Coleção SENAR

260

Construções rurais: soldagem

SENAR

SENAR
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

Presidente do Conselho Deliberativo
João Martins da Silva Junior

Entidades Integrantes do Conselho Deliberativo
Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA
Confederação dos Trabalhadores na Agricultura - CONTAG
Ministério do Trabalho e Emprego - MTE
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA
Ministério da Educação - MEC
Organização das Cooperativas Brasileiras - OCB
Confederação Nacional da Indústria - CNI

Diretor Geral
Daniel Klüppel Carrara

Diretora de Educação Profissional e Promoção Social
Janete Lacerda de Almeida

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL

Coleção SENAR

Construções rurais: soldagem

Senar – Brasília, 2019

© 2019, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR

Todos os direitos de imagens reservados. É permitida a reprodução do conteúdo de texto desde que citada a fonte.

A menção ou aparição de empresas ao longo desta cartilha não implica que sejam endossadas ou recomendadas pelo Senar em preferência a outras não mencionadas.

Coleção SENAR - 260
Construções rurais: soldagem

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS INSTRUCIONAIS
Fabíola de Luca Coimbra Bomtempo

EQUIPE TÉCNICA
Marcelo de Sousa Nunes / Valéria Gedanken

FOTOGRAFIA
Tony Oliveira

ILUSTRAÇÃO
Bruno Azevedo / Maycon Sadala

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.
Construções rurais: soldagem / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019.
124 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 260)

ISBN: 978-85-7664-229-9

1. Soldagem 2. Tipos de Solda I. Título.

CDU 6Z1.791

Sumário

Apresentação **5**

Introdução **7**

I. Conhecer o que é soldagem **8**
1. Conheça os tipos de soldagem 8
2. Conheça os processos de soldagem mais comuns de acordo com a solda usada 9
3. Conheça a simbologia da soldagem 10

II. Escolher o tipo de solda **12**
1. Identifique o metal que será soldado 12
2. Escolha a solda em função do material a ser soldado 19

III. Conhecer os equipamentos de Proteção Coletiva e Individual para soldagem **20**
1. Conheça os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) 20
2. Conheça os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) 24

IV. Realizar a soldagem com solda fraca **32**
1. Conheça a soldagem com solda branca 32
2. Faça a soldagem branca 38
3. Conheça a brasagem 47
4. Faça a solda brasagem 50

V. Realizar a soldagem com solda forte **57**
1. Conheça a soldagem com oxicombustível 57
2. Conheça a soldagem com arco elétrico 69

Considerações finais **118**

Referências **119**

ANEXOS **121**

Apresentação

O elevado nível de sofisticação das operações agropecuárias definiu um novo mundo do trabalho, composto por carreiras e oportunidades profissionais inéditas, em todas as cadeias produtivas.

Do laboratório de pesquisa até o ponto de venda no supermercado, na feira ou no porto, há pessoas que precisam apresentar competências que as tornem ágeis, proativas e ambientalmente conscientes.

O Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) é a escola que dissemina os avanços da ciência e as novas tecnologias, capacitando homens e mulheres em cursos de Formação Profissional Rural e Promoção Social, por todo o país. Nesses cursos, são distribuídas cartilhas, material didático de extrema relevância por auxiliar na construção do conhecimento e constituir fonte futura de consulta e referência.

Conquistar melhorias e avançar socialmente e economicamente é o sonho de cada um de nós. A presente cartilha faz parte de uma série de títulos de interesse nacional que compõem a Coleção SENAR. Ela representa o comprometimento da instituição com a qualidade do serviço educacional oferecido aos brasileiros do campo e pretende contribuir para aumentar as chances de alcance das conquistas a que cada um tem direito. Um excelente aprendizado!

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

www.senar.org.br

Acesse pelo seu celular

Esta cartilha possui o recurso QR Code, por meio do qual o participante do treinamento poderá acessar, utilizando a câmera fotográfica do celular, informações complementares que irão auxiliar no aprendizado.

Introdução

Com o aumento do uso da tecnologia na agricultura, as demandas em serviços de soldagem também aumentaram para soldar fios e terminais em equipamentos elétricos, chapas e perfis metálicos, ou outros materiais imprescindíveis para o desenvolvimento das atividades rotineiras da propriedade rural.

Esta cartilha oferece conhecimentos básicos e necessários para os processos de soldagem, de modo que os produtores e trabalhadores rurais possam desenvolver as habilidades necessárias ao soldador, entre teoria e prática. Trata, também, da segurança exigida na execução da soldagem, garantindo, assim, um ambiente seguro durante o trabalho e ainda protegendo o trabalhador dos riscos com gases e energia elétrica, advindos do uso das soldas.

1 Conhecer o que é soldagem

Para realizar uma soldagem, o trabalhador precisa conhecer os materiais utilizados na construção de estruturas metálicas e máquinas existentes no meio rural, bem como os processos de soldagem. Nesse sentido, estar capacitado para realizar soldas é um diferencial que torna um trabalhador mais preparado para enfrentar as dificuldades encontradas na condução das atividades agrícolas.

Soldagem é o processo que utiliza calor e/ou pressão para unir partes metálicas, peças ou partes de uma determinada estrutura, bem como de máquinas ou de equipamentos.

Solda é o material usado para fazer a união de metais. É encontrada na forma de fios, arames, barras, varetas ou eletrodos de solda.

Atenção

É mais comum soldar metais, porém, também são passíveis de solda tanto plásticos como vidros. Nesse caso, são utilizados equipamentos diferentes.

1. Conheça os tipos de soldagem

Os processos de soldagem têm como características:

- O uso somente de calor para fundir os metais no local da união;
- O uso combinado de calor e pressão exercidos entre as partes no ponto de união para fundir os metais; ou
- O uso apenas da pressão para realizar a soldagem.

1.1. Entenda a soldagem que usa somente o calor

Esse processo de soldagem pode ocorrer de três formas:

- O local de união é aquecido até que a temperatura dos metais seja maior do que a temperatura de fusão da solda. Assim, ao se colocar a solda, ela se funde com os metais;
- O local de união é aquecido até fundir tanto os metais, a serem unidos, quanto a solda, formando uma poça de fusão no local; e
- O local de união é aquecido a ponto de fundir os metais a serem unidos. Nesse caso, os próprios metais funcionam como solda.

1.2. Entenda a soldagem que usa o calor e a pressão

Já esse processo acontece de duas formas:

- Os metais a serem unidos são pressionados no local da união e o aquecimento é obtido pela passagem de corrente elétrica, por indução eletromagnética ou por atrito; e
- Os locais de união dos metais são aquecidos, colocados um sobre o outro, e a pressão é obtida por forjamento.

1.3. Entenda a soldagem que usa somente a pressão

Os metais são pressionados no local de união até uma interpenetração entre as partes, sob condições controladas de limpeza.

2. Conheça os processos de soldagem mais comuns de acordo com a solda usada

- Processo que usa solda branca - é aquele no qual a temperatura da fonte de calor é mais baixa e somente a solda funde ou derrete.

Esse processo se divide em dois subprocessos:

  - » O que usa ligas de estanho e chumbo para unir partes elétricas, fazer pequenos reparos em radiadores automotivos, fabricar calhas e rufos, entre outros. É conhecido como **solda branca.**
  - » O que utiliza ligas metálicas próprias para soldar alumínio, cobre e suas ligas. É conhecido como **brasagem** ou **solda brasagem.**

- Processo que usa solda forte - aquele em que a temperatura da fonte de calor é mais alta e pode fundir ou derreter a solda e o metal que está sendo soldado, ou, simplesmente, fundir só o metal que está sendo soldado.

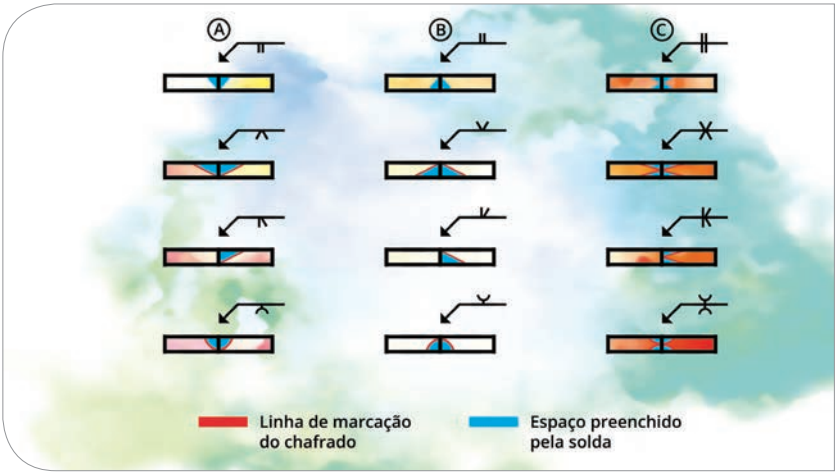
3. Conheça a simbologia da soldagem

Diversos símbolos, acompanhados de sinais e números, usados em desenhos técnicos de projetos, informam sobre como o local da soldagem deve ser preparado, além da extensão do cordão de solda e do acabamento do local após a soldagem, entre outros.

Os principais símbolos são assim representados:

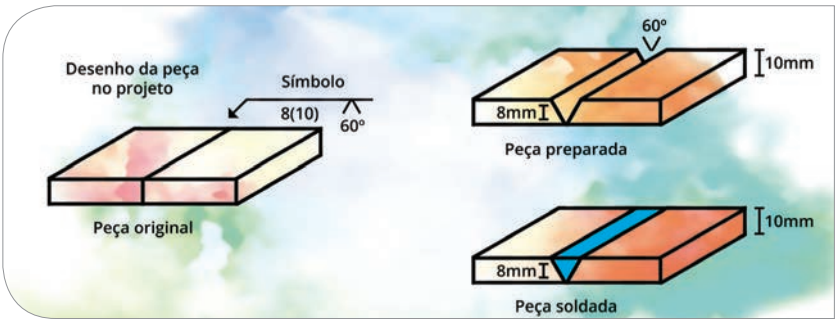
No desenho técnico, o local da soldagem é indicado por uma seta que se liga a uma linha horizontal, denominada linha de referência, na qual os símbolos são anexados.

Exemplos de peças que devem ser chanfradas e soldadas de topo:



Se o símbolo do chanfrado vier abaixo da linha de referência, o chanfrado e a soldagem devem ser executados no mesmo lado para o qual a seta aponta (A). Se o símbolo vier acima da linha de referência, o chanfrado e a soldagem devem ser executados no lado oposto para o qual a seta aponta (B). Se vierem em cima e embaixo da linha de referência, executa-se nos dois lados da peça (C).

Sinais e números são incluídos nos símbolos para definir o trabalho final desejado, a exemplo da profundidade do chanfrado, da profundidade alcançada pela solda ou do ângulo de abertura do chanfrado, entre outros.



II Escolher o tipo de solda

A soldagem pode ser executada tanto para a produção na indústria quanto para a manutenção em oficinas.

- **Soldagem de produção**

Na indústria, as características do metal a ser soldado são conhecidas, facilitando, assim, a escolha da solda.

- **Soldagem de manutenção**

Nas oficinas, nem sempre os metais que serão soldados têm suas características totalmente conhecidas, sendo necessário dispor de experiência, bom senso e conhecimento prático para fazer a escolha da solda.

1. Identifique o metal que será soldado

O primeiro passo é identificar o metal que vai ser soldado para saber que solda utilizar, assim como o processo de soldagem.

1.1. Observe a cor do metal

Caso necessário, remova a camada de tinta e lixe o metal para identificar a sua verdadeira cor.

- **Avermelhado:** pode ser cobre ou uma de suas ligas.

Cobre

Metal amarelo

Bronze

- **Branco ou cinza metálico**: pode ser alumínio, liga de alumínio ou aço inox.

Alumínio fundido (leve)

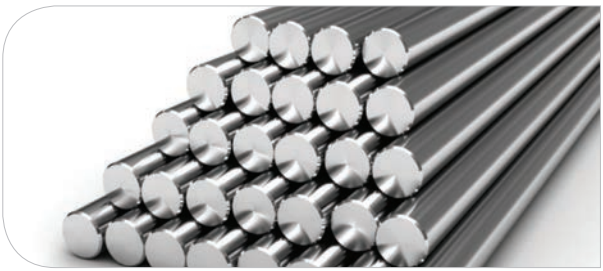
Carcaça em aço Inox (pesado)

Atenção

A cor branca ou cinza metálica pode ser também de um metal cromado ou zincado. Para saber qual a verdadeira cor, é preciso usar uma lima e retirar a camada cromada ou zincada.

- **Metálico mais escuro:** pode ser metal ferroso.

Ferro



Aço

Ferro fundido

1.2. Observe se o metal é atraído por um ímã

- Metal ferroso é fortemente atraído pelo ímã;
- Liga de metal ferroso, ou liga que leva níquel em sua composição, é ligeiramente atraído pelo ímã; e
- Metal não ferroso (alumínio ou cobre ou suas ligas) não é atraído pelo ímã.

Ímã não atraiu o alumínio e o cobre

Atenção

O aço inox é uma liga ferrosa, sendo dividido em dois grupos. Um deles praticamente não é atraído por ímã e o outro tem atração média. Quanto maior a atração, maior o teor de ferro na liga.

Pouco atraído: inox de panelas, bojos de pia, equipamentos da indústria alimentícia, entre outros.

Atração média: inox usado em moedas, fogões, escapamentos automotivos, instrumentos cirúrgicos, facas, equipamentos de medida como paquímetros, entre outros.

1.3. Verifique se o material emite centelhas ou fagulhas

Para verificar a emissão de centelhas ou fagulhas, passe o material na pedra do esmeril, observando:

- Não emite centelhas ou fagulhas: metal não ferroso (alumínio, cobre ou suas ligas); e
- Emite centelhas ou fagulhas: metal ferroso.

O tipo de centelha ou fagulha indica também o tipo de metal ferroso, que pode ser ferro, aço ou ferro fundido.

