequadamente. Uma vez aberta a embalagem, estes eletrodos devem ser guardados em estufas especiais para esse fim.

Os eletrodos revestidos devem ser manuseados e guardados de acordo com as instruções dos fabricantes.

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

#### **Exercício**

#### **2. Responda às seguintes perguntas.**

- a) Cite ao menos três processos que usam o arco elétrico para a realização da soldagem.
- b) Qual a principal função do revestimento do eletrodo?
- c) De que é composto o revestimento do eletrodo?
- d) O que indica o código normalizado E 60 11?
- e) Por que os eletrodos devem ser manuseados e armazenados com cuidado?

## Equipamentos

A soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos é um processo manual presente em praticamente todos os tipos de indústrias que usam a soldagem como processo de fabricação. É também largamente empregada em soldagem de manutenção.

Embora amplamente usado, esse processo depende muito da habilidade do soldador. Portanto, a qualidade do trabalho de soldagem depende do profissional que deve ser muito bem treinado e experiente. Como a experiência só se adquire com a execução de muitas soldas, a preparação da mão-de-obra é demorada e, por isso, custa caro.

Para executar seu trabalho, além dos eletrodos o soldador precisa de:

- Uma fonte de energia que, como já vimos, pode ser um gerador de corrente contínua, um transformador, ou um retificador que transforma corrente alternada em corrente contínua.

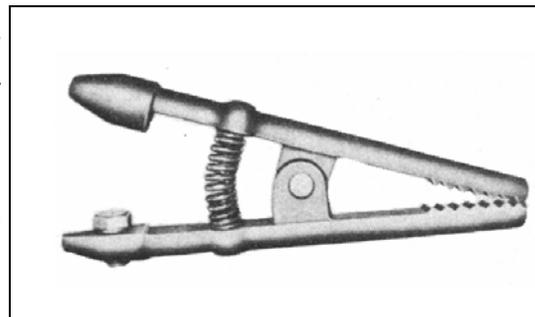


- Acessórios:

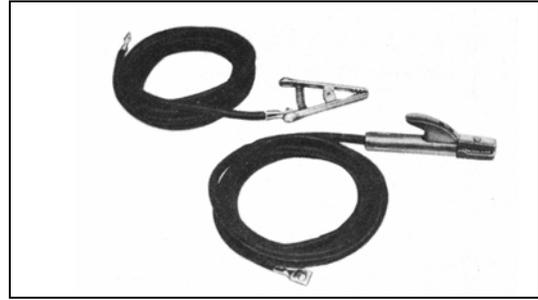
**Porta-eletrodo** – serve para prender firmemente o eletrodo e energizá-lo.



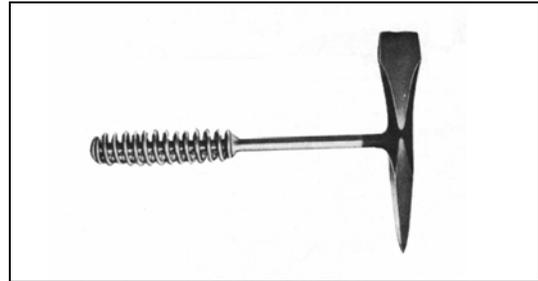
**Grampo de retorno**, também chamado de terra, que é preso à peça ou à tampa condutora da mesa sobre a qual está a peça. Quando se usa uma fonte de energia de corrente contínua, ele faz a função do pólo positivo ou do pólo negativo, de acordo com a polaridade escolhida.



**Cabo**, ou condutor, que leva a corrente elétrica da máquina ao porta-eletrodo e do grampo de retorno para a máquina.



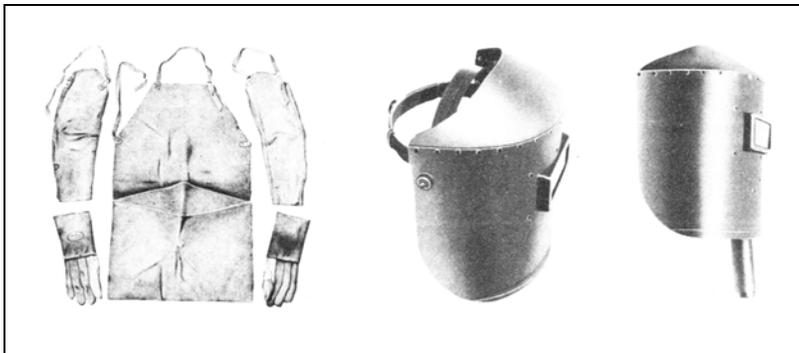
**Picadeira** – uma espécie de martelo em que um dos lados termina em ponta e o outro em forma de talhadeira. Serve para retirar a escória e os respingos.