Ferro

Aço

Ferro Fundido

Atenção

No esmeril, mantenha pressão constante da peça sobre a pedra.

Precaução

Para fazer uso do esmeril, recomenda-se utilizar os Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, como máscara com filtro, óculos de proteção, luvas, camisa de mangas longas, calça comprida e calçados fechados.

1.4. Observe a dureza do metal

Serre o metal com um arco de serra e observe a sua dureza:

- Se for muito duro, pode ser uma liga de aço ou aço temperado; e
- Se for macio, pode ser alumínio, cobre, ferro ou suas ligas.

2. Escolha a solda em função do material a ser soldado

O tipo de solda deve ser escolhido em função do material a ser soldado e do trabalho que ele desempenha.

- **Solda branca**
  - » Para cobre, alumínio ou suas ligas;
  - » Para unir chapas ou tubos de parede fina, vedar furos ou trincas, melhorar o contato em um circuito elétrico;
  - » Para unir materiais nas quais não há força mecânica envolvida, e, se houver, é uma força fraca; e
  - » Para unir partes nas quais a temperatura de trabalho da peça, da máquina ou do equipamento é baixa, entre 120 e 160ºC, a depender da composição da solda usada.
- **Solda brasagem**
  - » Para cobre, alumínio, bem como suas ligas, ou ainda aço inox; e
  - » Para unir peças ou tubos em que a força ou a pressão de trabalho são baixas ou médias.
- **Solda forte**
  - » Para cobre, alumínio ou suas ligas, bem como qualquer material ferroso;
  - » Para unir, vedar, fazer enchimento ou revestir;
  - » Para unir peças nas quais a força ou a pressão de trabalho é elevada; e
  - » Para unir peças em que a temperatura de trabalho da peça, máquina ou equipamento é elevada.

III Conhecer os equipamentos de Proteção Coletiva e Individual para soldagem

Para trabalhar com segurança e garantia de saúde, o trabalhador deve sempre usar equipamentos de proteção adequados.

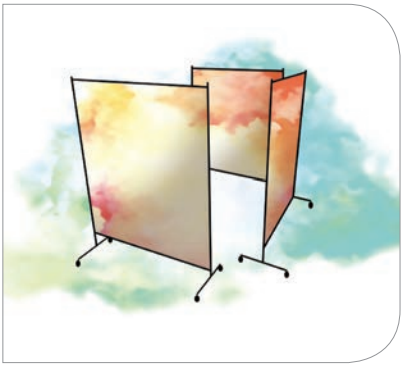
A Norma Regulamentadora 18 (NR 18), em seu item 18.11, trata do trabalho de soldagem e o corte de metais a quente, além de impor as normas de segurança e estabelecer que só o trabalhador qualificado pode executar esse trabalho.

1. Conheça os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs)

Toda empresa rural deve ter um local adequado para reparos, consertos de estruturas ou máquinas agrícolas. O espaço para execução de soldagem e corte de metais a quente deve ser preparado com os EPCs para o trabalho.

1.1. Use tapumes ou painéis não combustíveis no entorno do local de trabalho

Os tapumes ou painéis devem ser dispostos no entorno do local de trabalho. Eles protegem as pessoas do contato direto com a luminosidade excessiva, a fumaça, os gases e o salpico de material incandescente que saem da solda, como fagulhas e centelhas.

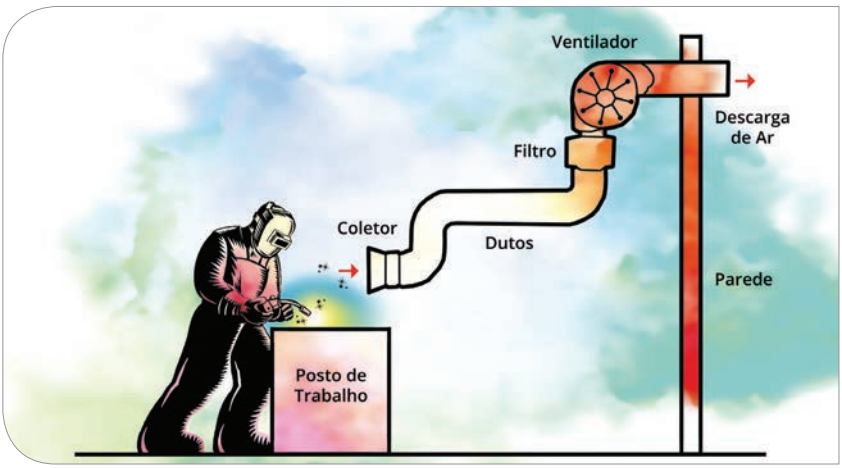


1.2. Instale ventilação mecânica exaustora

Na ventilação exaustora, um ventilador puxa o ar do local de trabalho e leva para fora por meio de tubulações apropriadas.

Atenção

A ventilação exaustora é fundamental quando o trabalho envolve chumbo, zinco, materiais revestidos de cádmio e eletrodo de solda revestido, que são materiais tóxicos.



1.3. Mantenha um extintor de incêndio visível e em local de fácil acesso

Não deve existir nenhum obstáculo que impeça o livre acesso ao extintor de incêndio, e todos os trabalhadores envolvidos na soldagem têm de estar capacitados para usá-lo.

Precaução

1. Inspecione sempre a área no entorno e os equipamentos antes de iniciar a soldagem.
2. Mantenha os equipamentos em bom estado e com a manutenção em dia.
3. Mantenha materiais combustíveis com, pelo menos, 10 m de distância do local de solda.
4. Não permita fumantes próximos de cilindros com gases combustíveis.
5. Desligue os equipamentos de solda elétrica e feche as válvulas de gases dos maçaricos em paradas prolongadas.

1.4. Saiba dos cuidados adicionais quando a soldagem é executada fora do local adequado

- **Soldagem em locais com materiais inflamáveis próximos**

Proteja com tapumes, ou mantas de material não combustível, todos os materiais inflamáveis, no entorno de onde a soldagem será realizada, como madeira seca, fardos de algodão, papel, tecidos, vasilhames com combustíveis líquidos, óleos lubrificantes, entre outros.

- **Soldagem em espaço fechado ou confinado**
  - » Utilize ventilação exaustora do recinto até eliminar gases inflamáveis antes de iniciar a soldagem e continue a ventilação durante todo o trabalho para retirar gases tóxicos que poderão se formar;
  - » Utilize, se necessário, equipamentos de respiração forçada;
  - » Mantenha um ajudante ou vigia capacitado na parte externa caso ocorra qualquer emergência no trabalho; e
  - » Caso o acesso seja por uma abertura estreita, providencie meios para uma saída rápida do trabalhador.

Atenção

Para garantir a segurança dos trabalhadores em locais fechados e confinados, é preciso seguir as orientações da Norma Regulamentadora 33 – NR 33.

- **Soldagem em depósitos ou tubulações para combustíveis ou material inflamável**

A soldagem nesses locais deve receber tratamento adequado:

» Recipientes que acondicionam combustíveis, como tanques de combustíveis de veículos automotores, tambores usados como depósitos ou tubulações condutoras de combustíveis, devem ser retirados dos locais em que operam, além de esvaziados e preenchidos com água para eliminar qualquer vapor existente; e

» Vasilhames descartados, que foram usados para guardar materiais químicos que possam emitir vapores combustíveis (recipientes de colas, de resinas, de tintas a óleo e solventes químicos, entre outros), também devem ser esvaziados e limpos.

Atenção

Cuidados semelhantes devem ser tomados com vasilhames descartados que guardaram, em algum momento, materiais potencialmente perigosos.

2. Conheça os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

Os EPIs, com certificados de aprovação, devem proteger os olhos e a pele do trabalhador da intensidade de luz e da radiação ultravioleta, além de queimaduras, salpicos de partículas incandescentes e, ainda, choques elétricos.

A depender do tipo de soldagem, os principais EPIs a serem usados são:

- **Solda branca**

Óculos, máscara com filtro para proteção respiratória e luvas de tecido não inflamável.

Óculos

Proteção respiratória

Luvas de tecido

- **Solda brasagem**

Óculos com filtro escuro, máscara filtro para proteção respiratória, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, além de luvas de raspa de couro.

Óculos com filtro escuro

Proteção respiratória

Luvas de raspa de couro

- **Solda forte com oxicombustível**

Óculos com filtro escuro (lentes nº 4, 5, 6 ou 8 a depender da chama ou da espessura do material soldado), máscara protetora facial, touca protetora, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, luvas, perneira, mangote, avental de raspa e botina.

Óculos com filtro

Máscara facial

Touca

Luvas de raspa

Botina

Perneiras de raspa

Mangotes de raspa

Avental de raspa

- **Solda forte com arco elétrico**

Máscara de solda com filtro escuro e UV (lentes nº 7, 8, 10 ou 11, a depender da amperagem de trabalho), touca protetora, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, luvas, perneira, mangote e avental de raspa, botina com isolamento elétrico no solado.

Máscara de solda

Máscara de solda de auto escurecimento

Touca

Avental de raspa

Luvas de raspa

Perneiras de raspa

Trabalhador equipado com EPIs para soldagem

Botina

Mangotes de raspa

Atenção

As pessoas envolvidas com a soldagem devem receber orientações sobre práticas seguras de trabalho, prevenção de acidentes e primeiros socorros.

Precaução

1. Os EPIs devem ser verificados antes de se iniciar o trabalho, sendo devidamente adequados para a atividade a ser desenvolvida.

2. Caso o local de trabalho não tenha ventilação mecânica exaustora, o trabalhador deve utilizar uma máscara com filtro para proteção respiratória.

3. O equipamento de solda em si não causa ruído acima do permitido para o trabalho contínuo, porém, o uso de protetor auricular pode ser necessário para proteger contra os ruídos emitidos por outras máquinas, martelos, marretas ou ferramentas utilizadas no processo de soldagem.

IV Realizar a soldagem com solda fraca

A palavra solda fraca engloba dois processos de soldagem, denominados solda branca e brasagem. Na soldagem com solda fraca somente a solda se funde. Nesse caso, a limpeza do local a ser soldado é muito importante para uma boa adesão da solda.

1. Conheça a soldagem com solda branca

A solda branca é usada principalmente em equipamentos elétricos e eletrônicos. Tem também aplicação em chapas finas, como no reparo de pequenos furos ou trincas em peças, como radiador automotivo ou mesmo na confecção de calhas e rufos, entre outros.

A solda branca é fabricada com uma mistura de estanho e chumbo, em diversas proporções de acordo com o uso, sendo identificada pela proporção dos componentes.

Exemplos:

Uma solda com 70% de estanho e 30% de chumbo é denominada solda 70/30. Outras misturas comuns são a 60/40, 50/50 e 40/60.

A solda 60/40 tem baixo ponto de fusão e é usada em equipamentos eletrônicos. Já a solda 50/50 é a ideal para a soldagem de cobre e latão.

Atenção

1 - A mistura estanho/chumbo 63/37 tem o ponto de fusão a 183°C. Em qualquer outra proporção a temperatura de fusão será maior.

2 - Como o chumbo é nocivo ao organismo, são fabricadas também soldas sem chumbo, como, por exemplo, 96,5% de estanho, 3,0% de prata e 0,5% de cobre.

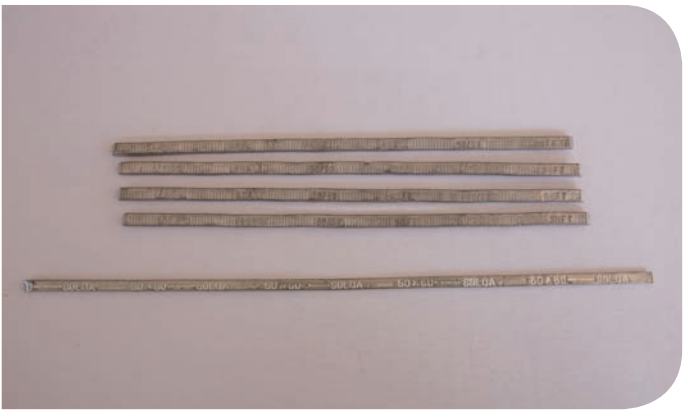
3 - Existem também soldas que misturam antimônio, prata e bismuto, entre outros, para alterar propriedades físicas como ponto de fusão e dureza.

A solda branca pode ser encontrada no mercado de diferentes formas:

- Fios, em diversos diâmetros e enrolados como bobina dentro de um tubo de plástico.

- Fios, em diversos diâmetros e enrolados como bobina em carreteis de plástico.

Barras, adquiridas com base no peso.



1.1. Conheça a fonte de calor

A fonte de calor pode ser uma peça aquecida, geralmente de cobre, que transfere o calor para o local a ser soldado, ou uma chama que aquece diretamente o local da soldagem, podendo ser:

- **Ferro de solda elétrico**

Tem sua ponta de cobre aquecida por uma resistência elétrica.

Para soldar placas de circuito impresso, por exemplo, um ferro de potência de até 40 W é adequado. Já para soldar a fiação de motores elétricos ou de alternadores automotivos será melhor um ferro elétrico de 100 W.

- **Ferro de solda a gás**

É utilizado um maçarico que aquece a peça de cobre com a chama da combustão de um gás. Pelo formato da peça de cobre, ela recebe o nome de machadinha em algumas regiões.

O gás mais comum é o GLP, em botijão de 2 ou 3 kg, o que facilita o manuseio do conjunto.

- **Maçarico**

O ferro de solda pode ser substituído por um maçarico que usa a chama para o aquecimento direto do ponto a ser soldado. O gás mais usado é o propano.

Atenção

1. A potência elétrica do ferro de solda deve considerar o diâmetro da fiação ou a espessura da chapa a ser soldada. Como regra prática, a peça de cobre do ferro de solda deve ter, pelo menos, o dobro da medida do fio ou o triplo da espessura da chapa que será soldada.

2. A intensidade da chama do maçarico deve considerar o diâmetro do fio ou a espessura da chapa a soldar.

1.2. Conheça as funções do fluxo

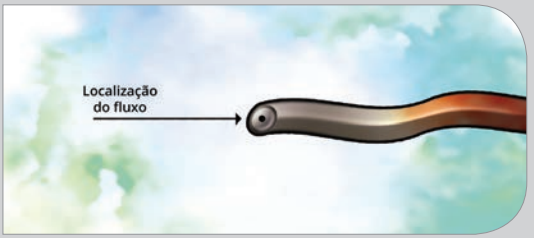
O fluxo é uma substância usada para eliminar os óxidos da superfície do ponto a ser soldado, para manter afastado o oxigênio do ar e fazer uma melhor soldagem. Pode ser do tipo resinoso, orgânico e inorgânico, na forma líquida, semipastosa ou pastosa.

- Fluxo na forma líquida, encontrado no mercado em diferentes volumes.

- Fluxo na forma semipastosa ou pastosa, encontrado no mercado em diferentes pesos.

Atenção

1. O fluxo pode vir em um canal dentro do fio da solda, ou pode ser colocado no local no ato da soldagem.



2. Na soldagem de componentes eletrônicos, é recomendável o fluxo resinoso, por não ser corrosivo, ter baixa condutividade elétrica e não interferir no funcionamento dos circuitos.

3. No caso dos metais, recomenda-se o fluxo orgânico e inorgânico na forma pastosa.

2. Faça a soldagem branca

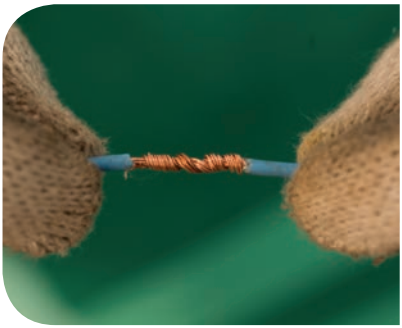
2.1. Prepare as partes a serem soldadas

2.1.1. Limpe bem o local da soldagem

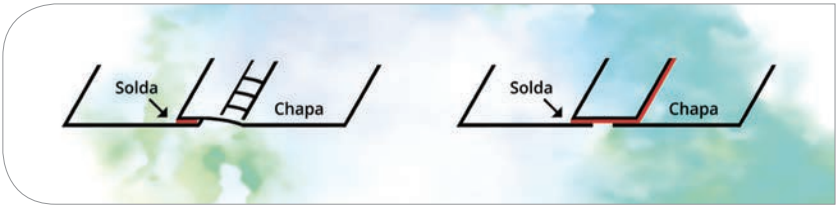
A limpeza do local da soldagem é essencial para a adesão da solda. Retire óleo, graxa, ferrugem, tinta, entre outros, do local que vai receber a solda. A sujeira pode contaminar a solda e reduzir sua resistência mecânica, formando gretas ou trincas, o que pode ocasionar o vazamento de líquidos ou gases, a exemplo de tubulações em refrigeradores, freezers, entre outros.

2.1.2. Reforce os pontos de união para aumentar a resistência

- Em fios elétricos, tire a capa isolante e faça uma emenda;



- Em chapas finas, sobreponha as pontas, coloque reforços ou dobre as pontas entre si.



2.2. Solde fios elétricos

2.2.1. Reúna o material

- Solda (50/50, 2 mm de diâmetro com fluxo)
- Fonte de calor (ferro de solda elétrico 100 W)
- Fios elétricos
- Alicate e lixa

Atenção

Para soldar fios elétricos de até 5 mm, use como fonte de calor um ferro de solda elétrico, com potência entre 50 e 100 W.

Precaução

Utilize os EPIs recomendados.

2.2.2. Verifique a ponta do ferro de solda

Se a ponta do ferro de solda estiver corroída ou oxidada, lime ou lixe até ficar limpa.

Ponta corroída e/ou oxidada

Ponta recuperada

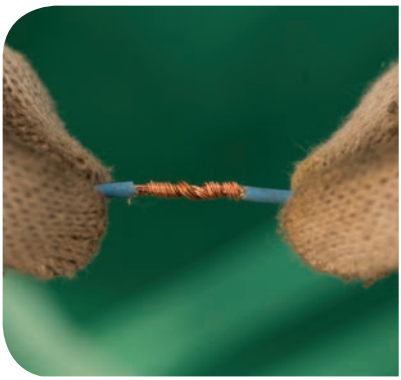
2.2.3. Estanhe a ponta do ferro de solda

Ligue o ferro de solda na tomada, espere aquecer e derreta a solda na ponta para estanhar e facilitar a soldagem.

2.2.4. Prepare o local da soldagem

a) Desencape as pontas dos fios, limpe, raspe e lixe, se necessário

b) Faça uma emenda que suporte força de tração ou vibração



Atenção

Não passe fluxo na emenda, pois ele já está no fio de solda.

2.2.5. Aqueça o local da soldagem para fundir a solda

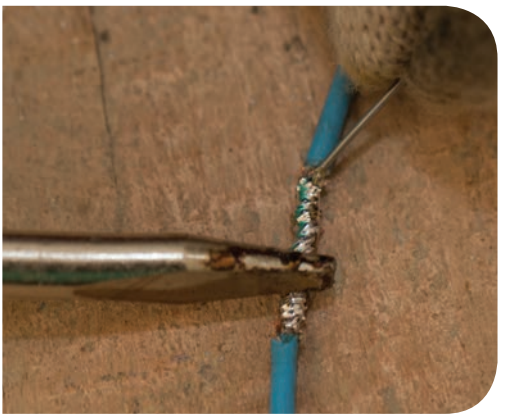
a) Encoste a ponta do ferro no local da união e aguarde; e

b) Encoste e retire o fio da solda para ver se ela funde.

Se não fundir, afaste a solda, mantenha o ferro encostado e repita o procedimento.

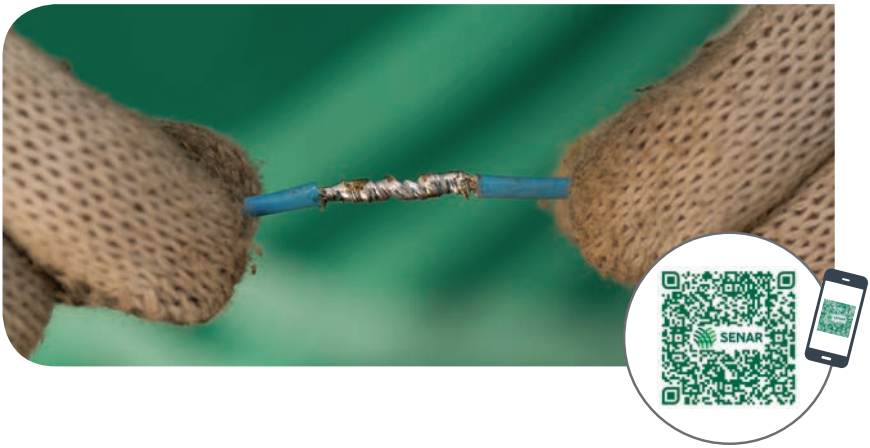
2.2.6. Espalhe a solda fundida

Quando a solda estiver fundindo, mantenha a ponta do ferro no local da união. Espalhe a solda na emenda.



2.2.7. Confira o resultado da soldagem

Desligue o ferro de solda da tomada. Espere esfriar o local da solda, verifique se ela cobriu todos os pontos desejados e avalie a resistência da união.



2.3. Solde um terminal em um cabo elétrico

2.3.1. Reúna o material

- Solda (50/50, 3 mm de diâmetro, sem fluxo)
- Fluxo pastoso ou semipastoso
- Fonte de calor (maçarico a gás)
- Terminal e cabo elétrico
- Alicate, faca e lixa

Atenção

Escolha o terminal de acordo com a bitola do cabo elétrico, que será utilizado.

Precaução

Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem.

2.3.2. Prepare o local da soldagem

a) Desencape as pernas de fios da ponta do cabo e limpe-as

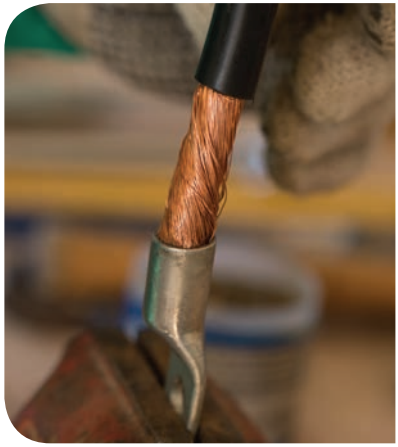
Se necessário, raspe com uma faca, lixando-as.

b) Passe fluxo dentro do terminal e na ponta do cabo

Passe fluxo no interior do terminal até atingir toda a parte interna.

c) Introduza o cabo elétrico no terminal

Introduza o cabo no terminal, movimentando-o para espalhar o fluxo também na parte interna do terminal.



2.3.3. Inicie a soldagem

a) Regule a chama do maçarico;

b) Aqueça o local de união com a chama ;

c) Encoste e retire o fio de solda e veja se derrete; e

d) Preencha os espaços com a solda derretida.

2.3.4. Confira o resultado da soldagem

a) Espere o local soldado esfriar; e

b) Verifique e avalie a resistência mecânica da união.

Atenção

Antes de esfriar totalmente, puxe a parte isolante do cabo para dar acabamento e isolar a parte exposta.

Precaução

1. Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem.

2. O chumbo e o estanho são prejudiciais à saúde, portanto, faça a soldagem em locais bem ventilados e evite inalar a fumaça que sai da solda. Utilize um ventilador ou outros meios para dispersar a fumaça da solda para longe do rosto.

3. Ao terminar o serviço, lave o rosto e as mãos.

3. Conheça a brasagem

A brasagem é outro tipo de solda fraca, usada para unir materiais iguais ou diferentes, como cobre, alumínio, ligas de cobre ou de alumínio e materiais ferrosos.

3.1. Conheça os tipos de solda para brasagem

A solda para brasagem vem na forma de varetas e tem composição de acordo com os materiais que serão unidos. Os fabricantes oferecem uma diversidade de soldas, por isso o ideal é consultar um catálogo com todas as opções. Em geral, tem-se:

- **Solda com ligas de prata**

A vareta contém prata e outros metais, como zinco e cobre, em diversas proporções. Quanto maior o teor de prata, maior a resistência às ações mecânicas, principalmente a vibração.

As ligas de prata podem soldar materiais ferrosos entre si e soldar ferrosos com não ferrosos (menos o alumínio).

A depender dos componentes, o ponto de fusão da solda com liga de prata fica acima dos 560ºC.

- **Solda com ligas de cobre (metal amarelo ou latão, bronze, alpaca, entre outras)**

A vareta contém cobre, zinco, estanho e outros, como prata, manganês, fósforo e silício.

As ligas de cobre podem tanto soldar materiais ferrosos entre si quanto materiais ferrosos com não ferrosos.

- **Solda com ligas de alumínio**

A vareta pode conter alumínio, zinco, silício, chumbo, estanho, cádmio e outros elementos em diversas proporções, e ainda ser usada para soldar alumínio, alumínio com cobre e suas ligas, além de alumínio com aço.

Atenção

O alumínio funde a 660ºC, portanto, a solda deve-se fundir a uma temperatura menor. Existe liga de estanho, chumbo e cádmio que funde a 160ºC, liga de alumínio e zinco que funde em torno de 400ºC e ligas de alumínio e silício, ou magnésio, com pontos de fusão um pouco abaixo da fusão do alumínio.

3.2. Conheça as fontes de calor usadas na brasagem

As fontes de calor mais comuns são a chama (maçarico), o aquecimento por indução elétrica, por resistência, e o aquecimento em fornos com atmosfera controlada. Pelo custo e simplicidade de operação, o aquecimento com chama é o mais comum.

- **Maçarico**

Para serviços eventuais, o uso de um maçarico portátil com gás propano é suficiente para o aquecimento do local da soldagem e execução da brasagem.

- **Maçarico a gás GLP**

É utilizado para a execução de serviços de brasagem com maior frequência.

- **Maçarico oxicombustível**

É um equipamento maior, com a vantagem de poder ser usado também na execução de soldagem com solda forte.

3.3. Conheça o fluxo para a solda brasagem

A substância denominada fluxo pode vir dentro da vareta ou ser adicionada no local durante a soldagem.

As substâncias químicas, denominadas boratos e carbonatos, geralmente são usadas em fluxo de ligas de prata, latão ou bronze. O fluxo para ligas de alumínio contém várias substâncias, como ácidos, cloretos e fluoretos.

Atenção

Em caso de solda em joias, devido ao contato com o corpo humano, a substância fluxo não pode ser corrosiva ou tóxica. Podem ser usados bórax ou boratos.

4. Faça a solda brasagem

4.1. Solde tubos de cobre de parede fina

4.1.1. Reúna o material

- Fonte de calor (maçarico portátil com gás propano)
- Vareta de solda para cobre ou alumínio com fluxo interno
- Fluxo para latão, boratos ou carbonatos
- Tubos de cobre
- Flangeador
- Alargador de tubos
- Martelo, alicate e lixa

Precaução

Faça uso dos EPIs recomendados.

4.1.2. Prepare os tubos

Corte os tubos nos comprimentos desejados e, caso necessário, acerte as pontas e retire rebarbas na parte interna e externa.

4.1.3. Faça uma bolsa em um dos tubos

Prenda o tubo em um flangeador e introduza um alargador na ponta do tubo com a ajuda de um martelo. Há a opção, ainda, de usar outro tipo de alargador disponível.

O tubo com a bolsa receberá a denominação de fêmea. O outro será o macho.

Atenção

1. Alguns tipos de alargadores de tubos:

2. É desejável uma pequena folga entre a ponta macho e a bolsa para o preenchimento de solda (entre 0,1 e 0,3 mm de folga).

4.1.4. Lixe e limpe bem o local da soldagem

Lixe a parte externa do macho e a parte interna da bolsa para eliminar sujeiras e oxidações.

Atenção

Se o fluxo estiver na forma de pó, aqueça a vareta e a introduza no fluxo. Ele irá colar na vareta.