**Escova de fios de aço** – serve para a limpeza do cordão de solda.



- Equipamentos de proteção individual: luvas, avental, máscaras protetoras, botas de segurança, perneira e gorro.



Os capacetes e as máscaras ou escudos são fabricados com materiais resistentes, leves, isolantes térmicos e elétricos e contêm lentes protetoras de cor escura, que filtram os raios ultravioleta, os infravermelhos (invisíveis) e os raios luminosos visíveis que prejudicam a visão.

## Uso correto das máquinas

Usar corretamente o equipamento é responsabilidade do soldador que deve conservá-lo em perfeito estado e operá-lo de modo que consiga o maior rendimento possível.

Assim, antes de ligar a máquina, o operador deve se certificar de que os cabos, as conexões e os porta-eletrodos estão em bom estado.

Se a fonte de energia usada for um retificador, este deve continuar ligado por mais 5 minutos após o término da soldagem para que o ventilador possa esfriar as placas de silício da máquina.

Se a fonte for um gerador, o soldador deve lembrar que a chave para ligar a máquina possui dois estágios. Por isso, é preciso ligar o primeiro estágio, esperar o motor completar a rotação e, só então, ligar o segundo estágio.

## Pare! Estude! Responda!

### Exercício

#### 3. Responda às seguintes perguntas.

- a) Qual o material necessário para executar solda ao arco elétrico com eletrodos revestidos?
- b) Qual a função do porta-eletrodo?
- c) Por que é necessário usar máscaras com lentes especiais para realizar a soldagem ao arco elétrico? (se você não se lembra, releia a parte sobre segurança na Aula 12)

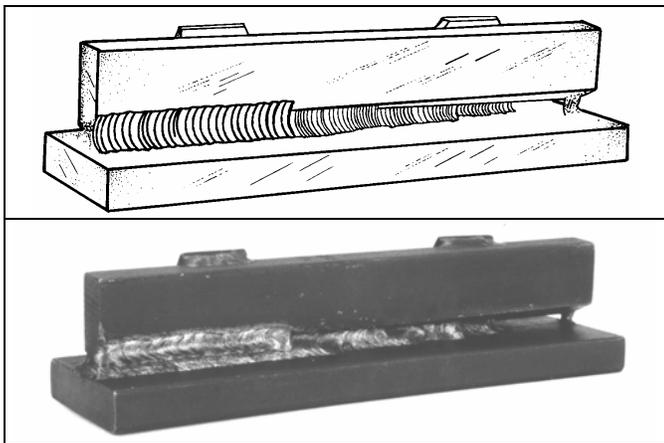
### Etapas do processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido apresenta as seguintes etapas:

1. Preparação do material que deve ser isento de graxa, óleo, óxidos, tintas etc.

2. Preparação da junta;
3. Preparação do equipamento.
4. Abertura do arco elétrico.
5. Execução do cordão de solda.
6. Extinção do arco elétrico.
7. Remoção da escória.

Conforme o tipo de junta a ser soldada, as etapas 4, 5, 6 e 7 devem ser repetidas quantas vezes for necessário para a realização do trabalho. Esse conjunto de etapas que produz um cordão de solda é chamado de passe. As figuras a seguir mostram os vários passes dados em uma junta.



### Defeitos de soldagem

Mesmo o trabalho de um bom soldador está sujeito a apresentar defeitos. Às vezes, eles são visíveis durante o trabalho. Outras, eles só podem ser detectados por meio dos **ensaios destrutivos** e **não destrutivos**, ou seja, aquelas análises feitas com o auxílio de aparelhos especiais e substâncias adequadas, após a soldagem.

Para facilitar seu estudo, colocamos esses dados na tabela a seguir, que apresenta uma lista de alguns problemas mais comuns na soldagem ao arco elétrico, suas possíveis causas e modos de preveni-las.