4.1.5. Introduza a ponta do tubo na bolsa e inicie o aquecimento dos tubos

4.1.6. Faça a soldagem

a) Aqueça os tubos, sempre movimentando a chama

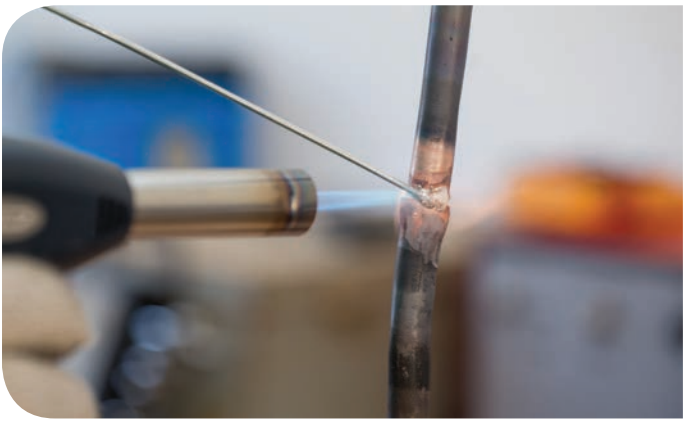
Aqueça primeiro o macho, pois dentro da bolsa aquece menos.

b) Confira o derretimento da solda

- Mantenha sempre o aquecimento e encoste a vareta de solda no tubo macho para ver se ela derrete; e
- Se não derreter, repita o procedimento até a vareta começar a derreter (o cobre fica mais avermelhado próximo ao ponto de fusão da solda).

c) Espalhe a solda

Quando a vareta começar a derreter, espalhe a solda, preenchendo o espaço entre a bolsa e o macho.



4.1.7. Confira o resultado da soldagem

a) Observe a solda

Espere o local soldado esfriar e observe se a solda preencheu todo o espaço entre o macho e a bolsa.

b) Confira se não há vazamento

Use água ou ar sob pressão para ver se não há vazamento.

4.2. Solde tubos de alumínio de parede fina

4.2.1. Reúna o material

- Fonte de calor (maçarico portátil com gás propano)
- Tubos de alumínio
- Vareta de solda para alumínio, já com o fluxo no seu interior
- Flangeador

- Alargador de tubos
- Martelo, alicate e lixa

4.2.2. Prepare os tubos

a) Corte os tubos nos comprimentos desejados;

b) Acerte as pontas, retire rebarbas na parte interna e externa;

c) Faça uma bolsa em um dos tubos, lixe a parte externa do macho e a interna da bolsa; e

d) Introduza a ponta macho na bolsa.

4.2.3. Inicie a soldagem

a) Aqueça os tubos

Comece aquecer pelo macho, pois ele está dentro da bolsa.

Atenção

O ponto de fusão do alumínio é baixo, portanto diminua a chama, afaste-a um pouco do ponto de soldagem (10 a 15 cm) e movimente sempre o maçarico para o calor não concentrar em um ponto somente, fundindo, assim, o alumínio.

Espalhe a solda e preencha os espaços

Toque a vareta no tubo macho e veja se ela derrete. Se não derreter, repita o procedimento.

Quando a vareta derreter, espalhe a solda no ponto de união, preenchendo o espaço entre a bolsa e o macho.

Atenção

Movimente sempre o maçarico.

4.2.4. Confira o resultado da soldagem

a) Espere o local soldado esfriar e observe se a solda preencheu todo o espaço entre o macho e a bolsa; e

b) Confira se não há vazamento.

Use água ou ar sob pressão para detectar a presença de vazamento.

V Realizar a soldagem com solda forte

A solda forte é usada principalmente para soldar materiais ferrosos em estruturas metálicas, no preenchimento de falhas ou trincas e no revestimento de partes desgastadas, a exemplo dos rolos de engenho de cana-de-açúcar. O aparelho de soldagem também pode ser usado para cortar, aquecer, dobrar ou curvar metais.

1. Conheça a soldagem com oxicombustível

Na soldagem com oxicombustíveis, um gás combustível queima com oxigênio em chama de alta temperatura, fundindo a solda e o metal em uma poça de fusão no local de união.

Esse tipo de solda é utilizado para fazer reparos em peças, chapas e tubos de pequena espessura e é essencial no pré-aquecimento e no pós-aquecimento de materiais difíceis de soldar como no caso do ferro fundido.

1.1. Conheça a fonte de calor

A fonte de calor mais comum é o gás acetileno, cujo processo passou a ser conhecido como solda oxiacetileno.

Atenção

Segundo a ABNT (NBR 12176), a cor do cilindro ou garrafa do acetileno é bordô, e a do oxigênio é preta.

A escolha do tamanho do bico para o maçarico, bem como da pressão de trabalho dos gases, é função da espessura do material que vai ser soldado (consulte a Tabela 1).

Tabela 1. Tamanho do bico do maçarico e pressão de trabalho do oxigênio e do acetileno em função da espessura do material a soldar

Espessura da peça ou da chapa a soldar (mm)	Tamanho do bico, ponta ou extensão (Nº)	Pressão do oxigênio e do acetileno (kgf/cm²)
0,3 – 0,5	2	0,4
0,5 – 0,8	4	
0,8 – 1,5	6	
1,5 – 2,5	9	
2,5 – 3,0	12	0,5
3,0 – 5,0	15	
5,0 – 6,5	20	
6,5 – 9,5	30	

Precaução

A NR 18 exige válvulas corta-fogo para evitar o retorno da chama nas saídas dos reguladores de pressão dos gases e nas chegadas ao maçarico, para evitar audentes.

1.2. Conheça a vareta de solda para materiais ferrosos

A solda mais comum para materiais ferrosos é feita de ferro, sendo encontrada no mercado com diâmetros de 1,2 a 6,5 mm e com comprimento de 90 cm.

1.3. Conheça o fluxo para materiais ferrosos

Na solda para materiais ferrosos, o fluxo é de cobre e recobre a vareta.

Precaução

Antes de usar qualquer equipamento de solda oxiacetileno:

1. Verifique em todas as conexões, do cilindro ao maçarico, se há vazamento. Para isso, use espuma de sabão. Não opere o equipamento se houver vazamento.

2. Verifique se há contaminação em qualquer parte do equipamento por graxa, óleo ou outro derivado de petróleo. Limpe tudo antes de liberar o fluxo de gases, pois o oxigênio pode reagir com esses derivados e iniciar uma combustão.

3. Desenrole as mangueiras e verifique se não estão dobradas ou amassadas.

1.4. Faça a soldagem com solda forte em material ferroso

As principais formas de junção das partes para soldagem são de topo, sobrepostas e em ângulo.

1.4.1. Prepare as partes para a soldagem

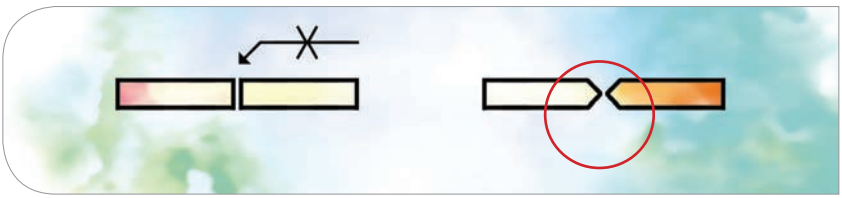
- **Solda de topo em chapas com menos de 2 mm**

Com alicates de pressão, fixe as partes a serem soldadas.

Faça pontos de solda nas extremidades para a primeira fixação.

- **Solda de topo em chapas com mais de 2 mm**

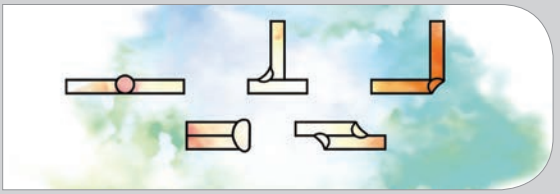
Se as peças permitirem, faça um chanfrado em cada chapa no ponto de encontro para que seja(m) preenchida(s) com solda. Os chanfrados devem ser feitos, preferencialmente, em cima e embaixo da(s) chapa(s).



Atenção

1 – Evite fazer o chanfrado apenas de um lado, já que, após o esfriamento, a contração da parte mais larga da solda pode deformar o conjunto.

2 - Prepare sempre as partes de acordo com a finalidade de seu uso final.



3 - É importante que a solda penetre até onde for necessário, principalmente em trincas. Veja três profundidades de penetração possíveis em função da escolha do processo e do tipo de solda.

4 - Veja o resultado de uma soldagem em que faltou penetração da solda e outra com boa penetração.

- **Solda em materiais muito duros, com restrições na expansão ou contração térmica**

Materiais ferrosos com alto teor de carbono, como aços temperados e, principalmente, o ferro fundido, não suportam bem variações bruscas de temperatura. Eles devem ser pré-aquecidos para execução da soldagem, além de resfriados lentamente para evitar trincas entre o cordão de solda e o corpo da peça.

1.4.2. Solde chapas de ferro de 2 mm

a) Reúna o material

- Aparelho de solda oxiacetileno
- Vareta de ferro cobreada
- Lixadora ou lima para preparar as partes ou dar acabamento

Precaução

Faça uso dos EPIs recomendados

b) Prepare o aparelho de solda oxiacetileno

- Faça a inspeção inicial do aparelho
- Escolha o bico ou extensão a usar

Conforme Tabela 1 (página 58), nesse caso, chapa de 2 mm, use o bico nº 9.

c) Regule a pressão do acetileno

- Abra o regulador de pressão;

Gire a manopla do regulador de pressão do acetileno abrindo até o final.

- Abra bem devagar o registro do acetileno;

Se o ponteiro do manômetro 1 indicar que tem pressão é porque tem gás no cilindro.

- Abra o registro do acetileno no maçarico; e
- Regule a pressão do acetileno.

Gire a manopla do regulador de pressão até que o ponteiro do manômetro 2 indique 0,4 bar, ou 0,4 kgf/cm^2 ou 5,8 psi, dependendo da escala do manômetro.

Atenção

O primeiro manômetro (1), que fica mais próximo do registro do cilindro, indica a pressão do cilindro e o quanto ainda tem do gás. O segundo manômetro (2) indica a pressão de alimentação do maçarico.

d) Regule a pressão do oxigênio

Repita os mesmos passos usados na regulagem da pressão do acetileno.

e) Regule a chama do bico do maçarico

- Abra devagar o registro do acetileno no maçarico e acenda a chama;

Aparecerá uma fumaça preta na ponta da chama.

- Abra devagar o registro do oxigênio no maçarico;

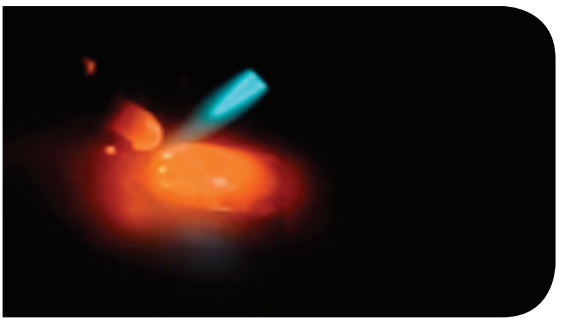
A fumaça vai desaparecendo e aparece um cone grande dentro da chama e outro cone menor na ponta do bico.

- Inicie a regulagem da chama do maçarico; e

Continue a abrir o registro do oxigênio até verificar que os cones da ponta do bico e do acetileno reduzirão de tamanho.

- Finalize a regulagem da chama.

Continue a abrir o registro do oxigênio enquanto os cones da ponta do bico reduzem de tamanho. Essa é a chama neutra, ideal para soldas em geral, sendo esse cone o responsável pela fusão do metal.



Atenção

Não se deve aumentar o oxigênio além do ponto de formação do cone azulado, pois o excesso de oxigênio oxida a peça que está sendo soldada, e a solda não adere bem, ficando queimada.

f) Faça a soldagem

- Posicione o maçarico e a vareta de ferro cobreada, ambos inclinados em 45º em relação à chapa;

» Derreta a solda

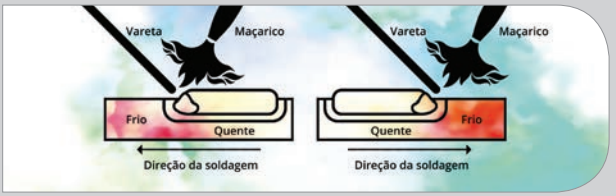
- Deixe a ponta do cone azulado a uns 2 mm do ponto que vai ser soldado;
- Aqueça o local até a chapa começar a fundir; e
- Encoste a vareta na chapa e derreta a solda.

» Avance com o bico e a vareta para a esquerda e vá derretendo-a na chapa no trajeto desejado

Atenção

1. Com o maçarico na mão direita e a vareta na mão esquerda, indo com o maçarico do lado direito para o lado esquerdo, a soldagem é feita mais lentamente, pois a vareta encosta na superfície que ainda não foi aquecida. Esse procedimento é recomendado para chapas finas com menos de 3 mm.

2. Com o maçarico indo do lado esquerdo para o lado direito, a soldagem é mais rápida, pois a vareta encosta na superfície já aquecida. Esse procedimento é recomendado para chapas com mais de 3 mm.

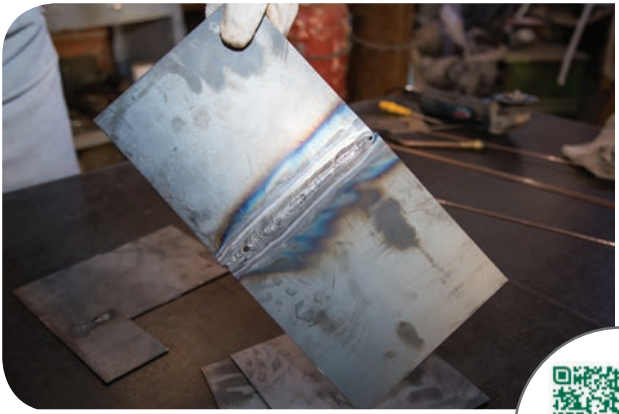


g) Apague a chama do maçarico

- Encerrada a soldagem, abra um pouco mais a torneira do oxigênio, feche a torneira do acetileno e em seguida feche a torneira do oxigênio; e
- Feche os registros de acetileno e oxigênio nas respectivas garrafas.

h) Confira o resultado da soldagem

- Após esfriar, observe se a solda atende o exigido



2. Conheça a soldagem com arco elétrico

Na soldagem com arco elétrico também se fundem a solda e/ou os materiais que estão sendo soldados.

O arco elétrico é formado pela passagem de uma corrente elétrica entre o eletrodo e o material que vai ser soldado, resultando em uma enorme fonte de calor.

2.1. Conheça as fontes de calor

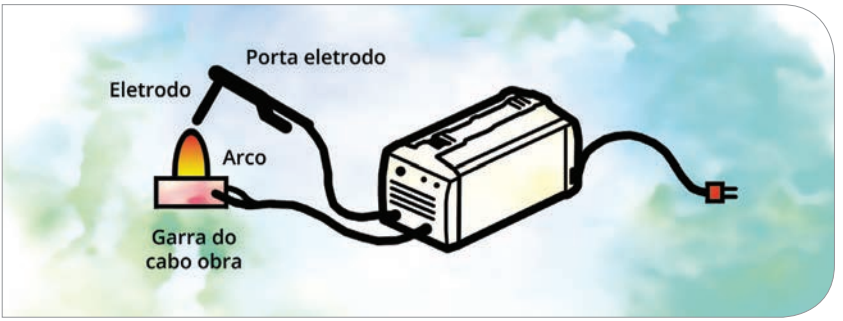
- **Transformador**

O transformador abaixa a tensão da rede elétrica para um valor de menor risco de choque elétrico e a variação da posição de núcleo do transformador permite variar a corrente elétrica fornecida.

Essa corrente é alternada e forma o arco entre o eletrodo revestido e o local da união.

- **Inversora**

Na inversora, um circuito eletroeletrônico transforma a corrente alternada da rede elétrica em corrente contínua e forma o arco entre o eletrodo revestido e o local da união.



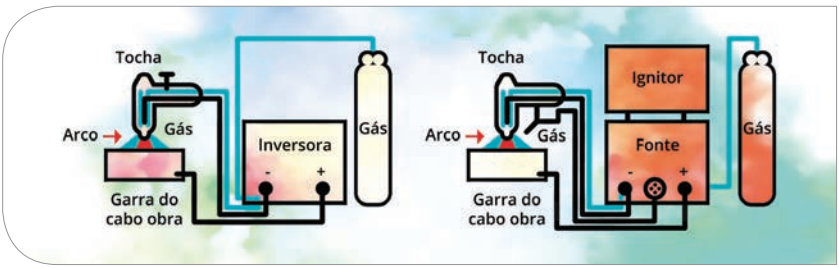
O cabo do porta eletrodo deve ser ligado na saída negativa da inversora, pois, desse modo, o arco gera mais calor no polo negativo, no qual fica o eletrodo revestido que se quer fundir. Se ligar o cabo do porta eletrodo no polo positivo da inversora, maior calor será gerado do lado da peça sob soldagem. Esse procedimento é usado quando se quer cortar a peça com o arco elétrico (gasta menos eletrodo).

- **Aparelho de Solda TIG**

No aparelho de solda TIG, uma fonte eletroeletrônica forma o arco elétrico entre um eletrodo metálico de tungstênio, não consumível, e o metal a soldar. O arco pode derreter só o metal no ponto de união, ou o metal e uma vareta de solda, que é encostada no local. Um gás sai pelo bocal da tocha e protege o eletrodo de tungstênio e a poça de fusão contra o ar atmosférico, funcionando como fluxo.

A fonte eletroeletrônica pode ser uma inversora acoplada a uma tocha alimentada pelo gás. Nesse caso, só se pode alterar a corrente elétrica de trabalho e sua polaridade.

O aparelho pode ser também específico para solda TIG, permitindo alterar a corrente elétrica, sua polaridade, usar corrente alternada, ou corrente contínua pulsante, controlar o gás e ter o início do arco elétrico sem encostar o eletrodo de tungstênio na peça a ser soldada.



É um processo que requer mais habilidade do trabalhador e limpeza perfeita dos metais a serem soldados. É mais adequado para soldar materiais de espessura fina e realizar serviços de precisão.

A tocha é importante no processo, já que é nela que ficam o eletrodo de tungstênio e o difusor do gás para o entorno do ponto de soldagem.

Atenção

1. Com correntes até 200 ampères a tocha é refrigerada pelo próprio gás de proteção da solda (tocha seca).

2. Com correntes acima de 200 ampères a tocha é refrigerada com água.

O diâmetro do eletrodo de tungstênio é escolhido em função da espessura da peça a soldar e da corrente elétrica de trabalho. Se a peça for mais espessa, o eletrodo deve ser de maior diâmetro e, por consequência, ter maior corrente elétrica. Use a Tabela 2 para selecionar os eletrodos e fazer as regulagens.

Tabela 2. Espessura dos materiais, diâmetros de eletrodos de tungstênio e regulagens na TIG.

Espessura do material (mm)	Diâmetro do Eletrodo (mm)	Eletrodo no Polo Negativo (Ampères)	Vazão de Gás (Litros/min)
1,6 – 3	1	50 – 90	8 – 12
3 – 6	1,6	70 – 120	8 – 12
6 – 12	2,4	100 – 150	10 – 14

Os eletrodos podem ser de tungstênio puro ou conter tório, cério, lantânio ou zircônio (identificados pela cor afixada em uma de suas pontas). Os eletrodos têm em média 150 mm de comprimento e cada tipo é indicado para soldar determinado metal, conforme apresentado no Quadro 1.

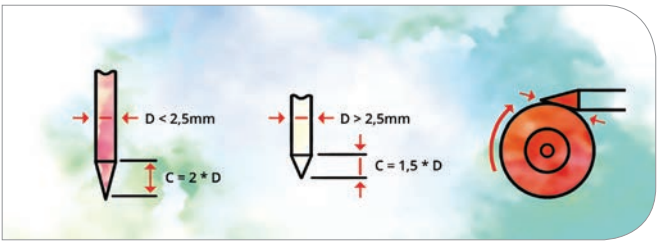
Quadro 1. Composição, características e usos dos eletrodos de Tungstênio

Composição	Cor da Ponta	Características Elétricas	Para soldar
Tungstênio puro	Verde	CA (o mais barato)	Alumínio, magnésio
Tungstênio + Tório	Vermelha	CC, CA (o melhor e mais usado)	Aço carbono, aço inox, níquel, titânio
Tungstênio + Cério	Cinza	CC, CA em baixa amperagem	Aço inox, aço carbono, titânio
Tungstênio + Lantânio	Dourada	Fonte pulsada	Aço inox
Tungstênio + Zircônio	Branca	Somente solda CA	Ferro, aço carbono, aço inox

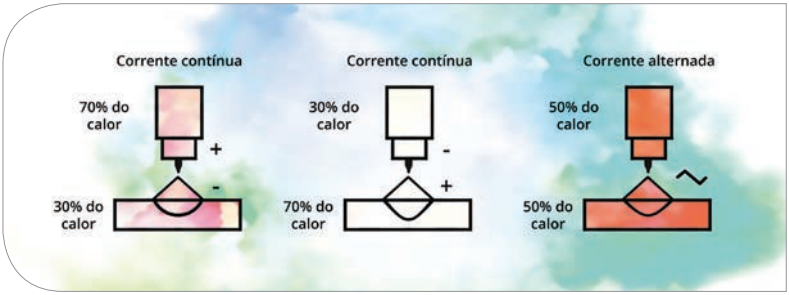
Obs.: CA – Corrente Alternada; CC – Corrente Contínua.

Na soldagem com corrente contínua, o eletrodo deve estar com a ponta afiada e o comprimento da ponta deve ser de 1,5 a 2 vezes o seu diâmetro.

Afie a ponta do eletrodo com a ação abrasiva do esmeril no sentido longitudinal. Na soldagem com corrente alternada, a ponta do eletrodo tende a ficar arredondada, não sendo necessário afiar.

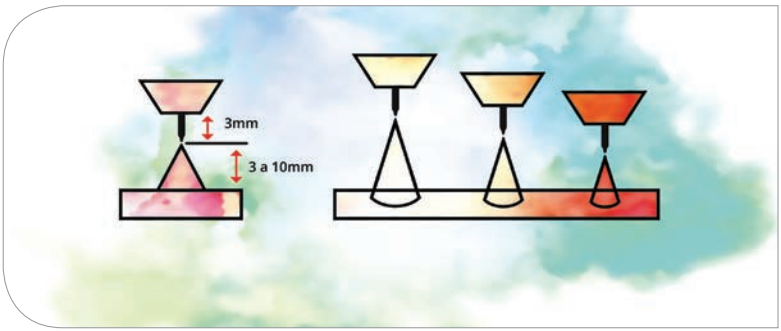


Ao usar corrente contínua para soldar, ligue o eletrodo no terminal negativo do aparelho de solda, pois assim o calor do arco elétrico fica mais concentrado na peça que está sendo soldada, aumentando a vida útil do eletrodo.



A ponta do eletrodo de tungstênio fica para fora do bocal de cerâmica em torno de 3 mm.

A distância entre a ponta do eletrodo e a poça de fusão varia de 3 a 10 mm. Quanto maior a distância, maior a largura do cordão de solda e vice-versa.

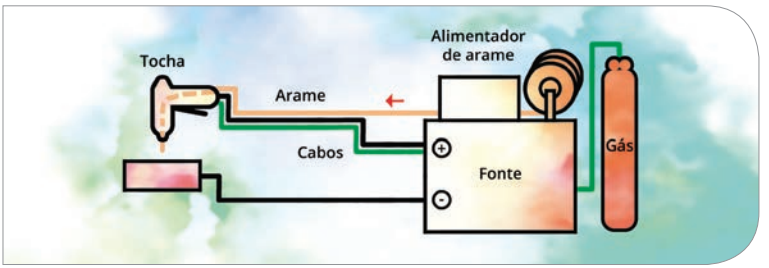


- **Aparelho de Solda MIG/MAG**

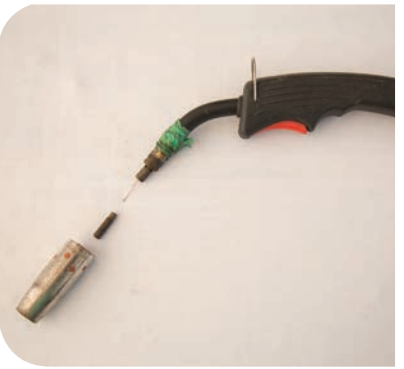
No aparelho de solda MIG/MAG, uma fonte eletroeletrônica forma o arco entre o arame de solda e a peça a soldar. O arco elétrico derrete o metal e o arame de solda.

O aparelho de solda MIG/MAG transfere o metal da solda para a peça que está sendo soldada por três formas:

- Transferência por curto-circuito: o arame toca a poça de fusão (em correntes de até 160 ampères e baixa tensão elétrica);
- Transferência por aerossol: pequenas gotas fundidas são desprendidas da ponta do arame e projetadas por força eletromagnética em direção à poça de fusão (em correntes acima de 160 ampères e alta tensão elétrica); e
- Transferência globular: gotas maiores do metal fundido movem-se em direção à poça de fusão sob a influência da gravidade (corrente baixa e alta tensão elétrica).



A tocha é importante no processo por guiar o arame continuamente para o local de soldagem e o bocal direciona o gás para o ponto de soldagem, protegendo, assim, o local do ar atmosférico.



O bico de contato da tocha tem um furo pelo qual passa o arame, com diâmetro apropriado. Com o atrito há um desgaste e o alargamento do furo, e ele deve ser substituído quando necessário.

A distância da borda do bocal da tocha até a peça soldada depende da posição em que se está soldando e, se o local for chanfrado, da largura do chanfrado. Uma distância em torno de 12 vezes o diâmetro do arame de solda, ou em torno de 15 mm, é um ponto de partida.

Assim como na tocha TIG, com correntes de até 200 ampères a tocha MIG/MAG é refrigerada pelo gás de proteção da solda (tocha seca), e com correntes acima de 200 ampères a tocha é refrigerada com água.

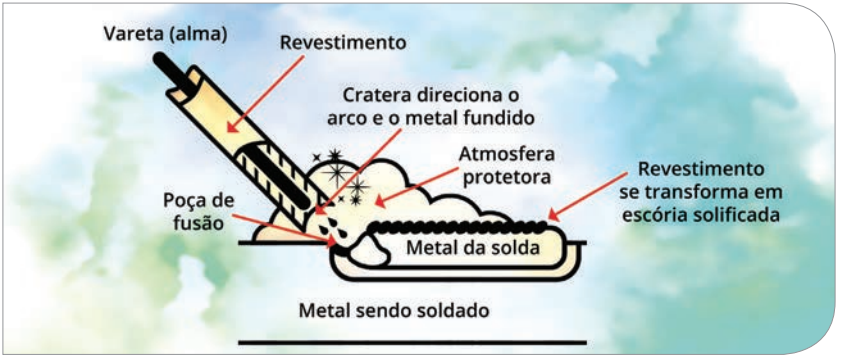
2.2. Conheça o eletrodo, o arame e a vareta de solda

De um modo geral, tanto o eletrodo quanto o arame ou a vareta devem ser de um metal com composição química próxima da composição do material a ser soldado.

2.2.1. Escolha o eletrodo revestido para uso com o transformador ou inversora

O eletrodo revestido é coberto por uma mistura de componentes químicos que queimam durante a soldagem e geram gases, criando uma atmosfera protetora da poça de fusão.

A escória, resultante da queima, é mais leve que a solda líquida e fica sobre ela após a soldagem, protegendo-a da oxidação e retardando o seu resfriamento. Além disso, esse revestimento forma uma cratera na ponta do eletrodo que direciona o arco e o metal fundido.