Tipo de descontinuidade	Causas	Prevenção
Superfície irregular	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escolha do tipo de corrente / polaridade errada.</li> <li>2. Amperagem inadequada.</li> <li>3. Utilização do eletrodo úmido / de má qualidade.</li> <li>4. Manuseio incorreto.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar as especificações do eletrodo.</li> <li>2. Ajustar a amperagem.</li> <li>3. Ressecar os eletrodos segundo recomendações do fabricante / trocar p/outros de melhor qualidade.</li> <li>4. Aprimorar o manuseio do eletrodo.</li> </ol>
Mordedura ou falta de fusão na face	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amperagem muito alta.</li> <li>2. Arco muito longo.</li> <li>3. Manuseio incorreto do eletrodo.</li> <li>4. Velocidade de soldagem muito alta.</li> <li>5. O arco apresenta sopro lateral (sopro magnético)</li> <li>6. Ângulo incorreto do eletrodo.</li> <li>7. Eletrodo com revestimento excêntrico.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda.</li> <li>2. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem.</li> <li>3. Melhorar o manuseio do eletrodo depositando mais nas laterais.</li> <li>4. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar.</li> <li>5. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta.</li> <li>5. Modificar a posição da garra do cabo de retorno.</li> <li>5. Evitar ou modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis.</li> <li>5. Mudar a fonte de energia p/ corrente alternada (use um transformador).</li> <li>6. Inclinar o eletrodo no ângulo correto.</li> <li>7. Trocar o eletrodo.</li> </ol>
Poros visíveis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilização de eletrodos úmidos.</li> <li>2. Ponta de eletrodo danificado (sem revestimento).</li> <li>3. Em C.C., polaridade invertida.</li> <li>4. Velocidade de soldagem muito alta.</li> <li>5. Arco muito longo.</li> <li>6. Amperagem inadequada.</li> <li>7. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado.</li> <li>8. Manuseio inadequado do eletrodo na posição vertical ascendente.</li> <li>9. Irregularidade no fornecimento de energia elétrica.</li> <li>10. Preparação inadequada da junta.</li> <li>11. Metal de base impuro ou defeituoso.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usa somente eletrodo secos,</li> <li>2. Utilizar somente eletrodos perfeitos.</li> <li>3. Inverter a polaridade na máquina de solda.</li> <li>4. Diminuir a velocidade de soldagem</li> <li>5. Diminuir o comprimento do arco elétrico, aproximando o eletrodo da peça.</li> <li>6. Ajustar a amperagem da máquina para o intervalo recomendado pelo fabricante para o tipo e bitola do eletrodo em questão.</li> <li>7. Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem.</li> <li>8. Executar a movimentação adequada com teciemento lento e compassados, mantendo o arco elétrico constantemente curto.</li> <li>9. Dimensionar a rede adequadamente.</li> <li>10. Obter uma fresta constante e dentro dos limites da posição de trabalho.</li> <li>11. Rejeitar o metal de base.</li> </ol>

Continuação:

<p>Inclusão de escória visível</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não remoção da escória do passe anterior.</li> <li>2. Chanfro irregular.</li> <li>3. Chanfro muito estreito.</li> <li>4. Manuseio incorreto do eletrodo.</li> <li>5. Sobreposição errada dos passes.</li> <li>6. Amperagem baixa.</li> <li>7. Velocidade de soldagem muito alta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remover a escória do passe anterior antes de reiniciar a soldagem.</li> <li>2. A preparação das bordas deve sempre ser realizada de maneira a obter paredes lisas sem falhas.</li> <li>3. Aumentar o ângulo do chanfro.</li> <li>4. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe à frente da poça de fusão (aumentar a velocidade de soldagem e diminuir o ângulo de ataque).</li> <li>4. Evitar mordeduras laterais onde a escória é de difícil remoção, realizar passe de raiz o mais largo possível com transição suave com o metal de base.</li> <li>5. A seqüência dos passes deve ser tal que evite a formação de bolsas de escória.</li> <li>5. Não soldar sobre passes de grande convexidade.</li> <li>6. Aumentar a amperagem.</li> <li>7. Diminuir a velocidade de soldagem.</li> </ol>
<p>Respingos</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amperagem muito elevada.</li> <li>2. Arco muito longo.</li> <li>3. Em C.C. polaridade invertida.</li> <li>4. Arco com sopro magnético.</li> <li>5. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado.</li> <li>6. Utilização de eletrodo úmido de má qualidade.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diminuir a amperagem da máquina.</li> <li>2. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem.</li> <li>3. Inverter a polaridade na fonte de energia.</li> <li>4. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta.</li> <li>4. Modificar posição da garra do cabo de retorno.</li> <li>4. Evitar e modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis.</li> <li>4. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador).</li> <li>4. Aquecer a peça quando existe um membro da junta mais espesso que o outro.</li> <li>5. Limpar o metal de base, eliminando poeiras, óleos, graxas, tintas, oxidação etc.</li> <li>6. Secar os eletrodos, segundo as recomendações do fabricante.</li> <li>6. Trocar os eletrodos por outros de melhor qualidade.</li> </ol>