Os diâmetros dos eletrodos revestidos encontrados no mercado variam de 1 a 7 mm, e cada um deles exige uma determinada corrente elétrica para sua correta fusão.

Escolha diâmetros do eletrodo relativamente similares à espessura do material a soldar. Selecionado o eletrodo, multiplique o seu diâmetro, em milímetros, por 35, e faça a estimativa inicial da corrente elétrica de trabalho.

Amperagem de trabalho = diâmetro do eletrodo (mm) X 35

Exemplo:

- Considere um eletrodo de 2 mm de diâmetro.
- 35 é uma constante de multiplicação.

Amperagem de trabalho = 2 mm x 35 = 70 A

Comece a soldar com o aparelho de solda regulado para trabalhar com 70 ampères.

Atenção

1. Se a peça que estiver sendo soldada furar, pode ser por excesso de amperagem. Diminua a corrente e teste novamente.

2. Se o eletrodo ficar “agarrando” na peça pode ser falta de amperagem. Aumente um pouco a amperagem.

3. Para escolher o eletrodo apropriado o ideal é consultar um catalogo de soldas.

4. Na falta de um catálogo comercial de soldas, como ponto de partida para soldar materiais ferrosos com composição desconhecida, a escolha inicial do eletrodo revestido pode ser o E – 6013.

Para identificar o eletrodo, observe a nomenclatura e classificação criada pela American Welding Society (AWS), também seguida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), escrita na própria vareta de solda.

- **Para material ferroso, como ferro, aço, aço liga, aço inox ou ferro fundido**

Utilize eletrodo E – 6013. Veja o que significa:

E- XXYY (nomenclatura usada para material ferroso).

E – eletrodo para soldagem a arco elétrico.

XX – resistência mínima da solda ao esforço.

Y – posição de soldagem (1 – todas as posições, 2 – plana a vertical, 3 – vertical, 4 – todas as posições, inclusive vertical descendente).

Y – tipo de revestimento do eletrodo, tipo de corrente elétrica (Corrente Contínua - CC, ou Corrente Alternada - CA) e polaridade da fonte CC em que o eletrodo deve ser ligado (vai de 0 a 9, consulte a Tabela 1 da página 58).

Exemplo de eletrodo E- 6013:

- 60: tem 60 mil psi de resistência, ou 42,2 kgf/mm^2.
- 1: pode ser soldado em todas as posições.
- 3: tem revestimento rutílico e pode ser ligado em CC ou CA.

Atenção

Quanto maior o valor de XX maior a resistência final da solda. A solda E- 70YY resiste a mais forças do que a solda E- 60YY.

- **Para ferro comum tipo barra chata, ferro redondo, cantoneira ou metalon**

Utilize eletrodo E- 6013 ou um equivalente comercial como o OK 46 ou o WV6. A solda tem boa resistência mecânica, pode soldar em qualquer posição e abre fácil o arco elétrico. É a mais usada em serralherias sendo facilmente encontrado no comércio.

- **Para aço em geral, de baixo teor de carbono, tipo elos de corrente, disco de arado e eixos de máquinas em geral, entre outros**

Utilize eletrodo E- 7018 ou um equivalente comercial como o OK 48.04 ou o WV8. A solda tem alta resistência mecânica, pode soldar em qualquer posição, com indicação para estruturas rígidas, aços fundidos e aços sem liga de composição desconhecida. É facilmente encontrado no comércio.

- **Para aço inox**

Na nomenclatura e classificação da AWS para o aço inox, os dígitos têm a ver com composição química do eletrodo. A exemplo do eletrodo E-308, ou um equivalente comercial como o OK 61.30, é baixíssimo o teor de carbono, o que evita o aparecimento de corrosão no entorno da solda.

- **Para ferro fundido**

Para o ferro fundido, a AWS usa letras para indicação de componentes químicos que favorecem a soldagem e tipo de ferro fundido. No eletrodo E-NiFe-CI (com o equivalente comercial EutecTrode 27 ou XIRON 22*23), por exemplo, as letras indicam:

E – eletrodo revestido para arco elétrico;
Ni – níquel;
Fe – ferro; e
CI – uso em ferro fundido (CI = Cast Iron).

Atenção

1. Armazene os eletrodos em lugares secos ou em estufas, pois são sensíveis à umidade.

2. Retire da caixa só o suficiente para a execução do trabalho.

- **Para alumínio e suas ligas**

Na tabela de classificação da AWS há uma relação de eletrodos para soldagem de alumínio, como o E-1100, para alumínio puro e o E-4047 para ligas de alumínio. O eletrodo E- 4047 tem elevado teor de silício, o que facilita a fusão e a união das partes. Para uma melhor escolha, consulte a Tabela 2 da página 73.

2.2.2. Escolha a vareta para o aparelho de solda TIG

A vareta com o metal de adição (solda) encontrada no comércio tem comprimento entre 0,9 a 1 metro e, pelo menos, 7 diâmetros que variam de 0,8 a 6,4 mm.

Observe a nomenclatura e a classificação da AWS para varetas:

- **Para ferro e aço com baixo teor de carbono**
  - » ER – XXX S (podem vir mais letras relativas as propriedades químicas da solda);
  - » ER – para arco elétrico, na forma de vareta;
  - » XXX ou XX – resistência mínima à tração da solda, em Mpa ou 1000psi; e
  - » S – material na forma sólida.

Atenção

O valor da resistência à tração da solda vem na unidade Mega Pascal, XXX, ou em 1000 psi, XX.

Exemplo da vareta ER- 70 S (equivalente comercial: OK Tigrod 12.60):

- ER - vareta para aparelho de solda TIG;
- 70 - tem 70 mil psi de resistência, ou 49,2 kgf/mm2 (ou 492 MPa); e
- S - vareta sólida.

Atenção

Consulte as tabelas do anexo para varetas usadas em aço liga, aço inox e alumínio.

2.2.3. Escolha o fio ou arame para o aparelho de solda MIG/MAG

O arame de solda é o mesmo da vareta usada na solda TIG, sendo, porém, um arame contínuo e não uma vareta.

O arame vem na forma de rolos com peso entre 5 e 15 kg, diâmetros de 0,6 a 2,4 mm. O diâmetro é escolhido de acordo com a espessura do material a soldar (veja a Tabela 3). Os rolos podem estar instalados dentro ou fora da máquina.

Um mecanismo composto por roldanas empurra o arame e alimenta continuamente a tocha de soldagem. A velocidade de saída do arame pode ser controlada.

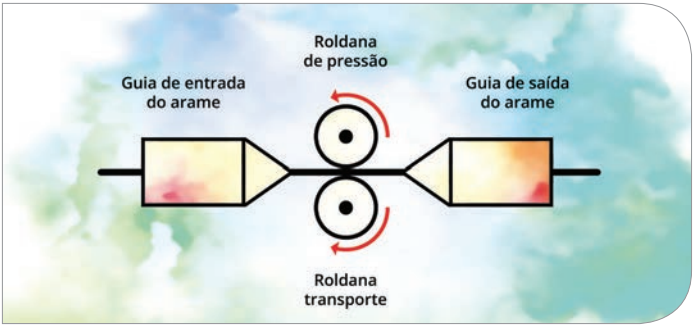


Tabela 3. Espessura do material, diâmetros dos arames e regulagens na MIG/MAG

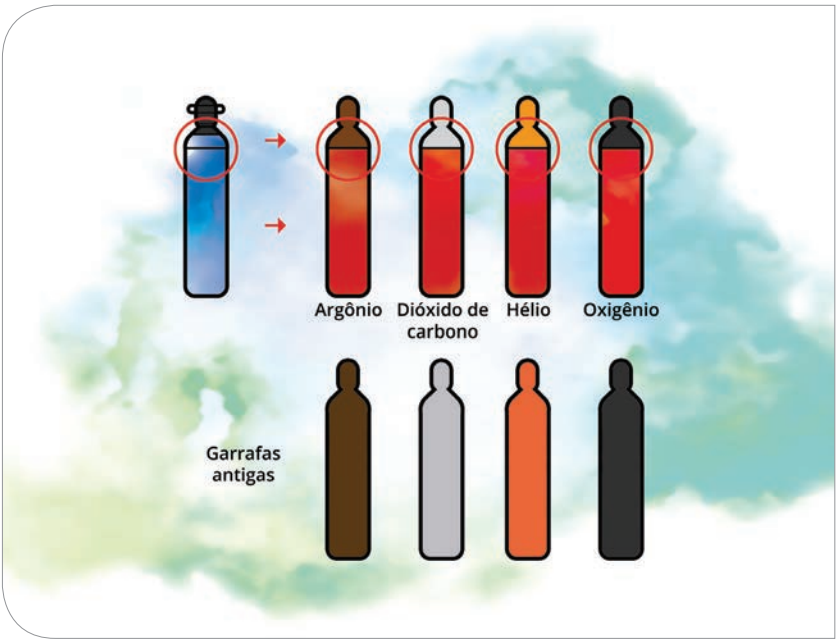
Espessura (mm)	Diâmetro do arame (mm)	Corrente (A)	Tensão elétrica (V)	Vazão do gás (litros/min)
0,8 – 1,5	0,8	50 -90	17 – 18	6
1,0 – 2,5	0,8	60 -100	18 – 19	7
2,5 – 4,0	0,8	100 – 140	21 - 24	8
2,0 – 5,0	1,0	70 -120	19 – 21	9
5,0 - 10	1,0	120 - 170	23 - 26	10

2.2.4. Conheça o gás de proteção para aparelhos de solda TIG e MIG/MAG

Os gases de proteção são acondicionados em cilindros, comumente chamados de garrafas, balão ou bala de gás. São assim utilizados:

- Em metais não ferrosos utilize argônio ou hélio. O argônio tem menor custo e maior disponibilidade. O hélio aumenta a capacidade de penetração da solda; e
- Em metais ferrosos se usa uma mistura de argônio com 8 a 25% de CO_2 e, no caso específico do aço inox, no máximo de 2 a 4% de CO_2, para evitar tanto a inclusão de carbono na peça quanto o aparecimento posterior de corrosão na solda.

Os gases são identificados pela cor das calotas e por etiquetas coladas nas garrafas, apesar de em garrafas mais antigas a cor de identificação ser em todo o corpo. São encontrados em volume de 7, 22, 43 e 50 litros.



Rótulo das garrafas

Atenção

1. Se o material a ser soldado for de cobre, alumínio, ou suas ligas, bem como de aço inox, use gás inerte.

2. Se o material for ferroso, use uma mistura de gás inerte e CO_2.

2.3. Faça a soldagem de materiais ferrosos

Materiais ferrosos são mais utilizados nas empresas rurais e são ideais para se iniciar o processo de soldagem.

2.3.1. Solde cantoneira com uma inversora ou um transformador

Use uma cantoneira de ferro de 3 mm de espessura para praticar o processo de formação do arco elétrico e a execução de um cordão de solda.

Precaução

Use EPIs, como óculos com filtro escuro, máscara filtro para proteção respiratória, avental, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, além de luvas de raspa.

a) Reúna o material

- Inversora ou transformador de solda
- Cantoneira 50 X 50 mm com 3 mm de espessura
- Eletrodo revestido, diâmetro de 3 mm (diâmetro igual à espessura da cantoneira)
- Escova de aço
- Uma bancada de trabalho livre

b) Prepare a inversora ou o transformador Inversora

- Ligue a inversora na tomada
- Insira o cabo do porta eletrodo no terminal negativo da inversora e o cabo da garra no terminal positivo

Transformador

- Confira se o cabo de alimentação elétrica já vem com plugue para ligar na tomada; e
- O cabo do porta eletrodo e o cabo da garra de um modo geral já vêm instalados.

Atenção

1. Dependendo da marca do equipamento, existem diferenças na sua operação, por isso, leia o manual de instruções para ligar o equipamento, colocar os cabos de porta eletrodo e da garra e regular a amperagem de trabalho.

2. É comum o cabo de alimentação elétrica do transformador de solda vir sem o plugue e um interruptor de Liga/Desliga. Solicite o apoio de um eletricista para escolher a melhor forma de ligar o transformador de solda na rede de energia e instalar uma chave Liga/Desliga.

3. Confira e garanta o aterramento elétrico correto do equipamento (observe a NR 10).

c) Escolha o eletrodo e calcule a amperagem de trabalho

Eletrodo E- 6013, com 3 mm de diâmetro.

Amperagem de trabalho = diâmetro do eletrodo X 35

Amperagem de trabalho = 3 X 35 = 105 A.

d) Insira o eletrodo no porta eletrodo

e) Faça a ligação do cabo da garra

- Fixe a cantoneira em uma morsa de bancada; e
- Ligue a garra do cabo obra na cantoneira.

Precaução

Mantenha sempre o porta eletrodo longe tanto da peça que vai soldar quanto da garra, evitando, desse modo, curto-circuito na bancada.

f) Ligue a inversora ou o transformador e regule a amperagem de trabalho

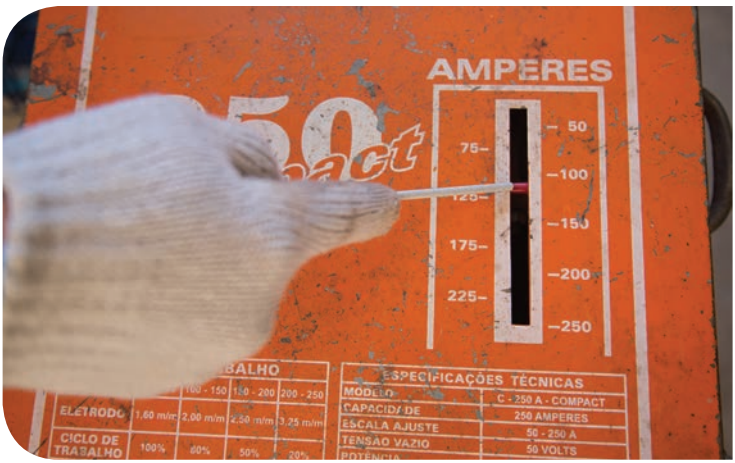
Inversora

- Ligue a inversora; e
- Regule a amperagem no botão do painel da inversora para 105 A.

Transformador

- Ligue o transformador;
- Regule a amperagem na manivela de regulagem no painel do transformador para 105 A;

- Confirme o valor da amperagem indicada pelo mostrador do transformador na escala de amperagem.



g) Posicione o eletrodo próximo da cantoneira

Aproxime o eletrodo da cantoneira e o coloque inclinado de forma que se possa ver a ponta do eletrodo e o local da solda.

h) Forme o arco elétrico

Toque a ponta do eletrodo na cantoneira, afaste-a uns 3 milímetros para abrir o arco elétrico (distância igual ao diâmetro do eletrodo) e tente manter essa distância.

Se o eletrodo ficar agarrando na cantoneira, aumente a amperagem. Repita até conseguir formar o arco.

i) Mantenha o arco elétrico

Quando o arco firmar, vá abaixando devagar a mão para manter a distância, pois o eletrodo vai sendo consumido.

Atenção

Se o arco emitir muita luz, a distância do eletrodo e a cantoneira devem estar aumentando. Na distância ideal, o arco emite menos luz.

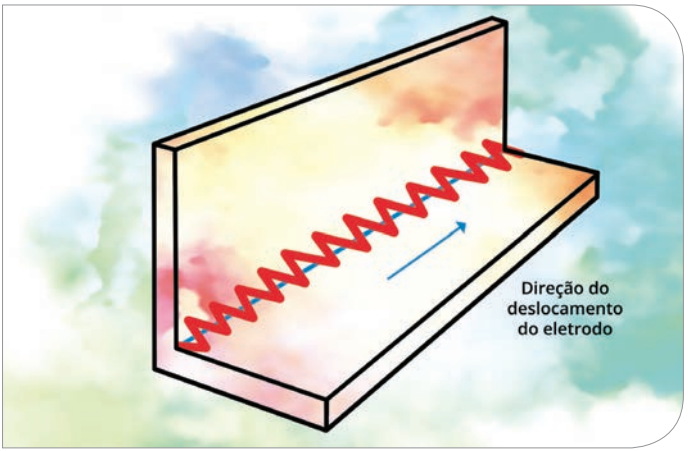
j) Faça um cordão de solda

Após dominar a formação e a manutenção do arco elétrico, faça um cordão de solda em linha reta na cantoneira. Use a quina interna da cantoneira para treinar.

Toque com a vareta na cantoneira, abra o arco e vá fazendo um movimento lento de zigue-zague com a ponta do eletrodo ao longo da reta traçada.

Atenção

Para manter a velocidade correta do movimento, vá contando devagar 1, 2 para o zigue e 1, 2 para o zague.



k) Confira o resultado da soldagem

Espere a solda esfriar, retire a escória e limpe com uma escova de aço. Avalie o cordão de solda.

Precaução

Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem.

Atenção

Todo aparelho de solda deve soldar por algum tempo e dispor de um intervalo de descanso, sendo denominado Ciclo de Trabalho ou Fator de Serviço que é válido para cada faixa de amperagem de trabalho. Esse ciclo de trabalho é dado em percentagem de tempo de trabalho em um período de 10 minutos. Exemplo: se o ciclo de trabalho é de 60% a 100 ampères, deve-se trabalhar por 6 minutos e resfriar por 4.

Veja no manual do seu equipamento qual é o seu Fator de Trabalho.

2.3.2. Solde chapa fina de ferro com inversora

Precaução

Use EPIs, como óculos com filtro escuro, máscara filtro para proteção respiratória, avental, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, e luvas de raspa.

a) Reúna o material

- Inversora
- Metalon 50x30 mm, chapa 18 (1,25 mm)
- Eletrodo revestido, 2 mm de diâmetro (o de 1mm nem sempre se encontra)
- Escova de aço
- Uma bancada de trabalho livre

b) Prepare a inversora

- Ligue a inversora na tomada; e
- Insira o cabo do porta eletrodo no terminal negativo da inversora e o cabo da garra no terminal positivo.

Atenção

Confira e garanta o aterramento elétrico correto do equipamento (observe a NR 10).

c) Escolha o eletrodo e calcule a amperagem de trabalho

O metalon tem chapa fina. Desse modo, o eletrodo E- 6013, com 2 mm de diâmetro, é uma boa opção. Neste caso, a amperagem de trabalho será:

Amperagem de trabalho = diâmetro do eletrodo x 35

Amperagem de trabalho = 2 X 35 = 70 A

d) Insira o eletrodo no porta eletrodo

e) Prepare o metalon para a soldagem

- Junte as partes sobre a bancada de trabalho; e
- Ponha as partes no esquadro (90º).

f) Faça a ligação do cabo com garra

- Ligue a garra do cabo terra no metalon.

Precaução

Mantenha sempre o porta-eletrodo longe da peça que vai soldar e da garra para evitar curto-circuito na bancada.

g) Ligue a inversora e regule a amperagem de trabalho

A amperagem deve ser regulada no botão do painel da inversora para 70 A.

h) Fixe as duas partes do metalon

Faça um ponto de solda na quina externa da esquadria e fixe as duas pontas do metalon.

i) Trave a esquadria em 90º

- Confira se a esquadria está com 90º; e
- Ponha uma haste de ferro sobre os dois braços da esquadria e dê um ponto de solda em cada extremidade da haste para travar a esquadria e não deixá-la sair do esquadro durante a soldagem.

j) Fixe também a face inferior da esquadria

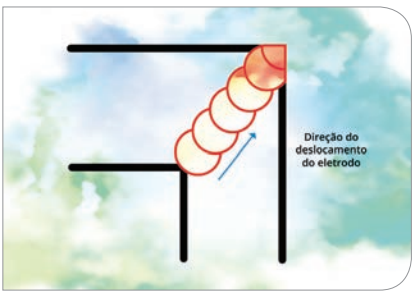
Vire a esquadria e dê outro ponto de solda na quina externa para fixar também a parte de baixo da esquadria.

k) Faça um cordão de solda por pontos

- Faça o primeiro ponto de solda na quina externa;
- Conte 1, 2, 3, para o ponto feito esfriar; e
- Faça outro ponto cobrindo a metade do ponto anterior. Conte de novo 1, 2, 3.

Repita esse procedimento ao longo de toda a linha do cordão de solda.

Veja na ilustração como os pontos são formados. Cada ponto de solda cobre de 40 a 50% da superfície do ponto anterior.



l) Confira o resultado da soldagem

Deixe esfriar, retire a escória depositada sobre a solda, lixe com uma escova de aço.

Faça qualquer retoque ponteando onde necessário.

m) Repita a soldagem na parte de baixo

Atenção

Confira o Ciclo de Trabalho ou Fator de Serviço no manual do seu equipamento.

Precaução

Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem, como óculos com filtro escuro, máscara filtro para proteção respiratória, avental, calça de algodão grosso, camisa de algodão grosso com manga longa e abotoada nos punhos e pescoço, além de luvas de raspa.

2.3.3. Solde metalon de chapa fina de ferro com o aparelho de solda TIG

a) Reúna o material

- Inversora
- Garrafa com gás argônio
- Eletrodo de tungstênio mais tório (ponta vermelha) de 1,0 mm de diâmetro
- Vareta para ferro ou aço baixa liga (ER-70 S ou o equivalente OK Tigrod 12.60)
- Metalon 50x30 mm, chapa 18 (1,25 mm)
- Uma bancada de trabalho livre

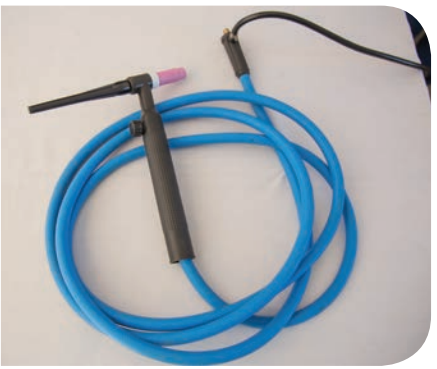
b) Ligue o aparelho de solda TIG na rede elétrica

Atenção

Confira e garanta o aterramento elétrico correto do equipamento (observe a NR 10).

c) Insira o cabo da tocha no terminal negativo, o cabo com a garra no terminal positivo da inversora

d) Ligue a mangueira de gás na garrafa com argônio



e) Instale o eletrodo de tungstênio na tocha

- Afie o eletrodo se necessário;
- Instale o eletrodo na tocha;
  - » Desatarraxe a capa
  - » Insira o eletrodo na pinça
  - » Deixe 3 mm da ponta para fora do bocal

» Recoloque a capa e aperte-a.

Atenção

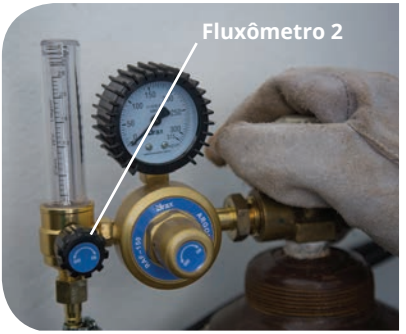
1. Cada eletrodo de tungstênio, pinça e porta-pinça têm medidas próprias. Portanto, consulte o manual do equipamento para saber qual pinça e porta-pinça devem ser usados no eletrodo.

2. O eletrodo não deve tocar o metal em fusão durante a soldagem.

f) Regule a vazão da mistura de gás

- Abra a válvula de gás na tocha;
- Abra o registro principal da garrafa;
- Regule o registro do regulador de pressão até obter 7 litros/min no fluxômetro 2; e
- Feche a válvula de gás.

Quando sair gás no bocal da tocha feche a válvula de gás da tocha.



Atenção

Alguns aparelhos de solda trazem um manômetro, como medidor de vazão do gás; em outros pode ser encontrado um fluxômetro, que é um medidor de vazão no qual uma pequena esfera flutua em um tubo de vidro calibrado em litros/minuto, indicando a vazão.

g) Regule a amperagem de trabalho

- Ligue a inversora; e
- Regule a amperagem no botão do painel da inversora para 50 A.

A regulagem deve ser realizada conforme amperagem recomendada na Tabela 2, na página 73. Comece com o menor valor da amperagem recomendada e altere se necessário.

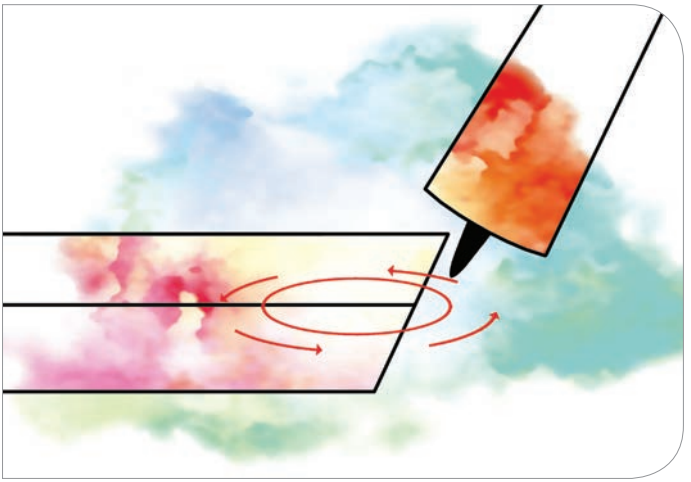
h) Prepare o metalon para ser soldado

- Coloque as partes do metalon sobre uma bancada de trabalho; e
- Ligue a garra de obra ou de terra para formar o circuito elétrico.

i) Inicie a soldagem

- Abra a válvula do gás na tocha;
- Toque a ponta do eletrodo de tungstênio no metalon para iniciar o arco;

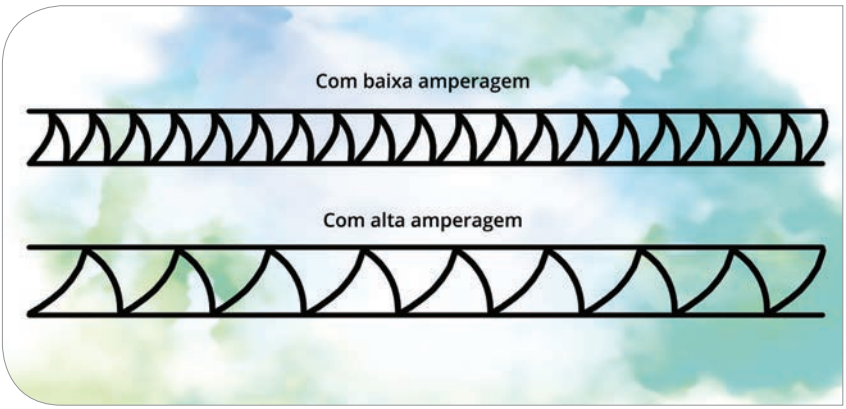
- Levante o eletrodo e mantenha uma distância entre o eletrodo e o metalon em torno de 3 mm; e
- Movimente a ponta do eletrodo em um pequeno círculo para aquecer o local.



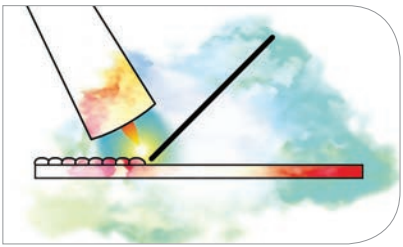
j) Inicie o cordão de solda

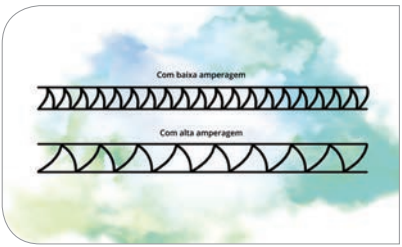
O aparelho de solda TIG tem diversas formas de executar o cordão de solda:

- **Bocal colado:** o bocal toca a peça que está sendo soldada e rola apoiado na borda em um movimento de zigue-zague, seguindo a linha na qual o cordão de solda será executado. O eletrodo faz o mesmo movimento.