Continuação:

<p>Falta de penetração ou falta de fusão na raiz</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de eletrodo de diâmetro muito grande impedindo sua descida até a raiz.</li> <li>2. Fresta muito pequena ou mesmo inexistente; fresta irregular.</li> <li>3. Presença de nariz ou nariz muito grande.</li> <li>4. Falha no manejo do eletrodo.</li> <li>5. Ângulo de ataque incorreto, principalmente com eletrodos básicos.</li> <li>6. Falta de calor na junta.</li> <li>7. Penetração da escória, entre os dois membros da junta na região da raiz impede uma fusão completa dos materiais.</li> <li>8. Alta velocidade de soldagem.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilizar eletrodo de maior diâmetro ou eletrodo de revestimento mais fino.</li> <li>2. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar; realizar a montagem respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro e da posição de soldagem.</li> <li>2. Procurar tomar a fresta a mais constante possível, através de um ponteamto adequado</li> <li>3. Verificar se é realmente necessária a existência de nariz.</li> <li>3. Procurar tornar o nariz o mais constante possível, e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definidos</li> <li>4. Dirigir sempre o arco elétrico de modo a aquecer apropriadamente ambas as bordas do chanfro.</li> <li>4. Realizar as retornadas / reacendimentos de forma correta.</li> <li>4. Realizar a retomada/reacendimentos de forma correta</li> <li>5. Utilizar o ângulo adequado.</li> <li>6. Aumentar a amperagem se ela estiver baixa.</li> <li>6. Usar eletrodo de maior diâmetro, se o material for espesso.</li> <li>6. Diminuir a velocidade de soldagem.</li> <li>6. Preaquecer a peça de trabalho, se ela estiver fria.</li> <li>6. Soldar em posição vertical ascendente.</li> <li>7. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe da poça de fusão.</li> <li>8. Diminuir a velocidade de soldagem.</li> </ol>
<p>Mordedura na raiz</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amperagem muito alta.</li> <li>2. Arco muito longo.</li> <li>3. Manuseio incorreto do eletrodo.</li> <li>4. Velocidade de soldagem muito alta.</li> <li>5. Sopros magnético.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda.</li> <li>2. Encurtar o arco.</li> <li>3. Melhorar o manuseio do eletrodo.</li> <li>4. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar.</li> <li>5. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético.</li> <li>5. Modificar a posição da garra do cabo de retorno.</li> <li>5. Evitar ou modificar a posição dos objetos</li> <li>5. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador).</li> </ol>

Continuação:

Trincas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soldagem defeituosa, contendo inclusões de escória, falta de penetração, mordeduras, etc.</li> <li>2. Cratera final com mau acabamento.</li> <li>3. Calor excessivo na junta causando excesso de contração e distorção.</li> <li>4. Metal de base sujo de óleo, tintas ou molhado.</li> <li>5. Trincas devido ao ponteamto franco</li> <li>6. Cordão de solda muito pequeno (particularmente passe de raiz ou de filete).</li> <li>7. Teor de enxofre alto no metal de base.</li> <li>8. Têmpera da zona termicamente afetada.</li> <li>9. Fragilização pelo hidrogênio.</li> <li>10. Projeto de junta adequado.</li> <li>11. Montagem muito rígida.</li> <li>12. Tensões residuais muito elevadas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soldar corretamente evitando a descontinuidade.</li> <li>2. Interromper a soldagem de forma adequada, fazendo com que a extinção da arco ocorra sobre o passe recém executado.</li> <li>3. Reduzir a corrente ou a tensão ou ambas, aumentar também a velocidade de soldagem.</li> <li>4. Limpar ou secar o metal de base.</li> <li>5. Efetuar o ponteamto com metal de adição adequado, corretamente dimensionado em tamanho e frequência.</li> <li>5. Remover as soldas de fixação à medida que o trabalho for progredindo.</li> <li>5. Nos casos possíveis executar o ponteamto do lado que não será executada a soldagem.</li> <li>5. Substituir o ponteamto por outro sistema de fixação (“cachorros”, “batoques”, “pontes”, etc.).</li> <li>6. Reduzir a velocidade de soldagem, o cordão deve ter uma secção transversal suficientemente robusta para suportar os esforços a que estará submetido.</li> <li>7. Utilizar eletrodos com manganês alto.</li> <li>7. Usar arco mais curto para minimizar a queima do manganês.</li> <li>7. Ajustar o chanfro de modo a permitir adequada diluição e utilização do eletrodo.</li> <li>7. Alterar a seqüência de passes de forma a reduzir a restrição da solda no resfriamento.</li> <li>7. Mudar o material a fim de obter adequada relação % Mn / %S.</li> <li>8. Fazer pré-aquecimento para retardar o resfriamento.</li> <li>8. Usar eletrodos ressecados conforme recomendações do fabricante.</li> <li>9. Remover contaminação (óleos, umidades, etc.).</li> <li>9. Manter a solda a temperatura elevada por um período longo para permitir a saída do hidrogênio através da difusão (pós aquecimento).</li> <li>10. Preparar os chanfros com dimensões adequadas.</li> <li>11. Escolher uma seqüência de soldagem que acarrete as menores tensões possíveis na junta.</li> <li>11. Controlar a distribuição de calor na peça de trabalho, aquecendo-a ou resfriando-a em todo ou em partes.</li> <li>12. Usar tratamento térmico de alívio de tensões.</li> </ol>
---------	--	--

Esta aula procurou dar a você uma breve noção do que é soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido. Ainda há muito o que aprender. Por enquanto, faça os exercícios que preparamos para você.

**Pare! Estude! Responda!**

**Exercício**

4. Numere a coluna A (tipo de descontinuidade) de acordo com a coluna B (prevenção).

**Coluna A**

- a) ( ) superfícies irregulares
- b) ( ) mordedura ou falta de fusão na face
- c) ( ) poros visíveis
- d) ( ) inclusão da escória
- e) ( ) respingos

**Coluna B**

- 1. utilização de eletrodos úmidos
- 2. chanfro muito restrito
- 3. polaridade invertida
- 4. velocidade de soldagem alta
- 5. manuseio incorreto
- 6. presença de nariz, ou nariz muito grande

**Gabarito**

- 1. a) (fusão)    b) (1)    c) (4)    d) (3)
- 2. a) Eletrodo revestido, TIG; MIG/MRG; arco submerso; plasma.
- b) Evitar a contaminação da poça de fusão pela atmosfera.
- c) Elementos de liga, desoxidantes, estabilizadores de arco, formadores de escória, materiais fundentes e materiais que formam atmosfera protetora.
- d) E = eletrodo para soldagem a arco elétrico.  
   60 = limite mínimo de resistência à tração do metal de solda.  
   11 = soldar em todas as posições em CC+CA.
- e) Porque em caso de choque ou dobra seu revestimento pode ser quebrado, sua alma exposta, comprometendo seu desempenho.
- 3. a) Fonte de energia, porta eletrodo, grampo de retorno, cabo ou condutor, picadeira, escova de fios de aço, equipamentos de proteção individual (EPI).

Acesse:  <http://fuvestibular.com.br/>

- b) Prender o eletrodo e energizá-lo.
- c) Para proteção contra radiação, raios ultravioleta e infravermelhos e intensidade luminosa.

4. a) (3)    b) (4)    c) (1)    d) (6)    e) (5)