- **Bocal aéreo:** o bocal não toca a peça que está sendo soldada e avança ao longo do cordão de solda. O movimento do eletrodo pode ser semelhante ao movimento realizado na técnica anterior, ou seja, como no bocal colado.

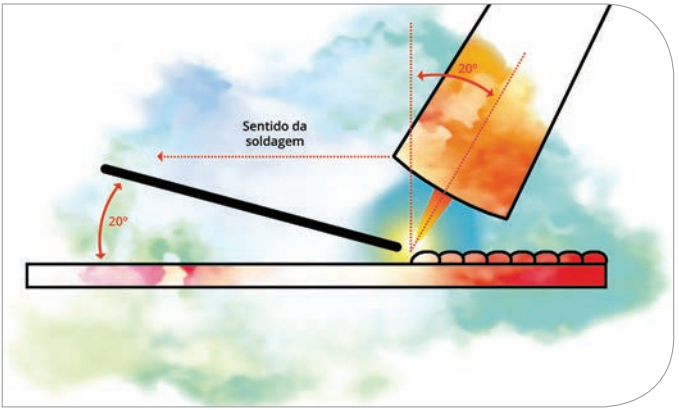




» Incline a tocha em torno de 20º

Após iniciar a fusão da chapa, aproxime a ponta da vareta e toque na poça de fusão.

Após o início da fusão da ponta da vareta, afaste-a mas não a retire da área de atuação do gás de proteção.



k) Avance com o cordão de solda ponto a ponto

- Aproxime a ponta da vareta da poça de solda
- Mantenha a ponta da vareta na poça até fundir uma gota de solda de mais ou menos 2 vezes o diâmetro da vareta
- Afaste a ponta da vareta, mas mantenha-a sob a proteção do gás

Repita os passos até o final do cordão desejado.

l) Confira o resultado da soldagem

Espere esfriar e avalie a soldagem realizada.

Atenção

Confira o Ciclo de Trabalho ou Fator de Serviço no manual do seu equipamento.

2.3.4. Solde chapas de ferro com aparelho de solda MIG/MAG

Precaução

Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem.

a) Reúna o material

- Aparelho de solda MIG/MAG
- Garrafa com a mistura gás argônio e 8% de CO_2
- 2 chapas de ferro com 3 mm de espessura
- Arame para ferro ou aço baixa liga OK Tigrod 12.60 de 1 mm
- Uma bancada de trabalho livre

b) Ligue o aparelho de solda MIG/MAG na rede elétrica

Atenção

1. Alguns aparelhos MIG/MAG trazem o cabo com a garra com instalação permanente na máquina.

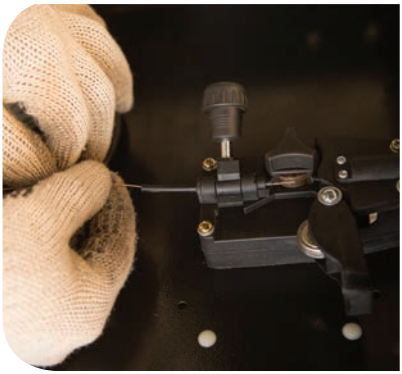
2. Confira e garanta o aterramento elétrico correto do equipamento (observe a NR 10).

c) Instale o arame de solda na máquina

- Coloque o rolo de arame no eixo do suporte do rolo;
- Passe o arame pelo mecanismo de transporte;
- Destrave e levante a roldana de pressão;
- Passe o arame pelo sulco da roldana de transporte; e
- Abaixe a roldana de pressão e trave-a.

d) Alimente a tocha com o arame de solda

- Ligue a MIG/MAG;
- Regule a velocidade do arame para o máximo no painel da máquina;
- Alinhe a cabo da tocha, aperte o gatilho da tocha e espere até o arame sair pelo bocal; e
- Solte o gatilho e volte a velocidade do arame para zero.



Atenção

O mecanismo de tração tem roldanas com canais na medida certa para cada diâmetro de arame da solda. Confira no manual da máquina qual a roldana adequada para o arame que irá usar.

e) Regule a vazão da mistura de gás

- Abra o registro principal da garrafa;
- Aperte o gatilho da tocha;
- Regule o registro do regulador para a vazão de 7 litros/min. no manômetro 2 (Tabela 3, página 84); e
- Quando sair gás no bocal solte o gatilho.

f) Regule a amperagem e a tensão de trabalho ou a potência elétrica de trabalho

- Regule a amperagem para 80 A e a tensão elétrica para 18 V (Tabela 3, página 84); e
- Ou regule a potência elétrica para a posição 2 (ou conforme o manual da máquina).

Atenção

Em alguns aparelhos existe um botão para regular a corrente e um para regular a tensão elétrica; em outros só existe um botão que regula a potência elétrica (regula simultaneamente a corrente e a tensão elétrica).

Também o botão para a regulagem da corrente elétrica pode ser o mesmo para se regular a velocidade do arame, já que a corrente é proporcional à quantidade de arame a fundir.

g) Prepare as chapas para serem soldadas

- Coloque as chapas sobre uma bancada de trabalho e encoste-as;
- Ligue o cabo que tem a garra na bancada metálica para formar o circuito elétrico; e
- Ponteie nas duas extremidades da chapa para evitar deformação durante a soldagem.

h) Faça a soldagem

- Aproxime o bocal da tocha do início da soldagem inclinado para uma boa visão;
- Aperte o gatilho, deixe o arame avançar e tocar o local da soldagem formando o arco; e

» Avance com a tocha ao longo da linha a soldar.

i) Confira o resultado da soldagem

Espere esfriar e avalie a soldagem realizada.

Atenção

1. Confira o Ciclo de Trabalho ou Fator de Serviço no manual do seu equipamento.

2. Com o uso, a tocha fica contaminada com respingos de solda, atrapalhando a saída do gás e até do arame quando há muito respingo. Tire o bocal e limpe a parte interna sempre que necessário.

Precaução

Utilize EPIs durante todo o processo de soldagem.

Considerações finais

Os processos de soldagem evoluem constantemente e a indústria sempre está lançando novidades no mercado, tanto no que diz respeito aos equipamentos quanto em relação a novos tipos de solda e fluxos.

Os preços dos equipamentos são acessíveis e a soldagem pode ser uma atividade de grande apoio ao trabalhador que lida com estruturas metálicas e máquinas na agricultura. Portanto, é importante o produtor e o trabalhador rural buscarem capacitação constante, para ampliar os conhecimentos sobre a soldagem.

Também se apresenta como essencial, sempre que puder, visitar feiras agrícolas nas quais todos os tipos de estrutura metálica e máquina são expostas. Nessas ocasiões, busque conhecer os materiais usados na construção de cada uma delas e procure, junto aos fabricantes, as questões de reparos e as exigências técnicas para a manutenção e correção de problemas mecânicos.

Converse com profissionais da área, especialistas em agricultura que podem ajudar, e assista vídeos técnicos, que certamente irão ajudar a vivenciar a atuação prática na soldagem.

Referências

BRAZIL WELDS. **Curso de solda Eletrodo Revestido – Dicas para iniciantes.** Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v= jAjS-fKSi8i4. Acessado em: 03 mai. 2018.

BRAZIL WELDS. **Vídeo Aula, Gases de Proteção Para Soldagem MIG/MAG, TIG e Arame Tubular.** Disponível em: https://www.youtube. com/watch?v= WOv4RwS3CI8&t=15s. Acessado em: 03 mai. 2018.

CONDOR. **Brasagem.** Disponível em: http://www.condornet.com.br/condor/por/conhecimento/brasagem.cfm. Acessado em: 10 abr. 2018.

ESAB. **Catálogo de Consumíveis**. Disponível em: http://www.esab.com.br/br/pt/support/documentation/ upload/catalogo-consumiveis-esab.pdf. Acessado em: 03 mai. 2018.

EUTECTIC CASTOLIN. Brasagem. Disponível em: http://www.eutectic.com.br/consumiveis-soldagem-brasagem.html. Acessado em: 08 abr. 2018.

HARRIS,M.K. **Welding Health and Safety: A Field Guide for OEHS Professionals.** Fairfax, Virginia. 2002, 222p.

INSPE. **Técnicas e cuidados na soldagem de tubulações e equipamentos.** Disponível em: https://www. google.com.br/search?q=T%C3%A9cnicas+e+cuidados+na+soldagem+de+tubula%C3%A7%C3%B5es+e+equipamentos+INPE&rlz=1C1GCEA_enBR792BR792&oq=T%C3%A9cnicas+e+cuidados+na+soldagem+-de+tubula%C3%A7%C3%B5es+e+equipamentos+INPE&aqs=chrome.69i57.4600j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acessado em: 30 abr. 2018.

MARQUES, P.V., MODENESI, P, J., BRACARENSE, A. Q. Soldagem: fundamentos e tecnologia. 3a ed. Belo Horizonte. UFMG. 2009, 363p.

MODENESE, P.J. **Introdução à Física do Arco Elétrico** – Soldagem I. Belo Horizonte. UFMG. 2012, 44p.

ANEXOS

Tabela 1. Composição do revestimento do eletrodo para soldagem elétrica, de acordo com o último dígito (Y) da classificação AWS, e tipo de corrente elétrica com a qual pode ser usado

Dígito (Y)	Revestimento do Eletrodo	Corrente Elétrica no Eletrodo (#)	Capacidade de Penetração
0	Celulósico com: Silicato de sódio Óxido de ferro	CC+	Grande
1	Celulósico com silicato de potássio	CC+ e CA	Grande
2	Rutílico com silicato de sódio	CC- e CA	Média
3	Rutílico com silicato de potássio	CC+, CC- e CA	Fraca
4	Rutílico com silicato e pó de ferro (20%)	CC+, CC- e CA	Média
5	Calcário com silicato e pó de ferro (20%)	CC+	Média
6	Rutílico, calcário e silicato de potássio (baixo hidrogênio)	CC+ e CA	Média
7	Óxido de ferro, pó de ferro e silicato de sódio	CC- e CA	Média
8	Calcário, rutílico, silicatos e pó de ferro (20%) (baixo hidrogênio)	CC+ e CA	Média
9	Ácido rutílico com silicato de potássio	CC+, CC- e CA	----

CC: Corrente Contínua (inversora), CC+ = Porta eletrodo ligado no polo positivo da inversora.

CC- = Porta eletrodo ligado no polo negativo da inversora.
CA: Corrente Alternada (transformador).
a) Quando o algarismo anterior for 1
b) Quando o algarismo anterior for 2

Tabela 2. Classificação e usos de eletrodos revestidos para soldagem elétrica de alumínio e nomenclatura equivalente para os eletrodos mais comuns encontrados no Brasil

AWS	Nomenclatura de fabricantes com fabricas no Brasil	Usado na soldagem de:	Corrente Elétrica no Eletrodo (#)
ER 1100	OK 96.10	Alumínio puro, em perfis laminados ou fundido	CC+
ER 4043	OK 96.40	Ligas de alumínio, magnésio e silício	CC+
ER 4047	OK 96.50	Alumínio fundido, ligas de alumínio e silício, ligas de alumínio, magnésio e silício	CC+

CC: Corrente Contínua. CC^{+} = Porta eletrodo ligado no polo positivo da inversora.

Tabela 3. Classificação e usos de varetas para soldagem TIG em aço baixa liga e nomenclatura equivalente para os eletrodos mais comuns encontrados no Brasil (gás de proteção: argônio)

AWS	Nomenclatura de fabricantes com fabricas no Brasil	Usado na soldagem de:	Corrente Elétrica no Eletrodo (#)
ER 80S-D2	OK Tigrod 13.08	Tubos, vasos de pressão e caldeiras com temperaturas de trabalho de até 500ºC	CC+
ER 80S-B2	OK Tigrod 13.16	Aços resistentes à fluência, ou seja, que trabalham sob pressão constante e aquecidos	CC-
ER 80S-Ni1	OK Tigrod 13.23	Aço para serviços a baixa temperatura (abaixo de -50ºC) e que receba impacto	CC-

C^{+} = Tocha ligada no polo positivo. CC^{-} = Tocha ligada no polo negativo.

Tabela 4 – Classificação e usos de varetas para soldagem TIG em aço inox e nomenclatura equivalente para os eletrodos mais comuns encontrados no Brasil (gás de proteção: argônio)

AWS	Nomenclatura de fabricantes com fabricas no Brasil	Usado na soldagem de:	Corrente Elétrica no Eletrodo (#)
ER 308L	OK Tigrod 308L	Tubulações e evaporadores da indústria química e alimentícia. Resistente à corrosão	CC-
ER 317L	OK Tigrod 317L	Equipamentos da indústria petroquímica, papel e celulose. Resistente à corrosão	CC-
ER 347	OK Tigrod 347	Equipamentos que trabalham a elevada temperatura	CC-

CC- = Tocha ligada no polo negativo.

Tabela 5 – Classificação e usos de varetas para soldagem TIG de alumínio e nomenclatura equivalente para os eletrodos mais comuns encontrados no Brasil (gás de proteção: argônio puro ou argônio com hélio)

AWS	Nomenclatura de fabricantes com fabricas no Brasil	Usado na soldagem de:	Corrente Elétrica no Eletrodo (#)
ER 1100	AWS 13	Alumínio puro, em perfis laminados ou fundido	CA ou AF
ER 4043	AWS 13.5% Si OK Tigrod 4043	Ligas de alumínio, magnésio e silício	CA ou AF
ER 4047	AWS 13.12% Si OK Tigrod 4047	Alumínio fundido, ligas de alumínio e silício, ligas de alumínio, magnésio e silício	CA ou AF

CA: Corrente Alternada. AF: Alta Frequência

SENAR

Formação
Profissional Rural

http://ead.senar.org.br

SGAN 601 Módulo K
Edifício Antônio Ernesto de Salvo • 1º Andar
Brasília-DF • CEP: 70.830-021
Fone: +55(61) 2109-1300

www.senar.org.br